

Číslo zakázky: 20090283000

Číslo dokumentu: 1

Číslo výtisku:

Diagnostický průzkum železničních mostů HK - 2. etapa

Diagnostický průzkum mostu ev. km 12,826



Září 2020

Zakázka: Diagnostický průzkum železničních mostů HK - 2. etapa
Dokument: Diagnostický průzkum mostu ev. km 12,826
Objednatel: SHP TS s.r.o., Bohunická 133/50, 619 00 Brno-jih

Zhotovitel: INSET s.r.o., Divize Brno, Vinohrady 40, 639 00 Brno
Tel.: +420 541 217 454, e-mail: brno@inset.com

Odpovědný řešitel: Ing. Petr Tkadleček

Ředitel divize: Ing. Luděk Záleský

Dokument vypracovali: Ing. Petr Tkadleček
Ing. Jan Haloun

Terénní práce provedli: Ing. Petr Tkadleček
Ing. Jan Haloun
Pavel Vecheta
Vojtěch Dlapka

Výstupní kontrola: Jana Záleská

Rozdělovník: 1-2 SHP TS s.r.o.
0 spisovna INSET s.r.o.

OBSAH:

1. ÚVOD.....	4
1.1. Identifikační údaje	4
1.2. Podklady pro vypracování zprávy.....	4
1.3. Údaje o konstrukci.....	5
2. METODIKA PRACÍ.....	7
2.1. Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech	7
2.2. Nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku tvrdo-měrnou metodou ...	7
2.3. Stanovení míry karbonatace	7
2.4. Diagnostika betonářské a předpínací výztuže	7
2.5. Prohlídka dutin nosníků	8
3. PROVEDENÉ PRÁCE.....	9
3.1. Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech	9
3.2. Nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku tvrdo-měrnou metodou .	14
3.3. Stanovení míry karbonatace	16
3.4. Diagnostika předpínací a betonářské výztuže	17
3.5. Prohlídka dutin nosníků	23
4. ZÁVĚR	24

PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Příloha 1 – Schématický nákres provedených sond

Příloha 2 – Protokoly z laboratorních zkoušek betonu, Zkušební laboratoř QUALIFORM a.s. a CDV, v.v.i.

Příloha 3 – Digitalizace zprávy a kompletní fotodokumentace a videodokumentace pořízená při diagnostickém průzkumu. Datový disk – volně vložená příloha – v paré 0, 1 a 2

1. ÚVOD

1.1. Identifikační údaje

Objednatel: SHP TS s.r.o., Brno-jih, Bohunická 1333/50, PSČ 619 00, IČO 28342771

Zhotovitel: INSET s.r.o., Lucemburská 1170/7, 130 00 Praha 3
IČ: 035 79 727, DIČ: CZ 035 79 727

Smlouva o dílo: číslo smlouvy objednatele: OVCZ20029
číslo objednávky zhotovitele: 20090283000

Předmět smlouvy: Diagnostický průzkum železničních mostů HK - 2. etapa

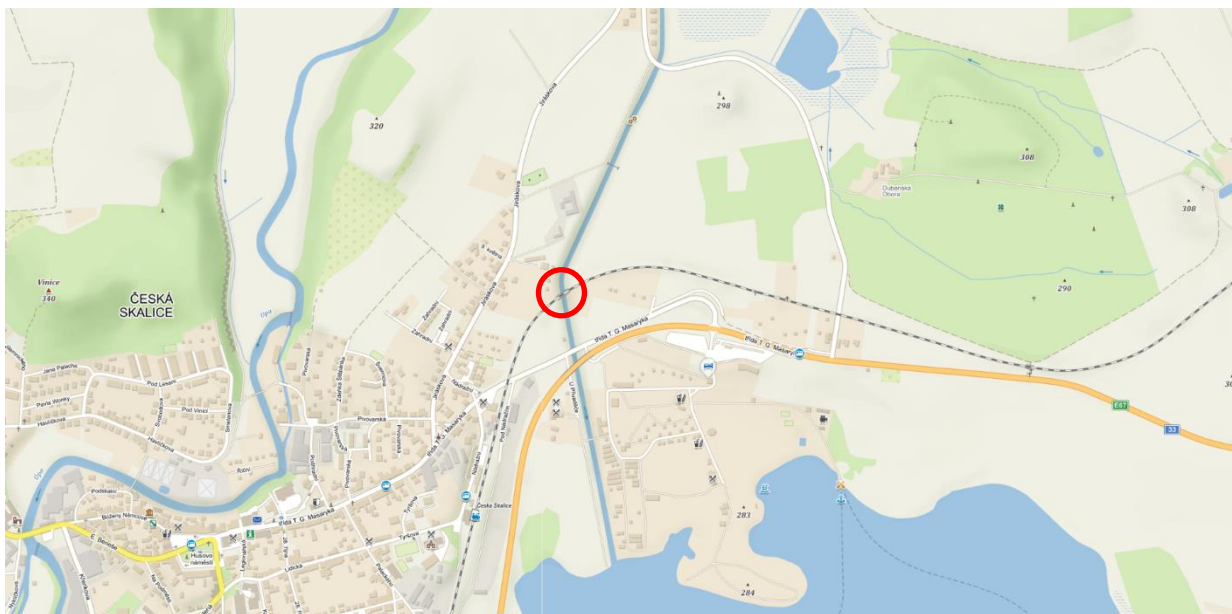
Předmět zprávy: Diagnostický průzkum mostu ev. km 12,826

1.2. Podklady pro vypracování zprávy

- [1] Místní šetření
- [2] Protokol o podrobné prohlídce mostu ze dne 28. 6. 2017
- [3] Typové poklady nosníků KDP
- [4] ČSN 73 6200 Mosty – terminologie a třídění
- [5] ČSN 73 1373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
- [6] ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích-Část 2: Nedestruktivní zkoušení-
Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem
- [7] ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu. Společná ustanovení
- [8] ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí
- [9] ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
- [10] ČSN EN 13791: Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných
betonových dílcích
- [11] ČSN EN 206+A1: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba, shoda
- [12] ČSN 73 2401 Provádění a kontrola konstrukcí z předpjatého betonu
- [13] ČSN EN 1337-10 Stavební ložiska – Část 10: Kontrola a údržba
- [14] TKP kapitola 18: Betonové konstrukce a mosty
a další předpisy související.

1.3. Údaje o konstrukci

Předmětem prováděných prací je diagnostika železničního mostu na traťovém úseku 1651 Jaroměř (mimo) – Lubawka (PKP) (část) v ev. km 12,826. Most se nachází v DÚ 06 Česká Skalice – Starkoč a převádí jednokolejnou trať přes trvalý vodní tok a volný terén. Jedná se o levý šikmý most o třech polích, jehož nosná konstrukce je tvořena dvěma dodatečně předpjatými trámovými nosníky typu KDP. Dle dostupných podkladů výstavba proběhla v roce 1971.



