



Horský s.r.o.

stavební laboratoř, diagnostika staveb

Klánovická 286/12, 194 00 Praha 9, tel./fax: 281860623 mobil: 603540691 Email: lab@horsky.cz

počet stran zprávy: 25

Akce:
II/322 Týnec nad Labem, most ev.č. 322-005 - diagnostika

zpráva č. D 43/18

Diagnostický průzkum mostu ev.č. 322-005
koncept

Objednatel: **Krajská správa a údržba silnic Středočeského kraje,
příspěvková organizace**
se sídlem: Zborovská 11, 150 21 Praha 5

Řešitel: **Horský s.r.o.**
se sídlem: Klánovická 286/12, 194 00 Praha 9

Zpracoval
Ing. Tomáš Vavříník
/Vedoucí laboratoře/

Schválil
Ing. Jan Horský
/AI pro zkoušení a diagnostiku staveb/

Říjen 2018

OBSAH

1. ÚVOD	3
2. STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE	3
3. ZJIŠTĚNÍ KVALITY BETONU A JEHO FYZIKÁLNĚ-MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ	5
3.1. Odběr jádrových vývrtů	5
3.2. Vizuální popis vývrtů a jejich parametry	6
3.3. Zkoušky fyzikálně-mechanických vlastností betonu na vývrtech	10
3.4. Pevnost v tahu povrchových vrstev	12
3.5. Hloubka karbonatace betonu	13
3.6. Zkouška odolnosti povrchu betonu proti vodě a chemickým rozmrazovacím látkám	14
4. ZKOUŠKY KONTAMINACE BETONU CHLORIDOVÝMI IONTY	15
4.1. Metodika zkoušek	15
4.2. Analýzy	15
5. KOLORIMETRICKÉ STANOVENÍ PŘÍTOMNOSTI KOROZNÍCH GELŮ OD ASR	17
5.1. Zkušební vzorky	17
5.2. Kolorimetrické zkoušky	17
5.3. Výsledky zkoušek	17
6. PRŮZKUM VÝZTUŽE	19
6.1. Metodika nedestruktivního zjištění výztuže	19
6.2. Destruktivní ověření stavu a průměru výztuže	19
6.3. Výztuž dříků opěr	19
6.4. Výztuž úložných prahů opěr	19
6.5. Výztuž mezilehlých pilířů	22
7. STANOVENÍ MÍRY KOROZE NOSNÉ KONSTRUKCE	23
7.1. Metodika zkoušek	23
7.2. Výsledky zkoušek	23
8. ZÁVĚR – SHRUTÍ VÝSLEDKŮ	25

1. ÚVOD

Na základě smlouvy č. 2776/00066001 ze dne 5.10.2018 s Krajskou správou a údržbou silnic Středočeského kraje, PO byl firmou Horský s.r.o. proveden diagnostický průzkum mostu ev.č. 322-005 a přilehlých opěrných zdí a geotechnický průzkum přilehlého násypového tělesa.

Předkládaná zpráva popisuje provedený diagnostický průzkum mostu ev.č. 322-005 a jeho výsledky. Diagnostický průzkum mostu ev.č. 322-005 byl zaměřen převážně na spodní stavbu mostu.

2. STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE

Předmětem diagnostického průzkumu byl most ev. č. 322-005 „Most přes Labe v Týnci nad Labem“. Most se nachází na km 11,331 silnice II/322 ve městě Týnec nad Labem (obrázek č. 1), Středočeský kraj (okres Kolín).

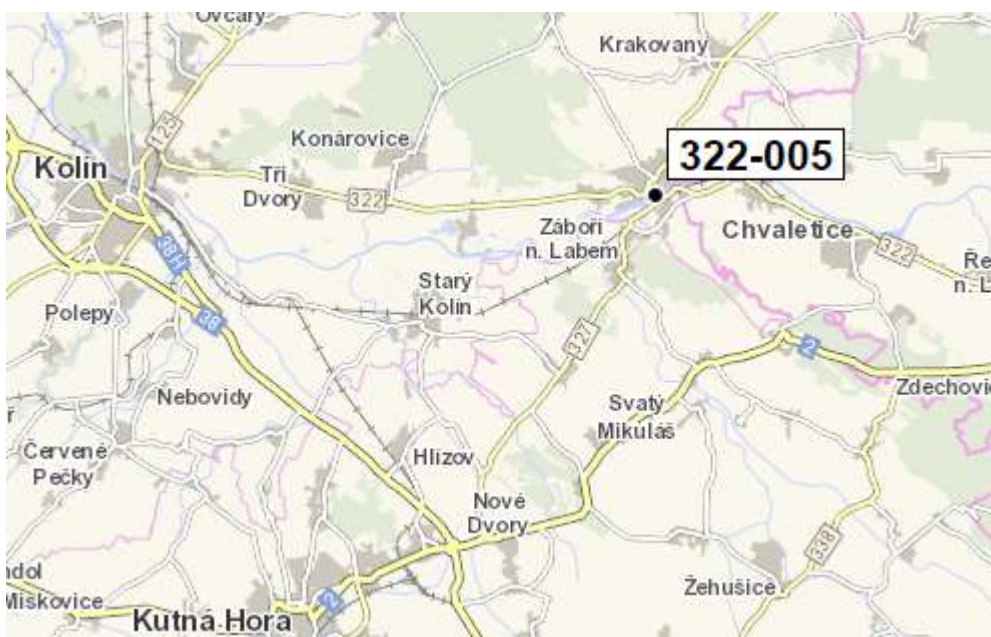
Jedná se o silniční most, jehož tři spojitá mostní pole převádí silnici II/322 přes Labe. Délka přemostění je 110,40 m a délka nosné konstrukce (NK) mostu je 114,00 m. Volná šířka na mostě je 14,70 m a celková šířka mostu je 15,00 m. Most je šikmý, levá šikmost 90,90 g. Rok postavení je 1979.

Nosná konstrukce je spojitou spřaženou konstrukcí ocel-beton. Rozpětí mostních polí je 30+52+30 m. V každém mostním poli je 7 ks plnostěnných ocelových svařovaných nosníků. Výška nosníků je udávána jako 2,10 m. Spřažená železobetonová (ŽB) deska má tloušťku 0,22-0,32 m. Nad koncovými opěrami i mezilehlými podpěrami je NK opatřena ŽB příčníky. NK je uložena na hrncová ložiska.

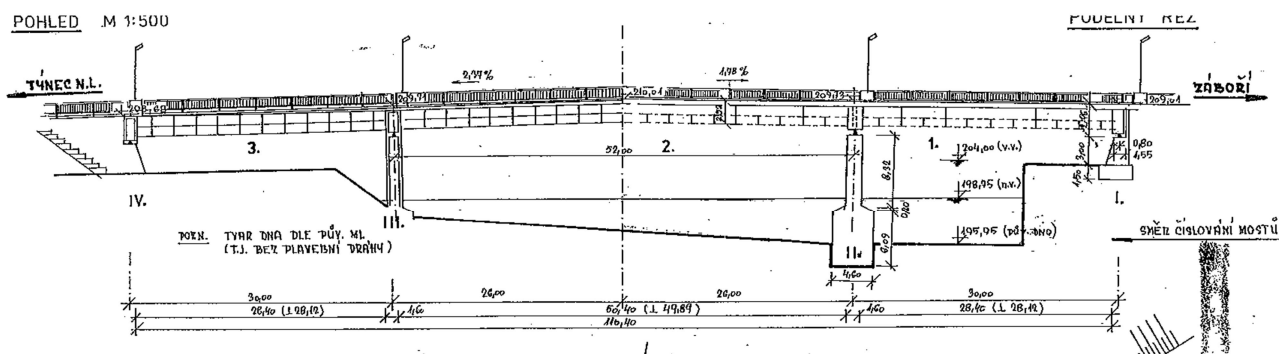
Koncové opěry jsou spolu s mezilehlými pilíři plně masivní z ŽB.

