

RN 72121888

Zagreb, 2010-03-11

Broj: 2121-256/10

## IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU

Naručitelj: „CorteCros“ d.o.o.  
Nova Ves 57; 10 000 Zagreb

Ugovor/narudžba: Od 08.07.2009

Građevni proizvod: Migrirajući inhibitori korozije MCI-2005, MCI 2005- NS

Ispitana svojstva: Ispitivanje tlačne čvrstoće prema HRN EN 12190:2001 i čvrstoće na savijanje prema HRN EN 196-1:2005 na 28 dana;  
Ispitivanje utjecaja osjetljivosti čelične armature na koroziju potenciostatskim elektrokemijskim ispitivanjem prema HRN EN 480-14:2007

Sastavili: Dubravko Unetić, ing. građ. *Dr. sc. Irina Stipanović Oslaković*  
Dr. sc. Irina Stipanović Oslaković, dipl. ing. građ.

Voditelj laboratorija za beton i opeku: Zlatko Mihalinac, ing. građ. *uz. Irina Stipanović Oslaković*

Voditelj laboratorija za materijale: dr. sc. Irina Stipanović Oslaković, dipl. ing. građ. *uz. Irina Stipanović Oslaković*

Direktor Laboratorija IGH: dr. sc. Ružica Rosković, dipl. ing. kem. teh. *uz. Irina Stipanović Oslaković*



Laboratorij očekuje od naručitelja informaciju o usluzi na dostavljenom obrascu ili na [www.igh.hr](http://www.igh.hr)

Rezultati ispitivanja odnose se samo na ispitane uzorke. Djelomično umnožavanje ovog izvještaja nije dopušteno bez pismenog odobrenja Voditelja laboratorija. Broj stranica teksta: 9; broj dodataka: 0

## SADRŽAJ:

1	UVOD .....	3
2	REZULTATI ISPITIVANJA TLAČNE I SAVOJNE ČVRSTOĆE .....	3
3	REZULTATI ISPITIVANJA INHIBITORA KOROZIJE NA OSJETLJIVOST ČELIČNE ARMATURE .....	4
3.1	Metoda ispitivanja .....	4
3.2	Rezultati ispitivanja .....	5
4	ANALIZA REZULTATA.....	6
5	ZAKLJUČAK .....	9

## 1 UVOD

Na temelju narudžbenice firme „CorteCros“ d.o.o.Nova Ves 57; 10 000 Zagreb, za ispitivanje proizvoda MCI-2005, MCI-2005 NS u telefonskom razgovoru 08.07.2009. izrađen je program ispitivanja:

- 1) Izrada i njegovanje betonskih uzoraka
  - referentni betonski uzorci,
  - betonski uzorci s dodatkom MCI-2005 NS prema specifikacijama proizvođača
  - betonski uzorci s dodatkom MCI 2005 prema specifikacijama proizvođača
- 2) Ispitivanje tlačne čvrstoće prema HRN EN 12190 i čvrstoće na savijanje prema HRN EN 196-1
- 3) Određivanje utjecaja osjetljivosti čelične armature na koroziju potenciostatskim elektrokemijskim ispitivanjem prema HRN EN 480-14:2007
- 4) Izvještaj o rezultatima ispitivanja

## 2 REZULTATI ISPITIVANJA TLAČNE I SAVOJNE ČVRSTOĆE

Proizvod:	A) Referentni mort B) Migrirajući inhibitori korozije MCI-2005 C) Migrirajući inhibitori korozije MCI-2005 NS
Omjer miješanja:	Miješanje ručnim mješačem, 3 min. A) Cement 519,8 kg, voda 259,90 kg i agregat 1559,40 kg B) Cement 519,8 kg, voda 259,90 kg, inhibitor 0,6l na 1m <sup>3</sup> i agregat 1557,14 kg C) Cement 519,8 kg, voda 259,90 kg, inhibitor 0,6l na 1m <sup>3</sup> i agregat 1557,14 kg
Napomena	Uzorci izrađeni u Laboratoriju za beton i opeku
Datum izrade uzoraka:	2009-09-09 do 2009-09-10
Datum zaprimanja uzoraka:	--
Ispitano prema normama:	HRN EN 12190:2001 + HRN EN 196-1:2005
Ispitana svojstva:	Određivanje tlačne čvrstoće i čvrstoće na savijanje (28 dana)
Oprema:	Vaga Mettler Toledo (o.m. 1976), Pomično mjerilo (o.m.2281), Preša Zwick (o.m. 2444), Preša Toni Technik (o.m. 2443)
Mjesto ispitivanja:	Laboratorij za beton i opeku 2 2121 - Zagreb
Odstupanje od norme:	Nema
Napomena:	Izvršeno je dodatno ispitivanje čvrstoće prizmica na savijanje prema HRN EN 196-1:2005 Metoda ispitivanja HRN EN 196-1:2005 nije akreditirana metoda

