





Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
prof. dr. Matjaž Mikoš
Jakob Presečnik
 MSG IZS: **Gorazd Humar**
mag. Črtomir Remec
doc. dr. Branko Zadnik
 FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**
 FG Maribor: **Milan Kuhta**
 ZAG: **prof. dr. Miha Tomaževič**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristjan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Anka Holobar

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočeovski tisk

Naklada:

3000 izvodov

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

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojence 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 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

Gradbeni vestnik •

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN
 TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH
 INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE
 UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
 Ljubljana, december 2008, letnik 57, str. 321-348

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

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

Uredništvo

Vsebina • Contents

VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

stran **322**

Miro Vrbeč, univ. dipl. inž. grad.

VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

Članki • Papers

stran **323**

prof. dr. Matej Fischinger, univ. dipl. inž. grad.

dr. Miha Kramar, univ. dipl. inž. grad.,

izr. prof. dr. Tatjana Isaković, univ. dipl. inž. grad.

OCENA POTRESNE VARNOSTI ARMIRANOBETONSKIH MONTAŽNIH HAL Z MOČNIMI STIKI (3) – KRITIČNA OCENA POSTOPKOV PROJEKTIRANJA V EC8 IN SKLEPNE UGOTOVITVE

SEISMIC SAFETY EVALUATION OF PRECAST INDUSTRIAL BUILDINGS WITH STRONG
CONNECTIONS (3) – CRITICAL EVALUATION OF THE DESIGN PROCEDURES IN EC8
AND CONCLUDING REMARKS

stran **330**

dr. Ana Petkovšek, univ. dipl. inž. geol.

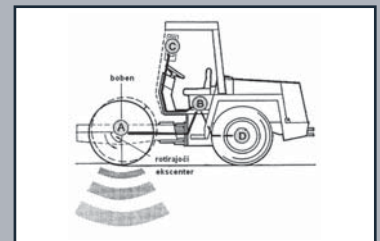
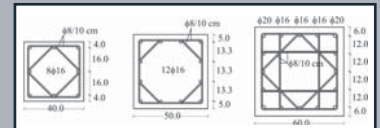
Primož Jurjavčič, univ. dipl. inž. grad.,

Matej Maček, univ. dipl. inž. grad.

Zvonko Cotič, dipl. inž. grad.

SISTEMI ZA KONTINUIRANO KONTROLO ZGOŠČANJA – KONČNO V REDNI RABI TUDI V SLOVENIJI

ROLLER-INTEGRATED CONTINUOUS COMPACTION CONTROL –
FINALLY IN OPERATION ALSO IN SLOVENIA



Novice iz društev ZDGITS

stran **356**

Peter Kosi, univ. dipl. inž. grad.

60 LET DRUŠTVA GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV MARIBOR

stran **357**

Stipan Mudražija, univ. dipl. inž. grad.

PRETEKLOST ZA PRIHODNOST DGIT MARIBOR

Vsebina letnika 2008

stran **359**

Novi diplomanti

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Gradnja zgornjega akumulacijskega bazena ČHE Avče, foto: Primož Jurjavčič



Spoštovani gradbeni inženirji in tehniki!

Leto je naokoli in znova se ponuja priložnost za obračune in voščila.

Ne glede na okoliščine napredek ne miruje. Tudi v preteklem letu smo v vseh pogledih napredovali: osebno in duhovno, materialno, poslovno in strokovno ...

Gradbeništvo se razvija s podobno velikimi koraki kot informacijska tehnologija. Pri gradnji se uporabljajo najsodobnejše tehnologije, oprema in materiali. Strokovnjakom zastaja dih ob ogledu megalomanskega gradbišča v Združenih arabskih emiratih, kjer v specifičnem okolju in pogojih gradnje ter z uporabo vrhunske tehnologije nastajajo objekti komaj verjetnih dimenzij in oblik. V naslednjih letih torej tudi nas čakajo novi izzivi navkljub neobetavnim ekonomskim razmeram doma in po svetu.

Pogled naprej v leto 2009 morda res ni preveč rožnat in med prvimi panogami na žrtveniku recesije se je znašlo tudi gradbeništvo. Rast gospodarstva in vseh dohodkov se zmanjšuje. Posledice se kažejo na vseh poljih življenja in gospodarstva.

Pa vendar – tudi v napovedanih sušnih letih bomo živeli in preživel, če bomo jemali življenje, kakršno se nam ponuja. Celo uspešni in srečni bomo lahko, če bomo le želeli in se potrudili.

Osebno upam, da bo država prav tako izkoristila vse gospodarske in finančne možnosti, ki jih ponuja Evropa. Gradbeni inženirji pa lahko s svojim potencialom najdemo delo v celotnem evropskem prostoru. »Če v eno stran ne gre, pa potisnemo v drugo,« rečemo po domače. In korajža velja!

Nenazadnje pa nas v dobrem in slabem že 57 let družijo naši strokovni zvezi, skozi katero smo tudi že v preteklosti rešili marsikateri problem, in verjamem, da nas bo neposredno – preko Gradbenega vestnika in društev – aktivno povezovala še naprej.

Drage kolegice in kolegi, vsem vam in vašim najdražjim želim veliko zdravja in sreče v novem letu 2009!

Miro Vrbek
Predsednik ZDGITS

OCENA POTRESNE VARNOSTI ARMIRANOBETONSKIH MONTAŽNIH HAL Z MOČNIMI STIKI (3) – KRITIČNA OCENA POSTOPKOV PROJEKTIRANJA V EC8 IN SKLEPNE UGOTOVITVE

SEISMIC SAFETY EVALUATION OF PRECAST INDUSTRIAL BUILDINGS WITH STRONG CONNECTIONS (3) – CRITICAL EVALUATION OF THE DESIGN PROCEDURES IN EC8 AND CONCLUDING REMARKS

prof. dr. Matej Fischinger, univ. dipl. inž. grad.

dr. Miha Kramar, univ. dipl. inž. grad.

izr. prof. dr. Tatjana Isaković, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, IKPIR

Jamova 2, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK: 006(4):624.012.45:624.042.7

Povzetek | S tem prispevkom zaključujemo serijo treh člankov, ki obravnavajo potresno ogroženost armiranobetonskih montažnih hal z močnimi stiki. Podan je pregled razvoja predpisov na tem področju. Kritično so ocenjena ustrezna določila v standardu Evrokod 8 iz leta 2004, še zlasti velikost faktorja obnašanja in s tem povezana velikost računskih potresnih sil. Pri tem so uporabljeni rezultati sistematične verjetnostne študije. Obravnavano je tudi projektiranje značilnih stikov in potrebno eksperimentalno preverjanje njihove kapacitete, vpliv rezervne nosilnosti zaradi minimalnih zahtev v standardu, preverjanje mejnega stanja uporabnosti (pomikov), vpliv fasad in pomen gostih stremen ob vpetju stebrov.

Summary | This contribution concludes a group of three papers related to the seismic risk of precast industrial buildings with strong connections. A review of the development of the related seismic provisions and critical evaluation of the requirements in Eurocode 8 (2004) are given. The behaviour factor and the related level of seismic forces are particularly addressed, using the results of a systematic probabilistic study. Other problems, addressed in the paper, include: the design of the typical joints, the required experimental verification of their capacity, the influence of the overstrength due to the minimum reinforcement requirements in the standard, the control of the ultimate serviceability state (deformations), the influence of the cladding and the confinement reinforcement at the base of the columns.

1 • UVOD

V prvem članku (Fischinger et al., 2008a) smo ugotovili, da je majhno število ustreznih raziskav potresne varnosti armiranobetonskih montažnih hal do nedavnega odsevalo v pomanjkljivih predpisih za gradnjo potresno odpornih konstrukcij, ki so nepopolno obravnavali montažne objekte. V tem članku pa bomo analizirali, kako je ta problematika rešena v zadnji izdaji

evropskega standarda Evrokod 8 (SIST, 2005).

V ta namen bomo najprej pregledali dosedANJI razvoj predpisov in njihove temeljne principe. Postopek projektiranja, ki ga zahteva zadnja izdaja EC8, si bomo podrobneje ogledali na primeru obravnavanih hal. Zlasti nas bosta zanimala problema redukcije potresnih sil in načrtovanja nosilnosti stikov. Nato bomo pre-

gledali in ocenili rezultate sistematične študije potresne ogroženosti hal z močnimi stiki, ki smo jo objavili v drugem članku (Fischinger et al., 2008b). To študijo bomo nadgradili z oceno vpliva minimalnih konstrukcijskih zahtev v Evrokodu 8. Nato bomo podrobneje komentirali ugotovljene ključne parametre, ki so nosilnost stikov, potrebni eksperimentalni dokazi, faktor obnašanja oziroma faktor zmanjšanja potresnih sil, vpliv objekta z gostimi stremeni, velikost pomikov, vpliv fasade, in ugotovitve vseh člankov strnili v enovitem sklepu.

2 • RAZVOJ PREDPISOV IN PROJEKTANTSKE PRAKSE

2.1 Temeljni principi v sodobnih predpisih

Ti principi so bili že večkrat podrobno predstavljani in pojasnjeni ((Fischinger in Fajfar, 1989), (Fischinger, 2007)). Zaradi popolnosti prikaza problematike jih v tem članku vseeno na kratko ponavljamo. Tako kratek opis pa ne more povsem ustrezno pojasniti razmeroma zapletenih pojmov. Zato je predpostavljeno, da bralec te principe pozna.

2.1.1 Princip redukcije potresnih sil

Sposobnost duktilnih konstrukcij, da lahko sipajo potresno energijo, je v predpisih upoštevana tako, da so računske potresne sile manjše (reducirane) glede na vztrajnostne sile, ki bi nastopile v elastični konstrukciji (F_{Ed}):

$$F_{Ed} = F_{E,el} / q \quad (1)$$

Faktor zmanjšanja potresnih sil (v EC8 se imenuje »faktor obnašanja« in se označuje s »q«) nastopa v sodobnih predpisih eksplicitno v izrazih za projektni spekter. V starejših predpisih pa je bil praviloma upoštevan le implicitno v potresnem koeficientu (npr. v faktorju »K« v do sedaj veljavnih predpisih).

Sposobnost sipanja energije (velikost redukcijskega faktorja) je v glavnem odvisna od uporabljenega materiala, pričakovanega mehanizma odziva, kvalitete (duktilnosti) konstrukcijskih detajlov in (kar je v tem članku posebej pomembno) vrste konstrukcijskega sistema. Na prvi pogled je namreč jasno, da ni nujno, da bi bila sposobnost sipanja energije montažnega sistema enaka sposobnosti sipanja energije monolitnega sistema. Poleg tega je konstrukcijski sistem montažnih hal

tudi v primeru močnih stikov specifičen v primerjavi s klasičnim okvirom.

2.1.2 Princip različnih stopenj duktilnosti konstrukcije

Pojem stopenj duktilnosti je novost glede na dosedanje prakso. Omogoča praktično uveljavitev principa, da lahko enakovredno velikost sipanja potresne energije dosežemo z večjo nosilnostjo in sorazmerno manjšo duktilnostjo in obratno. Tako lahko projektant prosto izbira, ali se bo odločil za manj zahtevno projektiranje, z manj zahtevnimi konstrukcijskimi detajli, in zato zagotovil konstrukcijskim elementom večjo nosilnost z uporabo večjih računskih potresnih sil (manjšega faktorja obnašanja), ali pa obratno. Za montažne sisteme EC8 v splošnem ne dopušča izbire visoke stopnje duktilnosti (DCH), če ta izbira ni ustrezno utemeljena.

2.1.3 Princip načrtovanja nosilnosti

Z načrtovanjem primerne hierarhije relativnih nosilnosti posameznih elementov zagotovimo enakomerno razporeditev plastifikacije po duktilnih in za konstrukcijo manj kritičnih elementih pred izčrpanjem nosilnosti krhkih ali/in kritičnih elementov. To pri montažnih halah enostavno pomeni, da mora priti do plastifikacije upogibne armature (izčrpanja upogibne nosilnosti) ob vpetju stebrov prej, kot bi nastopila krhka strižna porušitev stebrov ali porušitev stikov.

2.2 Dosedanji predpisi (Pravilnik, 1981)

Precej omenjenih principov sodobnega potresnega inženirstva je bilo do neke mere upoštevanih že v do sedaj veljavnih predpisih, ki so bili ob svojem nastanku med

najnaprednejšimi na svetu. Žal pa so, predvsem v primeru montažnih hal, le delno zaživeli v praksi.

Pravilnik je vse »sodobne« armiranobetonske konstrukcije (torej tudi montažne hale) sicer uvrščal v eno samo skupino. To pomeni, da so bile potresne sile za monolitne in montažne konstrukcije enake. Vendar pa je bilo za to potrebno izpolniti stroge pogoje. Zaradi specifičnega obnašanja montažnih konstrukcij in možnih katastrofalnih posledic pri objektih, ki se gradijo v velikih serijah, je pravilnik v členu 43 zahteval: »Dinamične karakteristike konstrukcije visoke gradnje objektov, ki se gradijo v conah seizmične intenzitete VIII. in IX. stopnje, kot so (...), in prototipi industrijsko proizvedenih objektov visoke gradnje se obvezno kontrolirajo eksperimentalno (...).« Podobno je bila za te sisteme zahtevana rigorozna računska analiza časovnega odziva (člen 40). Vendar pa Pravilnik ni vseboval nobenih konkretnjših zahtev. Tako ta člena v praksi večinoma nista bila pravilno uporabljena (ena od izjem pri armiranobetonskih konstrukcijah je bila raziskava velikopanelnega montažnega sistema SCT (Fischinger et al, 1987)). Preizkušanje »sistema« se je velikokrat omejilo na preizkušanje posameznih nosilcev na vertikalno obremenitev. Očitno pa je, da je možno kapaciteto sipanja energije ovrednotiti le s preizkusi konstrukcijskih sklopov z značilnimi stiki pri ciklični horizontalni obremenitvi.

Potresne sile so bile v vsakem primeru veliko manjše, kot v kateri koli različici EC8. Poglejmo grobo oceno za VIII. potresno stopnjo in srednja tla (razlike, ki nastopijo zaradi različne definicije vrednosti za sprejemljivo obtežbo ali zaradi različne definicije trdnosti materiala, bomo zanemarili). Potresni koeficient je bil $K = 0,05$. Z upoštevanjem varnostnega faktorja 1,3 je bila tako velikost največjega pospeška v (reduciranem) projektnem spektru

0,065 g. Ustrezna vrednost v elastičnem (nereduciranem) projektnem spektru v EC8 (z upoštevanjem delnega varnostnega faktorja za jeklo 1,15 pa je:

$$0.2g \cdot 2,5 \cdot 1,15 \cdot 1,15 = 0,66g \quad (2)$$

Torej je Pravilnik implicitno upošteval redukcijo, ki ustreza faktorju obnašanja $q = 10$! Pri večjih nihajnih časih, ko je konstrukcija že v padajočem delu spektra, je potrebno upoštevati, da se nihajni čas v EC8 računa za razpokano konstrukcijo. To bi ekvivalentni redukcijski faktor v dosedanji praksi zmanjšalo na približno 7.

Poglavje X v Pravilniku je vsebovalo nekatere elemente principa načrtovanja nosilnosti, ki pa se je v praksi le redko uporabljal. Izjemo je predstavljalo priporočilo (Bubnov et al., 1982), da se prečne sile pomnožijo z varnostnim faktorjem 2,0 namesto 1,3, ki se je uporabljal za upogibne momente. To priporočilo so uporabljali mnogi projektanti.

2.3 Predstandard EC8 (SIST, 2000)

V predstandardu so bile montažne konstrukcije obravnavane le v neobveznem dodatku. Vsekakor pa je EC8 uvedel vrsto sprememb v primerjavi z dosedanjo prakso. Večino bomo obravnavali v naslednjem razdelku. Tu se osredotočimo le na velikost potresnih sil (faktor obnašanja q). Strogo po definiciji (člen 5.1.2) bi večina hal sodila v konstrukcijski sistem obrnjenega nihala, saj je pri njih več kot 50 % mase v zgornji tretjini konstrukcije. To bi tudi v primeru konstrukcij z visoko duktilnostjo dovoljevalo le izredno majhno redukcijo ($q = 2$), ki bi bila 3,5 do 5-krat manjša v primerjavi z dosedanjo prakso. Konstrukcijski sistem montažnih hal pa tvori skupina stebrov, ki so (oziroma ki bi morali biti) povezani v celoto v višini strešne etaže. Zato se razlikuje od obrnjenega nihala. Predstandard je tako dovoljeval (člen B1.2(2)) večjo redukcijo ($q = 3$), vendar ob dveh pogojih: a) »vrhovi stebrov so povezani vzdolž obeh glavnih smeri stavbe z jeklenimi ali armiranobetonskimi vezmi« in b) »skupno število povezanih stebrov je večje od 6«. Redukcija pa je bila vseeno veliko manjša kot za monolitne okvire ($q = 5,0$).

2.4 Standard EC8 (SIST, 2005)

Sestavljavci končnega standarda EC8 so izhajali iz predpostavke, da je montažnim halam ob določenih pogojih možno zagotoviti podobno sposobnost sipanja potresne energije, kot jo imajo monolitni okviri. Zato se je v primerjavi s predstandardom pojavilo kar nekaj pomembnih sprememb, ki pa jih je brez podrobnega pregleda težko opaziti. Predvsem je bila definiciji »sistema obrnjenega nihala« dodana opomba v drobnem tisku: »V to kategorijo ne sodijo enoetažni okviri, ki imajo vrhove stebrov povezane vzdolž obeh glavnih smeri stavbe in pri katerih v nobenem steboru normirana osna sila v_a ne presega 0,3.« Pogoj je torej predvsem ta, da so izvedene vezi v obeh smereh. Na ta način se montažne hale implicitno uvrščajo v kategorijo »okviri« (skladno s tolmačenjem enega vodilnih pripravljavcev obveznega poglavja 5.11 v EC8 in vodje projekta PRECAST prof. Toniola iz Politehnike v Milanu (Toniolo, 2007)). Zaradi številnih dvomov o tej spremembi so bili predlagani in izvedeni eksperimenti, ki so opisani v prvem članku (Fischinger et al, 2008a).

Ostale zahteve so podrobneje opisane v dokumentu (Fischinger, 2007). Ponovimo le najpomembnejše:

- Redukcijski faktor za monolitne okvire z visoko duktilnostjo je $q = 4,5$, ki ga pri enoetažnih okvirih lahko pomnožimo še s faktorjem dodatne nosilnosti 1,1. Čeprav to ni eksplicitno omenjeno, predlagamo, da se ta faktor zaradi bistveno manjše rezervne nosilnosti konstrukcijskega sistema montažnih hal ne upošteva.
- Redukcijski faktor za sisteme s srednjo stopnjo duktilnosti je $q = 3,0$.
- Konstrukcijski detajli v dosedanji praksi so nekje vmes med srednjo in visoko stopnjo duktilnosti.
- Nizka stopnja duktilnosti se na področju Slovenije odsvetuje. Primerne stopnje duktilnosti so določene v Nacionalnem dodatku. Za betonske montažne sisteme se praviloma uporablja srednja stopnja duktilnosti (DCM). Za eno- in večetažne okvire (hale), ki imajo vrhove stebrov povezane vzdolž obeh glavnih smeri stavbe in pri katerih v nobenem steboru normirana osna sila v_d ne presega 0,3, se lahko ob

določenih pogojih predpostavi visoka stopnja duktilnosti (DCH). Za vse ostale betonske montažne sisteme se lahko uporabi visoka stopnja duktilnosti (DCH) samo, če se – poleg izpolnjevanja ostalih zahtev v poglavju 5.11 iz (SIST, 2005) – ustrezna sposobnost sipanja energije obravnava-nega montažnega sistema dokaže z eksperimentalno študijo za elemente, stike in konstrukcijske sklope sistema. Upošteva se, da je izpolnitev zgornje zahteve dokazana, če nosilnost preizkušancev po najmanj treh polnih ciklih do amplitude, ki ustreza upoštevanemu faktorju duktilnosti, ne pade za več kot 20 % glede na začetno nosilnost. Pri teh določbah je bilo upoštevano, da je montažnim sistemom na splošno težje zagotoviti duktilnost kot monolitnim. Zato tudi v predstandardu ni bila dovoljena uporaba DCH za montažne konstrukcije brez dodatnih raziskav (SIST, 2000, člen B1.4.2). Rezultati tu obravnavanih raziskav pa so pokazali, da je konstrukcijskim sistemom, ki so podobni sistemom montažnih hal v Sloveniji, možno zagotoviti visoko stopnjo duktilnosti. Moramo pa se zavedati, da so bili eksperimenti narejeni samo za določen tip montažnih hal, ki so ustrezale vsem postavljenim zahtevam v EC8. Predvsem morajo stiki dejansko omogočati »povezavo vrhov stebrov vzdolž obeh glavnih smeri«.

