



INSTITUT ZA
MATERIJALE I
KONSTRUKCIJE

Telefon (011) 33-70-152
(011) 32-18-505
Telefaks (011) 33-70-253
E pošta: office@imk.grf.bg.ac.rs



UNIVERZITET U BEOGRADU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Bulevar kralja Aleksandra 73
11120 Beograd, Republika Srbija
P. fah 35-42
Telefon: (011) 3218 606, 3370 102
Telefaks: (011) 3370 223
PIB: 100251144, Mat. br. 07006454
Uprava za trezor podračun sopstvenih
prihoda: 840-1437666-41
E pošta: dekanat@grf.bg.ac.rs
www.grf.bg.ac.rs

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
-ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 132408/2-21
26 -10- 2021

20 .год.
Б Е О Г Р А Д
Булевар краља Александра 73

IZVEŠTAJ - br. 402/2021

O ISPITIVANJU FIZIČKO-MEHANIČKIH SVOJSTAVA BETONA VISOKIH PERFORMANSI OJAČANIH ČELIČNIM VLAKNIMA ForteCrete150® (UHPSFRC)

Naručilac ispitivanja/ Investitor	Fortecrete d.o.o. Negotin Miomira Radosavljevića Pikija 20 19300 NEGOTIN
Predmet ispitivanja	Ispitivanje fizičko-mehaničkih svojstava betona visokih performansi ojačanih čeličnim vlaknima, dostavljenog u vidu „premiksa“ pod komercijalnim nazivom ForteCrete150® (UHPSFRC- u prevodu: beton ultra visoke čvrstoće sa dodatkom čeličnih vlakana)
Broj ugovora / ponude	Ugovor br. 132408-21 od 25.10.2021. godine (broj Građevinskog fakulteta u Beogradu)

Izveštaj odobrio

Tehnički rukovodilac Laboratorije:

2. замјенник

V. prof. dr Dimitrije Žakić, dipl.građ.inž.

UPRAVNIK INSTITUTA

Branko Milosavljević
V. prof. dr Branko Milosavljević, dipl.građ.inž.

DEKAN GRAĐEVINSKOG FAKULTETA



Vladan Kuzmanović
Prof. dr Vladan Kuzmanović, dipl.građ.inž.



S A D R Ž A J

NASLOVNA STRANA	1
SADRŽAJ.....	2
POTVRDA	3
IZVEŠTAJ	4
1. Uvod	4
2. Osnovne fizičko-mehaničke karakteristike	4
3. Zaključak.....	6

SPISAK PRILOGA

<i>Prilog 1:</i> Izrada i nega uzoraka	7
<i>Prilog 2:</i> Ispitivanje konzinstencije.....	8
<i>Prilog 3:</i> Ispitivanje osnovnih fizičko-mehaničkih karakteristika	9



Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
Institut za materijale i konstrukcije – Laboratorija za materijale

Na osnovu Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik Republike Srbije", br. 72/09, 81/09, 64/10 US, 24/11, 121/12, 42/13 US, 50/13 US, 54/13, 98/13 US, 132/14, 145/14 i 83/18) izdaje se

P O T V R D A

Da su saradnici Instituta za materijale i konstrukcije, zaposleni na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu

Odgovorni nosilac

zadatka: V. prof. dr Dimitrije Zakić, dipl.građ.inž.

Izvršioci

ispitivanja: Savo Stavnjak, laborant

Analiza i

zaključak: V. prof. dr Dimitrije Zakić, dipl.građ.inž.

Asistent Stefan Ž.Mitrović, mast.inž.grad.

L.Zakić
S.Stavnjak
D.Zakić
S.Mitrović

izradili TEHNIČKU DOKUMENTACIJU pod nazivom:

IZVEŠTAJ - br. 402/2021

O ISPITIVANJU FIZIČKO-MEHANIČKIH SVOJSTAVA I PARAMETARA TRAJNOSTI BETONA VISOKIH PERFORMANSI OJAČANIH ČELIČnim VLAGNIMA ForteCrete150® (UHPSFRC)

Navedena dokumentacija je izrađena u skladu sa zahtevom Naručioca i odredbama pomenutog Zakona.