Tablica 1 Rezultati ispitivanja tlačne i savojne čvrstoće

OZNAKA UZORKA		DIMENZIJE UZORKA (mm)			VOLUMNA MASA (kg/dm <sup>3</sup> )	ČVRSTOĆA (MPa)						
OZNAKA ISPITIVANJA	OZNAKA NARUČITELJA					NA SAVIJANJE			TLAČNA			
		l	b	h	Pojedinač.	Min. vrijednost	Srednja vrijednost	Pojedinačna		Min. vrijednost	Srednja vrijednost	
I	II											
A) REF.		2009-10-07 (28 dana)										
PS 009/1	REF.	160,50	40,00	40,60	2,17	5,76	5,45	5,81	33,77	33,65	32,80	34,22
PS 009/2	REF.	160,80	40,00	40,70	2,17	6,22			34,55	32,80		
PS 009/3	REF.	160,70	40,00	40,50	2,16	5,45			34,00	36,57		
B) MCI-2005		2009-10-08 (28 dana)										
PS 010/1	MCI 2005	160,60	40,00	40,40	2,18	6,76	6,17	6,48	37,81	36,20	35,89	37,36
PS 010/2	MCI 2005	160,50	40,00	40,50	2,17	6,17			35,89	37,01		
PS 010/3	MCI 2005	160,50	40,10	40,60	2,18	6,49			38,94	38,28		
C) MCI-2005 NS		2009-10-08 (28 dana)										
PS 011/1	MCI 2005 NS	160,50	40,00	40,60	2,15	6,03	5,62	6,18	33,21	33,48	32,74	36,28
PS 011/2	MCI 2005 NS	160,40	40,00	40,20	2,15	6,88			33,57	32,96		
PS 011/3	MCI 2005 NS	150,50	40,00	40,40	2,31	5,62			33,01	32,74		

### 3 REZULTATI ISPITIVANJA INHIBITORA KOROZIJE NA OSJETLJIVOST ČELIČNE ARMATURE

Provedena su ispitivanja utjecaja inhibitora korozije na osjetljivost čelične armature na koroziju.

Izrađeno je ukupno 9 betonskih uzoraka (3 grupe uzoraka po 3 uzorka u grupi) s ugrađenom armaturnom šipkom. Uzorci su označeni kako slijedi:

- A) Referentni mort (LB 056/09/1-6)
- B) Migrirajući inhibitori korozije MCI-2005 (LB 057/09/1-3)
- C) Migrirajući inhibitori korozije MCI-2005 NS (LB 058/09/1-3)

