

UDK 625.7:624.2/8

CODEN CSMVB2

YU ISSN 0411-6380

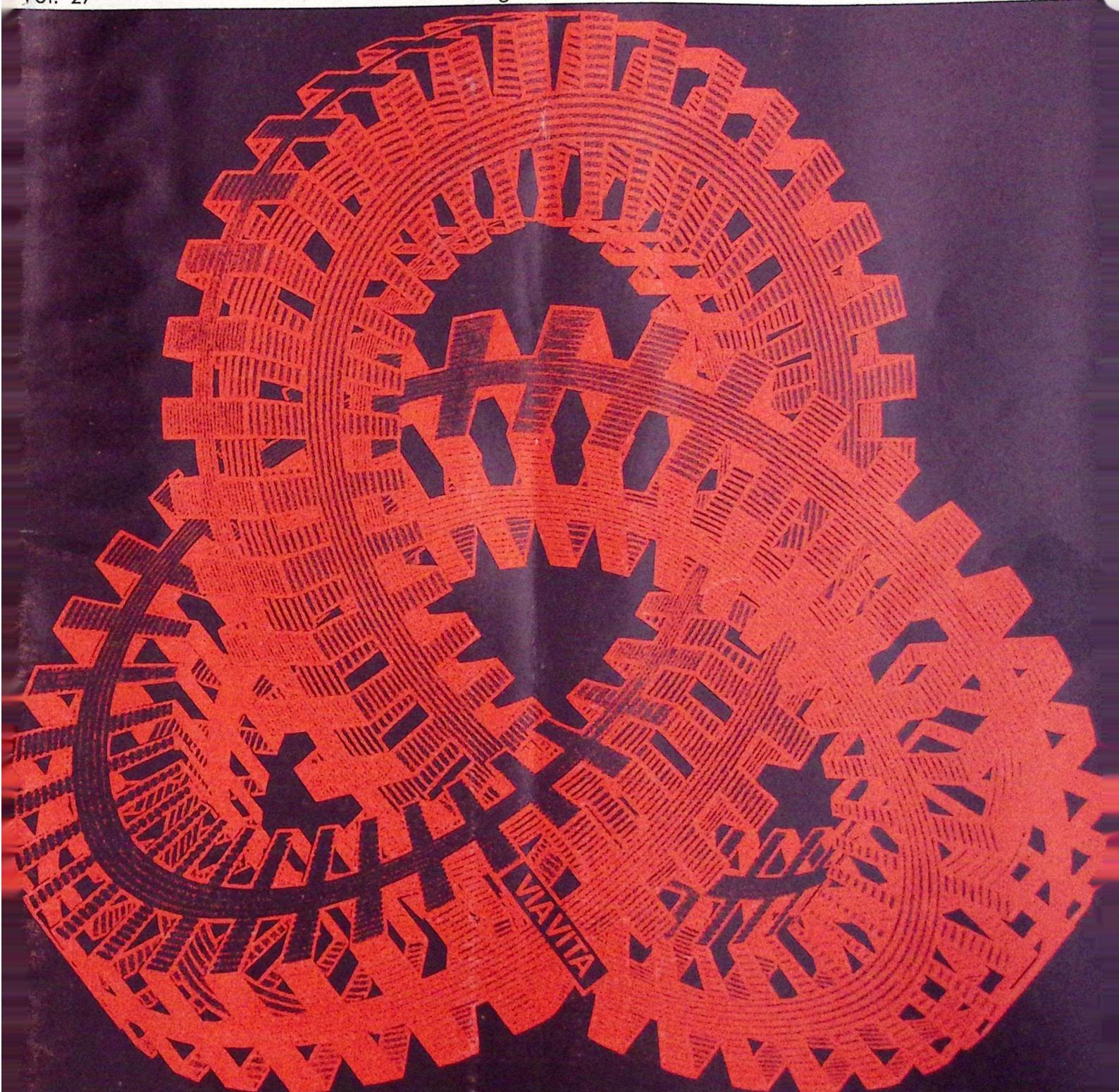
CESTE I MOSTOVI

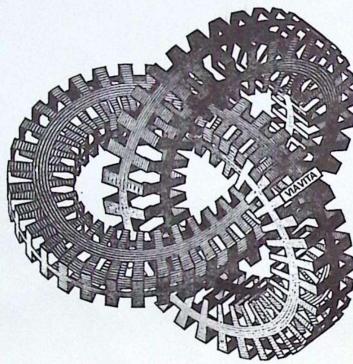
ČASOPIS ZA PROJEKTIRANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE
I TEHNIČKO-EKONOMSKA PITANJA CESTA, MOSTOVA I AERODROMA

Vol. 27

Zagreb, 1981.