Údaje o mostu byly převzaty z mostního listu. Při diagnostickém průzkumu byla použita konvence číslování opěr a značení stran (pravá, levá) podle staničení převáděné komunikace (tj. směr Kolín – Pardubice).

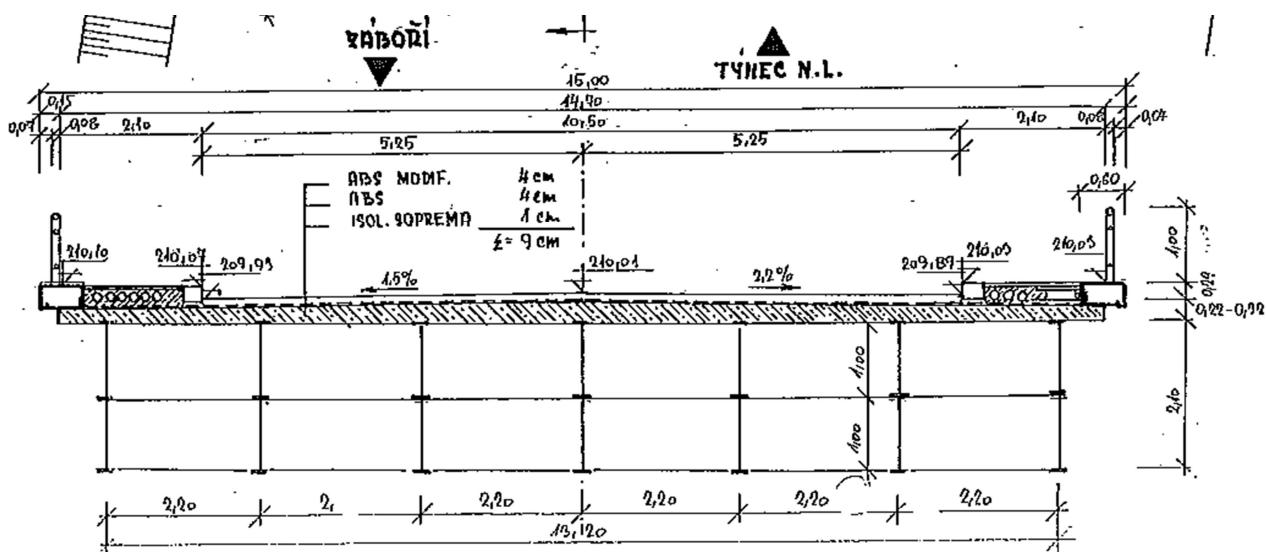
Předmětem průzkumu byla zejména spodní stavba mostu. Účelem bylo zjistit základní fyzikálně mechanické vlastnosti betonu a stav výztuže z důvodu přípravy sanace mostu.



Obrázek č. 1: Poloha konstrukce (zdroj: geoportal.rsd.cz)



Obrázek č. 2: Podélný řez



Obrázek č. 3: Příčný řez



Obrázek č. 4: Pohled na most zprava



Obrázek č. 5: Podhled NK v prvním mostním poli – patrný je tvar nosníků i tvar nadpodporového příčnicku



Obrázek č. 6: Šířkové uspořádání na mostě – pohled proti směru staničení

3. ZJIŠTĚNÍ KVALITY BETONU A JEHO FYZIKÁLNĚ-MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ

3.1. Odběr jádrových vývrtů

Celkem bylo provedeno 11 jádrových vývrtů – 2 vývrty byly průměru DN 150 a sloužily pro zkoušky odolnosti betonu proti vodě a chemickým rozmrazovacím látkám (CHRL). Celkem 9 vývrtů bylo průměru DN 100. Tři z nich byly odebrány z koncových příčnicků NK a zbylé vývrty byly odebrány ze spodní stavby mostu. Všechny vývrty průměru DN 100 byly použity pro vyšetření základních fyzikálně-mechanických vlastností betonu.

3.2. Vizuální popis vývrtů a jejich parametry

Spodní stavba – opěry

Tabulka č. 1: Popis vývrtů V4-V5

Označení vývrtu		V4	V5
Laboratorní číslo		1520/18	1521/18
Poloha vývrtů		OP1 – úložný práh 3,1 m od pravého líce OP 1,4 m nad terénem	OP1 – dřík 4,4 m od levého líce OP 1,0 m nad terénem
Vývrt - průměr / délka	mm	99,5/ 240	99,5/ 265
Popis vývrtu		- beton hutný bez poruch - vývrt rozlomen při odběru	- beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrna	mm	rovnoměrné větší množství (cca 40 %) HTK + příměs HDK / 38 x 14	rovnoměrné větší množství (cca 40 %) HTK + příměs HDK / 46 x 17
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / velmi malé - -	hutný beton velmi malé / malé 4 -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 7: Vývrt V4



Obrázek č. 8: Vývrt V5

Tabulka č. 2: Popis vývrtů V11-V12

Označení vývrtu		V11	V12
Laboratorní číslo		1789/18	1790/18
Poloha vývrtů		OP4 – úložný práh 2,8 m od levého líce OP 1,5 m nad terénem	OP4 – dřík 5,0 m od pravého líce OP 0,8 m nad terénem
Vývrt - průměr / délka	mm	99,5/ 280	99,5/ 270
Popis vývrtu		- beton hutný bez poruch	- beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrno	mm	rovnoměrné větší množství (cca 40 %) HTK + příměs HDK / 38 x 26	rovnoměrné větší množství (cca 40 %) HTK + příměs HDK / 39 x 31
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / velmi malé 2 -	hutný beton velmi malé / velmi malé 2 -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 9: Vývrt V11



Obrázek č. 10: Vývrt V12

Spodní stavba – mezilehlé podpěry (pilíře)

Tabulka č. 3: Popis vývrtů V6-V7

Označení vývrtu		V6	V7
Laboratorní číslo		1709/18	1710/18
Poloha vývrtů		Pilíř P2 – líc k OP1 2,5 m od pravého líce 1,3 m nad terénem	Pilíř P2 – líc k OP1 střed délky 1,2 m nad terénem
Vývrty - průměr / délka	mm	99,5/ 250	99,5/ 260
Popis vývrtu		- beton hutný bez poruch	- beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrno	mm	rovnoměrné větší množství (cca 40 %) HTK + příměs HDK / 25 x 18	rovnoměrné větší množství (cca 40 %) HTK + příměs HDK / 34 x 19
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / velmi malé 1 -	hutný beton velmi malé / velmi malé 2 -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 11: Vývrt V6



Obrázek č. 12: Vývrt V7

Nosná konstrukce – příčníky

Tabulka č. 4: Popis vývrtů V8-V9

Označení vývrtu		V8	V9
Laboratorní číslo		1711/18	1787/18
Poloha vývrtů		NK – příčník nad OP1, líc k P2 mezi 2. a 3. nosníkem zprava 0,3 m nad dolní hranou příčníku	NK – příčník nad OP4, líc k P3 6,2 m od levého líce 0,4 m nad dolní hranou příčníku
Vývrty - průměr / délka	mm	94,4 / 105	94,2/ 215
Popis vývrtu		- beton hutný bez poruch	- beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrna	mm	rovnoměrné větší množství (cca 40 %) HTK + příměs HDK / 34 x 18	rovnoměrné větší množství (cca 40 %) HTK + příměs HDK / 34 x 20
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / velmi malé 1 -	hutný beton velmi malé / velmi malé 2 -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 13: Vývrt V8



Obrázek č. 14: Vývrt V9

Tabulka č. 5: Popis vývrtu V10

Označení vývrtu		V10
Laboratorní číslo		1788/18
Poloha vývrtů		NK – příčník nad OP4, levý líc 0,6 m od čelního líce 1,1 m nad dolní hranou příčníku
Vývrt - průměr / délka	mm	94,2/ 280
Popis vývrtu		- beton hutný, pouze do hl. 15 mm od čela vývrtu nedohutněnosti - bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrna	mm	rovnoměrné větší množství (cca 40 %) HTK + příměs HDK / 41 x 26
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / velmi malé 5 -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	Ø18 mm v hl. 15 mm -



Obrázek č. 15: Vývrt V10

3.3. Zkoušky fyzikálně-mechanických vlastností betonu na vývrtech

Po provedení popisu a fotodokumentaci byly vývrtky vhodně rozřezány na jednotlivé zkušební vzorky pro zjištění objemové hmotnosti a pevnosti v tlaku.

