

IZDELAVA POSEBNEGA BETONA IZ METALURŠKIH ODPADKOV TEŽKIH KOVIN

THE MANUFACTURING OF SPECIAL CONCRETE FROM METALLURGICAL WASTE OF HEAVY METALS

RUDI ČOP

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, Pot pomorščakov 4, 6320 Portorož

Prejem rokopisa - received: 1997-10-01; sprejem za objavo - accepted for publication: 1997-12-19

Opisane so praktične izkušnje pri izdelavi posebnega betona iz odpadkov težjih in nekaterih težkih kovin, ki nastajajo pri njihovi industrijski predelavi. Ti odpadki so za okolje obremenitev, za posebne vrste betona pa so osnovna surovina. Pri izdelavi takšnega betona moramo obvladati vpliv teh umetnih agregatov na vedenje plastifikatorjev, hitrost hidratacije cementa in njegovo hidravlično krčenje. Vse to znanje omogoča izdelavo posebnega betona, ki po nekaterih lastnostih prekaša beton, narejen iz naravnih agregatov. Predvsem lahko z ustrežno izbiro umetnih agregatov dosežemo, da je iz njih narejeni posebni beton manj obrabljiv in da ima večjo prostorninsko maso.

Ključne besede: posebni beton, industrijski odpadki, težke kovine

Presented are practical experiences in manufacturing of special concrete with inclusion of artificial aggregates made from waste materials, occurring during the production or processing of heavy metals. These wastes, dangerous ecological pollutants, are excellent raw materials for production of special concrete. For their manufacturing process an extensive knowledge on the influence of addition of super- plastificators, the velocity of cement hydration process and on the hydraulic volume reduction is required. With a proper selection of artificial aggregates special heavy concrete with wear resistance and specific weight, higher than those from natural aggregates in ordinary concrete, can be made.

Key words: special concrete, waste materials, heavy metals

1 UVOD

Posebni beton je po definiciji RILEM Technical Committee TC 145-WSM¹ tisti beton, ki se mu v svežem stanju ne da določiti vgradljivosti po nobenem od standardnih preskusov. Mednje spada merjenje poseba standardnega stožca, merjenje razleza na standardni stresalni mizi in test VeBe. Med posebni beton spada tudi tisti, narejen iz znatne količine posebnih sestavin: agregati z zelo nizko ali zelo visoko prostorninsko maso, drobnozrnata polnila; posebni cementi; elektrofiltrski pepel in žindre, mikrosilika; polimeri in razna ojačitvena vlakna. Merilni postopki in instrumenti za delo na področju posebnega betona so vsi še na stopnji razvoja in preskušanja.

2 PRIPRAVA UMETNIH AGREGATOV ZA POSEBNI BETON

Beton naredimo iz cementa portland, vode in polnila, ki je pri navadnem betonu prodni pesek ali kameni drobljenec. Cement, pomešan z vodo, kemično reagira - hidratira, se strdi ter zlepi in poveže zrna agregata v umetni konglomerat^{2,3}.

V betonu uporabljeni agregat mora zadostiti naslednjim osnovnim zahtevam:

- Ne sme vplivati na sam proces vezave in strjevanja betona in ga tudi kasneje ne sme razgrajevati.
- Zrna agregata morajo biti mehansko dovolj čvrsta.

- Površine zrn agregata morajo biti zadosti hrapave, da se lahko dobro vežejo s cementom.

Tem zahtevam mora ustrezati tudi umetni agregat, iz katerega izdelujemo posebni beton. Ker je ta agregat pridobljen iz odpada, ki je nastal pri industrijski proizvodnji, je zelo pomembna njegova priprava. Predvsem mora biti že industrijska proizvodnja organizirana tako, da v odpad ne vnaša nepotrebnih primesi, ki preprečujejo dobro vezavo zrn agregata s cementom. Nezaželeni so predvsem materiali organskega izvora: olja, masti, organske kisline.

Pri nadaljnji pripravi umetnega agregata je dobro doseči njegov pravilni granulometrijski sestav. To dosežemo z mletjem in sejanjem. Pravilni granulacijski sestav je tisti, ki daje najboljšo kvaliteto betona pri najnižjih stroških.

