

Primljen / Received: 15.3.2012.

Ispravljen / Corrected: 16.7.2012.

Prihvaćen / Accepted: 23.7.2012.

Dostupno online / Available online: 30.7.2012.

# Utjecaj tehnologije izvođenja na prionljivost sanacijskih betona

## Autori:



mr.sc. **Krunoslav Mavar**, dipl.ing.gra .  
Institut IGH d.d. Zagreb  
[krunoslav.mavar@igh.hr](mailto:krunoslav.mavar@igh.hr)



Prof.dr.sc. **Marijan Skazlić** dipl.ing.gra .  
Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet  
[skazle@grad.hr](mailto:skazle@grad.hr)

Izvorni znanstveni rad

**Krunoslav Mavar, Marijan Skazlić**

## Utjecaj tehnologije izvođenja na prionljivost sanacijskih betona

Radi utvrđivanja utjecaja pojedinih parametara na kvalitetu sanacije, proveden je eksperimentalni rad u kojem je varirana kvaliteta oštećenog betona, tehnologija pripreme podloge za sanaciju i vrsta sanacijskog betona. Dobiveni rezultati su analizirani s obzirom na novouvedeni kriterij prionljivosti reprofilijskih sanacijskih materijala. Utvrđena je prednost postupka hidrodemoliranja i pjeskarenja betona podloge, zatim primjene sanacijskih betona s dodatkom lateksa i veznim slojem te betona sa silicijskom prašinom bez veznog sloja.

### Ključne riječi:

hidrodemoliranje, pjeskarenje, pneumatska obrada, priprema betona podloge, reprofilijska, sanacijski betoni/mortovi

Original scientific paper

**Krunoslav Mavar, Marijan Skazlić**

## Influence of construction technology on the adhesion of remedial concrete

An experimental study aimed at determining influence of individual parameters on the quality of remedial work is undertaken by varying the following factors: quality of damaged concrete, technology for preparing surface for remedial work, and types of remedial concrete. The results obtained are analyzed using the newly introduced criterion for the adhesion of concrete re-profiling materials. Advantages gained by the use of the concrete surface hydro-demolition and sanding procedure, latex-modified remedial concrete with bonding layer, and siliceous concrete without the bonding layer, are presented.

### Key words:

hydro-demolition, sanding, pneumatic treatment, concrete surface preparation, remedial concretes/mortars

Wissenschaftlicher Originalbeitrag

**Krunoslav Mavar, Marijan Skazlić**

## Einfluss der Ausführungstechnologie auf die Adhäsion von Reparaturbeton

Zur Feststellung des Einflusses einzelner Parameter auf die Qualität der Reparatur wurde eine experimentelle Forschung durchgeführt, in welchem die Qualität des beschädigten Betons, die Technologie der Vorbereitung des Sanierungsuntergrundes sowie die Art des Reparaturbetons variiert wurden. Die erhaltenen Resultate wurden hinsichtlich des neu eingeführten Kriteriums der Adhäsion der Sanierungsmaterialien für die Reprofilierung analysiert. Es wurde der Vorteil des Verfahrens der Hydrodemolierung und der Sandstrahlung des Untergrundbetons, die Anwendung von Reparaturbeton mit einem Zusatz von Latex und einer Bindschicht sowie von Beton mit einem Siliziumpulver ohne Bindschicht festgestellt.

### Schlüsselwörter:

Hydrodemolierung, Sandstrahlung, pneumatische Bearbeitung, Vorbereitung des Untergrundbetons, Reparaturbeton / Reparaturmörtel

## 1. Uvod

Među najveće probleme betonskih konstrukcija u današnje vrijeme može se svrstati trajnost u uvjetima agresivne okoline. U tim uvjetima betonske konstrukcije ubrzano propadaju zbog loših projektnih zahtjeva, pogrešaka u izvođenju i nedostatka održavanja konstrukcija. Zbog toga je nužan i neizbježan postupak sanacije da bi se sačuvala nosivost i uporabljivost betonske konstrukcije.

Jedan od najčešćih oblika popravka betonske konstrukcije odnosi se na postupak uklanjanja oštećenog ili zagađenog betona te na njegovu reprofilaciju sanacijskim mortovima ili betonima. Postupak provođenja reprofilacije obično se odvija u zoni zaštitnog sloja armature, a sastoji se od nekoliko faza:

- priprema podloge (poznatim tehnologijama uklanjanja sloja betona i pripreme za nanošenje novih slojeva)
- izvođenje veznog sloja
- nanošenje sanacijskog materijala prema uvjetima izvođenja novog reprofilacijskog sloja korištenjem sanacijskih mortova i betona.

Postupak reprofilacije se često koristi kod zamjene horizontalnih slojeva pri sanaciji kolničkih ploča mostova ili parkirališta, te betonskih kolnika (poboljšanje odvodnje, voznosti površine, povećanje nosivosti itd., slika 1.). Materijali koji se upotrebljavaju za zamjenu horizontalnih slojeva su portlandski cementni beton s niskim  $v/c$  omjerom, polimerom modificirani (superplastificirani) betoni s dodatkom lateksa ili silicijske prašine. U ovakvim slučajevima često nije niti potrebna dodatna armatura. Posebnu pažnju potrebno je obratiti na probleme koji uključuju plastično skupljanje, lošu zbijenost, segregaciju ili loše povezivanje s postojećim betonom [1-11].



