

TEHNOLOGIJA IZVEDBE SAMOZBIJAJUĆEG BETONA / TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF SELF COMPACTING CONCRETE

Zlatica Kuliš¹, Dževad Avdić¹

¹Politehnički fakultet Internacionalnog univerziteta Travnik u Travniku, Aleja konzula –
Meljanac bb 72270 Travnik, BiH;

¹Politehnički fakultet Internacionalnog univerziteta Travnik u Travniku, Aleja konzula –
Meljanac bb 72270 Travnik, BiH;

e-mail: zlatica.kulis@gmail.com, dzevad.iut@gmail.com

UDK / UDC 691.32:691.2:006.334

Pregledni članak

Sažetak: *Kako bi građevinski materijal bio što prihvatljiviji neophodno je poboljšanje njegovog kvaliteta, lakša ugradljivost, duži vijek trajanja, a sve to u konačnici dovodi do veće ekonomičnosti građevinskih konstrukcija. Prethodno navedene karakteristike obični beton nije mogao zadovoljiti. Zbog toga su inicirana određena istraživanja s ciljem unapređenja karakteristika građevinskog materijala u svrhu dobivanja novog i boljeg materijala koji je spreman odgovoriti na izazove tržišta. To je samozbijajući beton, inovativna vrsta betona koji tečenjem bez upotrebe vibracijskih uređaja u potpunosti zaobilazi armaturu i popunjava oplatu. Najveće prednosti su mu: poboljšana fluidnost, dobra otpornost segregaciji komponenata tijekom tečenja, visoka čvrstoća u očvrslom stanju, lakša ugradnja i povećana trajnost. Jasno je da je zbog prethodno navedenih karakteristika ova vrsta betona izuzetno važna i široko rasprostranjena. Danas su samozbijajući betoni postali neizostavni kod izvedbe armirano betonskih konstrukcija kada se traže visoka trajnost ili je otežana ugradnja.*

Ključne riječi: beton, samozbijanje, ugradljivost, fluidnost, oplata

Abstract: *In order for the building material to be as acceptable as possible, it is necessary to improve its quality, make it easier to install, and have a longer service life, all of which ultimately leads to greater economy of building constructions. Ordinary concrete could not meet the aforementioned characteristics. For this reason, certain researches were initiated with the aim of improving the characteristics of construction materials in order to obtain new and better materials that are ready to meet the challenges of the market. It is self-compacting concrete, an innovative type of concrete that, by flowing without the use of vibration devices, completely bypasses the reinforcement and fills the formwork. Its biggest advantages are: improved fluidity, good resistance to segregation of components during flow, high strength in the hardened state, easier installation and increased durability. It is clear that due to the aforementioned characteristics, this type of concrete is extremely important and widespread. Today, self-compacting concretes have become indispensable concretes in the construction of reinforced concrete structures when high durability is required or installation is difficult.*

Keywords: concrete, self-compaction, installability, fluidity, formwork

UVOD

Slobodno možemo reći da je zadnjih 150 godina, beton pokrivao oko 70 % potreba u građevini. Ono što ga čini dominantnim u odnosu na druge građevinske materijala je :

- Niska početna cijena
- Superiornost nad drugim materijalima u prijenosu tlačnog naprezanja
- Široka dostupnost njegovih sastojaka
- Podobnost ugradnje čelične armature za preuzimanje vlačnih naprezanja
- Mogućnost oblikovanja višenamjenskih oblika konstrukcija-arhitektonska atraktivnost.

Glavna karakteristika betona prvenstveno je njegova trajnost i sa starošću postaje sve čvršći i bolji. Razvoj modernog društva koji se ubrzano odvija na svim poljima, vidljiv je i u razvoju građevinarstva te samim tim postavlja i nove uvjete u ovoj oblasti. Od građevinskih materijala očekuje se suvremenost kroz poboljšanje kvaliteta, lakšu ugradljivost te veću ekonomičnosti građevinskih konstrukcija.

