

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	-	-
02	-	-
03	-	-

Objednatel:



Správa železnic, s.o.
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
IČO 70994234, DIČ CZ70994234
organizační jednotka Oblastní ředitelství Praha

Zhotovitel:

ČVUT_FSV/Pontex/ - DaSP mostů OŘ Praha



Praha 4, Bezová 1658, 147 14
tel: +420 244062215 fax: +420 244461038



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
THÁKUROVA 7
166 29 PRAHA 6

Zpracovatel:



Praha 4, Bezová 1658, 147 14
tel: +420 244062215 fax: +420 244461038

Řešitel:

Ing. Petr Komanec

HIP:

doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

Název akce:

Diagnostika a statické posouzení mostů s předpjatou
nosnou konstrukcí v obvodu OŘ Praha

Číslo akce ČVUT:

8302004A055

Stupeň dokumentace:

TP

Název části:

Etapa A - Diagnostické průzkumy

Měřítko:

-

Datum:

12/2020

Název přílohy:

Diagnostický průzkum - železniční most v km 12,884 TÚ 0761
Beroun - Rakovník

Číslo přílohy:

A.4

DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM

ŽELEZNIČNÍ MOST V KM 12,884 TÚ 0761 **BEROUN - RAKOVNÍK**

PONTEX 2020

OBSAH

1. ÚVOD.....	5
1.1. POPIS PRACÍ PROVEDENÝCH ETAPĚ A	5
1.2. POPIS A HISTORIE OBJEKTU	7
2. VÝBĚR Z PŮVODNÍ DOKUMENTACE	10
3. PODROBNÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA.....	12
4. ZAKRESLENÍ ZÁVAD.....	27
4.1. PRŮZKUM KONSTRUKCE V MÍSTĚ LOKÁLNÍCH PORUCH	30
4.1.1. Úvod.....	30
4.1.2. Průzkum trhlin na spodním líci konstrukce.....	30
4.1.3. Průzkum atypických poruch na bočních plochách nosníků	34
4.1.4. Průzkum systémových poruch na bočních plochách nosníků.....	36
4.2. STANOVENÍ VLASTNOSTÍ BETONŮ NOSNÉ KONSTRUKCE	37
4.2.1. Popis a fotodokumentace vývrtů	37
4.2.2. Zkoušky pevnosti betonu v tlaku	39
4.2.3. Moduly pružnosti stanovené z pevnosti betonu	40
4.2.4. Zkoušky objemové hmotnosti betonu.....	41
4.2.5. Zkoušky nasákavosti betonu.....	41
4.2.6. Shrnutí výsledků vlastností betonů.....	41
4.3. STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU SCHMIDTOVÝM TVRDOMĚREM.....	42
4.3.1. Popis zkoušky.....	42
4.3.2. Vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku.....	44
4.3.3. Porovnání výsledků zkoušky schmidtovým tvrdoměrem.....	44
4.4. ZKOUŠKY RCT – CHLORIDOVÝ TEST.....	45
4.4.1. Popis zkoušky RCT (chloridový test)	45
4.4.2. Výsledky zkoušky RCT (chloridový test)	46
4.4.3. Shrnutí výsledků zkoušek RCT	47
4.5. STANOVENÍ HLOUBKY NEUTRALIZACE (KARBONATACE) BETONU	48
4.5.1. Popis zkoušky karbonatace betonu	48
4.5.2. Výsledky zkoušky karbonatace betonu	48
4.5.3. Shrnutí výsledků zkoušky karbonatace betonu.....	52
4.6. OVĚŘENÍ TLOUŠTKY BETONOVÉ KRYCÍ VRSTVY A ZJIŠTĚNÍ POLOHY VÝZTUŽE.....	53
4.6.1. Popis zkoušky stanovení tloušťky krycí vrstvy.....	53
4.6.2. Vyhodnocení měření stanovení tloušťky betonové krycí vrstvy.....	53
4.6.3. Vyhodnocení měření tloušťky krycí vrstvy	56
4.7. OVĚŘENÍ PROVEDENÍ A STAVU PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE	63
4.7.1. Shrnutí výsledků ověření stavu předpínací výztuže nosné konstrukce	72
4.8. PRŮZKUM ODLEHČOVACÍCH DUTIN KONSTRUKCE	72
5. ZAMĚŘENÍ POLOHY MOSTNÍHO SVRŠKU	75
5.1. ZAKRESLENÍ ZKUŠEBNÍCH MÍST.....	77
6. ZÁVĚR.....	79
6.1. REKAPITULACE VÝSLEDKŮ DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU	79
6.1.1. Shrnutí zjištění při podrobné vizuální prohlídce.....	79
6.1.2. Průzkum konstrukce v místě poruch.....	79
6.1.3. Zkoušky betonu – pevnost, objemová hmotnost, nasákavost.....	79
6.1.4. Zkoušky pevnosti betonu schmidtovým tvrdoměrem	80
6.1.5. Zkoušky kontaminace ionty Cl ⁻ RCT	80
6.1.6. Zkoušky karbonatace betonu.....	80

6.1.7.	Ověření tloušťky krycí vrstvy betonu.....	80
6.1.8.	Ověření stavu předpínací výztuže	81
6.1.9.	Průzkum dutin konstrukce.....	81
6.2.	NÁVRH OPATŘENÍ A ZÁVĚR	81
7.	PŘÍLOHA	82

PODKLADY:

1. Příčný řez z původní dokumentace – Státní ústav dopravního projektování v Praze, 1962
2. Příloha A – první hlavní prohlídka a zatěžovací zkoušky – část. dokumentace, 1966
3. Protokol o podrobné prohlídce mostního objektu, 2018

POUŽITÁ LITERATURA:

4. ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
5. ČSN EN 12390-7 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu
6. ČSN EN 13791 – Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a prefabrikovaných betonových dílcích
7. ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku
8. ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí
9. ČSN EN 206 Beton: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
10. ČSN EN 15041 až 10 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody – část 1 až část 10
11. ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu – Společná ustanovení
12. ČSN 73 1373 Nedestruktivní zkoušení betonu – tvrdoměrné metody zkoušení betonu
13. ČSN 73 1326 Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek
14. ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí
15. ČSN EN ISO 13 822 – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, prosinec 2014
16. ČSN 73 0038 – Hodnocení a ověřování stavebních konstrukcí – Doplnující ustanovení, 12/2014
17. ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
18. TP 72 MD ČR Diagnostický průzkum mostů
19. Sanace a údržba betonu v ilustracích; Emmons
20. Diagnostika stavebních konstrukcí; Dohnálek

a další předpisy související

1. ÚVOD

Na základě Smlouvy o dílo č. 645 100 006/2020 se Správou železnic, s.o. (dále jen objednatel) byl pracovníky firmy Pontex spol. s r.o. (zhotovitel) proveden diagnostický průzkum železničního mostu v km 12,884 TÚ 0761 Beroun - Rakovník. V souladu se smlouvou byly práce provedeny ve 2 etapách.

V rámci etapy A bylo provedeno zajištění dostupných podkladů k mostnímu objektu, provedení vizuální kontroly konstrukce mostu s návrhem podrobné diagnostiky a vlastní provedení diagnostického průzkumu.

V rámci etapy B bude provedeno stanovení zatížitelnosti a přechodnosti mostu a návrh opatření a shrnutí problematiky předjatých mostů včetně prezentování výsledků.

Tento elaborát shrnuje práce provedené v etapě A.

1.1. POPIS PRACÍ PROVEDENÝCH ETAPĚ A

Zahájení prací předcházelo zajištění dostupných podkladů. V rámci příprav proběhla analýza literatury a předaných podkladů a byly v souladu se smlouvou provedeny vizuální kontroly mostu pro určení rozhodujících oblastí konstrukce. Následně byl proveden vlastní průzkum v terénu.

V rámci diagnostického průzkumu byly provedeny tyto práce:

- odebrání vzorků betonu pro laboratorní zkoušky – jádrové vývrty
- následné stanovení pevnosti betonu v tlaku, nasákavosti, objemové hmotnosti a modulu pružnosti
- zjištění pevnosti Schmidovým tvrdoměrem
- stanovení obsahu chloridových iontů v betonu v rizikových oblastech
- stanovení hloubky karbonatace betonu na vývrtech a na vybraných místech konstrukce
- ověření tloušťky krycí vrstvy betonářské výztuže nedestruktivně
- určení polohy a množství předpínací výztuže nedestruktivně, porovnání s projektovou dokumentací
- sondy pro ověření stavu předpínací výztuže
- kontrola dutin nosné konstrukce vč. odvodňovacích otvorů
- ověření poruch na rizikových místech konstrukce
- základní zaměření železničního svršku vůči nosné konstrukci (pro provedení statického posouzení)
- fotodokumentace

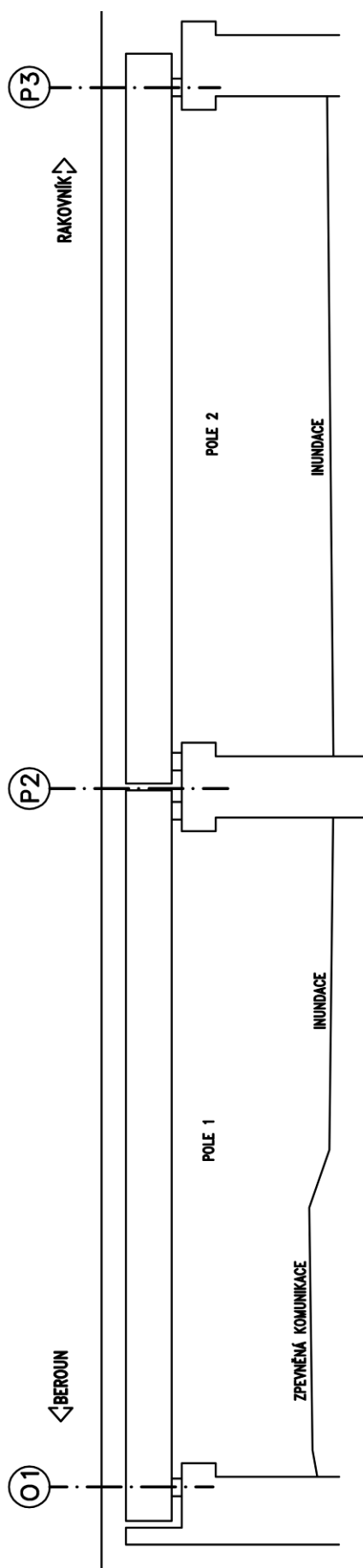
Při provádění průzkumu konstrukce bylo uvažováno staničení mostu v souladu s předanými podklady, tj. z Berouna do Rakovníka. Označení podpěr je zvoleno dle zvyklostí, tj. opěra na levém břehu O1, další podpory tvoří vždy masivní pilíře P2-P4 a pravobřežní podpěra O5. Nosná konstrukce je označena Po1- Po4. Tento průzkum se zabývá pouze částí mostu, tj. nosnou konstrukcí v polích Po1-2.

Nosné konstrukce v polích P1-2 jsou složeny ze dvou nosníků – návodní nosník je označován jako pravý (v textech „P“), povodní jako levý (v textech „L“).

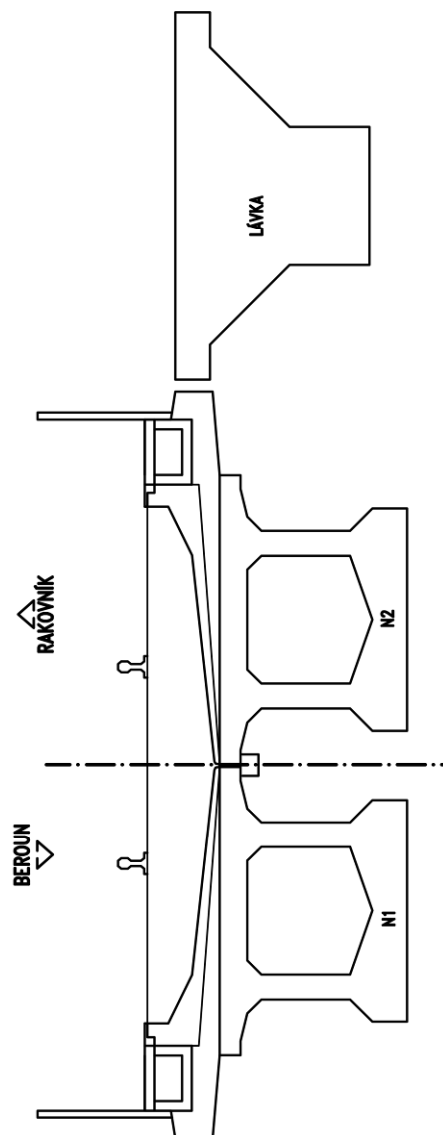
Na návodní (pravé) straně je souběžně s nosnou konstrukcí s drážním svrškem umístěna konstrukce s chodníkem pro pěší, která není předmětem průzkumu.

Schéma konstrukce je na následující straně.

PODELNÝ ŘEZ



PŘÍČNÝ ŘEZ



1.2. POPIS A HISTORIE OBJEKTU

Stávající most přes Berounku ve Žloutkovicích vznikl přestavbou původního nevyhovujícího mostu. Původní most měl 4 pole s ocelovou příhradovou konstrukcí spojitou vždy přes 2 pole.

V rámci přestavby bylo první pole mostu zasypáno. Do prostoru bývalého druhého pole byl vložen nový mezilehlý pilíř. Původní pilíře byly upraveny odbouráním horních částí a provedením nových betonových úložných prahů ze železobetonu zn. 250.

V novém uspořádání má tedy most opět 4 pole, ale pole 1 a 2 (vzniklé rozdělení původního 2. pole) mají rozpětí cca 20 m, pole 3 a 4 mají rozpětí 42,5 m.

Nosnou konstrukci v 1. a 2. poli tvoří vždy dvojice předepnutých komorových nosníků dl. 21,6 m (tvar nosníku odpovídá nosníkům KT s atypickými rozměry), vzhledem k šikmosti konstrukce jsou vůči sobě podélně posunuté. Nosnou konstrukci v poli 3 a 4 tvoří ocelová příhradová konstrukce s dolní mostovkou. Na pravé straně je na spodní stavbě osazena ještě lávka pro pěší na samostatném nosníku. Tento elaborát se v souladu se zadáním zabývá předepjatými konstrukcemi drážního mostu v poli 1 a 2.

Prefabrikované předepjaté nosníky vyrobila výrobní Řevnice tehdejšího n.p. Stavby silnic a železnic Praha, stavební správa 2 na jaře roku 1966. Každý nosník se skládá ze tří dílů, které byly na stavbě sestaveny a předepnuty. Následně byla provedena injektáž cementovou maltou (srpen 1966). Čela nosníků byla zabetonována. Nosníky byly na místo uloženy pomocí postupného zasouvání.

Na hotovou nosnou konstrukci byly připnuty prefabrikované chodníkové konzoly. Na těchto konzolách byly osazeny prefabrikované kabelové žlaby s krycí deskou, mezi vnitřním lícem kabelových žlabů a podélnou osou mostu byla provedena monolitická dobetonávka vyspádována směrem k podélné spáře mezi nosníky. Odvodnění je vyřešeno podélným žlabem pod touto spárou zaústěným do svislých svodů.

Izolace mostu je provedena folií z PVC oboustranně chráněnou nepískovanou lepenkou. V místě příčné spáry byl vložen na ochranu izolace krycí plech zalitý po okrajích asfaltem

Na mostě je proveden standardní železniční svršek se šterkovým ložem a betonovými pražci. V místě přechodu z 2. do 3. pole je provedený kolejový dilatační styk. Zábradlí je z ocelových úhelníků se sloupky a třemi vodorovnými profily, na pravé straně je doplněno plošnou výplní.

Dle podkladů byl most navržen na zatěžovací vlak B podle ČSN 736202 a rychlost $V=60$ km/hod.

Popis objektu byl proveden dle podkladů a byl doplněn poznatky z mimořádné prohlídky mostu.

Přehledné fotografie uspořádání mostu:



Pohled na levou stranu mostu – pole 1 a 2



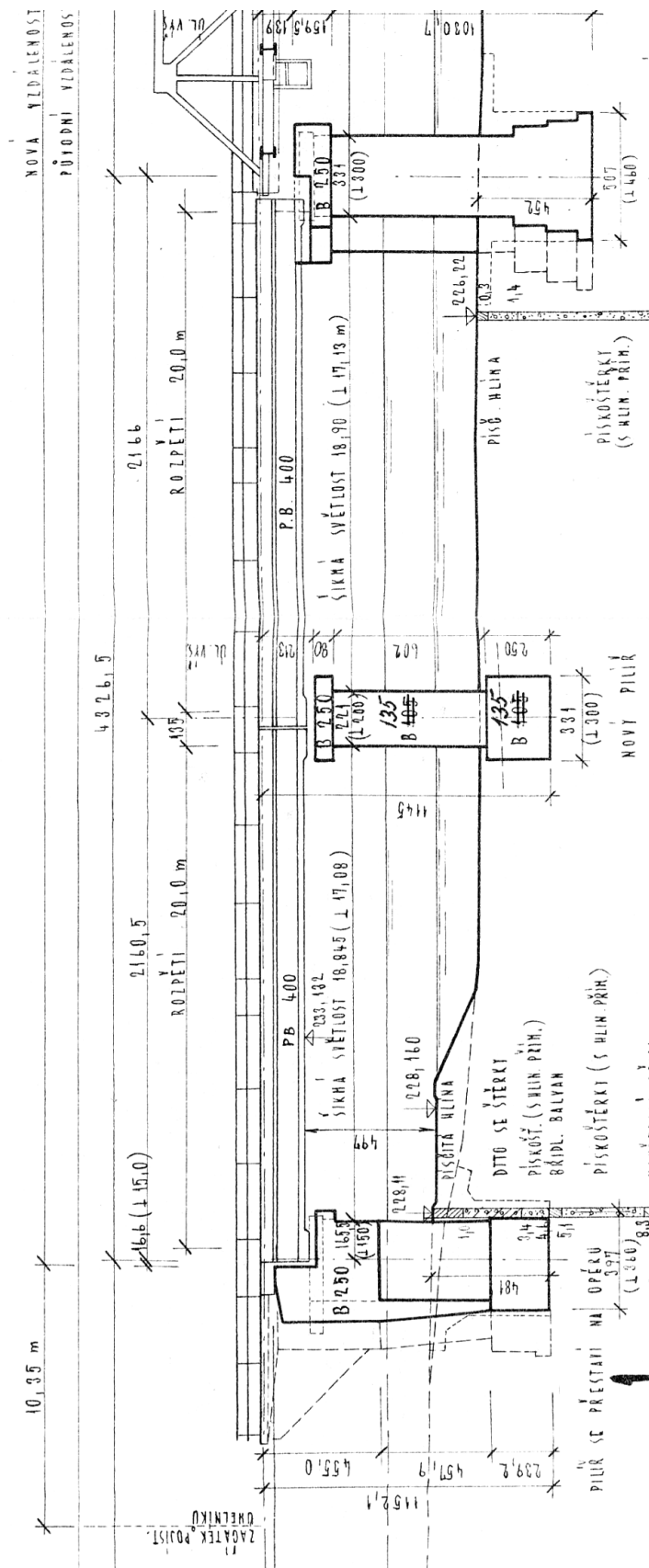
Pohled na pravou stranu mostu (ke konstrukci drážního mostu přiléhá samostatná konstrukce lávky pro pěší)



Detail prefabrikovaných příčných konzol s kabelovým žlabem



Pohled na uspořádání mostního svršku



Podélný řez mostem

3. PODROBNÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA

Objekt: Železniční most v km 12,884 TÚ 0761 Beroun - os.n. (mimo) – Rakovník (včetně)

Okres: Praha

Prohlídku provedla firma: PONTEX, s.r.o.

Prohlídku provedl: Komanec Petr, Ing., Vladimír Otradovec

Datum provedení prohlídky: 20.1.2021

Poznámka: Podrobná vizuální prohlídka byla provedena jako součást přípravy diagnostického průzkumu, který se zabýval 1. a 2. polem (předpjaté nosníky), ocelová část mostu (pole 3. a 4.) nebyly předmětem prohlídky. Součástí prohlídky rovněž není prohlídka lávky Podkladem pro zpracování protokolu o vykonané prohlídce byly mj. předcházející prohlídky a původní projektová dokumentace mostu. Prohlídka sloužila jako podklad pro návrh diagnostických metod a rozmístění zkušebních míst.

Počasí v době provádění prohlídky: polojasno

Teplota vzduchu: -2 °C

Teplota NK: -1 °C

A. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Délka mostu: 143,20 m (včetně pole 3. a 4.)

Šířka mostu: 8,07 m

Délka přemostění: 123,20 m (včetně pole 3. a 4.)

Počet otvorů: 4

Staničení ve směru: Beroun os.n. – Rakovník

Způsob zpřístupnění: z terénu, z komunikace

B. POPIS ČÁSTÍ MOSTU (pouze pole 1. a 2.)

1.1 Základy mostních podpěr a křídel

1.1.1 Mostní podpěry Plošné založení

Opěra O1

1.1.2 Mostní podpěry Plošné založení

Pilíře P2 a P3

1.2. Mostní podpěry, křídla, čelní zdi

1.2.1 Mostní podpěry Masivní kamenný dřík s železobetonovým úložným prahem.

Opěra O1

1.2.2 Mostní podpěry Masivní železobetonový pilíř.

Pilíř P2

- | | | |
|-------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1.2.3 | Mostní podpěry
Pilíř P3 | Masivní kamenný dřík s železobetonovým úložným prahem. |
| 1.2.4 | Mostní podpěry –
Opěra O1 - Křídla | Rovnoběžná železobetonová, s přilehlým svahovým kuzelem. |

2. Nosná konstrukce, ložiska, klouby, mostní závěry

- | | | |
|-----|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1 | Nosná konstrukce
Pole 1. a 2. | Nosnou konstrukci v 1. a 2. poli tvoří vždy dvojice předepnutých komorových nosníků dl. 21,6 m, vzhledem k šikmosti konstrukce jsou vůči sobě podélně posunuté.