- Če sistem sicer ustreza zahtevam poglavja 5.11, vendar stiki niso: a) projektirani s postopkom načrtovanja nosilnosti ali b) nimajo sposobnosti duktilnega obnašanja in sipanja energije, je potrebno potresne sile podvojiti.
- Stebre je treba konstruirati enako kot pri monolitnih konstrukcijah. Minimalni delež vzdolžne armature je 0,01, stremena pa so določena z minimalnimi zahtevami, z načrtovanjem strižne nosilnosti in z zahtevami za objetje betonskega jedra (glej postopek projektiranja v naslednjem poglavju).
- Postavljene so dokaj stroge omejitve glede deformacij v mejnem stanju uporabnosti (glej postopek projektiranja v naslednjem poglavju).

Izpolnitev vseh teh zahtev je za vsak poseben konstrukcijski sistem potrebno posebej dokazati.

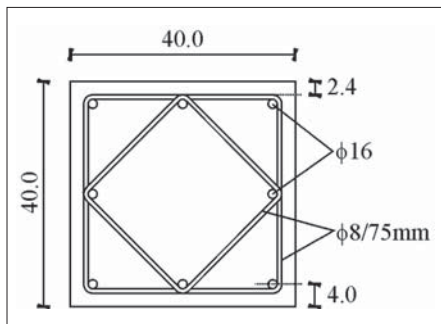
3 • PROJEKTIRANJE STEBROV IN STIKOV V PREIZKUŠENIH HALAH PO EC8

Projektirali smo model hale, ki je prikazan na sliki 3 v prvem članku (Fischinger et al,

2008a). Upoštevali smo pospešek temeljnih tal 0,25 g, faktor obnašanja $q = 4,5$ (DCH) in

tla kategorije B ($S = 1,2$). Ustreznost izbire q smo nato v okviru projekta eksperimentalno in računsko dokazali. Povzemimo samo najpomembnejše rezultate ter predvsem način dimenzioniranja stikov:

Zaradi majhne mase so bile obremenitve majhne. Minimalna vzdolžna armatura (1 %; slika 1) je več kot zadoščala. Steber s to armaturo bi prenesel veliko večji projektni pospešek: 0,5–0,7 g (ocena je odvisna od načina izračuna togosti razpokanega prereza; glej (Kramar, 2008)). Armatura ni manjša, kot bi jo dobili s predpostavljeno srednjo stopnjo duktilnosti.



Slika 1 • Prečni prerez stebra v kritičnem območju

Tudi stremena smo najprej določili iz minimalnih pogojev. Med preizkusom prototipa 2 je kljub precejšnji količini prečne armature prišlo do uklona vzdolžne armature nekoliko prej, kot smo pričakovali. V ponovitvi preizkusa (prototip 2-2) smo zato stremena v stebrih zgostili in namesto stremen $\phi 8/75$ mm uporabili stremena $\phi 8/50$ mm. S tem smo želeli preizkusiti, v kolikšni meri lahko kapaciteto konstrukcije še izboljšamo na račun povečanja objetja. Mehanski volumski delež povečanih stremen je znašal $\omega_{wd} = 0,32$ (kar je mnogo več od minimalne zahtevane vrednosti 0,12).

Kritično območje nad vpetjem je bilo dolgo 90 cm ($\approx h/6$). Nad kritičnim območjem je bila razdalja med stremeni povečana – prečna armatura je tu znašala $\phi 8/150$ mm. Zagotovila je strižno nosilnost 161,2 kN, kar je mnogo več od prečne sile, določene z načrtovanjem nosilnosti:

$$V_{CD} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd}}{h} = 36,1 \text{ kN}, \quad (3)$$

kjer je γ_{Rd} faktor dejanske povečane nosilnosti, ki znaša 1,3 za stebre DCH, h višina stebra, M_{Rd} pa projektna upogibna nosilnost prereza. Obremenitev stika med stebrom in nosilcem smo tudi določili s postopkom načrtovanja nosilnosti. Obremenitev je bila enaka 1/6 skupne prečne sile (E_{Rd}), povečane za faktor γ_{Rd} (op.: faktor povečane nosilnosti za predimenzionirane stike je večji od faktorja povečane nosilnosti za stebre):

$$D_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{E_{Rd}}{6} = 1,35 \cdot \frac{166,7}{6} = 37,5 \text{ kN} \quad (4)$$

Za izračun strižne nosilnosti stika smo uporabili empirično formulo, ki jo predlagata (Vintzeleou in Tassios, 1987). Formula velja za t. i. »močne moznike, ki so ob straneh objekta z debelim slojem krovnega betona«. Nosilnost obravnavanega stika je enaka (Kramar, 2008):

$$D_{Rd} = 2 \cdot \phi_{eff}^2 \sqrt{f_{ck} \cdot f_{yk}} = 2 \cdot 16^2 \sqrt{40 \cdot 500} = 72408 \text{ N} \approx 2 \cdot D_{Ed}, \quad (5)$$

kjer je f_{ck} karakteristična tlačna trdnost betona (MPa); f_{yk} karakteristična meja tečenja jekla (MPa); ϕ_{eff} efektivni premer moznika; mozniki imajo enak premer kot vzdolžne armaturene palice, tj. $\phi 16$. Nosilnost stika je torej bila približno 2-krat večja od obremenitve.

Stik med strešno ploščo in l-nosilcem (glej 1. članek) je bolj zapleten od stika med stebrom in l-nosilcem. Nosilnost stika je odvisna od smeri obtežbe. Pri dimenzioniranju moramo zato ločeno obravnavati obremenitev vzporedno s stojino plošče in obremenitev pravokotno na stojino plošče. Naredili smo kontrole naslednjih možnih porušitev: porušitev veznega vijaka, porušitev sidrnega vijaka, odcepitve betona v stojini plošče in bočni pritisk v jeklenem kotniku. Strižno in upogibno porušitev vijakov smo določili s standardnimi analitičnimi izrazi, pri nosilnosti sidrnega vijaka pa smo upoštevali tudi učinek moznika, ki smo ga obravnavali že pri stiku med stebrom in nosilcem. Razlika glede na prejšnji stik je v tem, da tu v mozniku pričakujemo tudi osno silo, ki nastopi zaradi zvijanja kotnika. Nosilnost stika z moznikom je zaradi osne sile manjša. Ocenjena je bila z empirično enačbo, ki jo predlagata (Vintzeleou in Tassios, 1987):

$$D_{Rd} = 2 \cdot \phi_{eff}^2 \sqrt{f_{ck} \cdot f_{yk} (1 - \alpha^2)} \quad (6)$$

Pri tem faktor α upošteva redukcijo nosilnosti zaradi osnih napetosti in predstavlja razmerje med osno napetostjo (σ_N) in trdnostjo na meji tečenja (f_y):

$$\alpha = \frac{\sigma_N}{f_y} \quad (7)$$

Izbrani so bili naslednji elementi stika: sidrni vijak $\phi 16$, vezni vijak $\phi 24$ in kotnik dimenzij $120 \times 120 \times 10$ mm. Nosilnost stika je v vseh načinih porušitev precej večja od obremenitve.

Poleg »zahteve po neporušitvi« moramo pri dimenzioniranju konstrukcij upoštevati tudi »zahtevo po omejitvi poškodb«, s katero preprečimo škodo, ki bi nastala pri šibkejših potresih, z manjšimi pospeški temeljnih tal. Za stavbe, pri katerih so nekonstrukcijski elementi pritrjeni na konstrukcijo tako, da ne ovirajo deformacij nosilne konstrukcije, je zahteva po omejitvi poškodb izpolnjena, če so etažni pomiki omejeni z vrednostjo:

$$d, v \leq 0,01h, \quad (8)$$

kjer je d , etažni pomik, določen z nereduciranim elastičnim spektrom, h etažna višina in v redukcijski faktor, ki upošteva manjšo povratno dobo potresa, ki je povezana z »zahtevo po omejitvi poškodb«. Če upoštevamo, da je za običajne stavbe v enak 0,4, mora biti etažni zasuk konstrukcije (d_i/h) manjši od 2,5 %. Pri pospešku temeljnih tal 0,25 g in tleh kategorije B je etažni zasuk obravnavane hale enak 1,2–2,0 % (tudi tu je ocena odvisna od načina izračuna togosti razpokanega prereza), torej je zahteva po omejitvi pomikov izpolnjena. Pri tem moramo opozoriti, da so pomiki obravnavane hale relativno majhni zaradi zelo majhne mase konstrukcije. Pri konstrukcijah z večjimi masami zahteva po omejitvi pomikov največkrat ni bila izpolnjena. V takem primeru moramo togost konstrukcije povečati, kar najlažje naredimo s povečanjem prečnih prereзов stebrov. Pri tem se običajno povečajo tudi potresne sile, s tem pa tudi potrebna količina vzdolžne armature.

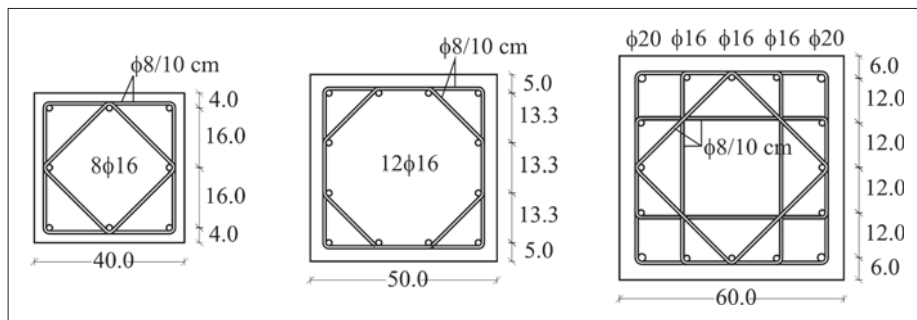
V računu pomikov smo predpostavili, da fasadne plošče ne ovirajo deformacij konstrukcije, zato jih v računu nismo upoštevali. Ta predpostavka običajno ni idealno izpolnjena, kar so pokazali tudi eksperimenti (Fischinger et al., 2008a). Zaradi tega menimo, da bi bilo plošče v računu pomikov smiselno upoštevati. Vendar je to možno narediti le z ustreznim numeričnim modelom, ki pa mora biti eksperimentalno dokazan za vsak poseben primer izvedbe fasade. Trenutno takšni modeli za konstrukcijske sisteme, ki se izvajajo v Sloveniji, še niso narejeni. Upoštevati moramo tudi, da so mejne vrednosti pomikov v tem primeru (pritrjeni nekonstrukcijski elementi) precej manjše ($d_i/h < 1,25$ %).

4 • PARAMETRIČNA ŠTUDIJA POTRESNE OGROŽENOSTI

Ekspirimentalno preizkušena hala je imela majhno maso. Zato smo v drugem članku (Fischinger et al, 2008b) ocenili verjetnost prekoračitve mejnega stanja obravnavanih konstrukcij za cel spekter realnih konstrukcij v praksi. Pripadajočo maso za en stebler smo spreminjali v razponu od 10 t (ki ustreza stanju, ko en stebler podpira približno 40 m² lahke strešne konstrukcije) do 150 t (230 m² težke strehe). Vsi stebri so bili visoki 5 m. Obravnavali smo tri različne dimenzije prerezov: 40 × 40 cm za stebre s pripadajočo maso do 30 t, 50 × 50 cm (70 t) in 60 × 60 cm (150 t). Upoštevali smo projektni pospešek $a_g = 0,25$ g in tla tipa B. Upoštevali smo visoko stopnjo duktilnosti (DCH) in redukcijski faktor $q = 4,5$. Pri tem smo najprej obravnavali konstrukcije, ki so bile projektirane z upoštevanjem vseh zahtev EC8 (tudi tistih za minimalno armaturo). Tako projektirana armatura je prikazana na sliki 2.

Mnoge od teh konstrukcij so imele, kot je tudi razvidno iz prejšnjega poglavja, veliko rezervo nosilnosti. Da bi ocenili vpliv dodatne nosilnosti zaradi minimalnih zahtev, smo študijo ponovili za podoben nabor konstrukcij, le da nismo upoštevali zahtev EC8 za minimalno vzdolžno in prečno armaturo. Tako so bili le stebri v najbolj obremenjenih konstrukcijah armirani z vzdolžno armaturo, enako ali večjo od 1 % prereza. Stremena so bila enostavna in so potekala le po obodu stebra.

Za oceno potresne ogroženosti smo uporabili verjetnostno metodo, ki je podrobno opisana v drugem članku. Ogroženost je bila ocenjena z dvema kriterijema: a) kapaciteto konstrukcije, izraženo z maksimalnim pospeškom temeljnih tal, ki bi ga konstrukcija lahko prenesla (PGA_c), in b) verjetnostjo porušitve v 50 letih za področje Ljubljane ($H_{LS,50}$). Rezultati za konstrukcije s stebri s

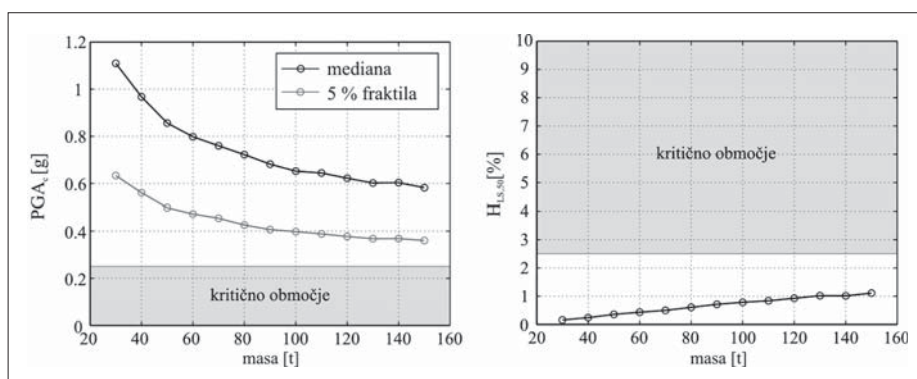


Slika 2 • Prerezi stebrov v obravnavanih konstrukcijah (upoštevana so vsa določila EC8 vključno z določili za minimalno vzdolžno in prečno armaturo)

prezom 60/60 cm, kjer smo upoštevali vse (tudi minimalne) zahteve iz EC8, so prikazani na sliki 3. Za tiste konstrukcije, kjer minimalne konstrukcijske zahteve niso bile upoštewane, pa so rezultati prikazani na sliki 4. Vrednosti za konstrukcije z manjšimi stebri (in masami) so podobne.

Če so upoštewane vse konstrukcijske zahteve (npr. 1 % vzdolžne armature v stebrih), je kapaciteta konstrukcije (tudi ob upoštevanju večine nezanesljivosti in s 5 % fraktilo) večja od projektnega pospeška 0,2 g tudi pri naj-

bolj obremenjenih konstrukcijah. Verjetnost porušitve v 50 letih je med 0,001 in 0,01, kar se zdi za to vrsto obtežbe še sprejemljivo. Zanimivo pa je, da je verjetnost porušitve dokaj velika tudi za konstrukcije z veliko rezervno nosilnosti. Če pa stebre obravnavanega konstrukcijskega sistema armiramo le z računsko potrebno armaturo (skladno z izbranim faktorjem obnašanja), so rezultati precej neugodnejši. Predvsem je zelo visoka verjetnost porušitve. Dodaten komentar je podan v naslednjem poglavju.



Slika 3 • Ocena potresne ogroženosti (zahteve za minimalno armaturo v EC8 so upoštewane)

5 • ANALIZA REZULTATOV IN SKLEP

Obravnavali smo potresni odziv in potresno ogroženost značilnega konstrukcijskega sistema enoetažnih armiranobetonskih montažnih hal z močnimi stiki, ki sestoji iz skupine konzolnih stebrov, ki jih povezuje strešna konstrukcija, ki je toga v svoji ravnini. Takšnih raziskav in ustreznega znanja do

sedaj ni bilo. Zato so rezultati pomembno vplivali na razvoj evropskih standardov EC8 (SIST, 2005) in tako na bodočo projektantsko prakso. Na podlagi obsežnih raziskav, ki so opisane v tem in obeh spremljajočih člankih, lahko postavimo nekaj ugotovitev in zaključkov.

5.1 Stiki

Stike v obravnavanem sistemu smo uspeli narediti dovolj močne, da je bilo obnašanje podobno monolitnemu sistemu s strešno konstrukcijo, ki je bila dovolj toga v svoji ravnini. Izjema je bilo prešibko objetje konca grede z U-stremeni okoli moznika iz stebra po italijanski praksi. Preproste računске metode so omogočile načrtovanje nosilnosti stikov v skladu z zahtevami EC8. Ne gre pa pozabiti, da so bili stiki preizkušeni le za konstrukcijo z

majhno maso. Poleg tega so stiki vsakega sistema posebni in posploševanje v splošnem ni mogoče. Tako rezultati veljajo samo ob predpostavki sistema z močnimi stiki in izpolnitvi projektnih zahtev zadnje verzije EC8 (SIST, 2005). Nedavno je bil odobren velik evropski projekt SAFECAST, ki je namenjen samo raziskavam (inovativnih) stikov v montažnih halah pri potresnem vplivu. Slovenska podjetja lepo vabimo k sodelovanju.

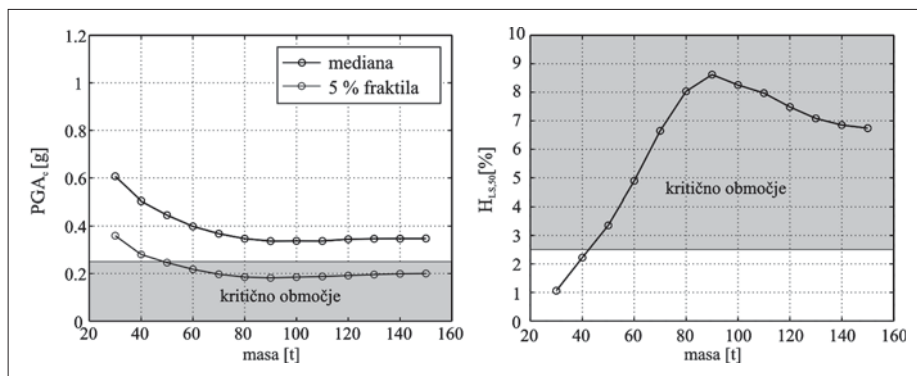
5.2 Potresna ogroženost

Dosledno upoštevane projektne in konstrukcijske zahteve EC8 zagotavljajo običajnim konstrukcijam obravnavanega tipa primerno stopnjo potresne varnosti. Stopnja ogroženosti za konstrukcije, ki bi bile armirane samo z računsko potrebno armaturo (določeno s faktorjem obnašanja 4,5), pa je velika.

