

Датум одлуке	02.12.2014		
Опш.	116/10	-	-

Nastavno – naučnom veću
Građevinsko – arhitektonskog fakulteta
Univerziteta u Nišu

Odlukom Nastavno–naučnog veća Građevinsko–arhitektonskog fakulteta u Nišu, br. 8/206 od 05.11.2014. godine imenovani smo za članove komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije pod naslovom: "UTICAJ RAZLIČITIH MINERALNIH DODATAKA NA OSOBINE SAMOUGRAĐUJUĆEG BETONA", koju je izradila mr Iva Despotović, dipl. građ. inž., pod rukovodstvom mentora dr Zorana Grdića, redovnog profesora Građevinsko–arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu.

U skladu sa navedenom odlukom, komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ
o oceni doktorske disertacije
mr Ive Despotović, dipl.inž.građ.

1. OPŠTE

Na osnovu odluke Nastavno–naučnog veća Građevinsko–arhitektonskog fakulteta u Nišu od 05.11.2014. godine, br. 8/206 imenovana je Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Ive Despotović, dipl.grad.inž., u sastavu:

- **Dr Zoran Grdić**, red.prof. Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, mentor
- **Dr Vlastimir Radonjanin**, red. prof. Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, član komisije
- **Dr Gordana Topličić Ćurčić**, van.prof. Građevinsko - arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, član komisije

Kandidat mr Iva Despotović je predala Građevinsko–arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu, doktorsku disertaciju pod naslovom: "UTICAJ RAZLIČITIH MINERALNIH DODATAKA NA OSOBINE SAMOUGRAĐUJUĆEG BETONA".

2. PRIKAZ DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorska disertacija sadrži 130 strana, 98 slika, 53 tabele i 110 navoda literature. Sastoji se iz teorijskog i eksperimentalnog dela. Teorijski deo sadrži 20 poglavlja koja su organizovana u tri pravca istraživanja: Uvod, Samougrađujući beton (poglavljia: Nastanak i razvoj samougrađujućeg betona, Svojstva samougrađujućeg betona, Reološka svojstva samougrađujućeg betona, Konstitutivni materijali, Uloga modifikatora viskoziteta (VMA) i reduktora vode (HRWR) u samougrađujućem betonu, Projektovanje sastava samougrađujućeg betona, Metode ispitivanja samougrađujućeg betona), Uloga mineralnih dodataka u betonu (poglavljia: Leteći pepeo, Silikatna prašina, Mleveni krečnjak, Rezultati ispitivanja betona sa različitim mineralnim dodacima) i Agregat od recikliranog betona (poglavljia: Reciklaža, upravljanje otpadom i održivi razvoj, Reciklaža u građevinarstvu, Tehnologija proizvodnje recikliranog agregata, Tehnička regulativa za reciklirani agregat, Svojstva agregata od recikliranog betona, Osobine tranzitne zone kod betona od recikliranog agregata, Specifičnosti spravljanja betona na bazi recikliranog agregata, Svojstva betona sa agregatom od recikliranog betona). Eksperimentalni deo se sastoji iz 5 poglavlja: Materijali korišćeni u eksperimentu, Projektovanje i ispitivanje betonskih mešavina, Rezultati ispitivanja, Analiza rezultata i diskusija i Zaključak. Uključujući Literaturu, ukupan broj poglavlja doktorske disertacije je 26.

U prvom poglavlju, Uvodu, predstavljen je problem iscrpljivanja nalazišta prirodnog agregata i odlaganja građevinskog otpada na, najčešće nelegalne, deponije. Rešenje oba problema je primena recikliranog agregata dobijenog od otpadnog betona. Samougrađujući beton, revolucionarno rešenje betonske industrije XX veka, sadrži određenu količinu praškastih komponenti, a u tu svrhu se, sem mlevenog krečnjaka koji se najčešće koristi, mogu primeniti i industrijski nus – proizvodi, poput letećeg pepela i silikatne prašine, te tako spravljen beton postaje značajan ekološki materijal. Definisani su metodi naučnog istraživanja i postavljen cilj istraživanja: ispitati svojstva samougrađujućeg betona sa recikliranim agregatom i različitim mineralnim dodacima, mlevenim krečnjakom, letećim pepelom i silikatnom prašinom, kao doprinos održivom razvoju, što je imperativ savremenog građevinarstva.

U drugom poglavlju, Nastanak i razvoj samougrađujućeg betona, dat je prikaz istorijskog razvoja samougrađujućeg betona, koji je nastao u Japanu, osamdesetih godina XX veka. Ovaj beton, isključivo pod dejstvom sopstvene težine, bez vibriranja, ispunjava sve delove oplata, i u slučaju gusto postavljene armature.

