

Upotreba recikliranog betona kao agregata u spravljanju samozbijajućeg betona

SIMPOZIJ DOKTORSKOG STUDIJA GRAĐEVINARSTVA

Hamdo Mešić¹, Marijan Skazlić²

¹GP-PLAN doo.Bihać, hamdo.mesic@hotmail.com

²Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za materijale, skazle@grad.hr

Sažetak

Samozbijajući beton se u osnovi bazira na modifikaciji klasičnog betona s dodacima koji smanjuju potrebnu količinu vode, a povećavaju pokretljivost svježe betonske mješavine.

U svježem stanju ovaj beton je tekuće konzistencije pri čemu ne smije doći do segregacije niti izdvajanja vode, a što se osigurava upotrebom superplastifikatora i mineralnih dodataka. Pravilnim odnosom sitnog i krupnog agregata povećava se gustoća pakiranja čvrstih čestica, te se smanjuje potreba za vodom.

Beton je danas građevinski materijal koji se najviše primjenjuje kod izgradnje građevinskih objekata. Nakon što prođe vijek trajanja građevinskoj konstrukciji, ona se ruši. Materijal dobiven iz srušene konstrukcije mora se negdje odložiti. Recikliranjem već upotrebljenog betona dobije se novi proizvod (agregat).

Recikliranjem otpadnog materijala čuvamo okoliš, štedimo energiju, smanjujemo emisiju CO₂. Ukupan otpad koji se napravi u zemljama Europske unije iznosi 180 milijuna tona godišnje ili 480 kg po osobi. S druge strane, tehnologija izrade betona mora biti tehnološki održiva. Održivi razvoj i očuvanje životne sredine postali su ključni faktori modernog društva.

Ključne riječi: samozbijajući beton, građevinski otpad, reciklirani agregat

The use of recycled concrete as an aggregate for making Self-compacting concrete (SSC)

DOCTORAL SYMPOSIUM IN CIVIL ENGINEERING

Abstract

Self-compacting concrete (SCC) is substantially based on the modification of classical concrete with additives that reduces the necessary amount of water and increase the mobility of the fresh mixture. Self-compacting concrete (SCC) is the concrete of liquid consistency, and should not allow the segregation of water by using modern plasticizers (fly ash, silica fume, etc.), whereas the proper ratio of fine and coarse aggregate increases the density of packing of solid particles and reduces the need for significant amounts of water. Concrete as a construction material is very important in the building construction process. The construction building is demolished after its life expires. The material obtained from the demolished structures must be disposed somewhere. The recycling of used concrete produces a new product (aggregate).

The recycling of waste materials protects the environment, saves the energy, and reduces the emissions of methane. Total waste made in the European Union countries amounts to 180 million tons per year or 480 kg per person. On the other hand, the technology of concrete production must be technologically viable. Sustainable development and environment protection have become the key factors of the modern society.

Keywords: *self-compacting concrete, construction waste, recycled aggregate*

1. Uvod

Samozbijajući beton (u nastavku: SCC) se u osnovi bazira na modifikaciji običnog betona s dodacima koji smanjuju potrebnu količinu vode, a povećavaju pokretljivost svježe betonske mješavine. Samozbijajući beton je beton koji ima dobra mehanička i trajnosna svojstva. Principe dobivanja samozbijajućeg betona je objasnio Okamura (2003).

Prema Okamuri, samozbijajući beton se može dobiti na sljedeći način:

I-Ograničenje količine krupnog agregata i veličine maksimalnog zrna agregata

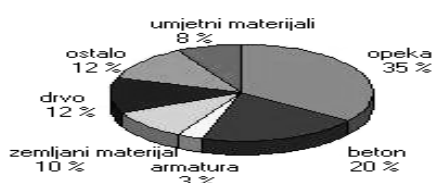
II-Malim vodocementnim omjerom

III-Korištenjem superplastifikatora [1].

Samozbijajući beton vlastitom težinom ispunjava oplatu čak i ako se u oplati nalazi velika količina armature, tako da ni ručno ni mehaničko vibriranje nije potrebno. U svježem stanju ovaj beton je tekuće konzistencije gdje ne smije doći do segregacije niti odvajanja vode. Upotrebom modernih dodataka za beton, kao što su supeplastifikatori i mineralni dodaci betonu (leteći pepeo, silicijska prašina), te pravilnim odnosom sitnog i krupnog agregata omogućuje se postizanje ovakvih svojstava. Pažljivim odabirom sitnog agregata i punila povećava se gustoća pakiranja čvrstih čestica, te se omogućuje smanjenje potrebne količine vode.