Objemová hmotnost byla určena na částech bez výztuže dle ČSN EN 12390-7. Nasákavost betonu byla vyzkoušena dle ČSN 73 1316. Pevnost v tlaku jednotlivých zkušebních těles byla vyzkoušena dle ČSN EN 12504-1 a stanovení krychelné pevnosti bylo provedeno dle ČSN EN 12504-1 s využitím převodních vztahů uvedených v TKP 18. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6: Výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických vlastností betonu na vývrtech

Prvek	Označení vývrtu	Lab. číslo	Objemová hmotnost (ČSN EN 12390-7) [kg/m³]	Pevnost v tlaku na jednotlivých tělesech (ČSN EN 12390-3 Z1) [MPa]		Průměrná krychelná pevnost v tlaku [MPa]	Nasákavost betonu (ČSN 73 1316) [%]
SPODNÍ STAVBA							
OP1 – ÚP	V4	1707/18	2410	52,7	54,7	53,7	5,3
OP1 – dřík	V5	1708/18	2400	41,7	38,3	40,0	6,3
OP4 – ÚP	V11	1789/18	2350	32,6	32,1	32,3	4,0
OP4 – dřík	V12	1790/18	2400	50,5	52,9	51,7	3,4
Pilíř P2	V6	1709/18	2340	43,2	35,0	39,1	5,6
Pilíř P2	V7	1710/18	2280	40,3	44,5	42,4	9,2
KONCOVÉ PŘÍČNÍKY							
Příčník nad OP1	V8	1711/18	2400	38,3	-	38,3	6,6
Příčník nad OP4	V9	1787/18	2370	54,9	54,1	54,5	8,5
Příčník nad OP4	V10	1788/18	2370	31,0	53,1	42,1	5,5

Následně byla vypočtena charakteristická pevnost betonu. Z vizuálního popisu vývrtů lze odvodit, že pro výstavbu spodní stavby bylo použito betonu stejného typu. Pro výpočet charakteristické pevnosti proto bylo užito všech 6 vývrtů. Vzhledem k počtu vývrtů a velikosti ověřovaných celků, byla pro výpočet charakteristické pevnosti použita norma ČSN EN 1990, která je obecně konzervativnější než norma ČSN EN 13791. Vypočtená charakteristická pevnost byla nakonec zaříděna do pevnostních tříd uvedených v ČSN EN 206+A1.

Vypočtené charakteristické pevnosti

Spodní stavba:

ČSN EN 1990: **28,6 MPa** → zaříděno do **C25/30** dle ČSN EN 206+A1

Koncové příčníky

ČSN EN 1990: **28,9 MPa** → zaříděno do **C25/30** dle ČSN EN 206+A1

Povrch zkušebních míst byl před zkouškou očištěn drátěným kartáčem. Zkušební terče Ø 50 mm byly na konstrukci nalepeny speciálním lepidlem. Po jeho vytvrdnutí bylo zkušební místo ohraničeno kruhovým návrtem vedeným v těsném okolí zkušebních terčů do podkladu zkoušené vrstvy. Poté byla provedena zkouška tahem přístrojem DYNA Z16 (v. č. 1-0964) při rychlosti nárůstu tahového napětí cca 0,06 N/mm².s⁻¹. Pevnost v tahu byla stanovena dle ČSN 73 6242, příloha B. Zkoušením souvrstvím byl vlastní konstrukční beton spodní stavby a koncových příčníků.

Poloha zkoušky konstrukce; poloha	Pevnost v tahu [N/mm ²]	Hloubka lomu [mm]	Charakter porušení *) [% zkoušené plochy]				
			a				y
Spodní stavba							
OP1 – dřík, 4,0 m od pravého líce / 1,5 m pod ÚP	3,22	2-9	100				
OP1 – dřík, 5,5 m od pravého líce / 0,65 m pod ÚP	6,15	-					100
OP1 – dřík, 9,0 m od pravého líce / 1,3 m pod ÚP	2,48	2-3	100				
Pilíř P2 – líc k OP1 střed délky / 1,7 m nad terénem	4,95	2-3	100				
Pilíř P2 – líc k OP1 5,5 m od pravého líce / 1,1 m nad terénem	3,73	-					100
Pilíř P2 – líc k OP1 2,0 m od pravého líce / 1,5 m nad terénem	3,35	-					100
OP4 – dřík, 2,2 m od levého líce / 1,3 m nad terénem	4,41	-					100
OP4 – ÚP, 9,3 m od pravého líce / 0,9 m nad terénem	2,87	do 1	100				
OP4 – ÚP, 2,2 m od levého líce / 1,3 m nad terénem	3,41	-					100
Koncové příčnický							
Příčník nad OP1, čelo 0,95 m od pravého líce / 0,5 m nad ÚP	6,07	-					100
Příčník nad OP1, čelo 4,0 m od pravého líce / 1,5 m nad ÚP	3,78	do 1	100				
Příčník nad OP4, střed šířky levého líce / 0,8 m od dolní hrany	2,01	-					100
Příčník nad OP4, čelo 1,4 m od levého líce / 0,4 m od dolní hrany	2,61	-					100
Pevnost v tahu dle ČSN 73 6242, příloha B							
*) a Kohezní porucha konstrukčního betonu y Porucha zkušebního lepidla							

3.5. Hloubka karbonatace betonu

Dle objednávky byla stanovena i hloubka karbonatace betonu pomocí kolorimetrické zkoušky 1% roztokem fenolftaleinu. Stanovení míry karbonatace pomocí roztoku fenolftaleinu je pouze orientační zkouška, jelikož poukazuje jen na místa s $\text{pH} < 9$. Pro železobetonové konstrukce je však zásadní již hodnota $\text{pH} 9,6$, při které dochází k depasivaci výztuže. Pro přesné určení rozsahu karbonatace je třeba vyhotovení chemických analýz. Změřené hloubky karbonatace betonu jsou uvedeny níže, v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Výsledky zkoušek hloubky karbonatace

