

29. SLOVENSKI KOLOKVIJ O BETONIH

IRMA – Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije je v sodelovanju z IZS organiziral 29. slovenski kolokvij o betonih z naslovom Kontraktorski beton za globoko temeljenje. Kolokvij je potekal 15. 12. 2022 virtualno preko spleta s 130 udeleženci. Pobuda za obravnavo naslovne tematike lanskega kolokvija izhaja predvsem iz najnovejših ugotovitev obsežnih raziskav kontraktorskega betona, ki so se izvajale v okviru projekta Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteri-

stik končnih mešanic kontraktorskega betona (KB) za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO (DIAFRAGMA NSRAO). V osnovi je bil kolokvij razdeljen na dva tematska sklopa. V prvem se je obravnaval kontraktorski beton, ki se uporablja pri globokem temeljenju, v drugem delu pa so bili predstavljeni projekti, pri katerih se je uporabljajo globoko temeljenje. Podrobnejši potek kolokvija je razviden iz programa (slika 1).

29. SLOVENSKI KOLOKVIJ O BETONIH	
KONTRAKTORSKI BETON ZA GLOBOKO TEMELJENJE TREMIE CONCRETE FOR DEEP FOUNDATION	
29 th SLOVENIAN COLLOQUIUM ON CONCRETE	
PROGRAM	
9:00	Pozdravni govor / Welcome speech: mag. Črtomir Remec, Predsednik Inženirske zbornice Slovenije
9:20	Mag. Sandi Viršek, ARAO Projekt odlagališča nizko in srednje radioaktivnih odpadkov (NSRAO) v Sloveniji / Low and Intermediate Level Waste Disposal Project in Slovenia
10:00	Dr. Jakob Šušteršič, IRMA in Mag. Bojan Hertl, ARAO Predstavitve projekta Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih mešanic kontraktorskega betona za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO (DIAFRAGMA NSRAO) / Presentation of the project Study on the production, workability and characteristics of the final mixes of tremie concrete for the diaphragm - primary lining of the silo of the LILW repository (LILW DIAPHRAGM)
10:40	Prof. Dr. Violeta Bokan Bosiljkov, UL FGG Osnovne značilnosti kontraktorskega betona / Basic characteristics of tremie concrete
11:10	Doc. Dr. Grega Trtnik in Dr. Andraž Hočevar, IGMAT, Rok Ercegovič in Sandi Drolc, IRMA Reološke meritve svežega kontraktorskega betona v okviru projekta DIAFRAGMA NSRAO / Rheological measurements of fresh tremie concrete in the framework of the LILW DIAPHRAGM project
11:50	Izr. Prof. Dr. Vojkan Jovičić, IRGO Globoko temeljenje mostu za pešce Millennium v Londonu / Deep Foundations of pedestrian Millennium Bridge, London
12:20	Odmor / Break time
12:50	Dr.h.c. Marjan Pipenbaher, Ponting Most Pelješac, Hrvaška - projektiranje in gradnja / Pelješac bridge, Croatia - Design and construction
13:50	Dr. Johannes Horvath, Lafarge Avstrijski standardi za diafragme in uvrtno pilote / Austrian standards for deep foundations like diaphragm walls and bored piles
14:20	V. Prof. Dr. Miloš Lazović, Doc. Dr. Marija Lazović Radovanović in Janko Radovanović, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu Primeri dubokog fundiranja u Srbiji / Examples of deep foundations in Serbia
14:50	Doc. Dr. Karmen Fifer, Maja Simon, Laura Vovčko, David Bogataj, Dr. Pavel Žvanut, Slavko Pandža, Rafael Kajzer, Mojca Škerl, Barbara Likar, Dr. Vilma Ducman, ZAG Zunanja kontrola kakovosti pri izvajanju globokega temeljenja / External quality control for deep foundation work
15:20	Andrej Unetič, HSE - Invest Zaščita gradbene jame na HE Krško z vodnjaki in vmesnimi stenami / Protection of a construction excavation at the HPP Krško with wells and intermediate walls
15:50	Zaključek kolokvija / Conclusion of the colloquium

Slika 1. Program predavanj v okviru 29. slovenskega kolokvija o betonih.

