

NEKA SVOJSTVA BETONA SA RECIKLIRANOM OPEKOM KAO AGREGATOM

KSENIJA JANKOVIĆ

ORIGINALNI NAUČNI RAD
UDK: 666.972.1:691.328.5.002.82=861

1. UVOD

Polimerom modifikovan beton je materijal sastavljen od dve matrice organske, koja je produkt polimerizacije i neorganske, koja nastaje hidratacijom cementa.

Na osnovu karakteristika polimerom modifikovanog betona i betona na bazi drobljene opeke, pretpostavilo se da će polimerom modifikovan beton na bazi reciklirane opeke biti materijal koji će zadržati dobre osobine i jedne i druge vrste betona, odnosno da će se primenom polimera dobiti laki beton sa zadovoljavajućim čvrstoćama pri pritisku i zatezanju, termoizolacionim svojstvima, a kod koga će biti smanjeno skupljanje i upijanje vode i povećana vodonepropustljivost i otpornost prema dejstvu mraza.

Nega polimerom modifikovanog betona se razlikuje u odnosu na standardni beton, jer hidratacija zahteva vlažan, a formiranje organske matrice suv režim nege. Potrebno je pronaći optimalan režim nege koji će omogućiti ostvarivanje najboljih osobina polimerom modifikovanog betona. Na osnovu rezultata iz literature i istraživanja autora usvojen je sledeći režim nege: 1 dan u vlažnoj sredini, 6 dana u vodi, a zatim na vazduhu do ispitivanja.

2. KARAKTERISTIKE BETONA I SASTAVNIH DELOVA BETONA

2.1. Karakteristike komponentnih materijala

Beton je spravljan sa čistim portland cementom PC 45B Beočin.

Kao agregat za dobijanje betona korišćen je rečni pesak u frakciji 0/4 mm i reciklirana opeka, koja je zdrobljena, a zatim separisana u frakcije 4/8, 8/16 i 16/32 mm. Karakteristike agregata su prikazane u tabeli 1. Čvrstoća pri pritisku agregata je određena prema odgovarajućem JUS standardu, koji se u prvom redu odnosi na ispitivanje lakih agregata na bazi ekspandirane gline.

Granulometrijski sastav mešavine agregata je prikazan na slici 1.

Tabela 1. Karakteristike agregata

Reciklirana opeka				
Frakcija	0/4	4/8	8/16	16/32
Zapreminska masa zrna (kg/m ³)	1618	1758	1611	1642
Zapreminska masa u zbijenom stanju (kg/m ³)	1216	1011	1010	1010
Zapreminska masa u rastresitom stanju (kg/m ³)	1017	907	850	830
Upijanje vode (%)	21.8	21.2	20.1	18.8
Upijanje vode posle 30' (%)	17.7	17.1	17.4	15.2
Organske materije	svetliji	svetliji	-	-
Sadržaj grudvi gline	0	0	0	0
Oblik zrna	-	0.14	0.16	0.17
Rečni pesak				
Frakcija	0/4			
Zapreminska masa zrna (kg/m ³)	2618			
Zapreminska masa u zbijenom stanju (kg/m ³)	1862			
Zapreminska masa u rastresitom stanju (kg/m ³)	1724			
Upijanje vode (%)	1.2			
Upijanje vode posle 30' (%)	1.0			
Organske materije	svetliji			
Sadržaj grudvi gline	0			

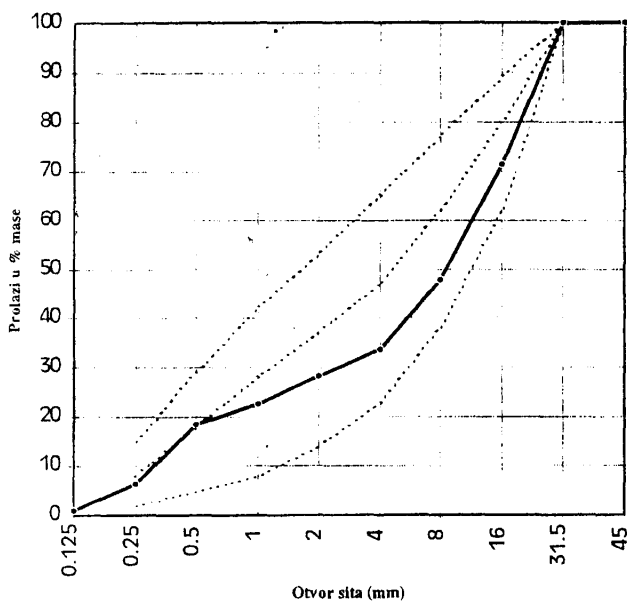
Kao modifikator betona upotrebljena je polimerna disperzija "Polibet", proizvođača "Prvi maj", Čačak. Upotrebljeni polimer-lateks je po svom sastavu butadienstirolni kaučuk i spada u grupu elastomernih lateksa na bazi sintetičkog kaučuka.

