

PROTOKOL č. 2020/11/06

Názov a adresa zákazníka:

TUNROAD Engineering
Ružinovská 40
821 03 Bratislava

Číslo objednávky:

AP/2020/014/006

Číslo zákazky:

P-105-0022/20

PREDMET SKÚŠKY

Výrobok:

betón

Stavba/objekt:

Most č. M5850 na ceste II/547

VZORKA

Druh a počet skúšobných telies:

3 ks – jadrové vývrty
MO 1, MO 2, MP 1,

Miesto odberu:

stavba

Dátum a miesto prevzatia vzoriek:

18.9.2020 odber vývrtov pracovníci SvF TUKE

Stav telies/skúšobného povrchu pri prevzatí:

prirodzene vlhký po odvrtaní

Označenie vzoriek podľa laboratória:

opora : **MO 1 ex, MO 1 stred, MO 1 in,**
opora : **MO 2 ex, MO 1 stred, MO 1 in**
podpera: **MP 1 ex, MP 1stred, MP 1 in**

Ošetrovanie/spracovanie/ telies po dodaní:

Uloženie v laboratórnom prostredí

SKÚŠKY

Skúšobný postup:

STN EN 14630 (732109) 2007: Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Skúšobné metódy. Skúšanie hĺbky karbonatizácie v zatvrdnutom betóne fenolftaleínovou metódou.

STN EN 14629 2007: Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Skúšobné metódy. Stanovenie obsahu chloridov v zatvrdnutom betóne.

STN 73 1316 1989 Stanovenie vlhkosti, nasiakavosti a vztlánavosti betónu

STN EN 196-2 2013: Metódy skúšania cementu. Časť 2: Chemický rozbor cementu

Skúšky boli vykonané v súlade s uvedenými normami.

Odchýlka od normalizovanej
skúšobnej metódy:

Bez odchýlok

Podmienky počas skúšania:

Teplota: 22°C, Relatívna vlhkosť $\Phi = 55\%$

TAB.1 POUŽITÉ MERADLÁ A ZARIADENIA

Evidenčné číslo	Názov	Rozsah	Jednotka	Delenie
1252/90	Acidimeter 333 / pH	0-14	-	0.01
1252/90	Acidimeter 333/ chloridy	0-240	mV	0.1
C2760/08	analytické váhy Mettler Toledo	0-200	g	0.0001
C4571/12	sušiareň Matest	0-220	°C	0.1
N 902/87	posuvné meradlo	0-170	mm	0.01

VÝSLEDKY:

TAB.2 Popis betónu po separácii častkových vzoriek k posúdeniu chemickej degradácie

odber	dĺžka l / priemer d [mm]	Popis stavu vývrtov
opora MO 1	152/ 105,2	MO 1 ex - povrch so zvyškom kompaktného náteru, karbonatizácia do cca 25mm vo vzdialenosti 30 mm od ex prítomná výstuž (okolie výstuže už alkalická reakcia) MO 1 stred - torzo vývrtu po stanovení pevnosti v tlaku l=105mm MO 1 in - karbonatizácia do vzdialenosti 7-10mm(od vnútorného okraja) Poznámka: vo vzdialenosti 35 mm a 125mm od exteriéru pozorované 2ks výstuží (okolie výstuží alkalická reakcia, bez známkov výraznejšej korózie)
opora MO 2	231/ 105,2	MO 2 ex: do cca 100mm karbonatizácia MO 2 stred: l=105 mm bez karbonatizácie MO 2 in do 20mm karbonatizácia Poznámka: prítomné kavity, okraj vývrtu pod ochranným náterom vlhký, skondenzovaná voda
podpera MP 1	210 / 105,20	MP 1 ex : pod ochrannou fóliou do cca 32mm karbonatizácia MP 1 stred: slabšia alkalická reakcia MP 1 in: slabšia alkalická reakcia Poznámka: Bez výstuže, betón s homogénnou štruktúrou, prítomné kavity

TAB.3 Výsledky posúdenia chemickej degradácie

vývrt	Čiastkové vzorky	pH $\pm 0,1$ [-] ETAPA KARBONATIZÁCIE	c(Cl ⁻) $\pm 0,01$ [%]	c (SO ₄ ⁻²) $\pm 0,01$ [%]
MO 1	MO 1 ex	10,5 II.etapa*	0,25	2,52
	MO 1 stred	10,8 I. etapa	0,21	6,30
	MO 1 in	11,1 I.etapa	0,051	5,74
MO 2	MO 2 ex	10,6 II.etapa	2,39	5,41
	MO stred	11,2 I.etapa	0,02	8,08
	MO 2 in	10,9 I.etapa	0,01	6,76
MP 1	MP 1 ex	10,1 II.etapa	2,19	4,95
	MP 1 stred	11,0 I.etapa	0,02	6,76
	MP 1 in	10,8 II.etapa	0,05	7,30

Poznámky:

* **zatriedenie karbonatizácie podľa stanovených hodnôt pH výluhov získaných pre danú vzorku po separácii podľa [1]**

** **výsledok semikvantitatívneho testovania síranov – na základe pozitívnosti reakcie sa vykonalo doplňujúce analytické stanovenie síranov, uvedené v TAB. 3 v prepočte na suchú vzorku**

Skúšky vykonala: 1.10.2020 – 6.10.2020

RNDr. Eva Terpáková, PhD.

