

## Preiskave abrazijske odpornosti betonov na vodnih zgradbah na spodnji Savi

Andrej Kryžanowski<sup>1,\*</sup> – Matjaž Mikoš<sup>1</sup> – Jakob Šušteršič<sup>2</sup> – Velimir Ukrainczyk<sup>3</sup> – Igor Planinc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija

<sup>2</sup> Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije - IRMA, Slovenija

<sup>3</sup> Mostprojekt, Hrvaška

Eden poglavitnih problemov, s katerimi se srečujemo pri vzdrževanju vodnih objektov, je odpornost betonov na izpostavljenih delih konstrukcij glede na rušilne procese, povzročene z vodnim tokom. Problem škodljivega delovanja vodnega toka je večplasten: prvič, povzroči obrabo, poškodbe na površini konstrukcij in s tem posledično materialno škodo s povečanjem obratovalnih stroškov, sanacijskimi ukrepi in izgubljeno proizvodnji v hidroenergetiki; in drugič, z večjim obsegom obrabe in poškodb se spremenijo hidravlični pogoji in s tem se posledično motnje v delovanju vodnega toka širijo tudi zunaj osnovnega obsega, kar lahko končno povzroči nenadzorovane hidravlične procese dolvodno od objekta. Posledice lahko znatno presegajo osnovne stroške za njihovo odpravo in se s širjenjem negativnih vplivov dolvodno tudi skokovito povečujejo. Predmet obravnave v prispevku so poškodbe betonskih površin na vodnih objektih, ki so posledica delovanja procesov abrazijske erozije. S pojmom abrazijska erozija označujemo proces razgradnje trdne podlage, ki je posledica delovanja vodnega toka in z vodo nošenih trdnih delcev na trdno podlago. V praksi se je uveljavila vrsta eksperimentalnih metod, ki s potekom preskusa v vodnem mediju in ob prisotnosti abrazivnega sredstva bolj ali manj realistično ponazarjajo proces abrazijske erozije. Cilj vseh eksperimentalnih metod je ta, da v realnem eksperimentalnem času pridobimo dovolj relevantne parametre za oceno kakovosti materiala. Najbolj reprezentativne rezultate dobimo s preskusom v naravi, vendar ob pogoju, da so razmere, v katerih poteka raziskava, enake tistim, katerim bo izpostavljen tudi načrtovani objekt. Značilno za tovrstne preskuse je to, da so dolgotrajni, ker naravnega procesa ni mogoče pospešiti. Interpretacija rezultatov je možna zgolj ob poznavanju hidroloških parametrov (pretok, hitrost, transportne količine, struktura, tekstura, način gibanja delcev). V prispevku obravnavamo problematiko abrazijske odpornosti betonskih oblog na hidroelektrarnah na spodnji Savi. Za izhodišče smo privzeli betonsko sestavo abrazijsko odpornih oblog na HE Vrhovo, ki smo jo z različnimi dodatki (jeklena vlakna, polipropilenska vlakna, mineralni dodatek, polimerna veziva, gumeni agregat...) spremenili z namenom doseči čim boljše mehanske lastnosti preskusnih betonov in ustrezno izvedljivost, kar pomeni, da jih je mogoče vgraditi tudi brez posebnih predpriprav. Fizikalne lastnosti svežega in strjenega betona smo dokazovali s standardiziranimi postopki, na podlagi katerih smo dobili relevantne parametre (tlačna trdnost, natezna/upogibna trdnost, modul elastičnosti, itd.), s katerimi smo posredno dokazovali tudi odpornost na obrabo. Abrazijsko odpornost betonov smo dokazovali po postopku, ki ga predpisuje standard ASTM C 1138. Princip metode je naslednji: betonski preskušane je v valjasti posodi izpostavljen abrazivnemu delovanju 70 jeklenih krogel različnih dimenzij (od 13 do 25 mm), rinjenih s krožnim vodnim tokom, ki ga s predpisanim številom obratov ustvarja posebno mešalo. Krogle so ves čas raziskave v stiku z betonsko površino. Po 72 urah, kolikor traja preskus, izračunamo povprečno globino obrabe, ki jo dobimo iz razmerja erodiranega volumna in površine preskušanca. Eden od ključnih ciljev raziskovalnega dela je bila analiza uporabnosti metode po postopku ASTM C 1138 za določitev abrazijske odpornosti betonskih oblog na prelivnih poljih hidroelektrarn na spodnji Savi in uporabnost metode za napovedi degradacijskih procesov na prelivnih poljih hidroelektrarn na Savi. Uporabnost metode smo ocenili s primerjavo meritev v laboratoriju in meritev, opravljenih na poskusnih poljih na prelivnem polju hidroelektrarne Vrhovo. Za ta namen smo v podslapju prelivnega polja vgradili poskusna polja z laboratorijskimi betonskimi sestavami dimenzij 2,5 m, ki smo jih za dobri 2 leti prepustili normalnim obratovalnim razmeram. V času izvajanja raziskave smo spremljali vse relevantne karakteristike obratovalnih razmer (pretoki, delovanje podslapja, obratovalni manevri zapornic, itd.) in na osnovi teh izvedli oceno količine transporta plavin v času obratovanja prelivnega polja. Ključne ugotovitve raziskave so naslednje: (a) potrjeno je dobro ujemanje med rezultati preiskave abrazijske odpornosti po postopku ASTM C 1138 in meritev v naravi, in s to ugotovitvijo je tudi potrjena ustreznost metode za napovedi abrazijskih procesov in dinamike obrabe betonskih površin na jezovnih zgradbah na Savi; (b) beton z dodatkom gumenega agregata je izkazal visoko abrazijsko odpornost, kakor tudi, da se s starostjo betonov odpornost proti obrabi povečuje; (c) za kvantifikacijo napovedi abrazijskih procesov na pregradah bo treba vzpostaviti redno spremljanje pretoka rinjenih plavin na spodnji Savi.

**Ključne besede:** abrazijska odpornost, obraba, laboratorijski poskusi, poskusi v naravi