Ove zahtjeve klasični beton nije mogao ostvariti, pa su pokrenuta istraživanja kako bi se unaprijedile karakteristike građevinskih materijala, a samim tim dobili novi i bolji materijali koji zadovoljavaju novonametnute zahtjeve tržišta. Tako se došlo do nove vrste betona tkz. samozbijajući beton. To je suvremena inovativna vrsta betona koji tečenjem bez upotrebe vibracijskih uređaja u potpunosti zaobilazi armaturu i popunjava oplatu. Osnovne karakteristike koje ga čine drugačijim i kvalitetnijim od običnog beton su poboljšana fluidnost, dobra otpornost segregaciji komponenata tijekom tečenja, visoka čvrstoća u očvrslom stanju, a samim tim i bolja ugradnja i povećana trajnost. U današnjem vremenu samozbijajući betoni postali su gotovo standardni betoni s gledišta same izvedbe armirano betonskih konstrukcija kada se traže visoka trajnost ili je otežana ugradnja .

1. SAMOZBIJAJUĆI BETON

1.1.Općenito o betonu

Glavne sastojke betona čini mješavina: hidrauličkog veziva (cementa), agregata (riječnog ili drobljenog), vode i dodataka

Cement se dobiva se iz vapnenca i gline koji se peku u rotacionoj peći na temperaturi od 1400 C. Nakon toga nastaje cementi klinker koji se potom hladi i skladišti. Prema kernijskom sastavu cement dijelimo na dvije skupine: silikatne cimente, aluminatne cimente. Miješanjem cementnog praha s vodom, nastaje cementna pasta koja zbog kemijskih procesa hidratacije prelazi u cementni kamen odmah nakon miješanja. Vrstu betona određuje vrsta cementa, te kemijski ili mineralni

dodaci koji se često dodaju betonu kako bi poboljšali njegova svojstva. U ukupnom volumnu betona cementa ima 8-10% a uloga cementa je da stvori čvrstu vezu među zrnima agregata.

Agregat čini 70-80% mase betona i od njegovih karakteristika zavise i svojstva betonskih smjesa i svojstva očvrslog betona. (krupna zrna agregata čine skelet betona a sitna zrna agregata povećavaju kohezivnost svježeg betona). Za spravljanje betona obično koristimo prirodni šljunak i pijesak koji su jeftiniji i imaju bolje povezivanje zrna od drobljenog agregata. U agregatu se mogu nalaziti štetni sastojci kao što su: glina, druge sitne organske čestice, soli te trebamo paziti da količina štetnih sastojaka ne bude veća od dopuštene.

Voda čini 5-10% mase betona. Ona nam je potrebna za hidrataciju cementa, transport i ugradnju betona. Voda je dobra za izradu betona ako je: Sulfatnih iona manje od 2700 mg/l; Kloridnih iona manje od 300 mg/l i ukupno rastopljenih soli manje od 5000 mg/l. Svako povećanje količine vode preko one koja je potrebna za hidrataciju cementa znači povećanje količine pora u očvrsлом betonu.

Dodaci su tvari koje dodajemo u svježju mješavinu betona kako bi se poboljšala svojstva betona. Prilično su skupi i treba voditi računa kada ih uoprijebiti za spravljanje betona. Postoje dvije vrste dodataka: kemijski dodaci i mineralni dodaci. Kemijski dodaci se dodaju prilikom spravljanja betona u vrlo malim količinama radi poboljšanja svojstava betona. Imamo nekoliko vrsta kemijskih dodataka: plastifikatori, aeranti, akceleratori, retarderi, antifrizi. Većina kemijskih dodataka uvlači količinu zraka u betonsku mješavinu više nego što je poželjno. Mineralnim dodacima se postiže veća čvrstoća, bolja obradljivost, veća otpornost na agresivne tvari i td. Mogu biti prirodni ili industrijski.