UPRAVNIK INSTITUTA
Branko Milosavljević
V.prof. dr Branko Milosavljević, dipl.građ.inž.,

Beograd, oktobar 2021.



DEKAN GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

V.Kuzmanović
Prof. dr Vlada Kuzmanović, dipl.građ.inž.



I Z V E Š T A J

1. UVOD

Institut za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu je u skladu sa Ugovorom br. 132408-21 od 25.10.2021. godine poslatoj firmi Forteconcrete d.o.o. Negotin (u nastavku: Naručilac ispitivanja), sproveo ispitivanje fizičko-mehaničkih karakteristika na uzorcima betona visokih performansi izrađenim po recepturi Naručioca ispitivanja i izradio odgovarajući izveštaj na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja.

Naručilac ispitivanja je dostavio materijal i recepturu za izradu uzorka. Dostavljen je prethodno pripremljena suva mešavina - "premix" pod komercijalnim nazivom ForteCrete150® u kome su u suvom stanju pomešani cement Lukavac CEM I 52.5N, silikatna prašina i kvarcni pesak (slika 1.1 Prilog 1). Po recepturi, premix je pomešan sa vodom i aditivom i mešan u određenom vremenskom trajanju, prema uputstvima Naručioca. Za potrebe izrade uzorka, spravljene su mešavine sa dodatkom čeličnih vlakana (slika 1.2 Prilog 1), tj. sa određenim zapreminskim procentom učešća mikroarmature od 2%.

Izrađeni su uzorci oblika kocki i prizmi za različite vrste ispitivanja koja su sprovedena. Ispitivanja su vršena pri različitim starostima (1, 3 i 28 dana), a prema standardima koji su navedeni u daljem tekstu. Ispitivanjima su obuhvaćeni sledeći parametri: konzistencija mešavine, zapreminska masa, čvrstoća pri pritisku i čvrstoća pri savijanju. Na osnovu rezultata ovih ispitivanja, izrađen je izveštaj u kome su prikazani ovi rezultati, kao i fotografije uzorka i opreme za ispitivanje - u okviru priloga na kraju izveštaja.

2. OSNOVNE FIZIČKO-MEHANIČKE KARAKTERISTIKE

Osnovne fizičko-mehaničke karakteristike ispitanoj materijala (zapreminska masa, čvrstoća pri pritisku i čvrstoća pri savijanju) dobijene su na standardan način - ispitivanjem propisanih uzorka oblika kocki dimenzija 10x10x10 cm i prizmi dimenzija 4x4x16 cm. Broj uzorka za predmetna ispitivanja bio je po 3 komada, pri čemu su oni u vreme ispitivanja imali starosti od 24 časa, 3 dana i 28 dana. Konzinstencija sveže betonske mešavine je ispitivana po metodi sleganja. Rezultati ispitivanja o kojima je reč prikazani su u tabelama 1, 2 i 3.

Određivanje konzinstencije sveže betonske mešavine sprovedeno je prema standardu SRPS EN 12350-2:2010 (*Ispitivanje svežeg betona - Deo 2: Ispitivanje sleganja*) uz upotrebu Abramsovog konusa, standardne aparature kada je reč o metodi sleganja. Kao mera konzinstencije koristi se izmerena vrednost sleganja mešavine nakon uklanjanja konusa.

Postupak određivanja zapreminske mase podrazumeva je određivanje zapremine uzorka, mase kalupa, mase kalupa i izlivene sveže betonske mešavine zajedno, na osnovu čega se dobijala masa svežeg betona, koja deljenjem sa zapreminom daje zapreminsku masu u svežem stanju. Isti postupak je ponovljen i za očvrslo stanje, nakon provedenih 24 sata u vlažnom prostoru. U tabeli 2. date su prosečne vrednosti zapreminske mase, sračunate na bazi 3 merenja.



Čvrstoća pri pritisku ispitana je prema standardu SRPS EN 12390-3:2014 (*Ispitivanje očvrslog betona - Deo 3: Čvrstoća pri pritisku uzorka za ispitivanje*). Sprovedeno je ispitivanje na uzorcima sa dodatkom čeličnih vlakana (2%) pri različitim starostima od 1, 3 i 28 dana. Ispitivanje je izvršeno na presi proizvođača *Matest* (kapaciteta 2000 kN), gde je kontrolisano nanošena sila pritiska sve do otkaza uzorka (slika 3.1 i 3.3 Prilog 3).