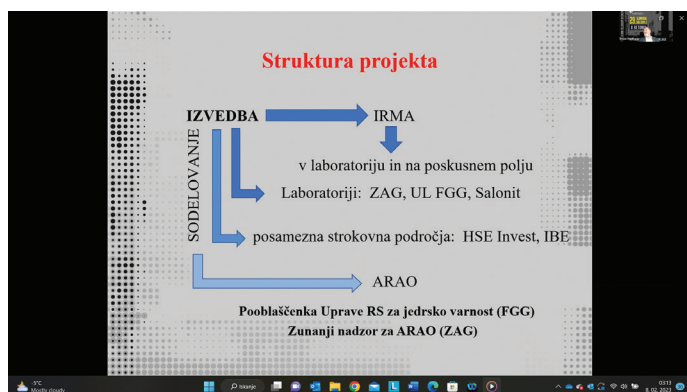
V uvodu kolokvija je mag. Črtomir Remec, predsednik IZS, podal pozdravni govor. Poudaril je pomen stalnega izobraževanja na celotnem področju gradbene stroke, pri čemer je izpostavil področje tehnologije betona kot povezovalni člen posameznih področij v inženirski praksi. Prav tako pa povezuje inženirsko prakso z arhitekturnimi zasnovami posameznih konstrukcijskih elementov in objektov.

V prvem predavanju je mag. Sandi Viršek, direktor ARAO in velik poznavalec varnostnih analiz odlagališč NSRAO, prikazal pregled stanja izgrajenih NSRAO v Evropi in Sloveniji. Poudaril je pomen izvedbe številnih raziskovalnih projektov v okviru projektiranja in pripravljalnih del za izgradnjo odlagališča na Vrbini pri Krškem (slika 2). Pri izgradnji silosa odlagališča NSRAO je predstavil beton kot primarni material.



Slika 2. Posnetek zaslona s predavanja mag. Sandija Virška.

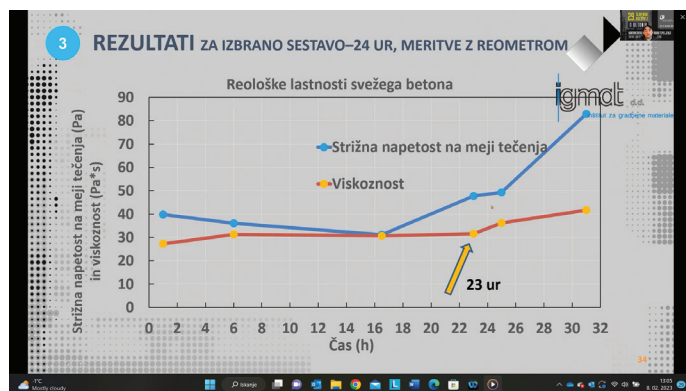
V drugem predavanju sta mag. Bojan Hertl, ARAO, in dr. Jakob Šušteršič, IRMA, predstavila projekt Študija proizvodnje, vgradljivosti in karakteristik končnih mešanic kontraktorskega betona (KB) za izvedbo diafragme – primarne obloge silosa odlagališča NSRAO (DIAFRAGMA NSRAO). Za izvedbo projekta je bilo pomembno dobro sodelovanje vseh sodelujočih laboratorijev in posameznikov (slika 3). Predvidena debelina diafragme oziroma primarne obloge silosa znaša 1,5 m, zato se kontraktorski beton, ki se bo vgradil v diafragmo, prišteva med masivne betone. Ti betoni imajo bistveno drugačne karakteristike, pogoje proizvodnje, vgradnje in nege v času strjevanja kot klasični



Slika 3. Posnetek zaslona s predavanja mag. Bojana Hertla in dr. Jakoba Šušteršiča.

