

ALKALNO-REAKTIVNE PETROGRAFSKE KOMPONENTE V AGREGATU ZA BETON IZ POREČIJ DRAVE IN MURE

ALKALI - REACTIVE PETROGRAPHIC COMPONENTS IN AGGREGATE FOR CONCRETE FROM THE BASINS OF THE RIVERS DRAVA AND MURA

Ana Mladenovič, Nada Vižintin, Sabina Drnovšek

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

Prejem rokopisa - received: 1999-11-10; sprejem za objavo - accepted for publication: 1999-12-20

Agregat za beton iz porečij Drave in Mure izkazuje povečano topnost v alkalnem mediju. Da bi točno opredelili, katere so tiste petrografske komponente, ki vstopajo v reakcijo z alkalijami, smo se v okviru sistematičnih raziskav v tej fazi osredotočili na kremen in gnajs. Topnost kremenca in gnajsa iz izbranih aktivnih nahajališč smo določili po metodi ASTM C289-94. Vzorci so imeli enako in manjšo zrnovitost, kot jo predpisuje standard. Rezultati kažejo, da moramo, ne glede na zrnovitost, kremen iz obeh porečij klasificirati kot reaktivno komponento, da pa se njegova reaktivnost z drobljenjem močno zviša. Izmerjena topnost gnajsa v alkalnem mediju je nizka, kar glede na njegovo mineralno sestavo kaže na kamnino z zapoznelo reaktivnostjo.

Ključne besede: alkalno-silikatna reakcija, agregat za beton, kremen, gnajs

Concrete aggregate taken from gravel pits belonging to the sedimentation basins of the rivers Drava and Mura exhibits solubility in alkaline media. In order to find out which petrographic components react with alkalis, systematic research was performed, focussed on two aggregate components - quartz and gneiss. Solubility in alkali solutions was determined on samples of quartz and gneiss, taken from selected gravel pits, according to the ASTM Standard C289-94. Both the grain size distribution prescribed by the standard, and a finer grain size distribution, were taken into account. The results of the tests showed that, without respect to grain size, the quartz from the two treated river basins should be classified as a reactive component, and that its reactivity increases strongly with finer crushing. The measured solubility of gneiss in the alkaline solution according to ASTM C289-94 was found to be low, which, taking into account its mineral content, indicates a type of rock with delayed reactivity.

Key words: alkali-silica reaction, concrete aggregate, quartz, gneiss

1 UVOD

Poškodbe betona povzročajo različni fizikalni in kemijski procesi, ki pogosto delujejo istočasno, vplivajo eden na drugega celo katalitično in jih je praktično nemogoče kvantitativno razmejiti.

Eden od patogenih procesov v betonu je alkalno-silikatna reakcija (ASR), ki poteka med alkalijami in reaktivnim silikatnim agregatom¹. Pogoj za reakcijo je vitalni prispevek okolja v obliki vlage in temperaturnih nihanj. Alkalije so sestavina portlandskega cementa, lahko pa v betonsko konstrukcijo prodrejo kasneje iz okolja (kot posledica soljenja). Reaktivne minerale in kamnine klasificiramo glede na njihovo topnost in hitrost reakcije v alkalijah v dve skupini: tiste, ki z alkalijami reagirajo močno in hitro (opal, kristobalit, tridimit, vulkansko steklo, mikro- in kriptokristalni kremen ter makrokristalni kremen z deformirano kristalno mrežo)², in tiste, ki z alkalijami reagirajo počasi oziroma pride do reakcije šele čez nekaj časa (kamnine, ki imajo v sestavi kremen z deformirano kristalno mrežo, kot so kvarciti, gnajsi, filiti, argiliti, peščenjaki)³.