1.2. Povijesni razvoj samozbijajućeg betona

Intenzivna istraživanja za novim vrstama betona kod kojih se smanjuje broj radne snage a trajna betonska konstrukcija nastane dobrim zbijanjem betona, počela su u Japanu već 1983. godine a zatim u Švedskoj. Takav je samozbijajući beton koji može ispuniti svako mjesto i svaki kut u oplati i to pod djelovanjem vlastite težine i bez potrebe za vibriranjem. Prototip samozbijajućeg betona prvi je put napravljen u Japanu 1988. godine, uz upotrebu materijala kakvi se normalno dobiju na tržištu. Prototip se nakon očvršćivanja ponašao zadovoljavajuće u pogledu skupljanja, topline hidratacije, sadržaja pora i drugih svojstava. Ovako nastao beton prozvan je beton visokih svojstava. Njegove karakteristike po fazama očvršćivanja su bile:

- U svježem stanju mora imati efekt samozbijanja
- U fazi očvršćivanja mora biti bez inicijalnih defekata
- Nakon očvršćivanja očekujemo da bude otporan na vanjske utjecaje

Za to vrijeme u Švedskoj je također uzet isti naziv za beton visoke trajnosti postignute zbog niskog vodocementnog faktora. Od tada se beton visokih svojstava upotrebljava u cijelom svijetu, te je prozvan samozbijajući beton.

1.3. Definicija samozbijajućeg betona

Samozbijajući beton (eng. Self-compacting concrete, SCC) je inovativna vrsta betona koji tečenjem bez upotrebe vibracijskih uređaja u potpunosti zaobilazi armaturu i popunjava oplatu. Kao novi materijal nudi beton visoke čvrstoće i fluidnosti koja omogućava betonu da teče kroz složene strukture ili precizne kalupe uz ekstra kvalitet. Za zbijene površine ili složene armature, samozbijajući beton daje najbolji učinak. Ugradnja samozbijajućeg betona je ista kao i kod običnog betona samo što je ubrzan postupak ugradnje i što samozbijajući beton stvara malo veći pritisak na oplatu od običnog betona.

SCC se proizvodi od istih komponenti koje se koriste za proizvodnju klasičnog betona (cement, agregat, voda, aditivi), ali postoji vrlo bitna razlika između sastava tih dviju vrsta betona.

Prednosti samozbijajućeg betona za izvođača su:

- Nema vibriranja, brža ugradnja betona, manje završnih radova, manje radnika, kraće vrijeme korištenja strojeva, smanjeni problemi ugradnje zbog guste armature, dobije se homogen beton bez površinskih oštećenja

Prednosti samozbijajućeg betona za investitora:

- Veća brzina realizacije, nove arhitektonske mogućnosti, smanjena buka-duže vrijeme ugradnje u naseljenim mjestima, bolja kvaliteta građevine, manji rizik od nedozvoljene kvalitete betona

1.4. Primjeri primjene samozbijajućeg betona

Samozbijajući beton još nije u potpunosti našao primjenu kod nas, što se nadamo da će to biti u skorije vrijeme. Najčešće se koristi kod objekata koji imaju nepravilnu strukturu pa samim time i gustu armaturu gdje bi se teško odvijalo zbijanje običnog betona. Još jedna dobra karakteristika ovako ugrađenog betona je što će fasada nakon ugradnje betona ostati onakva kakva jest, odnosno da se poslije betoniranja neće naknadno uređivati i žbukat jer samozbijajućim betonom dobivamo lijep izgled i glazuru zbog njegovih svojstava.