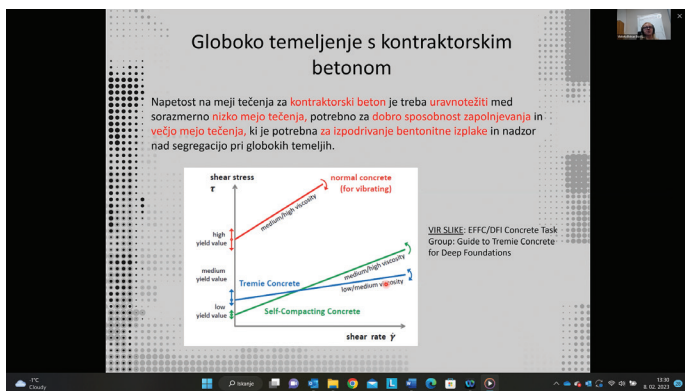
(normalni konstrukcijski) betoni. Obravnavani kontraktorski beton mora poleg običajnih kriterijev, ki veljajo za izgradnjo diafragme, izpolnjevati tudi dodatne kriterije, določene v projektu za izgradnjo silosa odlagališča NSRAO. Na predavanju so bili podani rezultati laboratorijskih preiskav strjenega kontraktorskega betona, izdelava poskusnega polja in rezultati preiskav na poskusnem polju.

Zaradi pomembnosti in obsežnosti preiskav svežega kontraktorskega betona so bili dobljeni rezultati obravnavani in podani v posebnem referatu z naslovom Reološke meritve svežega kontraktorskega betona v okviru projekta DIAFRAGMA NSRAO, ki ga je predstavil Rok Ercegovič, IRMA, pri pripravi referata pa so sodelovali še doc. dr. Grega Trtnik in dr. Andraž Hočevar, oba IGMAT, ter Sandi Drolc, IRMA. Konsistenca svežega kontraktorskega betona se je merila po dveh standardnih metodah, ki se uporabljata za meritve samozgoščevalnega betona: razlez s posedom in L-zabojnik. Vzporredno so se izvajale tudi meritve viskoznosti z reometrom (slika 4). Dobljena je relativno dobra korelacija med rezultati obeh meritev. Z zmernim zmanjševanjem razleza s posedom v odvisnosti od časa meritve se zmerno povečuje viskoznost svežega kontraktorskega betona. Dobljena je tudi relativno dobra korelacija rezultatov meritev začetka vezanja kontraktorskega betona, ki se je izvajala po standardni metodi s penetrometrom za beton in malto ter po metodi z ultrazvokom. Kljub temu se ocenjuje, da je meritev z ultrazvokom natančnejša metoda, s katero se določi tudi konec vezanja betona.



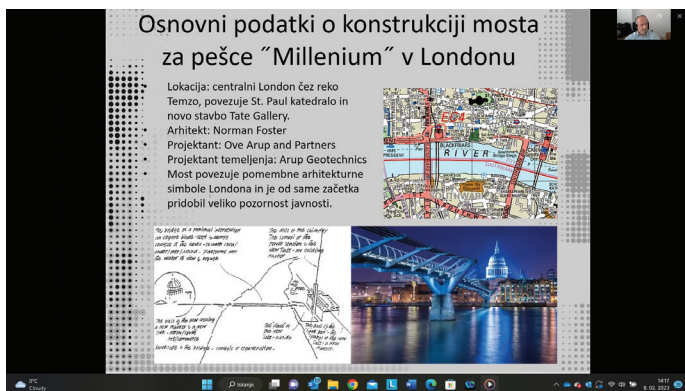
Slika 4. Posnetek zaslona s predavanja Roka Ercegoviča s soavtorji.

Prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov, dekanica UL FGG, je podala referat z naslovom Osnovne značilnosti kontraktorskega betona. Najprej je podala zgodovinski pregled začetka in nadaljnega razvoja ter uporabe kontraktorskega betona. Sledil je pregled osnovnih lastnosti svežega kontraktorskega betona, ki so pomembne za dobro vgrajenost po celi globini diafragme ali pilota, pri čemer mora biti med vgrajevanjem sposoben popolno izriniti bentonitno izplako. Prikazala je razliko med kontraktorskim betonom in samozgoščevalnim betonom kakor tudi običajnim betonom, ki se zgoščuje z vibriranjem (slika 5). Podala je osnove za projektiranje sestave kontraktorskega betona, pri čemer je treba upoštevati kriterije, ki so nekoliko drugačni kot pri običajnih betonih. Ena od posebnih lastnosti, ki so značilne za kontraktorski beton, je izcejanje vode, za katero je na koncu predavanja predstavila metodo meritve.



Slika 5. Posnetek zaslona s predavanja prof. dr. Violete Bokan Bosiljkov.

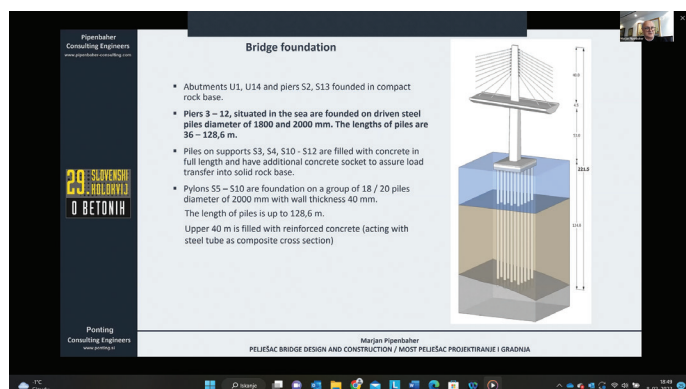
V zadnjem predavanju prvega dela kolokvija je izr. prof. dr. Vojkan Jovičič predstavil referat z naslovom Globoko temeljenje mostu za pešce Millennium v Londonu (slika 6). Pri projektiranju in modeliranju globokega temeljenja je sodeloval tudi avtor referata, s čimer je zelo nazorno predstavil bistvene vplivne parametre in uporabljene postopke projektiranja in modeliranja. Celotno predavanje je razdelil na dva dela. V prvem, uvodnem delu je podal osnovne značilnosti globokega temeljenja. V drugem, obširnejšem delu pa je obravnaval konkreten primer, ki ga je razdelil na tri glavna poglavja: osnovni podatki o konstrukciji mostu Millennium v Londonu, globoko temeljenje opornikov na pilotih in globoko temeljenje stebrov na vodnjakih.



Slika 6. Posnetek zaslona s predavanja izr. prof. dr. Vojkana Jovičiča.

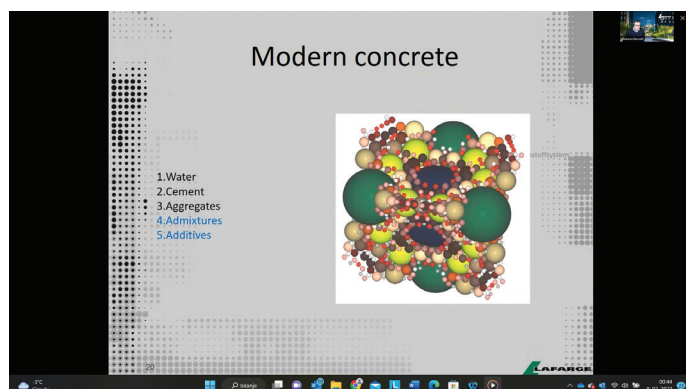
Drugi, popoldanski del kolokvija se je začel s predavanjem dr.h.c. Marjana Pipenbaherja, PONTING, glavnega projektanta mostu, ki povezuje polotok Pelješac s kopnim. V referatu z naslovom Most Pelješac, Hrvaška - projektiranje in gradnja je predstavil zasnovo projekta, potek projektiranja in aktivno sodelovanje ter sprotne reševanje detajlov pri izvedbi mostu. Poudaril je tri ključne parametre projekta: geomehanika (globoko temeljenje v morju; globina morja variira med 7 in 28 m) (slika 7), obremenitev vetra in potresa. Most s skupno dolžino med osmi opornikov 2404 m in celotno dolžino mostu 2440 m spada med pet največjih mostov v Evropi. Predstavil je naslednje izzive projektiranja: konstrukcijski pol-integralni