Broj 12





U proljeće 1981. godine, nakon jedne izuzetno nepovoljne, dugotrajne i hladne zime, pojavila su se oštećenja na betonima cestovnih objekata i betonima u cestovnom trupu. Do oštećenja je došlo na betonima kojih su prezmili jednu zimu, kao i na betonima stariim i više od deset godina. U traženju uzroka nastalih oštećenja došlo je do sukoba interesa naručilac — izvođač — organizacija za održavanje cesta. S jedne strane se betoni nisu izvedeni kvalitetno u skladu s projektom dokumentacijom i traženom kvalitetom, a s druge strane da jesu, ali da uzroci leže u uporabi neodgovarajućih sredstava za održavanje i u neodgovarajućim rezimima uporabe tih sredstava.

Činjenica je, da se tim problemima (proizvodnji i ugradnji) odgovarajućih betona, uporabi odgovarajućih soli i rezima (uporabe) ne posvećuje dovoljna pažnja kod nas, te gotovo niti nemamo nikakvih iskustava, podataka iz literaturе ili istraživačkih radova.

Rad grupe autora Ukrainčik, Beslač i Biegović govori nam o trajnosti betona u uvjetima dječovanja mraza i soli za održavanje. U radu se ukazuje, s jednakom važnošću, na proizvodnju i ugradnju odgovarajućih betona i na uporabu odgovarajućih soli, odnosno režima uporabe na cestama.

Nadamo se da će se s ovim istraživanjima nastaviti, i da će doći do primjene dobivenih rezultata kod projektiranja, proizvodnje i ugradnje betona i održavanja cesta u zimskim uvjetima.

POZIV NA KOLEKTIVNO UČLANJENJE

Časopis »Ceste i mostovi« izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, član Saveza društva za putove Jugoslavije.

Pozivano sve kolektivne ešte je djelatnost vezana za područje cestogradnje, mostogradnje i cestovnog prometa općenito da se učlane u Savez društva za ceste Hrvatske.

Osnovna je svrha časopisa »Ceste i mostovi« da upoznaje članstvo s nacionalnim dostignućima i istaknuta u projektiranju, gradnjom, održavanju i svim akcijama na unapređenju cestovne mreže.

Kolektivna članarina određuje se sazvremenno učinkovit i znatljivo poduzeća — kolektivnog člana, a najniža može iznositi 1.600 dinara.

Kolektivni članovi, uplatom članarine, besplatno primaju časopis.

Godišnja pretplata: za poduzeće — 600.— dinara; za ostale preplatnike — 120.— dinara; za inozemstvo — 60 US dolara.

Po jedini primajerec: za poduzeće — 50.— dinara; primjerak u predaji 12.— dinara.

Članovi Saveza društava za ceste Hrvatske, uplatom članarine, stječu pravo na besplatno primanje časopisa. Godišnja članarina je od 120.— dinara.

Cijena oglasa: omotna stranica — 6.000.— dinara; unutarnja

1/1 — 5.000.— dinara, 1/2 — 3.600.— dinara, 1/4 — 2.500.— dinara;

inozemni oglasi: 1/1 — 650 US dolara, 1/2 — 500 US dolara, 1/4 —

350 US dolara.

Urednički odbor:

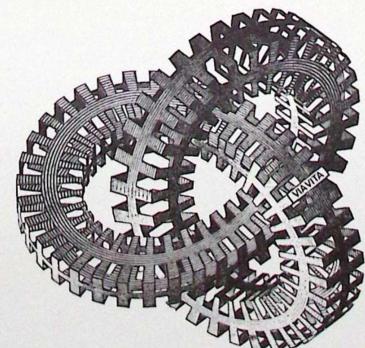
mr. Mladen Lancer, dipl. inž., Zagreb, glavni i odgovorni urednik,
Darko Milinarić, dipl. inž., Zagreb, zamjenik glavnog i odgovornog
urednika, mr. Branimir Babic, dipl. inž., Zagreb, mr. Jovo Beslač, dipl.
inž., Zagreb, Dusan Detković, inž., Rijeka, Krešimir Dugi, dipl. inž.,
Oslje, Endy Jaksic, dipl. inž., Split, Stanko Kovat, dipl. inž., Zagreb,
mr. Ivan Lovrić, dipl. oec., Zagreb, Tomislav Merla, dipl. inž., Zagreb,
Josip Novak, dipl. inž., Zagreb, Branka Perović, dipl. inž., Zagreb,
dr. Zdravko Ramšak, dipl. inž., Zagreb, Franjo Pregerer, dipl. inž., Zagreb,
Karlo Telen, inž., Zagreb, Josip Sekopet, dipl. inž., Zagreb,
Technički urednik: Mirjana Zece, prof.

Klasifikacija i indeksacija po UDK i IRRD: Marko Peretić
Grafika obrada: Branko Zlamalik
Casopis izlazi mjesечно.

Tisk: NSRO »Jesenika« — OOUR TMG — Pogon VS

Crtić na naslovnoj strani: M. C. Escher — Čvorovi (detali)

Casopis izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, Zagreb, Voničinina ulica 3, tel. 445-422/03, post. pret. 673, žiro-račun 30102-678-271



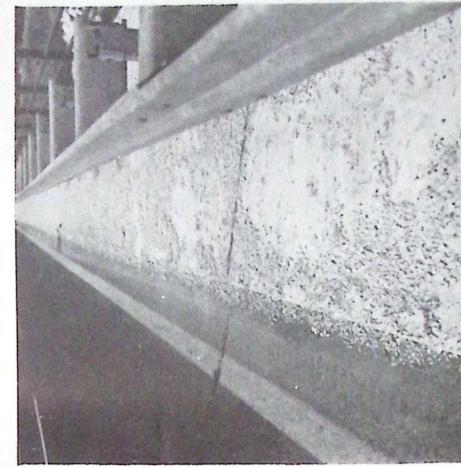
ČASOPIS ZA PROJEKTIRANJE, GRADENJE, ODRŽAVANJE I TEHNIČKO-EKONOMSKA PITANJA CESTA, MOSTOVA I AERODROMA

SADRŽAJ

Prof. dr Velimir Ukrainčik
Mr Jovo Beslač
Mr Dubravko Biegović, Zagreb
Izvedba sjeverne strane auto-
-ceste Ivana Reka-Lipovljani
Dionica: Popovčić—
Lipovljani

Dr Branimir Ujdar, Beograd
Aktualni problemi u projektira-
nju prometnica u novim
naseljima
Vijesti
— Izmjera dužina na cestama,
mjerena naprava — kotač (pe-
domtar) — Alojz Petrović,
Zagreb
— Dionica magistralne ceste
Drežnica—Satokovac pušte-
na u promet — Mustafa Se-
limović

Prikazi
Prof. dr Krsto Tonković: Promet
u više razina
Sadržaj godišta
364
365
366
367
375



SLIKA 1 — Porišansko ljuštenje betona vjerojatno stabe
porijske zlastite nakon ugradnje

Dječovanje mraza je u našim klimatskim uvjetima kao i u klimatskim uvjetima mnogih drugih zemalja jedno od najraširenijih i najizražitijih agresivnih sredstava za održavanje u kombinaciji s djelovanjem soli za odmrzavanje na prometnim betonskim i armirano-betonskim objektima. Međutim, intenzivnije je istraživano u tehnički naprednijim mzemljama tek u posljednjih petnaest do dvadeset godina, tj. od vremena intenzivnije primjene soli za odmrzavanje i pojave brojnih oštećenja betona. Od tada je objavljen velik broj stručnih i znanstvenih radova o toj temi i uveden u primjenu velik broj vrlo različitih metoda ispitivanja i dokazivanja otpornosti betona. Date su brojne preporuke o sastavu, namjenskom ugradnju i njegovanju betona, kao i brojni ali vrlo različiti učinci, koji se npr. za otpornost na mraz kreću od razčinjuće blagog uvjeta datog v/c fak-torom do 0,6 u DIN 1045 do vrlo rigoroznih preko 500 ciklusa smrzavanja i odmrzavanja u GOST 4795-68.