Slika 1. Zamjena horizontalnih slojeva za popravak kolničke ploče mostova

Osnovna tehnička i zakonska regulativa koja se odnosi na postupak provođenja aktivnosti vezanih za popravak i zaštitu armiranobetonskih konstrukcija postupkom reprofilacija definirana je serijom normi HRN EN 1504 i Prilogom H, Tehničkog propisa za betonske konstrukcije.

Te norme i propisi definiraju stroži kriterij prionljivosti ( $2,0 \text{ N/mm}^2$ ) betona podloge i sanacijskog betona ili morta u odnosu na do sada zahtijevani prema pravilima struke ( $1,5 \text{ N/mm}^2$ ). Prionljivost sanacijskog materijala na podlogu se smatra najznačajnijim parametrom kvalitete provedene sanacije.

Iz tog razloga provedeno je istraživanje kako bi se utvrdilo koja tehnologija pripreme podloge oštećenog betona i vrsta sanacijskog betona zadovoljava novim kriterijima prionljivosti.

## 2. Projektiranje eksperimentalnog rada

### 2.1. Cilj i program istraživanja

Cilj istraživanja je utvrditi optimalnu tehnologiju pripreme betonske podloge i vrstu sanacijskog betona koji zadovoljavaju novi kriterij prionljivosti ( $f_a \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$ ) umjesto dosadašnjeg kriterija za vlačnu čvrstoću prionljivosti ( $f_a \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ ).

Program istraživanja je sastavljen tako da se modelskim eksperimentalnim radom reprezentira izvođenje sanacije na horizontalnim površinama kao što su primjerice betonske ploče mostova koje su površinski oštećene pa treba ukloniti zagađeni površinski sloj te izvršiti reprofilaciju kolničke ploče sanacijskim sustavom.

U istraživačkom eksperimentalnom radu varirani su sljedeći parametri:

- kvaliteta betona podloge (betoni razreda tlačne čvrstoće C35/45 i C25/30)
- tehnologija obrade betona podloge (hidrodemoliranje, pjeskarenje, ručno pneumatsko uklanjanje betona)
- vrsta materijala za sanaciju (beton bez dodataka i veznog sloja, beton sa silicijskom prašinom bez veznog sloja, beton s lateksom bez veznog sloja, beton s lateksom i veznim slojem).

Program istraživanja sadržava sljedeće vrste ispitivanja:

- ispitivanje sastavnih komponenti sanacijskih betona
- ispitivanje svojstava sanacijskih betona u svježem i očvrslom stanju
- ispitivanje betona podloge u očvrslom stanju
- ispitivanje betona podloge nakon pripreme podloge
- ispitivanje kvalitete provedene sanacije nanošenjem sanacijskih betona na pripremljeni beton podloge.

### 2.2. Metode istraživanja

U radu su primijenjene sljedeće metode istraživanja sanacijskih betona i betona podloge u svježem i očvrslom stanju:

- konzistencija slijeganjem prema HRN EN 12350-2
- gustoća svježeg betona prema HRN EN 12350-6
- količina pora u svježem betonu prema HRN EN 12350-7
- temperatura svježeg betona prema HRN U.M1.032
- tlačna čvrstoća betona prema HRN EN 12390-3
- gustoća očvrsllog betona prema HRN EN 12390-7
- statički modul elastičnosti prema HRN U.M1.025
- skupljanje prema HRN EN 12617-4
- vlačna čvrstoća prema HRN EN 1542.

Metode istraživanja koje su primijenjene za ocjenu kvalitete pripreme betona podloge i kvalitete provedene sanacije reprofilacijom sanacijskim betonima su:

- ispitivanje prionljivosti prema HRN EN 1542 pri starosti od 7, 28 i 90 dana
- određivanje hrapavosti mjerenjem pomičnim mjerilom.

### 2.3. Tehnologija provedbe eksperimenta

Eksperimentalni rad proveden je na ukupno 6 blokova betona u obliku ploča dimenzija 120x80x15 cm. Pri tome je varirana kvaliteta betona ploča (2 vrste betona), zatim 3 vrste površinske obrade betona ploča, te su na svaki blok nanese 4 vrste reprofilijskih sustava. Svaki je sustav ispitan za tri referentne starosti od dana ugradnje.

Blokovi podložnog betona su izrađeni na betonari, s različitim ciljanom kvalitetom betona: 3 betonske ploče su napravljene od betona C35/45 (oznaka A) i 3 betonske ploče su napravljene od betona C25/30 (oznaka B).

Korištena su dva betona podloge s različitim razredima tlačne čvrstoće jer je dosadašnjim eksperimentalnim istraživanjima na postojećim objektima hrvatske cestovne infrastrukture utvrđeno da su to najčešće kvalitete betona podloge [10].