Beton, kao građevinski materijal, jako je važan kod izgradnje građevinskih objekata. Nakon što prođe vijek trajanja građevine, ona se ruši. Materijal koji se dobije rušenjem starih zgrada može se reciklirati, te upotrijebiti kao novi agregat za proizvodnju betona. Sastav građevinskog otpada koji se dobije rušenjem starih objekata prikazan je na slici broj 1. Na slici broj 2 prikazan je udio pojedinih vrsta građevinskog otpada.

Recikliranjem građevinskog otpada koji sadrži beton, opeku i cementni mort kao glavne komponente dobijamo reciklirani agregat. Za proizvodnju i korištenje visoko kvalitetnih recikliranih agregata koristi se cementni beton.



Slika 1. Sastav građevinskog otpada kod razgradnje stambenih objekata [3].



Slika 2. Udio pojedinih vrsta građevinskog otpada [3].

2. Potreba za recikliranjem građevinskog otpada

Nakon održavanja simpozija u Rio de Janeiru 1992. godine, održivi razvoj i očuvanje čovjekove okoline postali su ključni faktori modernog društva [2]. Jedan od osnovnih problema događa se kada dotrajale građevinske objekte treba srušiti, te ih zamijeniti s novim objektima. Osnovni razlog rušenja starih objekata je njihova dotrajalost. Rušenjem starih i dotrajalih objekata stvara se građevinski otpad koji treba negdje odložiti.

Građevinski otpad, predstavlja jedan od najvećih ekoloških problema u zemljama Europske unije kao i u mnogim razvijenim zemljama svijeta.

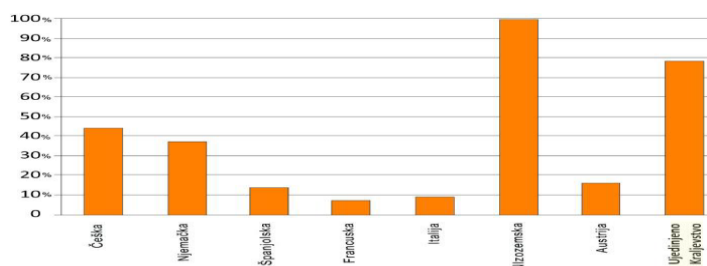
Reciklažom građevinskog otpada štede se neobnovljivi prirodni resursi, te se smanjuje potreba za njihovim korištenjem. Recikliranje i očuvanje prirodnih resursa su kao dugoročni ciljevi bezrezervno prihvaćeni od građevinske industrije, ali pozitivni efekti takvog pristupa su još uvijek donekle ograničeni zato što nisu osigurani svi uvjeti za veću primjenu recikliranih materijala. [3]

Ovi uvjeti obuhvaćaju nedostatak:

- prostora i opreme za sortiranje građevinskog otpada
- iskustva u postupcima recikliranja otpadnih materijala
- obučeni radnika i kontrolora
- znanja o tržištu sekundarnih materijala
- zakonske regulative u području zaštite okoliša itd.

Bez obzira na navedene nedostatke, pojedine države su uspjele dostići visoku razinu primjene recikliranog građevinskog otpada (Danska 80 %, Nizozemska 75 %, Japan 65 % [4]).

Na slici broj 3 prikazana je razina dostignuća primjene recikliranog agregata u pojedinim državama.



Slika. 3. Reciklirani otpad u 2008. godini. (UEPG, 2009-2010 i Eurostat, 2008 - elaborirao ANPAR).