Zkušební místo		Hloubka karbonatace [mm]
Spodní stavba		
OP1 – čelo ÚP	jádrový vývrt V4	3
OP1 – čelo dříku	jádrový vývrt V5	7
OP1 – čelo ÚP	sonda k výztuži S6	23
OP1 – pravý líc ÚP	sonda k výztuži S7	0 (pod sanací)
OP1 – střed délky ÚP / 0,1 m nad dříkem	sonda	10
Pilíř P2 – líc k OP1	jádrový vývrt V6	2
Pilíř P2 – líc k OP1	jádrový vývrt V7	2
Pilíř P2 – líc k OP1, střed délky / 1,0 m nad terénem	sonda	3
Pilíř P2 – líc k OP1, 5,4 m od pravého líce / 1,0 m nad terénem	sonda	4
Pilíř P2 – líc k OP1, 2,7 m od pravého líce / 0,7 m nad terénem	jádrový vývrt CH4	3
OP4 – čelo ÚP	jádrový vývrt V11	1
OP4 – čelo dříku	jádrový vývrt V12	8
OP4 – čelo dříku, 6,0 m od pravého líce / 1,0 m nad terénem	jádrový vývrt V12	5
OP4 – čelo ÚP, 3,9 m od pravého líce / 1,6 m nad terénem	jádrový vývrt V12	3
Koncové příčníky		
Příčník nad OP1 – čelo	jádrový vývrt V8	15
Příčník nad OP1 – pravý líc 2 m od dolní hrany	sonda	2
Příčník nad OP1 – čelo 0,5 m vpravo od krajního nosníku	sonda	3
Příčník nad OP4 – čelo	jádrový vývrt V9	1
Příčník nad OP4 – levý líc	jádrový vývrt V10	6
Příčník nad OP4 – čelo 0,9 m od levého líce / 0,4 m od dolní hrany	sonda	2
Příčník nad OP4 – čelo pod otvorem mezi 3. a 4. nosníkem zleva	sonda	4

3.6. Zkouška odolnosti povrchu betonu proti vodě a chemickým rozmrazovacím látkám

Zkouška odolnosti povrchu betonu proti vodě a chemickým rozmrazovacím látkám byla provedena na válcových vzorcích vyhotovených řezáním z jádrových vývrtů DN 150. Odolnost betonu byla stanovena dle normy ČSN 73 1326 - Z1 metoda: C (75 cyklů). Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 9.

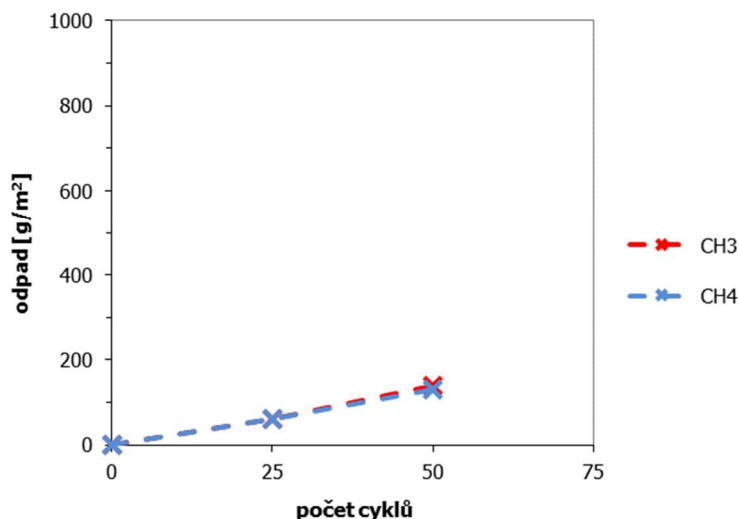
U obou zkušebních těles došlo mezi 50. a 75. zkušebním cyklem k rozpadu dolní části zkušebních těles. A to i přes to, že dle velikosti odpadu při 50 zkušebních cyklech byla zjevná dobrá odolnost betonu proti CHRL. Povrch betonu lze uvažovat za dostatečně odolný proti působení vody a CHRL. Rozpad dolní části tělesa naopak svědčí o nedostatečné mrazuvzdornosti betonu. Problematika souvisí s množstvím mikroporuch, jejich velikostí a jejich vzdáleností od sebe (dále propojeností jednotlivých mikroporuch, čistotou kameniva, teplotní vodivostí kameniva a tmele atd.). Některé kombinace mikroporuch snižují odolnost proti CHRL, jiné naopak mrazuvzdornost. U zkoušek metodou C můžeme alespoň částečně tyto dva způsoby korozního narušení betonu od sebe odlišit.

Na obrázcích č. 17-18 jsou fotografie zkušebních těles po ukončení zkoušek. Je zde zjevná dobrá odolnost povrchu proti působení CHRL, ale nedostatečná mrazuvzdornost betonu (rozpad dolní části tělesa).

Tab. 9: Výsledky zkoušky odolnosti betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek

Konstrukce, poloha	OP1 – dřík 3,3 m od pravého líce 0,8 m nad terénem	Pilíř P2, líc k OP1 2,7 m od pravého líce 0,7 m nad terénem
Označení vzorku	CH3	CH4
Laboratorní číslo vzorku	1714/18	1715/18
Objemová hmotnost [kg/m ³]	2390	2300
Povrchová nasákavost po 15 min. [g/m ²]	80	10
Odpad z povrchu po 25 cyklech [g/m ²]	60	60
Odpad z povrchu po 50 cyklech [g/m ²]	140	130
Odpad z povrchu po 75 cyklech [g/m ²]	rozpad dolní části tělesa	rozpad dolní části tělesa

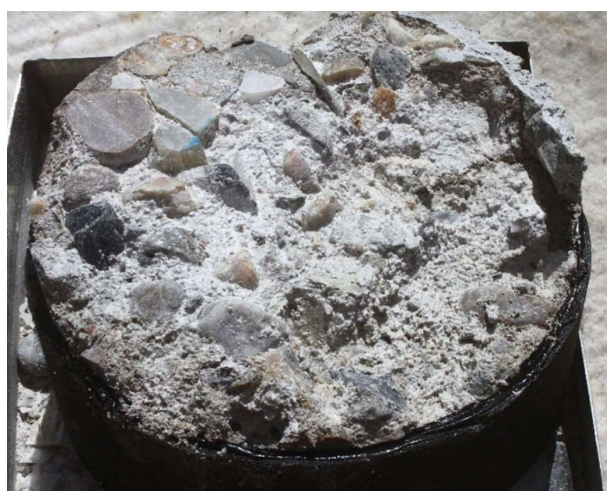
Zkouška odolnosti povrchu betonu proti vodě a chemickým rozmrazovacím látkám



Obrázek č. 16: Výsledky zkoušky odolnosti povrchu betonu proti vodě a chemickým rozmrazovacím látkám



Obrázek č. 17: Vzorek CH3 po 75 zkušebních cyklech – vlevo zkušební povrch, vpravo rozpad dolní části zkušebního tělesa



Obrázek č. 18: Vzorek CH4 po 75 zkušebních cyklech – vlevo zkušební povrch, vpravo rozpad dolní části zkušebního tělesa

4. ZKOUŠKY KONTAMINACE BETONU CHLORIDOVÝMI IONTY

4.1. Metodika zkoušek

Vzorky pro analýzu byly odebrány metodou zachycování prachu z vrtaných sond. Prachové vzorky byly odebírány ze dvou hloubkových úrovní na každém zkušebním místě. Výsledkem zkoušky je vždy průměrná hodnota ze dvou měření absolutního množství Cl^- a hodnota vztažená na odhadnuté množství cementu v betonu – 15% hmotnosti.

Výsledky zkoušky byly následně posouzeny kritériem maximálního obsahu chloridů v betonu dle ČSN P 73 2404. Norma udává kritérium maximálního obsahu chloridů k hmotnosti cementu 0,40 % pro konstrukce s ocelovou výztuží (kategorie Cl 0,4) a 1,00 % pro konstrukce bez výztuže (kategorie Cl 1,0).

4.2. Analýzy

Vzorky byly vysušeny dle ČSN EN 14629 a namlety na analytickou jemnost. Příprava roztoků byla provedena rozdílně pro přímou potenciometrii a pro potenciometrickou titraci.

- **Přímá potenciometrie** – k přesné navážce vzorku (cca 2g) s přesností na 0,0002g bylo přidáno přesné množství roztoku připraveného tak, aby pH rozpuštěné směsi bylo v rozmezí pH 3 – 5 a roztok měl vysokou iontovou sílu. Po té byl měřen přímý potenciál roztoku chloridovou ISE bez oddělení tuhé fáze.