Obr. 1. 1 Zeměpisná poloha mostu v ev. km 12,826 TÚ 1651

Základní údaje o mostu:

Délka mostu: 54,70 m	Délka přemostění: 43,40 m
Šířka mostu: 5,85 m	Počet kolejí: 1
Výška objektu: 11,30 m	Počet nosných konstrukcí: 3
Počet otvorů: 3	Výška kolejového lože: cca 0,90 m
Úhel křížení: 38°	Směr vodního toku: zleva
Přemostřovaná překážka: otv. č. 1: volný terén	
otv. č. 2: trvalý vodní tok	
otv. č. 3: volný terén	

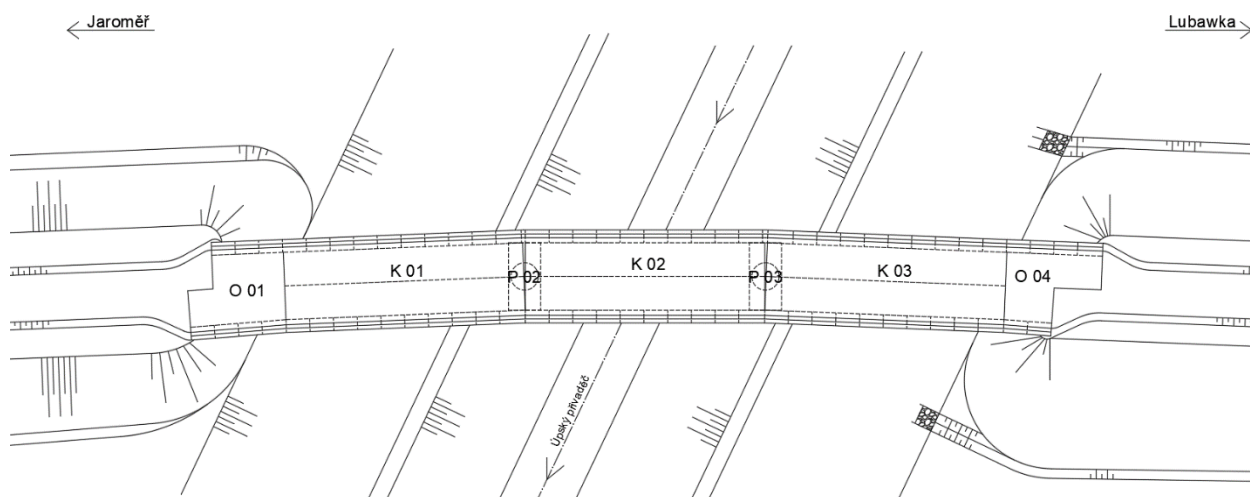
Nosná konstrukce je tvořena celkem 6 (2x3) prefabrikovanými nosníky typu KDP o délce 15 m. Na nosníky i rovnoběžná křídla jsou osazeny betonové prefabrikované konzoly typu KO – 1.

Pilíře P 02 a P 03 sestávají ze železobetonových kruhových dříků s průměrem 1,9 m a obdélníkových úložných prahů o rozměrech 4,2 x 2,0 m. Délka obou dříků je 9,8 m (dle PD).

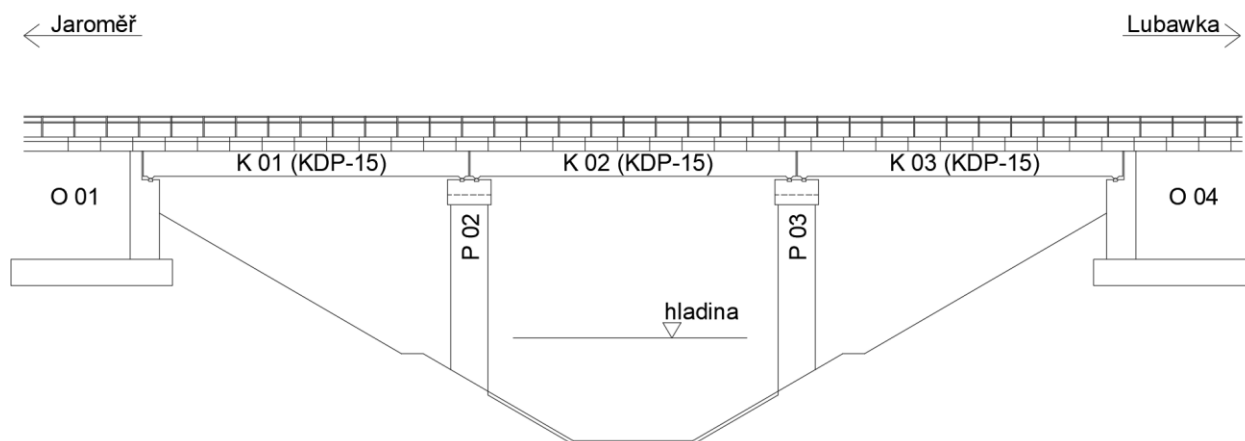
Opěry i rovnoběžná křídla jsou provedeny ze železobetonu. Tvarově jsou stejná, liší se pouze v různých výškách a délkách křídel a dříků (dle PD).

Ložiska na opěrách i mezilehlých podpěrách jsou ocelová, tangenciální kolejnicová. Jejich rozmístění viz soupis níže:

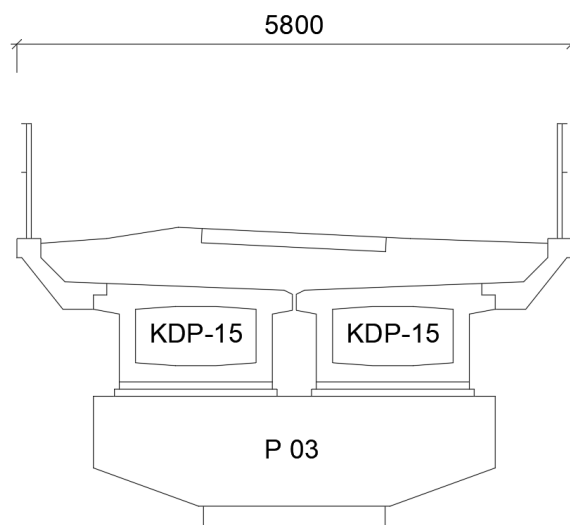
- K 01: na O 01 pohyblivá, na P 01 pevná
- K 02: na P 01 pohyblivá, na P 02 pevná
- K 03: na P 02 pevná, na O 02 pohyblivá



Obr. 1. 2 Schéma půdorysu mostu



Obr. 1. 3 Schéma pohledu na most zprava



Obr. 1. 4 Schéma příčného řezu mostu po směru staničení

2. METODIKA PRACÍ

2.1. Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech

Pro stanovení pevnosti betonu v tlaku se z konstrukce vrtačkou s jádrovým vrtákem, který je během vrtání chlazen vodou, odeberou vývrty o průměru cca 80 - 100 mm, v případě velmi hustého vyztužení průměru cca 50 mm. Místa odběru jsou předem vytipována tak, aby konstrukční výztuž nebyla zasažena vůbec, resp. co možná nejméně. Vývrty se ihned po skončení vrtání označí a prohlédnou. Před vlastním zkoušením v laboratoři se znovu provede vizuální vyšetření pro zjištění případných odchylek, změří se průměr a délka a vývrt se upraví broušením a koncováním. Poté se provede zkouška ve zkušebním lisu a následné stanovení krychelné pevnosti betonu v tlaku.

Odběr, vyšetření a zkoušení jádrových vývrtů je popsáno v normě ČSN EN 12504-1. Vyhodnocení se provádí dle norem ČSN EN 12390-3 a ČSN EN 13791.