Građevinski otpad koji se javlja nakon rušenja građevinskih objekata treba negdje zbrinuti kako ne bi postao ekološki problem, a s čime se suočavaju mnoge europske zemlje. Ukupan otpad koji se napravi u EU iznosi oko 180 milijuna tona godišnje ili 480 kg po stanovniku [5]. Krajem 20. i početkom 21. stoljeća došlo je do velikog razvoja građevinarstva. Prema nekim analizama, eksploatacija pijeska je dovela do erozije plaža u svijetu i to gotovo 40 m u periodu od 1968. do 2008. S druge strane, moderna tehnologija betona treba biti ekološki održiva kako bi se smanjila proizvodnja cementa, reducirala emisija CO₂, potrošnja energije te omogućilo korištenje recikliranog materijala. Recikliranjem betona iz konstrukcije dobiva se novi građevinski proizvod, te se smanjuje potreba za korištenjem prirodnih resursa. Na slikama broj 4 i 5 prikazan je stari beton prije reciklaže i stari beton nakon prerade u potrebne frakcije.



Slika4. Stari beton prije reciklaže [4].



Slika 5. Stari beton nakon prerade (frakcije recikliranog agregata) [4].

Svjedoci smo da je sve više deponija koje degradiraju tlo, smanjuju površinu obradivog zemljišta, te postaju potencijalni izvor zaraze stanovništva.

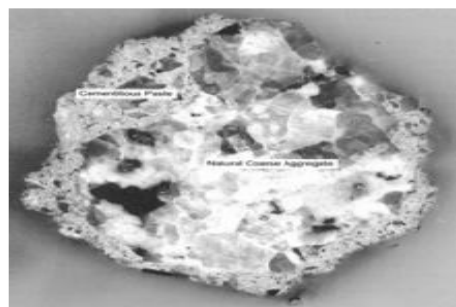
Broj stanovnika na našoj planeti je premašio brojku od 7 milijardi. Povećanjem stanovništva na planeti povećava se i otpad koji se mora negdje zbrinuti. S obzirom da se pojavljuje značajan pad opskrbe prirodnim agregatom u blizini gradilišta te da su dostupne jednostavne tehnologije za recikliranje došlo je do toga da ljudi sve više recikliraju građevinski otpada.

Na slici 6 prikazano je reciklažno pokretno postrojenje koje je postavljeno direktno na mjesto rušenja starog objekta, te mjesto izgradnje novog objekta. Može se zaključiti da je takav vid recikliranja višestruko koristan.

Na slici 7 prikazano je zrno recikliranog agregata. Zrno recikliranog agregata se sastoji od prirodnog agregata koji je oblijepljen sa slojem cementnog morta.



Slika 6. Reciklažno pokretno postrojenje [5].



Slika 7. Izgled zrna recikliranog agregata [5].

Oblijepljeni dio oko zrna agregata je porozan i njegova poroznost ovisi od vodocementnog faktora betona koji je recikliran [14]. Fizička i mehanička svojstva recikliranog agregata zavise kako od svojstava tako i od količine preostalog cementnog morta na agregatu. Na količinu cementnog morta utječe tehnologija proizvodnje i drobljenja starog betona te dimenzije recikliranog agregata. [15]. Što je veći udio sitnije frakcije agregata veća je količina cementnog morta [16]. Upijanje vode kod krupnog agregata kreće se od 3,5 % do 10 % [17], a kod sitnog agregata od 5,5 % do 13 % [9].

Usporedbe radi prirodni riječni i drobljeni agregat imaju oko 1 % upijanja vode i zbog toga se smatra da je najveća razlika između prirodnog i recikliranog agregata kod upijanja vode prilikom spravljanja betona.

Bitno je za istaknuti da je volumenska masa recikliranog agregata manja od volumenske mase prirodnog agregata u prosjeku za 10 % [9,17].

3. Neka od istraživanja SCC betona s udjelom recikliranog agregata (RCA)

Prashant O. Modani i Vinod M. Moitkar (2014), su ispitivali primjenu agregata kod SCC betona. U ovom istraživanju, reciklirani krupni agregat je korišten pri proizvodnji samozbijajućeg betona uz varijaciju količine prirodnog krupnog agregata od 0 % do 100 % s povećanjem od 20 %. Ovo istraživanje je imalo za cilj da se pokuša ispitati utjecaj recikliranog agregata na čvrstoću, vodonepropusnost, otpornost na djelovanje kiseline, prodiranje klorida, te alkalnost samozbijajućeg betona.

Rezultati su pokazali da se reciklirani agregat može koristiti u proizvodnji SCC betona bez da se značajno smanji čvrstoća i trajnost. Dokazano je da se uporabom recikliranog agregata u betonu doprinosi zaštiti okoliša i održivom razvoju.

