

GRAĐEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET
UNIVERZITETA U NIŠU

Datum: 03.04.2015			
Opis:	Stranica:	Broj:	Prejeto:
01	4/07	—	—

**NASTAVNO – NAUČNOM VEĆU
GRAĐEVINSKO – ARHITEKTONSKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U NIŠU**

Odlukom Nastavno – naučnog veća Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, br. 8/289 od 25.03.2015. godine imenovani smo za članove komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije pod naslovom: „**HIDRO-ABRAZIVNA OTPORNOST BETONA SPRAVLJENOG SA RECIKLIRANIM MATERIJALIMA I OJAČANOG MIKROVLAKNIMA**“, koju je izradio Nenad Ristić, dipl. inž. građ., 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
Nenada Ristića, dipl. inž. građ.

1. OPŠTE

Na osnovu odluke Nastavno – naučnog veća Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, br. 8/289 od 25.03.2015. godine, imenovana je Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije Nenada Ristića, dipl. inž. građ., u sastavu:

- **Dr Zoran Grdić**, redovni profesor Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, mentor,
uža naučna oblast: Građevinski materijali
- **Dr Vlastimir Radonjanin**, redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, član komisije,
uža naučna oblast: Građevinski materijali, procena stanja i sanacija konstrukcija;
- **Dr Mirjana Malešev**, redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, član komisije,
uža naučna oblast: Građevinski materijali, procena stanja i sanacija konstrukcija;
- **Dr Gordana Topličić-Čurčić**, vanredni profesor Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, član komisije,
uža naučna oblast: Građevinski materijali;
- **Dr Jelena Marković-Branković**, docent Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, član komisije
uža naučna oblast: Konstrukcije i konstruktivni sistemi hidrotehničkih objekata.

Kandidat Nenad Ristić je predao Građevinsko – arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu doktorsku disertaciju pod naslovom: „**HIDRO-ABRAZIVNA OTPORNOST BETONA SPRAVLJENOG SA RECIKLIRANIM MATERIJALIMA I OJAČANOG MIKROVLAKNIMA**“.

2. PRIKAZ DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorska disertacija sadrži 230 strana, 133 slika, 68 tabela i 253 navoda literature. Sastoji se iz teorijskog dela, eksperimentalnog dela i priloga. Teorijski deo sadrži 12 poglavlja koja su organizovana u četiri celine: Uvod (poglavljia: Osnove problema, Ciljevi i pristup, Stuktura disertacije), Habanje betona (poglavljia: Faktori koji utiču na otpornost betona prema habanju, Habanje betona kod hidrotehničkih konstrukcija, Kavitaciona erozija, Hidro-abrazivna erozija), Uticaj dodataka betonu na njegove performanse u svežem i očvrslom stanju (poglavljia: Elektrofilterski pepeo, Silikatna prašina, Reciklirana granulirana zguza, Polipropilenska i čelična vlakna) i Stanje stvari u oblasti ispitivanja hidro-abrazivne otpornosti betona. Eksperimentalni deo se sastoji iz 9 poglavlja koja su organizovana u dve celine: Eksperimentalna istraživanja (poglavljia: Program istraživanja, Svojstva komponentnih materijala, Sastav betonskih mešavina korišćenih u eksperimentu, Ispitivanje svojstava svežeg betona, Ispitivanje svojstava očvrslog betona) i Završna razmatranja i zaključci (poglavljia: Analiza uticaja mehaničkih karakteristika na hidro-abrazivnu otpornost betona, Zaključci u vezi rezultata ispitivanja, Mogućnosti praktične primene, Pravci daljeg istraživanja). Poglavlje Prilozi čine pet delova (Oznake korišćene u disertaciji, Oštećenja hidrotehničkih objekata nastalih usled hidro-abrazivnog dejstva, Foto prikaz betonskih uzoraka nakon ispitivanja udarne otpornosti, Foto prikaz aparature za ispitivanja hidro-abrazivne otpornosti, Foto prikaz betonskih uzoraka nakon ispitivanja hidro-abrazivne otpornosti). Uključujući Literaturu, ukupan broj poglavlja doktorske disertacije je 23.