#### 3.1 Metoda ispitivanja

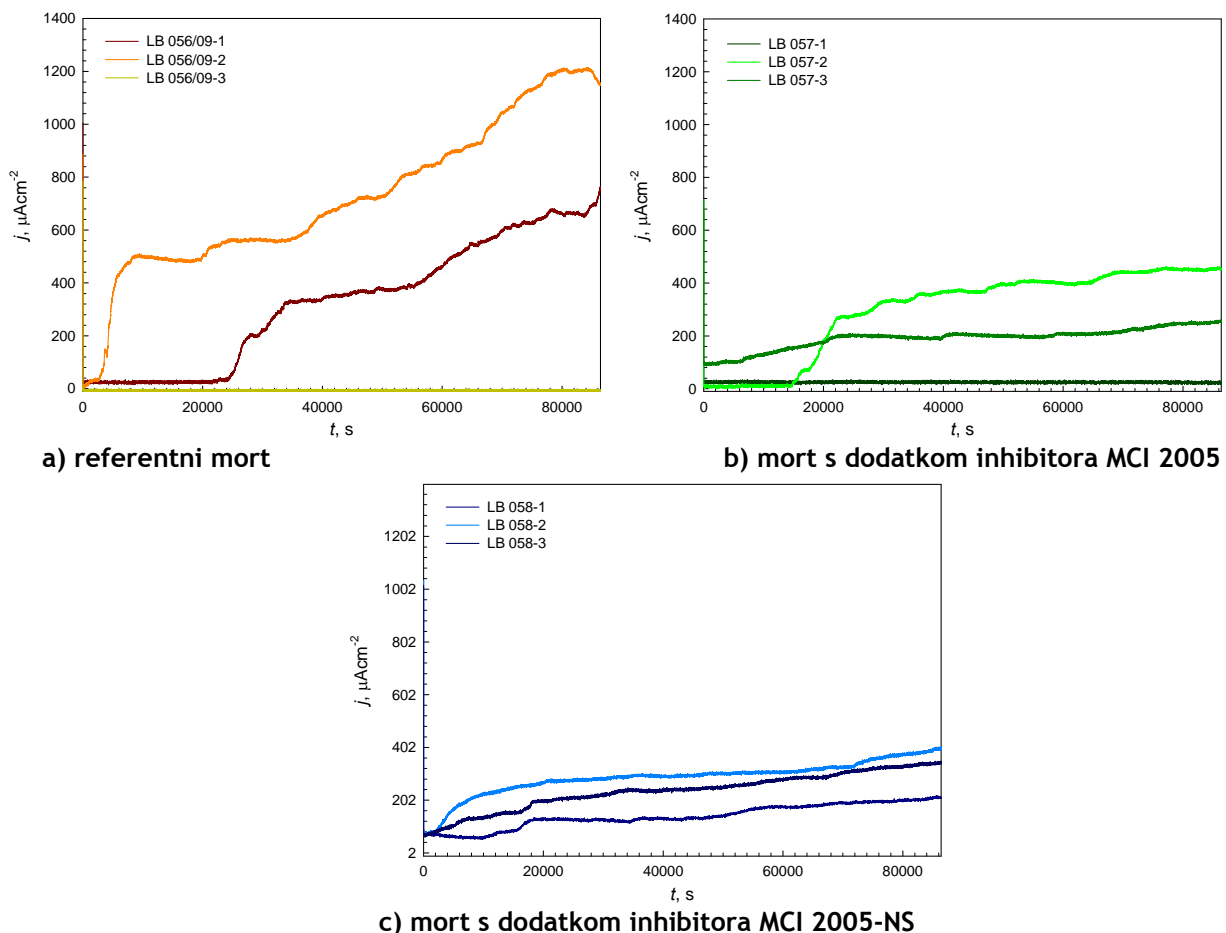
Za potrebe ispitivanja utjecaja inhibitora korozije na osjetljivost čelične armature na koroziju provedena su ubrzana elektrokemijska ispitivanja potenciostatskom anodnom polarizacijom prema HRN EN 480-14:2007 korištenjem uređaja potenciostat PAR VMP2 s troelektrodnim sustavom (radna elektroda - armaturni čelik, mjerna elektroda - zasićena kalomel elektroda (SCE), protuelektroda - grafitni štapić).

Izveštaj broj. 2121-256/10

Prema normi HRN EN 480-1:2007 utjecaj dodataka betonu na osjetljivost armature na koroziju ispituje se potenciostatskom polarizacijom na uzorcima čelika ugrađenim u beton. Uzorak se izlaže elektrolitskoj otopini (3,5% otopini NaCl u destiliranoj vodi) 24 sata pri čemu se prati promjena potencijala u vremenu. Sljedećih 24 sata održava se potencijal između radne i referentne elektrode na  $(+500 \pm 5)$  mV<sub>NHE</sub> (prema vodikovoj referentnoj elektrodi). Tijekom polarizacije kontinuirano se prati promjena struje između radne i protuelektrode u vremenu. Nakon 24 sata betonski uzorci se lome te se pregledava polarizirana površina armature. Rezultat ispitivanja računa se kao maksimalna struja između 1. i 24. sata ispitivanja te se izražava po površini polarizirane armature u  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ .

### 3.2 Rezultati ispitivanja

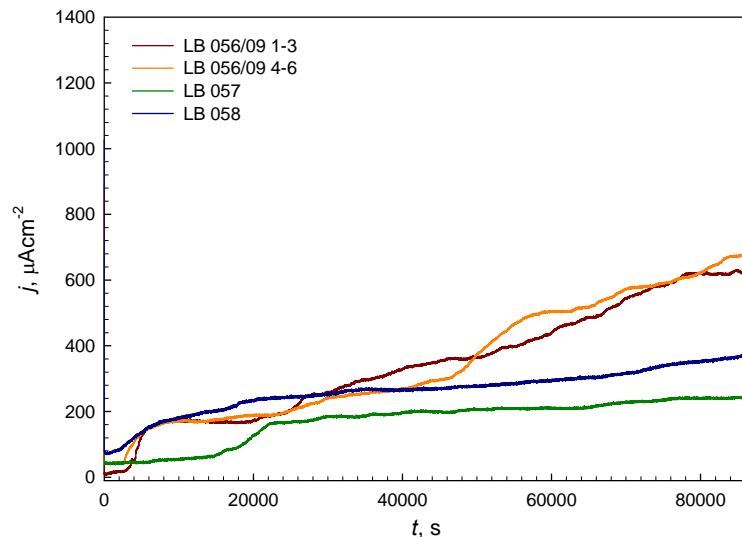
Na slikama 1 a), b) i c) prikazani su rezultati ispitivanja metodom potenciostatske polarizacije. Na slikama je prikazana promjena struje u vremenu prilikom potenciostatske polarizacije armature. Nagli porast struje ukazuje na gubitak stabilnosti pasivnog filma koji se formira na površini čelika prilikom izlaganja betonu. Na slikama 2 a) do c) prikazana je srednja promjena struje u vremenu prilikom potenciostatske polarizacije za svaku grupu ispitanih uzoraka i to grupa uzoraka LB 056 1 - 3 na slici 2 a), grupa uzoraka LB 057 na slici 2 b) te grupa uzoraka LB 058 na slici 2 b), dok su u tablici 1 dane brojčane vrijednosti pojedinačnih rezultata ispitivanja te je iskazana srednja vrijednost za svaku grupu ispitanih uzoraka.



Slika 1 Dijagram promjene struje u vremenu: a) uzorci oznake LB 056/09 1 - 3; b) uzorci oznake LB 057; c) uzorci oznake LB 058

Rezultati ispitivanja odnose se samo na ispitane uzorke.

Dokument: Izvjestaj\_korozija\_2121\_256\_2010.doc



Slika 2 Dijagram promjene struje u vremenu za srednje vrijednosti grupe uzoraka

Tablica 2 Rezultati potenciostatske polarizacije

Oznaka grupe	Oznaka uzorka	Struja nakon 1 h $j_1, \mu\text{Acm}^{-2}$	Struja nakon 24 h $j_{24}, \mu\text{Acm}^{-2}$	Promjena struje $j_{24} - j_1, \mu\text{Acm}^{-2}$	Sr. promjena struje $\mu\text{Acm}^{-2}$
056	056 - 1	27,4176	762,9904	735,5728	583,09
	056 - 2	128,2412	1151,0845	1022,8433	
	056 - 3	-5,9595	-15,1073	-9,1478	
057	057 - 1	26,6548	21,0611	-5,5937	196,15
	057 - 2	7,6529	453,1952	445,5423	
	057 - 3	108,0178	256,5054	148,4876	
058	058 - 1	71,6282	397,3651	325,7369	220,88
	058 - 2	126,3245	345,4962	219,1717	
	058 - 3	95,3049	213,0339	117,729	

#### 4 ANALIZA REZULTATA

U svrhu određivanja utjecaja inhibitora na osjetljivost čelične armature na koroziju provedena je analiza promjene struje, analiza izgleda korodirane površine nakon ispitivanja te analiza djelotvornosti inhibitora korozije izračunate prema [2].

Prema normi HRN EN 480-14:2007 utjecaj dodataka na osjetljivost armature u betonu na koroziju izražava se kao promjena struje između 1. i 24. sata potenciostatske anodne polarizacije, te se izražava po izloženoj površini. Iz rezultata prikazanih u tablici 2 i slici 2 može se zaključiti da je brzina korozije u  $\mu\text{Acm}^{-2}$  poredana od najsporije do najbrže kako slijedi:

- uzorci oznake 057,
- uzorci oznake 058,
- uzorci oznake 056.

Nakon provedenog ispitivanja betonski uzorci su slomljeni te je napravljen vizualni pregled polarizirane površine armature. Na slikama 3 - 5 prikazan je izgled polariziranog (nezaštićenog) dijela šipki armature nakon završetka ispitivanja.