5.3 Faktor obnašanja in velikost potresnih sil

Velikost potresnih sil je po EC8 precej večja od sil, ki smo jih upoštevali v dosednji praksi. Prvotne verzije EC8 so zahtevale izredno velika povečanja, ki so – ne povsem utemeljena – ogrožala to vejo gradbene industrije. Na podlagi opisanega projekta PRECAST je bilo pokazano, da so večji redukcijski faktorji, ki jih predvideva zadnja verzija EC8 (SIST, 2005), ob določenih pogojih upravičeni. Bistvena pogoja sta: a) dokaz močnih stikov z načrtovanjem nosilnosti in eksperimentalno določeno odpornostjo stikov ter b) dosledno upoštevanje konstrukcijskih zahtev v standardu. Kljub zmanjšanju glede na predstandard pa so potresne sile še vedno precej večje kot v dosednji praksi.

Konstrukcije visoke stopnje duktilnosti DCH smo projektirali s faktorjem obnašanja 4,5, ki je predviden za monolitne okvire. Nismo pa upoštevali dodatnega faktorja zaradi večje nosilnosti, ki bi bil pri monolitnih enoetažnih



Slika 4 • Ocena potresne ogroženosti (zahteve za minimalno armaturo iz EC8 niso upoštevane)

okvirih 1,1. Tako projektirane konstrukcije so deterministično izkazale kapaciteto, ki je bila precej večja od zahtevane. Verjetnostna študija, ki je upoštevala večino nezanesljivosti v obtežbi, materialu in konstrukciji, pa je pokazala (slika 4), da samo računsko potrebna armatura (ki jo določa velikost faktorja obnašanja) ni zagotovila zahtevane kapacitete. Zahtevana kapaciteta, izražena s pospeškom temeljnih tal, je bila 0,25 g, dosežena pa 0,20 g. Tudi verjetnost porušitve v 50 letih je bila zelo velika.

Skratka, ob spoštovanju že večkrat omenjenih pogojev je redukcijski faktor v (SIST, 2005) približno ustrezen, vendar predlagamo uporabo rahlo manjše vrednosti (npr. 4,0 za konstrukcije z visoko stopnjo duktilnosti).

5.4 Mejno stanje uporabnosti/omejitev pomikov

Razprave o velikosti faktorja obnašanja so ob sedanjih pogojih za omejitev pomikov v EC8 dokaj akademske. Obravnavani konstrukcijski sistem je (če ne upoštevamo fasad) izredno deformabilen. Tako je v mnogih primerih za projektiranje odločilna omejitev pomikov pri mejnem stanju uporabnosti, ne pa mejna nosilnost stebrov pri potresni obtežbi.

5.5 Fasade

Prej omenjeni problem bi se zmanjšal z ustreznim upoštevanjem vpliva fasad. Raziskava je pokazala pomemben vpliv fasad. Povečanje togosti je bilo večje od povečanja potresnih sil zaradi krajšega nihajnega časa. Zato so bili rezultirajoči pomiki precej manjši. Raziskava pa je pokazala tudi, da modeli fasade z nadomestnimi diagonalami ne opisujejo dovolj dobro dejanskega obnašanja. Zaradi številnih nejasnosti so nujne dodatne preiskave (nekaj jih je predvidenih v projektu SAFECAST).

5.6 Gosta stremena ob vpetju stebra

Zahteve EC8 glede gostote stremen v plastičnih členkih ob vpetju stebrov se zdijo dokaj stroge. Vendar raziskava tega ni potrdila. Pri projektiranju smo količino stremen močno zaokrožili navzgor (glej shemo na sliki 1; razdalja med stremeni je bila 7,5 cm). Kljub temu je pri prvem eksperimentu na prototipu 2 prišlo do prezgodnje porušitve zaradi uklona vzdolžne armature ob vpetju stebra. V ponovljenem testu smo zmanjšali razdaljo na 5 cm in dosegli bistveno boljše obnašanje.

6 • LITERATURA

- Bubnov, S., Fajfar, P., Fischinger, M., Ribarič, V., Tomažević, M., Graditev objektov visokogradnje na seizmičnih območjih – Ocena pravilnika, Univerza v Ljubljani, FAGG, Publikacija IKPIR, št. 25, 1982.
- Fischinger, M., Tomažević, M., Capuder, F., Fajfar, P., Lutman, M., Szilagy, J., Študija potresne varnosti velikopanelnega sistema SCT, Gradbeni vestnik, let. 36, št. 11/12, str. 241–248, 1987.
- Fischinger, M., Fajfar, P., O potresnih silah v predpisih, Gradbeni vestnik, let. 38, št. 11/12, str. 334–338, 1989.
- Fischinger, M., Projektiranje potresno odpornih konstrukcij armiranobetonskih stavb – Komentar k Poglavju 5 v SIST EN 1998-1 (Posebna pravila za betonske stavbe), gradivo na seminarju za projektante, Univerza v Ljubljani in IZS, 2007.

- Fischinger, M., Kramar, M., Isaković, T., Ocena potresne varnosti armiranobetonskih montažnih hal z močnimi stiki (1) – Zasnova študije in eksperimentalni rezultati, poslano v objavo, 2008a.
- Fischinger, M., Kramar, M., Isaković, T., Ocena potresne varnosti armiranobetonskih montažnih hal z močnimi stiki (2) – Numerično modeliranje in določitev potresnega tveganja, poslano v objavo, 2008b.
- Kramar, M., Potresna ranljivost montažnih armiranobetonskih hal, doktorska naloga, Univerza v Ljubljani, FGG, 176 strani, 2008a.
- Pravilnik o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih, Uradni list SFRJ, številka 31, 1981.
- Toniolo, G. (coordinator), Final report of the EU Research Project: Seismic Behaviour of Precast Concrete Structures with respect to EC8 (Contract No. G6RD-CT-2002-00857), 2007.
- SIST ENV 1998-1-3, Eurocode 8, Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij, Del 1-3: Splošna pravila, Posebna pravila za različne materiale in elemente (enakovreden ENV 1998-1-3:1995), USM, MZT, 2000.
- SIST EN 1998-1, Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij, Splošna pravila, potresni vplivi in vplivi na stavbe (SI prevod EN 1998-1:2004 (E)), 2005.
- Vintezeleou, E. N., Tassios, T. P., Behaviour of dowels under cyclic deformations. ACI Structural Journal, 84, 1: 18–30, 1987.

SISTEMI ZA KONTINUIRANO KONTROLO ZGOŠČANJA – KONČNO V REDNI RABI TUDI V SLOVENIJI

ROLLER-INTEGRATED CONTINUOUS COMPACTION CONTROL – FINALLY IN OPERATION ALSO IN SLOVENIA

dr. Ana Petkovšek, univ. dipl. inž. geol.

ana.petkovsek@fgg.uni-lj.si,
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana

Primož Jurjavčič, univ. dipl. inž. grad.

primoz.jurjavcic@primorje.si, Primorje, d. d. Ajdovščina

Matej Maček, univ. dipl. inž. grad.

matej.macek@fgg.uni-lj.si,
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana

Zvonko Cotič, dipl. inž. grad.

zvonko.cotic@primorje.si, Primorje, d. d. Ajdovščina

Strokovni članek

UDK: 624.131.53

Povzetek | S terminom »kontinuirana kontrola zgoščanja« (CCC – Continuous Compaction Control) označujemo sodobne postopke zveznega spremljanja odzivov zemljine na vibracije, ki jih v tla prenašajo dinamični valjarji med obratovanjem. Merilni sistem, integriran v valjar, omogoča zvezen nadzor nad dogajanjem v tleh in zvezno spremljanje obratovalnih učinkov valjarja. Vrednosti, ki jih dobimo pri meritvah, so dinamične merilne vrednosti (DMV). Na doseženo kakovost zgoščenosti plasti sklepamo posredno, preko predhodnega umerjanja sistema, ki ga opravimo z uporabo klasičnih metod, predvsem z uporabo statične ali dinamične krožne plošče. Primorje Ajdovščina je leta 2007 uporabilo sistem CCC pri izgradnji dveh pregradnih nasipov na ČHE Avče, kar je prvi primer tovrstne gradnje v Sloveniji. V članku so predstavljeni postopki kontinuirane kontrole zgoščanja zemljin, dokumentirani z rezultati meritev na ČHE Avče in odsekih avtocest v Pomurju. Namen članka je poudariti prednosti rabe postopkov CCC in približati in pospešiti njihovo rabo na vseh področjih zemeljskih del.

Summary | The term »CCC – Continuous Compaction Control« defines contemporary procedures that enable continuous monitoring of soil responses to vibrations transferred by dynamic rollers into the soil during their functioning. The measuring system, integrated into the roller, enables continuous control over the events in the soil and continuous monitoring of the roller actions. The values obtained in the measurements with the CCC procedures are dynamic measuring values. The achieved compaction quality is deduced indirectly, through a preliminary calibration system, performed by using conventional methods, especially the static and dynamic circular plates. Primorje Ajdovščina used the Roller integrated continuous compaction control in 2007 during the construction of two embankment dams for the accumulation pool at the Pumping Power Station Avče (Slovenia). This was for the first time that the CCC system was used for quality control as well as acceptance criteria in Slovenia. The paper presents the procedures of continuous compaction control, documented with results from the job site Avče and some other motorway job sites. The purpose of the paper is to present the advantages of CCC systems and to bring the CCC procedures closer to all those who are directly or indirectly included into the process of the construction of embankments and other types of unbound layers.

1 • UVOD

Nasipi so v primerjavi z drugimi inženirskimi objekti nekaj posebnega. Grajeni so iz naravnih, bolj ali manj heterogenih zemljin in zdrobljenih kamnin, brez ali z zelo nizko stopnjo predhodne tehnološke predelave. Nasipni materiali ne podležejo odredbi o obveznem certificiranju gradbenih proizvodov. Njihove lastnosti so sezonsko spremenljive in zelo močno odvisne od vlage. Zgoščanje je najpomembnejši tehnološki postopek, ki se uporablja pri gradnji in daje vgrajeni zemljini načrtovane inženirske lastnosti: strižno trdnost, deformacijske karakteristike in prepustnost, vgrajeni plasti pa zahtevano togost, nosilnost in homogenost.

Zaradi nehomogenosti temeljnih tal in nasipnih materialov, zaradi spremenljivih vremenskih pogojev, zaradi različnih elementov, ki

jih je treba vgraditi v nasipe, je razumljivo, da se med zgoščanjem pojavijo lokalne nehomogenosti. Če niso pravočasno odkrite, se kasneje pokažejo v obliki prevelikih posedkov, diferenčnih posedkov, razpok, mest s povečano prepustnostjo, ranljivostjo za zmrzal in izpiranje ali na kakšen drug, za varnost in funkcionalnost objekta škodljiv način. Tveganje v primeru porušitev je pri različnih nasipih različno. Nasipi z izjemno visokim tveganjem so visoke nasute pregrade. Porušitev komaj dograjene pregrade »Teton dam« v ZDA je prikazana na sliki 1. Levo vidimo blatno brozgo, ki teče iz izvira na pregradi in nad njim enega od dveh buldožerjev, ki so jih poslali, da bi zasuila odprtino. Na sliki desno je stanje tik pred popolno porušitvijo, ki je nastopila v nekaj urah (Seed in Duncan, 1987). Zelo zahtevna

je gradnja visokih pobočnih nasipov prometnic, visokih rudniških jalovišč in odlagališč odpadkov (slika 2). Nasipe, ki nas varujejo pred poplavami, snežnimi plazovi ali padajočim kamenjem, le redko obravnavamo kot zahtevne inženirske objekte, pa vendar imajo njihove porušitve praviloma katastrofalne posledice. Vse pogostejšo medijsko informacijo – »nasip je popustil« – običajno povezujemo s silovitostjo naravne ujme, ne pa tudi s podcenjeno gradnjo ali vzdrževanjem nasipa. Po načelih nasipov gradimo specifične funkcionalne dele objektov, na primer mineralne tesnilne sloje v okoljskem inženirstvu, nevezane nosilne plasti pod statično in dinamično obremenjenimi površinami, zasipe cevodovov, zasipe temeljev in podpornih zidov itd. Porušitve teh plasti sicer direktno ne ogrožajo življenj, so pa usodne za konstrukcije, ki jih nosijo, na primer, za asfaltna vozišča, tirni trak, za puščanje cevodov, za preboj tesnilne plasti in širjenje polutantov itd.



Slika 1 • Porušitev komaj dograjene pregrade »Teton dam«, Idaho, ZDA, leta 1976 (Sylvester, 2008)



Slika 2 • Izvedbeno zahteven visoki pobočni nasip Orehovica na izstopu iz predora V Zideh ob začetku in po končani gradnji

Današnje zahteve glede varnosti, stabilnosti, posedkov in diferenčnih posedkov nasipov so zelo stroge. Hkrati pa gradimo čedalje zahtevnejše nasipe, na voljo je vse manj časa za gradnjo, zlata pravila o obveznem mirovanju nasipov »čez zimo« so pozabljena, možnosti dostopa do kvalitetnih nasipnih materialov pa skorajda ni več. Pravi izbor zgoščevalnega sredstva in tehnike zgoščanja, oboje v povezavi z razpoložljivim nasipnim materialom in možnostmi celovitega nadzora zgoščenosti, nadomeščajo to, kar smo včasih dosegali z uporabo kakovostnih nasipnih materialov, počasno gradnjo, manj birokratsko naravnimi postopki kontrole kakovosti in večjo strpnostjo ob zaznavanju poškodb.

S terminom »kontinuirana kontrola zgoščanja« ali krajše CCC (CCC – Continuous Compaction Control, ali tudi RICCC – Roller Integrated CCC) označujemo postopke zveznega spremljanja odzivov zemljine na vibracije, ki jih v tla prenašajo dinamični valjarji med obratovanjem. Merilni sistem, integriran v valjar, omogoča zvezen nadzor nad dogajanjem v podlagi in hkrati zvezno spremljanje obratovalnih učinkov valjarja. Inteligentno zgoščanje je postopek, pri katerem se delovna stanja valjarja samodejno prilagajajo stanju podlage in pomenijo dodatno strojno nadgradnjo valjarjev z vgrajenimi sistemi CCC. Satelitska navigacija (GPS) omogoča upravljanje nasipavanja, zgoščanja in prevzemanje plasti na daljavo.

Gradnje nasipov, ki se zdijo na meji razumnega, so za preživetje nove družbe včasih edina rešitev. V nasipe druge faze letališča Kinsai v Osaki na Japonskem je vgrajenih 250 milijonov m³ zemljin (slika 3). Upravljanje vseh ladijskih dobav, raztovarjanje materiala, vgrajevanje nasipov in nadzorovanje gradnje poteka preko navigacije GPS, valjarji so opremljeni s sistemi CCC.

Leta 2007 je Primorje Ajdovščina na gradbišču ČHE Avče dogradilo prve nasipe z uporabo valjarjev z vgrajenimi sistemi CCC v Sloveniji. Meritve vertikalnih in horizontalnih deformacij na dograjenih nasipih kažejo, da je z rabo CCC možno dosegati neprimerljivo boljšo kakovost gradnje od tiste, ki jo lahko dosegamo s klasičnimi postopki.

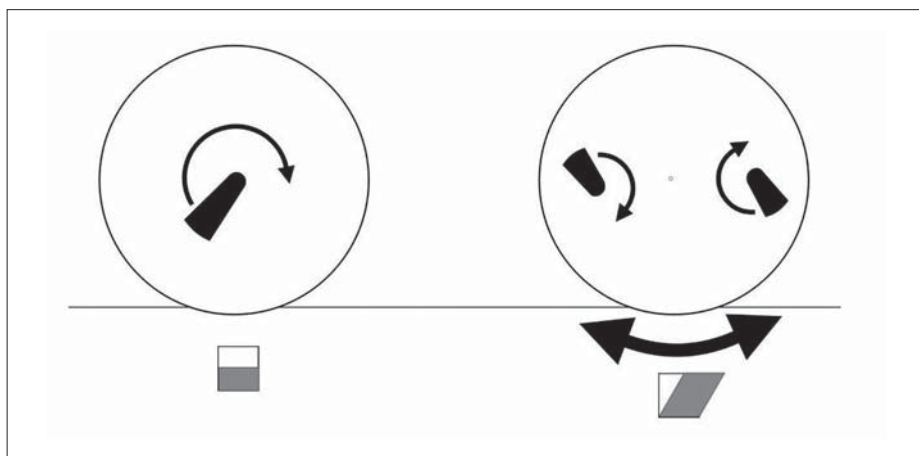


Slika 3 • Gradnja druge faze letališča Kinsai (Osaka) na umetnem otoku leta 2006

2 • ZGOŠČANJE IN UPORABA SISTEMOV CCC

2.1 Statična in dinamična interakcija med zemljino in valjarjem

Zemljine, zdrobljene kamnine in njim podobne materiale (žlindre, elektrofiltrske pepele, sadre, gradbene odpadke itd.) vgrajujemo v nasipe ali deponije z zgoščanjem s statičnimi in dinamičnimi valjarji, ki so vibracijski ali oscilacijski. Za gradnjo nasipov praviloma uporabljamo vibracijske valjarje, oscilacijske pa le izjemoma, na primer v bližini stavb (slika 4). Pri statičnem valjanju se zemljina zgošča pod lastno težo valjarja. Ta z vožnjo v »statičnem prehodu« potiska zrna zemljine v stabilnejšo lego in jih na ta način gosti na račun manjšanja volumna z zrakom zapolnjenih por. Učinki statičnega valjanja so omejeni na površino



Slika 4 • Shema delovanja bobna vibracijskega in oscilacijskega valjarja (Adam, 2000)

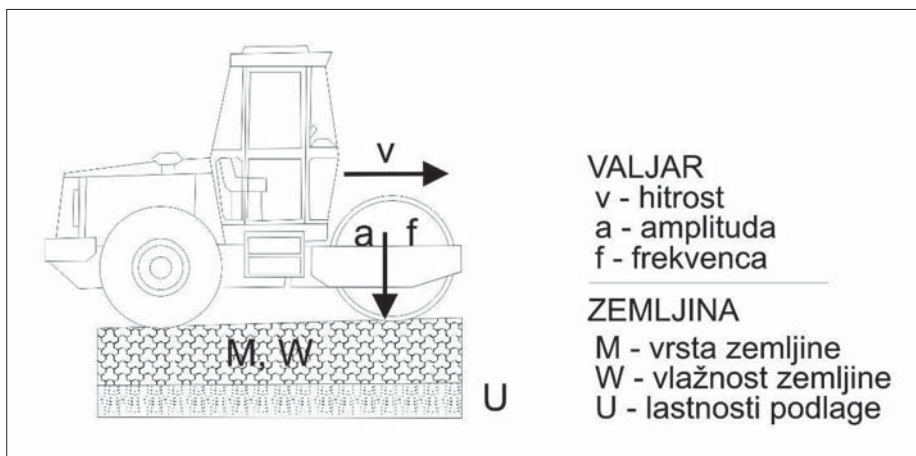
in tanjši sloj zemljine tik pod površino plasti. Raba postopkov CCC za valjarje v statičnem prehodu ni možna.

Pri vibracijskem valjanju se zemljina zgošča zaradi kombiniranih učinkov lastne teže valjarja in dinamičnih učinkov. V bobnu valjarja je ekscentrično nameščena masa, ki rotira okoli osi z enakomerno hitrostjo. Z nihanjem bandaže (bandaža je jeklen obroč na bobnu valjarja) se v podlagi vzbudi kompresijsko valovanje. Zaradi gibanja izgubijo zrna zemljine medsebojni kontakt, trenje med zrni se začasno zmanjša, sosednja zrna se delno obrusijo in predrobijo ter nato – tudi pod vplivom lastne teže valjarja – dokončno preuredijo v novo, gostejšo strukturo.