Krajem kolovoza prošle godine (1980) održan je u Beču, u organizaciji Zementforschungsinstituta, internacionalni kolokvij o otpornosti betona na djelovanje mraza i soli za odmrzavanje, na kojem su najeminentniji stručnjaci iz 12 zemalja u 63 publikacije na preko 500 stručnih objediniti rezultate ispitivanja i istraživanja iz raznih instituta radi boljeg razumijevanja fenomena raznog dječovanja mraza i soli za odmrzavanje i pojednostavljenja načina proizvodnje i metoda dokazivanja kvalitete otpornog betona. U nas se, tehnologiju betona općenito, a posebno problemima trajnosti, u praksi već od projekta posvećuje nedovoljna pažnja, pa su ne samo zanemareni, nego go-to potpuno ispušteni i iz naših propisa za beton. Dokaz otvorenosti na mraz ne samo kod betona nego i kod drugih građevinskih materijala vrlo rijetko sprovodi, ili, ako se i sprovodi, dokazuju se na nedovoljnim 25 ciklusima načinjenjem smrzavanja i odmrzavanja. Brojne uza-stope blage zime u posljednjih petnaest i više godina pogodovale su udomačenju ovakvih shvaćanja.

žaju na neka novija saznanja. Visoka količina finih čestica (ispod 0,20 mm) ne slabi otpornost betona na djelovanje mraza i soli za odmrzavanje, iako to još uvijek trudi i naša i dio svjetske stručne literature. Visoka količina čestica ispod 0,125 mm može tako biti korisna jer reducira »krvaranje« i formiranje oslabljenog površinskog sloja betona. Količina finih čestica može biti i iznad propisima limitiranih vrijednosti (ispod 400 kg/m³ do 0,20 mm u Švicarskoj i ispod 450 kg/m³ do 0,25 mm u SR Njemačkoj) ukoliko su otporni na mraz, osim ako su prisutne i soli za odmrzavanje, čak i kod vrlo malog učinka trošnji zrha (ispod 5%). U nas se ovom fenomenom posvećuju pažnja niti se količina trošnih zrna u finom mikroskopom nema drugu pogodnu metodu za utvrđivanje otpornosti na mraz i soli za odmrzavanje. Zbog toga podobnoj ovih frakcija treba dokazati i ispitivanju u mortu ili belonu. U nas je upravo predstoj za sva naša veća nalazišta.

Dovoljna otpornost betona na mraz i soli za odmrzavanje bez aerifikacije se uglavljivom ne može postići. Na tržištu se prodaje velik broj dodataka (aerantata) kojima se to postiže. Pri tome je važno ne samo količina uvođenog zraka nego i veličina i raspored mikropora, koji se definira u mjerjenju pod mikroskopom. Kod mjerjenja pri povećanju 50 puta taj faktor ne bi smio biti veći od 0,25 mm, a kod povećanja 100 puta ne veći od 0,20 mm. Propisana količina uvrštenog zraka, koji se mjeri komprimiranjem svježeg betona, u propisu pojedinih zemalja je vrlo različita. Čini se da bi u nas za sada trebalo i za količinu betone i za izložene konstrukcije pristizati.

Ispitivanjem otpornosti nekog betona na mraz i djelovanje soli želi se dobiti prognoza o njegovom vijeku trajanja, o prikladnosti sastava i eventualno potrebnim mjerama zaštite. Teškoće je u tome, što niti jedna metoda ispitivanja ne može dati universalnu ocjenu trajnosti za svaki sastav betona, rezim betoniranja i raznolike uvjeta okoline koji nastupaju u praksi.

Neminovo se otpornost na smrzavanje i djelovanje soli ispituje uz pojednostavljene uvjeti, u znatno kraćem vremenskom razdoblju od onoga koje će očekivati u stvarnosti, na malim uzorcima, uz određivanje samo nekoliko mehaničkih svojstava betona, a bez ulaganja na sva naša veća nalazišta.