koncept mostu; arhitektura mostu – umirjena vključitev mostu v pokrajino zaliva Pelješac; tehnologija gradnje (gradnja na morju); varnost in stabilnost mostu v fazi gradnje in med obratovanjem; stroški gradnje in vzdrževanja; nosilnost pilotov, analiza zabijanja in ponovnega zabijanja pilotov, preskusi (učinki postavitve); zagotavljanje določene geometrije nadgradnje (projektiranje, nadzor in popravljanje odklonov med gradnjo); zagotavljanje trajnosti (podaljšana življenjska doba 130 let); načrtovanje sistema za opazovanje mostu; prometna varnost – projektiranje protivetrnih barier; zagotavljanje kakovosti proizvodnje in gradnje.



Slika 7. Posnetek zaslona s predavanja dr.h.c. Marjana Pipenbaherja.

V drugem, popoldanskem predavanju je dr. Johannes Horvath, LAFARGE Zementwerke GmbH – Dunaj, predstavil referat z naslovom Avstrijski standardi za diafragme in uvtane pilote. Prikazal je, kako v Avstriji uporabljajo te standarde pri projektiranju kontraktorskega betona za diafragme in uvtane pilote. Avstrijski standardi obravnavajo vidike projektiranja, vključno z reologijo betona, projektiranjem betonske mešanice, detajli armature, zaščitnim slojem betona in pravili dobre prakse za vgrajevanje betona. Poleg standardov je predstavil tudi smernice, ki se uporabljajo za projektiranje in proizvodnjo kontraktorskega betona za gradnjo diafragme in za uvtane pilote. Za projektiranje in uporabo kontraktorskega betona se uporabljajo tudi smernice za betone z visoko konsistenco. To so sodobni betoni, ki se uporabljajo tudi za gradnjo drugih konstrukcijskih elementov (slika 8).



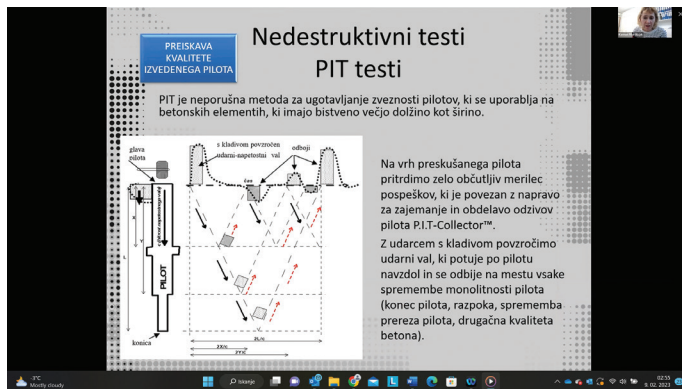
Slika 8. Posnetek zaslona s predavanja dr. Johannes Horvatha.