- **Potenciometrická titrace** – měření bylo provedeno dle ČSN EN 14629 metodou B. Pro měření byl v prvním postupu použit roztok 0,1M AgNO₃ dle předpisu této normy. Protože zde byla spotřeba titračního roztoku velmi malá a měření tak nepřesné, bylo měření opakováno se zředěnou verzí činidla v koncentraci uvedené v úvodu této normy tj. 0,02M AgNO₃. Zde již byly výsledky vyhodnotitelné dobře a to zejména ve vyšších koncentracích chloridů. V nízkých koncentracích chloridů již bylo měření značně nepřesné díky relativně velmi malým dávkám titračního roztoku. Pro ověření byla titrace provedena i u vzorků měřených přímou potenciometrií. Výsledky takto provedené titrace přímo korelovaly s měřeními provedenými postupem dle ČSN EN 14629.

Při vyhodnocení bylo zjištěno, že do obsahu chloridů 0,5% na cement je výrazně přesnější přímá potenciometrie, nad tuto hodnotu je naopak výrazně přesnější potenciometrická titrace. Proto v tabulce výsledků uvádíme všechna potenciometrická měření a u titrační metody jen hodnoty přesahující 0,5 % chloridů vztažených na cement.

Celkem bylo provedeno 24 zkoušek kontaminace betonu chloridovými ionty (12 zkušebních míst ve dvou hloubkových úrovních). Všechny vzorky byly odebrány jak z nosné konstrukce (koncové příčníky), tak ze spodní tavby mostu. Výsledky měření jsou uvedeny níže v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10: Výsledky zkoušek kontaminace betonu chloridovými ionty

Poloha sondy	Hloubka odběru	Obsah Cl ⁻ k hmotnosti cementu [%] (odhad 15 % hmotnosti betonu)	
		Přímá potenciometrie	Potenciometrická titrace
Spodní stavba			
OP1 – ÚP, pravý líc v místě narušení betonu, 0,1 m pod horní hranou ÚP	0-30 mm	0,49	-
	30-60 mm	-	0,61
OP1 – dřík v místě záteků, 5,0 m od pravého líce, 0,2 m pod ÚP	0-30 mm	-	0,73
	30-60 mm	-	1,19
OP1 – dřík v místě záteků, 1,5 m od levého líce, 0,2 m pod ÚP	0-30 mm	-	1,00
	30-60 mm	-	0,78
OP1 – ÚP, levý líc, 0,2 m od čela, 0,4 m pod horní hranou ÚP	0-30 mm	0,40	-
	30-60 mm	0,53	-
Levé křídlo při OP4 – 0,5 m pod římsou při spáře s příčnickem	0-30 mm	0,26	-
	30-60 mm	0,21	-
OP4 – ÚP, při levé hraně v polovině výšky ÚP	0-30 mm	0,26	-
	30-60 mm	0,11	-
OP4 – dřík, 3,3 m od levého líce, 0,1 m pod spárou s ÚP	0-30 mm	0,32	-
	30-60 mm	-	0,74
OP4 dřík – pravý líc při hraně s čelem dřík, 1,4 m nad terénem	0-30 mm	0,16	-
	30-60 mm	0,21	-
Koncové příčníky			
Příčník nad OP1 – pravý líc, 0,5 m pod římsou	0-30 mm	-	0,73
	30-60 mm	0,25	-
Příčník nad OP1 – čelo, 0,5 m vlevo od levého krajního nosníku, místo narušení betonu	0-30 mm	-	0,84
	30-60 mm	-	1,00

Poloha sondy	Hloubka odběru	Obsah Cl^- k hmotnosti cementu [%] (odhad 15 % hmotnosti betonu)	
		Přímá potenciometrie	Potenciometrická titrace
Příčník nad OP4 – levý líc místo záteků, 1,0 m pod římsou vedla spáry s křídlem	0-30 mm	0,20	-
	30-60 mm	0,41	-
Příčník nad OP4 – čelo příčníku pod otvorem mezi 3. a 4. nosníkem zleva	0-30 mm	0,28	-
	30-60 mm	0,22	-

5. KOLORIMETRICKÉ STANOVENÍ PŘÍTOMNOSTI KOROZNÍCH GELŮ OD ASR

5.1. Zkušební vzorky

Celkem byly provedeny 2 kolorimetrické zkoušky vzorků betonu. Vzorky tvořily jádrové vývrty DN 100 odebrané pro zjištění fyzikálně mechanických vlastností betonu. Vyzkoušen byl jeden vzorek z koncového příčníku a jeden vzorek z opěry.

5.2. Kolorimetrické zkoušky

Přítomnost ASR gelu byla zjišťována kolorimetrickou zkouškou pomocí roztoku octanu uranylu-dihydrátu $\text{UO}_2(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ve 2,5 % roztoku kyseliny octové. Vzorky jsou nejprve namočený do vody a následně jsou roztokem octanu uranylu-dihydrátu natřeny lomové plochy (např. na roztrženém jádrovém vývrtnu). Po časové prodlevě (pro působení roztoku) je zájmová lomová plocha opět omyta a po oschnutí jsou vzorky následně zkoušeny v temné komoře.

V temné komoře se vzorek nasvítí zdrojem UV světla o vlnové délce 254 nm. Korozní gely se pod UV světlem projeví žlutozelenou fluorescencí. Povlak gelu je lokalizován v trhlinách, vzduchových pórech, v zrnech kameniva a při vyšším množství korozního gelu i jako široký lem z gelového filmu v zrnech kameniva, široké výtoky při obvodu kameniva a na lomových plochách.

Zkoušenými plochami byly lomové plochy vzniklé po rozlomení vývrtů.

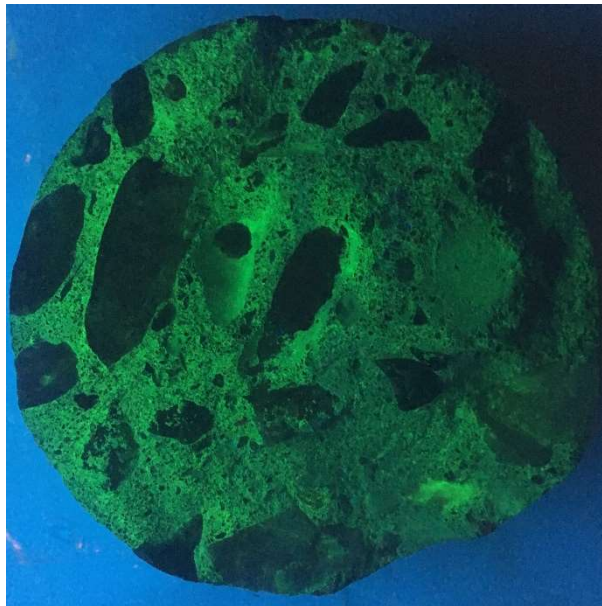
5.3. Výsledky zkoušek

Výsledky kolorimetrických zkoušek jsou spolu s fotodokumentací uvedeny níže.