*Slika 3 Armatura nakon ispitivanja, grupa 056 1 - 3*

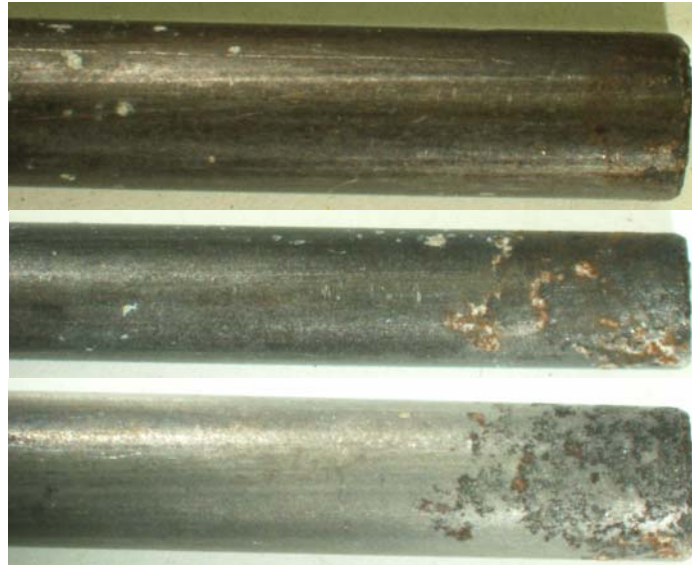
Vizualnim pregledom nakon provedenog ispitivanja šipki izvađenih iz uzoraka grupe 056 1 - 3 izračunato je da je u prosjeku ukupno 21% nezaštićene površine armature zahvaćeno korozijom.



*Slika 4 Armatura nakon ispitivanja, grupa 057*

Vizualnim pregledom nakon provedenog ispitivanja šipki izvađenih iz uzoraka grupe 057 izračunato je da je u prosjeku ukupno 4,5% nezaštićene površine armature zahvaćeno korozijom.

Izveštaj broj. 2121-256/10



Slika 5 Armatura nakon ispitivanja, grupa 058

Vizualnim pregledom nakon provedenog ispitivanja šipki izvađenih iz uzoraka grupe 058 izračunato je da je u prosjeku ukupno 9% nezaštićene površine armature zahvaćeno korozijom.

Djelotvornost inhibitora korozije,  $\eta$ , izračunata je prema sljedećem izrazu:

$$\eta = \frac{j^{\text{bez inhibitora}} - j^{\text{s inhibitorom}}}{j^{\text{bez inhibitora}}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

gdje je:

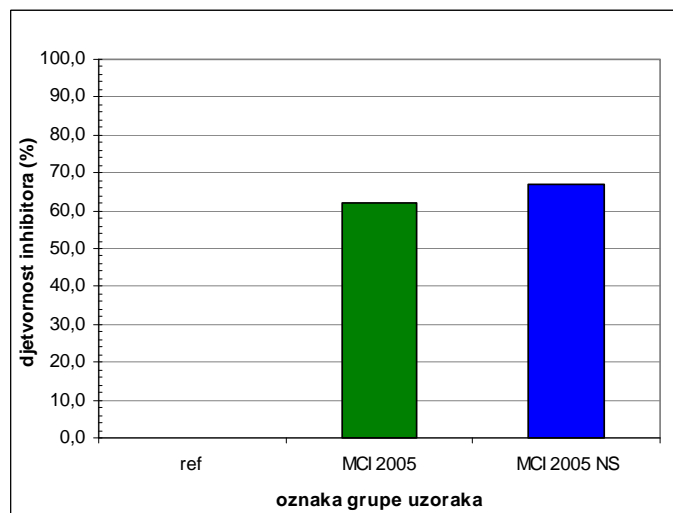
$j^{\text{bez inhibitora}}$

razlika struje između 1. i 24. sata potenciostatske polarizacije za uzorke bez inhibitora korozije

$j^{\text{s inhibitorom}}$

razlika struje između 1. i 24. sata potenciostatske polarizacije za uzorke s inhibitorom korozije

Na slici 6 prikazane su izračunate djelotvornosti inhibitora prema izrazu (1).



Slika 6 Djelotvornost inhibitora korozije



Iz slike 6 može se zaključiti da su djelotvornosti inhibitora korozije, u odnosu na uzorke oznake LB 056 1 - 3 koji su bez dodatka inhibitora korozije, kako slijedi:

- inhibitora korozije MCI 2005 u uzorcima oznake 057 - **67%**,
- inhibitora korozije MCI 2005 NS u uzorcima oznake 058 - **62%**,

## 5 ZAKLJUČAK

Iz rezultata ispitivanja mehaničkih karakteristika mortova, referentnog morta i mortova s dodatkom inhibitora MCI 2005 i MCI 2005 NS vidljivo je da dodatak inhibitora u svježem mortu / betonu poboljšava mehanička svojstva (savojnu čvrstoću i tlačnu čvrstoću) za cca 10 %.

Iz provedenih elektrokemijskih ispitivanja osjetljivosti čelične armature na koroziju potenciostatskom polarizacijom može se zaključiti da su inhibitori MCI 2005 i MCI 2005 NS pokazali sposobnost inhibicije korozije u odnosu na referentni mort bez inhibitora.

*Izjava: Ispitivanje je provedeno prema normi osim navedenog u točki Odstupanje od norme.*

*- Kraj izvještaja o ispitivanju -*