U prvom poglavlju, Osnove problema, predstavljen je problem hidro-abrazivnog habanja površine betona koji se javlja kod hidrotehničkih objekata usled udara čvrstih čestica nošenih vodom. Opisan je mehanizam nastanka hidro-abrazivnog oštećenja, nabrojani su parametri koji utiču na pojavu deterioracije površine betona i prikazane su mogućnosti smanjenja ili eliminacije ove pojave. Naznačeno je da su u industrijski razvijenim zemljama godišnji troškovi održavanja hidrotehničkih objekata oštećenih hidro-abrazivom jako visoki. Takođe, u Srbiji su evidentirana oštećenja hidrotehničkih konstrukcija različitog stepena koja zahtevaju sanaciju. Nabrojane su standardne i nestandardne metode ispitivanja hidro-abrazivne otpornosti betona koje postoje u svetu i ukazano da u okviru srpske regulative ne postoji standard vezan za ovo ispitivanje, čak ni pozivanje na strani standard. Na kraju, definisan je predmet istraživanja, hidro-abrazija cement betona spravljenog sa recikliranim materijalom (reciklirana guma), delimičnom zamenom cementa elektrofilterskim pepelom ili silikatnom prašinom i ojačanog mikrovlaknima (čeličnim ili polipropilenskim), sa ciljem da se dobije beton otporan na hidro-abrazivno dejstvo, koji se može primeniti za izradu konstruktivnih elemenata izloženih abraziji kod hidrotehničkih konstrukcija.

U drugom poglavlju, Ciljevi i pristup, nabrojane su pretpostavke od kojih se pošlo u okviru predmetnog istraživanja i navedeni osnovni ciljevi naučnog istraživanja. Takođe, ukazano je, da je rad na navedenoj temi realizovan istovremenom primenom teorijskog pristupa oslonjenog na podatke dobijene iz literature i praktičnog pristupa zasnovanog na sopstvenim rezultatima ostvarenim u okviru eksperimentalnih istraživanja.

U trećem poglavlju, Stuktura disertacije, prikazana je struktura doktorske disertacije sa detaljnim opisom pojedinih poglavlja.

U četvrtom poglavlju, Faktori koji utiču na otpornost betona prema habanju, predstavljeni su fizički uzroci deterioracije betona i faktori koji utiču na otpornost betona prema habanju. Ovi faktori su detaljno sistematizovani i precizno opisani, jasno ukazujući na njihov značaj za trajnost betona.

U petom poglavlju, Habanje betona kod hidrotehničkih konstrukcija, detaljno su opisane pojave koje uzrokuju habanja betona kod hidrotehničkih konstrukcija (kavitacija, hidro-abrazija, fluidna erozija, hemijska agresija).

U šestom poglavlju, Kavitaciona erozija, prikazan je mehanizam nastanka kavitacionog oštećenja, kao i mere prevencije za sprečavanje ove deterioracije površine betona.

U sedmom poglavlju, Hidro-abrazivna erozija, prikazano je oštećenje površine betona hidrotehničkih konstrukcija koje se javlja usled hidro-abrazivnog habanja. Opisan je mehanizam nastanka hidro-abrazivnog oštećenja, prikazani su faktori koji utiču na proces hidro-abrazivnog habanja (uticaji od spoljašnjeg opterećenja i uticaji strukture betona) i dat je pregled faktora i ocena uticaja na proces hidro-abrazivnog habanja.

U osmom poglavlju, Elektrofilterski pepeo, navode se hemijske i fizičke osobine elektrofilterskog pepela, kao i uticaj njegovog dodatka na performanse betona u svežem i očvrslom stanju, sa posebnim osvrtom na hidro-abrazivnu otpornost, prema dostupnim podacima iz literature.