Vývrt V10

příčník nad OP4, levý líc

- Zcela bez stop korozních gelů
- Mírně fluoreskují pouze zrna křemene

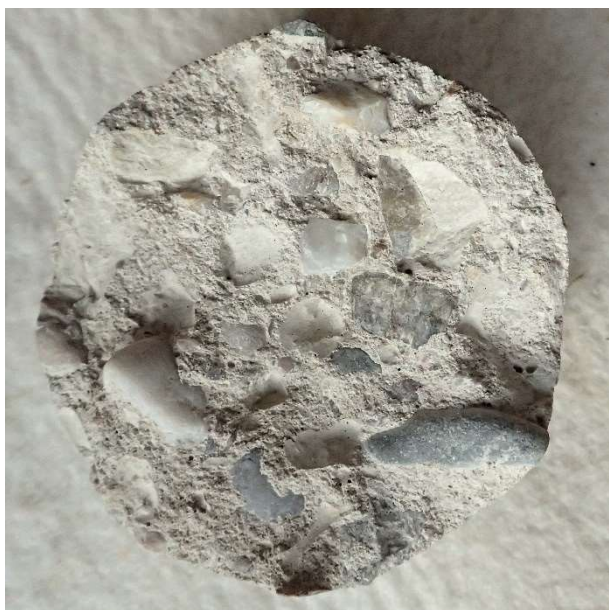


Obrázek č. 19: Fotodokumentace vývrtu V10 – vlevo pohled na zkoušenou lomovou plochu, vpravo pohled na kolorimetrickou zkoušku

Vývrt V5

dřík opěry OP1, čelní líc

- Zcela bez stop korozních gelů
- Mírně fluoreskují pouze zrna křemene



Obrázek č. 20: Fotodokumentace vývrtu V15 – vlevo pohled na zkoušenou lomovou plochu, vpravo pohled na kolorimetrickou zkoušku

6. PRŮZKUM VÝZTUŽE

6.1. Metodika nedestruktivního zjištění výztuže

Pro nedestruktivní stanovení krytí výztuže byl použit přístroj Profoscope PM 6. Tento přístroj pracuje na principu magnetické indukce. Dvě cívky vytvářejí magnetické pole. Když cívka přejíždí v okolí kovového objektu, magnetické pole je zakřiveno a současně jsou indukovány pomocné senzorové cívky. Velikost magnetického pole se liší podle hloubky a průměru objektu. Vestavěná databáze obsahuje všechny známé a používané průměry včetně materiálového složení výztuže. Tím je zaručena přesnost systému.

Z měření je možné nedestruktivně zjistit přibližnou polohu výztuže a tloušťku krycí vrstvy. Maximální dosah přístroje je do hloubky cca 180 mm.

Přesnost délkových měření pro určení polohy výztuže a staničení profilu je u přístroje ± 10 mm a přesnost hloubkových měření odhadujeme na ± 5 mm.

6.2. Destruktivní ověření stavu a průměru výztuže

Nedestruktivní vyhledání výztuže bylo na konstrukci doplněné o sekané sondy k výztuži. V provedené destruktivní sondě byl vizuálně ověřen stav výztuže s odhadem rozsahu případné koroze výztuže. Zaznamenan byl dále průměr výztuže a krytí výztuže. Pokud je možné, je zaznamenan i tvar výztuže a dle dostupných podkladů dohledán i typ výztuže a její označení.

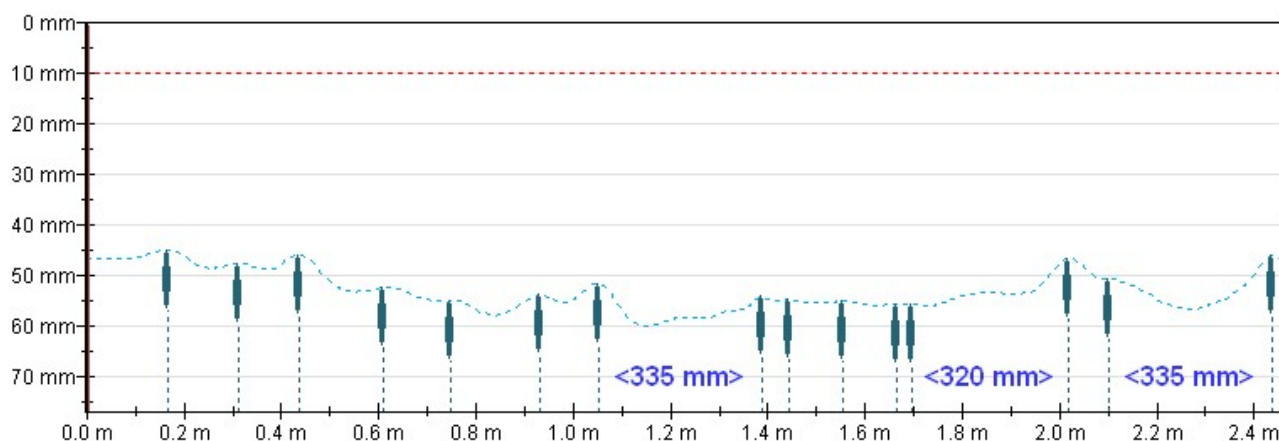
6.3. Výztuž dříků opěr

Při nedestruktivním vyhledání výztuže bylo zjištěno, že při vzdušném líci dříků nejsou opěry do hloubky cca 120 mm vyztuženy. Předpokládá se tak, že jsou z prostého betonu. Měření byla provedena cca ve středu délky opěry OP1. Provedeno bylo jak svislé (délky 1,5 m), tak vodorovné měření (délky 2,8 m).

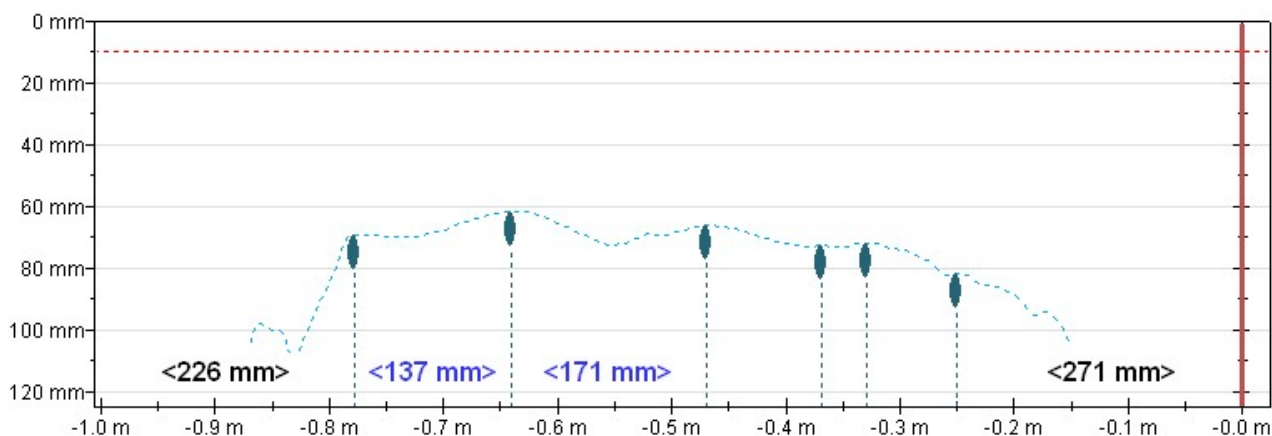
6.4. Výztuž úložných prahů opěr

Pomocí dvojice měření byla vyhledána výztuž na úložném prahu opěry OP1. Měření byla stejně jako u dříku provedena ve středu délky opěry.

Z měření je patrné výrazně vyšší krytí výztuže, než bývá u staveb z toho období obvyklé. Krytí svislé výztuže se pohybovalo od 45 do 56 mm s průměrnou hodnotou 50 mm. Vodorovná výztuž potom měl krytí 62-82 mm s tím, že průměr krytí byl 70 mm. Pro výztuž úložného prahu bylo typické nerovnoměrné rozmístění výztuže, jak je i patrné na záznamech z měření na obrázcích č. 21-22.



Obrázek č. 21: Záznam z vyhledání výztuže na úložném prahu OP1 – svislá výztuž



Obrázek č. 22: Záznam z vyhledání výztuže na úložném prahu OP1 – vodorovná výztuž

Ve dvou destruktivních sondách byl rovněž ověřen stav výztuže. Zaznamenán byl i její tvar a průměr. Viz text níže.