Dovoljna otpornost betona na mraz i soli za odmrzavanje bez aerifikacije se uglavljivom ne može postići. Na tržištu se prodaje velik broj dodataka (aerantata) kojima se to postiže. Pri tome je važno ne samo količina uvođenog zraka nego i veličina i raspored mikropora, koji se definira u mjerjenju pod mikroskopom. Kod mjerjenja pri povećanju 50 puta taj faktor ne bi smio biti veći od 0,25 mm, a kod povećanja 100 puta ne veći od 0,20 mm. Propisana količina uvrštenog zraka, koji se mjeri komprimiranjem svježeg betona, u propisu pojedinih zemalja je vrlo različita. Čini se da bi u nas za sada trebalo i za količinu betone i za izložene konstrukcije pristizati.

1. IZRAZA UDORAKA	2. PRIPREMA	3. SMRZAVANJE - ODRŽAVANJE	4. MJERENJA	5. KRITERIJU
- U LABORATORIJU	- POTAPANJE U VODU	- U ZRAKU	- MODUL ELASTIČNOSTI - (STATIČKI, DINAMIČKI)	- PROMJENA U ODNOŠU NA PROVINO STANE
- 12 KONSTRUKCIJE	- POTAPANJE U SLANU OTOPINU	- POKLJENO U VODU	- ZAŠTITA DEFORMACIJE	- PROMJENA U ODNOŠU NA KOMPARIJATIVNI
- KOCICE	- SUŠENJE U LABORATORIJSKIM UVETIMA	- POKLJENO U SLANU OTOPINU	- PROMJENE NA POVRSINI	- UZORAK SLE STAROSTI
- PRIZME	- PLOČE	- TRAJANJE CIKUSA	- OPIS OSTECENJA	- OPIS OSTECENJA
- VALICI	- RAZNE VEĆINE PERIODA	- BROJ CIKUSA		
- RAZNE NJEGE	- RAZNE NJEGE	- BRZINA SMRZAVANJA		
- RAZNE STAROSTI				

Slik 3 — Varijacije u laboratorijskom testiranju otpornosti betona na mraz

u bit fizičkih i kemijskih zbijanja u materijalu. Postojeće metode mogu se podjeljiti u četiri grupe:

- Prikupljanje istukstava o ponasanju betona određenog sastava u eksploraciji;
- Laboratorijski testovi ciklusa smrzavanja — odmrzavanja uzorka betona po raznim standardiziranim programima;
- Indirektna metoda. To su ispitivanja kao npr. rasporred oblik pora uvrštenog zraka, apsorpcija vode, vodeni faktori sastavnih sastojaca vode, vodene površine betona na ljuštenje uslijed razaranja betona, $S_{\text{R}}(t)$. Opornost na mraz je razlika između dva izraza:

$$F(t) = S_{\text{R}(t)} - S_{\text{S}(t)}$$

Vrijeme t za koje je $F = 0$ je vijek trajanja betona. Otvoreno je pitanje koliko je metoda S_{R} prikladna za ocjenu otpornosti površine betona na ljuštenje uslijed djelovanja mraza i soli za odleđivanje.

Zaštita betona

Saznanja, prikupljana na osnovi primjera u eksploraciji imaju ograničenu vrijednost, pa su bilo kakve ekstrapolacije vrlo riskantne.

Tako npr. općenitu tvrdnju, da aeranti sprečavaju razaranje betona uslijed djelovanja mraza treba pazišivo provjeriti s konkretnim sastojcima betona i aerantom. Promjena u vrsti cementa ili nekoj frakciji agregata može beton otporan na djelovanje mraza pretvoriti u beton koji će se razoruti tokom jedne zime. Isti je slučaj s promjenama u tehnologiji ugradnje, osobito završne obrade, ujetima održavanja (primjena raznih soli za odmrzavanje), zrelosti betona u vrijeme nastupa prvih mrazeva. Zato za svaki konkretni slučaj treba posebno dokazati otpornost na mraz.

Laboratorijski testovi ciklusa smrzavanja — odmrzavanja

Vidi se, da u svakoj fazi testiranja postoje velike međusobne varijacije, koje bitno utječu na rezultat testa. Određujuće značenje, pri tome, ima stupanj zasićenja betona vodom, a broj ciklusa smrzavanja — odmrzavanja, brzina i trajanje smrzavanja su indirektne posljedice zime utjecajima mraza i soli za odmrzavanje, ukoliko ne želimo imati oštećenja. U tu svrhu, odnosno u svrhu zaštite betona mladog od jedne godine primjenjuju se sljedeće zastite:

- portland cementni mort uz dodatak superplastičiličnog modifikatora;
- portland cementni mort uz dodatak superplastičiličnog modifikatora i aeranta;
- portland cementni mort poboljšan latexom,
- epoxy mort.