2.2. Nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku tvrdoměrnou metodou

Pro určení rovnoměrnosti betonu a stanovení pevnosti betonu v tlaku je možné využít nedestruktivní metodu Schmidtova tvrdoměru. Zkoušky a jejich vyhodnocení se provádí v souladu s ČSN 73 1373 a ČSN EN 12504-2. Metoda je založena na principu pružného rázu dvou těles. Pružinový mechanismus tvrdoměru vrhá ocelový úderník proti povrchu zkušebního místa. Měrným parametrem je odskok úderníku, jehož míra je závislá na pružnosti a tvrdosti betonu. Vzhledem k existenci korelace mezi tvrdostí a pevností betonu lze z velikosti odskoku podle obecného kalibračního vztahu určit pevnost betonu. Dle ČSN 73 1373 se jedná o nezaručenou pevnost betonu v tlaku. Tu je pak možné upřesnit pomocí součinitele α , který získáme porovnáním výsledků pevnosti z destruktivních zkoušek na vývrtech a nedestruktivních zkoušek tvrdoměrem.

Pro zkoušení betonů běžných pevností se využívá klasický Schmidtův tvrdoměr typu N, případně jeho digitální varianta, která umožňuje zápis a ukládání naměřených dat.

Nutný předpokladem pro metodu je soudržnost povrchové vrstvy betonu.

2.3. Stanovení míry karbonatace

Hloubka karbonatace se zjišťuje potřením betonu 1 % roztokem fenolftaleinu v 60 % etanolu. Pokud je beton zkarbonatovaný, místo je bez reakce. Pokud je beton nezkarbonatovaný, potřené místo zřaloví.

Tato zkouška se provádí na odebraných jádrových vývrtech, v místech odhalení betonářské či předpínací výztuže, případně na prachových vzorcích, odebraných z betonu.

2.4. Diagnostika betonářské a předpínací výztuže

Při diagnostice výztuže se ověřuje druh, poloha a stav použitých prutů.

Nejprve je nedestruktivně ověřeno množství, poloha a krytí jednotlivých prutů. K tomu jsou využita měřicí zařízení firmy HILTI:

PS 1000 X-Scan (HILTI) CPR – Concrete Pulse Radar se používá především k detekci kovových konstrukčních prvků – výztuže. Patří mezi nedestruktivní diagnostické metody. Měření

je možno využít i pro sledování změn vlastností betonu a k detekci případných defektů (jako štěrková hnízda, trhliny apod.). Metoda pracuje na principu vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických impulzů do prostředí s následnou registrací odraženého signálu vracejícího se zpět k měřenému povrchu.

Pro zjištění míry koroze předpínací výztuže a kontroly zainjektovanosti kabelových kanálků je nutno nedestruktivní metodu doplnit sekanou sondou. Poté co je radarem detekována poloha výztuže se krycí betonová vrstva odstraní bouracím kladivem. V případě velkého krytí je část krycí vrstvy odstraněna velmi opatrně provedeným jádrovým vývrtem. Pomocí bouracího kladiva je pak otevřen kanálek a odkryta předpínací výztuž. Následně se pomocí posuvného měřidla ověří průměr předpínacích drátů a krytí. Vizuálně se zhodnotí druh výztuže, stupeň koroze a míra zainjektovanosti kabelových kanálků. Z hlediska koroze se také zhodnotí stav chráničky. V místě sondy je také ověřena hloubka karbonatace betonu.

2.5. Prohlídka dutin nosníků

Prohlídka dutin je prováděna pomocí endoskopu skrz odvodňovací trubičky. V případě absence odvodňovacích trubiček je pak nutné provrtat otvor do dna nosníku. Před vrtáním je nutno pomocí radaru ověřit polohu předpínací a betonářské výztuže, aby nedošlo k jejímu narušení. Po prohlídce endoskopem je otvor ponechán pro zajištění funkce odvodnění nosníků.

Prohlídka dutin je zaměřena na zjištění případných poruch (trhliny, zatékání apod.) běžně nepřístupných částí mostní konstrukce.

3. PROVEDENÉ PRÁCE

Terénní práce provedli pracovníci společnosti INSET s.r.o. Obhlídka mostu, okolního terénu a možných přístupových cest byla provedena dne 11. 8. 2020. Diagnostické práce na nosné konstrukci pak proběhly ve dnech 19. a 20. 8. 2020. Veškeré diagnostické práce byly provedeny z lešení nebo volného terénu případně z žebříku. Nosná konstrukce mostu byla kvůli velice strmým svahům obtížně přístupná. Ve 2. poli protéká úpský přivaděč, a tak byly veškeré diagnostické práce provedeny v poli č. 1 a 3 (kce K01 a K03).



Obr. 3.1: Most zleva, 1. pole, z důvodu strmých svahů bylo nutné kotvení lešení do opěr

Laboratorní zkoušky byly provedeny v akreditovaných zkušebních laboratořích QUALIFORM a.s. a Centrum dopravního výzkumu, v.v.i. (CDV). Při popisování konstrukce bylo vycházeno z dostupných podkladů.

3.1. Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech

Za účelem určení pevnosti betonu v tlaku destruktivně bylo z konstrukce odebráno celkem 5 jádrových vývrťů s označením V1 – V5. Oproti zadání byl tedy odebrán 1 vrt navíc. Rozmístění vrtů je zřejmé ze schématu v příloze 1. Ihned po odvrtání každého vývrťu došlo k jeho označení a podrobnému popisu betonu včetně provedení zkoušky hloubky karbonatace použitím 1% roztoku fenolftaleinu. Popis jednotlivých odebraných vývrťů viz následující soupis.

Vývrt V1	- vývrt V1 o průměru 100 mm byl odebrán v poli 3 vodorovně z pravého boku pravého nosníku přibližně v $L_3/3$ od krajní opěry O 04
Informace o vývrtu	- délka odebraného vývrtu je cca 200 mm - při odebírání vývrtu nebyla porušena žádná výztuž
Informace o betonu	- drcené kamenivo frakce 0 – 16 mm, max zrno 18 mm - kamenivo rovnoměrně rozptýlené po vývrtu - beton hutný s nízkou pórovitostí, póry ≤ 3 mm - hloubka karbonatce ≤ 10 mm



Obr. 3.2: Pohled do otvoru po vývrtu V1



Obr. 3.3: Vývrt V1

Vývrt V2	- vývrt V2 o průměru 100 mm byl odebrán v poli 3 vodorovně z levého boku levého nosníku přibližně v $L_3/3$ od krajní opěry O 04
Informace o vývrtu	- délka odebraného vývrtu je cca 195 mm - při odebírání vývrtu nebyla porušena žádná výztuž
Informace o betonu	- drcené kamenivo frakce 0 – 20 mm, max zrno 35 mm - kamenivo rovnoměrně rozptýlené po vývrtu - beton mírně porézní s póry ≤ 5 mm - hloubka karbonatce 0 mm



Obr. 3.4: Pohled do otvoru po vývrtu V2



Obr. 3.5: Vývrt V2

Vývrt V3	- vývrt V3 o průměru 100 mm byl odebrán v poli 1 vodorovně z levého boku levého nosníku přibližně v $L_1/3$ od krajní opěry O 01
Informace o vývrtu	- délka odebraného vývrtu je cca 180 mm - při odebírání vývrtu nebyla porušena žádná výztuž
Informace o betonu	- drcené kamenivo frakce 0 – 20 mm, max zrno 28 mm - kamenivo rovnoměrně rozptýlené po vývrtu - beton mírně porézní s póry ≤ 2 mm, ojediněle 12 mm - hloubka karbonatace 2 mm
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p>Obr. 3.6: Pohled do otvoru po vývrtu V3</p> <p>Obr. 3.7: Vývrt V3</p> </div>	