Osnovni podaci o betonima podloge: količina cementa: 420 kg/m<sup>3</sup> i 250 kg/m<sup>3</sup>, CEM II/B-M(S-V)42,5N, agregat prirodni i drobljeni  $D_{max} = 16$  mm; s time da je beton A superplastificiran i aeriran; čvrstoće: beton A ( $f_{cm}^{28} = 67,3$  MPa); beton B ( $f_{cm}^{28} = 37,9$  MPa).

Pri starosti od 28 dana na modelima betonskih ploča uklonjen je površinski sloj. Za uklanjanje betona tj. pripremu betona podloge, primijenjene su tri različite tehnologije:

- obrada betona podloge vodom pod visokim tlakom hidrodemoliranjem (oznaka HD), prikazano na slici 2.
- obrada betona podloge pneumatsko uklanjanjem betona pikhamiranjem (oznaka PH), prikazano na slici 3.
- obrada betona podloge mokrim pjeskarenjem (oznaka PJ), prikazano na slici 4.



Slika 2. Obrada vodom pod visokim tlakom (hidrodemoliranje) gornje površine betona blokova A i B



Slika 3. Pneumatska obrada (pikhamiranje) gornje površine betona blokova A i B



Slika 4. Obrada mlazom vode s pijeskom (pjeskarenje) gornje površine betona blokova A i B

Takvim postupkom pripreme podloge dobiveno je da je za svaki beton podloge (A i B) primijenjena različita tehnologija uklanjanja betona i priprema podloge (HD, PH, PJ) što rezultira postojanjem ukupno šest različitih sustava sljedećih oznaka: AHD, BHD, APH, BPH, APJ, BPJ.

Na pripremljenim betonskim podlogama izvršeno je ispitivanje prionljivosti i hrapavosti. Nakon toga su na pripremljenu podlogu nanijeta četiri različita sanacijska betona te je pri određenoj starosti izvršeno ispitivanje prionljivosti sanacijskih betona na beton podloge. Sanacijski betoni su nanese na sve modele uzoraka oblika betonske ploče.

Za reprofiliranje površine betona kolnika korišteni su sanacijski sustavi koji su uobičajeni za reprofilaciju betonskih površina (vidi tablicu 1.):

- beton bez dodataka i bez veznog sloja (oznaka OC)
- beton sa silikatnom prašinom bez veznog sloja (oznaka SFC)
- beton s dodatkom lateksa bez veznog sloja (oznaka LMC)
- beton s dodatkom lateksa sa veznim slojem (oznaka LMC+).

Za izradu sanacijskih betona korišten je cement CEM I 42,5R, frakcije riječnog agregata 0-4 mm i 4-8 mm, superplastifikator na bazi polikarboksilatnog etera, polimerni dodatak betonu od lateksa, silikatna prašina i voda.

Vežni sloj kod mješavine oznake LMC+ spravljan je od mješavine lateks/voda/cement/pijesak u masenom omjeru 1:2:2:2.

Tablica 1. Sastavi sanacijskih betona (za 1 m<sup>3</sup>) korištenih pri reprofilaciji

Sastav betona \ Sanacijski sustav	Sanacijski sustav		
	OC	SFC	LMC
Cement	400	370	400
Voda	160	148	160
Superplastifikator	4	3,7	-
Silikatna prašina	-	30	-
Lateks	-	-	80
Agregat	1822,3	1851,2	1658,2
Vodocementni omjer	0,40	0,40	0,40

Izrada betona za nadsloj je provedena miješanjem betona u laboratoriju, te ugradnjom na prethodno pripremljeni beton podloge. Ugrađena su po 4 polja na svakom bloku (na po 1/4 površine). Svi sanacijski betoni nanášeni su na prethodno navlaženu površinu betona (vlaženjem vodenom maglicom, bez lokvica vode). Na slikama 5., 6. i 7. prikazan je postupak ugradnje sanacijskih betona na podlogama od obrađenih betonskih blokova.

Njegovanje sanacijskih betona oznake OC i SFC provedeno je vlaženjem tijekom 7 dana. Njegovanje sanacijskih betona oznake LMC i LMC+ provedeno je vlaženjem samo tijekom prva 2 dana. Ova razlika u njegovanju je posljedica dodavanja polimernog dodatka lateksa.



Slika 5. Ugradnja sanacijskog betona: vibriranje pervibratorom te zaglađivanje rukom



Slika 6. Priprema veznog sloja: doziranje i ručno miješanje morta s lateksom oznake LMC+ s utrljavanjem u površinu podložnog betona



Slika 7. Svježe ugrađeni reprofilijski betoni na površinama svih 6 blokova

### 3. Rezultati ispitivanja

#### 3.1. Svojstva sanacijskih betona

U tablicama 2. i 3. prikazana su svojstva sanacijskih betona u svježem stanju i očvrslom stanju. Iz tablice 3. je vidljivo da dodatak silikatne prašine utječe na povećanje tlačnih čvrstoća,

modula elastičnosti i vlačne čvrstoće, a dodatak lateksa na njihovo smanjenje u odnosu na obični sanacijski beton. Beton s lateksom pokazuje veće skupljanje od betona sa silikatnom prašinom.