Najpoznatiji objekt u svijetu sa ugrađenim samozbijajućim betonom je Japanski most Akashi Kaikya, kao najviši, najduži i najskuplji viseći most na svijetu. Njegova 2 pilota visine 280m izgledaju poput zgrade sa 80 katova. Temeljno tlo je se nalazilo 140m ispod razine mora. Graditelji su se odlučili na podizanje temeljnog tla nasipavanjem kako bi se popeli na visinu od 60m ispod razine mora. No i tada nije bilo moguće izvesti normalno podzemno betoniranje zbog morskih struja. Graditelji su se odlučili na izgradnju ogromnih čeličnih kalupa te su ih nakon izgradnje na kopnu potapali u more. Da bi se dovršili temelji potrebno je bilo čelične prstenove napuniti betonom. Problem je bio u tome što se zbog nemogućnosti vibriranja nije mogao koristiti običan beton pa su se zbog toga graditelji odlučili na samozbijajući beton. U te temelje ukupno je ugrađeno 530000m³ samozbijajućeg betona a treba napomenuti da je taj beton postizao čvrstoću nakon jednog dana od 80MPa.

1996.god u Nizozemskoj samozbijajući beton je također primijenjen kod jednog vrlo važnog detalja na mostu s kosim zategama u Zaltbommel. Pošto su tu krajnji rasponi manji od polovice glavnog raspona bilo je potrebno uraditi specijalna ankerisanja kablova u krajnje stubove. U tu svrhu krajevi krajnjih nosača su povećani samozbijajućim betonom.

2.OSTVARIVANJE SVOJSTVA SAMOZBIJANJA

Samozbijajući beton, morao je ispoštovati sljedeće uvjete kao novi građevinski materijal i to:

- Usvježem stanju mora imati svojstvo samozbijanja
- Uranoj starosti traži se izbjegavanje inicijalnih defekata
- U očvrslulom stanju mora biti otporan na vanjske utjecaje tj., osnovni zahtjevi za samozbijajući beton je razred tlačne čvrstoće izloženosti ili granične vrijednosti sastava
- Maksimalni vodocementni omjer
- Minimalna količina cementa
- Najveća veličina zrna agregata D_{lmax}

Dodatni uvjeti za samozbijajući beton su:

- Vrijednost T500 (rasprostiranje slijeganjem) ili V-lijevak
- Ispitivanje L kutijom
- Otpornost segregaciji temperatura svježeg betona

Ključne karakteristike samozbijajućeg betona u svježem stanju su:

- Tečenje,
- Viskoznost,
- Sposobnost zaobilaženja prepreka,
- Otpornost segregaciji

Svježi samozbijajući beton mora imati ista osnovna svojstva kao i beton za pumpanje, a to je mora se lako preoblikovati, a da pri tome ne dolazi do segregacije na bilo kojem nivou veličine zrna. Dakle mora zadovoljiti tri zahtjeva i to :

1. Pasta mora imati visoku sposobnost tečenja, ali istodobno mora biti stabilna. To se postiže upotrebom veziva s visokim sadržajem najsitnijih čestica, pasti se dodaju čestice sitnije od cementa. Najbolji dodatak je elektrofilterski SiO₂ prah koji ima prosječnu veličinu čestica od nekoliko mikrometara.

2. Mort sam za sebe mora također biti stabilan. To se postiže upotrebom sitnog agregata s dovoljnim sadržajem zrna sitnijih od 1 mm, čime se sprječava segregacija između morta i paste.
3. Beton kao cjelina mora biti stabilan i konzistencije unutar određenih granica. U pogledu sadržaja krupnog agregata nema posebnih ograničenja.

Visoka trajnost postiže se izborom niskog vodovezivnog faktora, što je moguće jedino upotrebom superplastifikatora. Dakle, pored ispunjenja osnovnih zahtjeva za pumpani beton, sposobnost samozbijanja betona visokih svojstava može se postići ispunjenjem sljedećih zahtjeva:

- Ograničenjem sadržaja agregata
- Izborom niskog vodovezivnog faktora
- Upotrebom superplastifikatora.