Treće poglavlje, Svojstva samougrađujućeg betona, se sastoji iz dva podpoglavljia: Svojstva svežeg samougrađujućeg betona i Svojstva očvrslog betona. Ključne karakteristike samougrađujućeg betona u svežem stanju su sposobnost tečenja, viskoznost, sposobnost prolaska kroz armaturu i otpornost na segregaciju, po kojima se razlikuje od vibriranog

betona, obzirom da po konzistenciji „prelazi“ kriterijume definisane za tečnu konzistenciju vibriranog betona. Svojstva očvrslog samougrađujućeg betona su ista i ispituju se na isti način kao odgovarajuća kod vibriranog betona.

U četvrtom poglavlju, Reološka svojstva samougrađujućeg betona, je razmatrano reološko ponašanje samougrađujućeg betona, posmatrajući beton kao Bingamov (engl. Bingham) fluid.

U petom poglavlju, Konstitutivni materijali, su razmatrane komponente koje ulaze u sastav samougrađujućeg betona, pri čemu je filer najvarijabilnija komponenta.

U šestom poglavlju, Uloga modifikatora viskoziteta (VMA) i reduktora vode (HRWR), je objašnjen značaj ovih aditiva novije generacije u samougrađujućem betonu, u zavisnosti od čije primene se samougrađujući beton i svrstava u viskozni, praškasti ili mešoviti tip.

U sedmom poglavlju, Projektovanje sastava samougrađujućeg betona, je dat pregled metoda koje se koriste za sastavljanje betonskih mešavina, dostupan iz literature, pri čemu su, kroz dva podpoglavlja, prikazani faktori koji određuju samougradljivost po Okamuri, tvorcu samougrađujućeg betona i Kineski metod projektovanja samougrađujućih mešavina.

U osmom poglavlju, Metode ispitivanja samougrađujućeg betona, su navedene metode koje se koriste za ispitivanje svežeg samougrađujućeg betona, tipične za ovaj beton, gde su kroz posebna podpoglavlja objašnjeni: Slump – flow i T_{50} test, J – ring test, V – funnel test, L – box test, U – box test, Fill - box test, Sieve stability test i Orimet test.

U devetom poglavlju, Leteći pepeo, navode se hemijske i fizičke osobine letećeg pepela, kao i uticaj na svojstva betona, prema dostupnim podacima iz literature.

U desetom poglavlju, Silikatna prašina, navode se hemijske i fizičke osobine silikatne prašine, kao i uticaj na svojstva betona, prema dostupnim podacima iz literature.

U jedanaestom poglavlju, Mleveni krečnjak, su prikazane fizičko – hemijske osobine mlevenog krečnjaka, koji se najčešće koristi kao filer u samougrađujućem betonu.

U dvanaestom poglavlju, Rezultati ispitivanja samougrađujućeg betona sa različitim mineralnim dodacima, je dat pregled dostupnih eksperimentalnih rezultata istraživanja sprovedenih iz ove oblasti.

Trinaesto poglavlje, Reciklaža, upravljanje otpadom i održivi razvoj, sadrži kratak istorijski pregled upravljanja otpadom i reciklaže u svetu.

Četrnaesto poglavlje, Reciklaža u građevinarstvu, predstavlja problematiku odlaganja građevinskog otpada na deponije koje sve više zagađuju životnu sredinu i navodi neophodnost reciklaže kao jedno od rešenja održivog razvoja. Navodi se količina godišnje proizvodnje građevinskog otpada po državama Evropske unije kao i procenat reciklaže, uz konstataciju da u Srbiji reciklaža građevinskog otpada praktično i ne postoji.

U petnaestom poglavlju, Tehnologija proizvodnje recikliranog agregata, objašnjen je način dobijanja agregata od starog betona, koji zapravo počinje rušenjem objekta. Reciklažna postrojenja mogu biti mobilna ili stacionarna. Predstavljen je i problem postojanja stare cementne paste oko zrna prirodnog agregata, što je i najslabija tačka recikliranog agregata. Stara cementna pasta se može ukloniti mehanički ili hemijski sa agregata što povećava njegovu cenu.

Šesnaesto poglavlje, Tehnička regulativa za reciklirani agregat, sadrži prikaz standarda iz oblasti recikliranog agregata u Velikoj Britaniji, Japanu, Hong Kongu, Kini, Nemačkoj, Holandiji, Sjedinjenim Državama, Australiji kao i preporuke RILEMA.