Prof. dr. Miloš Lazović je skupaj s soavtorjema, doc. dr. Marijo Lazović Radovanović in Jankom Radovanovićem, vsi z gradbene fakultete Univerze v Beogradu, predstavil referat z naslovom Primeri globokega temeljenja v Srbiji. V predavanju je prikazal več zgrajenih objektov v Srbiji s posebnim poudarkom na uporabi specifičnega betona za gradnjo obodnih sten. Pri vseh predstavljenih projektih so sodelovali pri projektiranju in grajenju. Eden izmed načinov izvedbe tovrstnih zaščitnih konstrukcij temeljnih jam je gradnja »top down« (slika 9). Bistveni element pri projektiranju in izvedbi temeljnih jam je zaščitna stena temeljne jame. Ta stena je, odvisno od geoloških razmer v zemljini, največkrat izvedena kot stena iz armiranobetonske diafragme ali kot zastor iz uvrtnih pilotov. Pri vsakem od predstavljenih projektov je obstajal specifičen problem, ki so ga reševali že v fazi projektiranja.



Slika 9. Posnetek zaslona s predavanja prof. dr. Miloša Lazovića s soavtorji.

Referat z naslovom Zunanja kontrola kakovosti pri izvajanju globokega temeljenja je predstavila doc. dr. Karmen Fifer Bizjak, ki ga je pripravila skupaj s sodelavci, specialisti z različnih področij dejavnosti Zavoda za gradbeništvo (ZAG): Maja Simon, Laura Vovčko, David Bogataj, dr. Pavel Žvanut, Slavko Pandža, Rafael Kajzer, Mojca Škerl, Barbara Likar, dr. Vilma Ducman. V referatu je predstavila sistem zunanje kontrole kakovosti (ZKK) za armiranobetonske (AB) uvrtnane pilote in za tehnologijo slopov Jet Grouting, ki se uporablja za izboljšanje temeljnih tal. Ker globoki temelji niso dostopni, se zelo težko nadzirajo njihova oblika, kvaliteta in globina vpetosti v ustrezno podlago, zato je pred in med izvedbo globokega temeljenja potrebna obsežna kontrola kvalitete vgradnje in vgrajenih materialov. Zunanja kontrola kakovosti slopov Jet Grouting se nekoliko razlikuje od uvrtnih pilotov ZKK. Pred pričetkom del se izvede testno polje, s čimer se preveri in po potrebi prilagodi projektirane parametre injektiranja (pritisek injekcijske mase, vodocementno razmerje, hitrost rotiranja drogovja ...), da se dosežeta želeni (projektirani) premer ter nosilnost slopov Jet Grouting. Predstavila je tudi neporušne metode kontrole izvedbe pilotov, ki se delijo na dve skupini glede na mesto in način izvedbe meritve: PIT (Pile Integrity Testing) meritve zveznosti pilotov (slika 10) in CHA (Cross-hole Analyses).



Slika 10. Posnetek zaslona s predavanja doc. dr. Karmen Fifer Bizjak s soavtorji.

Zadnji referat kolokvija z naslovom Zaščita gradbene jame na HE Krško z vodnjaki in vmesnimi stenami je predstavil Andrej Unetič, HSE-Invest. Hidroelektrarna Krško je četrta hidroelektrarna v spodnjem toku reke Save in je bila to edina hidroelektrarna, grajena v dveh ločenih gradbenih jamah. Zaradi ozkega kanjona reke Save in obstoječih infrastrukturnih ureditev, železnice na levem bregu in glavne ceste na desnem bregu, je bila najprej formirana gradbena jama za prelivna polja, po zaključku gradbenih del in montaži hidromehanske opreme štirih prelivnih polj pa je bila izvedena še druga gradbena jama, ki je služila za gradnjo strojničnega dela hidroelektrarne. Poglavitni element zaščite obeh gradbenih jam je bila betonska vodnjaška stena – sestavljena iz vodnjakov in vmesnimi stenami – ki je predstavljala vodotesno bariero med reko Savo in posamezno gradbeno jamo ves čas gradnje (slika 11). Gre za začasno masivno betonsko konstrukcijo, ki se je izvajala po postopku kontraktorskega betoniranja. Po zaključku gradbenih del na objektu hidroelektrarne je bila stena v celoti porušena.



Slika 11. Posnetek zaslona s predavanja Andreja Unetiča.

dr. Jakob Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.