Vývrt V4	- vývrt V4 o průměru 100 mm byl odebrán v poli 1 vodorovně z pravého boku pravého nosníku přibližně v $L_1/3$ od krajní opěry O 01
Informace o vývrtu	- délka odebraného vývrtu je 140 mm + náběh - při odebírání vývrtu došlo k převrtání jednoho prutu betonářské výztuže $\varnothing 8$
Informace o betonu	- drcené kamenivo frakce 0 – 20 mm - kamenivo rovnoměrně rozptýlené po vývrtu - beton mírně porézní s póry ≤ 3 mm, ojediněle 10 mm - hloubka karbonatace 0 mm
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p>Obr. 3.8: Pohled do otvoru po vývrtu V4</p> <p>Obr. 3.9: Vývrt V4</p> </div>	

Vývrt V5	- vývrt V5 o průměru 100 mm byl odebrán v poli 1 vodorovně z pravého boku pravého nosníku přibližně v $L_1/3$ od krajní opěry O 01, jedná se o vývrt ze sondy P3 k předpínací výztuži
Informace o vývrtu	- délka odebraného vývrtu je 115 mm - při odebírání vývrtu nedošlo k převrtání betonářské
Informace o betonu	- drcené kamenivo frakce 0 – 20 mm, max zrno 25 - kamenivo rovnoměrně rozptýlené po vývrtu - beton mírně porézní s póry ≤ 3 mm, ojediněle 10 mm - hloubka karbonatace 0 mm



Obr. 3.10: Pohled do otvoru po vývrtu V5



Obr. 3.11: Vývrt V5

K odběru jádrových vývrtů pro stanovení pevnosti betonu v tlaku byla použita pevně ukotvená vrtačka DD 150-U 230V s vodním výplachem a diamantovou korunkou \varnothing 100 mm. Před odebráním vzorku byla vždy pomocí radaru HILTI PS 1000 X-Scan ověřena poloha betonářské a předpínací výztuže.



Obr. 3.12: Odběr jádrového vývrtu z pravého nosníku v 1. poli



Obr. 3.13: Zapravení odvrty

Na odebrané vývrty byl in-situ aplikován roztok fenolftaleinu pro zjištění hloubky karbonatace. Vzorky byly následně odeslány do laboratoře, kde byla z vývrtů vyrobena zkušební válcová tělesa a určena pevnost betonu v tlaku rozdrčením těles. Na odebraných vývrtech byla také stanovena objemová hmotnost. Všechny odvrty byly na místě zapraveny sanační hmotnou na bázi cementu (ARDEX B14).

Z každého odebraného jádrového vývrtu bylo vyrobeno jedno zkušební těleso. Příprava vzorků, provádění zkoušek i jejich vyhodnocení byly v souladu s předpisy příslušných státních norem (především ČSN EN 12504-1). Vzorky byly zkoušeny v akreditované zkušební laboratoři

QUALIFORM, a.s. Výsledky a vyhodnocení zkoušek jsou v příloze této zprávy, výpis v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1: Pevnosti a objemové hmotnosti zjištěné na odebraných vývrtech:

Označení vzorku	Místo odběru	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Pevnost betonu v tlaku na vývrtnu $f_{c,core}$ [MPa]	Průměrná objemová hmotnost [MPa]	Průměrná pevnost [MPa]
V1	NK – pole 3; pravý nosník zboku	2350	25,7	2370	27,0
V2	NK – pole 3; levý nosník zboku	2320	23,6		
V3	NK – pole 1; levý nosník zboku	2440	35,4		
V4	NK – pole 1; pravý nosník zboku	2360	27,5		
V5	NK – pole 1; pravý nosník zboku	2380	22,6		

Vzhledem k poměru délky k průměru zkušebních těles $L/d=1$ lze získanou pevnost v tlaku brát jako krychelnou, bez přepočtu. Krychelné pevnosti betonu zjištěné na vývrtech z nosné konstrukce byly použity pro výpočet odhadu charakteristické pevnosti v tlaku dle ČSN EN 13791. V případě, že je k dispozici méně než 15 výsledků se odhad charakteristické pevnosti určuje dle následujícího vztahu:

$$f_{ck,is} = \min \{f_{mn,is} - k; f_{is,min} + 4\}$$

kde $f_{mn,is}$ = průměrná hodnota zjištěných pevností

$k = 7$ (pro $n = 3-6$)

$f_{is,min}$ = minimální hodnota zjištěných pevností

$$f_{ck,is} = \min \{20,0; 26,6\}$$

$$f_{ck,is} = 20,0 \text{ MPa} \rightarrow \text{pevnostní třída C16/20}$$

Na základě destruktivních zkoušek byl beton nosné konstrukce zařazen do pevnostní třídy C16/20.

Vzhledem k tomu, že zjištěné pevnosti byly podezřele nízké, byly pro ověření výsledků odeslány další vzorky do jiné zkušební laboratoře. Jako doplňující vzorky byly využity vývrty DN 50 získané provrtáním odvodňovacích otvorů. Vývrty byly označeny V10, V20 a V30.



Obr. 3.14: Vývrt V10



Obr. 3.15: Vývrt V20



Obr. 3.16: Vývrt V30

Z každého vývrtu bylo vyrobeno jedno zkušební těleso. Vzorky byly zkoušeny v akreditované zkušební laboratoři Centrum dopravního výzkumu, v.v.i. Výsledky a vyhodnocení zkoušek jsou v příloze této zprávy, výpis v tabulce 3.2.

Tabulka 3.2: Pevnosti a objemové hmotnosti zjištěné na doplňujících vývrtech:

Označení vzorku	Místo odběru	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Pevnost betonu v tlaku na vývrtu $f_{c,core}$ [MPa]	Průměrná objemová hmotnost [MPa]	Průměrná pevnost [MPa]
V10	NK - nosník zdola	2400	58,0	2400	69,1
V20	NK - nosník zdola	2370	64,4		
V30	NK - nosník zdola	2430	85,0		

Zjištěné pevnosti byly výrazně vyšší než pevnosti na původních vývrtech určené v laboratoři QUALIFORM a.s. Při vyhodnocení dle ČSN EN 13791 byl beton zařazen do **pevnostní třídy C55/67**, odhad charakteristické pevnosti betonu v tlaku byl 62,0 MPa.

3.2. Nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku tvrdoměrnou metodou

Pro zjištění kvality betonu byla využita i nedestruktivní metoda Schmidtova tvrdoměru. Na jejím základě je možné vyhodnotit, zda je beton rovnoměrný (dle normy ČSN EN 12504-2). Na základě korelace mezi tvrdostí a pevností betonu lze stanovit pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností (postup dle ČSN 73 1373). Pro získání zaručené pevnosti betonu v tlaku lze využít postup dle ČSN 73 2011, kde jsou získané pevnosti upřesněny dle pevností zjištěných na jádrových vývrtech.