U sedamnaestom poglavlju, Svojstva agregata od recikliranog betona, analizirana su svojstva recikliranog agregata i upoređena sa odgovarajućim svojstvima kod prirodnog. Poseban akcenat je stavljen na upijanje vode, znatno veće kod recikliranog agregata u odnosu na prirodni, što je direktna posledica postojanja stare cementne paste na zrnima agregata.

U osamnaestom poglavlju, Osobine tranzitne zone kod betona od recikliranog agregata, istaknuto je postojanje dve tranzitne zone: između zrna prirodnog agregata i stare cementne paste, na koju se ne može uticati, i između stare i nove cementne paste, na čija se svojstva može uticati. Navedeni su i dostupni rezultati ispitivanja ove problematike.

Devetnaesto poglavlje, Specifičnosti spravljanja betona na bazi recikliranog agregata, objašnjava način mešanja sastojaka betona sa recikliranim agregatom, obzirom da stara, porozna cementna pasta upija dosta vode. U tu svrhu je razvijen poseban način spravljanja betona, tzv. postupak „iz dve faze“ (engl. Two stage Mixing Approach), objašnjen u ovom poglavlju kao i alternativne varijante.

Dvadeseto poglavlje, Svojstva betona sa agregatom od recikliranog betona, sadrži pregled iz literature dostupnih rezultata ispitivanja, o uticaju agregata od recikliranog betona na svojstva kako vibriranog tako i samougrađujućeg betona.

U dvadeset prvom poglavlju, Materijali korišćeni u eksperimentu, navedeni su materijali korišćeni u eksperimentalnom delu rada, pri čemu je svakom od materijala (cement, mleveni krečnjak, elektrofilterski pepeo, silikatna prašina, superplastifikator, prirodni i reciklirani

agregat i voda) posvećeno posebno podpoglavlje. Tabela su navedene hemijske, fizičke i fizičko – mehaničke karakteristike materijala, kao i dijagrami granulometrijskog sastava prirodnog i recikliranog agregata. Za reciklirani agregat su određene zapreminska masa u rastresitom stanju i zapreminska masa bez šupljina i pora.

Dvadeset drugo poglavlje, Projektovanje i ispitivanje betonskih mešavina, sadrži opis eksperimentalnog dela rada. Za potrebe eksperimenta je napravljeno devet različitih trofrakcijskih betonskih mešavina, pri čemu su kao mineralni dodaci korišćeni mleveni krečnjak, leteći pepeo i silikatna prašina; etaloni su spravljani sa svakim od dodataka i rečnim agregatom; kod mešavina K50, P50 i S50 je frakcija 8/16 mm zamenjena recikliranim agregatom, a kod mešavina K100, P100 i S100 su obe krupne frakcije (4/8 i 8/16 mm) zamenjene recikliranim. U svim mešavinama je korišćen superplastifikator ViscoCrete 5380 čije je doziranje izvršeno prema preporuci proizvođača. Kriterijum pri projektovanju mešavina je bio postizanje iste konzistencije betona, tj. slump – flow klase SF2 koja obuhvata uobičajenu primenu betona i podrazumeva rasprostiranje od 66 do 75 cm. Prilikom spravljanja betonskih mešavina je najpre agregat mešan sa polovinom potrebne vode u trajanju od oko 30 sekundi, a zatim su dodavane ostale komponente. Kada je korišćen reciklirani agregat, dodata je količina vode koju agregat upije za 30 minuta (II frakcija 2.22%, III frakcija 1.5%), mada ovaj princip nije mogao dosledno da se primeni. Sastavi betonskih mešavina su prikazani u tabelama 39 – 47.

Dvadeset treće poglavlje, Rezultati ispitivanja, sadrži rezultate eksperimentalnog dela rada kroz dva podpoglavlja. U prvom podpoglavlju su prikazani rezultati ispitivanja svežeg betona koji obuhvataju sračunavanje zapreminske mase i testove Slump – flow, T_{500} , L – box i Sieve segregation, koji su karakteristični za samougrađujući beton.

U drugom podpoglavlju su prikazani rezultati ispitivanja očvrslog betona: zapreminske mase nakon 2, 7 i 28 dana, čvrstoće pri pritisku nakon 2, 7 i 28 dana, čvrstoće pri zatezanju savijanjem nakon 28 dana, skupljanje betona nakon 4, 7, 14, 21, 28 i 35 dana, upijanje vode nakon 28 dana, vodonepropustljivost nakon 28 dana. Sva ispitivanja su urađena prema važećim standardima a rezultati su prikazani tabelarno i na graficima. Promena čvrstoće pri pritisku u funkciji vremena je određena i logaritamskom funkcijom.