Tudi idealni granulacijski sestav lahko ne da najboljših rezultatov. Pokvarijo jih nepravilna oblika zrn agregata, nezadostna priprava in mešanje betonske mešanice, ali pa njena nepravilna vgradnja.

3 UPORABA ELEKTROFILTRSKIH PEPELOV

Vulkanski pepel so po starih recepturah uporabljali pri izdelavi betona že v antiki. Izkoriščali so njegov pozzolanski efekt, lastnost, da spreminja apno v hidravlično vezivo. Podobne pozzolanske lastnosti so odkrili tudi pri nekaterih vrstah sicer nadležnih elektrofiltrskih pepelih. Zato pozzolanski pepeli lahko pri izdelavi betona delno nadomestijo cement. Koliko ga lahko nadomestijo, je od-

visno od namena betona in od debelin sten izdelkov iz njega. Meja je med 2% in 16%.

Pri izdelavi posebnega betona iz težkih umetnih agregatov z dodajanjem elektrofiltrskih pepelov v betonsko mešanico preprečujemo pri njenem vgrajevanju izločanje vode (bleeding) in razslojevanje različno težkih in različno velikih zrn agregatov (flotation). Seveda pa je pri tem izjemno pomembno, da obvladamo način vmešavanja elektrofiltrskega pepela v beton, tako da je pripravljena betonska mešanica čimbolj enakomerna in da jo pri tem znamo tudi ponoviti.

4 NADZOR NAD HITROSTJO HIDRATACIJE

Pri uporabi umetnih agregatov, ki vsebujejo težje in težke kovine, moramo upoštevati, da le-te upočasnjujejo hidratacijo cementa. Ko izdelujemo posebni beton iz umetnih agregatov, ki vsebujejo težke kovine, je zelo pomembno znanje o uporabi dodatkov za pospeševanje hidratacije.

Pospeševala se uporabljajo v času, ko so slabe razmere za hidratacijo cementa zaradi nizkih temperatur. Dodajajo se v obliki prahu ali vodne raztopine. Najboljša pospeševala hidratacije cementa so izdelana na osnovi CaCl, niso pa primerna za izdelavo zahtevnega armiranega betona, ker klorovi ioni povzročajo korozijo železa.

5 NADZOR NAD PLASTIČNIM KRČENJEM BETONA

Ekspanzijske dodatke dodajamo betonu iz cementa portland zato, da se zmanjša njegovo plastično krčenje. Poznamo dve osnovni vrsti ekspanzijskih dodatkov: plinski in kristalinični. Prvi delujejo kot močni aeranti in beton napihujejo. Uporabni so predvsem za posebne zalivke. Če želimo ohraniti veliko prostorninsko maso in veliko mehansko čvrstost betona, je bolje, da uporabimo tak ekspanzijski dodatek, ki se ob hidrataciji širi zaradi rasti kristalov. Obe vrsti ekspanzijskih dodatkov dobimo na tržišču pod različnimi trgovskimi imeni.

Največje je krčenje svežega betona ali plastično krčenje. Stopnjo tega krčenja sem najlažje izmeril po standardu za določevanje prostega širjenja betonskih malt v plastičnem stanju. To krčenje betona je manjše, če je v betonu manj cementa in če je bolj grobo zmlet (nižje "marke"). S tem pa se zmanjšuje mehanska čvrstost betona. Zato nam preostane za zmanjšanje krčenja betona le še znižanje faktorja v/c, torej zmanjšanje količine dodane vode.

6 OBVLADOVANJE PLASTIFIKATORJEV PRI IZDELAVI POSEBNIH BETONOV

Poizkusi so pokazali, da je bolje vgrajen beton težji in mehansko čvrstejši. Vendar ima na prostorninsko maso in obenem na njegove mehanske lastnosti večji vpliv vodo-cementni faktor v/c. Za lažjo vgradljivost be-

tona in za njegove boljše mehanske lastnosti dodajamo betonski mešanici plastifikatorje in superplastifikatorje (admixtures).