Pro nedestruktivní stanovení pevnosti betonu byl použit tvrdoměr Schmidt N od švýcarské firmy Proceq. Zkoušky byly provedeny ze spodního i bočního líce prefabrikovaných nosníků. Z důvodu nezkarbonatovaného povrchu nosníku nebylo nutné zkušební místa brousit, proběhlo tedy pouze očištění ocelovým kartáčem. Příprava zkušebních míst provedeno dle ČSN 73 1373. Celkem bylo provedeno 16 zkoušek tvrdoměrem. Výsledky a vyhodnocení zkoušek jsou v tabulkách níže.

Tabulka 3.3: Výsledy zkoušek Schmidtovým tvrdoměrem

Zkušební místo	Část kce	Průměrný odraz	Neupřesněná pevnost f_{be} [MPa]	Součinitel stáří α_t	Součinitel vlhkosti α_w	Neupřesněná pevnost f_{be} po zahrnutí stáří betonu [MPa]
S1	Z boku	52	66	0,9	1,0	59,4
S2	Z boku	57	72	0,9	1,0	64,8
S3	Z boku	51	64	0,9	1,0	57,6
S4	Ze spodu	59	64	0,9	1,0	57,6
S5	Ze spodu	59	64	0,9	1,0	57,6
S6	Z boku	58	72	0,9	1,0	64,8
S7	Z boku	56	72	0,9	1,0	64,8
S8	Z boku	59	72	0,9	1,0	64,8
S9	Z boku	61	72	0,9	1,0	64,8
S10	Z boku	58	72	0,9	1,0	64,8
S11	Z boku	61	72	0,9	1,0	64,8
S12	Ze spodu	61	64	0,9	1,0	57,6
S13	Ze spodu	63	64	0,9	1,0	57,6
S14	Z boku	61	72	0,9	1,0	64,8
S15	Ze spodu	61	72	0,9	1,0	64,8
S16	Ze spodu	61	72	0,9	1,0	64,8

Vyhodnocení pevnostní třídy vychází z ČSN 73 1373 a ČSN 73 2011. S ohledem na značné rozdíly u výsledků destruktivních zkoušek nebylo zahrnuto do vyhodnocení upřesnění na jádrových vývrtech.

Tabulka 3.4: Vyhodnocení nedestruktivních zkoušek pevnosti betonu na NK

Veličina	NK
Počet platných zkušebních míst	16
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	62,2
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	57,6
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	64,8
Výběrová směrodatná odchylka s_x	3,48
Reziduální směrodatná odchylka s_{rez}	2,50
Výběrová směrodatná odchylka s_r	4,28
Variační koeficient [%]	5,6<12
Posouzení rovnoměrnosti	vyhoví
součinitel odhadu 5% kvantilu β_n :	1,82
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck, is}$ [MPa]	54,4
Třída betonu dle ČSN EN 206	C 40/50

Na základě nedestruktivních zkoušek byl beton nosné konstrukce zařazen do pevnostní třídy **C40/50, beton byl rovnoměrný**.

3.3. Vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku

Pevnosti betonu určené na vývrtech ve dvou různých laboratořích se diametrálně lišily. Z laboratoře QULIFORM a.s. byla určena pevnostní třída C16/20, z laboratoře CDV, v.v.i. pevnostní třída C55/67. Vše nasvědčuje tomu, že vývrty v první laboratoři byly špatně zakončovány a došlo tak ke zkreslení výsledků zkoušek. Vyšší pevnost betonu naznačují i výsledky nedestruktivních zkoušek (zařazení do třídy C40/50) a vysoká objemová hmotnost (2380 kg/m³). Dle vizuální prohlídky byl beton hutný, pórovitost byla nízká, beton obsahoval drcené kamenivo a vysoký podíl cementu. Dle typových pokladů nosníků KDP byl beton třídy B500, což odpovídá dnešní pevnostní třídě C35/45.

S ohledem na zjištěné skutečnosti **doporučujeme uvažovat pevnostní třídu C35/45.**

3.4. Určení statického modulu pružnosti v tlaku

Statický modul pružnosti lze orientačně určit pomocí převodních vztahů mezi statickým modulem pružnosti (E_c) a určenou pevností v tlaku (f_c).

$$E_c = 4,73 (f_c)^{0,5}$$

Pro doporučovanou krychelnou pevnost určenou platí:

$$E_c = 4,73 (45)^{0,5} = 31,7 \text{ GPa}$$

3.5. Stanovení míry karbonatce

Pro zjištění míry karbonatce byl aplikován 1% roztok fenolftaleinu.

Hloubka karbonatce byla ověřována na odebraných jádrových vývrtech a při sekaných sondách k předpínací výztuži. Fotodokumentace vývrtů po aplikaci fenolftaleinu je nahraná na přiloženém DVD. Výsledky zkoušek na vývrtech a sekaných sondách jsou shrnuty v tabulce 3.5:

Tabulka 3.5: Zjištění hloubky karbonatce

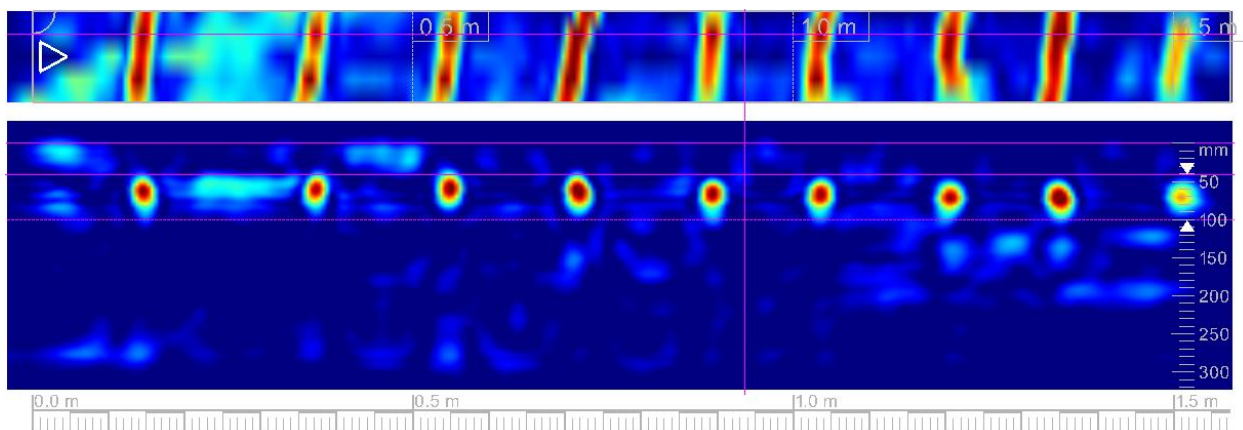
Označení	Způsob ověření	Místo odběru	Hloubka karbonatce [mm]
P1	Sekaná sonda	NK – levý bok pravého nosníku; pole 3	0
P2		NK – levý bok levého nosníku; pole 1	5 - 10
P3		NK – pravý bok pravého nosníku; pole 1	0
V1	Jádrový vývrt	NK – pole 3; pravý nosník zboku	10
V2		NK – pole 3; levý nosník zboku	0
V3		NK – pole 1; levý nosník zboku	2
V4		NK – pole 1; pravý nosník zboku	0
V5		NK – pole 1; pravý nosník zboku	0

Ve většině zkoušených míst byla stanovena hloubka karbonatace 0 mm. V ojedinělých případech dosahovala hloubky až 10 mm. Na základě těchto zjištění můžeme konstatovat, že se předpínací výztuž nachází ve zdravém, nezkarbonatovaném betonu. Naproti tomu se může část betonářské výztuže s velmi nízkým krytím místy nacházet v již zkarbonatovaném betonu.