Každý nosník se skládá ze tří dílů, které byly na stavbě sestaveny a předepnuty. |
| 2.2 | Ložiska | Ocelová ložiska.

Opěra O1 – pevná stolicová (4ks)

Pilíř P2 – jednoválcová pohyblivá (4ks)

Pilíř P3 - pevná stolicová (4ks) |

3. Mostní svršek

- | | | |
|-----|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.1 | Kolejové lože | Průběžné, šterkové. |
| 3.2 | Římsy | Římsy jsou součástí chodníkové konzoly |
| 3.3 | Chodníky | Oboustranné. Chodníkové železobetonové konzoly. Na těchto konzolách byly osazeny prefabrikované kabelové žlaby s krycí deskou, která tvoří pochozí plochu chodníku. |
| 3.4 | Izolační systém | Izolace mostu je provedena folií z PVC oboustranně chráněnou nepískovanou lepenkou. V místě příčné spáry je vložen na ochranu izolace krycí plech zalitý po okrajích asfaltem. |

4. Mostní vybavení

- | | | |
|-----|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.1 | Odvodnění | Odvodnění je vyřešeno podélným žlabem zaústěným do svislých svodů. |
| 4.3 | Osvětlení | Není osazeno. |
| 4.4 | Zábradlí | Zábradlí je z ocelových úhelníků se sloupky a třemi vodorovnými profily, na pravé straně je doplněno plošnou výplní. |
| 4.5 | Cizí zařízení | Vpravo umístěná lávka pro chodce |

5. Další části mostu

- | | | |
|-----|------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 5.1 | Území pod mostem | Pole 1 – zpevněná účelová komunikace, inundace

Pole 2 – inundace |
|-----|------------------|-------------------------------------------------------------------------|

C. STAV A ZÁVADY ČÁSTÍ MOSTU

1.1 Základy mostních podpěr a křídel

- | | | |
|-------|----------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1.1.1 | Mostní podpěry | Nebyly zjištěny žádné vizuální závady ukazující na poruchy v založení. |
|-------|----------------|------------------------------------------------------------------------|

1.2 Mostní podpěry, křídla, čelní zdi

- | | | |
|-------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.2.1 | Opěra O1 | Aktivní zatékání na pravý bok úložného prahu z dilatační spáry. Lokální separace betonu. Na úložném prahu je lokálně uchycená vegetace (mech). Na úložném prahu je spadané kamení z kolejového lože. |
| 1.2.2 | Pilíř P2 | Lokální aktivní zatékání na úložný práh a na pravý bok z dilatační spáry. Lokální separace betonu. Lokální vlasové trhliny na levém boku úložného prahu. Na úložném prahu je lokálně uchycená vegetace (mech). Podlití ložisek je porušené trhlinami. |
| 1.2.3 | Pilíř P3 | Levý bok úložného prahu je porušen četnými vlasovými trhlinami s výluhy, na povrchu je uchycená vegetace. Na úložný práh zatéká z dilatační spáry, lokální separace a degradace betonu, odhalená výztuž koroduje. |
| 1.2.3 | Mostní podpěry –
Opěra O1 - Křídla | Lokální vlasové trhliny na povrchu křídel. |

2.1 Nosná konstrukce

- | | | |
|-------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1.1 | Nosná konstrukce
Pole 1 | <p>Na levé straně nosníku N1 je v poli 1 u pilíře P2 lokální šterkové hnízdo s výluhy. Na bočních plochách jsou lokální místa s průsaky, podle zjištění diagnostiky se jedná o zasanované otvory (pravděpodobně montážní). Na bocích nosníků jsou stopy po zatékání z konzoly.</p> <p>Do nosníků zatéká a v nosnících bylo dle zjištění diagnostického průzkumu značné množství vody. V rámci průzkumu byly do nosníků odvrtny odvodňovací otvory.</p> <p>Na spodním líci jsou lokálně podélné vlasové trhliny, Prokresluje se korodující příčná výztuž - výztuž má nedostatečnou tloušťku krycí vrstvy.</p> <p>Na levém boku v místě dobetonávky čel nosníku nad opěrou OP1 je svislá vlasová trhlina.</p> <p>Lokální výluhy na boku nosníků.</p> <p>Zatékání na nosník v místě spáry nosníku a konzoly. Zatéká podélnou spárou mezi nosníky.</p> |
|-------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- 2.1.1 Nosná konstrukce Pole 2
- Do nosníků zatéká a v nosnících bylo dle zjištění diagnostického průzkumu značné množství vody. V rámci průzkumu byly do nosníků odvrtny odvodňovací otvory.
- Na spodním líci jsou lokálně podélné vlasové trhliny, Prokresluje se korodující příčná výztuž - výztuž má nedostatečné krytí. Na levém boku nad pilířem P2 a P3 jsou stopy po prúsacích s výluhy.
- Výrazná separace krycí vrstvy v dobetonávce čela nosníku N1 nad ložiskem pilíře P3, odhalená výztuž koroduje.
- Lokální výluhy na boku nosníků.
- Zatékání na nosník v místě spáry nosníku a konzoly. Zatéká podélnou spárou mezi nosníky.

2.2 Ložiska

- 2.2.1 Ložiska
- Žádné viditelné závady nebyly zjištěny. V podložiskových bločcích jsou trhliny.

2.3 Mostní závěry

- 2.3.1 Mostní závěry
- Mostními závěry zatéká.

3. Mostní svršek

- 3.1 Římsy
- Beton říms je degradovaný, místy je uchycený mech.
- 3.2 Chodníky
- Krycí desky povrchově degradují, na povrchu se usazuje vegetace (mech).
- Na chodníkové konzoly zatéká, v místě zatékání dochází k degradaci a separaci betonu, odhalená výztuž koroduje.
- 3.3 Kolejový svršek
- Podrobná kontrola nebyla předmětem této prohlídky, nicméně žádné závažné viditelné závady nebyly zjištěny.
- 3.4 Izolační systém
- Nefunkční.

4. Mostní vybavení

- 4.1 Odvodnění
- Nefunkční. Mezi nosníky je pouze torzo bývalého odvodňovacího žlabu.
- 4.3 Zábradlí
- Bez viditelných závad

5. Ostatní části mostu

- 5.1 Území pod mostem
- Přístupné.

D. STANOVENÍ ROZSAHU DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU

Část mostního objektu, který má být předmětem průzkumu, má celkem 2 pole. Průzkum bude proveden v souladu se zadáním na nosné konstrukci v 1 poli, s ohledem na zjištění prohlídky proběhne průzkum zejména v Po2. Vzorky pro zjištění kontaminace ionty Cl^- budou odebrány v poli přes komunikaci, tj. Po 1.

01	odběr vývrtů DN 100 mm - nosná konstrukce	4 ks
02	vývrt DN 100mm laboratoř – pevnost v tlaku	4 ks
03	zatřídění betonu a porovnání s původní dokumentací	4 ks
04	vývrt DN 100 mm laboratoř – objemová hmotnost	4 ks
05	vývrt DN 100 mm laboratoř – nasákavost	2 ks
06	vývrt DN 100 mm laboratoř – modul pružnosti	4 ks
07	pevnost betonu Schmidtovým tvrdoměrem	16 ks
08	kontaminace ionty Cl^- (ve třech vrstvách)	3 ks
09	hloubka karbonatace na vývrtech	4 ks
10	hloubka karbonatace mimo vývrty	5 ks
11	otvory do dutin – kontrola stavu	1 sada
12	ověření problematických míst na konstrukci (trhliny, vizuální poruchy)	1 sada
13	stanovení tl. krycí vrstvy (HILTI PS 1000, HILTI PS 200)	12 ks
14	ověření provedení a polohy předpínací výztuže NK, porovnání s PD	1 sada
15	předpínací výztuže – sondy pro ověření stavu	12 ks
16	zaměření polohy koleje vůči nosné konstrukci	1 ks
17	vyhodnocení průzkumu	1 ks
18	fotodokumentace	1 ks
19	vypracování protokolu diagnostiky	1 ks

Pozn: Doporučuji návrh případně ještě optimalizovat na základě zjištění v průběhu diagnostických prací.

E. OSTATNÍ DOPORUČENÍ PRO PROVEDENÍ DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU

- Pro provedení průzkumu je nutné zajistit částečné dopravní omezení na komunikacích pod mostem a zajistit opatření pro přístup techniky na nebezpečný terén do pole 1 a 2.
- Pro zpřístupnění je nutno zajistit vysokozdviznou plošinu nebo lešení.

F. FOTODOKUMENTACE



Pohled na pole 1 a 2, na které navazuje ocelová konstrukce (ocelová konstrukce není předmětem této prohlídky)



Spodní líc nosné konstrukce – na snímku jsou patrné 2 prefabrikované nosníky pod kolejištěm a jeden samostatný nosník lávky pro pěší



Pohled na levou stranu pole 1



Pohled na pravou stranu pole 1



Pohled na levou stranu pole 2



Pohled na pravou stranu pole 2



Pohled na O1



Pohled na P2 (z pole 1 z levé strany)



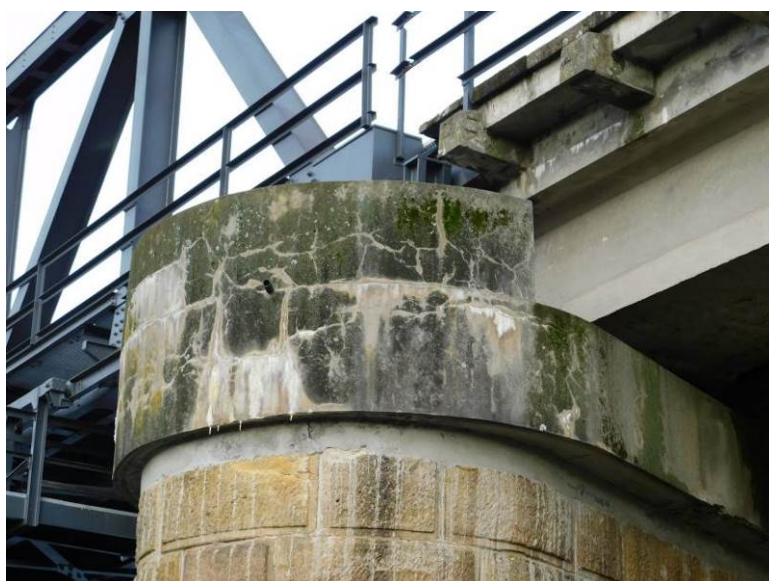
Pohled na P2 (z pole 2 z pravé strany)



Podhled na P3



Podhled na P3



Detail stavu boční části úložného prahu
P3



Povrch úložného prahu P3



Poruchy s průsaky na boční ploše nosníků



Poruchy s průsaky na boční ploše nosníků



Poruchy s průsaky u konzol mostovky



Detail stavu konzol mostovky



Detail stavu konzol mostovky



Trhliny na spodním líci konstrukce



Detail stavu ložisek na O1



Vlasové trhliny v místě dobetonávky čel nosníků nad O1



Detail stavu ložisek na P2



Detail stavu ložisek a porušená koncová dobetonávka na P3



Detail lokálních průsaků na koncové dobetonávce nosníků nad P3



Lokální degradace betonu na koncové dobetonávce nosníků nad P3



Poškozený žlab odvodnění v podélné ose mostu



Pohled na konzolu mostovky



Konzola mostovky - detail provedení



Konzola mostovky - detail provedení



Pohled na mostní svršek

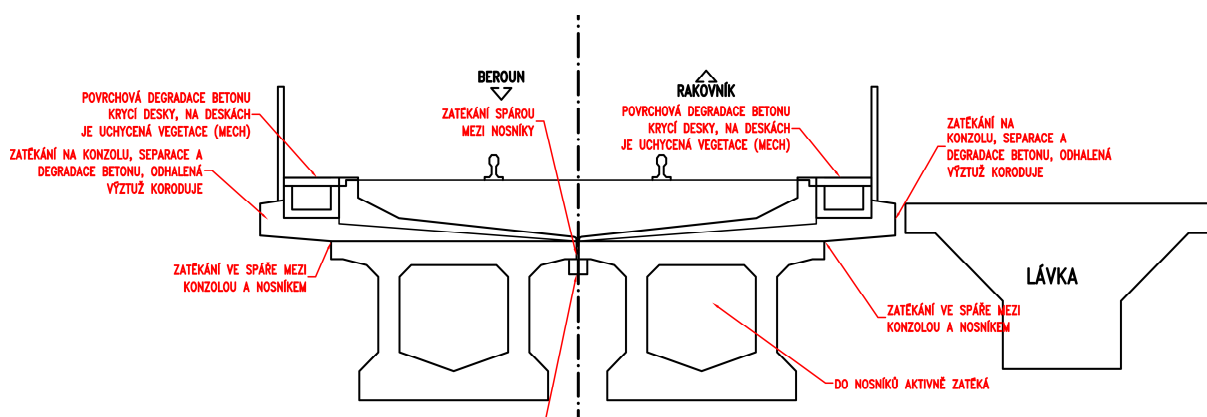


Detail mostního svršku – římsa a zábradlí

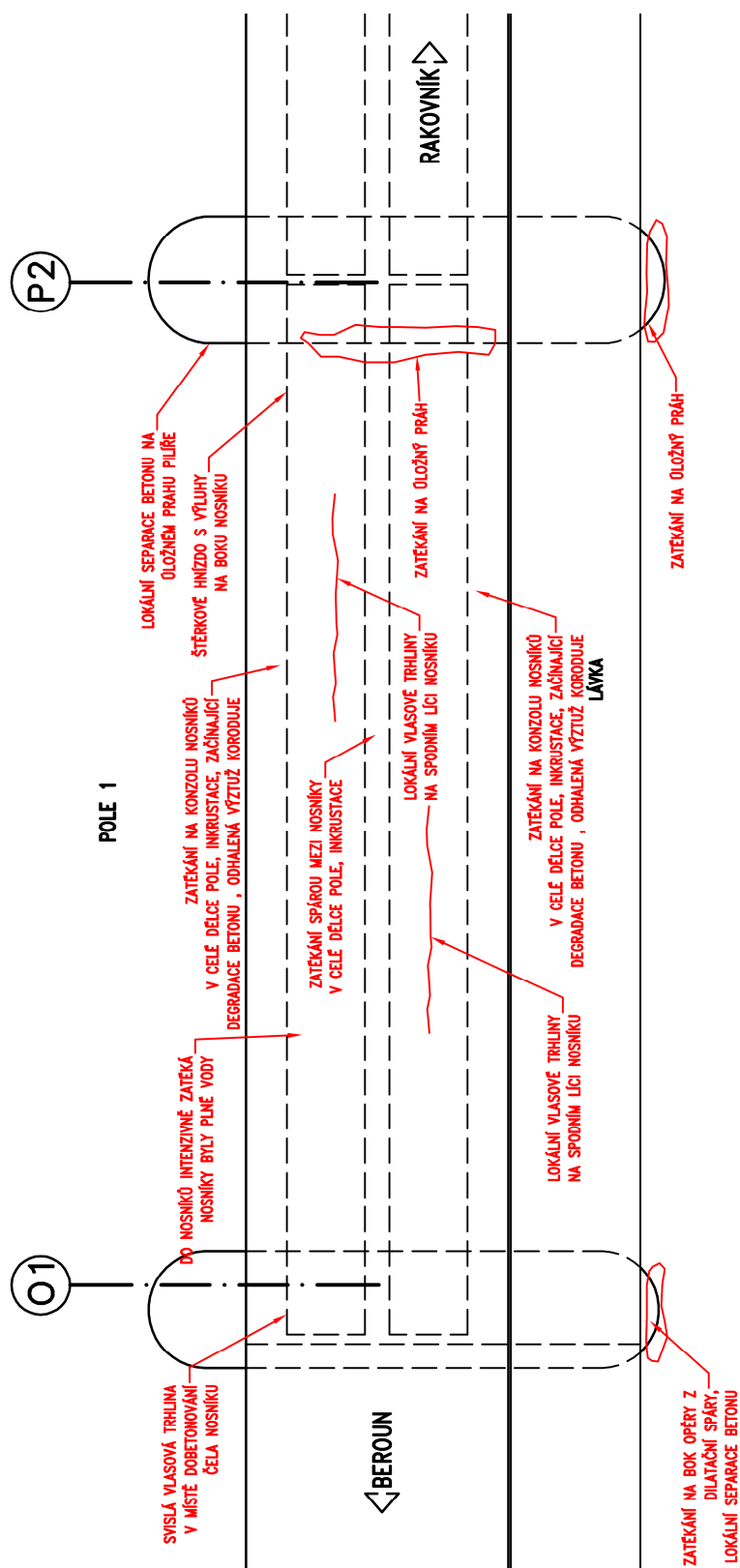
4. ZAKRESLENÍ ZÁVAD

Ve schématech jsou zakresleny výraznější vady a poruchy, které jsou svým rozsahem podstatné. Vady drobného charakteru či vady přípustných hodnot zakreslovány nebyly.

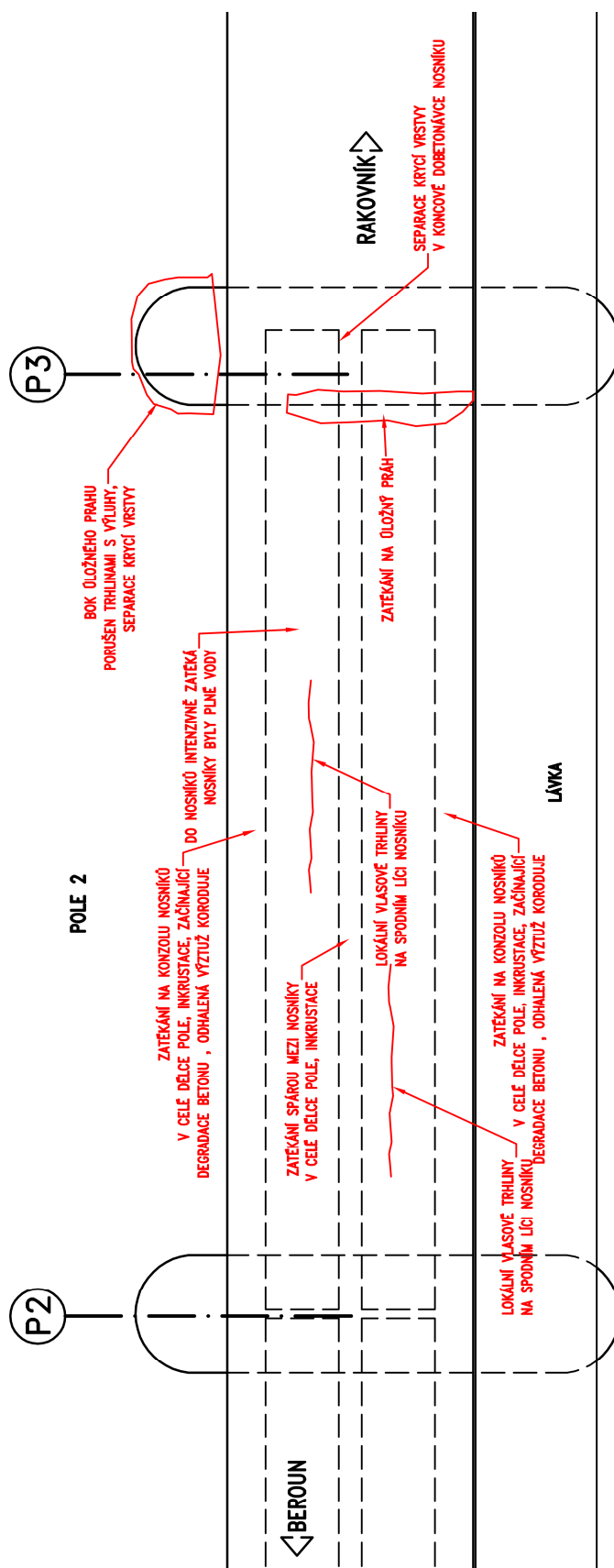
U vad, u kterých není zcela zřejmá příčina vzniku či skutečný rozsah vady, byl proveden podrobnější průzkum a výsledky jsou shrnuty v samostatné kapitole.



Příčný řez



Půdorys pole 1



Půdorys pole 2

4.1. PRŮZKUM KONSTRUKCE V MÍSTĚ LOKÁLNÍCH PORUCH

4.1.1. ÚVOD

Průzkum byl proveden v místech vizuálně zjištěných poruch. Cílem bylo zjistit zejména rozsah poruchy, její příčiny a případně důsledky pro zatížitelnost a životnost mostu.

U dané konstrukce se na spodním líci konstrukce vyskytují podélné trhliny a dále se na bočních plochách vyskytují systémová místa se stopami průsaků.

Ke každému místu je v následující kapitole přiřazena fotodokumentace s popisem zjištěných skutečností.

4.1.2. PRŮZKUM TRHLIN NA SPODNÍM LÍCI KONSTRUKCE

Cílem průzkumu bylo zjistit, zda trhliny vznikají v konstrukci nahodile, či zda se jedná o trhliny ovlivněné např. přítomností výztuže těsně pod povrchem apod.

V místě trhliny byly provedeny nedestruktivní zkoušky pro určení polohy výztuže pomocí přístrojů Hilti Ferrosan PS 200 (monitor PS 200 M a snímač PS 200 S) a Hilti PS 1000 X-Scan. Těmito zkouškami bylo prokázáno, že trhliny se vesměs nacházejí pod betonářskou výztuží.

Následně byla vytipována místa, kde byly provedeny destruktivní sondy pro ověření přítomnosti výztuže. Ve všech případech byla v místě trhlín výztuže nalezena.