Pri klasičnem zgoščanju z vibracijskimi valjarji privzemamo, da so lastnosti valjarja konstantne, spreminjajo pa se lastnosti nasipnega materiala in podlage (slika 5). Valjarje opišemo s statično maso, ki je na zemeljskih delih običajno od 4 do 25 ton, maso jarma, obliko in velikostjo bobna, frekvenco in amplitudo. Novejši valjarji imajo možnost dvojne nastavitve na f , i. nizko in visoko frekvenco in amplitudo. Hitrost valjanja je običajno od 2 do 6 km/h. Lastnosti zemljine so spremenljive, odvisne od narave mineralnih zrn, zrnaste sestave in oblike zrn, vlažnosti ter prepustnosti za zrak in vodo. Vrsto valjarja in debelino nasute plasti izberemo glede na značaj nasipnega materiala, število prehodov in hitrost valjanja pa na osnovi točkovnih meritev zgoščenosti, dosežene na poskusnem polju.

Zgoščanje z uporabo valjarjev z vgrajenimi sistemi CCC pa je, nasprotno kot klasično zgoščanje, zasnovano na zasledovanju povečanja togosti podlage med valjanjem. Z naraščanjem togosti se obratovalna stanja v nihanje vzbujene bandaže spreminjajo (tabela 1).

Stalen stik med bandažo in podlago nastopi le takrat, ko je plast v rahlo nasutem stanju ali ko valjamo mehke, deformabilne gline. Najučinkovitejše je zgoščanje v stanju privzdigovanja. Bandaža izgubi za kratek čas stik z zemljino v času enega obrata ekscentra. Z naraščajočo togostjo podlage se čas izgube stika povečuje, dokler bandaža ne preide v poskakujoči način obratovanja. Obratovalni cikel bandaže se spremeni z enega na dva obrata ekscentra. Vsak drugi cikel zgošča podlago, nato pa mu sledi cikel, ko valjar ne zgošča, saj je bandaža večino časa v zraku. V tej fazi zaradi večjih sil pride do povečanega drobljenja zrn na površini plasti, rahljanja zgornjega sloja podlage in povečana izrabe ležajev stroja. Temu stanju se moramo med



Slika 5 • Interakcija valjar-zemljina (prirejeno po Thurner in Sandstrom, 2000)

| GIBANJE VALJA | STIK ZEMLJINA-VALJ | OBRATOVALNO STANJE | ODZIVNA SILA ZEMLJINE | MOŽNOST DELA S CCC | TOGOST ZEMLJINE | HITROST VALJARJA | AMPLITUDA VALJA |
|---------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| PERIODIČNO | STALEN | STIK | | DA | nizka | velika | majhna |
| | SE PERIODIČNO IZGUBLJA | PRIVZDIGOVANJE | | DA | ↓ | ↑ | ↓ |
| | | POSKAKOVANJE | | ni priporočljivo | | | |
| NIHANJE | | NE | | | | | |
| KAOTIČNO | SE NE PERIODIČNO IZGUBLJA | KAOS | | NE | visoka | majhna | velika |

Tabela 1 • Obratovalna stanja bandaže (ISSMGE, TC 3)

valjanjem izogibati, kolikor je mogoče dolgo, na ta način, da povečamo hitrost vožnje ali znižamo amplitudo.

Obratovanje v načinu opletanje, v katerem bandaža udarja ob tla izmenično na levi in desni strani, ter v načinu kaotičen nastopa pri zelo togih tleh v kombinaciji z neustreznimi parametri valjarja in/ali prenizko hitrostjo vožnje. V tem obratovalnem načinu valjarja ni možno krmiliti, nadaljnje zgoščanje pa ni več možno.

2.2 Raba sistemov CCC in dinamična merilna vrednost

Rezultat meritve CCC je dinamična merilna vrednost (DMV), ki je relativna vrednost in jo lahko primerjamo s klasičnimi parametri, t. i. deformacijskimi moduli (poznamo jih tudi kot »nemški« E_{v2} in E_{v1} , »švicarski« M_E , »dinamični« E_{vd}), gostoto ali relativno zgoščenostjo (D_{PR})

le na točno določeni kombinaciji valjarja in podlage. Dinamičnih merilnih vrednosti pri postopkih CCC tudi ni možno medsebojno primerjati z uporabo različnih empiričnih postopkov, kot to sicer velja za zveze $E_{v2}-M_E-E_{vd}$. DMV je izmerjena oziroma izračunana iz nihanja bandaže in se vedno nanaša na podlago, ki se lahko privzame kot homogen polprostor, z določeno gostoto, elastičnim modulom, strižnim modulom itd., ki sam od sebe ne more zanihati. Nihajoča masa valjarja lahko ustvari sistem nihanja z lastno frekvenco in resonanco. Resonanca nihanja sistema podlaga in masa valjarja je odvisna od togosti, gostote in dušenja, na katerega vpliva energija, potrebna za premikanje zrn v materialu, notranje trenje zrn in valovanje na površini in v plasti. Energijo, ki se porabi zaradi dušenja, je treba nadomestiti s pogonom merilnega valjarja. Količino te energije je možno

določiti iz naležne sile (pritiska) bandaže na podlago ter poti nihanja bobna. Za izračun potrebujemo znane statične in dinamične parametre valjarja in pospeške, izmerjene z ustreznim merilnikom, pritrjenim na nosilnem jarmu bobna (slika 6).

Pri postopkih CCC je delovni valjar hkrati tudi merilni valjar, ki meri odzive bandaže med valjanjem, te odzive analizira v procesni enoti in jih prikaže na zaslonu, nameščenem v kabini valjarja. Teoretske osnove merjenja so podrobno opisane v številnih dokumentih ((Adam in Kopf, 2000a), (Floss in Kloubert, 2000)).

2.3 Zemljine, primerne za rabo sistemov CCC

Na začetku so bili sistemi CCC razviti za delo v granuliranih, nevezljivih materialih: prodih, peskih in zdrobljenih kamninah, kjer so še vedno najučinkovitejši. Sisteme CCC je možno uporabljati tudi v vezljivih in mešanih vezljivih zemljinah, vendar pa je vpliv vlage na togost in dinamične merilne vrednosti vezljivih plasti zelo velik, zato je potrebna pri taki rabi podatkov DMV posebna previdnost in izkušnost. CCC je možno učinkovito uporabljati tudi pri vgrajevanju različnih industrijskih in komunalnih odpadkov in recikliranih materialov.

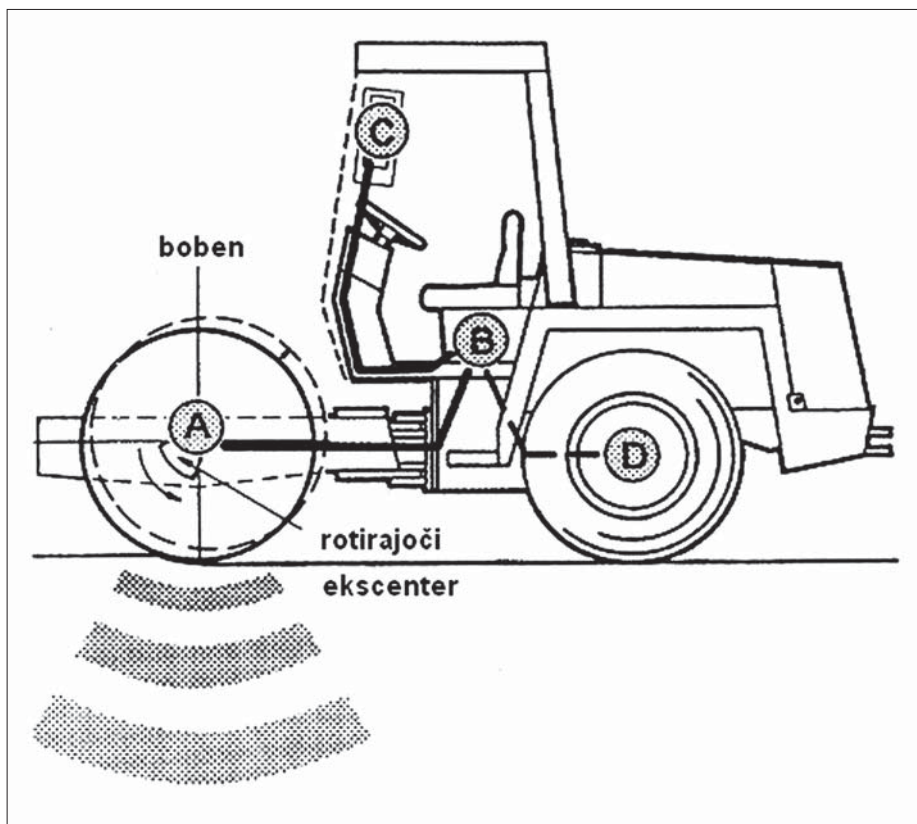
Pri zrnatih materialih je priporočljivo, da je velikost zrn manjša od 120 mm. Kadar se vgrajujejo debelejši materiali, je treba paziti na ravnost valjane površine.

2.4 Globine merjenja

Globinski doseg merjenja dinamičnih merilnih vrednosti je večji od globinskega učinka valjarja pri zgoščanju. Kadar so temeljna tla pod plastjo, ki jo valjamo, slabo utrjena, nehomogena ali iz drugačnega materiala, se to odraža na rezultatih meritev. Take pojave imenujemo »vpliv podlage« in jih moramo pri kalibraciji ali vrednotenju stanja upoštevati. Orientacijska merilna globina 10-tonskega valjarja je 0,6–1,0 m, 12-tonskega 0,8–1,5 m in 16-tonskega 1–2 m.

2.5 Snemanje, zapisovanje in dokumentiranje dinamičnih merilnih vrednosti

V tem trenutku prevladujejo na svetovnem trgu trije sistemi zapisov dinamičnih merilnih vrednosti (tabela 2). Kompaktometer proizvajalca Geodynamik s švedskega primerja amplitude pospeškov vzbujajočega nihanja in nihanja tal. Merilni sistemi proizvajalcev Bomag (Terameter) ali Ammann (ACE) pa merijo



Slika 6 • Shematski prikaz valjarja z vgrajenim sistemom CCC. A – merilnik pospeškov, B – procesor, C – ekran, D – detektor položaja (GPS)

silo in pripadajoči pomik. Merjene vrednosti so različne in neprimerljive zaradi različnih načinov interpretacij rezultatov.

Spremljanje in dokumentiranje rezultatov meritev se izvaja na različnih nivojih obdelave. Strojnik v valjarju v vsakem trenutku spremlja dinamično merilno vrednost in jo primerja s fistimi, izmerjenimi pri predhodnih delovnih prehodih, ali z referenčno vrednostjo, določeno pri kalibraciji. Zadnji člen v verigi kontrole pa je dokumentacijski sistem. Ta omogoča registriranje in analiziranje vseh korakov od začetka do konca valjanja in mora biti zaščiten pred zunanjimi posegi.

Dinamična merilna vrednost se zapisuje pri vsakem prehodu valjarja v vsaki kolesnici. Registrira se samo v dinamičnem prehodu naprej, prehod nazaj pa se izvaja statično in brez zapisa. Primer zapisa merilnih vrednosti, izpisanih takoj po valjanju, po treh merilnih prehodih, vidimo na sliki 7. Po prvem prehodu (zapis 3.1) poteka krivulja v območju nizkih vrednosti in je izrazito žagaste oblike, kar kaže na neenakomerno zgoščeno podlago. Po drugem in tretjem prehodu (zapisa 3-2 in 3-3) se krivulja premakne v območje višjih merilnih vrednosti, predvsem pa se izravna, kar dokazuje homogeno utrjenost plasti.

| Sistem CCC | Vrednost CCC | Definicija | Proizvajalec |
|---------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|
| Kompaktometer | CMV | Primerja frekvence | Geodynamik, Švedska |
| Terameter | OMEGA (Nm) | Primerja čase | Bomag, Nemčija |
| Terameter | E_{vib} (MN/m ²) | Primerja čase | Bomag, Nemčija |
| ACE | k_b (N/m) | Primerja čase | Ammann, Švica |

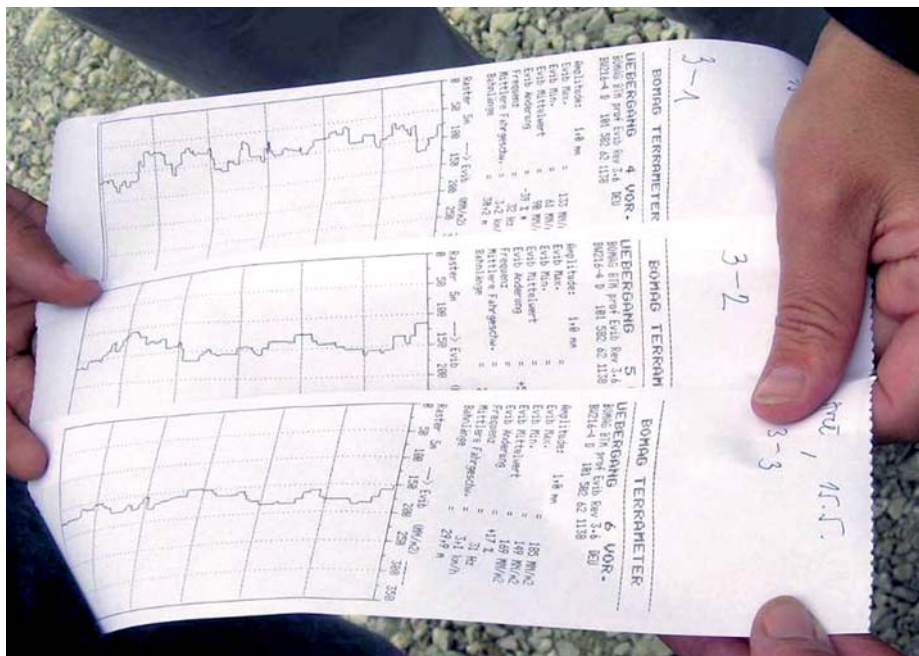
Tabela 2 • Uveljavljeni zapisi dinamičnih merilnih vrednosti za sisteme CCC različnih proizvajalcev

S pomočjo zapisa hitro in zanesljivo odkrijemo anomalije v podlagi in učinkovitost zgoščanja po posameznem prehodu. Primer na sliki 8 kaže, kako je možno iz primerjave zapisov po štirih prehodih ugotoviti, da so bili prvi trije prehodi učinkoviti, saj so dinamične merilne vrednosti naraščale, četrti prehod pa je bil neučinkovit. Za nadzornika je pomemben tudi zapis odklonov navzdol v petem pasu, kjer je nehomogenost v podlagi in z njo pogojeno šibko mesto ostalo tudi po končanem valjanju. Primer na sliki 9 kaže, kako je sistem CCC zaznal skalo (skok navzgor) in glino (skok navzdol) v podlagi pri valjanju v eni kolesnici. Načini registriranja in zapisovanja dinamičnih merilnih vrednosti se pri različnih proizvajalcih nekoliko – a ne bistveno – razlikujejo. V najosnovnejši obliki ima strojnik na stroju le možnost nadzora vrednosti DMV, in to brez izpisa. V takem primeru so pridobljeni podatki le v pomoč izvajalcu, da racionalizira postopke dela, ne morejo pa služiti za potrjevanje kakovosti in prevzem vgrajene plasti. Nadgrajene oblike sistemov CCC (t. i. Compaction Management) pa omogočajo upravljanje s podatki in obdelavo podatkov za vsako posamezno kolesnico ali za vse kolesnice na določenem odseku. Glede na podatke kalibracije se opravi evalvacija in statistična obdelava podatkov na nivoju, potrebnem za dokazilo kakovosti, in prevzem posamezne in vseh nasipnih plasti. Rezultati CCC po kalibraciji se lahko uporabljajo kot merodajni kriteriji za prevzemanje nasipnih plasti na nivoju notranje in zunanje kontrole.

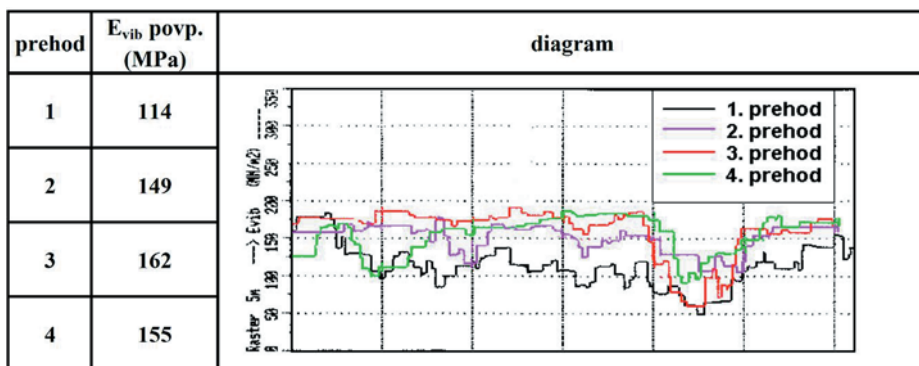
2.6 Kalibracija sistemov CCC

Kadar želimo podatke CCC uporabiti tudi za kvaliteto prevzemanje plasti, moramo sistem CCC, valjarja in nasipne zemljine kalibrirati. To izvedemo tako, da vrednosti DMV primerjamo s klasičnimi točkovnimi meritvami. Za točkovno merjenje lahko uporabimo kateri koli uveljavljen postopek, na primer merjenje gostote z izotopsko sondo, ali z nadomestnimi postopki, merjenje različnih parametrov s krožno ploščo (E_{v2} , E_{v1} , M_E , E_{vd} , k_{sv} , CBR). S tako primerjavo dobimo funkcijo, ki za konkretni primer valjar-zemljina pretvori DMV v točkovno meritev.

Postopek kalibracije poteka na poskusnem polju znotraj florisla bodočega nasipa. Na izbranem odseku zgoščamo zemljino v isti kolesnici, dokler se DMV med zaporednima prehodoma večja za več kot 5%. Med posameznimi prehodi na mestih konstantne DMV opravimo točkovne meritve. Za uspešno kalibracijo potrebujemo vsaj devet



Slika 7 • Izpise dinamičnih merilnih vrednosti je možno pregledati že na terenu, takoj po vsakem delovnem/merilnem prehodu; terameter na ČHE Avče, maj 2007



Slika 8 • Primerjava dinamičnih merilnih vrednosti po štirih zaporednih prehodih; terameter, avtocestni nasipi pri Dolgi vasi, marec 2007



Slika 9 • Zapis dinamične merilne vrednosti in anomalij v podlagi; terameter, ČHE Avče, maj 2007

točkovnih meritev. Po izkušnjah so za izvajanje točkovnih meritev najprimernejše meritve statičnega (E_{v1}) ali dinamičnega modula (E_{vd}). Meritve E_{vd} so ugodne zaradi hitre izvedbe in primerljivosti principov merjenja z delovanjem CCC. Zaradi odstopanj pri točkovnih meritvah E_{vd} naredimo v radiju 1 m od izbrane točke po štiri take meritve. Za boljšo kalibracijo lahko uporabimo tudi več kontrolnih točk. Med samo kalibracijo ne smemo spreminjati načina zgoščanja (amplituda, frekvenca in hitrost), paziti pa moramo na morebitne lokalne vplive cevovodov, morfološko razgibane podlage, robnih pasov itd. (slika 10).

Sovisnost med dinamično merilno vrednostjo in referenčnim točkovnim parametrom določimo na osnovi linearne regresije in prikazemo v grafični obliki (slika 11). Postopek je natančno opisan v (TSC, 2005).

V času redne gradnje nasipa v kalibracijski diagram dodajamo nove izmerjene vrednosti, ki lahko potrjujejo začetno kalibracijo, ali pa tudi ne. V primeru večjih odstopanj moramo izdelati novo poskusno polje in novo kalibracijo.