Zjištění stavu výztuže

- **Sonda S6 – úložný práh OP, čelní líc**
 - 3,1 m od pravého líce opěry a 1,4 m nad okolním terénem
 - svislá výztuž Ø10 mm, krytí 45 mm
 - vodorovná výztuž Ø14 mm, krytí 61 mm
 - obě výztuže zřejmě typ 10 300
 - výztuž zcela bez koroze
 - hloubka karbonatace v sondě 23 mm – výztuž stále chráněna alkalitou betonu



Obrázek č. 23: Výztuž v sondě S6

• **Sonda S7 – úložný práh OP, pravý boční líc**

- 0,5 m od čela opěry a 0,1 m od horního líce prahu
- vodorovná výztuž Ø10 mm, krytí 63 mm
- výztuž zřejmě typ 10 300
- výztuž zcela bez koroze
- v místě sondy na bočním líci prahu nanесena sanace tloušťky 15-25 mm
- hloubka karbonatace v sondě pod sanací 0 mm – výztuž stále chráněna alkalitou betonu



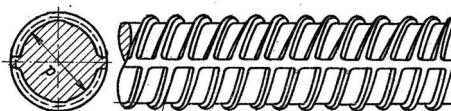
Obrázek č. 24: Výztuž v sondě S7

Údaje o výztuži:

Z dostupných podkladů v tabulce č. 11 uvádíme pro úplnost údaje o výztuži typu 10 300.

Tabulka č. 11: Charakteristiky výztuže 10 300 (převzato z ČSN ISO 13822)

Návrhové hodnoty pevností oceli pro betony pevnostní třídy C12/15 a vyšší		Charakteristické hodnoty oceli	
Tah	Tlak	Mez kluzu (mez 0,2)	Mez pevnosti
250 MPa	250 MPa	300 MPa	450 MPa



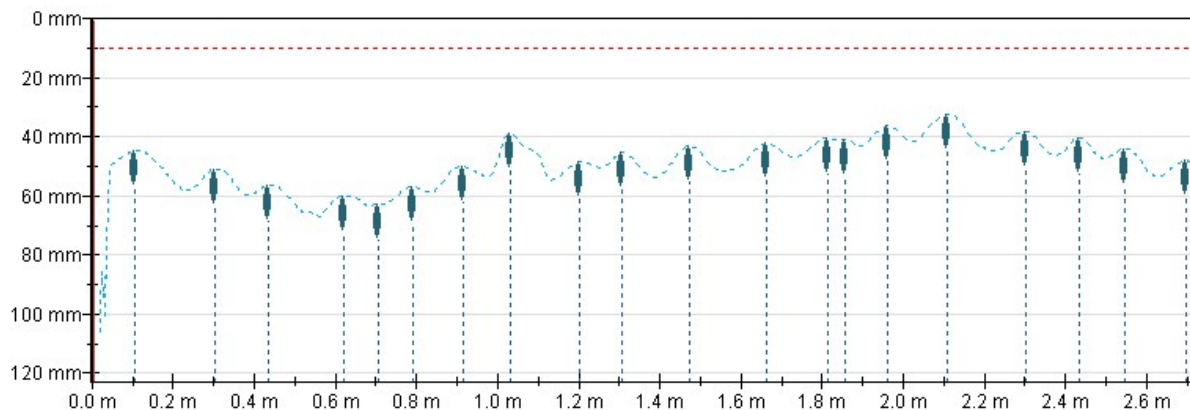
Obrázek č. 25: Výztuž typu 10 300

6.5. Výztuž mezilehlých pilířů

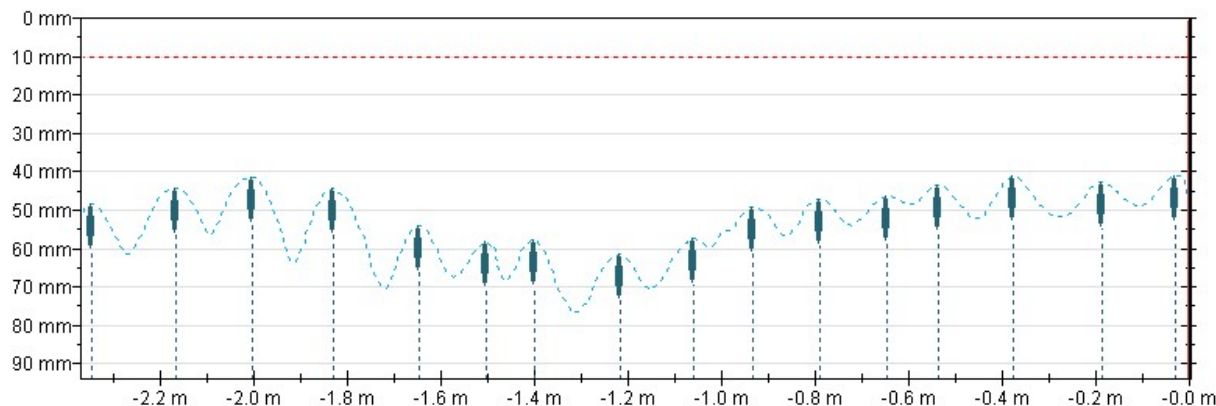
Krytí výztuže mezilehlých podpěr bylo ověřeno u svislé i u vodorovné výztuže ve středu délky ÚP na lici k opěře OP1 a cca ve výšce 0,4 m a 2,0 m nad terénem.

Z měření je opět vyšší krytí výztuže. Krytí svislé výztuže bylo změřeno od 32 do 63 mm. Na obrázku č. 25 jsou patrné změny krytí výztuže po délce pilíř. Avšak průměrné změřené krytí výztuže bylo stejné, a to s hodnotou cca 46 mm. Vodorovná výztuž potom měla krytí v širokém rozmezí 25-80 mm (obrázek č. 26). Průměr krytí vodorovné výztuže potom byl 49 mm se směrodatnou odchylkou 18 mm.

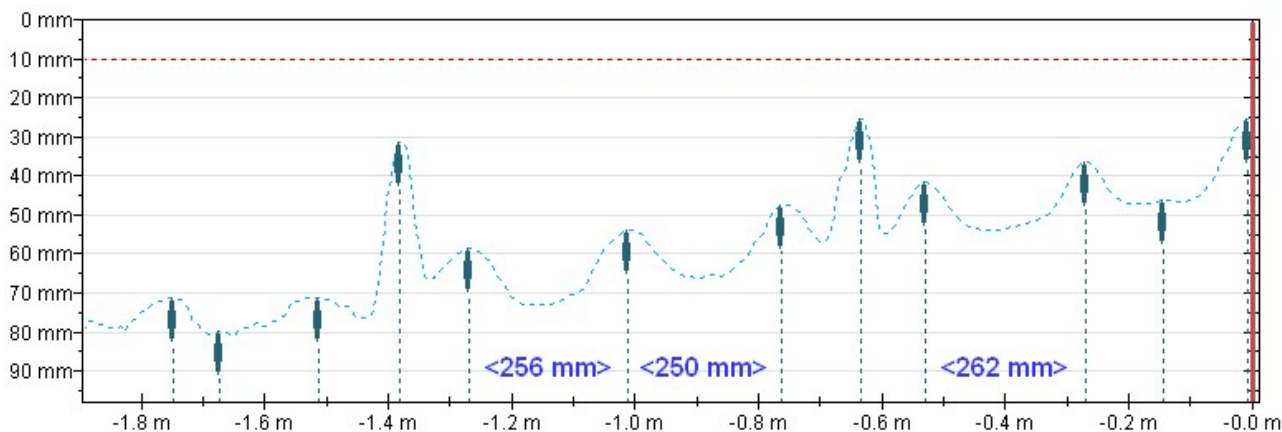
Měření cca 2,0 m nad terénem



Měření cca 0,4 m nad terénem



Obrázek č. 25: Záznamy z vyhledání výztuže na mezilehlém pilíři P2 – svislá výztuž