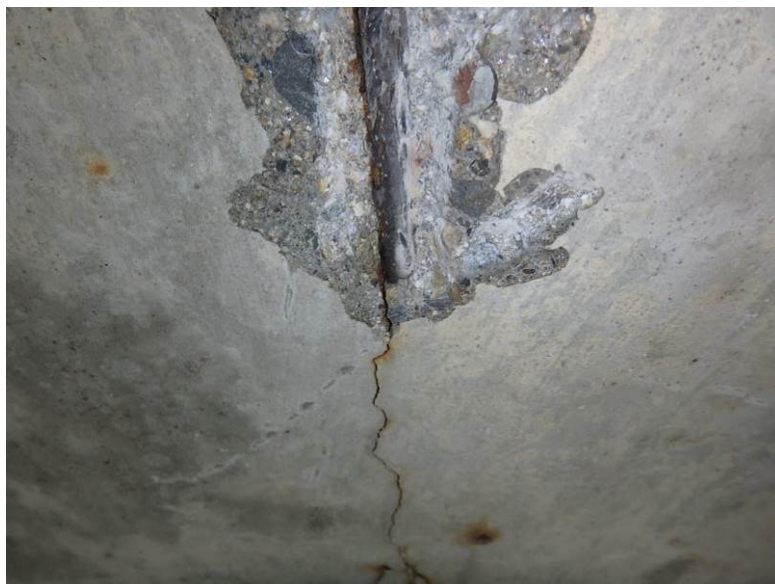
Fotodokumentace:



Podélná trhlina na spodním líci konstrukce

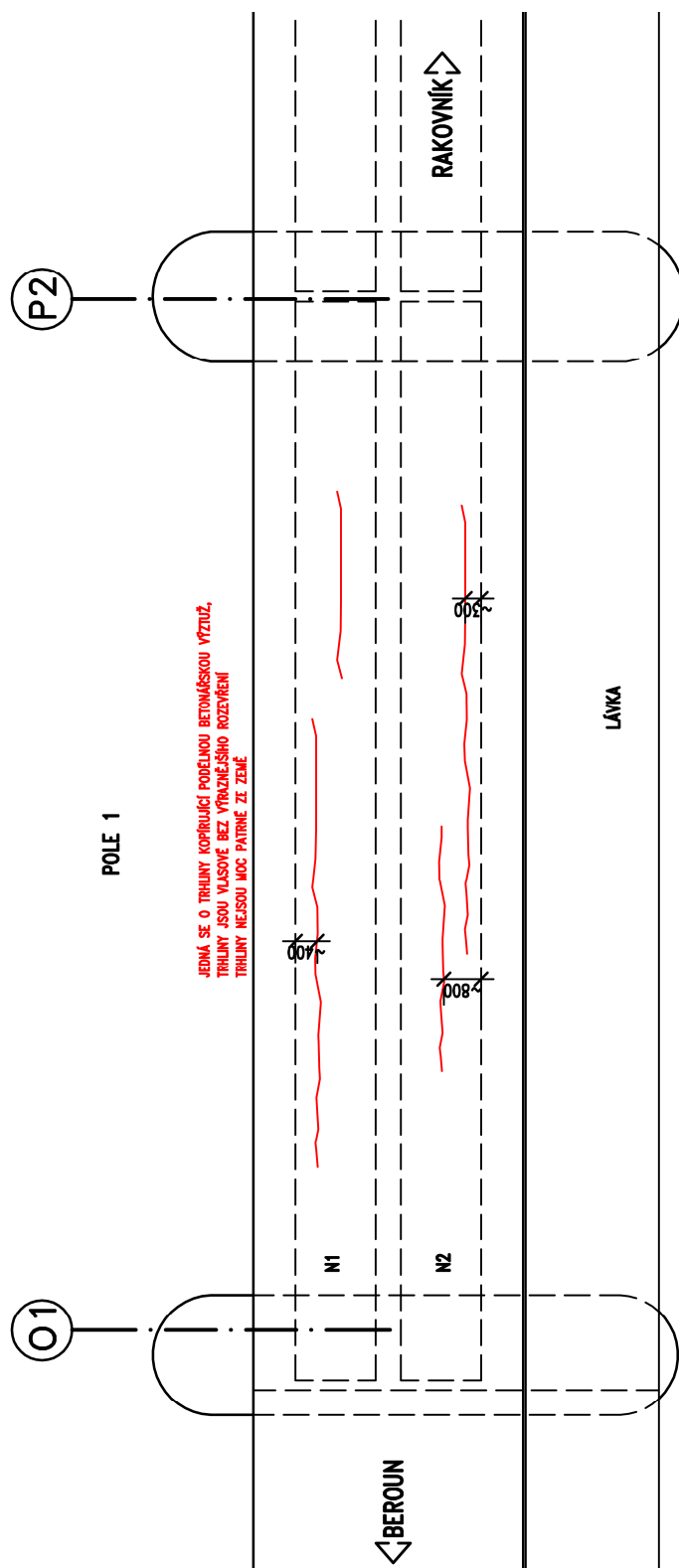


Detail podélné trhliny na spodním líci konstrukce

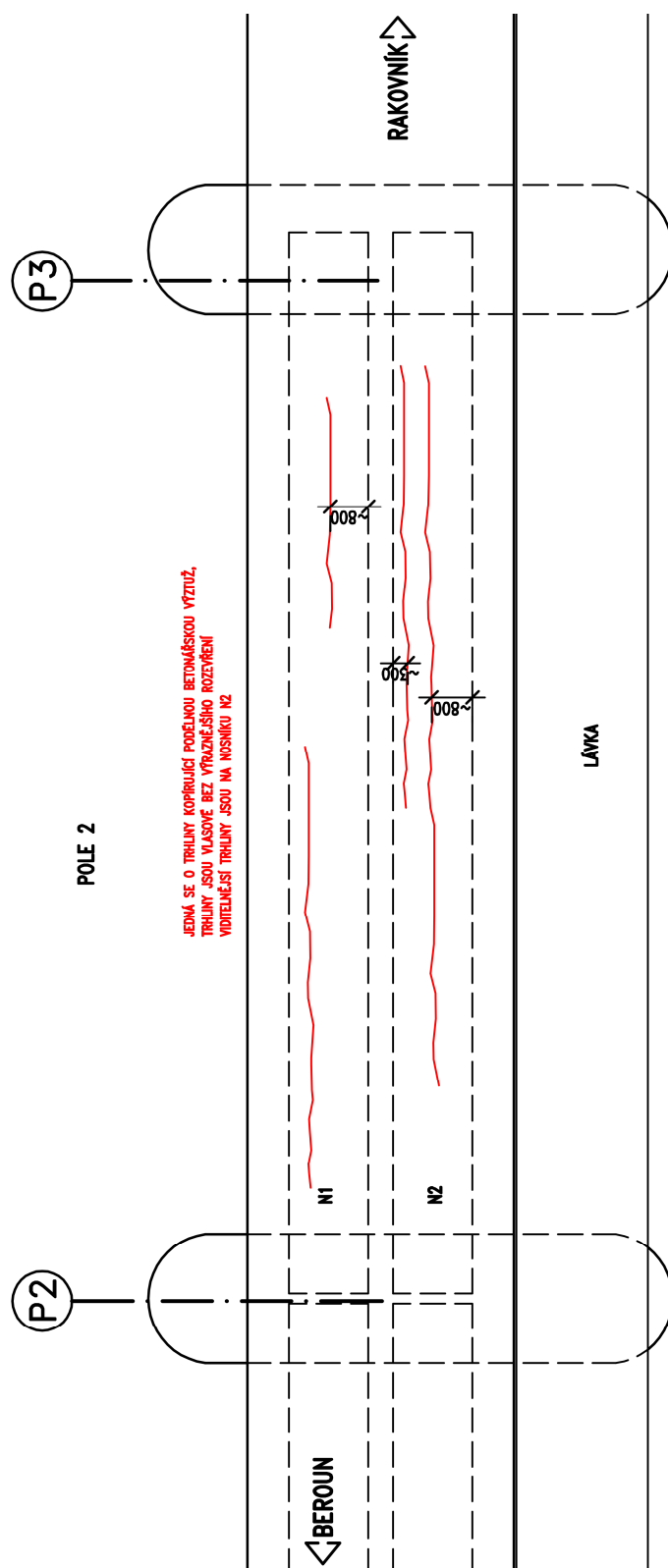


Výztuž nalezená v místě trhliny

Schéma trhlín je na následujících stranách.



Půdorys pole 1



Půdorys pole 2

4.1.3. PRŮZKUM ATYPICKÝCH PORUCH NA BOČNÍCH PLOCHÁCH NOSNÍKŮ

Cílem průzkumu bylo zjistit příčiny, proč se na bočních plochách vyskytují systémové i atypické poruchy s průsaky.

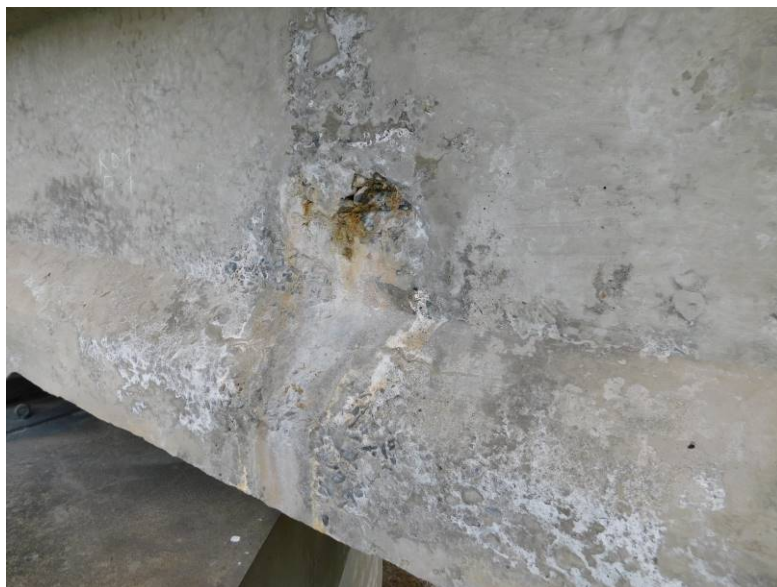
V daném případě se průzkum zaměřil na atypickou výraznější poruchu na levém nosníku N1 v poli 1 v blízkosti P2.

Při vizuální kontrole bylo zjištěno, že se jedná o poruchu struktury betonu, která byla v minulosti (pravděpodobně při výstavbě) nekvalitně zasanována. V současné době je již tato vysprávka odpadlá.

Bližším průzkumem bylo zjištěno, že se jedná o nedostatečně probetonovanou oblast. Ve struktuře betonu jsou četné vměsky písku a štěrková hnízda. Hloubka poruchy dosahovala cca 0,1 m.

Průzkumem bylo prokázáno, že se nejedná o poruchu vzniklou v souvislosti s provozováním konstrukce, ale o poruchu související s nízkou kvalitou výstavby. S ohledem na četné průsaky do konstrukce a zadržování vody v dutině došlo k průsakům touto nehomogenitou z dutiny na vnější povrch konstrukce.

Fotodokumentace:



Detail poruchy na boční ploše nosníku.



Detail struktury betonu
s pískovými vměstkami.



Detail struktury betonu
s pískovými vměstkami.



Měření hloubky poruchy.

4.1.4. PRŮZKUM SYSTÉMOVÝCH PORUCH NA BOČNÍCH PLOCHÁCH NOSNÍKŮ

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, bylo cílem průzkumu zjistit příčiny, proč se na bočních plochách vyskytují systémové i atypické poruchy s průsaky.

V daném případě se průzkum zaměřil na systémové poruchy na levé boční ploše nosníku N1 v poli 1.

Při vizuální kontrole bylo zjištěno, že se jedná o poruchu, která byla v minulosti sanována. Při provádění destruktivní sondy byly nalezeny úlomky cihel. Bližším ohledáním místa bylo zjištěno, že se jedná o pravděpodobně manipulační otvory, které byly dodatečně zazděné. S ohledem na četné průsaky do konstrukce a zadržování vody v dutině dochází k průsakům touto nehomogenitou z dutiny na vnější povrch konstrukce.

Fotodokumentace:



Detail poruchy na boční ploše nosníku.



Cihelný úlomek ve vysprávce

4.2. STANOVENÍ VLASTNOSTÍ BETONŮ NOSNÉ KONSTRUKCE

Pro zkoušky betonu byly odebrány jádrové vývrtky z předepjaté konstrukce nosníků. Pro odběry byla vybrána místa tak, aby byly konstrukce rovnoměrně pokryty. Vývrtky byly odebírány na obou bočních plochách obou polí. Průměr vývrtu byl zvolen 100 mm. V návrhu poloh vývrtů bylo nutno zohlednit i kritérium přístupnosti pro bezproblémové odebrání jádrového vzorku, ale i možnost využití vývrtu pro kontrolu dutin konstrukce. Celkem byly odebrány 4 ks vývrtů.

Odebrané jádrové vývrtky sloužily pro zkoušky pevnosti v tlaku, určení objemové hmotnosti a nasákavosti.

Odebrané vývrtky byly předány do zkušební laboratoře, kde byla provedena základní vizuální prohlídka, popis vzorků a fotodokumentace. Následně byly na vybraných částech vzorků provedeny příslušné zkoušky.

Zpracovatelem byla zkušební laboratoř Kloknerova ústavu ČVUT.

4.2.1. POPIS A FOTODOKUMENTACE VÝVRTŮ

Pro provedení zkoušek laboratorních zkoušek bylo odebráno celkem 6 ks vývrtů:

V1 – Pole 2 – pravý nosník, pravá boční stěna uprostřed rozpětí ²⁾

V2 – Pole 2 – levý nosník, levá boční stěna uprostřed rozpětí ¹⁾

V3 – Pole 1 – pravý nosník, pravá boční stěna uprostřed rozpětí ¹⁾

V4 – Pole 1 – levý nosník, levá boční stěna uprostřed rozpětí ²⁾

Poznámky:

¹⁾ - zkoušky pevnosti v tlaku, objemová hmotnost

²⁾ - zkoušky pevnosti v tlaku, objemová hmotnost, nasákavost

Fotodokumentace vývrtů s podrobným popisem je na následujících stranách:

Legenda zkratk:

DTK – drobné těžené kamenivo

HTK – hrubé těžené kamenivo

HDK – hrubé drcené kamenivo



Vývrt V1

Ve vývrtu převažuje podíl HDK nad DTK, vývrt dále obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 25 mm, max. velikost zrna HDK je 40 mm. Beton je hutný, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny velikosti až 10 mm. Povrch vývrtu je hladký.



Vývrt V2

Ve vývrtu převažuje podíl HDK nad DTK, vývrt dále obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 27 mm, max. velikost zrna HDK je 37 mm. Beton je hutný, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny velikosti až 10 mm. Povrch vývrtu je hladký.



Vývrt V3

Ve vývrtu převažuje podíl HDK nad DTK, vývrt dále obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 15 mm, max. velikost zrna HDK je 40 mm. Beton je hutný, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 3 mm. Povrch vývrtu je hladký.

**Vývrt V4**

Ve vývrtu převažuje podíl HDK nad DTK, vývrt dále obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 10 mm, max. velikost zrna HDK je 55 mm. Beton je hutný, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 4 mm. Povrch vývrtu je hladký.

4.2.2. ZKOUŠKY PEVNOSTI BETONU V TLAKU

Zkušební místa byla ve smyslu požadavků platných ČSN vybírána v oblastech vizuálně kvalitního betonu bez zásadních poruch. Zkouškami byla stanovena mj. pevnost v tlaku betonu, která je jednou ze základních charakteristik betonu.

Zkouška byla provedena podle ČSN EN 12504-1 a ČSN EN 12390-3. Uvedené doporučené značky platí, v souladu s metodikou provádění zkoušek, **pro zdravý nenarušený beton**.

Posouzení odpovídající třídy betonu bylo provedeno dle ČSN EN 13791 - postup B vždy se zahrnutím všech zkoušených vzorků vývrtů pro danou konstrukci.

Přehled vzorků - stanovení pevnosti betonu v polích 1 a 2**NOSNÁ KONSTRUKCE**

Zkušební místo č.:	Popis zkoušené části konstrukce	$F_{c,cube}$ [MPa]	Odpovídající třída betonu skupiny vývrtů dle ČSN EN 13791
V1	Pole 2 – pravý nosník, pravá boční stěna uprostřed rozpětí	80,4	C 60/75
V2	Pole 2 – levý nosník, levá boční stěna uprostřed rozpětí	67,9	
V3	Pole 1 – pravý nosník, pravá boční stěna uprostřed rozpětí	79,4	
V4	Pole 1 – levý nosník, levá boční stěna uprostřed rozpětí	62,4	

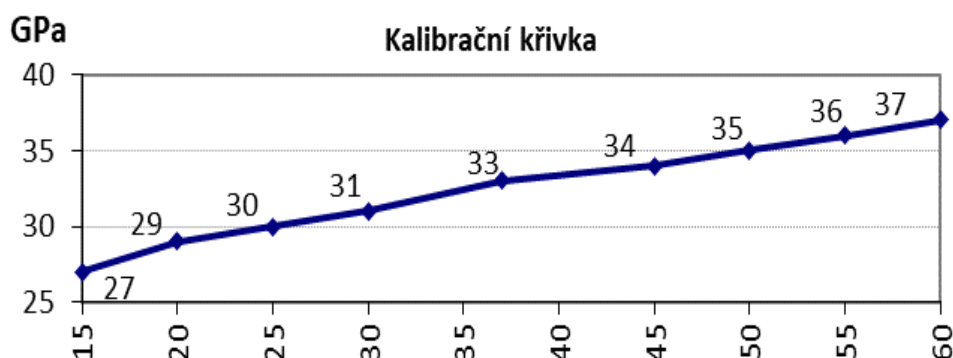
4.2.3. MODULY PRUŽNOSTI STANOVENÉ Z PEVNOSTI BETONU

Ve smyslu ČSN 73 2011 jsou ke zjištěným hodnotám pevnosti betonu v tlaku zkušebních míst přiřazeny informativní hodnoty modulu pružnosti dle tab. 6 přísl. normy, resp. interpolací podle přímky pro zjištěnou krychelnou pevnost betonu.

Modul pružnosti betonu v MPa celé konstrukce nebo její části E_c se vypočte ze vztahu:

$$E_c = \frac{\sum E_{c,i}}{n}$$

$E_{c,i}$ jsou moduly pružnosti stanovené na jednotlivých zkušebních místech i (počet zkušebních míst n).



NOSNÁ KONSTRUKCE – moduly pružnosti

Vývrt / označení zk. vzorku:	Zjištěná hodnota pevnosti betonu v tlaku zkušebního místa MPa	Modul pružnosti betonu $E_{c,i}$ GPa
V1	80,4	41,1
V2	67,9	38,6
V3	79,4	40,9
V4	62,4	37,5

Modul pružnosti z pevnosti E_c = [MPa] 39,5

Výsledný modul pružnosti zjištěný z pevnosti na vývrtech je 39,5 MPa.

4.2.4. ZKOUŠKY OBJEMOVÉ HMOTNOSTI BETONU**Přehled vzorků - stanovení objemové hmotnosti betonu****NOSNÁ KONSTRUKCE**

Vývrt č.:	Popis zkoušené části konstrukce	Objemová hmotnost [kg/m ³]
V1	Pole 2 – pravý nosník, pravá boční stěna uprostřed rozpětí	2520
V2	Pole 2 – levý nosník, levá boční stěna uprostřed rozpětí	2510
V3	Pole 1 – pravý nosník, pravá boční stěna uprostřed rozpětí	2580
V4	Pole 1 – levý nosník, levá boční stěna uprostřed rozpětí	2550

4.2.5. ZKOUŠKY NASÁKAVOSTI BETONU**Přehled vzorků - stanovení nasákavosti betonu****NOSNÁ KONSTRUKCE**

Vývrt č.:	Popis zkoušené části konstrukce	Nasákavost [%]
V1	Pole 1 – pravá strana	2,5
V6	Pole 2 – levá strana	2,4

4.2.6. SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ VLASTNOSTÍ BETONŮ**- pevnost betonu:**

Pro zjištěné hodnoty krychelných pevností nosné konstrukce bylo provedeno přiřazení odpovídající třídy betonu dle ČSN EN 13791, a sice **C 60/75**.

Z hlediska výsledků zkoušky pevnosti betonu lze konstatovat, že zjištěné hodnoty překračují třídu betonu předepsanou v projektové dokumentaci (zn 400).

- moduly pružnosti betonu:

Moduly pružnosti vypočtené z pevnosti betonu s ohledem na ČSN 73 2011 tab. 6 se pohybují pro jednotlivé vzorky z nosné konstrukce v intervalu 37,5 – 41,1 MPa.

Modul pružnosti betonu doporučuji uvažovat průměrnou hodnotou 39,5 MPa.

- objemová hmotnost:

Objemová hmotnost betonu stanovená na odebraných jádrových vývrtech z nosné konstrukce se pohybovala na hodnotách 2510-2580 kg/m³.

Hodnota objemové hmotnosti odpovídá očekávaným hodnotám, nebyly zjištěny výraznější anomálie.

- struktura betonu:

Ve vzorcích zpravidla převažuje podíl hrubého těžného kameniva nad drobným těžným kamenivem. Maximální velikost hrubého kameniva byla běžně cca 25-40 mm, ojediněle i více. Beton byl hutný, u ojedinělých vzorků s větším množstvím dutin do cca 3-5 mm.

Struktura betonu tedy nevykazuje žádné anomálie.

- nasákavost:

Nasákavost (nasycení otevřených pórů betonu vodou) stanovená na odebraných jádrových vývrtech z nosné konstrukce se pohybovala na hodnotách 2,4-2,5 %.

Vzhledem k limitní hranici 6,5% požadované v současných předpisech zjištěné hodnoty vyhovují u všech vzorků.

4.3. STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU SCHMIDTOVÝM TVRDOMĚREM

4.3.1. POPIS ZKOUŠKY

Pro orientační zkoušení tvrdosti betonu a zejména rozptylu hodnot byl použit odrazový tvrdoměr známý pod názvem Schmidtovo kladívko. Uplatňuje se v něm princip centrického rázu dvou těles a princip odrazu.

Povrch zkoušeného materiálu byl připraven pomocí úpravy abrazivním kotoučem tak, aby vznikla hladká a suchá plocha 10x10 cm s odstraněnou povrchovou vrstvou. Pevnost betonu se určuje z tvrdosti cementové malty, spojující jednotlivá zrna kameniva v betonu. Z tohoto důvodu byly úderu prováděny v místě malty a ne v místech kamínků.