U devetom poglavlju, Silikatna prašina, navode se hemijske i fizičke osobine silikatne prašine, kao i uticaj njenog dodatka na performanse betona u svežem i očvrslom stanju, sa posebnim osvrtom na hidro-abrazivnu otpornost, prema dostupnim podacima iz literature.

U desetom poglavlju, Reciklirana granulirana guma, opisan je problem odlaganja otpadnih automobilskih guma i mogućnost njihovog recikliranja i primene kao komponente betona. Takođe, prikazan je uticaj dodatka reciklirane granulirane gume betonu kao delimične zamene agregata na njegove performanse u svežem i očvrslom stanju, sa posebnim osvrtom na hidro-abrazivnu otpornost, prema dostupnim podacima iz literature.

U jedanaestom poglavlju, Polipropilenska i čelična vlakna, prikazane su različite vrste mikrovlakana za armiranje betona (čelična, polipropilenska, mineralna, prirodna). Opisan je uticaj mikroarmiranja betona čeličnim i polipropilenskim vlaknima na njegove performanse u svežem i očvrslom stanju, sa posebnim osvrtom na hidro-abrazivnu otpornost, prema dostupnim podacima iz literature.

U dvanaestom poglavlju, Stanje stvari u oblasti ispitivanja hidro-abrazivne otpornosti betona, navedeni su uslovi koje treba razmotriti prilikom odabira metode ispitivanja habanja koji će simulirati realne uslove, kao i kratak opis nekih metoda ispitivanja, sa kritičkim osvrtom na prednosti i nedostatke uređaja za ispitivanje u pogledu približnosti simuliranja habanja u prirodnim uslovima.

U trinaestom poglavlju, Program istraživanja, je formulisan program eksperimentalnog istraživanja na osnovu analize postojećeg stanja u svetu u oblasti istraživanja hidro-abrazivne otpornosti betona, kao i na osnovu pretpostavki i ciljeva od kojih se pošlo u istraživanju. Za potrebe ispitivanja hidro-abrazivne otpornosti betona napravljeno je ukupno osamnaest vrsta betona. Sve betonske mešavine mogu se razvrstati u tri grupe od po šest mešavina. Prvu grupu čine betonske mešavine kod kojih nije vršena delimična zamena cementa, drugu grupu čine betonske mešavine kod kojih je izvršena zamena cementa elektrofilterskim pepelom u iznosu od 20% u odnosu na masu cementa, dok treću grupu sačinjavaju betonske mešavine kod kojih je izvršena zamena cementa silikatnom prašinom u iznosu od 10% u odnosu na masu cementa. U okviru svake grupe nalazi se jedna mešavina u kojoj je izvršena delimična zamena sitnog rečnog agregata granulisanom recikliranom gumom u iznosu od 10% u odnosu na zapreminu agregata, zatim dve betonske mešavine kojima su dodata polipropilenska vlakna (u jednoj monofilamentna i u drugoj fibrilirana), zatim dve mešavine u kojima su dodata čelična vlakna sa ojačanim

krajevima (u jednoj vlakna dužine 30 mm i u drugoj vlakna dužine 50 mm) i na kraju betonska mešavina bez delimične zamene rečnog sitnog agregata recikliranom gumom i bez dodatka vlakana. Definirano je koja će se svojstva betona ispitivati u svežem i očvrslom stanju.

U četrnaestom poglavlju, Svojstva komponentnih materijala, prikazana su hemijska i fizičko-mehanička svojstva komponentnih materijala korišćenih u eksperimentu (cement, agregat, voda, elektrofilterski pepeo, silikatna prašina, superplastifikator, reciklirana granulirana guma, polipropilenska i čelična vlakna). Većinu ispitivanja je radio sam autor, dok je manji deo preuzeo iz prospekta proizvođača ili Izveštaja o ispitivanju drugih akreditovanih laboratorija.

U petnaestom poglavlju, Sastav betonskih mešavina korišćenih u eksperimentu, prikazan je sastav svih betonskih mešavina korišćenih u istraživanju, kao i granulometrijske krive mešavina osnovnih frakcija rečnog agregata i reciklirane granulirane gume.