Reakcijski produkt je ekspanzivni hidrofilni gel. Povečanje prostornine gela in s tem prostornine betona spremlja pojav notranjih pritiskov, ki po Diamondu⁴ lah-

ko dosežejo do 7 MPa. Reakcija se navzven manifestira v pojavu karakterističnih razpok v betonu in pogosto tudi sekundarnih izločkov. Sama ASR je za beton le redko uničujoča, nevarna je predvsem zato, ker razpokanost betona posredno omogoča dostop in delovanje drugih škodljivih dejavnikov in s tem njegovo pospešeno propadanje. Ključni varnostni ukrep za preprečevanje ASR je, poleg opredelitve in presoje atmosferske obremenjenosti bodoče konstrukcije v zunanem okolju, uporaba agregatov s petrografskimi komponentami, ki ne bodo reagirali z alkalijami v takšnem obsegu, da bi to povzročilo nastanek poškodb v betonu.

Nevarnost ASR v Sloveniji se po dosedanjih raziskavah pojavlja v izpostavljenih betonih, pripravljenih z agregatom iz porečij Mure in Drave. V obeh vrstah agregatov prevladujejo silikatne komponente identične petrografske sestave, ki nekoliko variirajo le glede vsebnosti. Med njimi prevladujejo različni kristalizacijski različki kremenca in kremen s deformirano kristalno mrežo. Bistvene komponente so še kvarciti, gnajsi in peščenjak, torej kamnine in minerali, ki veljajo za potencialno reaktivne⁵.

2 EKSPERIMENTALNO DELO

Preiskave so nadaljevanje sistematičnega preučevanja reaktivnih petrografskih komponent v agregatu za beton v porečjih Drave in Mure. Kot reaktivno komponento smo v prvi fazi že identificirali kvarcit⁵, v tej pa smo se osredotočili na kremen in gnajs. Gnajs je plastovita do masivna metamorfna kamnina, po sestavi pretežno iz kremenca, glinencev in sljude.

Analizirali smo vzorce iz dveh gramoznic v porečju Drave in iz štirih v porečju Mure. Iz povprečne sestave agregata za beton smo izločili zrna kremenca in gnajsa. Pri kremenju nismo posebej opredeljevali velikosti kristalizacije kremenovih zrn in deleža z deformirano kristalno mrežo.

Kot problem na področju preučevanja ASR se vsa leta od odkritja reakcije izpostavlja dejstvo, da je korelacija med napovedovanjem ASR v betonu na osnovi laboratorijskih simulacijskih metod in postavljenih meril ter dejanskim obnašanjem betona med dobo uporabnosti pri mnogih agregatih in v mnogih okoljih slaba⁶. To kaže predvsem na dvoje: da z laboratorijsko simulacijo ni možno zajeti vseh različnih pogojev okolja ter da se agregati kot naravni materiali obnašajo izrazito individualno, pogosto nepredvidljivo, zato njihove reaktivnosti ni možno zajeti in razložiti z neko uniformirano metodo. Razlike lahko nastanejo celo znotraj sedimentacijskega bazena in znotraj istih petrografskih vrst. Po Gratham Belowu^{7,8} je za vsak regionalni petrografski bazen in klimatske razmere treba oblikovati lastna merila.

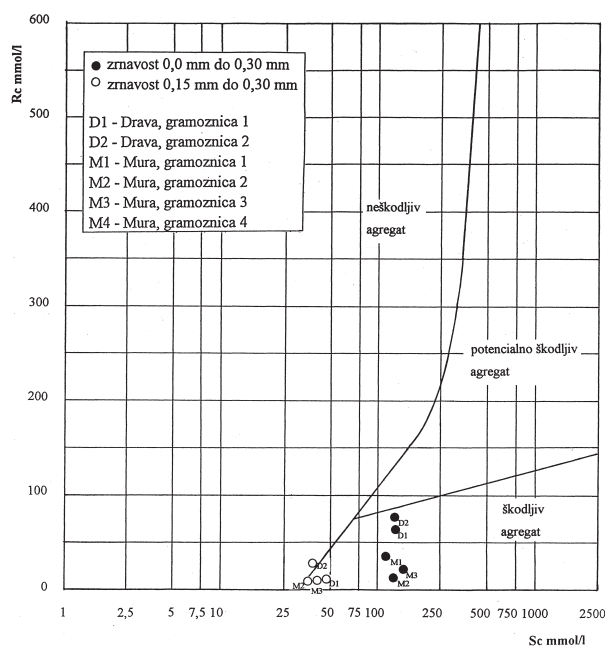
Ob upoštevanju omenjene problematike smo za določanje reaktivnosti agregata v alkalnem mediju v osnovi privzeli preskusno metodologijo, ki jo predpisuje standard ASTM C 289-94⁹. Reaktivnost kremenca in gnajsa iz posameznih gramoznic smo najprej analizirali skladno s standardom. V drugi fazi smo namesto na zrnastosti 0,15 - 0,3 mm, kakršno predpisuje standard, določili reaktivnost kremenca in gnajsa zrnastosti 0,0 - 0,3 mm. Na obeh petrografskih različnih smo namreč želeli preveriti v svetu eksperimentalno potrjene ugotovitve^{7,10}, da drobljenje kremenca pod 100 μm bistveno poveča njegovo topnost. Zrnastost 0,0 - 0,3 mm obenem tudi bolje reprezentira zrnastostno sestavo finih zrn v agregatu za beton. Vsebnost zrn 0,0 - 0,15 mm je bila v analiziranih vzorcih od 56,9 do 65,4 mas%.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Alkalna reaktivnost kremenca