Proti povrchu zkoušeného materiálu je pružinou vymrštěn ocelový úderník kladívka, který se od něj odrazí. Na základě velikosti odrazu kladívka od podkladu je zaznamenána tvrdost podkladu a z něj se odvodí jeho pevnost v tlaku. Při zkoušce se také musí zaznamenat i poloha, ve které byl přístroj při zkoušce (vodorovně, svisle dolů, svisle vzhůru). Tato skutečnost se totiž projeví při vyhodnocení ve formě opravy vlivu gravitace na funkci přístroje.



Pro zkoušku byl použit elektronický tvrdoměr Proseq SilverSmidt N (SN SH01-002-0446) s automatickým rozpoznáním směru úderu, digitálním záznamem a přenosem dat do PC.

Křivka obecného kalibračního vztahu byla zvolena B-Proceq vhodná pro staré betony. Vzhledem k minimální tloušťce zkarbonatovaných vrstev a vzhledem k přípravě zkušebních míst nejsou zjištěné hodnoty karbonataci ovlivněny.

Zjištěné hodnoty pevností byly upřesněny na základě provedený vývrtů pomocí součinitele α zjištěného jako podíl sum $F_{c,cube}$ zjištěné ze zkoušek vývrtů a F_{be} zjištěné nedestruktivně.

Zkoušky byly celkem provedeny na 24 zkušebních místech, z toho 18 míst na předepjaté nosné konstrukci mimo vývrty a 6 míst v místě vývrtů.

Zk. místo:	Lokalizace a popis zkoušené části konstrukce
S1/5548-5557	Nosná konstrukce pole 2, na vývrtu V1
S2/5558-5567	Nosná konstrukce pole 2, na vývrtu V2
S3/5568-5577	Nosná konstrukce pole 1, na vývrtu V3
S4/5579-5588	Nosná konstrukce pole 1, na vývrtu V4
S5/5599-5608	Nosná konstrukce pole 1, levý nosník, 3. segment, cca 1 m za spárou segmentů 2/3, boční plocha
S6/5609-5618	Nosná konstrukce pole 1, levý nosník, 3. segment, cca 1 m za spárou segmentů 2/3, spodní líc
S7/5619-5628	Nosná konstrukce pole 1, levý nosník, 1. segment, cca 1 m před spárou segmentů 1/2, spodní líc
S8/5629-5638	Nosná konstrukce pole 1, pravý nosník, 1. segment, cca 1 m před spárou segmentů 1/2, boční plocha
S9/5639-5648	Nosná konstrukce pole 1, pravý nosník, 1. segment, cca 1 m před spárou segmentů 1/2, spodní líc
S10/5649-5658	Nosná konstrukce pole 1, pravý nosník, 3. segment, cca 1 m za spárou segmentů 2/3, spodní líc
S11/5659-5668	Nosná konstrukce pole 2, levý nosník, 1. segment, cca 2 m před spárou segmentů 1/2, boční plocha
S12/5669-5678	Nosná konstrukce pole 2, levý nosník, 2. segment, cca 2 m za spárou segmentů 1/2, spodní líc
S13/5688-5695	Nosná konstrukce pole 2, levý nosník, 1. segment, cca 2 m před spárou segmentů 1/2, spodní líc

S14/5696-5705	Nosná konstrukce pole 2, pravý nosník, 2. segment, cca 2 m za spárou segmentů 1/2, spodní líc
S15/5706-5715	Nosná konstrukce pole 2, pravý nosník, 2. segment, cca 2 m za spárou segmentů 1/2, boční plocha
S16/5716-5725	Nosná konstrukce pole 2, pravý nosník, 2. segment, cca 2 m za spárou segmentů 1/2, spodní líc

4.3.2. VYHODNOCENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU

Zpracování výsledků pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku $f_{ck, is, cube}$ bylo provedeno dle ČSN EN ISO 13822. Zatřídění proběhlo dle normy ČSN EN 13791.

Stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku $f_{ck, is, cube}$ bylo provedeno dle ČSN 73 2011. Hodnota krychelné pevnosti $f_{c, cube}$ byla odvozena na základě hodnoty válcové pevnosti $f_{c, core}$ získané z tlakových zkoušek na jádrových vrtech. Pevnosti získané tvrdoměrem a na jádrových vývrtech byly na odpovídajících místech porovnány a dle následujícího vzorce byl vypočten upřesňující součinitel α :

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n f_{c, is}}{\sum_{i=1}^n f_{be}}$$

Vyhodnocení pevnosti betonů

Část konstrukce:	F_{be} [MPa]	souč. α	$F_{c, cube}$ [MPa] vč. α	Odpovídající třída betonu skupiny vývrťů dle ČSN EN 13791
nosná konstrukce	49,1-56,3 střední 52,4	1,224	60,0-68,9 střední 64,1	C 55/67

Součinitel α pro upřesnění zkoušky dle pevnosti zjištěné na vývrtech

suma F_{be} [MPa]	suma $F_{c, cube}$ [MPa]	součinitel α
237,0	290,1	1,224

4.3.3. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠKY SCHMIDTOVÝM TVRDOMĚREM

Třídy pevnosti betonů zjištěné zkouškou Schmidtovým tvrdoměrem a destruktivní zkouškou na vývrtech byly porovnány s hodnotou dle projektové dokumentace.

Přehled tříd betonů

Část konstrukce	Schmidtův tvrdoměr	Zkoušky vývrtů	Původní proj. dokumentace
nosná konstrukce	C 55/67	C 60/75	C-/35 (zn 400)

Třída betonu stanovená zkouškami Schmidtovým tvrdoměrem vycházejí o třídu níže v porovnání s třídou betonu stanovenou destruktivními zkouškami vývrtů. Vzhledem k tomu, že zkouška Schmidtovým tvrdoměrem vychází z obecné kalibrační křivky upřesněné opravným součinitelem α , lze považovat tuto shodu za velmi dobrou.

Z hlediska hodnocení třídy betonu požadované původním projektovou dokumentací lze konstatovat, že skutečná pevnost betonu převyšuje požadované hodnoty.

4.4. ZKOUŠKY RCT – CHLORIDOVÝ TEST**4.4.1. POPIS ZKOUŠKY RCT (CHLORIDOVÝ TEST)**

Zkoušky RCT slouží k orientačnímu stanovení míry kontaminace betonu chloridovými ionty v závislosti na hloubce.

Během provádění průzkumu byly odebrány vzorky na 3 zkušebních místech z předepjatých nosníků. Na každém zkušebním místě byly odebrány 3 práškové vzorky z různých hloubek. Celkem bylo pro chemický rozbor odebráno 9 vzorků betonu. Zkušební místa byla obvykle vybrána v oblastech s rizikem kontaminace ionty Cl^- dosahu slané mlhy z komunikace.

Měření množství chloridů bylo prováděno pomocí měřicí soupravy RCT fy. Germann - měření procenta chloridů v kyselinovém výluhu práškového vzorku betonu (celkové množství chloridů).

Hodnoty procenta iontů Cl^- z hmotnosti betonu naměřené ve vzorcích byly při vyhodnocení dle kvality betonu vyšetřovaného prvku a z toho předpokládaného množství cementu na 1m^3 betonu přepočítány na hodnoty procenta Cl^- z hmotnosti cementu. Převodní koeficient je uveden na protokolech z laboratorního měření, které jsou součástí této kapitoly. S ohledem na obdobnou strukturu a provedení betonu byla zvolena střední hodnota pro všechny vzorky.

Zjištěný obsah chloridů porovnáváme s limity uváděnými v ČSN EN 206-1, které platí pro čerstvý beton resp. jeho složky. Pro předpjatý beton je to 0,2 % chloridových iontů a pro železobeton 0,4 % k hmotnosti cementu. Tyto hodnoty interpretujeme jako dolní mez intervalu, ve kterém začínají chloridy přispívat ke spuštění a urychlení koroze výztuže a nad těmito hodnotami označujeme beton za kontaminovaný.

Protokoly o zkouškách vzorků RCT jsou přiloženy na následujících stranách.

Vyhodnocení Rapid Chloride Test - RCT®

Měření obsahu chloridových iontů v zatvrdlém betonu (v % k hmotnosti cementu)

Protokol: 2021/24

Akce: železniční most v km 12,884 TÚ 0761 - Beroun - Rakovník

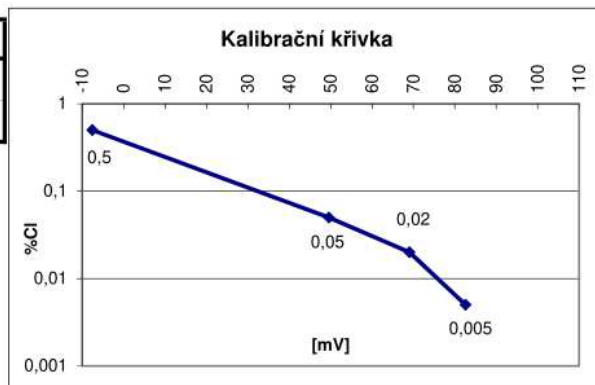
Vypracoval: O. Beran

Počet stran: 1

Poznámka:

KALIBRACE

% Cl	0.005%	0.02%	0.05%	0.5%
PŘED [mV]	82,7	68,9	49,5	-7,5
PO [mV]	82,5	69,2	49,7	-7,6



PŘEPOČET DLE MNOŽSTVÍ CEMENTU V BETONU

Třída bet.	C60/75		
koef. K	5,0		
prvek	nosná konstrukce		

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Vzorek č.	Zkuš. místo	1.měření		2.měření		koef. K	% Cl k hm. cementu	hloubka [mm]	Zkoušený prvek
		[mV]	[% Cl-]	[mV]	[% Cl-]				
383	RCT 1	126,9	0,000	129,1	0,000	5,0	0,00	10	pole 1, levý nosník, levá boční plocha nad vozovou u O1
504		122,5	0,000	124,3	0,000	5,0	0,00	20	
851		119	0,000	118,8	0,000	5,0	0,00	30	
51	RCT 2	105,5	0,000	106,7	0,000	5,0	0,00	10	pole 1, levý nosník, levá boční plocha v cca 1/3 rozpětí
140		116,2	0,000	116,6	0,000	5,0	0,00	20	
651		140,4	0,000	140,3	0,000	5,0	0,00	30	
461	RCT 3	121,2	0,000	121,2	0,000	5,0	0,00	10	pole 1, pravý nosník, pravá boční plocha nad vozovkou u O1
839		131,7	0,000	133	0,000	5,0	0,00	20	
1047		135,8	0,000	137,5	0,000	5,0	0,00	30	

4.4.2. VÝSLEDKY ZKOUŠKY RCT (CHLORIDOVÝ TEST)

Přehled kontaminace betonu chloridovými ionty je v tabulce na následující straně.

Přehled kontaminace betonu chloridovými

Zk. místo	Popis zkoušené části konstrukce; zdroj kontaminace, poškození	Zhodnocení přítomnosti CL iontů
RCT 1	pole 1, levý nosník, levá boční plocha nad vozovou u O1	bez nadlimitní kontaminace
RCT 2	pole 1, levý nosník, levá boční plocha v cca 1/3 rozpětí	bez nadlimitní kontaminace
RCT 3	pole 1, pravý nosník, pravá boční plocha nad vozovkou u O1	bez nadlimitní kontaminace

4.4.3. SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK RCT

Na základě výsledků zkoušek lze konstatovat, že na nosné konstrukci ani v místech s vizuálním zatékáním zjištěna žádná podstatná kontaminace ionty Cl^- .

4.5. STANOVENÍ HLOUBKY NEUTRALIZACE (KARBONATACE) BETONU

4.5.1. POPIS ZKOUŠKY KARBONATACE BETONU

Zjištění hloubky karbonatce betonu (stanovení pH) bylo prováděno na vybraných místech nosné konstrukce mostu. Zkouška proběhla jednak na samostatně upravených zkušebních místech a dále též v místě odběru jádrových vzorků.

Karbonatačními procesy dochází mj. ke snižování pH betonu (zásaditosti cementového tmelu), které slouží jako přirozená pasivace výztuže proti korozním procesům. Snižováním pH betonu se zvyšuje riziko koroze výztuže. Zjednodušeně představuje karbonatace reakci Ca(OH)_2 se vzdušným CO_2 a vlhkostí H_2O .

Průběh karbonatce byl na zvolených zkušebních místech zjišťován do takové hloubky, ve které již hodnota pH zkoušeného betonu zaručuje ochranu výztuže, případně po úroveň výztuže zjištěné nedestruktivně nebo zastižené na zkušebním místě. Celkem byl průběh karbonatce betonu zjišťován na 9 zkušebních místech, z toho na 4 místech na vývrtech a na 5 místech přímo na konstrukci.

Pro měření byl použit směsný acidobazický indikátor fy. Germann - RAINBOW INDICATOR. Na základě změny zabarvení roztoku v kontaktu s betonem je sledována hloubka karbonatačních procesů. Mezní hodnota, kdy beton přestává plnit svoji ochrannou protikorozi funkci je na přechodu mezi pH 9 a 10 (exaktně při $\text{pH}=9,6$), v rámci použité metody je to při $\text{pH} \leq 9$.

4.5.2. VÝSLEDKY ZKOUŠKY KARBONATACE BETONU

V následující tabulce je popis zkoušeného místa na konstrukci a zjištěná hloubka postupu karbonatce v závislosti na pH.

NOSNÁ KONSTRUKCE

Zk. místo	Popis zkušebního místa	Průběh karbonatce [hloubka (mm): pH]	Hloubka limitních hodnot pH
K1	zkouška na vývrtu V1	0-10 mm: 9 > 10 mm: 11-13	10 mm
K2	zkouška na vývrtu V2	0-20 mm: 7 > 20 mm: 11-13	20 mm
K3	zkouška na vývrtu V3	0-10 mm: 9 > 10 mm: 11-13	10 mm
K4	zkouška na vývrtu V4	0-15 mm: 9 *) > 15 mm: 11-13	15 mm

K5	2. pole, levý nosník u spáry mezi segmentem 2/3, spodní líc	0-3 mm: 9 > 3 mm: 11-13	3 mm
K6	2. pole, levý nosník u spáry mezi segmentem 2/3, spodní líc	0-1 mm: 9 *) > 1 mm: 11-13	1 mm
K7	2. pole, pravý nosník u spáry mezi segmentem 2/3, spodní líc	0-1 mm: 9 *) > 1 mm: 11-13	1 mm
K8	2. pole, pravý nosník u spáry mezi segmentem 1/2, spodní líc	0-1 mm: 9 *) > 1 mm: 11-13	1 mm
K9	2. pole, pravý nosník u spáry mezi segmentem 1/2, spodní líc	0-4 mm: 9 *) > 1 mm: 11-13	4 mm

*) povrch pod tenkovrstvou úpravou

Fotodokumentace zkušebních míst:



Barevné rozlišení indikátoru
Rainbow pro pH 5-13



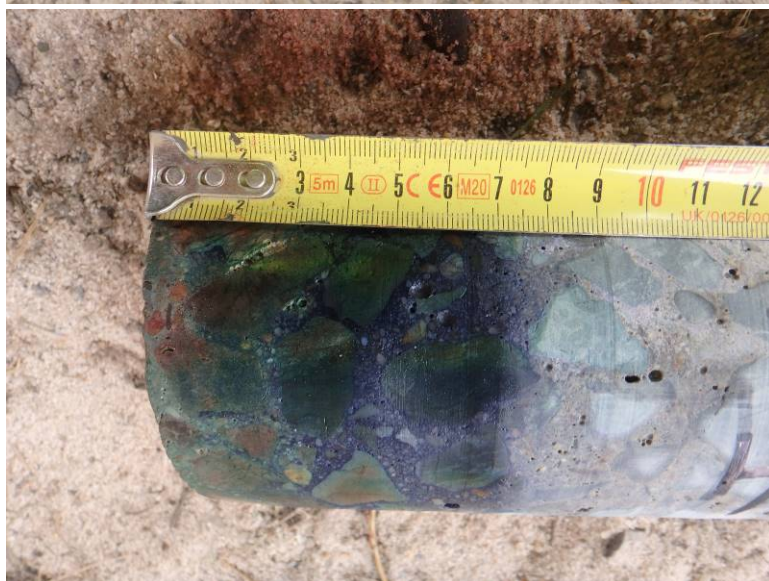
Zkušební místo K1



Zkušební místo K2



Zkušební místo K3



Zkušební místo K4



Zkušební místo K5



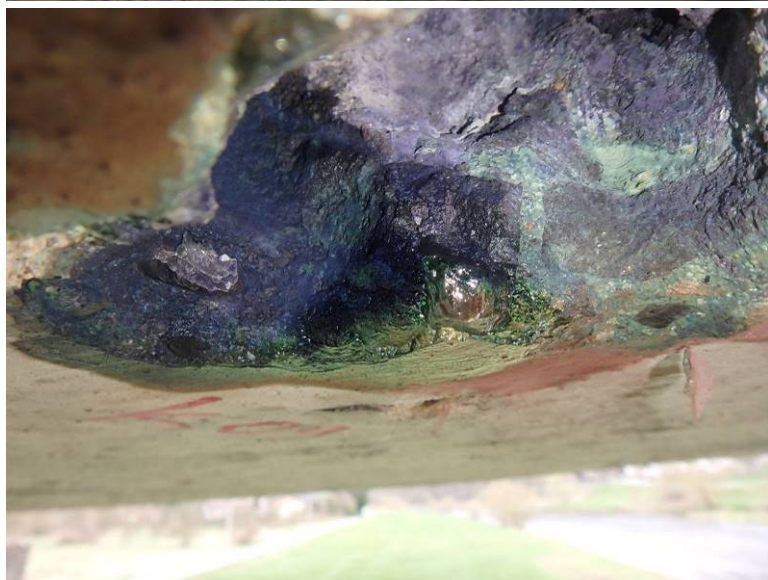
Zkušební místo K6



Zkušební místo K7



Zkušební místo K8



Zkušební místo K9

4.5.3. SHRUTÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠKY KARBONATACE BETONU

Na základě výsledků zkoušek karbonatace lze konstatovat, že na prefabrikovaných předepjatých nosnících je tloušťka zkarbonatovaných vrstev na spodním líci pod tenkovrstvou omítkou na většině míst minimální, a sice okolo 1 mm, v některých sondách je mírně vyšší – cca 3-4 mm. Na vývrtech z boku konstrukce dosahovala ale tloušťka zkarbonatovaných vrstev cca 10-20 mm.

Vzhledem k tloušťce krycí vrstvy na spodním líc 26-40 mm není tloušťka zkarbonatované vrstvy podstatná. Na bočních plochách je tl. krycí vrstvy cca 16-26 mm, přičemž hloubka zkarbonatovaných vrstev dosahuje cca 10-20 mm. Na těchto plochách je tedy ochranná funkce krycí vrstvy betonu z titulu karbonatace snížena.

4.6. OVĚŘENÍ TLOUŠŤKY BETONOVÉ KRYCÍ VRSTVY A ZJIŠTĚNÍ POLOHY VÝZTUŽE

4.6.1. POPIS ZKOUŠKY STANOVENÍ TLOUŠŤKY KRYCÍ VRSTVY

Ověření tloušťky krycí betonové vrstvy výztuže bylo provedeno nedestruktivně pomocí magnetického indikátoru výztuže Hilti Ferrosan PS 200 (monitor PS 200 M a snímač PS 200 S).

Vyhledávána byla zpravidla podélná i příčná výztuž. Pro vyhodnocení tloušťky krycí vrstvy bylo provedeno porovnání s projektovou dokumentací a pro vyhodnocení byla vybrána rozhodující výztuž, tj. výztuž blíže k povrchu. Snímky výztuže dále od povrchu nejsou v tomto elaborátu uvedeny.

Celkem bylo provedeno 12 měření rozhodující hodnoty tloušťky krycí vrstvy na nosné konstrukci a to na spodním líci a bočních plochách předepjatých nosníků. Měření byla provedena na typických plochách konstrukce tak, aby bylo možné získat spolehlivé komplexní informace. Poznámka: Snímky, které nebyly dostatečně průkazné, byly vyloučeny a uvedené počty obsahují jen „platné“ snímky.

Popis metod pro stanovení tl. krycí vrstvy

Skenování výztuže v pásu - snímky FQ

Po povrchu vyšetřovaného prvku je plynule posouván snímač PS 200 S. Přístroj akusticky indikuje výztuž uloženou příčně na směr posunu sondy a zaznamenává její polohu staničením od zvoleného počátku a hloubkou uložení, tj. tloušťkou krycí betonové vrstvy. Přístroj umožňuje získání grafu rozmístění výztuže v hloubce 0 – 100 mm, jejich uložení do paměti a následné zpracování na počítači.

Aby se vyloučily chyby při zpracování, jsou snímky výztuže číslovány interním průběžným číslem z přístroje.

Ze snímků je rovněž patrné uspořádání výztuže, které poskytuje doplňující informaci o skutečném provedení armatury.