Čvrstoća pri savijanju je ispitana prema standardu SRPS EN 1015-11:2008 (*Metode ispitivanja maltera za zidanje - Deo 11: Određivanje čvrstoće pri savijanju i čvrstoće pri pritisku očvrslog maltera*). Sprovedeno je ispitivanje na uzorcima sa dodatkom mikroarmature (2%), na prizmama dimenzija 4x4x16 cm. Ispitivanja su vršena na presi proizvođača *Amsler* (slika 3.2 Prilog 3), gde je kontrolisano nanošena sila sve do otkaza uzorka (slika 3.2 i 3.4 Prilog 3).

Tabela 1. Konzinstencija sveže betonske mešavine

Testovi	Vrednosti merenja (cm)
Prečnik kolačića	31.5
Sleganje mešavine	24.8

Tabela 2. Zapreminska masa betona u svežem i očvrsлом stanju

Stanje	Zapreminska masa (kg/m ³)
Sveže	2500
Očvrslo (nakon 24h)	2480

Tabela 3. Vrednosti čvrstoće pri pritisku i čvrstoće pri savijanju

Broj uzorka	Čvrstoća pri savijanju (MPa)	Čvrstoća pri pritisku (MPa)
	f _{zs}	f _p
Starost uzorka 24 časa		
1	14.8	96.2
2	13.0	94.4
3	11.0	94.9
Srednje vrednosti	12.9	95.2
Starost uzorka 3 dana		
1	15.1	116.7
2	12.2	119.7
3	14.6	123.2
Srednje vrednosti	14.0	119.8
Starost uzorka 28 dana		
1	18.0	171.4
2	17.5	165.7
3	17.5	149.5
Srednje vrednosti	17.7	162.2



Vrednosti sleganja mešavine, kao i prečnik kolačića nastalog izlivanjem pri ispitivanju konzinstancije mogu se videti u tabeli 1. Postupak ispitivanja se detaljno može videti na slikama u prilogu 2. Srednje vrednosti zapreminske mase u svežem i u suvom stanju se mogu videti u tabeli 2. Takođe, može se videti da čvrstoće prikazane u tabeli 3 rastu tokom vremena. Na osnovu rezultata iz tabele 3, može se videti da je srednja vrednost čvrstoće pri pritisku na 28 dana iznosi 162.2 MPa, a maksimalna vrednost iznosi 171.4 MPa. Maksimalna vrednost čvrstoće pri savijanju koja je dobijena iznosi 18.0 MPa, a srednja vrednost 17.7 MPa, pri starosti od 28 dana. U prilogu 3 mogu se videti fotografije opreme korišćene za ispitivanje čvrstoća i uzorka nakon ispitivanja.

3. ZAKLJUČAK

Kao što se na osnovu rezultata sprovedenih ispitivanja može zaključiti, ispitani kompozit ForteCrete150® (dostavljen u vidu "premiksa") se može svrstati u betone ultra visokih čvrstoća (UHPC), koji su pri tome ojačani čeličnim vlaknima (mikroarmirani beton - FRC). Pri ugradnji, registrovana je tekuća konzistencija svežeg betona, koja omogućuje ugradnju bez vibriranja ili uz kratkotrajno kompaktiranje mešavine, što ovaj beton uslovno svrstava u grupu samougrađujućih (SCC) betona.

Pokazalo se da se srednja vrednost čvrstoće pri pritisku na 28 dana iznosi **162.2 MPa**, a maksimalna **171.4 MPa**, što odgovara betonu ultra visoke čvrstoće. Takođe, čvrstoća pri savijanju je znatno veća (**4-6 puta**) nego kod običnih betona i iznosi u proseku **17.7 MPa**. Rezultati ispitivanja konzinstencije su pokazali da ispitani beton pripada klasi **S5**, što odgovara **tekućoj konzinstenciji**.