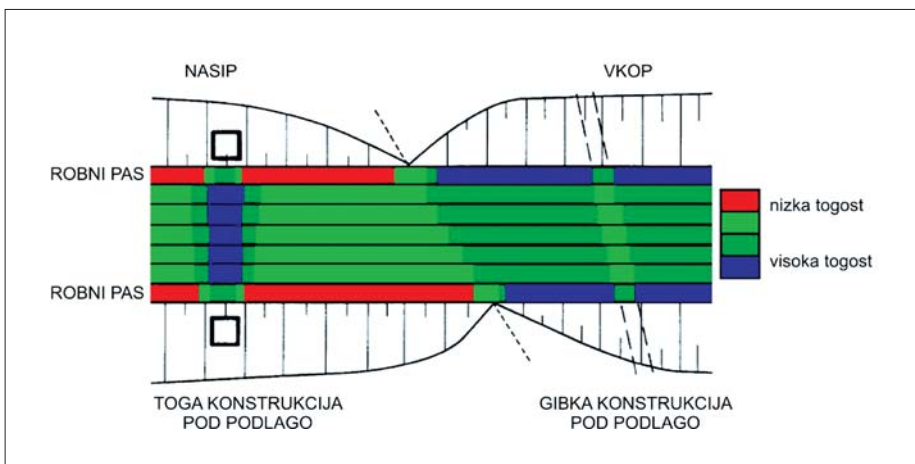
Pri zgoščanju moramo vselej zadostiti pogoju, da je prirast DMV med zadnjima zaporednima prehodoma manjši od 5 %. Šele nato preverjamo, ali je dosežena zgoščenost ustrezna ali ni. Pri tem je treba preveriti več možnosti (ISSMGE – TC 3):

- a) Povprečni DMV mora biti višji od srednje (zahtevane) vrednosti.
- b) Nikoli ne sme biti vrednost DMV nižja od spodnje meje za več kot 10 %.
- c) Če je vrednost DMV nižja od spodnje meje, ne sme biti hkrati nad zgornjo mejo.
- d) Če DMV ni nikoli pod spodnjo mejo, standardna deviacija DMV ne sme biti večja od 20 %.

2.7 Zgodovina rabe CCC in tehnične specifikacije za rabo sistemov CCC

Prvi sistem za zvezno merjenje učinkov zgoščanja je patentiral švedsko podjetje Geodynamic leta 1978, prvi valjar z vgrajenim sistemom CCC pa je bil razstavljen v Parizu leta 1980. Trenutno so na trgu trije vodilni proizvajalci sistemov CCC: Geodynamic na Švedskem, Bomag v Nemčiji in Ammann v Švici.

Prva priporočila za rabo CCC so izdelali v Nemčiji leta 1993, leta 1994 pa so izšli dodatni pogodbeni tehnični pogoji (ZTVE-STB, 1994). Tehnične specifikacije za rabo CCC imajo na Švedskem, v Švici in Avstriji. Avstrijske smernice RVS 8.S.02.6 so služile kot osnova za izdajo mednarodnih priporočil (ISSMGE – TC 3). Postopki CCC so del

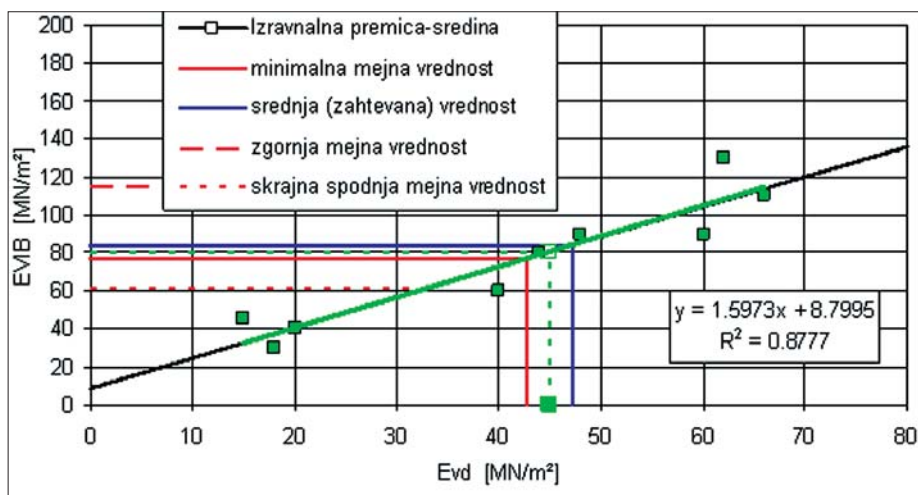


Slika 10 • Valjarji z vgrajenimi sistemi CCC zaznavajo vplive podlage, zato jih lahko uporabimo tudi kot detektorje zasutih jarkov in cevi; pri kalibraciji se moramo izogibati vplivom podlage

običajnih postopkov za kontrolo kakovosti zemeljskih del povsod po svetu, na velikih gradbiščih v razvitih državah obvezno zahtevani del opreme za zgoščanje, v številnih primerih pa tudi edini možni način potrjevanja kakovosti. Na sliki 12 je prikazana suha stran 233 m visoke nasute pregrade Shuibuja na Kitajskem. V pregrado je vgrajenih 15 milijonov m^3 zdrobljenega kamnitega materiala. Trije 25-tonski inteligentni valjarji so dnevno vgradili v pregrado od 15.000 do 20.000 m^3 materiala. Kontrola zgoščanja se je izvajala s sistemi CCC – terometri (Adam, 2007).

V Franciji so razvili poseben sistem merilnega valjarja, in sicer portancemeter (slika 13), ki se uporablja le za meritve zgoščenosti plasti, ne pa tudi kot delavni valjar (Quibel, 1998).

V Sloveniji je prvi vibracijski valjar tipa AMMANN z vgrajenim kompaktnometrom preizkušalo Cestno podjetje Celje leta 1994. Težko razumemo, zakaj v Sloveniji ni prišlo do vzpodbujanja rabe CCC na velikih avtocestnih in hidrotehniških nasipih, ki so se gradili po letu 1994. Leta 2001 je DARS financiral razvojno nalogo na temo rabe CCC. Raziskave so potekale na visokih nasipih pred predorom Ločica – zahod na avtocestnem odseku Vransko–Blagovica, z ekipo in stroji Ammann podjetja CMC Celje. Rezultati raziskave so pokazali izjemne prednosti rabe sistemov CCC v primerjavi s konvencionalnimi metodami, še posebej pri detekciji slabih mest v nasipnih plasteh, grajenih iz zdrobljenih laporjev, izkopanih v predoru (Petkovšek, 2002).



Slika 11 • Primer kalibracijske krivulje za plast, na kateri se zahteva vrednost $E_{vd} = 45 \text{ MPa}$

Leta 2005 je Direkcija Republike Slovenije izdala tehnično specifikacijo TSC 06.713 z naslovom *Meritve gostote: Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev*, ki je bila kot osnutek pripravljena že leta 2003. Podjetje Primorje, d. d., je v letu 2006 posodobilo strojni park z nakupom novih valjarjev proizvajalca Bomag, opremljenih s terometri. Obsežno testiranje valjarjev in merilne opreme sta omogočila DARS na avtocestnih nasipih pri Dolgi vasi ter HSE na visokih pregradnih nasipih ČHE Avče. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo UL je v sodelovanju s Komisijo za zemeljska dela pri DARS-u v maju 2007 organizirala dvodnevno delavnico, ki jo je vodil eden vodilnih svetovnih strokovnjakov na tem področju, in sicer dr. Adam s Tehniške univerze na Dunaju.

Visoki pregradni nasipi ČHE Avče so edini do leta 2008 v Sloveniji zgrajeni nasipi, na katerih so se valjarji, opremljeni s sistemi CCC, uporabljali kot delovni in merilni valjarji, naročnika – Holding Slovenske Elektrarne (HSE) in Soške elektrarne Nova Gorica (SENG), pa sta rezultate DMV potrdila kot merodajne za kvalitetni prevzem plasti.



Slika 12 • Nasuta pregrada Shuibuja, Kitajska je visoka 233 m, v peti je široka 616 m (Adam, 2007)

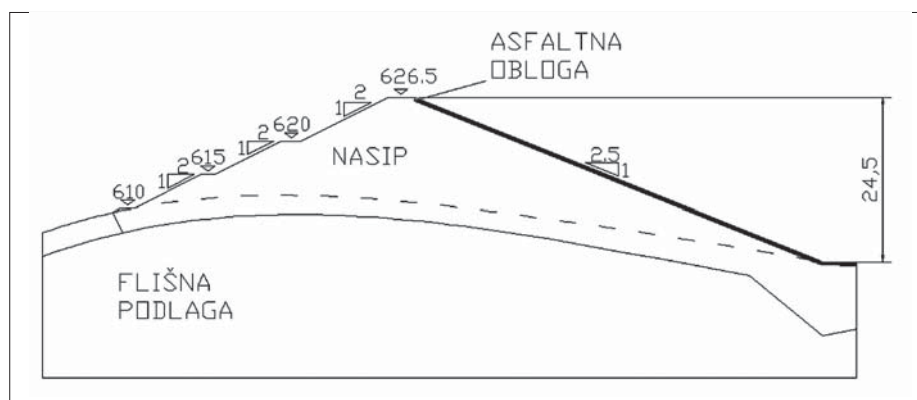


Slika 13 • Portancemeter za zvezno merjenje zgoščenosti plasti (CETE, Francija)

3 • GRADNJA PREGRADNIH NASIPOV NA ČHE AVČE

3.1 Predstavitev lokacije

Črpalna hidroelektrarna (ČHE) Avče je prvi tovrstni objekt v Sloveniji. Akumulacijski bazen s koristnim volumnom 2,3 milijona m³ je lociran na Kanalskem Vrhu na nadmorski višini 600–625 m, strojnica pa je ca. 600 m nižje v dolini Soče v Avčah. Med bazenom in strojnico je cevovod, po katerem bo elektrarna črpala vodo v času, ko je poraba energije nizka, in s praznjenjem bazena proizvajala elektriko v času konic. Bazen je lociran v naravni, polodprti kraški kadunji, ki jo je bilo treba poglobiti in za potrebe akumulacije zapreti z dvema nasipoma višine ca. 25 m. Večji nasip



Slika 14 • Karakteristični prerez »velikega« nasipa za zgornji bazen ČHE Avče



Slika 15 • Volumski razpad fliša na ČHE Avče

je dolg približno 400 m, manjši pa približno 200 m. Karakteristični prerez nasipa je prikazan na sliki 14. Tesnjenje dna, nasutih in vkopanih brežin je zasnovano z asfaltno oblogo, položeno na tamponski sloj iz drobljenega kamnitega materiala. Projekte je izdelalo podjetje Colenco – Korona, ki se je v času gradnje na gradbišču soočalo s številnimi pojavi, ki jim radi pravimo »geološka presenečenja« in so zahtevala številne spremembe in dopolnitve projekta.

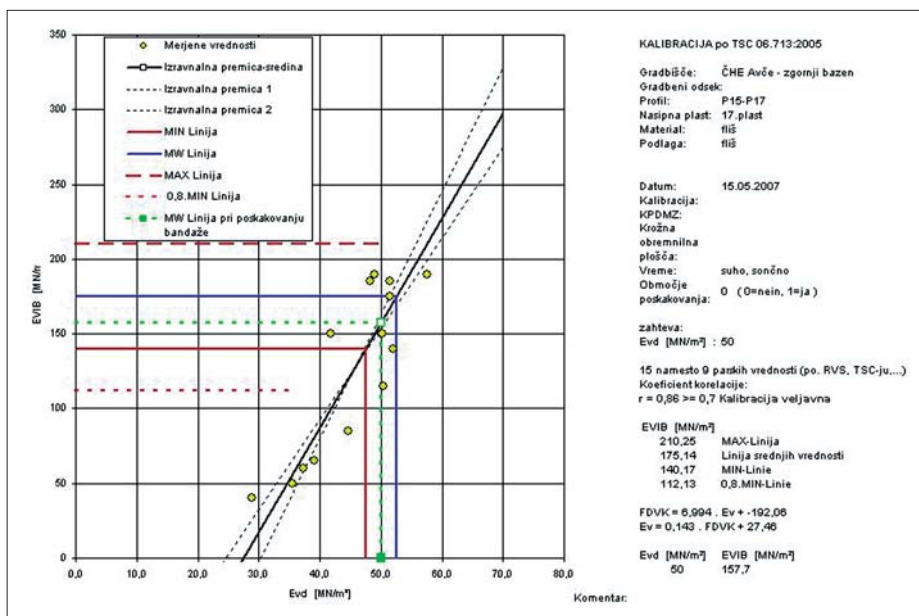
Širše vplivno območje bazena je zgrajeno iz zakraselega fliša kredne starosti. V flišu se menjavajo različki mehkih, malo odpornih kamnin, kot so glinavci in laporovci, in plasti trdnejših peščenjakov in apnencev – kalkarenitov. Izkopi v bazenu so potekali z uporabo buldožerjev z rijači, bagri s konico in z občasnim miniranjem v trdnejših kamninah. Pridobljeni izkopni materiali so imeli značaj debelo zrnate, mešane, glinasto gruščnate zemljine klasifikacije »GC – GM s samicami«.

3.2 Gradnja nasipov akumulacije iz lokalnega fliša – da ali ne

Odločanje o rabi fliša za visoke nasipe je vselej povezano s številnimi neznankami in veliko inženirsko odgovornostjo. Ključni problem, s katerim se srečujemo pri delu s flišem povsod po svetu, je ta, da zdrobljenega fliša ne moremo vrednotiti niti kot zemljinski (earth fill) niti kot kamniti nasip (rock fill), zato so možnosti nadzorovanja zgoščenosti in homogenosti med gradnjo zelo omejene.

Razponi lastnosti flišnih materialov iz izkopov na lokaciji bazena so naslednji:

- prostorninska masa zrn: $\rho_d = 2200\text{--}2650 \text{ kg/m}^3$
- indeks točkovne trdnosti kamnine: $I_{s(50)} = 0,02\text{--}2,21 \text{ MPa}$ in $c_0 = 0,5\text{--}49 \text{ MPa}$
- indeks obstojnosti kamnine: $I_{d2} = (26,1\text{--}83,6 \%)$ do $(91\text{--}98 \%)$
- meja židkosti finih zrn v izkopanem materialu: w_L : do 60 %



Slika 16 • Rezultati kalibracije valjarja na poskusnem polju nasipa ČHE Avče

- indeks plastičnosti finih zrn: I_p : neplastična v kalkarenitu, 20–35 % v drobljenem laporju
- vlaga: $w_0 = 1,1\text{--}7 \%$
- optimalna vlaga po Proctorju: w_{opt} : 6–10 %
- maksimalna suha gostota po Proctorju: ρ_{dmax} : 2170–2200 kg/m³

Na sliki 15 je prikazan primer razpadanja bloka flišne kamnine na izkopu. Blok volumna ca. 1 m³ razpade najprej v manjše bloke in grušč, nato pa počasi prepereva v glino. Čas razpada bloka na prostem je od nekaj dni do nekaj mesecev. Na sliki desno je viden ploskovni zdrs preperelega fliša po gladki porušnici po še nerazpadlem flišu na severni vkopni brežini bazena.

Izkušnje kažejo, da se visoki nasipi iz inertnih materialov po izgradnji sesedejo za ca. 1–3 % lastne višine. Sesedki so posledica neenakomernega zgoščanja v času gradnje, konsolidacije spodnjih nasipnih plasti zaradi dodatne obtežbe z zgornjimi deli nasipa ter

ekvilibracije vlage v povezavi s preurejanjem zrn v stabilno lego.

Na flišnih nasipih se sesedki še dodatno povečajo zaradi razpadanja »velikih« zrn v skeletu in polnjenja por s finimi produkti razpadanja. Zaenkrat še ne znamo napovedati, kako se bo posamezno, volumsko nestabilno zrno fliša obnašalo po vgradnji v nasip. Za preprečevanje nevarnosti in posledic dodatnega sesedanja je treba zagotoviti dovolj gosto strukturo, dovolj visoko stopnjo saturacije med gradnjo in dovolj časa za ekvilibracijo vlage (Petkovšek in Majes, 2001). Rezultati točkovnih meritev gostote z izotopsko sondo ali deformacijskih modulov s ploščo ne pokažejo pravega stanja, saj je njihov globinski doseg premajhen, trenje med zrni v sveže zgoščeni plasti pa dovolj visoko, da dobimo lažen vtis o visoki trdnosti in togosti plasti. Pomanjkljivosti klasičnih točkovnih metod merjenja gostote in togosti lahko nadomestimo z rabo valjarjev z vgrajenimi sistemi CCC in spremljajočim nadzorovanjem sukcije.

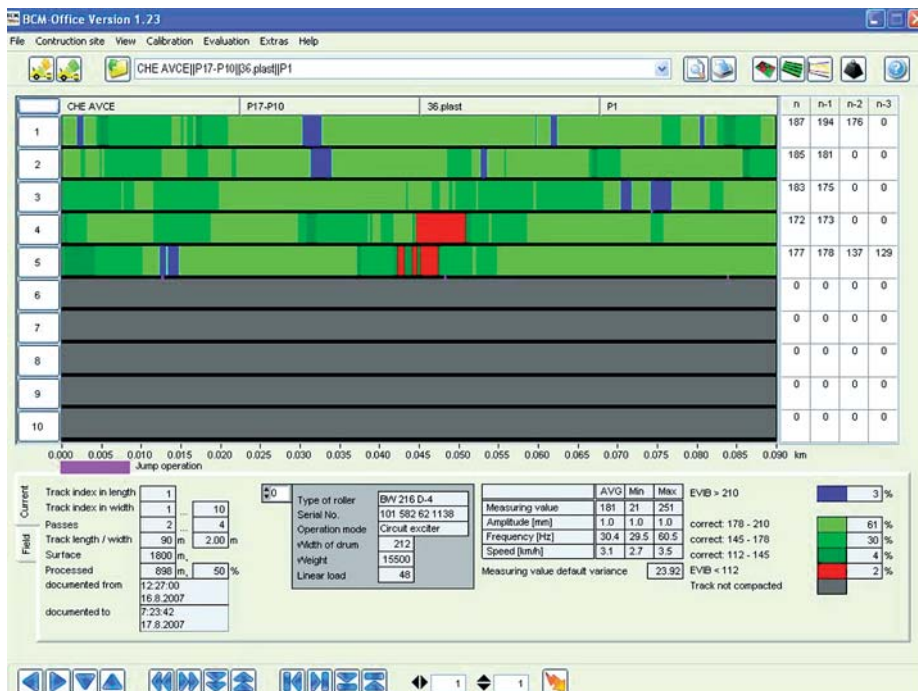
Izkušnje kažejo, da so sesedki nasipov, nadzorovanih s postopki CCC za red velikosti 10- do 30-krat nižji od klasičnih, fliš pri nizkih sukciyah pa ni več podvržen volumskim spremembam. Po temeljitih raziskavah in analizah je bilo sklenjeno, da se fliš lahko vgrajuje v pregradne nasipe pod naslednjimi pogoji:

- za zgoščanje in kontrolo zgoščanja se uporabijo valjarji z vgrajenimi sistemi CCC,
- v nasipe se vgrajujejo navlaženi materiali pri najmanj 85 % saturaciji, kar še zagotavlja dovolj nizko sukciyo,
- kriterij za vrednotenje kakovosti in prevzemanje nasipnih plasti je dinamična merilna vrednost. Med predzadnjim in zadnjim prehodom mora biti razlika v prirastu DMV manjša od 5 %.

Pri doslednem izpolnjevanju kriterijev smo po optimistični prognozi ocenili končno vrednost posevkov na visokih nasipih na 2,4 cm do 7,4 cm, po pesimistični prognozi s klasičnimi postopki pa na 58 cm. Za nadzorovanje vertikalnih in horizontalnih pomikov pregrade smo v času gradnje vzpostavili geotehnični monitoring, ki sicer ni bil predviden v projektu pregradnih nasipov.

3.3 Gradnja in nadzorovanje kakovosti s sistemi CCC

Za gradnjo in nadzorovanje zgoščanja smo uporabili 16-tonski vibracijski valjar BOMAG BW 216 D-4, z delovno širino bandaže



Slika 17 • Izpis stanja podlage v kolesnicah v določeni fazi gradnje

213 cm. Možna je uporaba dveh frekvenc $f_1 = 31$ Hz in $f_2 = 36$ Hz in dveh amplitud, 1,80 in 0,85 mm. Globinski učinek zgoščanja je do 0,8 m, globina merjenja pa je 1,2–1,5 m. Valjar je opremljen z merilnim sistemom Terameter, nadgrajenim s sistemom za celovito obdelavo podatkov Bomag Compaction Management BCM 05.