Tablica 2. Svojstva sanacijskih betona u svježem stanju

Svojstvo	OC	SFC	LMC	LMC+
Temperatura [°C]	28,0	27,2	25,2	25,2
Slijeganje [mm]	52	46	38	70
Gustoća [kg/m³]	2325	2309	2148	2212
Količina zraka [%]	4,2	5,2	6,4	6,8

Tablica 3. Svojstva sanacijskih betona u očvrslom stanju

Svojstvo	OC	SFC	LMC
Tlačna čvrstoća nakon 7 dana [N/mm²]	53,1	56,6	36,8
Tlačna čvrstoća nakon 28 dana [N/mm²]	59,7	63,8	44,9
Tlačna čvrstoća nakon 90 dana [N/mm²]	67,4	68,4	56,1
Statički modul elastičnosti [GPa]	33,9	36,2	20,2
Skupljanje pri starosti od 28 dana [mm/m]	-	0,211	0,237
Vlačna čvrstoća [N/mm²]	4,50	4,68	3,68

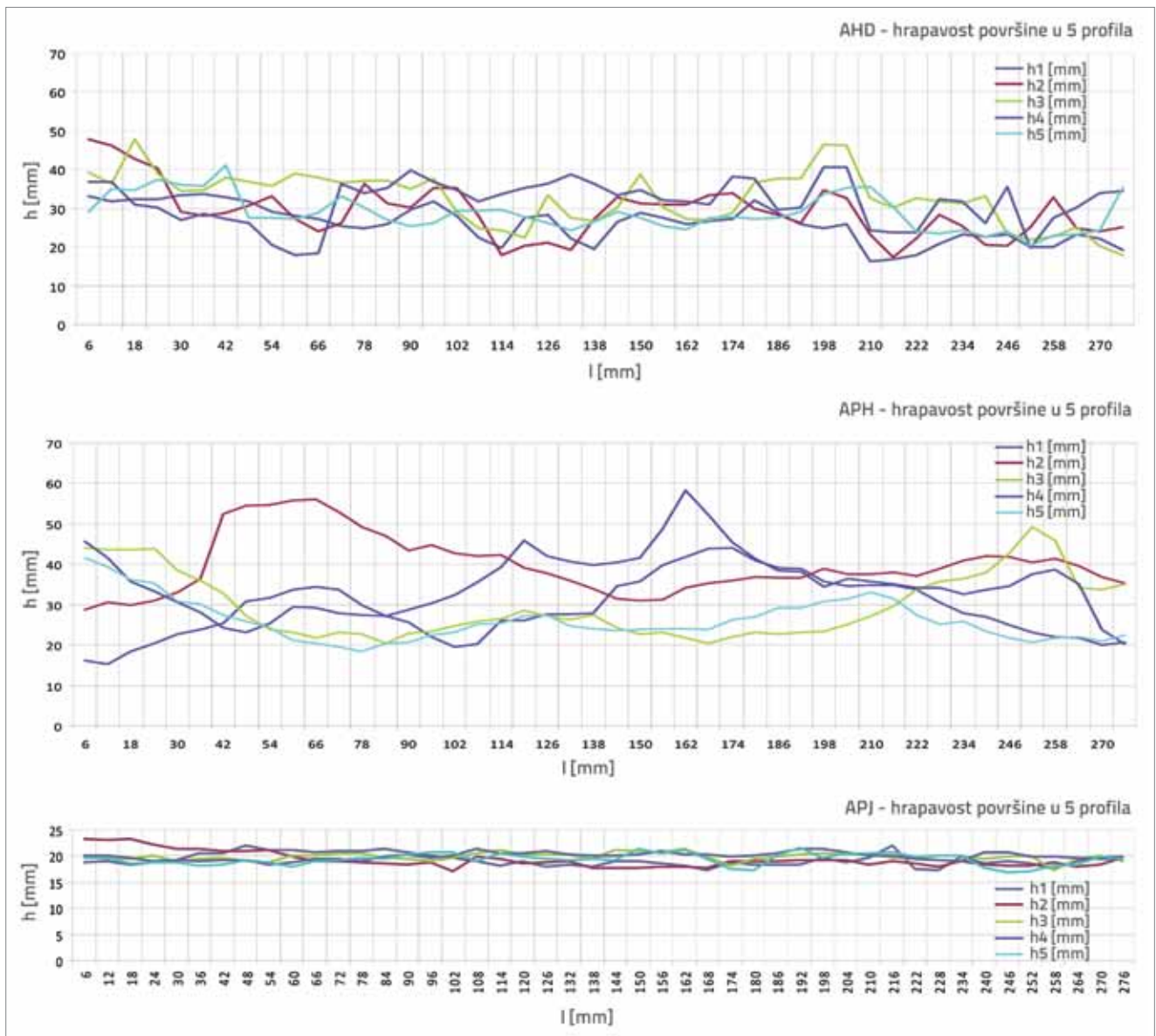
#### 3.2. Mjerenje hrapavosti obrađenih gornjih površina blokova podložnog betona

Mjerenje hrapavosti provedeno je na svih šest blokova nakon provedenog postupka pripreme podloge tehnologijama hidrodemoliranja, pjeskarenja i ručnom pneumatskom obradom. Na tako pripremljenim površinama provedeno je ispitivanje hrapavosti površine, prema postupku koji je koristio šablonu i snimanje dubine betona pomičnim mjerilom. Rezultati snimanja hrapavosti površine betona prikazani su na slici 8. i u tablici 4.