S A S T A V I L I:

V. prof. dr Dimitrije Zakić, dipl.građ.inž.

Asistent Stefan Ž. Mitrović, mast.inž.građ.

- KRAJ IZVEŠTAJA -

IZVEŠTAJ sadrži 3 priloga

Izveštaj se može umnožavati samo u celosti, a pojedini delovi samo uz odobrenje Laboratorije za materijale Institut za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta



PRILOG 1

Izrada i nega uzorka



Slika 1.1. Priprema komponenti za izradu mešavine i precizno odmeravanje mase



Slika 1.2. Mešavina sa sadržajem vlakana u toku rada mešalice i izliveni uzorci

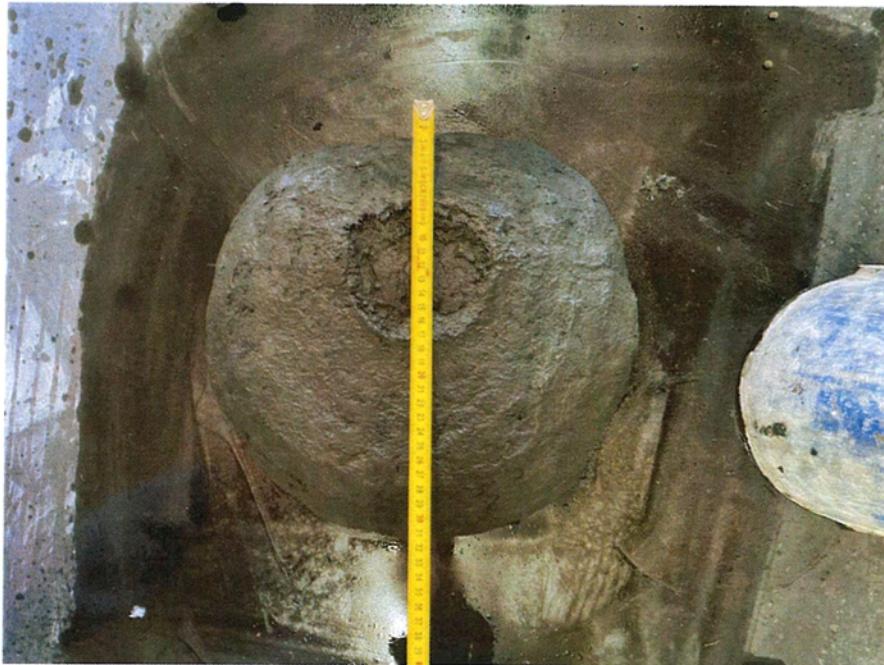


PRILOG 2

Ispitivanje konzinstencije



Slika 2.1. Oprema za ispitivanje konzinstencije betona metodom sleganja



Slika 2.2. Merenje prečnika kolačića nakon izlivanja mešavine iz Abramsovog konusa