V obdobju april–maj 2007 smo izvedli štiri poskusna polja za kalibracijo. Največ težav so pri kalibraciji povzročala debela zrna velikosti nad 100 mm, razmočene leče glin in neravnine na površini. Primerjalne meritve smo izvedli s krožno ploščo s lahko padajočo utežjo. Rezultati kalibracije so prikazani na sliki 16. Vrednosti $E_{vd} = 50$ MPa ustreza dinamična



Slika 18 • Pogled na jarek za vgradnjo merilne (inklinacijske) cevi in detekcija cevi pod površino med merilnim prehodom na zaslonu BCM 05

merilna vrednost $E_{vib} = 157,7$ MPa, brez težav pa smo dosegali vrednosti $E_{vib} = 175$ MPa. Tu moramo poudariti, da je za pregradne nasipe najpomembnejši kriterij stopnja zgoščenosti. Zahteva $E_{vd} = 50$ MPa je sicer visoka zahteva, ki pa je prvenstveno namenjena kontroli togosti zaključnih plasti pod prometno obremenjenimi površinami. Naše temeljno vodilo pri gradnji nasipov je bilo zato – ne glede na kalibracijo – zasledovanje kriterija maksimalnega dopustnega prirasta dinamične merilne vrednosti pred zadnjim prehodom za manj kot 5 %.

Z uporabo postopkov CCC smo oba nasipa zgradili v času od junija do septembra leta 2007. Zaradi kratkih časovnih rokov smo nasipe gradili tudi z valjarji brez vgrajenih sistemov CCC, za izvedbo kontrolnih meritev pa uporabljali merilni valjar. V oba nasipa smo vgradili 441.000 m³ materiala, ves material je bil pridobljen v izkopih na lokaciji. Za vrednotenje podatkov smo uporabili nadgrajeni sistem BCM 05. Na sliki 17 je prikazan primer izpisa stanja v času merilnega prehoda. Pomembni so podatki v tabeli na desni strani, ki kažejo na prirast DMV. V kolesnicah so odseki, pobarvani z zeleno, ustrezni, rdeči so slabo zgoščeni, modri pa prekompaktirani odseki. Uporaba BCM 05 omogoča zaznavo najrazličnejših nehomogenosti v podlagi. Na sliki 18 je prikazana detekcija horizontalne cevi, vgrajene za potrebe merjenja vertikalnih pomikov s hidrostatskim inklinometrom. Analiza rezultatov vseh meritev po zaključeni gradnji je pokazala, da so bile povprečne merilne vrednosti na velikem nasipu $E_{vib} = 187$ MPa in na malem nasipu $E_{vib} = 176$ MPa, vse vrednosti so bile v okviru zahtev za prevzem plasti. Pomembno je tudi, da so bili nasipi dokončani septembra 2007 in so tako do začetka gradnje asfaltne obloge v miru počivali in prezimili.

Na sliki 19 je pogled na dograjeni severni, večji nasip, na sliki 20 pa je panorama celotnega bazena z obema dograjenima nasipoma, posneta jeseni 2007.

3.4 Meritve pomikov na nasipih

Deformacije nasipov običajno merimo med gradnjo na mehkih tleh, saj je od hitrosti gradnje in upadanja presežnih poreznih tlakov odvisna varnost nasipa, ki je najmanjša med samo gradnjo, nato pa s časom narašča.

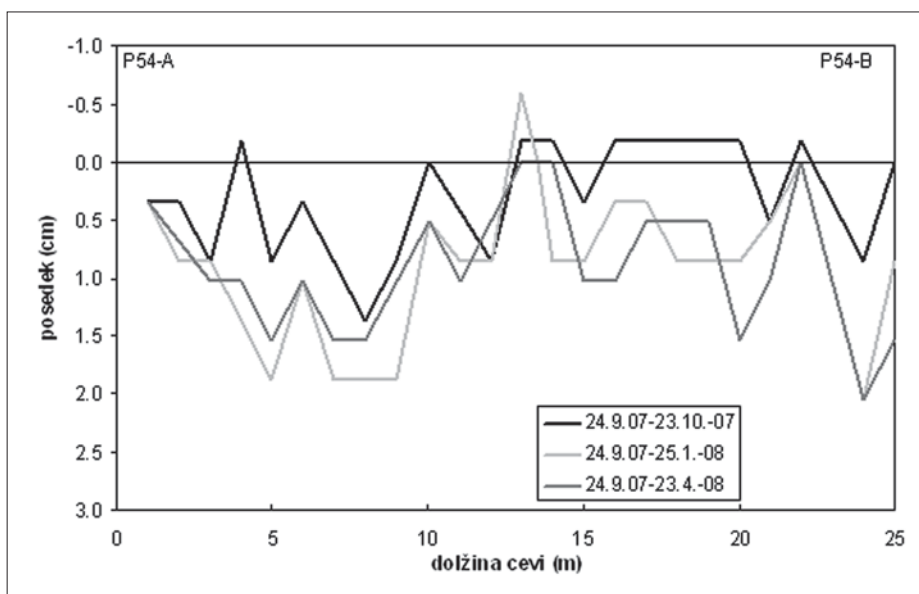
Pregradni nasipi na ČHE Avče pa so temeljeni na trdni, za načrtovane obremenitve »nepodajni« podlagi. Edini posedki, ki se lahko razvijejo v nasipu, so sesedki nasipa, še posebej nevarni pa tisti sesedki, ki bi nastali kot posledica naknadnega razpadanja flišnih zrn,



Slika 19 • Pogled na dograjeni severni nasip, v ozadju Krn



Slika 20 • Panorama bazena med gradnjo jeseni 2007; veliki nasip levo in mali nasip desno zgoraj



Slika 21 • Rezultati meritev vertikalnih pomikov na velikem nasipu v P 54 A prečno na vzdolžno os kažejo, da so na 25 m dolgem opazovanem odseku sesedki minimalni, do 2 cm (ZAG, 2008)

ki tvorijo nosilni skelet. Za funkcionalnost bazena je pomembno, da ne pride do nedopustnih posedkov in diferenčnih posedkov pod asfaltnim tesnilnim slojem. Morebitni nenadni posedki zaradi zakrasede podlage, pred katerimi se je sicer težko, a možno zavarovati, možnost dogodka pa je na ČHE Avče realno prisotna, niso predmet naše obravnave, zato

se bomo osredotočili le na deformacijsko obnašanje samih nasipov.

Za nadzorovanje vertikalnih in horizontalnih pomikov smo v nasipe med gradnjo vgradili dva horizontalna in en vertikalni inklinometer ter več posedalnih plošč. Meritve v inklinometrih je izvajal Zavod za gradbeništvo Slovenije, meritve na posedalnih ploščah

pa geodetska služba Primorja. Vsi rezultati meritev kažejo, da so vertikalni pomiki v višini pod krono v prvem letu po izgradnji minimalni, ca. 2 cm, in celo manjši od predhodne optimistične prognoze 2,4–7 cm (slika 21), pomiki v horizontalni smeri, merjeni v vertikalnem inklinometru, pa v redu napake meritve ± 3 cm.

4 • RAZPRAVA

4.1 Zvezna kontrola zgoščanja proti klasičnim postopkom kontrole

Klasični postopki za nadzorovanje kakovosti zgoščanja zemljine ali zdrobljene kamnine v nasipno plast obsegajo dve glavni skupini meritev, in sicer:

- Meritve gostote in vlage materiala v vgrajeni plasti in nato izračun relativne zgoščenosti (DPR) glede na referenčno gostoto, določeno v laboratoriju po Proctorjevem postopku. Za merjenje gostote nasipnih plasti se pri nas največ uporabljajo izotopske sonde in kalibrirani cilindri, redkeje pa tudi nadomestni postopki s peskom ali vodo. Kontrole zgoščenosti nasipov z uporabo penetracijskih sond se v Sloveniji niso prijele, čeprav so v svetu – še zlasti v urbanih sredinah – dokaj pogoste.
- Meritve deformacijskih modulov plasti (E_{v1} , E_{v2} , E_{vd} , M_E , M_S) z uporabo statične in dinamične krožne plošče. V to skupino meritev lahko uvrstimo tudi meritve nosilnosti (CBR) in meritve modula reakcije tal (k_s), ki pa se v Sloveniji izvajajo zelo redko.

Vse naštetje metode so točkovne. Tehnik postavi merilni instrument na statistično ali predhodno naključno izbrana mesta na nasipni plasti in opravi meritve. Najpogostejše so meritve z izotopsko sondo v obsegu približno 1 meritev/200 m³, kar pomeni v primeru gradnje 0,5 m debele plasti po eno meritev na 400 m². Rezultat meritve je omejen tudi po višini. Globina dosega krožne plošče je približno 1,5-kratnik premera plošče in je pri plošči premera 30 cm okoli 45 cm. Z nadomestnimi postopki merjenja gostote le redko presežemo globino 20 cm.

Za vrednotenje zgoščenosti potrebujemo še posrednika – referenčno vrednost, ki jo za uporabljeni material določamo po Proctorju v laboratoriju. Medlaboratorijske primerjave kažejo (Ločniškar et al, 2008), da je primerljivost in ponovljivost določanja referenčne gostote po Proctorju zelo slaba, kar pomeni,

da je statistično ovrednotena zgoščenost zelo odvisna od tega, v katerem laboratoriju so bile referenčne raziskave opravljene. Tudi slabih mest ali zveznih polj šibkosti v nasipu s klasičnimi meritvami ni možno prepoznati. Če se na objektu pojavijo poškodbe, statistika takih rezultatov ne pomaga pri odkrivanju vzrokov.

Pri postopkih CCC je bandaža delovnega stroja hkrati tudi merilna naprava, ki meri vzdolž kolesnice ves čas obratovanja stroja. Strojnik med valjanjem sproti ocenjuje učinkovitost valjanja, opazuje polja šibkih mest, kjer valjanje samo po sebi ne zadošča, in so potrebni obsežnejši sanacijski ukrepi, hkrati pa se lahko izogne prekomernemu valjanju.

Postopki CCC so tudi pomemben kazalnik stanja temeljnih tal in podlage, ki ga klasični postopki ne prepoznajo. Na sliki 22 je prikazan primer gradnje pobočnega avtocestnega nasipa pri Dolgi vasi. Nov nasip iz gramozna se prislanja na stari nasip, zgrajen iz mešanega glinasto-grušnatnega materiala. Na poljih, označenih s številkami 1, 2 in 3, je gramozni nasip visok, na poljih, označenih s številkami 4 in 5, pa nizek. Točkovni preizkusi z dinamično ploščo so na vseh poljih izkazali ustrezno togost, CCC pa je na polju 4 zaznal vplive slabe podlage (slika 23), ki bi se v primeru, če bi bil to že zaključni planum nasipa, kasneje prenašale navzgor, na vozišče in prispevale k prehitremu utrujanju asfalta in prezgodnjim poškodbam vozišča. Zvezna kontrola zgoščanja ima številne prednosti pred klasičnimi točkovnimi metodami. Postopki CCC niso uporabni le na velikih



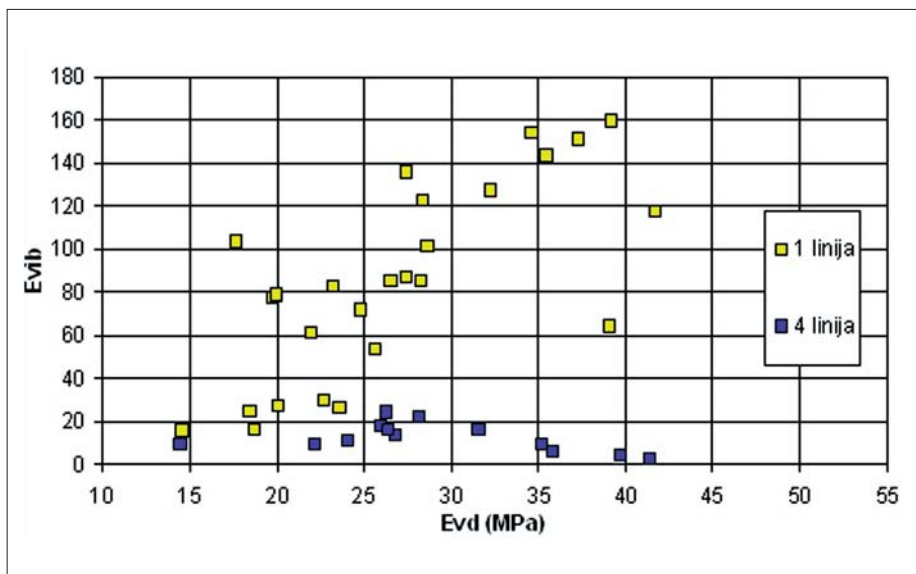
Slika 22 • Poskusna polja na avtocestnih nasipih pri Dolgi vasi, marec 2007

gradbiščih. Uporabljamo jih lahko tudi na manjših gradbiščih, pri odkrivanju slabo zasutih kanalov pod cesto, pri ugotavljanju slabih mest na nasipih po spomladanski odjugi ali po vodnih ujmah, pri ugotavljanju prevelikih vplivov slabe podlage na nizkih nasipih in podobno. Prednosti niso le v boljše nadzorovani in boljši kakovosti zgoščanja. Z uporabo CCC se skrajša čas gradnje in nenazadnje se izboljša raba stroja in zmanjša poraba goriva.

4.2 Postopki CCC ne ogrožajo delovnih mest

Po začetku gradnje avtocest se je v Sloveniji zelo povečalo število laboratorijev za kontrolo kakovosti zemeljskih del, v katerih je zaposlenih pomembno število inženirjev in tehnikov-tehnologov, katerih primarna dejavnost je usmerjena na izvajanje točkovnih meritev za potrjevanje kakovosti. Ali so morda z uvajanjem postopkov CCC ogrožena delovna mesta?

Zatrdimo lahko, da postopki CCC ne ogrožajo delovnih mest. Nasprotno, od vseh, ki sodelujejo pri gradnji, zahtevajo več znanja, širine in usposobljenosti, tako pri strojnikih, ki stroj upravljajo, kot pri tehnologih in nadzornikih, ki preverjajo kakovost, potrjujejo rezultate ter prevzemajo plasti.



Slika 23 • Rezultati primerjalnih meritev s CCC (E_{vb}) in krožno ploščo (E_{vd}) pri Dolgi vasi

Na tem mestu moramo še prav posebej poudariti pomen ustrezno usposobljenega strojnika na valjarju z vgrajenim sistemom CCC. Po naših opažanjih je le malo strojnikov dobro usposobljenih za delo na valjarjih. Od strojnika, ki komajda obvladuje valjar, ne moremo

pričakovati, da bo obvladoval valjar in sistem CCC. Uvajanje rabe postopkov CCC bo treba podpreti tudi z ustrežno politiko zaposlovanja in upravljanja s kadri na gradbiščih ter izpopolnjevanjem tako v izvajalskih podjetjih kot tudi v institucijah nadzora.

5 • SKLEP

Nasipi so pomembni inženirski objekti, ki pa morajo živeti v senci atraktivnejših bratov: viaduktov, visokih betonskih pregrad, sodobnih vozišč, luških pomolov itd. Svojevrsten paradoks je, da moramo v času, ko se na vseh področjih uvajajo novi in »boljši« materialni, v nasipe vgrajevati vse slabše materiale, saj so kvalitetni postali nedostopni ali predragi. Funkcionalne zahteve pa naraščajo. Postopki CCC pomenijo velikanski napredek na področju celovitega obvladovanja gradnje nasipov in vseh

tistih plasti, ki jih gradimo po načelu nasipov. Na primeru gradnje pregradnih nasipov za akumulacijo ČHE Avče smo pokazali izjemne rezultate, dosežene na flišnem materialu, ki ga sprva projektant ni dovolil vgrajevati v nasipe zaradi strahu pred prevelikimi deformacijami. Postopki CCC so v nekaterih primerih tudi edini resnično merodajni kazalnik stanja zgoščenosti, zato bi morali njihovo rabo spodbujati na vseh ravneh odločanja. V času nastajanja tega članka so v gradnji

veliki, do 40 m visoki avtocestni nasipi na odsekih avtoceste Ponikva–Pluska in Ponikva–Hrastje. Načrtujejo se nove hidrotehnične gradnje, rekonstrukcije železnic, zgraditi bo treba pokrove na desetinah slovenskih odlagališč odpadkov in rudniških jalovišč. V številnih slovenskih gradbenih podjetjih imajo valjarje z vgrajenimi sistemi CCC že nekaj let, a so zadržani do njihove rabe. Upamo, da bo članek prispeval k pospešeni rabi teh postopkov na vseh področjih zemeljskih del. Če smo se še pred nekaj leti izgovarjali, da ni ustreznih navodil, tehničnih specifikacij, znanj ali izkušenj za rabo postopkov CCC, takih zadržkov danes ni več.

6 • ZAHVALA

Testiranje opreme in izvedbo obsežnih poskusnih polj na gradbiščih avtoceste pri Dolgi vasi je omogočil DARS preko strokovnih služb pri DDC. Dars je pokrival tudi

stroške dvodnevne delavnice na UL FGG v maju 2007 in svetovalne usluge dr. Adama iz TU na Dunaju. Predstavniki HSE in SENG so dovolili poskusno rabo in nato potrdili

redno rabo postopkov CCC na gradbišču ČHE Avče. Vsem imenovanim se avtorji zahvaljujejo.

7 • LITERATURA

- Adam, D., Continuous Compaction Control, Interno gradivo na delavnici, UL FGG Ljubljana, Katedra za mehaniko tal, maj 2007.
- Adam, D., Kopf, F., Sophisticated compaction technologies and continuous compaction control, V: *Compaction of Soils and Granular Materials*, Ecole nationale des ponts et chaussées, Paris, 19. maj 2000, 207–221, 2000.
- Adam, D., Kopf, F., Theoretical analysis of dynamically loaded soils, V: *Compaction of Soils and Granular Materials*, Ecole nationale des ponts et chaussées, Paris, 19. maj 2000, 3–17, ISSMGE/ETC 11, 2000.
- Brandl, H., Adam, D., Roller integrated Continuous Compaction Control in Road and Railway Engineering, V: *Megra*, 2006, Gradnja avtocest v Pomurju, Zbornik referatov, Gornja Radgona, 5. april, 2006, DRC, 44–55, 2006.
- Brandl, H., Low embankments on soft soil for highways and high speed trains, V: *Correia, A.G., Brandl, H. (ur.), Geotechnics for Roads, Railtracks and Earth structures*, Tokyo, A. A. Balkema, 239–259, 2001.
- Floss, R., Kloubert, H. J., Newest developments in compaction technology, V: *Compaction of Soils and Granular Materials*, Ecole nationale des ponts et chaussées, Paris, 19. maj 2000, 247–261, 2000.
- ISSMGE-TC 3, Roller Integrated continuous compaction control, Technical contractual provisions – recommendations, 16 ICSMGE, 2005, Osaka, 2005.
- Ločniškar, A., Bebar, M., Erbežnik, C., Zrim, S., Petkovšek, A., Vloga in dosežki komisije za zemeljska dela pri izgradnji avtocest v Sloveniji, V: *Logar, J., Petkovšek, A., Klopčič, J. (ur.), 5. posvetovanje slovenskih geotehnikov*, Nova Gorica, 12.–14. junij 2008, Slovensko geotehniško društvo, 119–133, 2008.
- Merkblatt über flachendeckende dynamische Verfahren zur Prufung der Verdichtung im Erdbau, FGSV, Koln 1993.
- Petkovšek, A., Kontinuirana kontrola zgoščanja pri gradnji nasipov – začetne slovenske izkušnje z uporabo kompaktometra, V: *VILHAR, M. (ur.), 6. slovenski kongres o cestah in prometu*, Portorož, 253–262, 2002.
- Petkovšek, A., Maček, M., Jurjavčič, P., Majes, B., Uporaba valjarjev v vgrajenim sistemom za kontinuirano kontrolo zgoščanja. Razvojno aplikativni projekt, Naročnik DARS, E 39/07 UL FGG Ljubljana, 54, 2007.
- Petkovšek, A., Majes, B., Izkušnje z geotehničnimi problemi pri gradnji avtocestnega omrežja: je bila odločitev o gradnji visokih nasipov iz fliša na HC Selo–Šempeter pravilna? V: *Žlender, B., Dolinar, B. (ur.), 2. Šukljetovi dnevi*, 19. 10. 2001, Maribor, Zbornik referatov, Slovensko geotehniško društvo, 31–38, 2001.
- Quibel, A. et al., Le Portancemètre: Un Nouvel Appareil d'asculation en Continu des Couches de Forme et de la Partie Supérieure des Terrassements, CETE, 1998.
- RVS 8S.02.6, Erdarbeiten, Kontinuierlicher walzenintegrierter Verdichtungsnachweis, OFS, Dunaj, 1999.
- Seed, G. H. B., Duncan, J. M., The failure of Teton Dam, Eng. Geology, Elsevier, 173–205, 1987.
- Sylvester, A. G., Teton dam failure. http://www.geol.ucsb.edu/faculty/sylvester/Teton%20Dam/welcome_dam.html, julij 2008.
- Turner, H. F., Sandstrom, A. J., Continuous Compaction Control, V: *Compaction of Soils and Granular Materials*, Ecole nationale des ponts et chaussées, Paris, 19. maj 2000, 237–246, 2000.
- TSC 06.713:2005, Meritve gostote, Postopki kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev, Ministrstvo za promet Republike Slovenije.
- ZAG Ljubljana, 2. redno poročilo o meritvah posedanja v profilu na bazenu ČHE Avče, P 585/05-710-19, 13, 2008.

