



PROTOKOL č. 2020/11/05

Názov a adresa zákazníka:

TUNROAD Engineering, s.r.o.
Ružinovská 40
821 03 Bratislava

Číslo objednávky:

AP/2020/014/002

Číslo zákazky:

P-105-0018/20

PREDMET SKÚŠKY

Výrobok:

betón

Stavba/objekt:

Lávka ponad železnicu pri moste M5850

Druh a počet skúšobných telies:

3 ks - jadrové vývrty, betón:

Opora: **LO 1**

Podpera: **LP 1**

Nosník: **LN 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 : **LO 1 ex, LO 1 stred a, LO 1stred b LO 1 in,**

podpera : **LP 2 ex, LP 1 stred, LP 1 in**

nosník: **LN 1 ex, LN 1stred, LN 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 vztlínivosti 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 čiastkových vzoriek k posúdeniu chemickej degradácie

vz. odber	celková dĺžka l / priemer d [mm]	Popis stavu odseparovaných vrstiev vývrtu, zmeny karbonatizácie
opora LO 1	152/ 105,2	LO 1 ex vonkajší povrch - zvyšok náteru žltej farby, pod náterom slabá pH reakcia (karbonatizácia) až do cca 17- 20mm LO 1 streda (okraj vývrtu po zarovnaní na stanovenie pevnosti) nepravidelný priebeh alkalické reakcie, slabšia reakcia až do 30 mm od ex. LO 1 stred b priemerná vz. vnútrajšok vývrtu bez karbonatizácie LO 1 in vnútorná časť opory, alkalická reakcia - bez karbonatizácie Poznámky: cca 120 mm od exteriéru prítomná výstuž, okolie výstuže bez karbonatizácie do 90 mm od exteriéru pozorovaná pozdĺžna prasklina
podpera LP 1	230/ 105,10	LP 1 ex bez reakcie cca 25-28 mm (karbonatizácia) LP 1 stred slabšia alkalická reakcia LP 1 in slabšia alkalická reakcia Poznámky: prítomné kavity, bez výstuže
nosník LN 1	103/ 105,00	LN 1 ex vonkajší okraj do 10 mm, slabšia pH reakcia LN 1 stred vývrtu súdržný betón , bez karbonatizácie

TAB.3 Výsledky posúdenia chemickej degradácie lávka

vývrt	Čiastkové vzorky	pH \pm 0,1 [-] ETAPA KARBONATIZÁCIE	c(Cl) \pm 0,01 [%]	c (SO ₄ ⁻²) \pm 0,01 [%]
LO 1	LO1 - ex	9,4 III. ETAPA *	0,21	5,50
	LO1-okraj stredu do 10 mm	10,5 II. ETAPA	0,23	5,71
	LO 1 - stred (priemer)	11,2 I. ETAPA	0,18	7,194
	LO 1- in (okolie výstuže do 10mm)	11,2 I. ETAPA	0,03	3,31
LP 1	LP 1- ex	9,2 III. ETAPA	0,21	2,84
	LP 1 -stred	11,0 I. ETAPA	0,23	6,12
	LP 1 -in	11,0 I. ETAPA	0,22	8,79
LN 1	LN 1 - ex	10,3 II. ETAPA	0,21	2,98
	LN 1 -stred	10,9 I. ETAPA	0,19	5,36

Poznámky:

* *zatriedenie karbonizácie 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*

*** *ex = exterie stred = časť vývrtu po stanovení pevnosti v tlaku, in = vnútrojšok miesta odberu*

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 reprodukcii 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: **LO 1, LP 1, LN 1**. Predkladaná Správa k Protokolu č.2020/11/05 sa týka posúdenia chemickej degradácie betónu. V súlade s požiadavkou zadávateľa bolo realizované spracovanie vzoriek pre potreby stanovenia:

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 uvedených jadrových vývrtov (z dôvodu potreby ich zarovnania pre stanovenie pevností v tlaku),**
- **torzá vývrtov z uvedených odberných miest (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, 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-vnútna 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 práškoveho podielu získaných vzoriek sa pripravili vodné výluhy na presné stanovenie chloridov a alkalickej reakcie (*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. 2020/11/05, 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 odrezkov LO 1, LP 1sa v povrchových vrstvách v súlade s literatúrou [1],[2] potvrdila už 3. etapa karbonatizácie. Čo sa týka častí vývrtov – torzá po stanovení pevnosti v tlaku, boli zistené rozdielne hodnoty v rozpätí $\text{pH} \approx 10,5 - 10,9$ čo signalizuje II. etapu karbonatizácie, detailnejšie výsledky v TAB. 3.