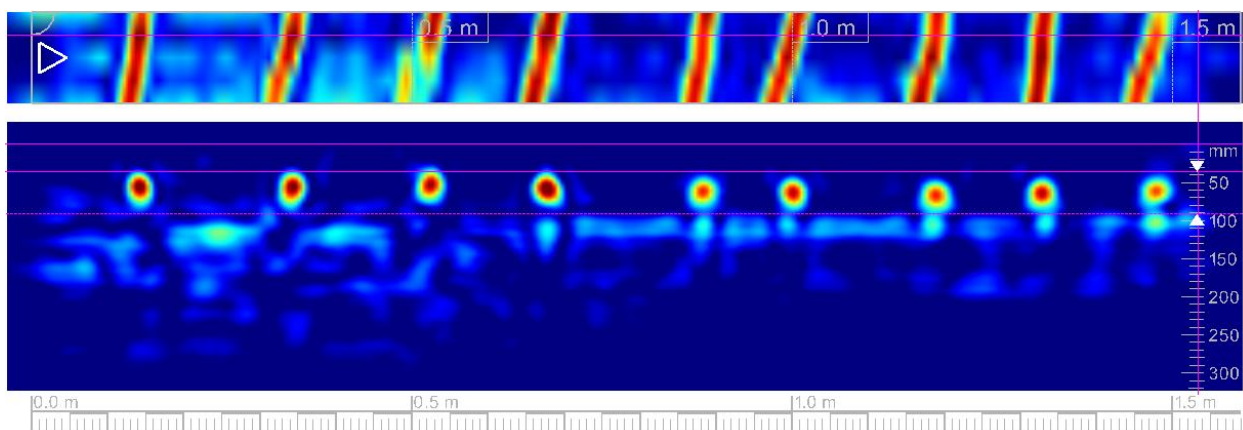
3.6. Diagnostika předpínací a betonářské výztuže

Při diagnostice předpínací a betonářské výztuže v konstrukci byl pro určení polohy výztuže použit radar HILTI PS 1000 X-Scan, položka 413222, výrobní číslo 350130011.

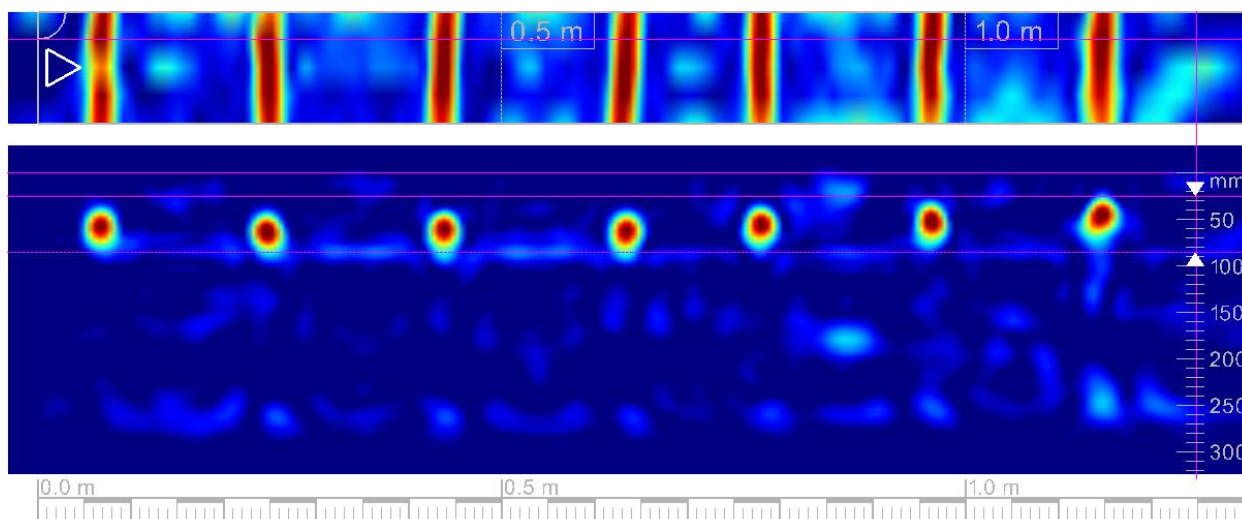
Grafický výstup z radaru HILTI PS 1000 na následujících obrázcích znázorňující polohu předpínací a betonářské výztuže sestává vždy ze dvou částí - nahoře je zobrazen kolmý pohled na skenovanou plochu a dole příčný řez. Z toho je možno identifikovat polohu i krytí výztuže. V případě plošného skenu je pak kromě pohledu na skenovanou plochu zobrazen příčný i podélný řez.



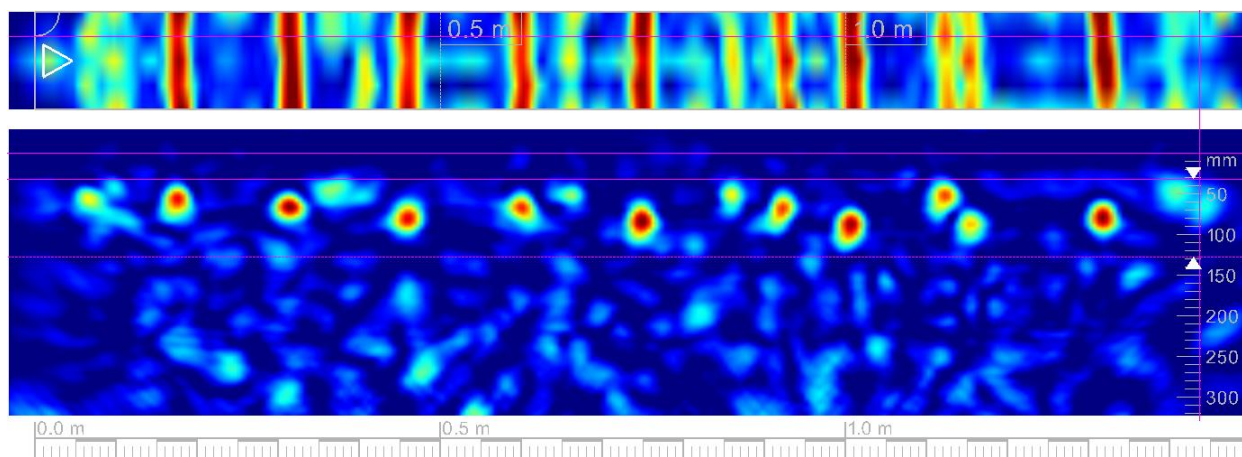
Obr. 3.17: Liniový sken č. 5010 provedený vodorovně na pravé stěně pravého nosníku v poli 3 v blízkosti vývrtu V1. Na skenu je jasně patrná svislá betonářská výztuž s rozteční cca 180 mm a krytím v rozmezí 45 – 55 mm.