Podatki o alkalni reaktivnosti kremenca iz porečjih Drave in Mure so prikazani na diagramu na **sliki 1**. Parameter Sc pomeni količino raztopljenega SiO_2 , Rc pa zmanjšanje alkalnosti reagenta.

Bistvena ugotovitev je razlika v topnosti kremenca glede na začetno velikost zrn, ki vstopajo v reakcijo z



Slika 1: Rezultati alkalne reaktivnosti kremenca

Figure 1: The results of alkali reactivity of quartz

alkalijami. Glede na eksperimentalno določena razmejitvena merila v standardu se rezultati topnosti zrnastosti 0,15 - 0,3 mm koncentrirajo na meji med neškodljivim in škodljivim agregatom. Le en vzorec (Drava, gramoznica 2) izkazuje rezultat, ki ga še uvršča v področje neškodljivega agregata, medtem ko drugi vzorec iz porečja Drave in vse vzorce iz porečja Mure klasificiramo kot škodljiv agregat. Topnost kremenca z zrnastostjo 0,0 - 0,3 mm material uvršča v škodljivo področje.

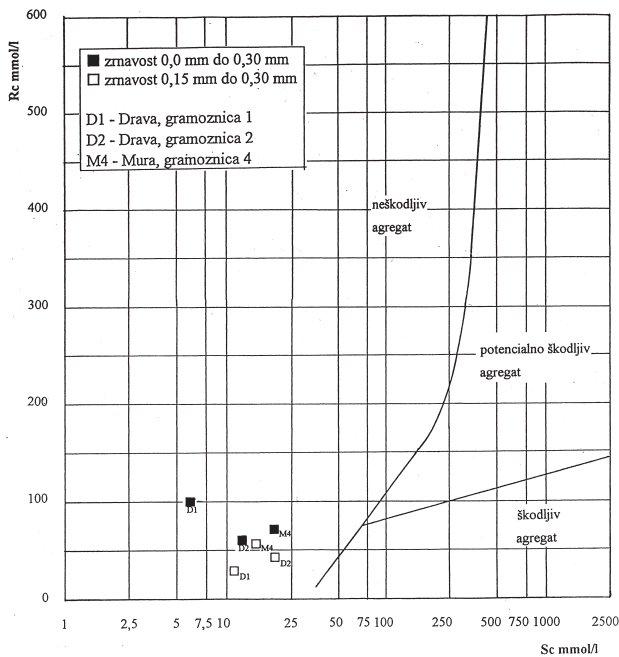
Rezultati o količini raztopljenega SiO_2 v analiziranih vzorcih kremenca so podani v **tabeli 1**.

Analize dokazujejo 3- do 4-krat več raztopljenega SiO_2 v vzorcu zrnastosti 0,0 - 0,3 mm v primerjavi z vzorcem zrnastosti 0,15 - 0,3 mm.

Ugotovitev je pomembna za tehnološko prakso, zlasti pri izdelavi prefabriciranih betonskih elementov (cevi, tlakovci, robniki), kjer se kot agregat praviloma uporablja zrnastost do 4 mm in istočasno nakazuje vzrok ali enega od vzrokov poškodb, ki so evidentirani na teh materialih v dobi uporabnosti.