U šesnaestom poglavlju, Ispitivanje svojstava svežeg betona, opisan je postupak spravljanja betona i izrade betonskih epruveta za potrebe ispitivanja svojstava očvrsllog betona. Takođe, u ovom poglavlju su prikazani rezultati ispitivanja svojstava betona u svežem stanju (konzistencija svežeg betona, zapreminska masa svežeg zbijenog betona, sadržaj vazduha u svežem betonu) prema važećim standardima. Analiziran je uticaj delimične zamene cementa elektrofilterskim pepelom i silikatnom prašinom, delimične zamene sitnog rečnog agregata recikliranom granulisanom gumom i dodatka čeličnih i polipropilenskih vlakana na karakteristike svežeg betona.

U sedamnaestom poglavlju, Ispitivanje svojstava očvrsllog betona, prikazani su rezultati ispitivanja svojstava betona u očvrslom stanju (zapreminska masa očvrsllog betona u vodozasicećenom stanju, čvrstoća pri pritisku, čvrstoća pri savijanju, čvrstoća pri zatezanju cepanjem, čvrstoća pri zatezanju metodom „Pull-off“, brzina prolaska ultrazvučnog impulsa kroz beton, određivanje odskočnog broja upotrebom sklerometra, statički modul elastičnosti, dinamičko ispitivanje udarne otpornosti metodom udarne mase, otpornost prema habanju brušenjem, hidro-abrazivna otpornost). Dinamičko ispitivanje udarne otpornosti izvršeno je metodom udarne mase prema preporukama profesora Ukrainczyka. Određivanje hidro-abrazivne otpornosti betona izvršeno je ubrzanim ispitivanjem na aparaturi koja omogućava da mlaz mešavine vode i peska velikom brzinom udara o površinu ispitne betonske ploče. Ovo ispitivanje je sprovedeno na originalnoj aparaturi napravljenoj u Laboratoriji za građevinske materijale Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu. Ostala ispitivanja svojstava očvrsllog betona su izvršena prema važećim standardima. Analiziran je uticaj delimične zamene cementa elektrofilterskim pepelom i silikatnom prašinom, delimične zamene sitnog rečnog agregata recikliranom granulisanom gumom i dodatka čeličnih i polipropilenskih vlakana na karakteristike očvrsllog betona, sa posebnim osvrtom na hidro-abrazivnu otpornost.

U osamnaestom poglavlju, Analiza uticaja mehaničkih karakteristika na hidro-abrazivnu otpornost betona, prikazana je zavisnost hidro-abrazivne otpornosti betona od pojedinih mehaničkih karakteristika očvrsllog betona (čvrstoće pri pritisku, čvrstoće pri savijanju, čvrstoće pri zatezanju cepanjem, čvrstoće pri zatezanju metodom „Pull-off“, statičkog modula elastičnosti, otpornosti betona prema habanju brušenjem). Na osnovu vrednosti koeficienta korelacije određena je jačina korelacije između predmetnih parametara i utvrđeno da se na osnovu navedenih svojstava očvrsllog betona može predvideti njegova hidro-abrazivna otpornost. S druge strane, utvrđeno je da se na osnovu ispitivanja udarne otpornosti betona metodom udarne mase ne može u potpunosti predvideti ponašanje betona prilikom izlaganja hidro-abrazivnom dejstvu.

U devetnaestom poglavlju, Zaključci u vezi rezultata ispitivanja, dat je osvrt na postavljene osnovni cilj i ostale ciljeve predmetne disertacije koji su u najvećoj meri i

ostvareni tokom istraživanja. Takođe, prikazani su zaključci formulisani na osnovu obrađenih i sistematizovanih rezultata eksperimentalnih istraživanja i izvršene parametarske analize uticaja pojedinih mehaničkih karakteristika na hidro-abrazivnu otpornost betona.

U dvadesetom poglavlju, Mogućnosti praktične primene, date su preporuke za praktičnu primenu predmetnih betona prilikom projektovanja i izgradnje hidrotehničkih objekata, odnosno njihovih konstruktivnih elemenata izloženih hidro-abrazivnom dejstvu.