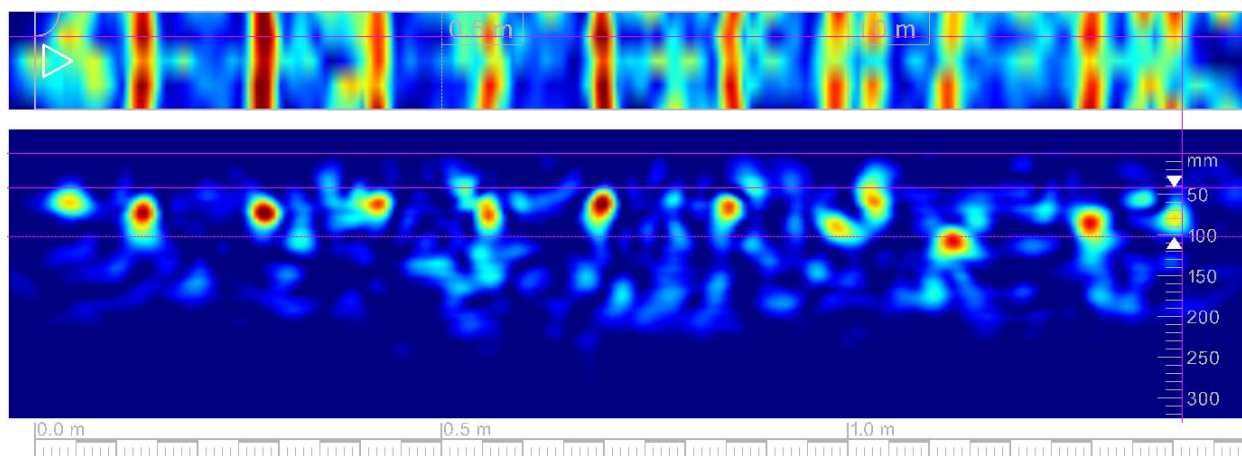
Obr. 3.18: Liniový sken č. 5011 provedený vodorovně na pravé stěně pravého nosníku v poli 3 v blízkosti vývrtu V1. Na skenu je jasně patrná svislá betonářská výztuž s rozteční cca 120 - 200 mm a krytím v rozmezí 30 – 45 mm.



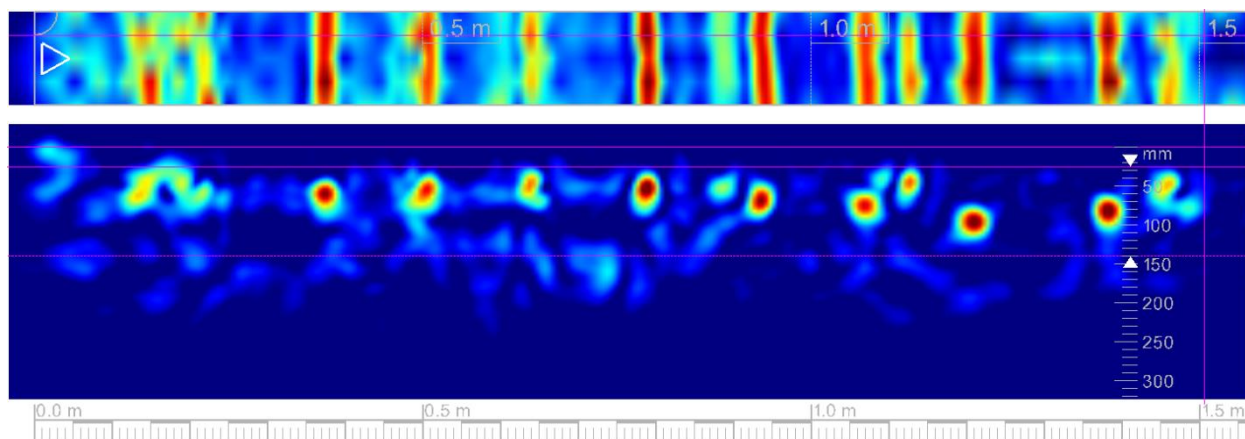
Obr. 3.19: Liniový sken č. 5021 provedený vodorovně na levé stěně levého nosníku v poli 3 v blízkosti vývrtu V2. Na skenu je jasně patrná svislá betonářská výztuž s rozteční cca 150 - 180 mm a krytím v rozmezí 25 - 40 mm.



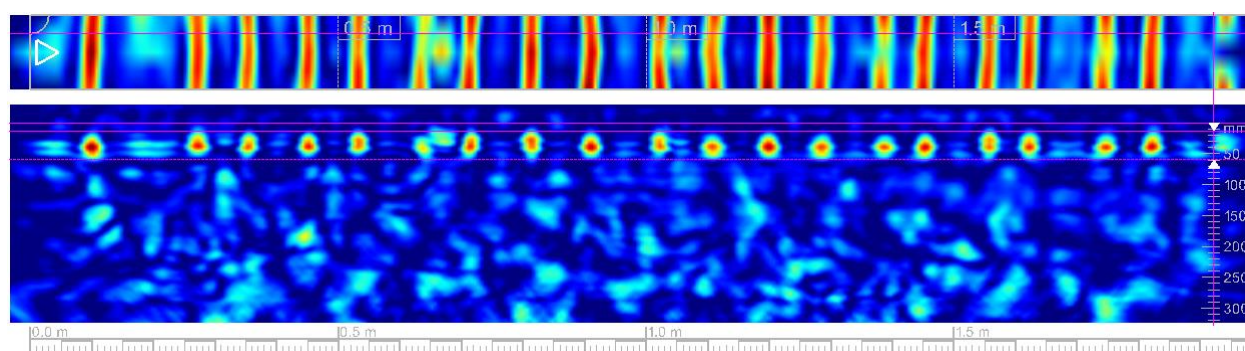
Obr. 3.20: Liniový sken č. 5032 provedený příčně na spodním líci levého nosníku u opěry O 01. Na snímku jsou jasně rozpoznatelné kabelové kanálky v hloubce cca 38 - 65 mm. Dále je zde zachycena betonářská výztuž s krytím v rozmezí 30 - 45 mm.



Obr. 3.21: Liniový sken č. 5030 provedený příčně na spodním líci pravého nosníku v blízkosti krajní opěry O 01. Na snímku je patrná předpínací výztuž s krytím v rozmezí 40 - 90 mm a betonářská v hloubce cca 15 mm.



Obr. 3.22: Liniový sken č. 5029 provedený příčně na spodním líci levého nosníku u krajní opěry O 01. Na snímku je patrná předpínací výztuž v hloubce cca 30 – 75 mm a zároveň betonářská výztuž s krytím cca 25 mm.



Obr. 3.23: Liniový sken č. 5034 provedený podélně na spodním líci levého nosníku u krajní opěry O 01. Na snímku je patrná betonářská výztuž s krytím v rozmezí 12 – 25 mm.

Pro zjištění míry koroze výztuže a zainjektovanosti kanálků byly provedeny tři sekané sondy s označením P1 – P3. Všechny sondy byly provedeny ke zvedaným kabelům z bočního líce nosníků. V rámci každé sondy byl odhalen jeden předpínací kabel. Kompletní pořizená fotodokumentace je na přiloženém DVD, níže na obrázcích pouze výběr.