Mjera makrohrapavosti površine betona podloge, izražena kroz statističke vrijednosti normalne raspodjele izmjerenih točaka na površini betona, može se iskazati i međusobno usporediti na temelju statističkih parametara [12-16]:

- standardne devijacije svih vrijednosti ( $\sigma$ ),
- izmjerene vrijednosti koje odgovaraju rasponu između  $-2\sigma$  i  $+2\sigma$ , što uključuje 95,4 % vjerojatnost svih rezultata.

Provedena analiza za svih 6 površina betona dala je vrijednosti prikazane u tablici 4.



Slika 8. Prikaz snimljenih profila hrapavosti za sve tri vrste obrade podloge (na blokovima serije A)

Tablica 4. Vrijednosti statističke obrade izmjerenih hrapavosti za svih 6 površina betona podloge

Vrsta podloge	AHD	BHD	APH	BPH	APJ	BPJ
Hrapavost podloge						
Standardna devijacija $\sigma_{hr}$ [mm]	6,29	8,00	8,72	8,28	1,13	0,85
Raspon od - 2 $\sigma$ do +2 $\sigma$ (95,4 % svih vrijednosti) [mm]	25,14	32,00	34,90	33,13	4,53	3,40

Rezultati ispitivanja pokazuju da se najmanja hrapavost dobiva postupkom pjeskarenja, a najveća postupkom pikhamiranja.

### 3.3. Prionljivost sanacijskih betona

Osnovni kriterij efikasnosti sanacijskog sustava proveden je kroz postupak ispitivanja prionljivosti sanacijskog betona na betonskim blokovima metodom tzv. *pull off testa*. Tijekom provedbe ovog ispitivanja dolazi do loma po najslabijoj karici u sustavu reprofiliacije, a koji se sastoji od betona podloge, veznog sloja (nije uvijek prisutan), reprofiliacijskog sanacijskog betona, ljepila i ispitne pločice. Ovo je najraširenija metoda ispitivanja za gradilišnu i laboratorijsku kontrolu prionljivosti nanesenih slojeva na oštećeni i dotrajali beton.

Ispitivanje je provedeno na ukupno 24 (6 blokova po 4 različita sanacijska betona) ispitne površine, pri starosti ugrađenog betona od 7, 28 i 90 dana, a sve u serijama od po 3+3+2 mjesta ispitivanja. Sveukupno su provedena 192

ispitivanja prionljivosti otkidanjem. Na slici 9. prikazan je tijek provođenja ispitivanja prionljivosti. Srednje vrijednosti dobivenih ispitivanja prikazane su u tablici 5.



Slika 9. Provođenje ispitivanja prionljivosti reprofilijskog sustava na betonskoj podlozi otkidanjem (*Pull off test*)

Pregled vrijednosti prionljivosti dobivenih od svih 192 ispitivanja iskazan je u tablici 5. na način da su grupirani za svih 6 izvedenih sanacijskih sustava i za tri starosti sustava. Vrijednosti su iskazane sa sva 4 primijenjena reprofilijska sustava zajedno. Iz tablice 5. vidljivo je da tijekom vremena dolazi do povećanja čvrstoće prionljivosti kod svih sanacijskih sustava. Vrijednosti čvrstoća prionljivosti na hidrodemoliranim i pjeskarenim površinama su veće nego na pikhamiranim površinama, bez obzira na starost u trenutku ispitivanja.

Tablica 5. Rezultati ispitivanja prionljivosti za sva 4 reprofilijska sustava, na betonima podloge tipa A i B

Vrsta podloge (oznaka bloka)	Srednja vrijednost prionljivosti [N/mm <sup>2</sup> ]		
	7 dana	28 dana	90 dana
AHD	2,16	2,53	3,28
BHD	1,93	2,28	3,19
APH	0,70	1,12	0,98
BPH	0,11	0,38	0,69
APJ	2,22	3,09	3,55
BPJ	2,30	2,66	2,85