2.1. Svojstva i utjecaj dodataka na svojstva samozbijajućeg betona

Za zadovoljenje svih ovih uvjeta pri proizvodnji samozbijajućeg betona potrebni su aditivi koji mogu postići tekući beton, bolje vezanje se može kontrolirati, visoku redukciju vode te stabilan i kompaktan beton. Kada ga poredimo sa klasičnim betonom, kod samozbijajućeg betona obično je manji udio krupnog agregata, manji je vodovezivni omjer, povećan je udio paste te je povećan udio superplastifikatora, a prema potrebi može se upotrijebiti i dodatak za promjenu viskoznosti. Bolja fluidnost i viskoznost betonske mješavine postižu se detaljnim odabirom cementa i dodataka, uz ograničavanje omjera vode i sitnih čestica te dodavanje superplastifikatora, kao i eventualno dodatka za promjenu viskoznosti. Najbolje upotrebljiva zrna su do $D_{max}=12-20$ mm. Upotrebljavaju se najčešće inertni i pucolanski, odnosno hidraulični dodaci. Leteći pepeo je vrlo djelotvoran za povećanje kohezivnosti i smanjenje osjetljivosti na promjenu količine vode, dok silicijska prašina zbog svojih sitnih čestica sferičnog oblika osigurava dobru koheziju i poboljšanu otpornost na segregaciju kao i za eliminiranje izdvajanja vode. Hidraulički dodaci (kao što je zgura) već su djelomično sadržani u cementima a mogu se dodati i u beton. Dodaci za promjenu viskoznosti najčešće se koriste za smanjivanje utjecaja varijacije vlažnosti i raspodjele zrna u ukupnom sastavu agregata, a beton je tada manje osjetljiv na male varijacije u omjeru sastojaka. Vlakna za mikroarmiranje mogu smanjiti sposobnost tečenja pa treba posebno ispitati njihov utjecaj na svojstva betona. Polimerna vlakna sprječavaju slijeganje i pukotine. Punilo kao mineralni dodatak utječe na poboljšanje obradljivosti betona. Od veličine čestica, oblika čestica i upijanja vode filera ovisi utjecaj potrebe vode samozbijajućih betona.

3. ISPITIVANJE SVOJSTAVA SAMOZBIJAJUĆEG BETONA

Samozbijajući beton koji je već spravljen mora imati karakteristike i svojstva koja su mu propisana normom. Glede navedenog rade se ispitivanja samozbijajućeg betona. Da bi se mogao pouzdano odrediti sastav betona koji ima sposobnost samozbijanja, potrebno je bilo pronaći potpuno nove metode, posebno za određivanje sposobnosti samozbijanja u laboratorijskim uvjetima, a posebno metode za primjenu na mjestu ugradnje.

Tri su provjere ispitivanja samozbijanja:

- Provjera ima li beton svojstvo samozbijanja
- Prilagođavanje sastava mješavine kada samozbijanje nije postignuto
- Karakteriziranje materijala

3.1. Ispitivanje svojstava samozbijajućeg betona u svježem stanju

Imamo 4 temeljna uvjeta za dobivanje dobrog samozbijajućeg betona, koji se moraju zadovoljiti a to su:

1. Sposobnost tečenja-za mjerenje tečenja preporučuje se metoda rasprostiranja slijeganjem, ali se može i primijeniti i ispitivanje s pomoću Kajimajine kutije. Ispitivanjem prema metodi rasprostiranja slijeganjem opisuje se tečenje betona bez prepreka i upotrebljava se kao primarna provjera konzistencije betona. Metoda rasprostiranja se koristi kod određivanja tečenja i samozbijanja betona, odnosno njegove deformabilnosti. Mjere se dva parametra: veličina rasprostiranja i vrijeme rasprostiranja (za T50). Test nije prikladan za zrna agregata veća od 40 mm. Mjeri se vrijeme kada beton rasprostiranjem prvi put dosegne krug na ploči promjera od 500mm. Nakon što se tečenje betona stabilizira izmjeri se i promjer uzorka betona u dva okomita smjera te izrazi kao srednja vrijednost dviju izmjerenih vrijednosti (SF).
2. Viskoznost-kosim mjerenjem u reometru može se odrediti empirijskim postupcima. Preporučeno je ispitivanje pomoću V-lijevka- V-funnel. V-funnel se popuni svježim betonom te se mjeri vrijeme za potpuno istjecanje betona iz lijevka. Trebalo bi iznositi od 2-12 s. Indeks viskoznosti dobije se kao $R_c=10/t$ gdje je t vrijeme istjecanja uzorka. Za manje vrijednosti R_c viskoznost uzorka je veća i obrtno.
3. Sposobnost zaobilaženja prepreka-najčešće se određuje L-kutijom. Osnovni dio je kalup u obliku slova L koji se radi od čelika. Kalup mora biti čvrste konstrukcije, ravan i bez hrđe. Volumen kutije u koji se ulijeva beton je 12.6-12.8 litara. Vertikalni i horizontalni dio kalupa odijeljeni su vratima koja se podižu. Iza vrata se nalaze armaturne šipke. Na horizontalnom dijelu kalupa trebaju biti označena mjesta udaljenosti 200 i 400 mm od