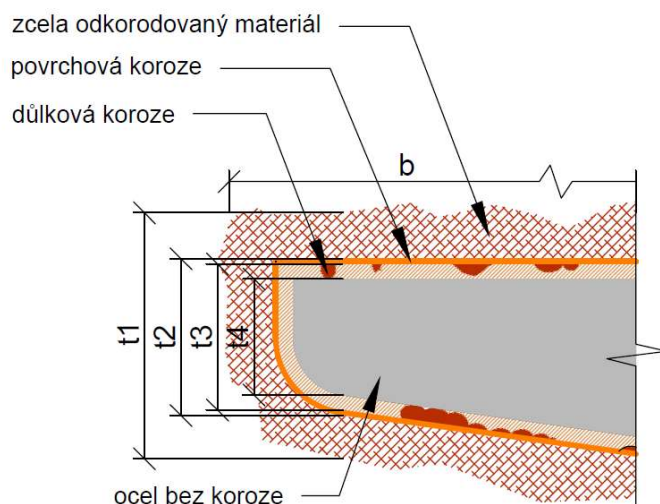
Obrázek č. 26: Záznam z vyhledání výztuže na úložném prahu OP1 – vodorovná výztuž

7. STANOVENÍ MÍRY KOROZE NOSNÉ KONSTRUKCE

7.1. Metodika zkoušek

Stanovení míry koroze ocelové nosné konstrukce bylo hodnoceno ve vybraných zkušebních místech na nosnících. Zkušební místa byla vybrána dle výsledků poslední mimořádné prohlídky mostu (10/2016, Ing. T. Míčka), citují: „Lokálně dochází ke korozi ocelových nosníků, největší poškození nosníků korozí je patrné ve 3. poli u O4, v místech vetknutí nosníků do příčníků a v okolí svodů odvodňovačů“.

Při zkouškách byl nejprve zaznamenán tvar a rozměry prvku v příčném řezu. Dále byly zaznamenány zjevné příznaky korozního napadení (povrchová koroze, delaminace, zpuchření atd.) a tloušťka jednotlivých dílčích částí konstrukce se započtením koroze (t_1). Následovalo hrubé odstranění vrstva zcela odkorodovaného materiálu a opět byla změřena tloušťka dílčí části včetně povrchové koroze (t_2). Z povrchu zkoušeného místa byla broušením odstraněna povrchová koroze a byla změřena tloušťka oceli dané části konstrukce včetně „hloubkové“ důlkové koroze (t_3). Posledním krokem bylo zbroušení vrstvy oceli napadené důlkovou korozí až na „čistou“ ocel bez známek jakékoliv koroze (t_4).



Obrázek č. 27: Schéma měřených tlouštěk: t_1 – celková tloušťka, t_2 – tloušťka po odstranění odkorodovaných vrstev, t_3 – tloušťka bez povrchové koroze, t_4 – tloušťka oceli zcela bez koroze, b – výrobní šířka pásnice

7.2. Výsledky zkoušek

V tabulce č. 11 jsou uvedeny uvažované nominální tloušťky prvku na základě oměření rozměrů nosníků. Dále jsou zde uvedeny změřené zbytkové tloušťky oceli bez koroze. Měření bylo provedeno digitálním posuvným měřítkem ev.č. 31 (kalibrováno do 11/2018). Uvedené hodnoty jsou průměrem ze 3 měření.

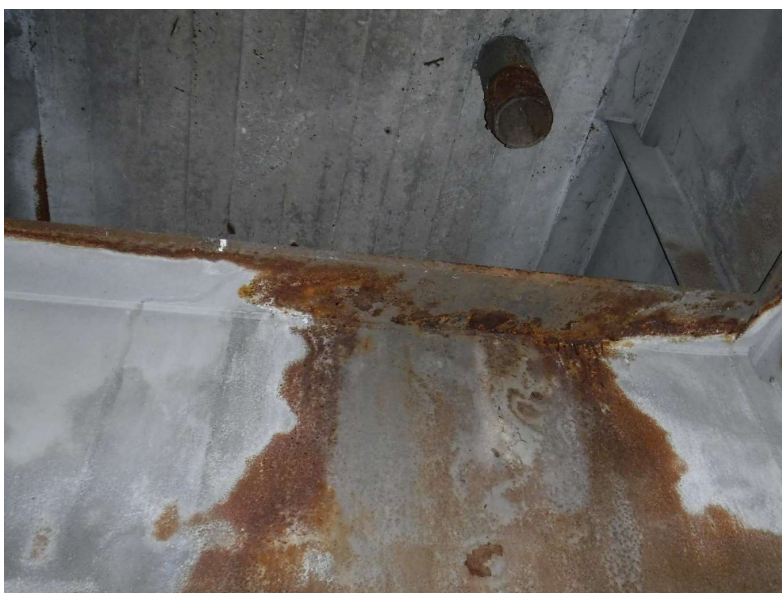
Veškerá změřená míra koroze byla do 2 % plochy průřezu. Korozi však nebyl napaden celý povrch prvku, pouze jeho část. Míra koroze je tak ve skutečnosti ještě nižší.

Tabulka č. 11: Výsledky zkoušek stanovení míry koroze NK

Prvek		Poloha zkušebního místa	Uvažovaná nominální tloušťka prvku [mm]	Změřená zbytková tloušťka prvku [mm]
Zk. č.1	Nosník – dolní pásnice	Levý krajní nosník 0,5 m před příčníkem při OP4	40,0	40,1
Zk. č.2	Příčník – dolní pásnice	Příčník při OP4 mezi 1. a 2. nosníkem zleva	25,0	25,1
Zk. č.3	Nosník – dolní pásnice	0,6 m směrem k OP4 od spojení 2. a 3. nosníku zleva	40,0	39,3



Obrázek č. 28: Koroze nosníku a příčnicku při zkušebním místě č. 1



Obrázek č. 29: Koroze příčnicku při zkušebním místě č. 2 způsobená svodem vody z odvodňovače přímo na nosníky NK



Obrázek č. 30: Koroze nosníku při zkušebním místě č. 3

8. ZÁVĚR – SHRNUÍ VÝSLEDKŮ

- Beton spodní stavby zatříděn do C25/30, průměr OH 2360 kg/m³.
- Beton koncových příčníků zatříděn do C25/30, průměr OH 2380 kg/m³.
- Povrch betonu zřejmě dostatečně odolný proti působení vody a CHRL. Beton však není mrazuvzdorný.
- V provedených zkouškách nezastiženy korozní produkty od ASR.
- Všechny změřené hodnoty pevnosti v tahu povrchových vrstev spodní stavby i koncových příčníků jsou nad 1,50 MPa.
- V místech záteků je beton spodní stavby i příčníků nadlimitně kontaminován chloridovými ionty, a to i ve větších měřených hloubkách 30-60 mm.
- Změřená hloubka karbonatace betonu spodní stavby byla 0-23 mm s průměrem 5 mm. A hloubka karbonatace koncových příčníků byla změřena od 1-15 mm s průměrem opět 5 mm. Vyšetřená hloubka karbonatace odpovídá velmi nízkému odhadu rychlosti šíření karbonatace 0,13 mm/rok.
- Dřívky opěr jsou považovány jako z prostého betonu.
- U zbylých částí spodní stavby bylo změřeno vyšší krytí s průměrnými hodnotami krytí nad 40 mm. Vzhledem ke změřeným hloubkám karbonatace betonu je tak výztuž stále chráněna alkalitou betonu proti korozi.
- Koroze nosné konstrukce byla na zkušebních místech zcela minimální.

KONEC ZPRÁVY