60 LET DRUŠTVA GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV MARIBOR

Peter Kosi, univ. dipl. inž. grad.

V četrtek, 16. oktobra, so člani Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor s svečano akademijo v Kazinski dvorani Slovenskega narodnega gledališča v Mariboru obeležili visoki jubilej – 60-letnico svojega delovanja. Skrbno pripravljen program, ki ga je v kulturnem delu popestril Mariborski okteti, je izzvenel ob upravičenem poudarjanju vloge in pomena gradbeništva v širšem slovenskem prostoru.



Osrednji govornik dolgoletni predsednik Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor Stipan Mudražija je podrobno opisal prehojeno pot ter organiziranost in način dela tega uspešnega društva, ki je istočasno tudi eno najstarejših slovenskih stanovskih združenj.

Ob svojem visokem jubileju je Društvo izdalo zbornik s pomenljivim naslovom *Preteklost za prihodnost*. Kot je v njegovi predstavitvi povedal urednik, nekdanji predsednik Peter Kosi, so z njim hoteli prikazati prehojeno pot gradbeništva v prostoru in času delovanja Društva ter opozoriti na uspehe in težave pango. V prvem delu zbornika – bogato oblikovane knjige velikosti trdo vezanega A4-formata – je prikazana zgodovina in delovanje Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor. Ostali del Zbornika je vsebinsko razdeljen na poglavja o zgodovini in razvoju gradbenega šolstva, o razvoju in dosežkih vseh večjih gradbenih podjetij s področja delovanja Društva, o posameznih projektih – gradbenih dosežkih, ki so posebej zaznamovali preteklo obdobje, o razvoju tehnologije gradenj v preteklem obdobju ter o razvoju gradbenih

predpisov. Posebni del zbornika je namenjen dvema jubilentoma: 90-letniku, prof. Egonu Žitniku, nestorju slovenskega gradbenega šolstva, ter Viktorju Marklju, letošnjemu dobitniku svetovnega priznanja Footbridge Award 2008.



Na svečani akademiji je Društvo podelilo tudi nagrado za najboljšo diplomsko delo v preteklem šolskem letu. Nagrada (poleg priznanja še denarna nagrada v vrednosti 1000 EUR), ki je bila podeljena letos prvič in bo odslej tradicionalna, je bila podeljena diplomantki Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru Valentini Glavica.



Njena diplomska naloga z naslovom *Analiza zvočne izolativnosti predelne stene v bivalnem kontejnerju* je bila po mnenju komisije, v kateri so bili poleg predstavnikov Društva še predstavniki gradbenih podjetij in Fakultete za gradbeništvo UM, prepričljivo najkvalitetnejša z vidika meril, ki so bila predhodno postavljena in objavljena v razpisu. Zbornik so brezplačno prejeli vsi udeleženci akademije, veliko pa jih

je bilo razdeljenih tudi donatorjem. Vsi člani Društva lahko Zbornik prevzamejo v prostorih društva na Sodni ulici 24 v Mariboru.

V zadnjem delu uradnega programa so podelili priznanja in zahvale najzaslužnejšim posameznikom in gradbenim podjetjem iz prostora delovanja Društva.

Svečano in prijetno druženje so prisotni v polni Kazinski dvorani nadaljevali s pogostitvijo in stanovskim klepetom.



Ob 60-letnici plodnega delovanja Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor je župan mestne občine Maribor Franc Kangler podelil društvu Pečat mesta Maribor. Visoko odlikovanje je bilo podeljeno na proslavi ob občinskem prazniku 20. oktobra 2008.

PRETEKLOST ZA PRIHODNOST DGIT MARIBOR

Stipan Mudražija, univ. dipl. inž. grad., predsednik DGIT Maribor

Že pred drugo svetovno vojno je v Mariboru delovala skupina inženirjev, organizirana kot sekcije takratne inženirske komore, ki pa žal še ni imela svojega stalnega sedeža. Člani sekcije so se sestajali v znanih mariborskih gostilnah in obravnavali stanovska in strokovna vprašanja tedanjega časa. Da bi nekdo dobil priložnost postati član komore, je moral zadovoljevati natančno določene kriterije – biti je moral strokovnjak z akademskim nazivom »doktor« ali »inženir«. Za razliko od danes pa so diplomirani tehniki takrat imeli svoje posebno združenje. Med drugo svetovno vojno se je delovanje inženirjev iz razumljivih razlogov za nekaj let na žalost ustavilo.

Takoj po osvoboditvi, točneje leta 1945, so se gradbeni strokovnjaki ponovno organizirali in delovali na nivoju t. i. tehniških strokovnjakov. Med njimi sta najbolj izstopala gradbeni inženir Muha in njegov tedanji pomočnik, gradbeni tehnik Košir. Med prvimi člani takrat ustanovljenega društva inženirjev in tehnikov Maribor je bil tudi gradbeni inženir Pipan, kasneje znan kot graditelj prvih hidroelektrarn na Dravi.

V novoustanovljeno društvo so se včlanjevali tudi inženirji in tehniki drugih strok. Takratne glavne usmeritve so bile nudenje strokovne pomoči svojim članom, obnova porušenih tovarn ter sodelovanje in izvajanje prvega petletnega gospodarskega plana takratne SFRJ. V povezavi s tem je nastala tudi potreba po vzgoji mladih in talentiranih strokovnjakov.

Velika težava pri takratnem delovanju društva je bilo pomanjkanje stalnih društvenih prostorov. Sestanki društva so se odvijali v pisarni gradbenega oddelka takratnega okrožnega odbora, pozneje pa tudi na sedežu Uprave za gradnje in regulacije občine Maribor. Leta 1948 so gradbeni strokovnjaki (inženirji in tehniki), ki so bili vključeni v razne tedanje upravne organe in podjetja, čutili tolikšno strokovno pripadnost gradbeni stroki, da so **že organizirano delovali znotraj Društva inženirjev in tehnikov** kot samostojna sekcija z vsemi pripadajočimi organi. Gradbeni strokovnjaki so se zavedali svojega poslan-

stva in odgovornosti ter sprejeli velik izziv samostojnega delovanja, iz katerega **je kmalu nastalo Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor**. Zaradi pomanjkanja arhivskih dokumentov nimamo podatkov, kdo so bili ustanovitelji društva. Starejši kolegi omenjajo inženirje Šlajmerja, Šenico in številne druge.

Tako društvo gradbenih inženirjev Maribor kot tudi druga strokovna društva so bili pobudniki organizirane društvene dejavnosti v severovzhodni Sloveniji, zaradi česar jim je takratna oblast leta 1957 dodelila prostore v prvem nadstropju objekta na **Vetrinjski ulici 16**, kjer je bil tudi sedež Zveze inženirjev in tehnikov Maribor.

S pridobitvijo stalnih prostorov je bil postavljen temelj za organizirano delovanje. Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor se je vključilo v delovanje Zveze inženirjev in tehnikov Maribor.

DGIT ves čas svojega obstoja sodeluje preko svojih organov, komisij in posameznih članov tudi pri vsakodnevnih strokovnih vprašanjih v mestu Maribor in njegovi širši okolici. Zaradi tega je treba omeniti, da je društvo leta 1981 za svoje dolgoletno strokovno delovanje prejelo visoko priznanje, in sicer Listino občine Maribor.

Do leta 1964 je društvo delovalo v objektu na Vetrinjski ulici 16 kot podnajemnik. Kot član Zveze društev inženirjev in tehnikov Maribor se je društvo vključevalo v vse aktivnosti, vezane na obnovo objekta, ki smo ga prejeli v zelo slabem stanju. Z mnogimi aktivnostmi smo pridobili številna sredstva in izvedli obnovitvena dela v sodelovanju s podjetji, ki so bila tudi sicer glavni podporniki društva.

Društvo je počasi učvrstilo svojo organizacijsko obliko, število članov je postopoma naraščalo predvsem zaradi vključevanja mlajših gradbenih strokovnjakov, ki so v vedno večjem številu prihajali iz strokovnih šol. Živahna gradbena dejavnost in s tem ugoden položaj gradbenih podjetij sta se odražala tudi v delovanju društva. Društvo je pri takratnih podjetjih (Konstruktor, Gradis, Tehnograd-

nje, Stavbar, Cestno podjetje, Vodna skupnost Drava-Mura, Granit, GP Radlje, Pomurje, Drava, Kograd) imelo svoje poverjenike, ki so ob veliki naklonjenosti takratnih direktorjev teh podjetij povezovali članstvo z društvom, pridobivali nove člane ter zbirali naročnike za Gradbeni vestnik. Večina teh dolgoletnih direktorjev je bila aktivna pri delu društva (Maister, Derganc, Pipan, Vadnal, Mišič, Hajdinjak in številni drugi).

Takratni direktorji gradbenih podjetij so bili kot člani društva pobudniki ustanovitve najprej srednjega izobraževanja z nazivom »gradbeni tehnik«, kasneje pa ustanovitve višješolskega izobraževanja »gradbeni inženir«, iz katerega je nastala sedanja Fakulteta za gradbeništvo. Poleg tega je vredno omeniti, da so bili prav gradbeni strokovnjaki – naši člani – prvi predavatelji na novoustanovljeni fakulteti.

Društvo je uspešno opravljalo svojo nalogo združevanja gradbenih strokovnjakov skozi številna bolj ali manj uspešna obdobja, ki so bila odvisna predvsem od družbenih in gospodarskih razmer takratnega časa. Kljub težavam v začetku devetdesetih let je ob prizadevanju posameznih entuziastov ter članov upravnih odborov društvu uspelo obdržati kontinuiteto, čeprav je bilo v tistem času kar nekaj razlogov za prenehanje delovanja društva. Brez lažne skromnosti je mogoče reči, da je tedanje vodstvo izvedlo pravi mali čudež, saj nam je uspelo DGIT organizirati v paradnega konja slovenskih društev.

Dejavnost DGIT Maribor se je kljub novonastali situaciji ob razpadu bivše države in novem sistemu vrednot v samostojni Sloveniji ponovno usmerila v uresničevanje stanovskih in strokovnih ciljev s programom dejavnosti predvsem pri:

- obravnavanju važnejših strokovnih in organizacijskih vprašanj, ki so pomembna za skladen razvoj gradbeništva in strokovnih panog;
- obravnavanju vseh pomembnejših strokovnih in organizacijskih vprašanj v organih društva;

- spodbujanju in razvoju ustvarjalne iniciative svojih članov in strokovnih delavcev slovenskega gradbeništva;
- obravnavi vseh važnejših tehničnih, organizacijskih in ekonomskih vprašanj, ki so pomembna za skladen razvoj gradbeništva in industrije gradbenega materiala;
- skrbi za nenehno izobraževanje svojih članov;
- sodelovanju z drugimi strokami in njihovimi strokovnimi društvenimi organizacijami, predvsem z Zvezo gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije;
- sodelovanju z Inženirsko zbornico Slovenije;
- sodelovanju na mednarodnem strokovnem področju z mednarodnimi društvi;
- prirejanju strokovnih društvenih predavanj, organiziranju okroglih miz, razstav, posvetov in ekskurzij za svoje člane;
- skrbi za izvajanje zakonov naravovarstvenih ukrepov.

Ker se je ob ponovni strmi rasti članstva društvo vsestransko okrepilo, se je vedno močnejše izražala težnja po samostojnih prostorih. S pomočjo mariborskih gradbenih podjetij smo uresničili svoje dolgoletne želje in uredili prostore v podstrešju Doma inženirjev in tehnikov Maribor na Vetrinjski ulici 16. V mesecu decembru 2001 so bili prenovljeni prostori društva svečano predani svojemu namenu. Otvoritev sta ob prisotnosti vabljenih donatorjev, članov upravnega in nadzornega odbora društva, opravila predsednik Zveze DIT Maribor g. Ivan Lešnik in predsednik našega društva. Žal pa naše veselje ni trajalo dolgo, saj nas je kmalu presenetilo sporočilo Ministrstva za kulturo RS, ki je z odločbo Dom inženirjev in tehnikov Maribor na Vetrinjski ulici 16 vrnilo denacionalizacijskim upravičencem – katoliški cerkvi, točneje benediktincem. Kljub številnim težavam z lastništvom naših bivših prostorov je društvu uspelo s pomočjo Mestne občine Maribor v zelo kratkem časovnem obdobju najeti nove pro-

store v **Sodni ulici 24 v Mariboru**, kjer delujemo še danes. Prostore je društvo delno obnovilo in imelo odmevno otvoritev dne 16. 11. 2006. Otvoritve se je udeležilo veliko število članov, predstavnikov gradbenih podjetij in drugih uglednih gradbenikov ter tudi predsednik Zveze inženirjev in tehnikov Slovenije g. M. Vengust. Naše društvo goji dobre odnose z vsemi lokalnimi in državnimi inštitucijami: Zvezo inženirjev in tehnikov Slovenije, Zvezo inženirjev in tehnikov Maribor, Univerzo v Mariboru (Fakulteta za gradbeništvo), Mestno občino Maribor, še posebej z oddelkom za varstvo okolja, s katerim organiziramo skupne posvete v smislu osveščanja in izobraževanja gradbenikov in vseh, ki jih naše področje zanima. Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor ni le najstarejše tovrstno društvo v Sloveniji, temveč vseskozi slovimo kot eno od najaktivnejših. Letos, ko praznujemo zavidljivih 60 let obstoja, lahko rečem le še: »*Ave, DGIT!*« Naj bo tudi prihodnjih 60 let tako uspešnih!

VSEBINA LETNIKA 57/2008

Članki – Papers

Bizjak, L., IZVEDBA NARIVANJA MOSTU ČEZ SAVO PRI HE KRŠKO, EXECUTION OF INCREMENTAL LAUNCHING FOR BRIDGE OVER RIVER SAVA BY HE KRŠKO, oktober, stran 266.

Čas, B., Saje, M., Planinc, I., VPLIV PODOJNOSTI STIKA NA OBNAŠANJE SOVPREŽNIH NOSILCEV IZ BETONA IN JELKA, THE EFFECT OF INCOMPLETE INTERACTION ON BEHAVIOUR OF STEEL – CONCRETE COMPOSITE BEAMS, junij, stran 153.

Drev, D., Peček, M., Panjan, J., PREGLED UPO-RABE RAZLIČNIH MATERIALOV ZA VODOVODNE CEVI TER POTENCIALNE MOŽNOSTI ONSNAŽEVANJA VODE ZARADI NJIHOVE SESTAVE, THE OVERVIEW OF THE USE OF DIFFERENT MATERIALS FOR PIPES OF WATER DISTRIBUTION SYSTEMS AND POTENTIAL POSSIBILITY OF THE POLLUTION OF WATER DUE TO THEIR COMPONENTS, september, stran 257.

Fischinger, M., Kramar, M., Isaković, T., OCENA POTRESNE VARNOSTI ARMIRANOBETONSKIH MONTAŽNIH HAL Z MOČNIMI STIKI (1) – ZASNOVA ŠTUDIJE IN EKSPERIMENTALNI REZULTATI, SEISMIC SAFETY EVALUATION OF PRECAST INDUSTRIAL BUILDINGS WITH STRONG CONNECTIONS (1) – THE CONCEPT OF THE STUDY AND EXPERIMENTAL RESULTS, oktober, stran 271.

Fischinger, M., Kramar, M., Isaković, T., OCENA POTRESNE VARNOSTI ARMIRANOBETONSKIH MONTAŽNIH HAL Z MOČNIMI STIKI (2) – NUMERIČNO MODELIRANJE IN OCENA POTRESNEGA TVEGANJA, SEISMIC SAFETY EVALUATION OF PRECAST INDUSTRIAL BUILDINGS WITH STRONG CONNECTIONS (2) – NUMERICAL MODELING AND SEISMIC RISK ASSESSMENT, november, stran 295.

Fischinger, M., Kramar, M., Isaković, T., OCENA POTRESNE VARNOSTI ARMIRANOBETONSKIH MONTAŽNIH HAL Z MOČNIMI STIKI (3) – KRITIČNA OCENA POSTOPKOV PROJEKTIRANJA V EC8 IN SKLEPNE UGOTOVITVE, SEISMIC SAFETY EVALUATION OF PRECAST INDUSTRIAL BUILDINGS WITH STRONG CONNECTIONS (3) – CRITICAL EVALUATION OF THE DESIGN PROCEDURES IN EC8 AND CONCLUDING REMARKS, december, stran 323.

Hozjan, T., Planinc, I., Saje, M., Srpčič, S., UKLONSKA NOSILNOST JEKLENIH STABROV MED POŽAROM IN PRIMERJAVA Z EVROPSKIM STANDARDOM SIST EN 1993-1-2, BUCKLING OF STEEL COLUMNS DUE TO FIRE CONDITIONS AND COMPARISON WITH EUROPEAN STANDARD SIST EN 1993-1-2, julij, stran 185.

Ilić, D., Panjan, J., OCENA VPLIVNOSTI FOSFORJA IZ KMETIJSTVA NA EVTROFIKACIJO POVRŠINSKIH VODA V KRAJINSKEM PARKU GORIČKO, ESTIMATION OF IMPACT OF AGRICULTURAL PHOSPHORUS ON EUTROPHICATION OF SURFACE WATER IN GORIČKO NATURE PARK, november, stran 310.

Isaković, T., Fischinger, M., POENOSTAVLJENA NELINEARNA POTRESNA ANALIZA MOSTOV, SIMPLIFIED NONLINEAR SEISMIC ANALYSIS OF BRIDGES, marec, stran 69.

Klanšek, U., OBNOVA IN REKONSTRUKCIJA SREDNJE EKONOMSKE ŠOLE V MARIBORU, RENOVATION AND RECONSTRUCTION OF THE SECONDARY SCHOOL OF ECONOMICS IN MARIBOR, februar, stran 49.