Mladete betone, odnosno betone starosti manje od jedne godine nje preporučljivo izlagati odmražavanju, pri tome, u svrhu, odnosno u svrhu zaštite, zastite betona mladog od jedne godine primjenjuju se sljedeće zastite:

- portland cementni premaz poboljšan i impregniran latexom,
- impregnacija metil metacrylatom,
- impregnacija lanenim uljem.

Odariranje najpogodnije zaštite ovisi o stupnju oštećenja, uvjetima izvođenja (godišnje doba, promet) cijeni koštanja itd.

Osnovni zahtjev kojem moramo udovoljiti, ako želimo izvesti dobar popravak, je temeljito čišćenje oštećenog dijela betona. Sva oštećena zrma i razorenje dijelova treba isprati i udaricama čekića utvrditi da je čišćenje i odstranjivanje obavljeno do zdravoga betona. Zaostala sitnija zrma agregata treba odstraniti čišćenjem rotirajućim četkama ili pjeskarenjem.

Iako laboratorijskim ispitivanjem otpornosti na mraz za svega nekoliko mjeseci želimo saznati što će se dogoditi za pedeset godina, smatra se, da su ona dugotrajna i skupila. Obično se izvode samo u sklopu prethodnih ispitivanja za objekte s većim zahtjevima kvalitete i opremljenjem radovima. Za kontrolna ispitivanja i kontroli radova primjenjuju se metode koje indirektno govore o otpornosti na mraz. To su kontroli vodootpornosti, faktora i količine uvrštenog zraka u svježem betonu, faktor razmaka pora, apsorpcija vode itd. u izvesti vezni sloj s dodatkom latexa ili acryla. Odmrah

odvrslost betonu. To su parametri koji su u dobroj korelaciji s otpornosću betona na djelovanje mraza, ali tu korelaciju bi trebalo uspostaviti za svaki konkretni sastav betona.

Odlučujuće značenje koje ima stupanj zasićenja betona vodom na njegovu otpornost na mraz, koristi se u metodi kritične saturacije (metoda S_{R}). To je kombinacija indirektne metode i laboratorijskog ispitivanja.

S jedne strane određuje se vierojatna apsorpcija vode, koja se očekuje u eksploraciji $S_{\text{R}}(t)$, a s druge strane stupanj kritične saturacije vodom kod koje dolazi do razaranja betona, $S_{\text{R}}(0)$. Opornost na mraz je razlika između dva izraza:

Saznanja, prikupljana na osnovi primjera u eksploraciji imaju ograničenu vrijednost, pa su bilo kakve ekstrapolacije vrlo riskantne.

Tako npr. općenitu tvrdnju, da aeranti sprečavaju razaranje betona uslijed djelovanja mraza treba pazišivo provjeriti s konkretnim sastojcima betona i aerantom. Promjena u vrsti cementa ili nekoj frakciji agregata može beton otporan na djelovanje mraza pretvoriti u beton koji će se razoruti tokom jedne zime. Isti je slučaj s promjenama u tehnologiji ugradnje, osobito završne obrade, ujetima održavanja (primjena raznih soli za odmrzavanje), zrelosti betona u vrijeme nastupa prvih mrazeva. Zato za svaki konkretni slučaj treba posebno dokazati otpornost na mraz.

Laboratorijski testovi ciklusa smrzavanja — odmrzavanja

Vidi se, da u svakoj fazi testiranja postoje velike međusobne varijacije, koje bitno utječu na rezultat testa. Određujuće značenje, pri tome, ima stupanj zasićenja betona vodom, a broj ciklusa smrzavanja — odmrzavanja, brzina i trajanje smrzavanja su indirektne posljedice zime utjecajima mraza i soli za odmrzavanje, ukoliko ne želimo imati oštećenja. U tu svrhu, odnosno u svrhu zaštite betona mladog od jedne godine primjenjuju se sljedeće zastite:

- portland cementni premaz poboljšan i impregniran latexom,
- impregnacija metil metacrylatom,
- impregnacija lanenim uljem.

Odariranje najpogodnije zaštite ovisi o stupnju oštećenja, uvjetima izvođenja (godišnje doba, promet) cijeni koštanja itd.