4.6.2. VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ STANOVENÍ TLOUŠŤKY BETONOVÉ KRYCÍ VRSTVY

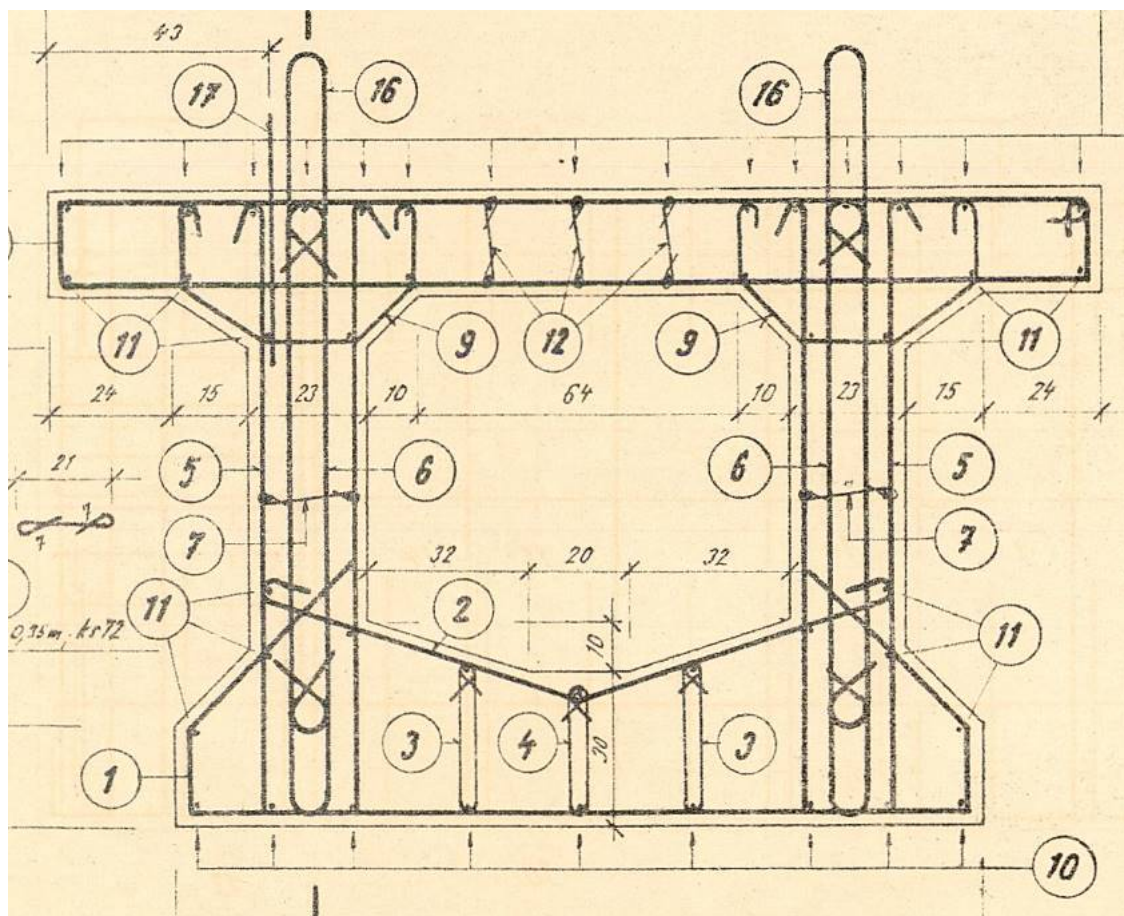
Vyhodnocení tloušťky krycí betonové vrstvy výztuže bylo provedeno z hlediska dnešních normových požadavků, výsledky byly pro jednotlivé prvky uspořádány přehledně do tabulek.

Vzhledem k tomu, že u některých snímků byly zjištěny velké rozdíly tloušťky krycí vrstvy u jednotlivých prutů, byly pro vyhodnocení u snímků odfiltrovány ojedinělé pruty s minimální či maximální hodnotou a vyhodnocení bylo provedeno na reprezentativní skupině prutů příslušného snímku. V příloze jsou publikovány původní snímky tak, jak byly sejmuty přístrojem, a tudíž automaticky uváděné vyhodnocovací údaje se v těchto snímcích mohou lišit od výsledků ručního vyhodnocení uváděného v tabulce.

Aby se předešlo problémům se specifikací polohy zkoušené výztuže, je výztuž popisována vždy s ohledem na globální osy mostu, tj. výztuž rovnoběžná s podélnou osou mostu je označována jako podélná, na ní kolmá je výztuž příčná a výztuž svislá.

Tloušťka minimální krycí betonové vrstvy je dle současných požadavků pro zkoušené prvky z betonu stanovena hodnotou 45 mm.

SCHÉMA VYZTUŽENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE:



Příčný řez – vyztužení předepjatého nosníku nosné konstrukce

Pro spodní líc i bočná plochy konstrukce je blíže povrchu příčná, resp. svislá výztuž (třmínky), což potvrdilo i kontrolní nedestruktivní měření tloušťky krycí vrstvy.

Přehled a vyhodnocení naměřených hodnot:

NOSNÁ KONSTRUKCE – SPODNÍ LÍC – PŘÍČNÁ (ROZHODUJÍCÍ) VÝZTUŽ

Zk. místo	Popis zkoušené části konstrukce	Naměřené hodnoty	Hodnocení z hlediska ČSN EN 1992-1-1:2006
FQ 0755	Pole 2, nosník N2 spodní líc, 2. segment	cca 15 - 30 mm min. 13 mm střední 26 mm	Nevyhovuje
FQ 0757	Pole 2, nosník N2 spodní líc, 3. segment	cca 20 - 37 mm min. 16 mm střední 26 mm	Nevyhovuje
FQ 0764	Pole 2, nosník N1 spodní líc, 2. segment	cca 15 - 40 mm min. 14 mm střední 21 mm	Nevyhovuje
FQ 0766	Pole 2, nosník N1 spodní líc, 1. segment	cca 12 - 36 mm min. 12 mm střední 24 mm	Nevyhovuje
FQ 0774	Pole 1, nosník N2 spodní líc, 2. segment	cca 12 - 30 mm min. 10 mm střední 16 mm	Nevyhovuje
FQ 0776	Pole 1, nosník N2 spodní líc, 3. segment	cca 15 - 33 mm min. 15 mm střední 26 mm	Nevyhovuje

NOSNÁ KONSTRUKCE – BOČNÍ PLOCHA – SVISLÁ (ROZHODUJÍCÍ) VÝZTUŽ

Zk. místo	Popis zkoušené části konstrukce	Naměřené hodnoty	Hodnocení z hlediska ČSN EN 1992-1-1:2006
FQ 0750	Pole 2, nosník N2 boční plocha, 2. segment	cca 22 - 37 mm min. 17 mm střední 29 mm	Nevyhovuje
FQ 0758	Pole 2, nosník N2 boční plocha, . segment	cca 28 - 50 mm min. 23 mm střední 37 mm	Nevyhovuje
FQ 0760	Pole 2, nosník N1 boční plocha, 2. segment	cca 28 - 50 mm min. 23 mm střední 37 mm	Nevyhovuje

FQ 0767	Pole 2, nosník N1 boční plocha, 1. segment	cca 32 - 50 mm min. 32 mm střední 40 mm	Nevyhovuje
FQ 0770	Pole 1, nosník N2 boční plocha, 2. segment	cca 18 - 38 mm min. 17 mm střední 26 mm	Nevyhovuje
FQ 0777	Pole 1, nosník N2 boční plocha, 1. segment	cca 28 - 33 mm min. 20 mm střední 29 mm	Nevyhovuje

4.6.3. VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ TLOUŠŤKY KRYCÍ VRSTVY

NOSNÁ KONSTRUKCE:

Boční plochy:

Střední hodnoty tloušťky krycí vrstvy se na zkušebních místech pohybovaly mezi 26-40 mm. V některých částech byly zjištěny i lokální pruty s menší tloušťkou krycí vrstvy až cca 17 mm.

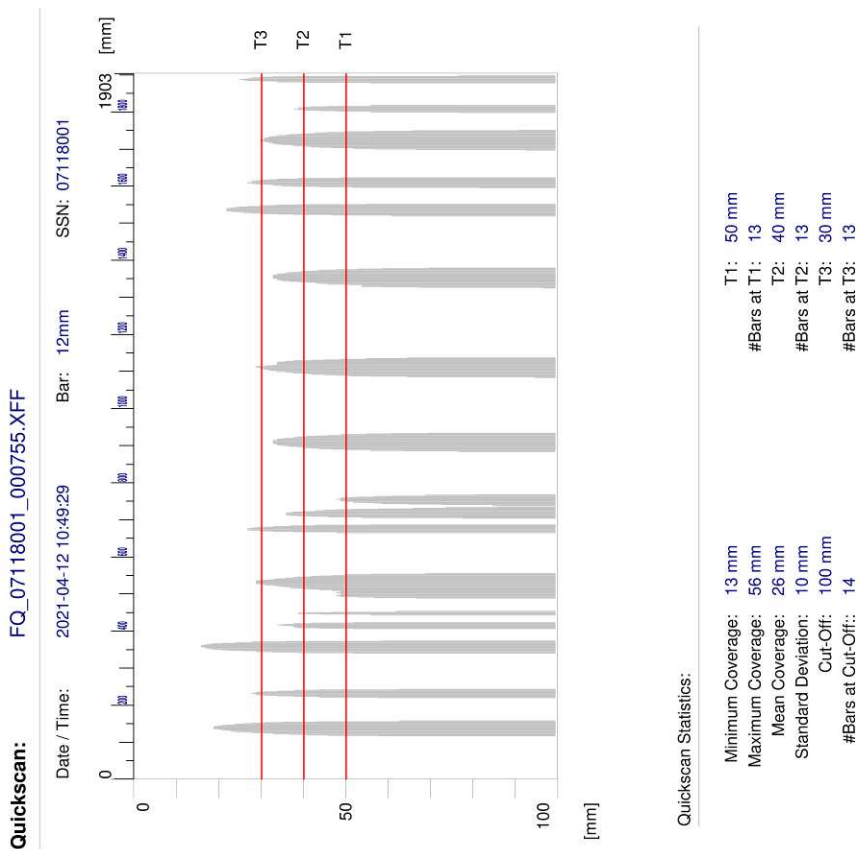
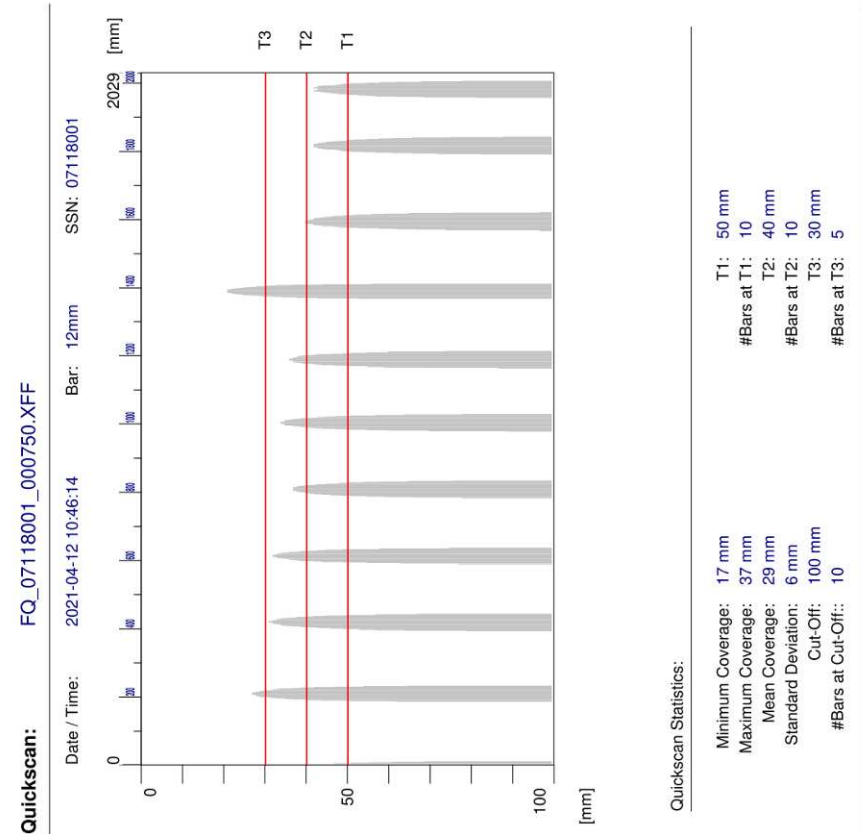
Spodní líc:

Střední hodnoty tloušťky krycí vrstvy se na zkušebních místech pohybovaly mezi 16-26 mm. V některých částech byly zjištěny i lokální pruty s menší tloušťkou krycí vrstvy až cca 10 mm.

Obecně lze konstatovat, že tloušťky krycí vrstvy vykazují určité rozptyly, hodnoty se na nosné konstrukci pohybují zpravidla okolo 20-30 mm, nicméně část prutů zasahuje i blíže k povrchu (až cca 10 mm). Mírně nižší hodnoty byly zjištěny na spodním líci nosníků, na bočních plochách byly hodnoty mírně vyšší.

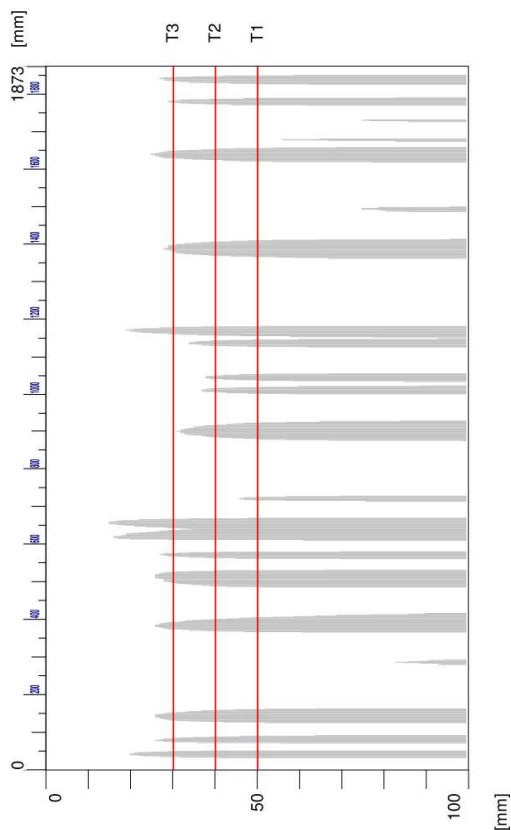
Závěrem lze konstatovat, že na konstrukci nosníků je tloušťka krycí vrstvy z hlediska dnešních předpisů nedostatečná, nicméně odpovídá zvyklostem v době výstavby objektu.

Snímky z přístroje Hilti Ferroskan jsou přiloženy na následujících stranách.



Quickscan: FQ_07118001_000757.XFF

Date / Time: 2021-04-12 10:51:38 Bar: 12mm SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 16 mm
Maximum Coverage: 60 mm
Mean Coverage: 26 mm
Standard Deviation: 11 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off: 14
T1: 50 mm
#Bars at T1: 13
T2: 40 mm
#Bars at T2: 13
T3: 30 mm
#Bars at T3: 11

Customer:

Location:

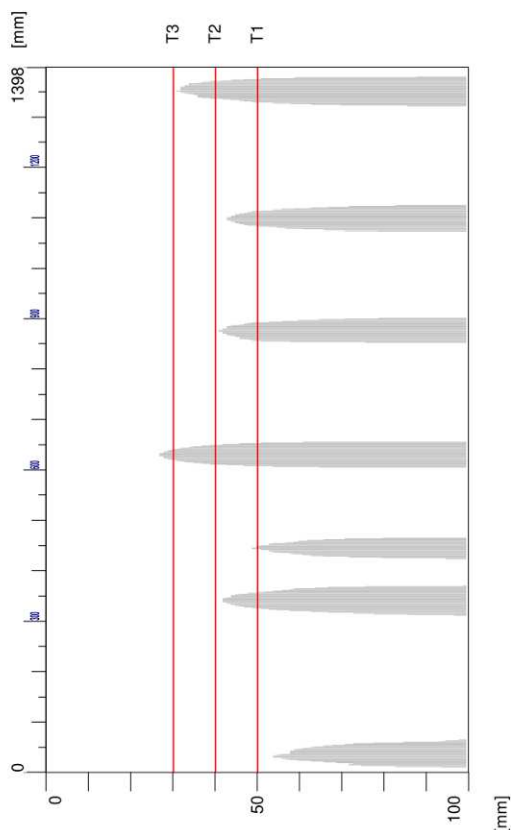
Operator:

Comment:

Pole 2, nosník N2, spodní líc, krajní korálek u pilíře P13, příčná výtlač

Quickscan: FQ_07118001_000758.XFF

Date / Time: 2021-04-12 10:53:05 Bar: 12mm SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 23 mm
Maximum Coverage: 50 mm
Mean Coverage: 37 mm
Standard Deviation: 9 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off: 7
T1: 50 mm
#Bars at T1: 7
T2: 40 mm
#Bars at T2: 5
T3: 30 mm
#Bars at T3: 2

Customer:

Location:

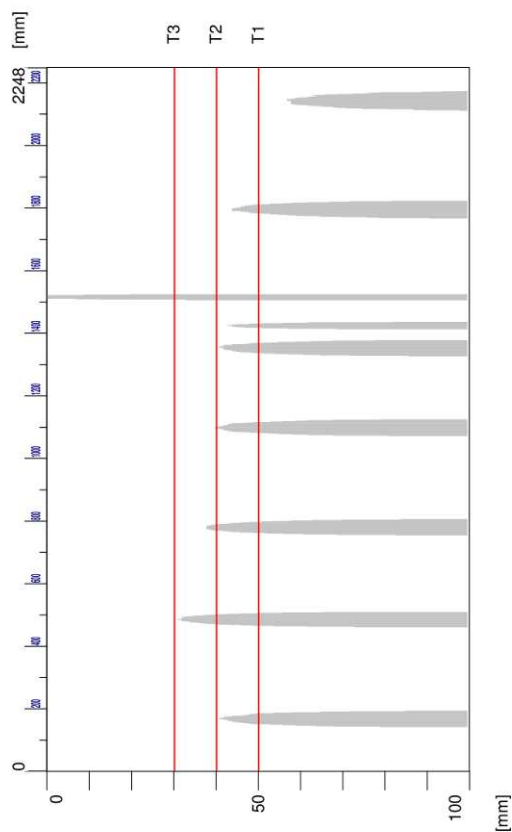
Operator:

Comment:

Pole 2, nosník N2, pravý bok, krajní korálek u pilíře P13, svislá výtlač

Quickscan: FQ_07118001_000760.XFF

Date / Time: 2021-04-12 12:17:38 Bar: 12mm SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 27 mm
Maximum Coverage: 52 mm
Mean Coverage: 37 mm
Standard Deviation: 7 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off: 8
T1: 50 mm
#Bars at T1: 7
T2: 40 mm
#Bars at T2: 7
T3: 30 mm
#Bars at T3: 1

Customer:

Location:

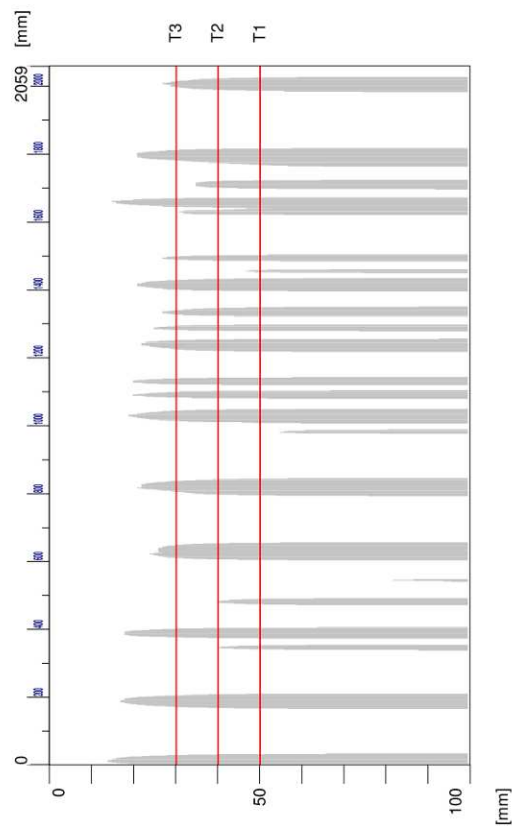
Operator:

Comment:

Pole 2, nosník N1, levý bok, prostřední korálek, svislá výztuž

Quickscan: FQ_07118001_000764.XFF

Date / Time: 2021-04-12 12:19:56 Bar: 12mm SSN: 07118001



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage: 14 mm
Maximum Coverage: 41 mm
Mean Coverage: 21 mm
Standard Deviation: 8 mm
Cut-Off: 100 mm
#Bars at Cut-Off: 15
T1: 50 mm
#Bars at T1: 15
T2: 40 mm
#Bars at T2: 14
T3: 30 mm
#Bars at T3: 13