Tabela 1: Količina raztopljenega SiO_2 v analiziranih vzorcih kremenca
Table 1: Dissolved silica in analysed samples of quartz

Vzorec	Vsebnost raztopljenega SiO_2 (mmol/l) v vzorcih kremenca različne zrnastosti	
	0,0 - 0,3 mm	0,15 - 0,3 mm
Drava, gramoznica 1	47,5	131,0
Drava, gramoznica 2	40,9	162,4
Mura, gramoznica 1	29,7	123,4
Mura, gramoznica 2	37,9	130,4
Mura, gramoznica 3	41,7	163,3



Slika 2: Rezultati alkalne reaktivnosti gnajsa
Figure 2: The results of alkali reactivity of gneiss

3.2 Alkalna reaktivnost gnajsa

Rezultati alkalne reaktivnosti gnajsa iz porečij Drave in Mure so prikazani na diagramu na **sliki 2**. Rezultati reaktivnosti uvrščajo gnajsa iz obeh porečij v področje neškodljivega agregata. Bistvene razlike v topnosti med zrnavostjo 0,0 - 0,3 mm in 0,15 - 0,3 mm nismo ugotovili. Glede na dejstvo, da gnajsa kot metamorfna kamnina, nastala pri povišanem pritisku in temperaturi nedvomno vsebuje kremen z deformirano kristalno mrežo, ki je poleg tega bistvena komponenta, ni verjetno, da bi bil gnajsa v resnici inertna kamnina. Menimo, da gre za kamnino, ki je zapoznelo reaktivna in ki jo z uporabljenimi standardizirano metodo in veljavnimi merili ni možno ovrednotiti.

4 SKLEP

Z namenom, da bi opredelili reaktivne petrografske komponente v agregatu za beton iz gramoznic v porečijih

Drave in Mure, smo v tej fazi analizirali alkalno reaktivnost kremenca in gnajsa. Iz rezultatov analiz povzemamo ključne ugotovitve:

- vzorci kremenca iz izbranih gramoznic po standardiziranem merilu sodijo med reaktivne komponente
- topnost kremenca se z zmanjševanjem velikosti zrn močno zviša
- gnajsa z uporabljenimi metodo nismo mogli opredeliti kot reaktivnega, glede na sestavo, v kateri prevladuje kremen pa sodimo, da kamnina ni možno identificirati kot nereaktivna, temveč gre za kamnino z zapoznelo reakcijo, pri kateri bo treba eksperimentalno s cementom določiti njegovo hitrost in obseg reakcije z alkalijami.

5 LITERATURA

- D.W. Hobbs, Alkali-silica Reaction in Concrete. Thomas Telford, London, **1988**, 7-11
- L. Dolari-Mantuani, Handbook of Concrete Aggregates. Noyes Publications, New Jersey, **1983**, 84-113
- D.M.Roy, J.H.Lee, AAR Investigation of Concretes for Storage of Radioactive Waste. *The 10th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*. Melbourne, **1998**, 39-50
- S. Diamond, Another Look at Mechanisms. *The 8th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction*, Kyoto, **1989**, 83-94
- A. Mladenovič, N. Vižintin, *Kovine zlit.*, 31 (**1997**) 1-2, 173-175
- R.N.Swamy, Assessment and Rehabilitation of AAR-affected Structure. *The 10th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*. Melbourne, **1998**, 68-83
- P. E. Grattan-Bellew, Evaluation of Test methods for Alkali-aggregate Reactivity. *The 6th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*. Copenhagen, **1983**, 303-312
- P. E. Grattan-Bellew, Test Method and Criteria for Evaluating the Potential Reactivity of Aggregates. *The 8th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*. Kyoto, **1989**, 279-294
- ASTM 289-94, Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method). Annual Book of ASTM Standards, **1994**, Vol. 04.02. (Concrete and Aggregates)
- D. Sorentino, J.Y. Clement and J.M. Goldberg, A New Approach to Characterize the Chemical Reactivity of the Aggregates. *The 9th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*. London, **1992**, 1009-1016