Osnovni zahtjev kojem moramo udovoljiti, ako želimo izvesti dobar popravak, je temeljito čišćenje oštećenog dijela betona. Sva oštećena zrma i razorenje dijelova treba isprati i udaricama čekića utvrditi da je čišćenje i odstranjivanje obavljeno do zdravoga betona. Zaostala sitnija zrma agregata treba odstraniti čišćenjem rotirajućim četkama ili pjeskarenjem.

Iako laboratorijskim ispitivanjem otpornosti na mraz za svega nekoliko mjeseci želimo saznati što će se dogoditi za pedeset godina, smatra se, da su ona dugotrajna i skupila. Obično se izvode samo u sklopu prethodnih ispitivanja za objekte s većim zahtjevima kvalitete i opremljenjem radovima. Za kontrolna ispitivanja i kontroli radova primjenjuju se metode koje indirektno govore o otpornosti na mraz. To su kontroli vodootpornosti, faktora i količine uvrštenog zraka u svježem betonu, faktor razmaka pora, apsorpcija vode itd. u izvesti vezni sloj s dodatkom latexa ili acryla. Odmrah

odvrslost betonu. To su parametri koji su u dobroj korelaciji s otpornosću betona na djelovanje mraza, ali tu korelaciju bi trebalo uspostaviti za svaki konkretni sastav betona.

Odlučujuće značenje koje ima stupanj zasićenja betona vodom na njegovu otpornost na mraz, koristi se u metodi kritične saturacije (metoda S_{R}). To je kombinacija indirektne metode i laboratorijskog ispitivanja.

S jedne strane određuje se vierojatna apsorpcija vode, koja se očekuje u eksploraciji $S_{\text{R}}(t)$, a s druge strane stupanj kritične saturacije vodom kod koje dolazi do razaranja betona, $S_{\text{R}}(0)$. Opornost na mraz je razlika između dva izraza:

$F(t) = S_{\text{R}(t)} - S_{\text{R}(0)}$

Vrijeme t za koje je $F = 0$ je vijek trajanja betona. Otvoreno je pitanje koliko je metoda S_{R} prikladna za ocjenu otpornosti površine betona na ljuštenje uslijed djelovanja mraza i soli za odleđivanje.

Zaštita betona

Betone oštećene djelovanjem mraza i soli za odmrzavanje popravljaju uglavnom izvođenjem novog sloja betona, odnosno popravljaju oštećenje oštećenja, ujetima izvođenja (godišnje doba, promet) cijeni koštanja itd.

Mlade betone, odnosno betone starosti manje od jedne godine nje preporučljivo izlagati odmražavanju, prije nego što se učinju zrma i soli za odmrzavanje, ukoliko ne želimo imati oštećenja. U tu svrhu, odnosno u svrhu zaštite betona mladog od jedne godine primjenjuju se sljedeće zastite:

- portland cementni premaz poboljšan i impregniran latexom,
- impregnacija metil metacrylatom,
- impregnacija lanenim uljem.

Odariranje najpogodnije zaštite ovisi o stupnju oštećenja, uvjetima izvođenja (godišnje doba, promet) cijeni koštanja itd.

Osnovni zahtjev kojem moramo udovoljiti, ako želimo izvesti dobar popravak, je temeljito čišćenje oštećenog dijela betona. Sva oštećena zrma i razorenje dijelova treba isprati i udaricama čekića utvrditi da je čišćenje i odstranjivanje obavljeno do zdravoga betona. Zaostala sitnija zrma agregata treba odstraniti čišćenjem rotirajućim četkama ili pjeskarenjem.

Iako laboratorijskim ispitivanjem otpornosti na mraz za svega nekoliko mjeseci želimo saznati što će se dogoditi za pedeset godina, smatra se, da su ona dugotrajna i skupila. Obično se izvode samo u sklopu prethodnih ispitivanja za objekte s većim zahtjevima kvalitete i opremljenjem radovima. Za kontrolna ispitivanja i kontroli radova primjenjuju se metode koje indirektno govore o otpornosti na mraz. To su kontroli vodootpornosti, faktora i količine uvrštenog zraka u svježem betonu, faktor razmaka pora, apsorpcija vode itd. u izvesti vezni sloj s dodatkom latexa ili acryla. Odmrah