Posúdenie chloridov

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

Pri vývrtoch **LN1 a LO 1** sa zistil trend znižovania koncentrácie chloridov v smere odvrtnia. Pre vývrt **LP 1** nie je jednoznačný trend v nakoncentrovávaní chloridov. Najvyššia koncentrácia sa stanovila vo vzorke **LP 1 stred**, čo môže súvisieť so štruktúrou vzorky (prítomné kavity).

Posúdenie síranov

Vo vzorkách výluhov sa vykonalo najprv semikvantitatívne posúdenie prítomnosti síranov. Prakticky vo všetkých vzorkách sa potvrdili pozitívne reakcie. Z tohto dôvodu boli doplnené aj analytické stanovenia koncentrácií síranov. Prepočítané koncentrácie (vždy na suché navážky vzoriek sú uvedené v Protokole č. 2020/11/05, TAB. 3. Pri porovnaní výsledkov sa zistil určitý trend nakoncentrovávania síranov smerom do vnútrajška vzoriek, u vývrtov LP 1 a LN 1 boli koncentrácie síranov vyššie vo vnútorných častiach (LP 1 in: 5,86% , LN 1 in 5,36%). U odberu LO 1 sa zistilo, že najvyššie koncentrácie síranov sú vo vnútrajšku odberu LO 1 stred=7,19 %, kým okrajové časti mali nižšie koncentrácie.

Zhrnutie posúdenia:

- odobraté vzorky podľa hodnotení [1] sú max. v III. etape karbonatizácie – v povrchových vrstvách pre LO 1 ex a LP 1 ex,
- prienik chloridov pri odberoch **LN1 a LO 1** má trend znižovania v smere odvrtnia. V okolí výstuže LO 1 bola stanovená nízka koncentrácia chloridov, čo je pozitívne zistenie. Pre odber **LP 1** nie je jednoznačný postup prieniku chloridov. Najvyššia koncentrácia sa stanovila pre vzorku **LP 1 stred**, čo môže súvisieť so štruktúrou vzorky (boli prítomné kavity)
- z TAB.3 vyplýva, že vo všetkých vzorkách je potvrdená prítomnosť síranov, čo signalizuje možnú síranovú degradáciu

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 konštrukcií 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 konštrukcií. Skúšobné metódy. Skúšanie hĺbky karbonatizácie v zatvrdnutom betóne fenolftaleínovou metódou.

- [4] STN EN 14629 2007: Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Skúšobné metódy. Stanovenie obsahu chloridov v zatvrdnutom betóne
- [5] STN 73 1316 1989 Stanovenie vlhkosti, nasiakavosti a vzlínivosti betónu
- [6] STN EN 196-2 2013: Metódy skúšania cementu. Časť 2: Chemický rozbor cementu

Príloha č.2. k Protokolu č. 2020/11/05: Fotodokumentácia odberov ku posúdeniu



Obr.1 Posúdenie karbonatizácie vývrtu vz. LO 1 (vonkajší povrch)

Obr. 2. Testovanie karbonatizácie - vnútorná časť vývrtu LO 1



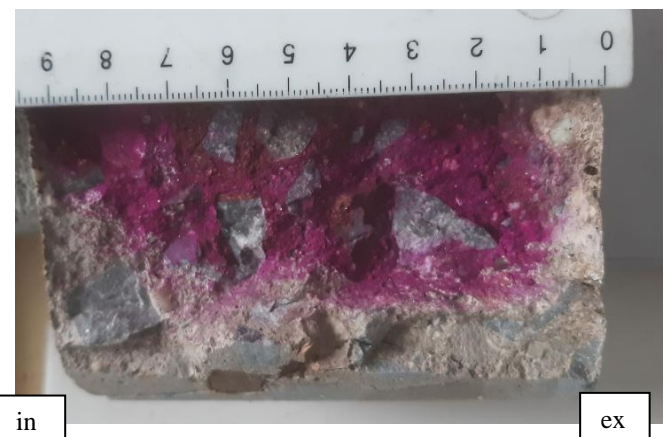
Obr.3 Posúdenie karbonatizácie vývrtu vz. LP 1 (vonkajší povrch)



Obr. 4 Priebeh zmeny alkalickej reakcie, vnútorná časť vývrtu LP1



Obr.5 Posúdenie karbonatizácie vz. LN 1



Obr. 4 Alkalickej reakcie plochy torza vz.vývrtu LN 1

Vypracovala: RNDr. Eva Terpáková, PhD., UEI SvF Dátum: 6.10. 2020

Eva Terpáková