Protokol vypracovala: 6.10.2020

RNDr. Eva Terpáková, PhD.

Kontroloval a schválil: 12.10.2020

.....
doc. Ing. Alena Sičáková, PhD.
vedúca LMaEI

Príloha č. 1: Odborný komentár k výsledkom posúdenia degradácie betónu

Príloha č. 2: Fotodokumentácia odberov ku posúdeniu

Poznámky:

- **Výsledky skúšok sa týkajú len predmetu skúšok, a protokol nenahrádza iné právne dokumenty, ktoré sú požadované orgánmi štátnej správy.**
- **Protokol o skúške môže byť reprodukován iba ako celok. Na reprodukciu časti protokolu je potrebný písomný súhlas skúšobného laboratória**

----- **Koniec protokolu o skúške** -----

ODBORNÁ SPRÁVA KU SPRACOVANIU VZORIEK A HODNOTENIU POSTUPU DEGRADÁCIE

1.Odbery:

Vzorky betónov boli za bezpečnostných opatrení odobraté vrtacou súpravou s vodným chladením pracovníkmi **Centra výskumu a inovácií v stavebníctve** SvF TUKE a následne prevezené do Laboratória UEI SvF na ďalšie spracovanie. Presné miesta odberov sú zdokumentované u zadávateľa. Výsledky posúdenia pevností v tlaku sú uvedené v samostatnom Protokole **Centra výskumu a inovácií v stavebníctve**.

Ku posúdeniu degradačných zmien sa doručili vzorky betónových vývrtov z odberných miest s pracovným označením: **MO 1, MO 2, MP 1**. Predkladaná Správa k Protokolu č.2020/11/06 sa týka posúdenia chemickej degradácie betónu. V súlade s požiadavkou zadávateľa bolo realizované spracovanie vzoriek pre potreby stanovenia konkrétne:

karbonatizácie, obsahu chloridov a síranov.

2.Postup spracovania betónov

Pre posúdenie chemických zmien boli prevzaté vzorky betónu (v zmysle vyššie uvedeného označenia)

- **odrezky, ktoré sa získali z okrajových častí jadrových vývrtov (po zarovnaní betónu pred stanovením pevnosti v tlaku),**
- **torzá vývrtov z uvedených odberných miest (až po odskúšaní pevnosti v tlaku),**

Stručný popis čiastkových vzoriek z hľadiska testovania karbonatizácie podľa normy STN EN 14630 (732109) 2007 [3], je uvedený v TAB. 2. V rámci základného chemického testovania karbonatizácie t.j. zmien **alkalickej reakcie** podľa postupov [3], t.j. na základe výsledku chemickej reakcie očistenej plochy betónu pomocou indikátora, kedy sa zistili individuálne slabšie pH reakcie predovšetkým v povrchových - okrajových častiach všetkých vývrtov.

Ku ďalšiemu chemickému posúdeniu sa mechanicky spracovali odrezky vývrtov (*ex*- vonkajšia a *in* - vnútorná vrstva), ako aj stredné časti vývrtov po stanovení pevnosti v tlaku (s označením: *stred*). Všetky čiastkové vzorky boli presušené, mechanicky spracované, zhomogenizované, presitované na zrnitosť $\phi < 0.5\text{mm}$ a opätovne presušené. Z práškového podielu získaných vzoriek sa pripravili vodné výluhy na presné stanovenie chloridov a alkalických zmien (*pH hodnôt*) potenciometrickou metódou. Zároveň sa vykonali testy na semikvantitatívne posúdenie prítomnosti síranov, nakoľko sa testovaním zistili pozitívne reakcie, boli koncentrácie síranov spresnené analytickým stanovením. Získané výsledky sú uvedené v Protokole č. 2020/11/06, TAB. 3.

3.Posúdenie alkalickej reakcie – indikátor karbonatizácie

Na základe všeobecných poznatkov z odbornej literatúry [1], [2] je známe, že betón časom mení svoju kvalitu . Najčastejším druhom degradácie betónu je karbonatizácia, ktorá sa v zatvrdnutom betóne po n- rokoch jeho užívania **môže semikvantitatívne dokázať podľa normového postupu** STN EN 14630 (732109):2007 [3]. Pod **karbonatizáciou** je chápaný proces, ktorý prebieha v betóne za určitých fyzikálno-chemických podmienok (dôležité sú vlhkosť, teplota, koncentrácia CO_2 v ovzduší, resp. vo vode, ak ide o pôsobenie náporovej vody [1],[2], pričom za účelom určenia tzv. **etapy karbonatizácie** sa doporučuje stanovenie presnej hodnoty pH [2] výluhov pripravených z betónu. Rozlišujeme 4. etapy karbonatizácie, ktoré zároveň slúžia ako miera na posúdenie postupu degradácie. I. etapa karbonatizácie ($\text{pH} > 10,8$) a II. etapa karbonatizácie ($\text{pH} = 10,8-9,6$) ešte nepredstavujú výrazný dopad na mechanické vlastnosti betónu. V III. etape karbonatizácie (ak je hodnota $\text{pH} = 8,0 \approx 9,6$) pôsobením CO_2 spolu s vlhkosťou prostredia dôjde ku rekryštalizácii CaCO_3 , a mechanické vlastnosti betónu sa zhoršujú. V IV. etape karbonatizácie ($\text{pH} < 8$), môže dôjsť až k strate súdržnosti betónu [1].