vrata. Na tom mjestu se mjeri vrijeme potrebno da beton dođe do njih. Izmjerena vremena su pokazatelji brzine tečenja betona. Nakon što se zaustavi tečenje betona izmjere se visine HI i HII. Sposobnost prolaza računamo po formuli: $P_a = H_2/H_1$

4. Otpornost segregaciji-izražena osobito u visokim betonskim elementima. Ona se izražava kao postotak količine betona koja je prošla kroz sito otvora 5mm u odnosu na ukupnu masu. Ovim se testom istražuje svojstvo popunjivosti i prolaznosti samozbijajućih betona. Može se koristiti i za ispitivanje otpornosti prema segregaciji usporedbom dva uzorka. Mogu se dobiti tri parametra: razastiranje, vrijeme razastiranja (neobavezno) i stopa blokiranja. Razastiranje kod J-prstena odnosi se na deformaciju betona dok potrebno vrijeme razastiranja se odnosi na brzinu deformacije.

Osim ovih metoda, za ispitivanje sposobnosti samozbijanja može se primijeniti i U kutija. Ispitivanjem U-kutijom, stupanj samozbijanja se može odrediti visinom koju beton dostigne nakon tečenja kroz prepreku, Beton s visinom većom od 300 mm se može smatrati samozbijajućim betonom.

3.2. Ispitivanje svojstava samozbijajućeg betona u očvrslom stanju

- Ispitivanje tlačne čvrstoće

Uzorci se izrađuju i njeguju u skladu s normom. Oblika su kocke dimenzija 150mm ili cilindra promjera 150 mm i visina 300mm. Ispitivanje se vrši prešom.

Uzorci kocke se u prešu stavljaju okomito na smjer ugradnje. Kocka se mora postaviti na sredinu preše. Opterećenje se mora nanositi jednoliko i mora biti između 0.2 MPa/s i 1.0 MPa/s. Maksimalno opterećenje F pri kojem je došlo do sloma se zabilježi kao rezultat pokusa.

- Ispitivanje čvrstoće betona na savijanje

Čvrstoća betona na savijanje ispituje se prizmatičnim uzorcima dimenzija $d_1=d_2=d=100-300$ mm, LŽ3,5d. Uzorci se opterećuju koncentriranom silom F do loma, te se ta veličina bilježi kao rezultat ispitivanja, Opterećenje se nanosi jednoliko u iznosu 0,04-0,06 N/mm /s

Ispitivanje vlačne čvrstoće cijepanjem

Uzorci za ispitivanje vlačne čvrstoće cijepanjem jednakih su dimenzija kao i kod tlačnog ispitivanja. Uzorci se opterećuju kontinuiranom silom do sloma, te se ta veličina bilježi kao rezultat ispitivanja. Opterećenje se nanosi jednoliko u iznosu 0,04-0,06 N/m