2.2. Sastav betonskih mešavina

U okviru sprovedenih ispitivanja tretirane su tri betonske mešavine, koje su označene simbolima G, H i I. Referentni beton G je spravljen bez polimera, beton H sa

Adresa autora: dr Ksenija Janković, dipl. inž. građ., naučni saradnik, Institut za ispitivanje materijala d.d., 11000 Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43

MEŠAVINA AGREGATA $D_{max} = 32 \text{ mm}$



Slika 1. Granulometrijska kriva mešavine agregata

Tabela 2. Sastav betonskih mešavina

Vrsta betona		G	H	I
Cement (kg/m^3)		350	350	350
Agregat (kg/m^3)	0/4 mm	535	532	532
	4/8 mm	184	182	182
	8/16 mm	245	243	243
	16/32 mm	566	562	562
	Ukupno	1530	1520	1520
Voda (kg/m^3)	Apsorbovana	165	164	164
	Slobodna	85	61	46
	Ukupno	250	225	210
Polimerna disperzija (kg/m^3)		-	29.55	59.1

4%, a beton I sa 8% polimerne disperzije (računajući količinu suve materije u odnosu na masu cementa). U tabeli 2 su prikazani sastavi svih vrsta betona. Kod svih betona je konzistencija određena sleganjem i iznosila je 5.0 cm.

3. REZULTATI ISPITIVANJA BETONA

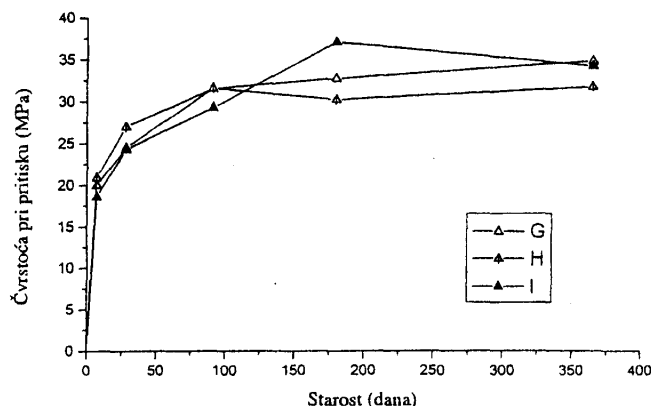
Zapreminska masa betna u svežem stanju se kretala oko $2150 \text{ kg}/\text{m}^3$.

3.1. Čvrstoća pri pritisku

Ispitivanjem uzoraka oblika kocke sa ivicama dužine 15 cm utvrđena je zavisnost između čvrstoće pri pritisku betona i vremena, što je i prikazano na slici 2.

3.2. Statički modul elastičnosti

Statički modul elastičnosti je određen prema standardu JUS U.M1.025, a na cilindričnim uzorcima $d/h = 15/30 \text{ cm}$. Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 3.