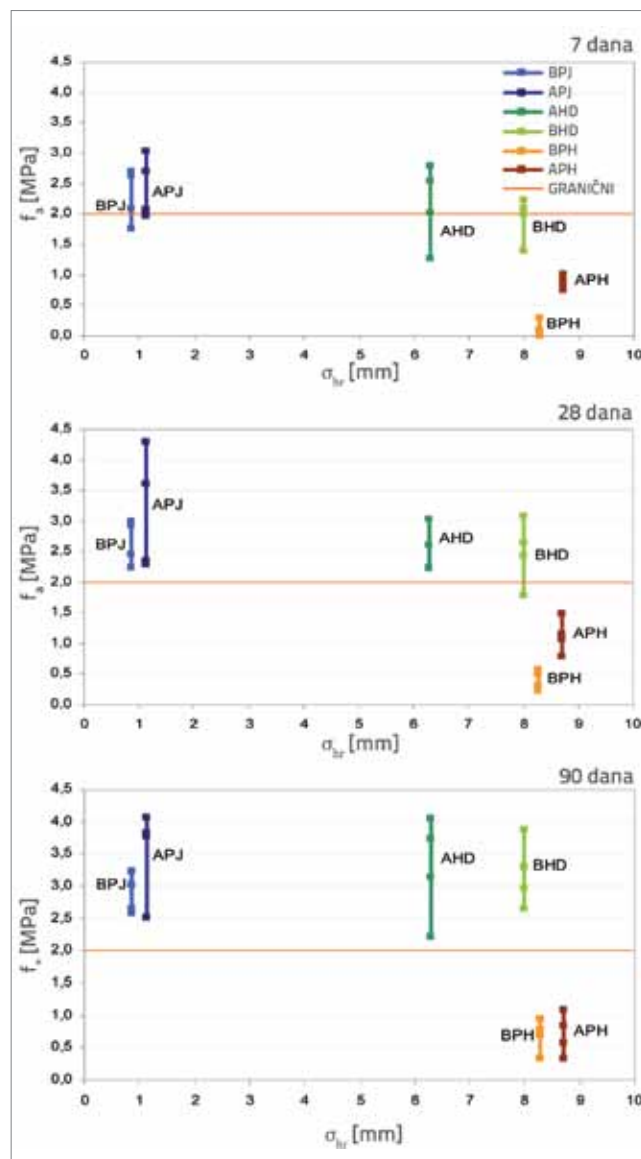
#### 4. Analiza rezultata ispitivanja

Obrada i usporedba svih rezultata ispitivanja sanacijskih sustava provedena je na osnovi vrste podloge, tehnološkog postupka pripreme površine betona podloge te vrste primijenjenog materijala za reprofilijsku. Sve analize rezultata ispitivanja prionljivosti provedene su ocjenom efikasnosti izvedenih sustava prema dva kriterija:

- u međusobnom odnosu pojedinih rezultata prionljivosti
- u odnosu na postavljeni kriterij  $f_a \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$ .

#### 4.1. Utjecaj hrapavosti betona podloge

Vrijednosti dobivenih prionljivosti u odnosu na mjeru hrapavosti za svaku vrstu obrade površine betona podloge dana je za sve tri starosti sanacijskih sustava na slici 10.

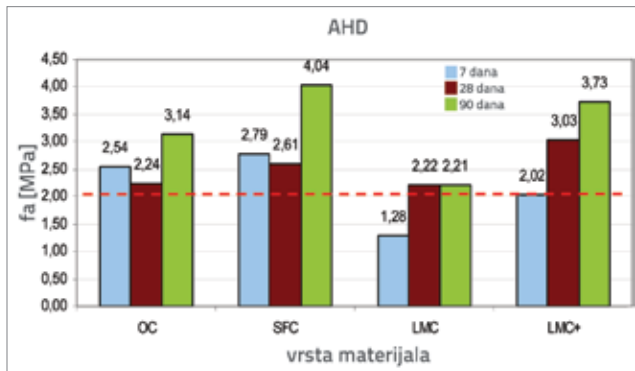


Slika 10. Raspon postignutih prionljivosti sanacijskih betona na svakom od blokova, u odnosu na izmjerenu standardnu devijaciju hrapavosti ( $\sigma_{hr}$ ) za starosti nadsloja od 7, 28 i 90 dana

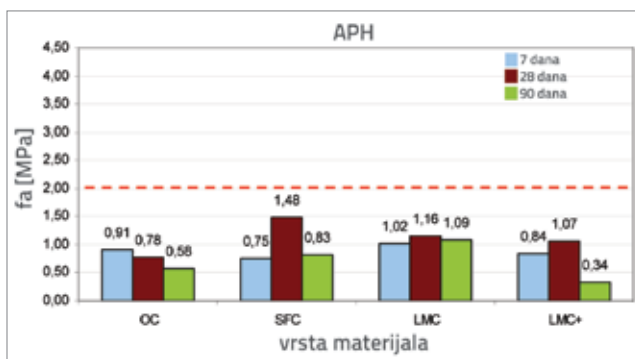
Iz slike 10. se vidi da se kod postupka obrade površine podloge hidrodemoliranjem (HD) i pjeskarenjem (PJ) postižu dobre vrijednosti prionljivosti bez obzira na vrstu sanacijskog sustava, iako je realna hrapavost kod pjeskarenih površina značajno niža. Kod pikhamiranih površina (PH) su hrapavosti visoke, ali je postignuta prionljivost značajno niža, što upućuje na to da su po srijedi drugi utjecaji na rezultate ispitivanja prionljivosti.