4. KONTROLA NA MJESTU UGRADNJE

Stupanj zbijenosti ugrađenog betona ovisi uglavnom o njegovoj sposobnosti samozbijanja. Posljedice nedovoljne sposobnosti samozbijanja ne mogu se popraviti kada je beton jednom dospio u konstrukciju. Zbog toga se sav beton mora provjeriti prije ugradbe. Laboratorijske

metode nisu praktične za tu svrhu, jer bi se uzimanje uzoraka i ispitivanje moralo vršiti tako često da bi to ometalo proces ugradbe betona. Problem je riješen na način, da je razvijena posebna metoda i aparatura za kontinuiranu kontrolu sposobnosti samozbijanja betona. Budući da se samozbijajući beton, u pravilu, ugrađuje pumpanjem, aparatura se postavlja na mjestu istovara betona iz prijevoznog sredstva u pumpu. Kroz aparaturu se propušta cijela dovezena količina betona. Ako cijela količina betona proteče kroz aparaturu bez zastoja, beton se smatra samozbijajućim. Ako dolazi do zastoja u tečenju, moraju se izvršiti odgovarajuće korekcije sastava betona.

ZAKLJUČAK

Iz sveg navedenog zaključujemo da se razlike između klasičnog i samozbijajućeg betona ogledaju u tome što je udio sitnih frakcija u betonskoj mješavini za 40% veći kod samozbijajućeg betona u odnosu na konvencionalni beton, te se dodaju superplastifikatori nove generacije. Glavne karakteristike superplastifikatora su te da u betonskoj mješavini je smanjenje vodocementnog faktora i poboljšanje ugradljivosti betona, a samim tim se kod očvrslog betona povećava čvrstoća na pritisak. Što se tiče same ugradnje ona je za 30 – 40 % brža kod samozbijajućeg u odnosu na klasični beton. Naravno, samozbijajući beton ima i mana a to su njegova osjetljivost u svježem stanju, t. sam proces ugradnje i vrsta oplata (prilikom pumpanja betona može doći do pojave zraka unutar betona koja se održava na površinu u vidu šupljina, a u slučaju da oplata nije dobro uvezana doći će do istjecanja cementnog mlijeka isto tako će za posljedicu imati šupljine na samoj površini.

Samozbijajući beton se još uvijek razvija i usavršava zajedno sa razvojem superplastifikatora. Sama njegova primjena dovodi do lakše ugradnje betona, smanjuje se potrebna količina radne snage (manji broj radnika ali stručno osposobljenih za ovu vrstu poslova), te je sigurnost radnika veća (samozbijajući beton se sam zbija, što smanjuje mogućnost da dođe do nesreće). Daljnjim razvojem superplastifikatora koji indirektno doprinose povećanju čvrstoće betona, može se doći do znatno veće primjene samozbijajućeg betona.

LITERATURA

- [1] BS EN 206:2013 – Concrete – Specification, performance, production and conformity, 2013
- [2] Garcia-Gasco Lominich S., Lorens V.M., Garcia-Gasco E.: Sva lica betona (Tehnički i estetski aspekt samozbijajućeg betona);
- [3] Proceedings of SCC 2010 Montreal, Canada: Design, Production and Placement of SelfConsolidating Concrete
- [4] Okamura H., Ouchi M.: Self-Compacting Concrete;
- [5] Ouchi, M.: Self-compacting concrete – development, applications and investigations,
- [6] Proceedings of the 17th Nordic Concrete Research Symposium, str. 29-34, Reykjavik 1999
- [7] Skazlić, M., Rosković, R., Banjad Pečur, I., 2008, Svojstva samozbijajućeg betona s velikim udjelom letećeg pepela, Građevinar 60 11, 945-952
- [8] Štirmer, N.; Banjad Pečur, I., 2009, Projektiranje sastava samozbijajućeg betona, Građevinar 61 str. 321-329, Zagreb,
- [9] The European Guidelines for Self-Compacting Concrete, Specification, Production and Use, May 2005.
- [10] Vujica M., 2011, Samozbijajući ekološki održivi betoni, Zagreb;
- [11] <http://www.tectonica-online.com>
- [12] <https://www.gradnja.me/clanak/814/sta-je-samozbijajuci-beton> 02.04.2024.god.;