Oussama Kebaili, Michel Mouret, Nourredine Arabi, Franck Cassagnabere (2015), su proveli ispitivanje u cilju pronalaska najboljeg načina za primjenu recikliranog krupnog agregata u proizvodnji SCC s nastojanjem da se smanji upotreba prirodnih agregata koji spadaju u neobnovljive izvore. Razlika recikliranog i prirodnog agregata je u tome što reciklirani ima manju gustoću, veći kapacitet upijanja vode i uglasti oblik.

Također je ispitan i utjecaj primjene krupnog recikliranog agregata umjesto prirodnog krupnog agregata. Reciklirani agregat je zamijenjen u količini od 40 %, 60 %, 100 %. Količina vode je odabrana tako da bude omogućena apsorpcija unutar 24 satna apsorpcija RCA .

Odmah nakon miješanja u svježem stanju za SCC, ispitane su ključne svojstva propisane prema europskim normama i preporukama, kao npr:

- sposobnost popunjavanja,
- tečenje i otpornost segregaciji,
- svojstvo smicanja.

Eksperimenti su pokazali slijedeće:

- kriterij ugradljivosti SCC betona nije postignut bez obzira što je prirodni agregat zamijenjen s recikliranim,
- zamjenom su poboljšane reološke svojstva betona.

Abdurrahman Lotfy, Mahmoud Al-Fayez (2014) su objavili rezultate ispitivanja svježeg betona, mehaničkih i trajnosnih svojstava betona koji je proizveden koristeći kvalitetan reciklirani agregat prema kanadskim normama (CSA). Napravljeno je ukupno sedam mješavina betona s vodocementnim omjerom 0,40 i udjelom recikliranog agregata od 10 %, 20 % i 30 %, te udjelom finog i krupnog agregata od 10 % i 20 %. Sve ove mješavine su ispitane i uspoređene s dvije mješavine koje su nisu sadržavale reciklirani agregat. Sve mješavine su zadovoljile zahtjeve za samozbijajući beton u svježem stanju, te su zadovoljile i u pogledu mehaničkih i trajnosnih svojstava. Mješavina s krupnim recikliranim agregatom se pokazala boljim od sitnog recikliranog agregata u pogledu čvrstoće na savijanje i čvrstoće na cijepanje, skupljanja, apsorpcije vode i propusnosti klorida.

4. Buduća istraživanja

SCC koji se spravlja na gradilištu projektira se na način da bude ugradljiv i zadovoljavajućih svojstava. Poznate su metode ispitivanja kojima se dokazuje praktična primjenjivost ovog betona. Sljedeći korak, bi mogao biti, brži način proizvodnje SCC betona. SCC beton bi trebalo u budućnosti promatrati kao obični beton, a ne kao posebni beton.

Bilo bi potrebno da se uspostavi racionalni i kvalifikacijski sustav za inženjere da bi se ovakav beton mogao proizvoditi. Ovdje je bitno da kod inženjera postoji svijest o značenju recikliranja građevinskog otpada. Recikliranje bi morala biti obaveza, a tvornice za reciklažu treba posjedovati svaka zemlja.

Bitno je napomenuti da svaka tvornica za reciklažu građevinskog otpada mora posjedovati ISO 9001.

Znanstveno istraživanje koje će se provesti u sklopu doktorskog rada moglo bi ići u smjeru :

Ispitivanja volumenskih deformacija samozbijajućeg betona spravljenog s recikliranim agregatom od starog betona:

- a- Eksperimentalna ispitivanja puzanja samozbijajućeg betona spravljenog s recikliranim agregatom od starog betona
- b- Eksperimentalno ispitivanje skupljanja samozbijajućeg betona spravljenog s recikliranim agregatom od starog betona

6. Zaključak

Može se reći da su reciklirani agregati našli svoje mjesto u primjeni ECO- SENDWICH i dr. Za primjenu recikliranog agregata kod nosivih armiranobetonskih elemenata još se provode istraživanja, utvrđuje se kvaliteta recikliranog agregata kako bi se mogao primjenjivati kao agregat za proizvodnju samozbijajućih betona kod nosivih konstrukcijskih elemenata.