U dvadeset prvom poglavlju, Pracvi daljeg istraživanja, date su preporuke za dalja istraživanja na osnovu formulisanih zaključaka predmetnog istraživanja, pri čemu je autor imao u vidu širok spektar kombinacija koje postoje prilikom izbora komponentnih materijala.

U dvadeset drugom poglavlju, Literatura, navedena je citirana literatura u okviru doktorske disertacije.

U dvadeset trećem poglavlju, Prilozi, data su pet priloga i to: Oznake korišćene u disertaciji, Oštećenja hidrotehničkih objekata nastalih usled hidro-abrazivnog dejstva, Foto prikaz betonskih uzoraka nakon ispitivanja udarne otpornosti, Foto prikaz aparature za ispitivanja hidro-abrazivne otpornosti, Foto prikaz betonskih uzoraka nakon ispitivanja hidro-abrazivne otpornosti.

3. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija Nenada Ristića, dipl. inž. građ. pod naslovom: „**HIDRO-ABRAZIVNA OTPORNOST BETONA SPRAVLJENOG SA RECIKLIRANIM MATERIJALIMA I OJAČANOG MIKROVLAKNIMA**“ tretira značajan problem hidro-abrazivne otpornosti cement betona spravljenog sa recikliranim materijalom (recikliranom granulisanom gumom), delimičnom zamenom cementa elektrofilterskim pepelom ili silikatnom prašinom i ojačanog mikrovlaknima (čeličnim ili polipropilenskim).

Doktorant je svojim radom dao značajan i originalni naučni doprinos u oblasti tehnologije betona, pre svega u oblasti trajnosti betonskih konstrukcija izloženih hidro-abrazivnom dejstvu. Istovremenom primenom teorijskog pristupa oslonjenog na podatke dobijene iz literature i praktičnog pristupa zasnovanog na sopstvenim rezultatima ostvarenim u okviru eksperimentalnih istraživanja, došlo se do relevantnih rezultata, na osnovu kojih su izvedeni pouzdani zaključci. Utvrđen je uticaj delimične zamene cementa elektrofilterskim pepelom i silikatnom prašinom, delimične zamene sitnog rečnog agregata recikliranom granulisanom gumom i dodatka čeličnih i polipropilenskih vlakana na karakteristike betona u svežem i očvrslom stanju, sa posebnim osvrtom na hidro-abrazivnu otpornost, kao i zavisnost hidro-abrazivne otpornosti betona od pojedinih mehaničkih karakteristika očvrslog betona. Ovom disertacijom je nastavljeno istraživanje na polju ekoloških materijala, dokazujući da se industrijski nus – proizvodi, poput elektrofilterskog pepela i silikatne prašine, kao i agregat dobijen od otpadnih automobilskih guma, mogu uspešno primeniti za spravljanje hidro-abrazivno otpornih betona. Doktorant je svojim istraživanjem otvorio neka nova pitanja koja podstiču na dalja istraživanja u ovoj oblasti nauke.

Komisija zaključuje da doktorska disertacija pod naslovom: „**HIDRO-ABRAZIVNA OTPORNOST BETONA SPRAVLJENOG SA RECIKLIRANIM MATERIJALIMA I OJAČANOG MIKROVLAKNIMA**“ sadrži originalni naučni doprinos, pa se predlaže Nastavno – naučnom veću Građevinsko – arhitektonskog fakulteta u Nišu, da se disertacija prihvati i objavi njena javna odbrana.

U Nišu i Novom Sadu,

Članovi komisije

1. 

Dr Zoran Grdić, redovni profesor Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, mentor

2. 

Dr Vlastimir Raonjanin, redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, član komisije

3. 

Dr Mirjana Malešev, redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, član komisije

4. 

Dr Gordana Topličić-Čurčić, vanredni profesor Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, član komisije

5. 

Dr Jelena Marković-Branković, docent Građevinsko – arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Nišu, član komisije