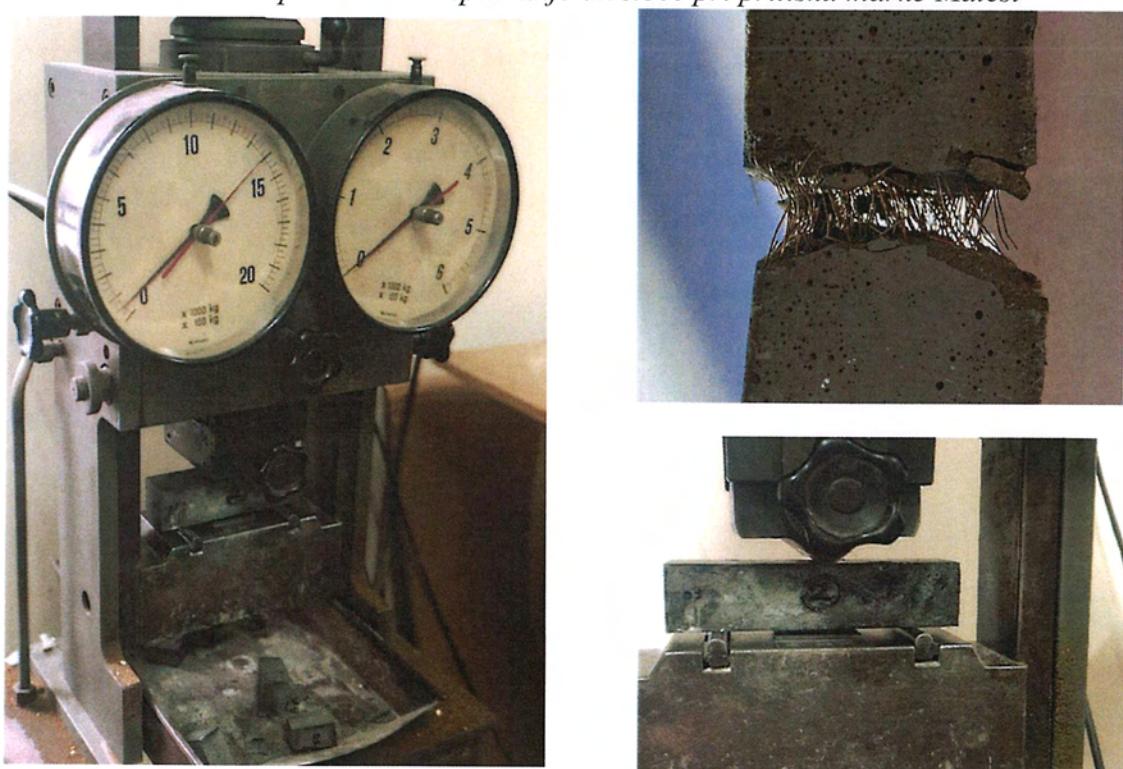


PRILOG 3

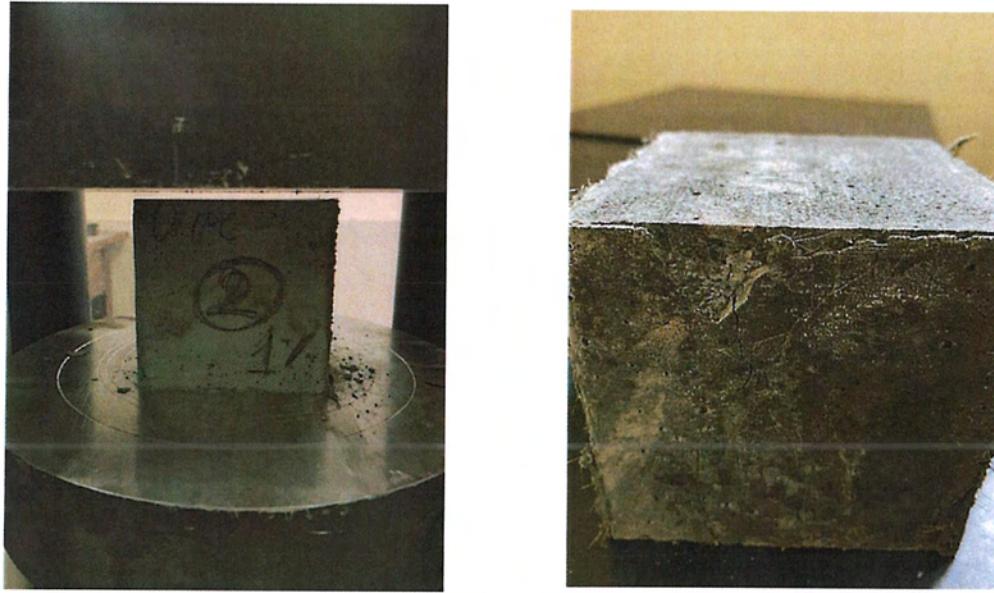
Ispitivanje osnovnih fizičko-mehaničkih karakteristika



Slika 3.1. Aparatura za ispitivanje čvrstoće pri pritisku marke Matest



Slika 3.2. Aparatura za ispitivanje čvrstoće pri savijanju betona i polomljeni uzorci sa dodatkom čeličnih vlakana (2%) nakon ispitivanja



Slika 3.3. Postavljanje uzorka u aparaturu za ispitivanje čvrstoće pri pritisku i lom uzorka pri ispitivanju



Slika 3.4. Izgled uzorka sa dodatkom čeličnih vlakana nakon ispitivanja čvrstoće pri savijanju