Výsledky pH hodnôt získané meraním výluhov betónových vzoriek sú v TAB. 3. U všetkých odrezkov MO 1, MO 2 resp. MP 1 sa v povrchových vrstvách (**označenie ex**) sa stanovili nižšie hodnoty pH, podľa literatúry[1],[2] sa potvrdila 2. etapa karbonatizácie.

Čo sa týka častí vývrtov – torzá po stanovení pevnosti v tlaku, boli zistené rozdielne hodnoty v rozpätí pH \approx 10,8 -11,1 čo signalizuje I. etapu karbonatizácie, detailnejšie výsledky sú v TAB. 3.

Posúdenie chloridov

V pripravených výluhoch sa pre každú čiastkovú vzorku stanovili chloridy [4] potenciometrickým spôsobom. Výsledky stanovení vyjadrené v prepočte na suchú navážku čiastkových vzoriek, sú v TAB.3.

Pri vývrtoch **MO 1 a MO2 a MP 1** sa potvrdil trend znižovania koncentrácie chloridov v smere odvrtania. Najvyššia koncentrácia chloridov ($c(\text{Cl})=2,39\%$) bola stanovená pre odber MO 2 ex.

Posúdenie síranov

Vo vzorkách výluhov sa vykonali najprv semikvantitatívne skúšky síranov, po potvrdení prítomnosti sa doplnili presné analytické stanovenia. Prepočítané koncentrácie (vždy na suché navážky vzoriek) sú uvedené v Protokole č. 2020/11/06, TAB. 3. Pri porovnaní výsledkov sa zistil určitý trend nakoncentrovávania síranov smerom do vnútrajška vzoriek, u vývrtov MO 1 a MO 2 najvyššie koncentrácie boli v strede vz. 8,3%, resp. 8,08 u vz. MP 1 bol trend nakoncentrovávania smerom do vnútrajška vzorky.

Zhrnutie posúdenia:

- odobraté vzorky podľa hodnotení [1] sú max. v II. etape karbonatizácie – v povrchových vrstvách pre všetky vývrty MO 1, MO 1, MP 1.
- prienik chloridov pri odberoch **MO 1 a MO 2** má trend znižovania v smere odvrtania. Pre vz. MP 1 boli stanovené pomerní nízke hodnoty chloridov
- z TAB.3 vyplýva, že vo všetkých vzorkách je potvrdená prítomnosť síranov, čo signalizuje možnú síranovú degradáciu, u vz. MP 1 bol trend nakoncentrovania síranov smerom do vnútrajška vzorky. U vzoriek MO 1 a MO 2 bol potvrdený analogický trend – zvýšenie síranov v strede odobratých vzoriek.

Zistené skutočnosti doporučujeme zohľadniť pri ďalších sanačných postupoch.

Literárne zdroje:

- [1] Matoušek, M.- Drochytka, R.: Atmosférická koroze betonů. IKAS, 1998, p. 171, ISBN 80-902558-0-9
- [2] TERPÁKOVÁ E. Diagnostika stavebných konstrukcií TU, SvF Košice: 2019, 113 s. ISBN 978-80-553-3497-4
- [3] STN EN 14630 (732109) 2007: Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konstrukcií. Skúšobné metódy. Skúšanie hĺbky karbonatizácie v zatvrdnutom betóne fenolftaleínovou metódou.
- [4] STN EN 14629 2007: Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konstrukcií. Skúšobné metódy. Stanovenie obsahu chloridov v zatvrdnutom betóne
- [5] STN 73 1316 1989 Stanovenie vlhkosti, nasiakavosti a vztlínivosti betónu
- [6] STN EN 196-2 2013: Metódy skúšania cementu. Časť 2: Chemický rozbor cementu

Príloha č.2. k Protokolu č. 2020/11/06: Fotodokumentácia odberov ku posúdeniu



obr.1 Odbery MP 1, MO 1 MO 2 , Most Hlinková, testovanie karbonatizácie – vonkajší povrch



Obr. 2. Testovanie karbonatizácie - vnútrojšok vývrtu MO1



Obr. 3. Testovanie karbonatizácie - vnútorná časť vývrtu MO2



Obr.4 Posúdenie karbonatizácie, vnútrojšok vývrtu vz. MP 1

Vypracovala: RNDr. Eva Terpáková, PhD., UEI SvF

Dátum: 6.10.2020