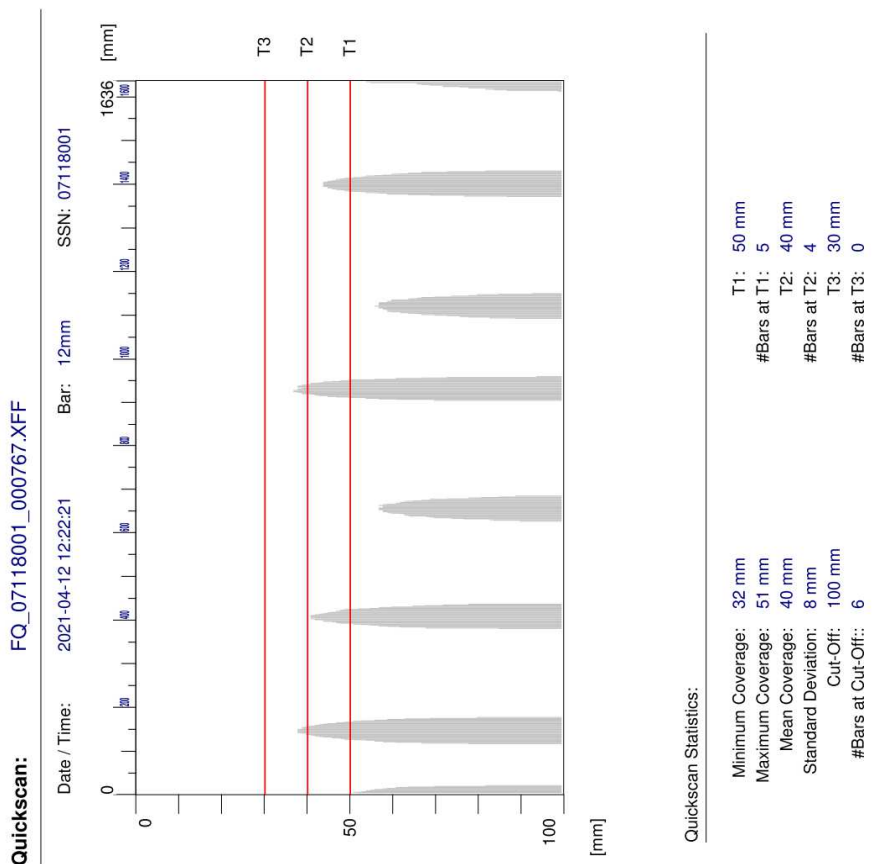
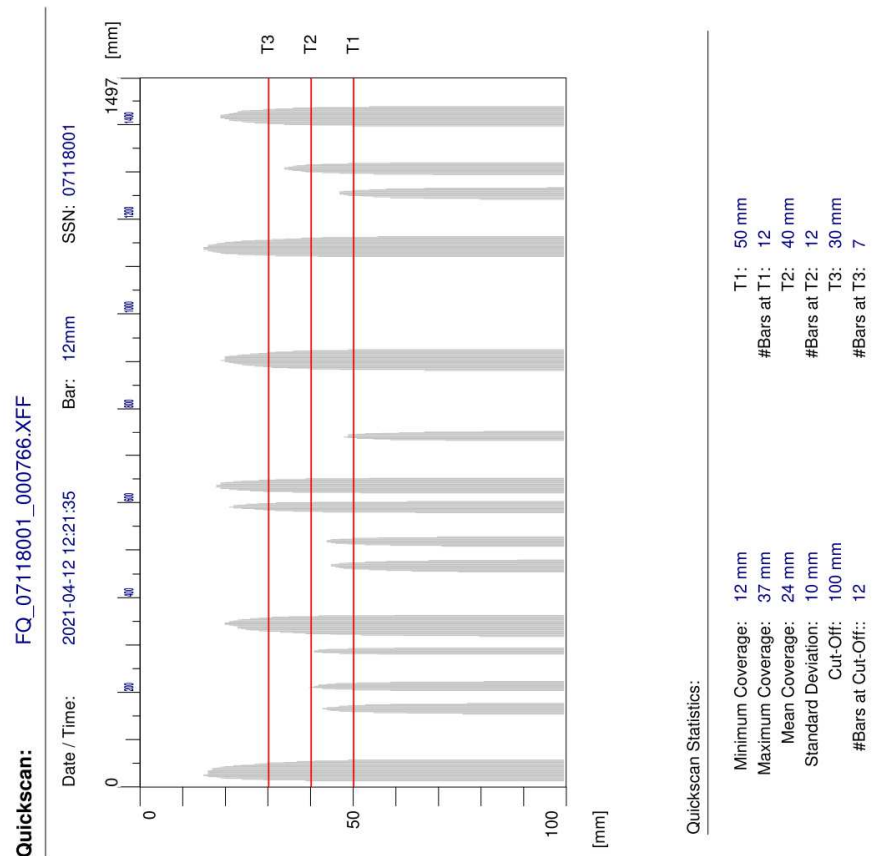
Customer:

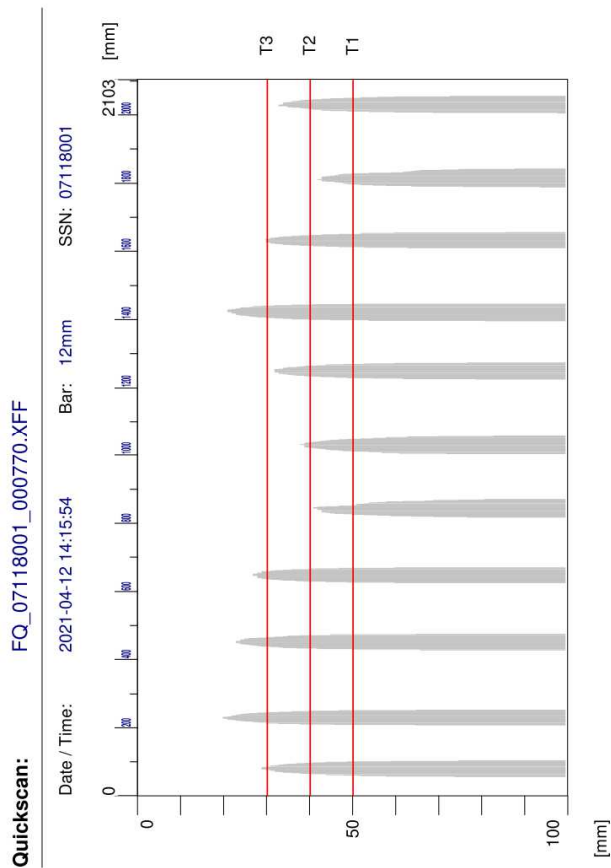
Location:

Operator:

Comment:

Pole 2, nosník N1, spodní líc, prostřední korálek, příčná výztuž





Quickscan Statistics:

Minimum Coverage:	17 mm	T1:	50 mm
Maximum Coverage:	38 mm	#Bars at T1:	11
Mean Coverage:	26 mm	T2:	40 mm
Standard Deviation:	8 mm	#Bars at T2:	11
Cut-Off:	100 mm	T3:	30 mm
#Bars at Cut-Off:	11	#Bars at T3:	8

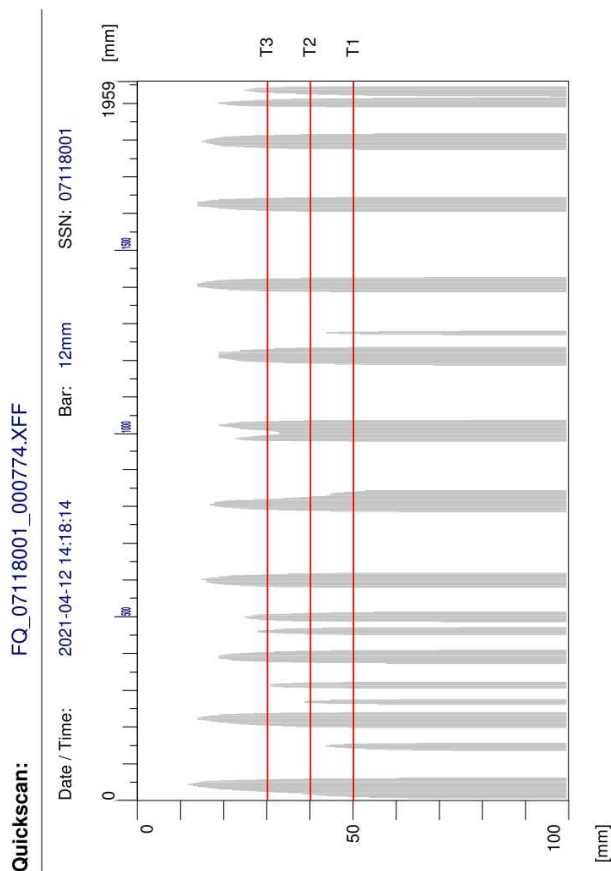
Customer:

Location:

Operator:

Comment:

Pole 1, nosník N2, pravý bok, prostřední korálek, svislá výztuž



Quickscan Statistics:

Minimum Coverage:	10 mm	T1:	50 mm
Maximum Coverage:	31 mm	#Bars at T1:	13
Mean Coverage:	16 mm	T2:	40 mm
Standard Deviation:	7 mm	#Bars at T2:	13
Cut-Off:	100 mm	T3:	30 mm
#Bars at Cut-Off:	13	#Bars at T3:	12

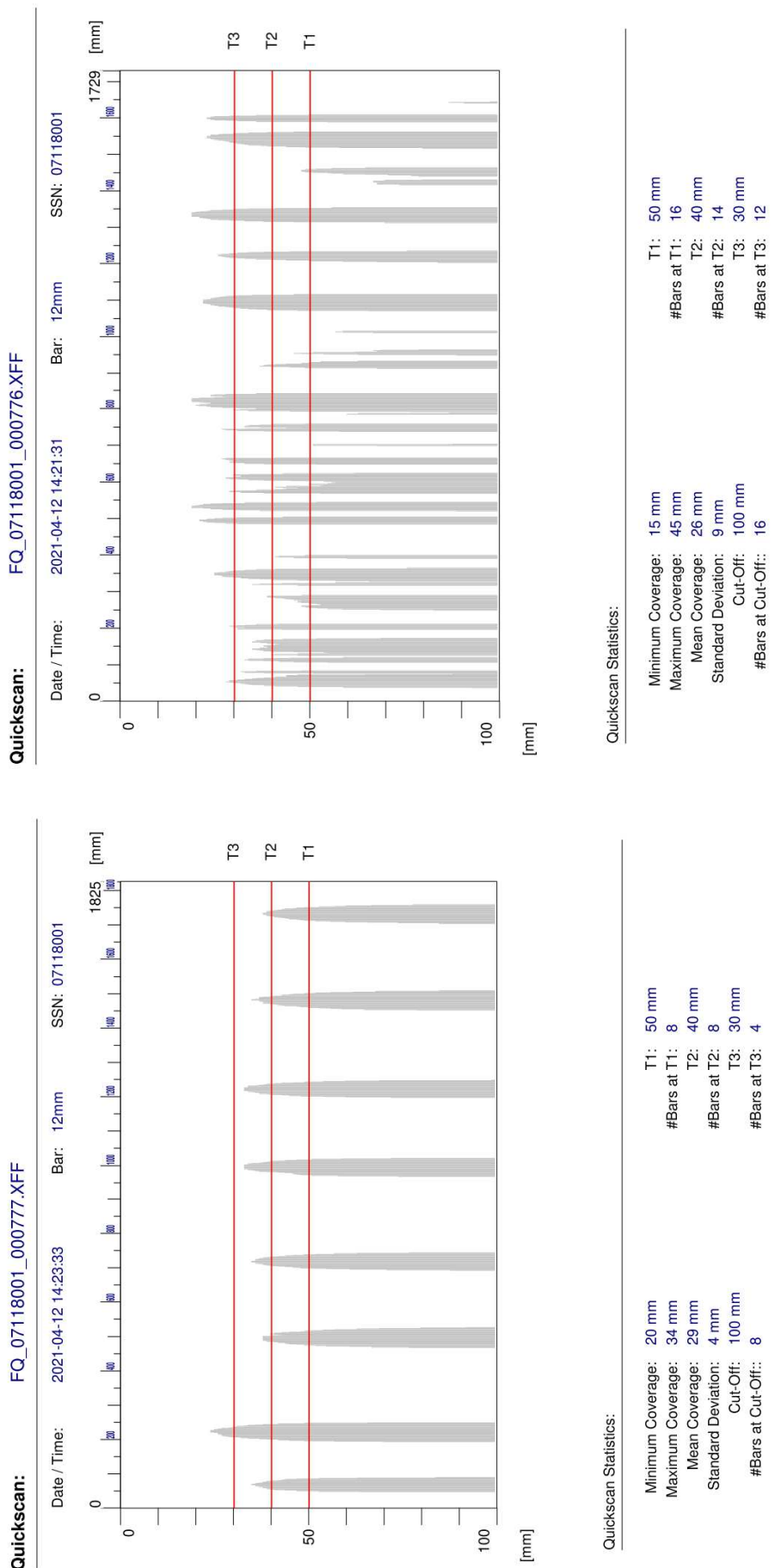
Customer:

Location:

Operator:

Comment:

Pole 1, nosník N2, spodní líc, prostřední korálek, příčná výztuž



4.7. OVĚŘENÍ PROVEDENÍ A STAVU PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

Ověření provedení předpínací výztuže

Nedestruktivní způsob ověření polohy a počtu předpínací výztuže byl proveden pomocí systému Hilti PS 1000 X-Scan system pracujícím na principu radaru s monitorem PSA 100.

Popis metody zjištění polohy vyztužení - skenování v pásu („RQ“) přístrojem Hilti PS 1000

Pro skenování v pásu („RQ“) je snímačem plynule posouváno po vyšetřovaném povrchu. Přístroj zaznamenává polohu předmětů či jiných nehomogenit uvnitř betonu. Poloha je zaznamenávána staničením pojezdu od zvoleného počátku a hloubkou nalezené nehomogenity. Přístroj umožňuje získání 2D a 3D grafu rozmístění nalezených nehomogenit v hloubce 0 – 300 mm, jejich uložení do paměti a následné zpracování na počítači. Na základě jejich tvaru je vyhodnoceno, zda se jedná o výztuž či nikoli.

Měření byla použita pro též vytyčení míst pro provedení jádrových vývrtů do nosné konstrukce.



Hilti PS 1000 X-scan

Popis provedení předpínací výztuže nosné konstrukce:

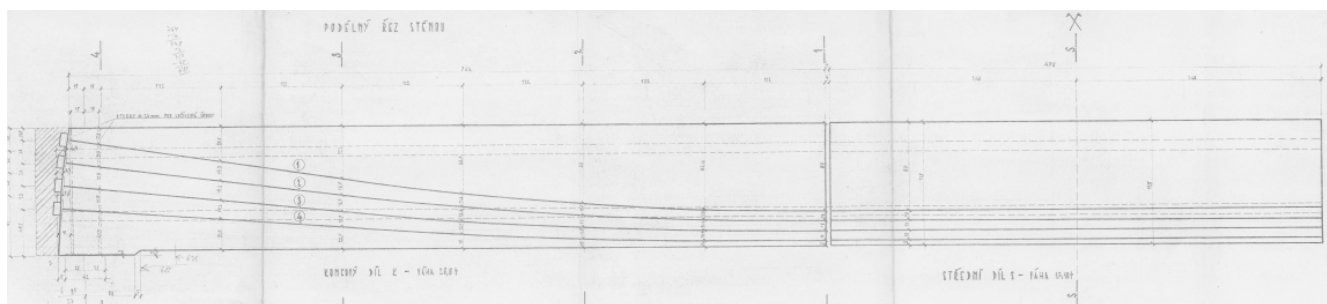
Nosníky jsou komorové, složené ze tří segmentů za sebou, sepnutých předpínací výztuží. Předpínací výztuž se skládá ze 2 x 4 zdvihaných kabelů nad sebou vedených ve stěnách. Dále jsou vedeny 4 kabely ve spodní desce.

Kabely byly napínány ve sledu pořadových čísel – viz obr. na následující straně. Napínány byly na hodnotu 1050 MPa a po 20 minutách byly popuštěny na 100 MPa a po dalších 10 minutách znovu napnuty na 1050 MPa a zakotveny. Kabely byly střídavě napínány z jedné a z druhé strany.

V každém kabelu je 24 ks drátů \varnothing 7 mm.

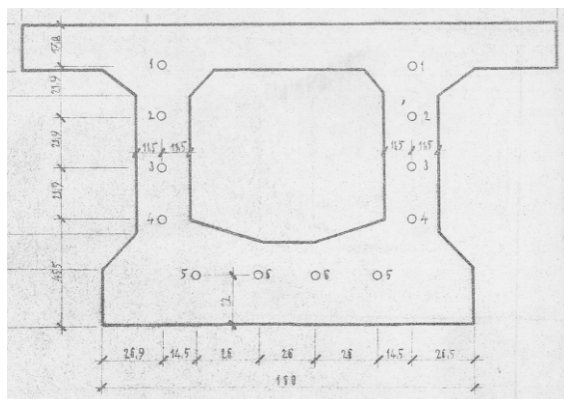
Nosníky jsou navrženy na zatěžovací vlak B dle původní ČSN 73 6202 platné v době návrhu.

Schéma vedení předpínacích kabelů:

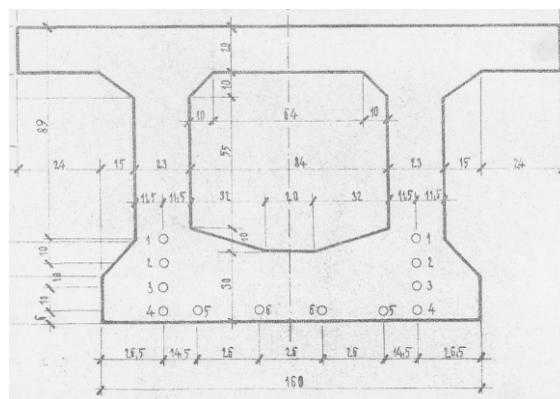


Podélný řez vedení kabelů (zobrazena 1/2 délky nosníku)

Uspořádání kanálků předpínací výztuže:

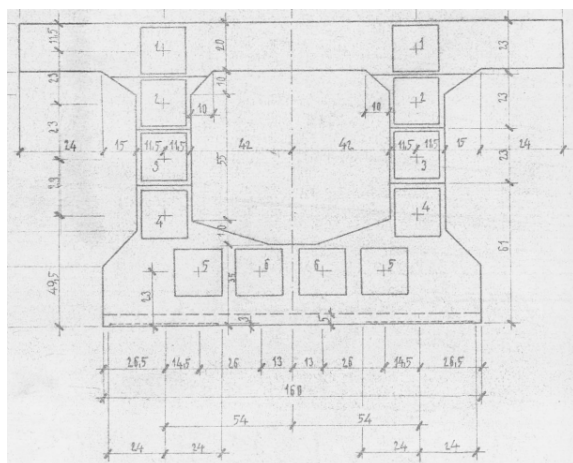


u podpory

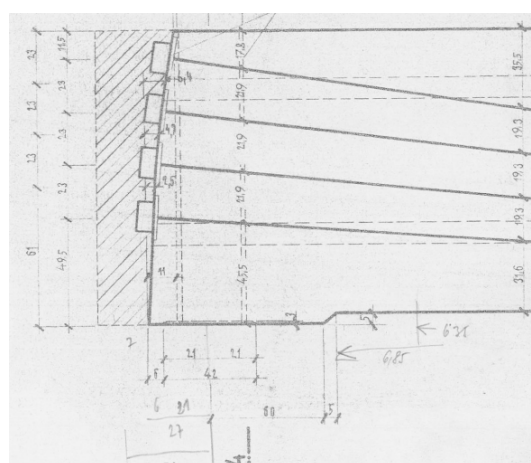


v 1/2 rozpětí pole

Uspořádání kotevní oblasti:

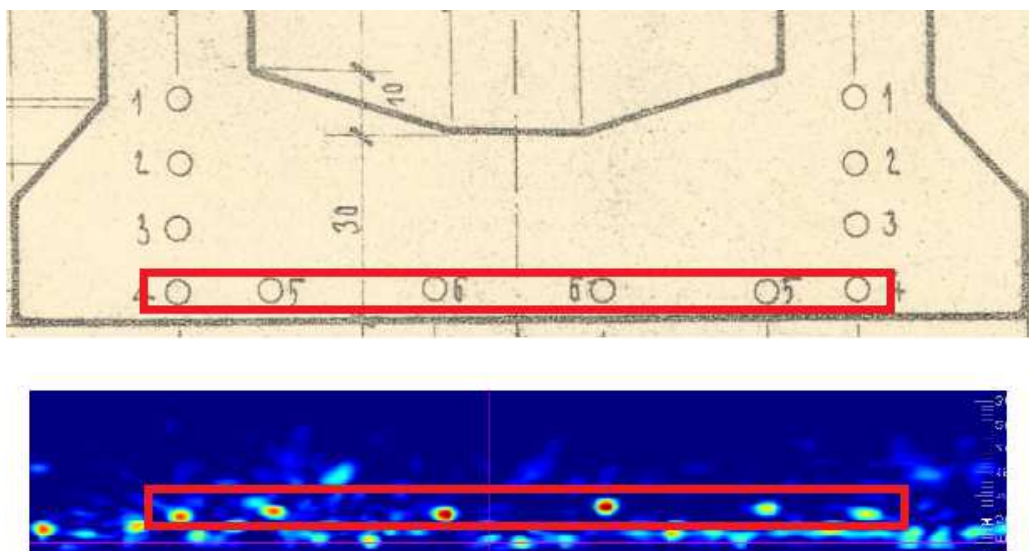


pohled na čelo nosníku



podélný řez koncovou dobetonávkou

Ověření poloh předpínací výztuže v příčném řezu přístrojem Hilti PS 1000:



Komentář:

Porovnáním s původní dokumentací lze konstatovat výbornou shodu zjištěného uspořádání předpínací výztuže.

Ověření stavu předpínací výztuže

V rámci diagnostického průzkumu bylo provedeno též ověření stavu předpínacího systému nosné konstrukce. Ověření stavu předpínací výztuže v rizikových místech bylo prováděno přímo v trase kabelového kanálku drobnou destruktivní sondou skrz chráničku.

Provádění sond skrz chráničku (sondy PV)

Nejprve byla pomocí nedestruktivních přístrojů vyhledána poloha předpínací výztuže a zjištěné výsledky byly porovnány s původní dokumentací. Pro sondy byly vybrány předpínací kabely v řadě pod povrchem na spodním líci, provedení sond do kabelů ve větších hloubkách by si totiž vyžádalo podstatné nežádoucí destruktivní zásahy do konstrukce.

Sondy pro ověření stavu předpínací výztuže byly prováděny zejména v rizikových místech (např. v místě příčných spár mezi segmenty, kde byly zjištěny stopy vlhkosti). V těchto místech byly vybourány drobné sondy vedené až k chráničkám vlastních kabelů. Tyto chráničky byly šetrným způsobem částečně otevřeny a byla provedena kontrola zajinjektování. Dále byla v nezbytné míře odstraněna injektážní malta a byla provedena kontrola vlastních drátů.

Následně byla provedena pečlivá sanace sond.

Celkem bylo provedeno 12 sond k předpínací výztuži nosné konstrukce.

Hodnocení stavu předpínací výztuže je uvažováno dle článku sborníku ISBN 978-80-907611-2- 4 z 26. Betonářských dnů (2019) zpracovaného pracovníky Kloknerova ústavu. Stav předpínací výztuže je klasifikován do 6 stupňů hodnotící škály korozního napadení:

Stupeň 1: Výztuž bez jakékoli známky koroze.

Stupeň 2: Výztuž se začínající lokalizovanou povrchovou korozí. Lze zaznamenat původní nekorodující povrch. Nemá vliv na změnu průřezu.