Slika 2. Zavisnost čvrstoće pri pritisku i vremena

Tabela 3. Vrednosti statičkog modula elastičnosti

Beton	Modul elastičnosti (GPa)
G	17.7
H	17.6
I	16.7

3.3. Dinamički modul elastičnosti

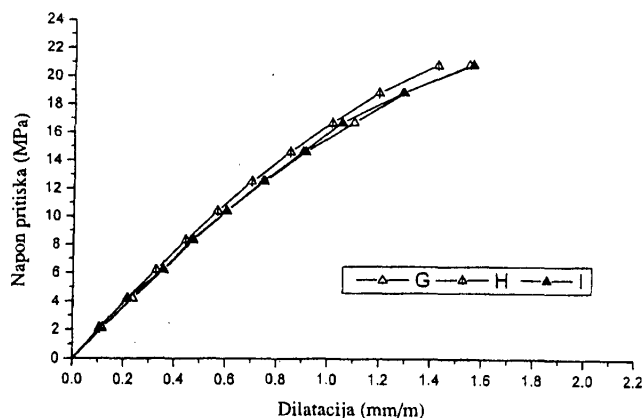
Dinamički modul elastičnosti betona je određen metodom rezonantne frekvencije longitudinalnih oscilacija na prizmatičnim uzorcima dimenzija $12 \times 12 \times 36 \text{ cm}$. Za sve betone ispitivanje je vršeno na po tri uzorka starosti 28 dana. Srednje vrednosti dinamičkog modula elastičnosti su prikazane u tabeli 4.

Tabela 4. Vrednosti dinamičkog modula elastičnosti

Beton	Modul elastičnosti (GPa)
G	22.0
H	22.3
I	21.6

3.4. Zavisnost napona i dilatacije

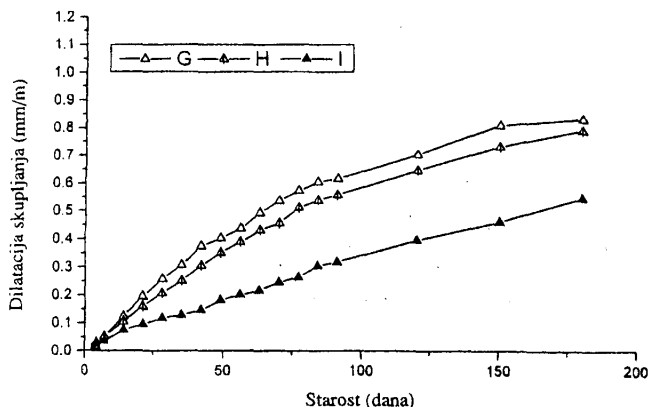
Zavisnost napona i deformacija pri kratkotrajnom opterećenju je dobijena na osnovu ispitivanja prizmatičnih uzoraka dimenzija $12 \times 12 \times 36 \text{ cm}$, starosti 28 dana. Uzorci su bili aksijalno opterećeni na pritisak. Sila je postepeno povećavana do loma. Radni dijagrami betona su prikazani na slici 3.



Slika 3. Zavisnost napona i dilatacija

3.5. Skupljanje

Skupljanje betona je određeno ispitivanjem prizmatičnih uzoraka dimenzija 12 x 12 x 36 cm, pri starosti od 4, 7, 14, 21, ..., 91, 120, 150 i 180 dana. Dobijeni rezultati su prikazani na slici 4.



Slika 4. Zavisnost dilatacije skupljanja i vremena

4. ANALIZA REZULTATA

Kod betona spravljenih sa agregatom od reciklirane opeke i rečnog peska ne uočava se negativno dejstvo primene polimera na pritisnu čvrstoću. Kod modifikovanih betona (H i I) čvrstoće pri pritisku približno istih vrednosti kao kod nemodifikovanog betona (G).

Nemodifikovani beton G ima veći statički modul elastičnosti od betona I spravljenog sa 8% polimera. Kod betona H spravljenog sa 4% polimera nema značajnije razlike u odnosu na vrednost modula nemodifikovanog betona G.

Analizirajući rezultate ispitivanja dinamičkog modula elastičnosti uočeno je da je njegova vrednost 20–30% veća nego statičkog modula elastičnosti.

Sa povećanjem polimercementnog odnosa smanjuje se skupljanje betona (skupljanje betona I < betona H < betona G). Ovo se može objasniti većim efektom zadržavanja vode u betonu. Polimerne membrane prekrivaju mikroporsline koje se mogu javiti usled skupljanja, sprečavajući njihovo proširenje.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize rezultata ispitivanja može se zaključiti sledeće:

- sa povećanjem polimercementnog odnosa smanjuje se nagib σ - ϵ krive, odnosno smanjuje se modul elastičnosti,

- kod modifikovanih betona je smanjena dilatacija skupljanja.