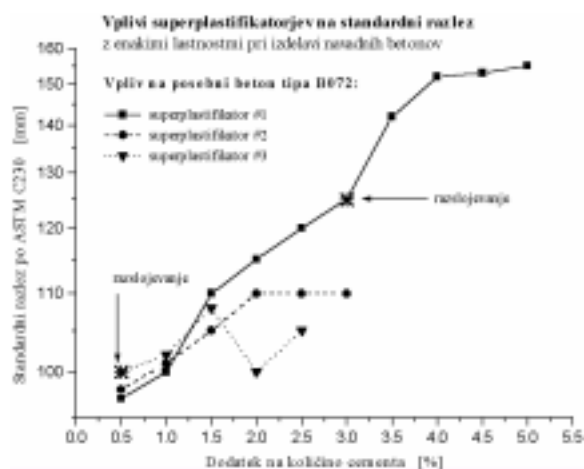
Pred uporabo plastifikatorjev in superplastifikatorjev za znižanje faktorja v/c pri posebnih betonih jih je treba preizkusiti. Kot izhodišče za določitev količine tega dodatka nam lahko rabijo tudi navodila proizvajalca. Klasično preizkušamo vpliv teh dodatkov tako, da iz preskusne mešanice izdelamo merilne epruvete in nato ugotovimo njihove mehanske lastnosti: prostorninsko maso ter upogibno in tlačno trdnost. Vendar ta preskus sam ne zadošča, preveriti moramo tudi možnost, ali lahko ti dodatki v mešanici težkega betona povzročijo tudi njegovo razgradnjo (segregation). To najlažje preizkusimo v laboratoriju tako, da izdelamo preskusne mešanice in na stresalni mizici določimo njihov razlez **slika 1**. Že iz samega načina posedanja preskusnega stožca lahko sklepamo o kvaliteti merjenega betona.

7 DIMENZIONIRANJE IN UPORABA POSEBNIH BETONOV, IZDELANIH IZ METALURŠKIH ODPADKOV

V gradbeništvu se navadno uporabljajo take metode dimenzioniranja, da je zagotovljena predvsem zadostna mehanska trdnost zrelega betona. Najbolj znani sta klasična kontinentalna in ameriška metoda. V primeru uporabe teh metod je treba predhodno določiti lastnosti uporabljenih umetnih agregatov: prostorninsko ali nasipno maso. Če pa pri betonu, ki ga dimenzioniramo, mehanska trdnost ni največjega pomena, je treba za industrijsko proizvodnjo cementnih izdelkov razviti svojo metodo. Vsekakor pa je najboljša tista, s katero imamo največ izkušenj in nam da najboljše rezultate.

Naravni in umetni težki agregati se uporabljajo za izdelavo posebnega betona s povečano prostorninsko maso:

- namenski beton s povečano odpornostjo proti obrabi



Slika 1: Vpliv različnih superplastifikatorjev na standardni razlez posebnega betona

Figure 1: Relationship between the addition of superplasticizers and standard slump of the special concrete

– namenski beton zaradi zaščite pred sevanjem.

Iz umetnih agregatov, ki so bili odpad metalurške industrije in so vsebovali težje in težke kovine, sem do sedaj dimenzioniral nekaj vrst betonov:

– beton iz umetnega agregata, ki je bil dodan zaradi odstranjevanja industrijskih odpadkov

– namenski beton s povečano prostorninsko maso.

Za izdelavo takšnega betona sem uporabljal umetni agregat, pridobljen iz jalovine, žlinder in usedlin pri pridobivanju železa, cinka, svinca in korunda. Nekaj izkušenj sem si pridobil tudi z uporabo elektrolitskega

blata. Pri tem je bil beton delno ali v celoti narejen iz umetnega agregata.

8 LITERATURA

¹ Bartos, P. J. M.: Workability of Special Fresh Concretes, Special Concretes, Workability and Mixing, *Proceedings of the International RILEM Workshop*, Painsley, Scotland, March 2-3, 1993, E&FM Spon, London, 1994

² Mehta, P. K.: Concrete, Structure, Properties, and Materials, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1986

³ Kosmatka, S. H., Panarese, W. C., Gerald, E. A., Cumming, S.: Design and Control of Concrete Mixtures, Canadian Portland Cement Association, Ottawa, 1991