Stupeň 3: Plošně rozvinutá povrchová koroze výztuže bez odlupujících se korozních zplodin. Vliv na zmenšení plochy výztuže a mechanické parametry není významný.

Stupeň 4: Plošně rozvinutá povrchová koroze výztuže. Korozní zplodiny se odlupují. Není však patrná zjevná změna tvaru průřezu a zmenšení plochy průřezu. Změna plochy však již nastává v úrovni %. Tento typ koroze je hraniční z hlediska míry negativního vlivu na mechanické vlastnosti výztuže.

Stupeň 5: Plošně rozvinutá povrchová koroze výztuže. Masivní odlupování korozních zplodin. Na povrchu drátů se tvoří rovnoměrná důlková struktura typu “pomerančová kůra”. Místy zjevná změna a zmenšení tvaru a průřezu drátu. Úbytek plochy je výrazný a dosahuje již řádu několika desítek % původní plochy.

Stupeň 6: Masivní odlupování korozních zplodin. Výrazná a zjevná změna tvaru drátů. Některé mohou být i porušené nebo překorodované. Výrazné zmenšení plochy výztuže, úbytek plochy na úrovni 50 % i více z původní plochy.

Rozmístění a popis zkušebních míst – sondy PV

Zk. místo	Popis zkoušené části konstrukce; poškození konstrukce	Zjištěný stav předpínací výztuže
PV 1	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N1 ve spáře mezi 1/2 segmentem, kabel 0,27 m od levé hrany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička s pryžovou spojkou, krycí vrstva 60 mm - zainjektováno, malta vlhká - na některých drátech ojedinělé slabé stopy povrchové koroze – stupeň 2
PV 2	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N1 ve spáře mezi 1/2 segmentem, kabel 0,42 m od levé hrany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička s pryžovou spojkou, krycí vrstva 70 mm - zainjektováno, malta suchá - dráty bez koroze – stupeň 1
PV 3	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N1 ve spáře mezi 1/2 segmentem, kabel 0,68 m od levé hrany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička, krycí vrstva 75 mm - zainjektováno 10 mm na dně, zbytek kaverna - dráty místy povrchová koroze – stupeň 2
PV 4	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N1 ve spáře mezi 2/3 segmentem, kabel 0,43 m od levé hrany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička, krycí vrstva 80 mm - zainjektováno, malta suchá - dráty bez koroze – stupeň 1

PV 5	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N1 ve spáře mezi 2/3 segmentem, kabel 0,68 m od levé hrany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička, krycí vrstva 82 mm - nedostatečně zainjektováno, malta suchá - dráty slabá povrchová koroze – stupeň 2
PV 6	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N1 ve spáře mezi 2/3 segmentem, kabel 0,27 m od levé hrany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička, krycí vrstva 75 mm - plně zainjektováno, malta suchá - dráty bez koroze – stupeň 1
PV 7	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N2 ve spáře mezi 2/3 segmentem, kabel 0,66 m od pravé strany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička, krycí vrstva 80 mm - nedostatečně zainjektováno, suché - dráty ojediněle slabá povrchová koroze – stupeň 2
PV 8	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N2 ve spáře mezi 2/3 segmentem, kabel 0,41 m od pravé strany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička, krycí vrstva 82 mm - zainjektováno, malta suchá - dráty bez koroze – stupeň 1
PV 9	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N2 ve spáře mezi 2/3 segmentem, kabel 0,27 m od pravé strany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička s pryžovou spojkou, krycí vrstva 73 mm - nedostatečně zainjektováno, suché - dráty ojedinělá povrchová koroze – stupeň 2
PV 10	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N2 ve spáře mezi 1/2 segmentem, kabel 0,25 m od levé strany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička, krycí vrstva 85 mm - nezainjektováno, suché - dráty plošná povrch. koroze – stupeň 3
PV 11	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N2 ve spáře mezi 1/2 segmentem, kabel 0,42 m od levé strany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička, krycí vrstva 85 mm - nezainjektováno, suché - dráty povrchová koroze – stupeň 2
PV 12	<ul style="list-style-type: none"> - pole 2, nosník N2 ve spáře mezi 1/2 segmentem, kabel 0,27 m od pravé strany - spára se stopami vlhkosti 	<ul style="list-style-type: none"> - tenkostěnná chránička, krycí vrstva 75 mm - zainjektováno – mezi dráty vzduchová kaverna, malta suchá - dráty bez koroze – stupeň 1

Fotodokumentace sond :



Sonda PV 1 – malty vlhká, na některých drátech ojedinělé slabé stopy povrchové koroze



Sonda PV 2 – dráty bez koroze, malta suchá



Sonda PV 3 - zainjektováno 10 mm na dně, zbytek kaverna, dráty místy povrchová koroze



Sonda PV 4 – zainjektováno, dráty bez koroze, malta suchá



Sonda PV 5 – nedostatečně zainjektováno, dráty místy povrchová koroze



Sonda PV 6 – zainjektováno, dráty bez koroze, malta suchá



Sonda PV 7 – bez injektáže, dráty ojedinělá povrchová koroze



Sonda PV 8 – zainjektováno, dráty bez koroze, malta suchá



Sonda PV 9 – nedostatečně zainjektováno, dráty bez koroze



Sonda PV 10 – bez injektáže, dráty povrchově korodují



Sonda PV 11 – bez injektáže, dráty povrchově korodují



Sonda PV 12 – zainjektováno (mezi dráty vzduchová dutina), dráty bez koroze, malta suchá

4.7.1. SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ OVĚŘENÍ STAVU PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE NOSNÉ KONSTRUKCE

Průzkum prokázal poměrně rozdílný stav u jednotlivých kabelů předpínací výztuže. Z 12 provedených sond bylo na 5 místech (42% z celkového počtu) zjištěno jen částečné zainjektování kanálku, popř. zcela nedostatečné zainjektování. Poze u 1 místa byla malta vlhká, ve všech ostatních případech byla suchá. V žádné se sond nebyla zjištěna podstatnější koroze výztuže s oslabením. U ojedinělých sond byla prokázána slabá povrchová koroze bez oslabení (pravděpodobně koroze z období výstavby či pozdější již pasivovaná koroze).

Závěrem lze konstatovat, že i přes poruchy injektáže nebyly prokázány skutečnosti mající vliv na zatížitelnost konstrukce. Nicméně u nezainjektovaných kanálků má nedostatečná ochrana vliv na zbytkovou životnost nosné konstrukce.

4.8. PRŮZKUM ODLEHČOVACÍCH DUTIN KONSTRUKCE

Předepjaté prefabrikované nosníky mají vnitřní dutinu o rozměrech 0,84 x 0,80 m, která je provedena v celé délce nosníku. Na koncích nosníku je dutina uzavřena koncovými dobetonávkami. Dutina nosníků nebyla při výstavbě nijak odvodněna.

Průzkum byl proveden v místě odebraných vývrtů na bocích nosníků cca v 1/2 rozpětí. S ohledem na důležitost informace o případném zatékání do dutiny byly sondy provedeny u všech nosníků na konstrukci. Tyto vývrty umožnili inspekci dutiny s fotografickým záznamem.

Přehled zjištěných skutečností

Zk. místo	Popis zkušebního místa	Zjištěný stav v dutině nosníku
D1	Dutina v nosníku N2 v Po 2	- v dutině zjištěno velké množství vody - horní deska opatřena pravděpodobně odbedňovacím přípravkem
D2	Dutina v nosníku N1 v Po 2	- dutina ve střední části suchá, malé množství vody bylo zjištěno u P3 - horní deska opatřena pravděpodobně odbedňovacím přípravkem v horní desce byly zjištěny stopy po průsacích
D3	Dutina v nosníku N2 v Po 1	- v dutině zjištěno velké množství vody - horní deska opatřena pravděpodobně odbedňovacím přípravkem
D4	Dutina v nosníku N1 v Po 1	- v dutině zjištěno velké množství vody - horní deska opatřena pravděpodobně odbedňovacím přípravkem

Závěrem lze konstatovat, že do konstrukce zatéká a v dutinách bylo zadržováno velké množství vody, o čemž svědčily i průsaky v místě trhlin, zabetonovaných montážních otvorů či poruch struktury betonu.

Po odvrtání nosníků voda řádově desítky minut silným proudem odtékala. Voda byla mírně mastná a pěnila (pravděpodobně obsahovala částečně rozpuštěný odbedňovací přípravek, popř. byla kontaminovaná voda prosakující z kolejiště).

Nosník je dle vizuální kontroly nadvýšen a voda tedy bude stékat směrem k podporám, kde byly na obou koncích nosníku provedeny odvodňovací otvory. Voda by se tedy již neměla v nosnících výrazněji hromadit.

Fotodokumentace je na následujících stranách.



Pohled do dutiny D1 - nosník N2 v poli 2, kde bylo zjištěno větší množství zadržované vody



Pohled do dutiny D2 - nosník N1 v poli 2, v dutině je drobné množství vody u P3, zbytek dutiny je suchý. Lokální průsaky byly zjištěny v horní desce nosníku.



Pohled do dutiny D3 - nosník N2 v poli 1, kde bylo zadržováno velké množství vody. Snímek byl pořízen v době, kdy již byly provedeny odvodňovací otvory a voda odtékala. Původní hladina je vyznačena červenými liniemi.



Pohled do dutiny D4 - nosník N1 v poli 1, kde bylo zadržováno velké množství vody. Snímek byl opět pořízen v době, kdy již byly provedeny odvodňovací otvory a voda odtékala. Původní hladina je vyznačena červenými liniemi.



Voda ze zaplavených dutin odtékala po odvrtání mohutným proudem několik desítek minut.



Pohled na množství vody vyteklé z dutiny. Voda byla mírně mastná a pěnila (pravděpodobně obsahovala částečně rozpuštěný odbedňovací přípravek, popř. byla kontaminovaná voda prosakující z kolejiště).

5. ZAMĚŘENÍ POLOHY MOSTNÍHO SVRŠKU

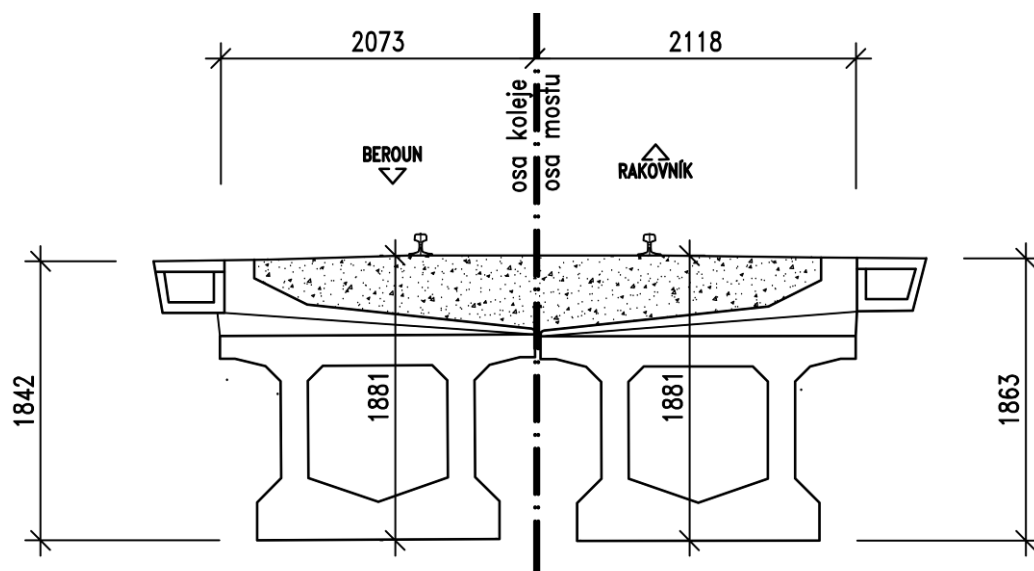
Pro potřeby statického výpočtu je nutno určit skutečnou současnou polohu stěrkového lože a kolejnic vůči konstrukci. V průběhu životnosti konstrukce mohlo dojít k navýšení štěrkového lože a k úpravě polohy kolejnic, přičemž právě tyto skutečnosti jsou jedním z důležitých vstupních údajů výpočtu.

V rámci zjednodušeného geodetického zaměření byly zaměřeny spodní hrany nosné konstrukce u pilířů a dále charakteristické body mostního svršku. U kolejnic byla měřena hlava vždy kolejnice, přičemž výška pražce byla dopočtena z parametrů kolejnice. Tyto body pak byly propojeny do 3D modelu a byly vygenerovány příčné řezy přibližně v $\frac{1}{2}$ rozpětí polí. Tyto údaje pak byly použity jako vstupy do statického výpočtu.

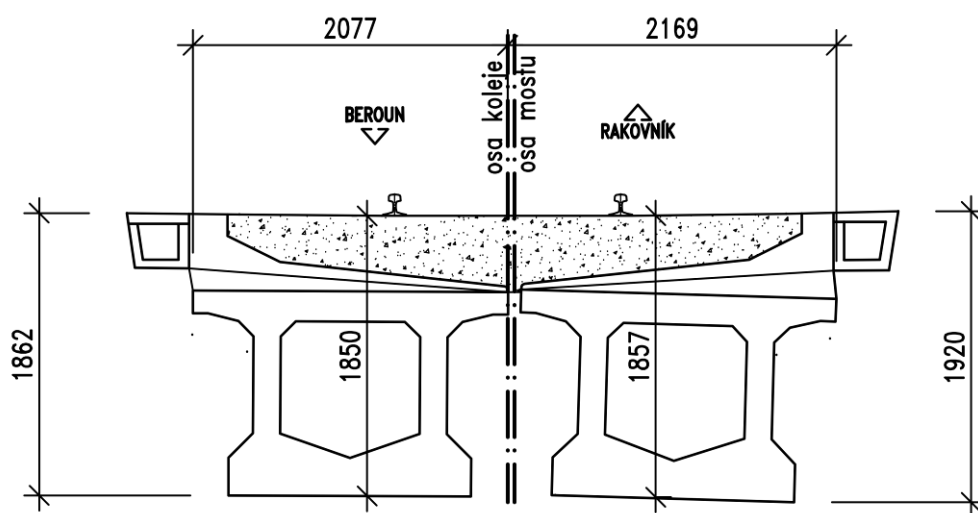


Drážní svršek po směru staničení

Schéma příčných řezů:

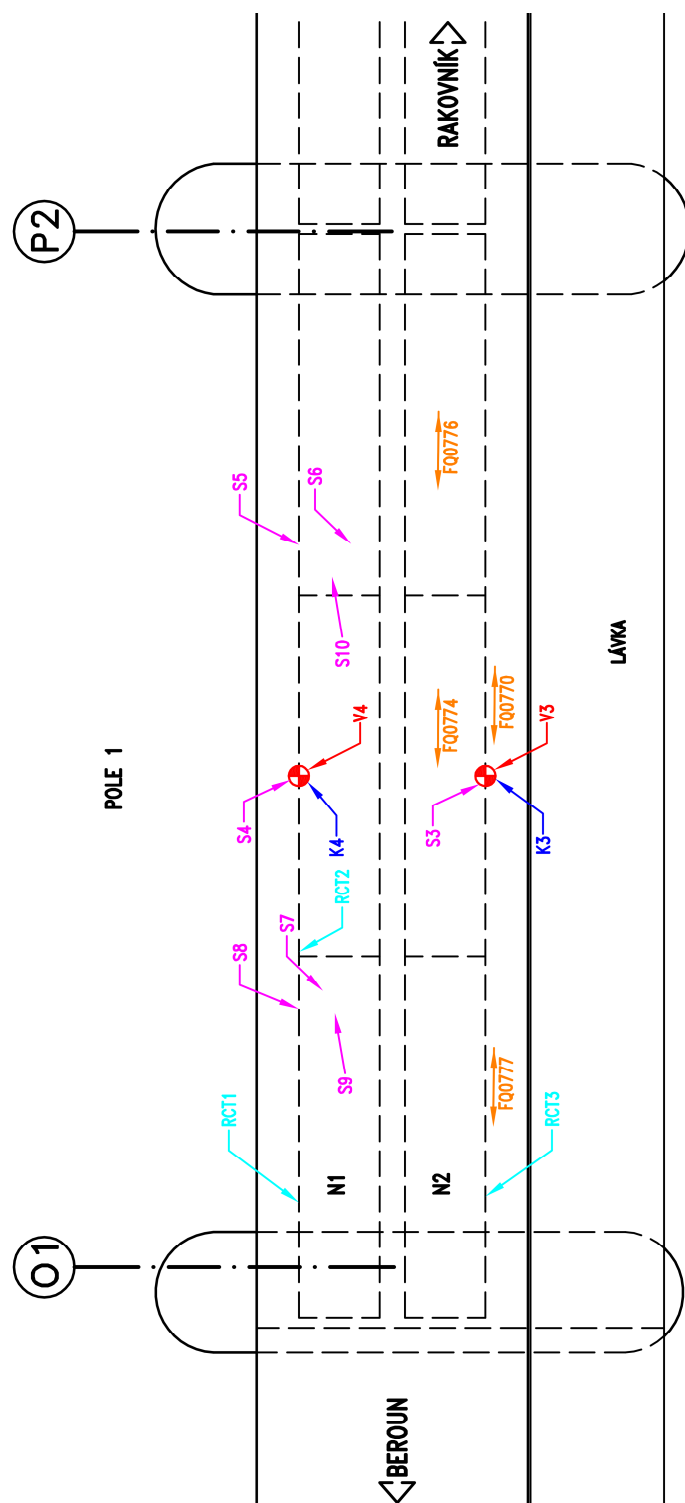


příčný řez v poli 1 – v polovině rozpětí



příčný řez v poli 2 – v polovině rozpětí

5.1. ZAKRESLENÍ ZKUŠEBNÍCH MÍST



LEGENDA:

- V1 – JÁDROVÝ VÝVRT
- S1 – SCHMIDTY
- RCT1 – CHLORIDOVÝ TEST
- K1 – KARBONATACE
- FQ1 – FERROSCAN – TLOUŠŤKA KRYCÍ VRSTVY
- PV1 – SONDA K PŘEDPÍNAČÍ VÝŽTUŽI



6. ZÁVĚR

6.1. REKAPITULACE VÝLEDKŮ DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU

6.1.1. SHRNTÍ ZJIŠTĚNÍ PŘI PODROBNÉ VIZUÁLNÍ PROHLÍDCE

Výběr charakteristických závad z protokolu o Podrobné vizuální prohlídce:

- do konstrukce mostu zatéká. V nosnicích je zadržováno značné množství vody (v rámci průzkumu byly zřízeny odvodňovací otvory). Na bočních plochách jsou patrné průsaky nehomogenitami betonu.
- Na spodním líci nosné konstrukce jsou četné podélné trhliny, zpravidla nad betonářskou výztuží.
- Trhliny byly zjištěny i v koncových dobetonávkách nosníků, místy dochází k degradaci betonu.
- Zatéká na konzoly mostovky, beton je narušený, místy je obnažená korodující výztuž.
- Dilatační spáry lokálně protékají, izolační souvrství je porušené.
- Odvodňovací žlab v ose mostu koroduje, ve velké části je poškozený či zcela chybí.

6.1.2. PRŮZKUM KONSTRUKCE V MÍSTĚ PORUCH

Průzkum prokázal, že podélné trhliny na spodním líci konstrukce se nacházejí zpravidla nad výztuží. V místech vizuálních průsaků na bočních plochách nosníků byly zjištěny nehomogenity betonu (šterková hnízda) nebo montážní otvory zazděné kousky cihel apod.

6.1.3. ZKOUŠKY BETONU – PEVNOST, OBJEMOVÁ HMOTNOST, NASÁKAVOST

- pevnost betonu:

Na základě zjištěných hodnot krychelných pevností nosné konstrukce bylo provedeno přiřazení odpovídající třídy betonu dle ČSN EN 13791, a sice **C 60/75**. Z hlediska výsledků zkoušky pevnosti betonu lze konstatovat, že zjištěné hodnoty překračují třídu betonu předepsanou v projektové dokumentaci (zn 400).

- moduly pružnosti betonu:

Moduly pružnosti vypočtené z pevnosti betonu s ohledem na ČSN 73 2011 tab. 6 se pohybují pro jednotlivé vzorky z nosné konstrukce v intervalu 37,5 – 41,1 MPa. Modul pružnosti betonu doporučuji uvažovat průměrnou hodnotou 39,5 MPa.

- objemová hmotnost:

Objemová hmotnost betonu stanovená na odebraných jádrových vývrtech z nosné konstrukce se pohybovala na hodnotách 2510-2580 kg/m³. Hodnota objemové hmotnosti odpovídá očekávaným hodnotám, nebyly zjištěny výraznější anomálie.

- struktura betonu:

Ve vzorcích zpravidla převažuje podíl hrubého těženého kameniva nad drobným těženým kamenivem. Maximální velikost hrubého kameniva byla běžně cca 25-40 mm, ojediněle i více. Beton byl hutný, u ojedinělých vzorků s větším množstvím dutin do cca 3-5 mm. Struktura betonu tedy nevykazuje žádné anomálie.

- nasákavost:

Nasákavost (nasycení otevřených pórů betonu vodou) stanovená na odebraných jádrových vývrtech z nosné konstrukce se pohybovala na hodnotách 2,4-2,5 %. Vzhledem k limitní hranici 6,5% požadované v současných předpisech zjištěné hodnoty vyhovují u všech vzorků.

6.1.4. ZKOUŠKY PEVNOSTI BETONU SCHMIDTOVÝM TVRDOMĚREM

Třída betonu stanovená zkouškami Schmidtovým tvrdoměrem C55/67 vycházejí o třídu níže v porovnání s třídou betonu stanovenou destruktivními zkouškami vývrtů (C60/75). Vzhledem k tomu, že zkouška Schmidtovým tvrdoměrem vychází z obecné kalibrační křivky upřesněné opravným součinitelem α , lze považovat tuto shodu za velmi dobrou.

Z hlediska hodnocení třídy betonu požadované původním projektovou dokumentací lze konstatovat, že skutečná pevnost betonu převyšuje požadované hodnoty.