Poseban doprinos radu je dala SEM (skenirajuća elektronska mikroskopija) analiza očvrslih betona kojom je omogućen uvid u strukturu betona i pomognuta analiza rezultata.

Dvadeset četvrto poglavlje, Analiza rezultata i diskusija, sadrži detaljan prikaz merenih i dobijenih rezultata kako na svežem tako i na očvrslog betonu. Analiziran je uticaj mineralnih dodataka: mlevenog krečnjaka, letećeg pepela i silikatne prašine na svojstva svežeg i očvrslog betona, što je i bio cilj disertacije, kao i uticaj recikliranog agregata.

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja betona u svežem stanju, autor ocenjuje uticaj svakog od korišćenih dodataka na svojstva samougradljivosti betona i daje značajne smernice za projektovanje samougradljivih betonskih mešavina.

Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku su detaljno analizirani, kroz razmatranja brzine priraštaja čvrstoće i dostignutih vrednosti za određene vremenske periode. Objasnjen je uticaj mlevenog krečnjaka, letećeg pepela i silikatne prašine na čvrstoću betona, kroz hemijske reakcije koje su se odigrale, kao i njihov uticaj na strukturu betona što predstavlja poseban autorov doprinos.

Tumačenju rezultata i diskusiji su znatno doprinele SEM analize, omogućujući uvid u strukturu betona, na osnovu kojih je izvršena analiza rezultata upijanja vode i vodonepropustljivosti.

Analizirajući rezultate ispitivanja skupljanja betona autor ističe da se ne može utvrditi zakonitost skupljanja niti izvesti neki uopšten zaključak, već se skupljanje kod svakog od ovih betona mora posebno i pažljivo pratiti.

Istaknuta je i neophodnost primene recikliranog agregata obzirom na iscrpljenost nalazišta prirodnog agregata i problem deponija građevinskog otpada uz analizu specifičnosti njegove upotrebe u betonu, kao doprinos održivom graditeljstvu.

3. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija mr Ive Despotović pod naslovom: "UTICAJ RAZLIČITIH MINERALNIH DODATAKA NA OSOBINE SAMOUGRAĐUJUĆEG BETONA" tretira značajan problem uticaja mlevenog krečnjaka, letećeg pepela i silikatne prašine na svojstva samougrađujućeg betona.

Doktorant je svojim radom dao značajan i originalni naučni doprinos u oblasti samougrađujućih betona. Utvrđen je uticaj mlevenog krečnjaka, letećeg pepela i silikatne prašine na svojstva svežeg i očvrstlog samougrađujućeg betona, sa posebnim osvrtom na uticaj recikliranog agregata. Ovom disertacijom je nastavljeno istraživanje na polju ekoloških materijala, dokazujući da se industrijski nus – proizvodi, poput letećeg pepela i silikatne prašine, kao i agregat dobijen od otpadnog betona, mogu veoma uspešno primeniti za spravljanje samougrađujućeg betona. Doktorant je svojim istraživanjem otvorio neka nova pitanja koja podstiču na dalje istraživanja u ovoj oblasti nauke kao što su: kombinovanje različitih mineralnih dodataka za spravljanje samougrađujućih betona, zamena dela cementa mineralnim dodatkom.

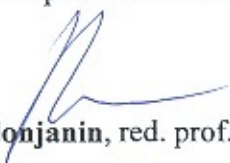
Komisija zaključuje da doktorka disertacija pod naslovom: "UTICAJ RAZLIČITIH MINERALNIH DODATAKA NA OSOBINE SAMOUGRAĐUJUĆEG BETONA" sadrži originalan naučni doprinos, pa sa zadovoljstvom predlaže Nastavno – naučnom veću Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, da se disertacija prihvati i odobri njena javna odbrana.

U Nišu i Novom Sadu,

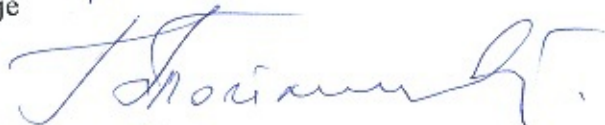
Članovi komisije:



Dr Zoran Grdić, red.prof. Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, mentor



Dr Vlastimir Radonjanin, red. prof. Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, član komisije



Dr Gordana Topličić Čurčić, van.prof. Građevinsko - arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, član komisije