Proizvodnjom lakih agregata za beton na bazi industrijskih otpadaka otpadni materijal se pretvara u sirovinu od koje se dobija kvalitetan agregat. Pri industrijskoj proizvodnji opeke i crepa, kada proces pečenja nije odgovarajuće sproveden, može doći do pojave škarta koji se uspešno može iskoristiti kao laki agregat za proizvodnju betonskih prefabrikata manjih dimenzija, uglavnom šupljih blokova za zidanje.

Rušenjem objekata usled elementarnih i drugih nepogoda ili objekata koje nije ekonomično sanirati dobija se opekarski šut koji je takođe moguće iskoristiti za proizvodnju lakog agregata za beton. Proces proizvodnje obuhvata drobljenje i separisanje opekarskog loma u frakcije i uklanjanje nepoželjnih materijala.

Beton na bazi reciklirane opeke ima velike mogućnosti modelovanja strukture i fizičko-mehaničkih osobina, tako je moguće dobiti i konstruktivne i termoizolacione materijale.

LITERATURA

- [1] Demolition and reuse of concrete and masonry, (1993.), Proceedings of Third International RILEM Symposium, Odense, Denmark.
- [2] Hansen T., (1992.): Recycling of demolished concrete and masonry, Report of Technical Committee 37-DRC Demolition and Reuse of Concrete, RILEM, E & FN SPON, London.
- [3] Janković K., (1997.): "Polymer modified concrete based on recycled bricks – choice of curing", VII naučni skup "INDIS" i "CIB W-63", FTN-IIG – Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Zbornik radova, Knjiga II, 115–123.
- [4] Janković K. (1999.): "Polimerom modifikovani betoni na bazi reciklirane opeke", doktorska disertacija, Građevinski fakultet u Beogradu.
- [5] Janković K. (1999.): "Izbor tehnologije izrade i režima nege polimerom modifikovanog betona na bazi reciklirane opeke", Izgradnja br. 5/99, Beograd, 115–122.
- [6] Janković K., Lončar Lj., Kačarević Z. i Romakov Z. (1998.): "Mogućnost primene otpadnog materijala u proizvodnji betona", XXIV SYM-OP-IS, Herceg Novi, 899–902.
- [7] Muravljev M., Denić N., Jevtić D., Kovačević T., (1995.): "Polimerima modifikovani malteri i betoni – teorija, tehnologija, primena", Građevinski kalendar 1994 – 95, SGI TS, Beograd, 121–211.
- [8] Muravljev M., Janković K., Kovačević T., (1995.): "Ekološko-energetski aspekti primene betona na bazi reciklirane opeke", Naučni skup "Unapređenje i dalji razvoj stanovanja u višespratnim stambenim zgradama – u uslovima različitih vlasničkih odnosa i tržišta", Niš, 383–390.
- [9] Muravljev M. i Janković K. (1998): "Neka svojstva betona na bazi opekarskog loma sa projekcijom mogućnosti primene u građevinarstvu", Katedra za primenu računara RGF Univerziteta u Beogradu, KoMSEKO '98, Kanjiža, 209–213.
- [10] Muravljev M., Pakvor A., Janković K., (1997.): "Uticaj režima nege na čvrstoću betona na bazi reciklirane opeke", Internacionalni simpozijum "Tehnologija građenja – građevinski menadžment '97", Subotica, 55–60.
- [11] Muravljev M., Pakvor A. i Janković K., (1998.): "Polymer influence on some physical-mechanical properties of concrete based on recycled bricks", Proceedings of the IXth International congress on polymers in concrete, Bolonja, Italija, 83–88.
- [12] Muravljev M., Pakvor A., Janković K., (1998.): "Curing influence on strength polymer modified, concrete based on recycled bricks", XIIIth FIP Congress, Amsterdam.
- [13] Muravljev M., Pakvor A., Kovačević T., (1995.): "Ispitivanja i primena betona na bazi reciklirane opeke", Stručni seminar "Savremena građevinska praksa '95", Novi Sad, 134–144.
- [14] Pakvor A., Muravljev M., Kovačević T., (1993.): "Explorations of concrete and structural concrete elements made of reused masonry", Third International RILEM Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry, Odense, Denmark, 391–404.
- [15] Radonjanin V., (1993.): "Prilog istraživanju osnovnih karakteristika betona modifikovanih polimerom sa aspekta njihove primene u armiranobetonskim konstrukcijama", Magistarska teza, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.