6.1.5. ZKOUŠKY KONTAMINACE IONTY Cl^- RCT

Na základě výsledků zkoušek lze konstatovat, že na nosné konstrukci ani v místech s vizuálním zatékáním a ani v místech teoretického dosahu případné slané mlhy u komunikace nebyla zjištěna žádná podstatná kontaminace ionty Cl^- .

6.1.6. ZKOUŠKY KARBONATACE BETONU

Na základě výsledků zkoušek karbonatace lze konstatovat, že na prefabrikovaných předepjatých nosnících je tloušťka tl. zkarbonatovaných vrstev na spodním líci pod tenkovrstvou omítkou na většině míst minimální, a sice okolo 1 mm, v některých sondách je mírně vyšší – cca 3-4 mm. Na vývrtech z boku konstrukce dosahovala ale tloušťka zkarbonatovaných vrstev cca 10-20 mm.

Vzhledem k tloušťce krycí vrstvy na spodním líc 26-40 mm není tloušťka zkarbonatované vrstvy podstatná. Na bočních plochách je tl. krycí vrstvy cca 16-26 mm, na těchto plochách je tedy ochranná funkce krycí vrstvy z titulu karbonatace snížena.

6.1.7. OVĚŘENÍ TLOUŠŤKY KRYCÍ VRSTVY BETONU

U předepjaté nosné konstrukce se hodnoty tloušťky krycí vrstvy pohybovaly na spodním líci mezi 16-26 mm, na boční ploše cca 26-40 mm. U lokálních prutů byla zjištěna tl. až cca 10 mm.

Z hlediska požadavků současných předpisů je obecně tloušťka krycí vrstvy. Tloušťka krycí vrstvy zcela odpovídá zvyklostem v době výstavby objektu.

6.1.8. OVĚŘENÍ STAVU PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

Průzkum prokázal poměrně rozdílný stav u jednotlivých kabelů předpínací výztuže. Z 12 ks provedených sond bylo na 5 místech (42% z celkového počtu) zjištěno jen částečné zainjektování kanálku, popř. zcela nedostatečné zainjektování. Pouze u 1 místa byla malta vlhká, ve všech ostatních případech byla suchá. V žádné se sond nebyla zjištěna podstatnější koroze výztuže s oslabením. U ojedinělých sond byla prokázána slabá povrchová koroze bez oslabení (pravděpodobně koroze z období výstavby či pozdější již pasivovaná koroze).

Závěrem lze konstatovat, že i přes poruchy injektáže nebyly prokázány skutečnosti mající vliv na zatížitelnost konstrukce. Nicméně u nezainjektovaných kanálků má nedostatečná ochrana vliv na zbytkovou životnost.

6.1.9. PRŮZKUM DUTIN KONSTRUKCE

Do konstrukce zatéká a v dutinách bylo zadržováno velké množství vody, o čemž svědčily i průsaky v místě trhlin, zabetonovaných montážních otvorů či poruch struktury betonu. Po odvrtání nosníků voda řádově desítky minut silným proudem odtékala. Voda byla mírně mastná a pěnila (pravděpodobně obsahovala částečně rozpuštěný odbedňovací přípravek, popř. byla kontaminovaná voda prosakující z kolejiště).

6.2. NÁVRH OPATŘENÍ A ZÁVĚR

Návrh opatření a závěrečné doporučení bude součástí elaborátu z etapy B, kde bude proveden i statický výpočet zatížitelnosti a určení přechodnosti mostu.

V závěrečném doporučení budou zohledněny jak výsledky diagnostického průzkumu, tak výsledné hodnoty zatížitelnosti a přechodnosti.

Výsledky prací zpracované v etapě A byly projednány se zástupci objednatele a připomínky byly zapracovány.

V Praze, prosinec 2020

Zodpovědný zpracovatel zprávy:

Kontroloval:

Ing. Petr KOMANEC

Ing. Jan BOROVÝ

7. PŘÍLOHA

Expertní zpráva č. 2000 J 040-15 – Kloknerův ústav ČVUT v Praze



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
K L O K N E R Ů V Ú S T A V
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice

**Expertní zpráva č.
2100 J 040-15**

Datum vydání zprávy
22. dubna 2021

Oddělení KÚ
Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: PONTEx, spol. s r.o.
Ing. Petr Komanec
Bezová 1658
147 14 Praha 4

Expertní zpráva:

**Stanovení charakteristik materiálů odebraných v rámci akce:
„Železniční most v km 12,884 TÚ 0761 Beroun – Rakovník“**

Vypracoval: Ing. Tomáš Mandlík

Spolupráce: Ing. Karel Hurtig
Pavel Borodáč
Ruslan Matyas

Odpovědný řešitel: Ing. Tomáš Mandlík

Vedoucí oddělení: Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ředitel KÚ: Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1

2

Rozdělovník:

Objednatel: 1x
Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

ANOTACE

Zpráva uvádí výsledky stanovení charakteristik materiálů z jádrových vývrtů odebraných v rámci akce: „**Železniční most v km 12,884 TÚ 0761 Beroun – Rakovník**“.

Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost dle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14. 10. 2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13. 7. 2004, č.j. 228/203–Zn.

Klíčová slova: vývrt, objemová hmotnost, pevnost v tlaku, nasákavost

OBSAH:

1. ÚVOD	3
2. PODKLADY	3
3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY	3
3.1 POPIS ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	3
3.2 STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU	6
3.3 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI A NASÁKAVOSTI.....	7

1. ÚVOD

Na základě objednávky společnosti PONTEX, spol. s r.o. provedli pracovníci Kloknerova ústavu ČVUT Praha na dodaných jádrových vývrtech fyzikálně-mechanické zkoušky materiálů. Vzorky byly odebrány objednatelem v rámci akce „**Železniční most v km 12,884 TÚ 0761 Beroun – Rakovník**“.

V rámci zkoušek bylo provedeno:

- vizuální prohlídka a popis vývrtů,
- stanovení objemové hmotnosti betonu,
- stanovení pevnosti betonu v tlaku,
- stanovení nasákavosti betonu.

Účelem zkoušek bylo získat obraz o mechanicko-fyzikálních vlastnostech materiálů a poskytnout tak podklad pro případný návrh opravy či posouzení konstrukce. Zkoušky proběhly v laboratořích Kloknerova ústavu v průběhu dubna 2021.

2. PODKLADY

- [1] ČSN EN 12504-1 – Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku;
- [2] ČSN EN 12390-3 – Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles;
- [3] Dohnálek, J. – Kontrola pevnosti betonu ve stavební konstrukci. Úspora cementu při výstavbě betonových konstrukcí – studijní texty, ČSVTS, Praha 1983;
- [4] ČSN EN 12390-7 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu;
- [5] ČSN 73 1316 – Stanovení vlhkosti, nasákavosti a vztlakovosti betonu (norma zrušena);
- [6] ČSN EN 13369, Příloha G – Společná ustanovení pro betonové prefabrikáty (Příloha G).

3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY

3.1 POPIS ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ

Pro zkoušky byly do KÚ zástupcem objednatele dne 13. 4. 2021 dodány vývrty odebrané objednatelem dne 12. 4. 2021 v rámci akce „**Železniční most v km 12,884 TÚ 0761 Beroun – Rakovník**“. Vývrty byly označeny objednatelem V1 až V4.

V Kloknerově ústavu byly dodané vývrty prohlédnuty, vyfotografovány (viz Foto 1 a 2), byla popsána struktura pláště vývrtů a vzorky byly následně připraveny pro předepsané zkoušky.

Výsledky vizuální prohlídky jsou zaznamenány v Tabulce 1. Místa odběrů vzorků jsou uvedena v Tabulce 2.

Tabulka 1: Popis vývrtů

Označení vývrtu	Délka / průměr [mm]	Popis struktury vývrtu
V1	240/Ø95	Ve vývrtu převažuje podíl HDK nad DTK, vývrt dále obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 25 mm, max. velikost zrna HDK je 40 mm. Beton je hutný, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny velikosti až 10 mm. Povrch vývrtu je hladký.
V2	250/Ø95	Ve vývrtu převažuje podíl HDK nad DTK, vývrt dále obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 27 mm, max. velikost zrna HDK je 37 mm. Beton je hutný, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny velikosti až 10 mm. Povrch vývrtu je hladký.
V3 2 části	250 (190+60)/ Ø95	Ve vývrtu převažuje podíl HDK nad DTK, vývrt dále obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 15 mm, max. velikost zrna HDK je 40 mm. Beton je hutný, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 3 mm. Povrch vývrtu je hladký. Ve vývrtu byla v hloubce 70, 37, 27 a 22 mm (měřeno vždy k bližšímu líci) zachycena výztuž – celkem 4 pruty.
V4	240/Ø95	Ve vývrtu převažuje podíl HDK nad DTK, vývrt dále obsahuje ojedinělá zrna HTK. Max. velikost zrna HTK je 10 mm, max. velikost zrna HDK je 55 mm. Beton je hutný, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 4 mm. Povrch vývrtu je hladký.

Zkratky: DTK – drobné těžené kamenivo, HTK – hrubé těžené kamenivo, HDK – hrubé drcené kamenivo

Tabulka 2: Poloha odebraných vývrtů

Označení vývrtu	Místo odběru jádrového vývrtu
V1	Pole 2, pravý nosník (N2), pravá boční stěna uprostřed rozpětí pole.
V2	Pole 2, levý nosník (N1), levá boční stěna uprostřed rozpětí pole.
V3	Pole 1, pravý nosník (N2), pravá boční stěna uprostřed rozpětí pole.
V4	Pole 1, levý nosník (N1), levá boční stěna uprostřed rozpětí pole.

Fotodokumentace jádrových vývrtů:

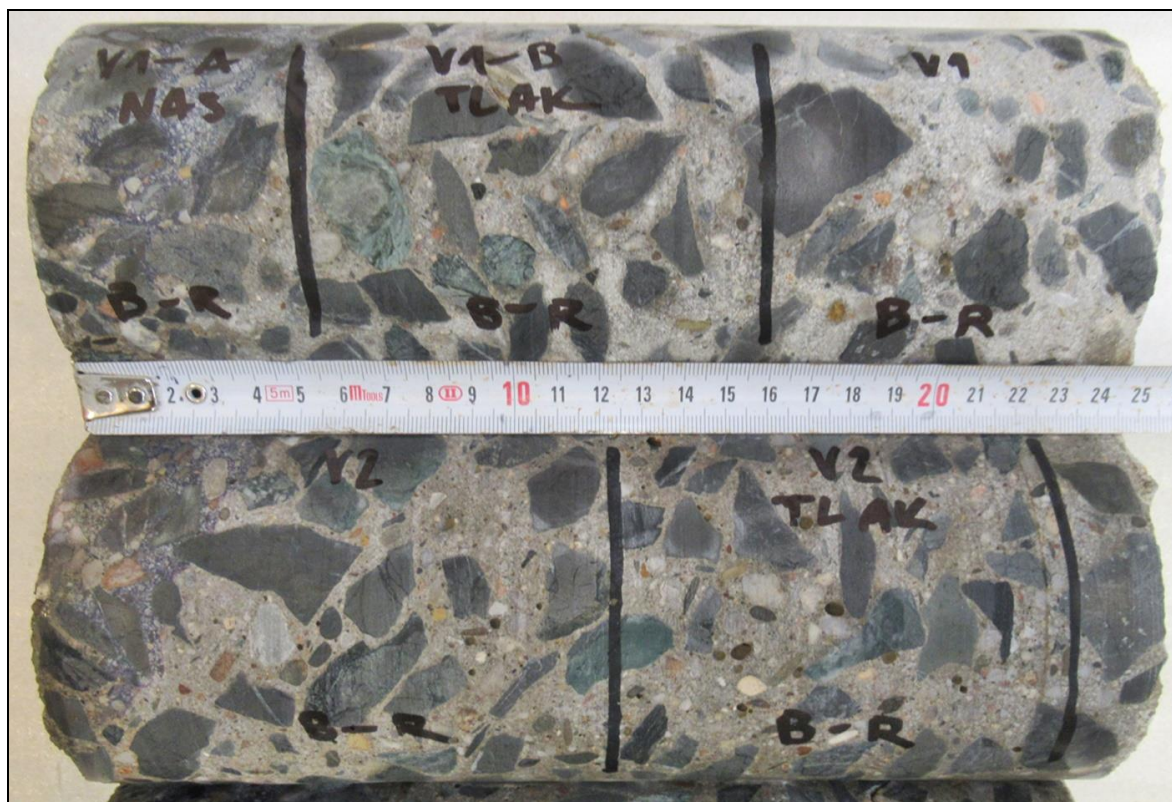


Foto 1: Pohled na vývrty V1 a V2

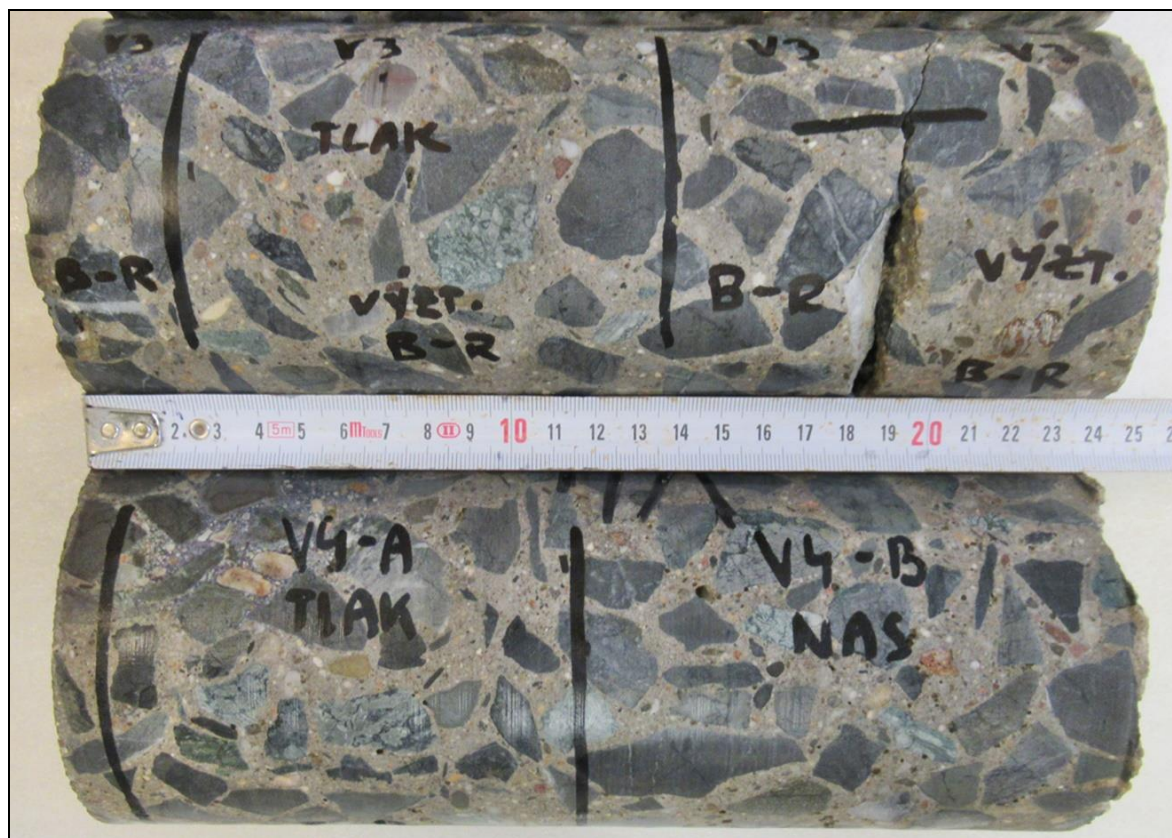


Foto 2: Pohled na vývrty V3 a V4

3.2 STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU

Provedení zkoušky	:	19. 4. 2021
Značení vzorků	:	viz Tabulka 1 až 3
Identifikace vzorků	:	zkoušeny byly vývrty o \varnothing cca 95 mm, výsledky zkoušek jsou uvedeny v Tabulce 3
Úprava vzorků	:	zaříznuty diamantovým kotoučem a zabroušeny
Zatěžovací stroj	:	WPM 1000 kN, metrologické číslo S 12 012 M
Prostředí zkoušky	:	teplota 18 °C, vlhkost 39 %
Provedl	:	Pavel Borodáč

Pro účely destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku byly odebrány jádrové vývrty \varnothing cca 95 mm. V laboratoři byly vývrty zaříznuty a zabroušeny na brusném zařízení. Před zkouškou byly vývrty změřeny a zváženy, aby bylo možno stanovit objemovou hmotnost betonu. Takto připravené vzorky byly zkoušeny v zatěžovacím stroji WPM 1000 kN, metrologické číslo S 12 012 M. Odběry jádrových vývrtů a zkoušky vzorků byly provedeny dle ČSN EN 12504-1 [1].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, \text{core}}$ zjištěné na vývrtech je nutné převést na krychelné pevnosti $f_{c, \text{cube}}$, které odpovídají pevnostem na krychli základních rozměrů, tj. krychli s délkou hrany 150 mm. Převod se provede dle ČSN EN 12390-3, změna Z1, příloha NA [2].

Nejprve se provede převod na vývrtech zjištěných válcových pevností betonu $f_{c, \text{core}}$ na válcové pevnosti betonu $f_{c, \text{cyl}}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, tj. na válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm, dle vztahu:

$$f_{c, \text{cyl}} = K_{c, \text{cyl}} \cdot K_{d, \text{cyl}} \cdot f_{c, \text{core}}$$

$K_{c, \text{cyl}}$ je opravný součinitel štíhlosti dle ČSN EN 12390-3 [2] v závislosti na štíhlostním poměru $\lambda = h / d$ (kde h je výška vývrtu a d je průměr vývrtu); pro $1 \leq \lambda < 2$,

$K_{d, \text{cyl}}$ je experimentálně stanovený převodní součinitel v závislosti na průměru vývrtu dle diagramu vypracovaného v KÚ ČVUT [3].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, \text{cyl}}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, se následně převedou na krychelné pevnosti $f_{c, \text{cube}}$, které odpovídají pevnostem betonu na krychlích základních rozměrů dle vztahu:

$$f_{c, \text{cube}} = K_{cyl, \text{cube}} \cdot f_{c, \text{cyl}}$$

$K_{cyl, \text{cube}}$ je převodní součinitel pevností betonu na válcích základních rozměrů na krychelné pevnosti betonu na krychlích základních rozměrů dle ČSN EN 12390-3 [2].

Při provádění zkoušek vývrtů je nutné sledovat i způsob porušení vzorků, tj. aby skutečně došlo k porušení tlakem a nikoli smykem či příčným tahem. Nesprávně porušená tělesa vykazují obvykle velmi nízké pevnosti a takové výsledky se vyřazují z vyhodnocení.

Tabulka 3: Výsledky zkoušky pevnosti betonu v tlaku na vývrtech

Vývrt	Ozn. zk. vzorku	Průměr vzorku	Výška vzorku	Hmotnost	Objem. hmot.	Max. tlak. síla F	Pevnost betonu na vývrtu $f_{c, core}$	Štíhl. poměr λ	Opravný součinitel (štíhlost) κ_c, cyl	Převodní součinitel (průměr) κ_d, cyl	Válcová pevnost betonu $f_{c, cyl}$	Převodní součinitel (cyl-cube) $\kappa_{cyl, cube}$	Krychelná pevnost betonu $f_{c, cube}$
		[mm]	[mm]	[g]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[--]	[--]	[--]	[MPa]	[--]	[MPa]
ŽELEZNIČNÍ MOST V KM 12,884 TÚ 0761 BEROUN - RAKOVNÍK													
V1	V1-B	94,2	94,6	1660	2520	581,0	83,4	1,004	0,852	0,945	67,1	1,198	80,4
V2	V2	94,3	94,3	1652	2510	486,0	69,6	1,000	0,850	0,945	55,9	1,213	67,9
V3	V3	94,3	94,3	1699	2580	575,0	82,3	1,000	0,850	0,945	66,2	1,199	79,4
V4	V4-A	94,4	93,7	1672	2550	446,0	63,8	0,993	0,847	0,945	51,1	1,221	62,4

Vysvětlivky k tabulce:

Zkušební vzorek obsahoval část výztuže (viz Popis vývrtů). Objemová hmotnost betonu je přítomností výztuže ovlivněna.

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření pevnosti v tlaku je 2,0 MPa. Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³. Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.

3.3 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI A NASÁKAVOSTI

Datum zkoušky : 14. 4. 2021 – 22. 4. 2021
 Zkoušku provedl : Ing. Tomáš Mandlík, Ing. Karel Hurtig
 Zkušební vzorky : odřezky jádrových vývrtů o \varnothing cca 95 mm
 Prostředí zkoušky : teplota 20 °C, vlhkost 52 %
 Zatěžovací stroj : sušárna HS 202, metrologické číslo P 10 017 T;
 váhy KERN 101 kg, metrologické číslo P 04 005 M

Výpočet nasákavosti byl proveden dle vztahu:

$$N_i = \frac{m_n - m_s}{m_s} * 100 \quad [\%]$$

kde: m_n je hmotnost vzorku nasáklého vodou do ustálené hmotnosti v g,
 m_s je hmotnost vysušeného vzorku v g.

Tabulka 4: Stanovení objemové hmotnosti a nasákavosti

Vývrt	Označení vzorku	Hmotnost nasyceného vzorku	Hmotnost hydrostaticky váženého vzorku	Hmotnost vysušeného vzorku	Objemová hmotnost z hydrostatického vážení	Nasákavost
		[g]	[g]	[g]	[kg.m ⁻³]	[%]
ŽELEZNIČNÍ MOST V KM 12,884 TÚ 0761 BEROUN - RAKOVNÍK						
V1	V1-A	972	598	949	2590	2,5
V4	V4-B	2112	1282	2063	2540	2,4

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření nasákavosti je 0,2 %. Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³. Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.

Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků analýz vzorků odebraných objednatelem a jím dodaných do laboratorii KÚ ČVUT.

Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které nebyly při zpracování této zprávy známy nebo k dispozici.