## 4.2. Utjecaj primijenjenog sanacijskog betona i njegove starosti

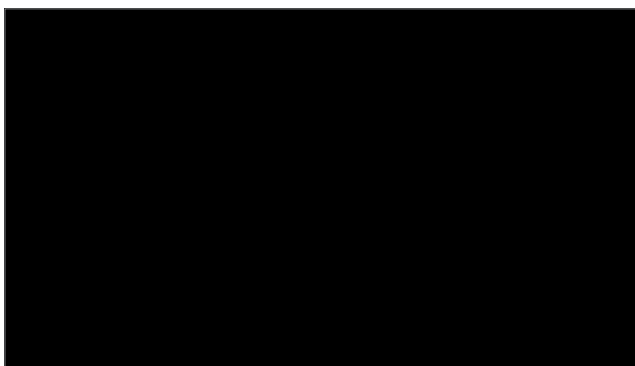
Na slikama 11., 12. i 13. su prikazane vrijednosti postignutih prionljivosti na betonu podloge tipa A, za sve 4 vrste izvedbe, s razvojem čvrstoće prionljivosti tijekom vremena.



Slika 11. Postignute vrijednosti prionljivosti na podlozi oznake AHD pri različitim starostima



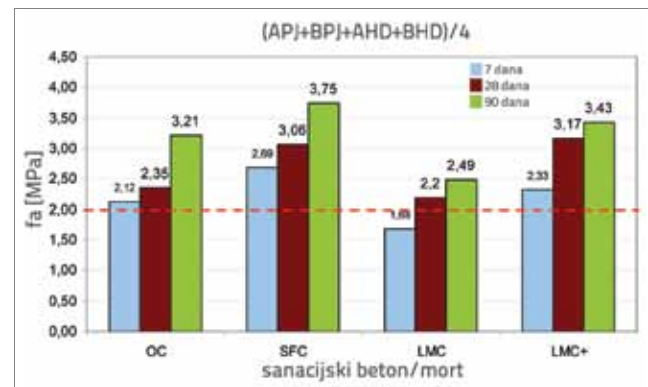
Slika 12. Postignute vrijednosti prionljivosti na podlozi oznake APH pri različitim starostima



Slika 13. Postignute vrijednosti prionljivosti na podlozi oznake APJ pri različitim starostima

Kako bi se razmotrili međusobni odnosi za različite reprofilijske sustave kod dvije obrade podloge koje zadovoljavaju propisani kriterij prionljivosti, izrađen je dijagram koji je prikazan na slici 14. Temeljem tog dijagrama

mogu se izvoditi zaključci o efikasnosti pojedinog sanacijskog sustava (sastava i postupka ugradnje sanacijskog materijala) te njegovo ponašanje u vremenu.



Slika 14. Srednje vrijednosti dobivenih prionljivosti sustava na podlogama AHD, BHD, APJ i BPJ (starost: 7, 28 i 90 dana)

Iz slika 11. do 13. vidljivo je da su prionljivosti kod pikhamirane (PH) površine betona nedovoljne u odnosu na kriterij  $f_a \geq 2,0$  N/mm<sup>2</sup>. Očito je da prilikom pripreme podloge pikhamiranjem dolazi do oštećenja postojećeg betona (mikropukotine) što bitno utječe na rezultate prionljivosti. Kod pripreme podloge hidrodemoliranjem i pjeskarenjem svi sanacijski betoni zadovoljavaju kriterij prionljivosti pri starosti od 28 dana. Ipak, najbolja svojstva prionljivosti kod navedenih tehnologija uklanjanja oštećenog betona postižu se primjenom sanacijskih betona oznake SFC (beton sa silicijskom prašinom bez veznog sloja) i LMC+ (beton s dodatkom lateksa s veznim slojem). Na slici 14. vidljivo je da je kod primjene sanacijskih betona oznake SFC i LMC+ zadovoljen kriterij prionljivosti  $f_a \geq 2,0$  N/mm<sup>2</sup> već i pri starosti od 7 dana. Bitno je pritom i istaknuti da se postupkom hidrodemoliranja mogu ukloniti mnogo veće debljine betona nego postupkom pjeskarenja.

## 5. Zaključak

Temeljem provedenog eksperimentalnog rada, u kojem su varirani parametri kvalitete betona, tehnologije pripreme podloge te vrsta sanacijskog materijala, mogu se donijeti zaključci:

- Kvaliteta betona podloge ne utječe značajno na prionljivost sanacijskog sustava.
- Utjecaj kvalitete betona podloge je izraženiji kod metode mehaničke obrade pneumatskim alatima (pikhamiranjem), što je posljedica nastajanja mikropukotina u površinskom sloju. Podloga od betona slabije kvalitete se pikhamiranjem više oštećuje, što uzrokuje značajno niže čvrstoće prionljivosti nadsloja.
- Hrapavost podloge na nivou makrohrapavosti ne utječe izravno na prionljivost sustava. Očito je važniji utjecaj mikrostrukture površine betona podloge (mikropukotine i mikrohrapavost).