Klanšek, U., Kravanja, S., STROŠKOVNO OPTIMIRANJE SOVPREŽNIH KONSTRUKCIJ IZ BETONA IN JEKLA – 2.DEL: STROŠKOVNO OPTIMIRANJE SOVPREŽNIH PALIČNIH KONSTRUKCIJ, COST OPTIMIZATION OF THE CONCRETE-STEEL COMPOSITE STRUCTURES – PART 2: COST OPTIMIZATION OF COMPOSITE TRUSSES, januar, stran 4.

Krainer, A., Košir, M., Kristl, Ž., Dovjak, M., PASIVNA HIŠA PROTI BIOKLIMATSKI HIŠI, PASSIVE HOUSE VERSUS BIOCLIMATIC HOUSE, marec, stran 58.

Kuder, S., Logar, J., NUMERIČNI MODEL ZA ANALIZO OBNAŠANJA TLAČNO OBREMENJENIH VTISNjenih JEKLENIH PILOTOV V LUKI KOPER, NUMERICAL MODEL FOR THE PREDICTION OF BEHAVIOUR OF DRIVEN STEEL PILES UNDER AXIAL COMPRESSION LOADING IN THE PORT OF KOPER, avgust, stran 207.

Kunič, R., Krainer, A., ENERGETSKA UČINKOVITOST, VAROVANJE OKOLJA IN CELOSTNO NAČRTOVANJE, ENERGY EFFICIENCY, ENVIRONMENTAL PROTECTION AND DESIGN PROCESS, junij, stran 146.

Kunič, R., Orel, B., POSPEŠENO STARANJE IN DOLOČEVANJE ŽIVLJENJSKE DOBE GRADBENIH MATERIALOV – 2.DEL: POSPEŠENO STARANJE BITUMENSKIH TRAKOV, ACCELERATED AGEING AND SERVICE LIFE PREDICTION OF BUILDING MATERIALS – 2nd PART: ACCELERATED AGEING OF BITUMINOUS SHEETS, september, stran 230.

Kunič, R., Orel, B., POSPEŠENO STARANJE IN DOLOČEVANJE ŽIVLJENJSKE DOBE GRADBENIH MATERIALOV, ACCELERATED AGEING AND SERVICE LIFE PREDICTION OF BUILDING MATERIALS, avgust, stran 222.

Lutar, B., PRIMERJAVA IZRAČUNANIH IN IZMERJENIH POMIKOV OBREMENILNEGA PREIZ-

KUSA MOSTU ČEZ DRAVO NA PTUJU TER IZRAČUNANIH IN IDENTIFICIRANIH FREKVENC, COMPARISON OF CALCULATED AND MEASURED VERTICAL DISPLACEMENTS OF LOAD TEST CARRIED OUT ON THE DRAVA RIVER BRIDGE IN PTUJ, AS WELL AS COMPARISON OF CALCULATED AND IDENTIFIED FREQUENCIES, julij, stran 174.

Lutar, B., VZROKI POČASNEGA UVAJANJA 3D-CAD V PRAKSI, PREMAGOVANJE OVIR IN UPOŠTEVANJE OSNOVNIH PRINCIPOV, THE REASONS OF SLOW TRANSITION FROM 2D-CAD TO 3D-CAD IN COMPANIES, THE SURMOUNTING OF DIFFICULTIES, AND THE CONSIDERATION OF BASIC PRINCIPLES, april, stran 98.

Maleiner, F., ZBIRANJE IN ODSTRANITEV OD-PADNIH VOD V GORAH, THE COLLECTING AND CLEANING OF WASTEWATER IN THE MOUNTAINS, januar, stran 14.

Markelj, V., Mlakar, R., STUDENŠKA BRV PREKO REKE DRAVE V MARIBORU, PEDESTRIAN BRIDGE OVER THE RIVER DRAVA IN MARIBOR, april, stran 89.

Petkovšek, A., Jurjavčič, P., Maček, M., Cotič, Z., SISTEMI ZA KONTINUIRANO KONTROLO ZGOŠČANJA – KONČNO V REDNI RABI TUDI V SLOVENIJI, ROLLER-INTEGRATED CONTINUOUS COMPACTION CONTROL – FINALLY IN OPERATION ALSO IN SLOVENIA, december, stran 330.

Rismal, M., AKTIVNA ZAŠČITA PITNE PODTALNICE ZA VODOVOD ORMOŽ, ACTIVE PROTECTION OF DRINKING GROUNDWATER FOR WATERWORKS ORMOŽ, marec, stran 57.

Rismal, M., HIDROLOGIJA V FUNKCIJI REŠITEV?, HYDROLOGY IN THE FUNCTION OF SOLUTIONS?, julij, stran 194.

Rismal, M., PROBLEMATIKA NEGOSPODARNE DISPOZICIJE BLATA IZ LJUBLJANSKE ČISTILNE NAPRAVE, THE PROBLEMS OF UNRATIONAL SLUDGE DISPOSITION OF WWTP OF LJUBLJANA, februar, stran 43.

Rodman, U., Saje, M., Planinc, I., Zupan, D., BOČNA ZAVRNITEV LESENEGA KROŽNEGA LOKA, LATERAL BUCKLING OF A GLULAM TIMBER ARCH, avgust, stran 215.

Rozman, M., Fajfar, P., PRIMERJAVA POTRESNEGA OBNAŠANJA ARMIRANOBETONSKE OKVIRNE STAVBE STAREJŠE IN SODOBNE GRADBENE PRAKSE, COMPARISON OF SEISMIC RESPONSE OF RC FRAME BUILDING OF OLDER AND CONTEMPORARY BUILDING PRACTICES, maj, stran 129.

Rozman, M., Skuber, P., Gorenc, B., Remec, Č., Beg, D., TESTI STRIŽNE NOSILNOSTI FASADNIH PANELOV TRIMO, EXPERIMENTAL TESTS OF SHEAR STRENGTH OF CLADDING PANELS TRIMO, junij, stran 163.

Šinkovec, N., Turk, G., Zupan, D., UPORABA UMETNIH NEVRONSKIH MREŽ PRI RAZVRŠČANJU LESENIH ELEMENTOV PO TRDNOSTI, THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN STRENGTH TIMBER GRADING, november, stran 303.

Tomažević, M., Klemenc, I., Weiss, P., PROTIPOTRESNA UTRDITEV STARIH ZIDANIH STAVB S SODOBNIMI METODAMI: RAZISKAVE OBNAŠANJA MODELOV NA POTRESNI MIZI, SIMIC STRENGTHENING OF HERITAGE MASONRY BUILDINGS BY APPLICATION OF TEMPORARY METHODS: A SHAKING-TABLE STUDY OF REDUCED SCALE MODELS, februar, stran 30.

Tomažević, M., PREISKAVE MODELOV ZIDANIH STAVB NA POTRESNI MIZI, SHAKING-TABLE TESTS OF MASONRY BUILDING MODELS, september, stran 238.

Tomažević, M., STRIŽNA ODPORNOST ZIDOV IN EVROKOD 6: NATEZNA ALI STRIŽNA TRDNOST ZIDOVJA, SHEAR RESISTANCE OF MASONRY WALLS AND EUROCODE 6: TENSILE VERSUS SHEAR STRENGTH OF MASONRY, maj, stran 113.

Žagar, D., Četina, M., Rajar, R., Perkovič, M., Dimc, F., DOLOČANJE VIŠINE VALOV ZARADI MANJŠIH PLOVIL IN VETRA TER MOŽNE EROZIJE BREGOV NA JEZERIH, DETERMINATION OF THE HEIGHT AND LENGTH OF WAVES CAUSED BY SMALLER BOATS AND WIND, AND POSSIBLE EROSION OF LAKE SHORES, oktober, stran 279.

Navodila avtorjem za pripravo prispevkov

V vsaki številki, stran 2 ovička.

In memoriam

Humar, G., Predsednik dr. Janez Drnovšek in gradbeniki, april, stran 86.

Uvodnik

Humar, G., Pontem perpetui mansurum in saecula mundi, april, stran 87.

Odmevi

Beg, D., Komentar k članku »Bočna zavrnitev lesenega krožnega loka« avtorjev U. Rodmana, M. Sajeta, I. Planinca in D. Zupana, ki je bil objavljen v Gradbenem vestniku avgusta 2008, oktober, 290.

Brilly, M., Rusjan, S., Strokovne pripombe na članek prof. M. Rismala Hidrologija v funkciji rešitev?, oktober, stran 287.

Maleiner, F., Strokovne pripombe na članek Mitja Rismal: Problematika negospodarne dispozicije blata iz ljubljanske čistilne naprave, Gradbeni vestnik, februar 2008, maj, stran 141.

Rismal, M., Odgovor avtorja na strokovne pripombe F. Maleinerja na članek M. Rismala: Problematika negospodarne dispozicije blata iz ljubljanske čistilne naprave v Gradbenem vestniku (maj 2008), julij, stran 200.

Rismal, M., Odgovor dr. Kranjcu na njegove trditve v Gradbenem vestniku oktober 2008, januar, stran 22.

Rismal, M., Pojasnilo prof. Brillyju na njegove pripombe k članku hidrologija v funkciji rešitev?, oktober, stran 289.

Nagrajeni gradbeniki

Humar, G., Nagrada IZS za inovativnost: Postopek narivanja mostnih konstrukcij z velikim vzdolžnim naklonom s pomočjo neskončnega nosilnega vijaka, ki ga je uvedel Iztok Likar, univ. dipl.inž.grad., Primorje d.d., januar, stran 2.

Prešernove nagrade študentom Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, maj, stran 110.

Slovenski projekt nagrajen na Portugalskem, avgust, stran 206.

Izr. prof. dr. Franc Saje, častni član Slovenskega društva gradbenih konstruktorjev, november, stran 294.

Novi diplomanti

Juteršek, J.K., januar, stran 3 ovička; februar, stran 3 ovička; marec, stran 3 ovička; april, stran 3 ovička; maj, stran 3 ovička; junij, stran 3 ovička; julij, stran 204; oktober, stran 292; november, stran 319; december, stran 3 ovička.

Novice

Marussing, M., Nova publikacija Zgodovina cest na Slovenskem, julij, stran 202.

Novice iz društev ZDGITS

Holobar, A., Povzetek s skupščine ZDGITS, maj, stran 143.

Kerin, A., Sodelovanje z inženirji iz Furlanije in Julijske krajine, julij, stran 203.

Kosi, P., 60 let Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor, december, stran 356

Lopatič, J., 30. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, november, stran 317.

Mudražija, S., Preteklost za prihodnost DGIT Maribor, december, stran 357

Koledar prireditev

Juteršek, J. K., januar, stran 4 ovička; februar, stran 4 ovička; marec, stran 4 ovička; april, stran 4 ovička; maj, stran 4 ovička; junij, stran 4 ovička; julij, stran 3 ovička; avgust, stran 4 ovička; september, stran 4 ovička; oktober, stran 3 ovička; november, stran 320; december stran 4 ovička.

Novice s fakultet

Šuman, N., Dvornik Perhavec, D., Društvo diplomantov Fakulteta za gradbeništvo v Mariboru, marec, stran 82.

Druga vabila

Redna skupščina ZDGITS, marec, stran 3 ovička.

Vabila za objavo oglasov

Holobar, A., September, stran 264

Oglasi

CMCelje, d.d., november, stran 4 ovička.

Kočevski tisk, Kočevje d.d., september, stran 263.

Nissan, julij, stran 4 ovička.

Nissan, oktober, stran 4 ovička.

Slovenska cestna podjetja d.o.o., november, stran 3 ovička.

Vabila na strokovne prireditve

Vabilo na 30. Zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije 9. in 10. oktobra 2008, avgust, stran 3 ovička, september, stran 3 ovička.

Razpored seminarjev za strokovne izpite

Holobar, A., november, stran 318.

Vsebina letnika 57/2008

december, stran 359

Naslovnice

Bizjak, L., Most čez Savo na obvoznici Krško, oktober.

Duhovnik, J., Most čez Ljubljano v Podpeči, marec.

Duhovnik, J., Steber porušenega železniškega viadukta Borovnica, maj.

Duhovnik, J., Viadukt Zgoša na gorenjski avtocesti, februar.

Jurjavčič, P., Gradnja zgornjega akumulacijskega bazena ČHE Avče, december.

Klemenc, I., Pregled poškodb v notranjosti modela na potresni mizi, september.

Kobal, P., Most čez Mangartski potok, november.

Markelj, V., Detajl Studenske brvi v Mariboru, avgust.

Markelj, V., Studenska brv preko Drave v Mariboru, april.

Rajšter, D., Izkop kaverne v desni cevi predora Šentvid, julij.

Rosa, S., Viadukt Polance na hitri cesti Razdrto-Vipava, januar.

Rozman, M., Preizkus spojev med paneli Trimo in lego v laboratoriju FGG, junij.

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Asim Ahmić, Zakon o denacionalizaciji skozi odločbe ustavnega sodišča in vrednotenje nepremičnin, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Peter Jugovic, Primerjava prometne signalizacije v Sloveniji in nekaterih drugih evropskih državah, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc, somentor asist. mag. Robert Rijavec

Tadej Jakše, Upravljanje s tveganji v gradbenih projektih, mentor doc. dr. Jana Šelih

Uroš Gregorec, Vodenje linij posameznih pasov skozi križišče, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc

Anže Dobrilovič, 4. razvojna os – idejna zasnova jugozahodne variante na odseku Sovodenj–dolina Idrijce, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc

Katarina Koščak, Projekt organizacije gradbišča in analiza tehnologije grajenja stavbe, mentor doc. dr. Jana Šelih

Anže Bizjak, Rekonstrukcija lokalnih cest na območju Zgornje, Srednje in Spodnje Bele – idejna zasnova, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Peter Pupovac, Spletna aplikacija za izmenjavo in prikaz prometnih podatkov, mentor doc. dr. Marijan Žura, somentor Iztok Levart

David Bogataj, Ukrepi za izboljšanje prometne varnosti na strmih padcih cest – zasilni izvozi, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc, somentorja asist. mag. Robert Rijavec in Janez Šenk, univ. dipl. inž. grad.

Mark Bajc, Možnosti uporabe spletne storitve Google Zemljevidi za prikazovanje dogodkov v prometu, mentor doc. dr. Marijan Žura, somentor Iztok Levart

Robert Unijat, Račun vala vsled morebitne porušitve jezovne zgradbe hidroelektrarne Blanca na Savi, mentor prof. dr. Matjaž Četina, somentor dr. Andrej Širca

Gasper Zihel, Projektiranje sovprežnega viadukta ob upoštevanju časovnega poteka gradnje, mentor prof. dr. Darko Beg

Anton Levičar, Določevanje potresnih vplivov na nekonstrukcijske elemente stavb, mentor doc. dr. Matjaž Dolšek

Jurij Jančar, Analiza možnosti nadgradnje obstoječih stavb s stališča potresne odpornosti, mentor izr. prof. dr. Roko Žarnič, somentor doc. dr. Matjaž Dolšek

Tanja Vesel, Duktilnost centričnih povezij, mentor prof. dr. Darko Beg

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVO IN KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Sandra Pranjic, Hidravlična analiza na podlagi topografije Kopa, izdelane s pomočjo tehnologije LIDAR, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor doc. dr. Primož Banovec

Metka Vojska, Pomen izgradnje ZBDV na kraškem področju, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor asist. dr. Mario Krzyk

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Jaka Fišer, Primerjava tehnologije gradnje na nepomičnem odru s tehnologijo gradnje z narivanjem na primeru viaduktov Vodole II in Vodole III, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentor Nataša Šuman, univ. dipl. gosp. inž.

Franc Furlan, Priprava in vgradnja nizkotemperaturnih asfaltov, mentor pred. Samo Lubej, univ. dipl. inž. grad.

Viljem Klemenčič, Predlog tehnologije za izključitev toplotnih mostov na objektu Ulica Veljka Vlahoviča 23–29 v Mariboru, mentor pred. Samo Lubej, univ. dipl. inž. grad.

Andreja Mijatović, Tehnologija proizvodnje in montaže prednapetih votlih plošč, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentor Gorazd Ranzinger, univ. dipl. inž. grad.

Benjamin Pratnemer, Lastnosti betonskih mešanic z dodatkom mleče gume, mentor pred. Samo Lubej, univ. dipl. inž. grad., somentor viš. pred. mag. Andrej Ivanič

Josip Segedi, Primerjava tankoslojnih in debeloslojnih materialov za izvedbo horizontalne cestne signalizacije, mentor pred. mag. Vlasta Rodošek, somentor Mirko Zajko, univ. dipl. inž. grad.

Rok Sušak, Sanacija stanovanjske hiše v Grajski vasi, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj, somentor Nataša Šuman, univ. dipl. gosp. inž.

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA

Rok Brinovšek, Določitev optimalnega sistema gradnje za individualno stanovanjsko montažno hišo, mentorja doc. dr. Andrej Štrukelj in red. prof. dr. Jožica Knez Riedl

Boštjan Kosec, Analiza upravičenosti izgradnje poslovnega objekta Stavbar, mentorja doc. dr. Igor Pšunder in doc. dr. Žan-Jan Oplotnik

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

Vsem diplomantom čestitamo!

Skladno z dogovorom med ZDGITS in FGG-UL vsi diplomanti gradbenega oddelka Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prejemaajo Gradbeni vestnik (12 števil) eno leto brezplačno. Vse, ki bodo želeli po prejemu 12. številke postati redni naročniki, prosimo, naj to čimprej sporočijo uredništvu na naslov: GRADBENI VESTNIK, Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana; telefon: (01) 52 40 200; faks: (01) 52 40 199; e-mail: gradb.zveza@siol.net.

ZDGITS in Uredništvo Gradbenega vestnika

KOLEDAR PRIREDITEV

10.-12.2.2009

53. Betonage

Ulm, Nemčija
www.ovbb.at

4.-6.3.2009

ISWE4

Cooperative Actions for Disaster Risk Reduction – (CADRR)

Tokio, Japonska
www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/ISWE4/index.html

21.-23.4.2009

Traffex 2009

Birmingham, Anglija
www.traffex.com

3.-5.5.2009

8th Annual PTI Conference and Exhibition

Portland, Oregon, ZDA
www.post-tensioning.org/annual_conference.php

20.-22.5.2009

5th International Conference on Construction in the 21st Century

CITC-V, Carigrad, Turčija
www.fiu.edu/~citic

22.-24.6.2009

Concrete: 21st Century Superhero

London, Anglija
www.fiblondon09.com

13.-15.7.2009

FRPRCS-9

9th International Symposium on Fibre Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures

Sidney, Avstralija
www.iceaustralia.com/frprcs9

26.-29.7.2009

2nd international conference on Fatigue and Fracture in the Infrastructure

Bridges and Structures of the 21st Century

Philadelphia, Pennsylvania, ZDA
<http://ffconf.atlss.lehigh.edu/index.html>

6.-11.9.2009

IABSE Annual Meetings and

IABSE Symposium

Sustainable Infrastructure - Environment Friendly, Safe and Resource Efficient

Bangkok, Tajska
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

23.-25.9.2009

14th European Parking Association Congress

Dunaj, Avstrija
www.europeanparking.eu

5.-9.10.2009

17th International Conference for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

Alexandria, Egipt
www.2009icsmge-egypt.org

14.-16.10.2009

EVACES'09

Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures

Wroclaw, Poljska
www.evaces09.pwr.wroc.pl/index.html

3.-5.5.2010

IABSE Conference

International Structural Codes

Dubrovnik, Hrvaška
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

29.5.-2.6.2010

The Third International fib Congress and Exhibition "Think Globally, Build Locally"

Washington D.C., ZDA
www.fib2010washington.com

20.-23.6.2010

8th fib International PhD Symposium in Civil Engineering

Kopenhagen, Danska
<http://conferences.dtu.dk/conferenceDisplay.py?confId=21>

14.-16.7.2010

International Conference on Structures and Architecture

Guimares, Portugalska
www.arquitectura.uminho.pt

9.2010

IABSE Annual Meetings and

IABSE Symposium

Benetke, Italija
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

20.-23.9.2011

IABSE Annual Meetings and

IABSE Symposium

London, Anglija
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

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