Tehnološki je moguće, za velik broj slučajeva, proizvesti prihvatljiv i kvalitetan beton od recikliranog agregata. Ekonomično je proizvoditi reciklirane agregate za primjenu nenosive ili samonosive predgotovljene betonske elemente iz sustava ocjenjivanja sukladnosti 4 (npr. ploče za popločavanje, opločnici, rubnjaci, betonska galanterija i slično). Za konstrukcijsku primjenu za koju je dokazana njegova prikladnost, zahtjeve i način kontrole treba definirati u projektu konstrukcije i/ili u posebnoj normi.

Literatura:

- [1]. Okamura H., Ouchi M, Self-Compacting Concrete, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.1, No.1 S-15 April 2003.
- [2]. FIB Task Group 3.3 (2004); Environmental Design, International Federation for Structural Concrete, fib, Lausanne, Switzerland, pp. 74
- [3]. L.P. Chun, D.E. Scorpio, C.J. Kibert (1997): Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations, Journal of Construction Management and Economics 15 (1) (1997) pp. 49 – 58.
- [4]. Aggarwal P., Siddique R., Aggarwal Y., Gupta S.M., Self Compacting Concrete- Procedure for Mix Design, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, June 2008
- [5]. Marinković, S., Radonjanin, V., Malešev, M., Ignjatović, I. (2009): Betoni na bazi recikliranog agregata – tehnologija, svojstva i primena, Konferencija Graditeljstvo i održivi razvoj, DIMK Srbije, str 131-154.
- [6]. Dhiyaneshwaran S., Ramanathan P., Bhaskar I., Venkatasubramania, V, Study on durability characteristics of Self compacting concrete with fly ash, Jordan Journal of Civil Engineers, Volume 7, No.3, 2013
- [7]. Vivian W.Y. Tam, X.F. Gaob, C.M. Tam (2005): Microstructural analysis of recycled aggregate concrete produced from two-stage mixing approach, Cement and concrete research, 35 (2005), 2005, pp 195 – 1203.
- [8]. Dumne S.M., Effect of Super plasticizer on fresh and hardened properties of Self compacting concrete containing fly ash, American Journal of Engineering Research, issue 3 June, PP 205-211
- [9]. Dubey R., Kumar P., Effect of Super Plasticizer Dosage on Compressive Strength of Self Compacting Concrete, International Journal of Civil and Structural Engineering, Volume 3, No. 2, 2012
- [10]. Mohamed A.H., Effect of Fly ash and Silica fume on Compressive Strength of Self Compacting Concrete under different conditions, Ain Shams Journal, 4 June 2011.
- [11]. EFNARC (2002), Specifications and Guidelines for Self-Compacting Concrete.
- [12]. IS: 10262 (2009), Guidelines for concrete mix design.
- [13]. IS: 383 (1970), Specifications for coarse and fine aggregates.
- [14]. Brouwers H.J.H., Radix H.J., Self-Compacting Concrete: Theoretical and Experimental study, Cement and Concrete Research 35 (2005) PP 2116-2136
- [15]. T.C. Hansen, H. Narud (1983): Strength of recycled concrete made from concrete coarse aggregate, Concrete International – Design and Construction 5 (1), January 1983, pp. 872 – 877.
- [16]. Hameed A.H., Effect of Superplasticizer Dosage on Workability of Self compacting concrete, Diyala Journal of Engineering Sciences, Vol. 05, No. 02, PP. 66-81 December 2012.

- [17] Poon CS, lam CS (2008): The effect of aggregate to cement ratio and types of aggregates on properties of precast concrete blocks, *Cement and Concrete Composites* 30, 2008, pp. 283 – 289.
- [18] Uysal, M., Yilmaz, K., Effect of mineral admixtures on properties of self-compacting concrete. *Cement and Concrete Composites* 33, pp. 771-2011
- [19] Skazlić M., Vujica M., Samozbijajući ekološki prihvatljivi betoni. // *Građevinar* : časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera. 64 (2012) , 9; 905-913
- [20] Bjegović D., Štirmer N., *Teorija i tehnologija betona*, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, 2015.
- [21] Radonjanin V., Malešev M., Marinković S., Mogućnosti primene starog betona kao nove vrste agregata u savremenom građevinarstvu, *ZAŠTITA MATERIJALA* 51, broj 3, 2010.