- Prionljivost sanacijskih betona na horizontalnim betonskim površinama je ovisna o načinu pripreme podloge:
  - Postupak pripreme podloge mehaničkim (pneumatskim) alatima je neprihvatljiv jer ni pri jednoj starosti izvedene reprofilacije nije zadovoljio kriterij  $f_a \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$ .
  - Postupci pripreme betonske podloge hidrodemoliranjem i pjeskarenjem daju slične rezultate prionljivosti, ali je hidrodemoliranje u prednosti zbog mogućnosti uklanjanja sloja betona veće debljine.
- Povećanjem starosti sustava povećava se veza prionljivosti.
- Pri starosti od 28 dana i više propisani kriterij  $f_a \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$  zadovoljavaju sustavi koji su u uobičajenoj primjeni kao sanacijski sustavi za reprofilaciju površina betona:
  - beton s dodatkom silicijske prašine, bez veznog sloja i
  - beton s dodatkom lateksa, uz korištenje veznog sloja.

Ovi sustavi približno postižu vrijednost iz kriterija već i pri starosti od 7 dana.

Rezultati dobiveni u ovom eksperimentalnom istraživačkom radu imaju znatnu važnost kod praktične primjene tijekom izvođenja sanacija na betonskim pločama mostova, betonskim kolnicima i sličnim konstrukcijskim elementima.

## Zahvala

Prikazani rezultati proizašli su iz znanstvenog projekta Suvremene metode ispitivanja građevinskih materijala, broj projekta 082-0822161-2996, provedenog uz potporu Ministarstvu znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske.

## LITERATURA

- [1] REHABCON Manual, EC DG ENTR-C-2, Innovation and SME Program, IPS-2000-0063, *Strategy for maintenance and rehabilitation in concrete structures; Annex H: Patching*, 2004
- [2] Emmons, P.H.: *Concrete Repair and Maintenance Illustrated*, R.S. MEANS COMPANY, INC., Kingston, MA, 1993.
- [3] *Concrete Repair Manual*, Second Edition, Volume 1, ACI international, BRE, Concrete society, ICRI: ACI 546R-96 (Reapproved 2001) – Concrete Repair Guide, Reported by ACI Committee 546
- [4] REHABCON Manual, EC DG ENTR-C-2, Innovation and SME Program, IPS-2000-0063, *Strategy for maintenance and rehabilitation in concrete structures; Annex F: Surface treatments*, 2004
- [5] *Recommended Practices For The Use Of Manually Operated High Pressure Water Jetting Equipment*, U.S. Water Jet Technology Association, Colorado, USA
- [6] Garbacz, A.; Courard, L.; Kostana, K.: *Characterization of Concrete Surface Roughness and its Relation to Adhesion In Repair Systems*, Materials Characterization 56 (2006), 281–289
- [7] *Kompozit visokih performansi za jednoslojnu obnovu kolničke konstrukcije armiranobetonskog mosta*, Sveučilište u Zagrebu Građevinski Fakultet, Zavod za Gradiva, Hrvatske Ceste d.o.o., Zagreb 2003
- [8] Almeida, A.E.F.S.; Sichieri, E.P.: *Experimental Study on Polymer-Modified Mortars with Silica Fume Applied to Fix Porcelain Tile*, Building and Environment 42 (2007), 2645–2650
- [9] Buchanan, P.M.: *Shrinkage of Latex-Modified and Microsilica Concrete Overlay Mixtures*, Master Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, USA
- [10] Mavar, K.: *Utjecaj tehnologije izvođenja na prionljivost sanacijskih mortova*, magistarski rad, Građevinski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2010.
- [11] Bjegović, D.; Skazlić, M.; Mavar, K.: *Approach to repair strategy of reinforced concrete structure*, Proceedings of the Tenth International Conference Structural Faults and Repair, London, UK, 2003
- [12] Bonaldo, E.; Barros, J.A.O.; Lourenco, P. B.: *Bond Characterization Between Concrete Substrate and Repairing SFRC Using Pull-off Testing*, International Journal of Adhesion & Adhesives 25 (2005), 463–474
- [13] Momayez, A.; Ehsani, M.R.; Ramezani-pour, A.A.; Rajaie, H.: *Comparison of Methods for Evaluating Bond Strength Between Concrete Substrate And Repair Materials*, Cement and Concrete Research 35 (2005), 748–757
- [14] Garbacz, A.; Gorka, M.; Courard, L.: *Effect of concrete surface treatment on adhesion in repair systems*, Magazine of Concrete Research 57(2005) 1, 49–60
- [15] Albers, A.; Nowicky, L.; Enkler, H.G.: *Development of a Method for the Analysis of Mixed Fraction Problems*, International Journal of Applied Mechanics and Engineering, 11 (2006) 3, 479-490
- [16] Naderi, M.: *Friction-transfer test for the assessment of in situ strengthened adhesion of cementitious materials*, Construction and Building Materials 19 (2005), 454–459