Obr. 3.24: **Sonda P1** byla provedena zboku pravého nosníku v poli 3 v podélné mezeře mezi nosníky, před kanálkem v hloubce 60 mm 2 pruty betonářské výztuže Ø8; povrch betonu byl zamokřený; v hloubce 3 – 4 cm kaverna plná vody (po navrtání voda vytekla)



Obr. 3.25: **Sonda P1**, kabel v ocelové chráničce; lokální povrchová koruze; krytí po chráničku 120 mm



Obr. 3.26: **Sonda P1**, kanálek plně zainjektovaný, injektáž suchá, dráty napadeny mírnou povrchovou korozí, dráty bez oslabení korozí; předpínací kabel je ve "zdravém" nezkarbonatovaném betonu



Obr. 3.27: **Sonda P2**, byla provedena z boku levého nosníku v poli 1 zleva



Obr. 3.28: **Sonda P2**, kabel v ocelové chráničce; mírná povrchová koroze; krytí po chráničku 100 mm



Obr. 3.29: **Sonda P2**, kanálek plně zainjektovaný, injektáž suchá, dráty bez koroze; předpínací kabel je ve "zdravém" nezkarbonatovaném betonu



Obr. 3.30: **Sonda P3**, byla provedena z boku pravého nosníku v poli 1 zleva cca v $L_{1/3}$



Obr. 3.31: **Sonda P3**, kabel v ocelové chráničce; nepatrná povrchová koroze; krytí po chráničku 105 mm



Obr. 3.32: **Sonda P3**, kanálek plně zainjektovaný, injektáž suchá, mírná povrchová koroze drátů bez oslabení průřezu; předpínací kabel je ve "zdravém" nezkarbonatovaném betonu

Shrnutí: Všechny otevřené chráničky byly plně zainjektované, v dobrém stavu, napadeny pouze povrchovou korozí. Krytí po chráničku se pohybovalo v rozmezí 100 – 120 mm. Předpínací výztuž tvořily kabely s dráty o průměru 4,5 mm. Většina drátů napadena povrchovou korozí, bez oslabení průřezu. Krytí po dráty v rozmezí 102 – 124 mm. Všechny prohlédnuté kabely v místě provedených sond byly celkově v dobrém stavu a z hlediska karbonatce betonu (2 - 10 mm) se nacházejí ve “zdravém” nezkarbonatovaném betonu. U sondy P1 obsahovala krycí vrstva betonu kaverny naplněné vodou, samotný kanálek byl však v pořádku.

3.7. Prohlídka dutin nosníků

Celkem byly provedeny 4 prohlídky dutin nosníků. Pro prohlídky byly využity odvodňovací otvory (2 u opěry O 01/O 04) vyvrtané v rámci diagnostiky.



Obr. 3.33: Vyhledání předpínací a betonářské výztuže pomocí radaru HILTI PS 1000 X-Scan



Obr. 3.34: Provrtání odvodňovacího otvoru do dutiny nosníku

Prohlídka samotná byla provedena endoskopem na teleskopické tyči s přisvětlovací lampou. Vždy bylo natočeno krátké video s komentářem směru pohledu. Veškerá videodokumentace je nahraná na přiloženém DVD. Níže pouze výběr charakteristických snímků.



Obr. 3.35: Levý nosník ve 3. poli; pohled po směru staničení skrz provedený odvodňovací otvor, dutina na konci nosníku nad opěrou O 04 zazděná



Obr. 3.36: Levý nosník ve 3. poli; pohled proti směru staničení skrz provedený odvodňovací otvor, v době prohlídky dutina suchá, místy stopy po zatékání ve formě vápenných výluhů



Obr. 3.37: **Pravý nosník ve 3. poli**; pohled po směru staničení skrz provedený odvodňovací otvor, dutina na konci nosníku nad opěrou O 04 zazděná, na dně odtržený asfaltový pás



Obr. 3.38: **Pravý nosník ve 3. poli**; pohled proti směru staničení skrz provedený odvodňovací otvor; ze stropu visí odtržený asfaltový pás; na stěnách stopy po zatékání; vápenné výluhy; místy odhalená korodující betonářská výztuž



Obr. 3.39: **Levý nosník v 1. poli**; pohled proti směru staničení skrz provedený odvodňovací otvor, dutina na konci nosníku nad opěrou O 01 zazděná



Obr. 3.40: **Levý nosník v 1. poli**; pohled po směru staničení skrz provedený odvodňovací otvor, v době prohlídky dutina suchá, místy stopy po zatékání ve formě vápenných výluhů, ze stropu opět visí odtržené asfaltové pásy



Obr. 3.41: **Pravý nosník v 1. poli**; pohled po směru staničení skrz provedený odvodňovací otvor, dutina na konci nosníku nad opěrou O 01 zazděná



Obr. 3.42: **Pravý nosník v 1. poli**; pohled proti směru staničení skrz provedený odvodňovací otvor; na dně leží odtržený asfaltový pás; na stěnách stopy po zatékání; vápenné výluhy

Shrnutí: Prohlédnuté dutiny byly suché, bez zadržované vody. Na stěnách dutin byly patrné stopy po zatékání ve formě vápenných výluhů. Korodující výztuž byla zaznamenána pouze v pravém nosníku ve 3. poli. Všechny nosníky mají nad opěrami zazděné dutiny, stejně tak odtrhané asfaltové pásy ze stropu dutin.

4. ZÁVĚR

Obsahem této zprávy jsou výsledky diagnostických prací provedených na železničním mostě na traťovém úseku 1651 Jaroměř (mimo) – Lubawka (PKP) evd. km 12,826.

Zjištěné skutečnosti:

Pevnosti betonu určené na vývrtech ve dvou různých laboratořích se diametrálně lišily. Z laboratoře QULIFORM a.s. byla určena pevnostní třída C16/20, z laboratoře CDV, v.v.i. pevnostní třída C55/67. Vše nasvědčuje tomu, že vývrty v první laboratoři byly špatně zakončovány a došlo tak ke zkreslení výsledků zkoušek. Vyšší pevnost betonu naznačují i výsledky nedestruktivních zkoušek (zařazení do třídy C40/50) a vysoká objemová hmotnost (2380 kg/m³). Dle vizuální prohlídky byl beton hutný, pórovitost byla nízká, beton obsahoval drcené kamenivo a vysoký podíl cementu. Dle typových pokladů nosníků KDP byl beton třídy B500, což odpovídá dnešní pevnostní třídě C35/45.

S ohledem na zjištěné skutečnosti **doporučujeme uvažovat pevnostní třídu C35/45. Beton NK byl rovnoměrný.**

Hloubka karbonatace se pohybovala v rozmezí 0 – 10 mm.

Modul pružnosti určený orientačně z doporučené pevnosti měl hodnotu 31,7 GPa.

Všechny otevřené chráničky byly plně zainjektované, v dobrém stavu, napadeny pouze povrchovou korozí. Krytí po chráničku se pohybovalo v rozmezí 100 – 120 mm. Předpínací výztuž tvořily kabely s dráty o průměru 4,5 mm. Většina drátů napadena povrchovou korozí, bez oslabení průřezu. Krytí po dráty v rozmezí 102 – 124 mm. Všechny prohlédnuté kabely v místě provedených sond byly celkově v dobrém stavu a z hlediska karbonatace betonu (2 - 10 mm) se nacházely ve "zdravém" nezkarbonatovaném betonu. U sondy P1 obsahovala krycí vrstva betonu kaverny naplněné vodou, samotný kanálek byl však v pořádku.

Prohlédnuté dutiny byly suché, bez zadržované vody. Na stěnách dutin byly patrné stopy po zatékání ve formě vápenných výluhů. Korodující výztuž byla zaznamenána pouze v pravém nosníku ve 3. poli. Všechny nosníky mají nad opěrami zazděné dutiny, stejně tak odtrhané asfaltové pásy ze stropu dutin.

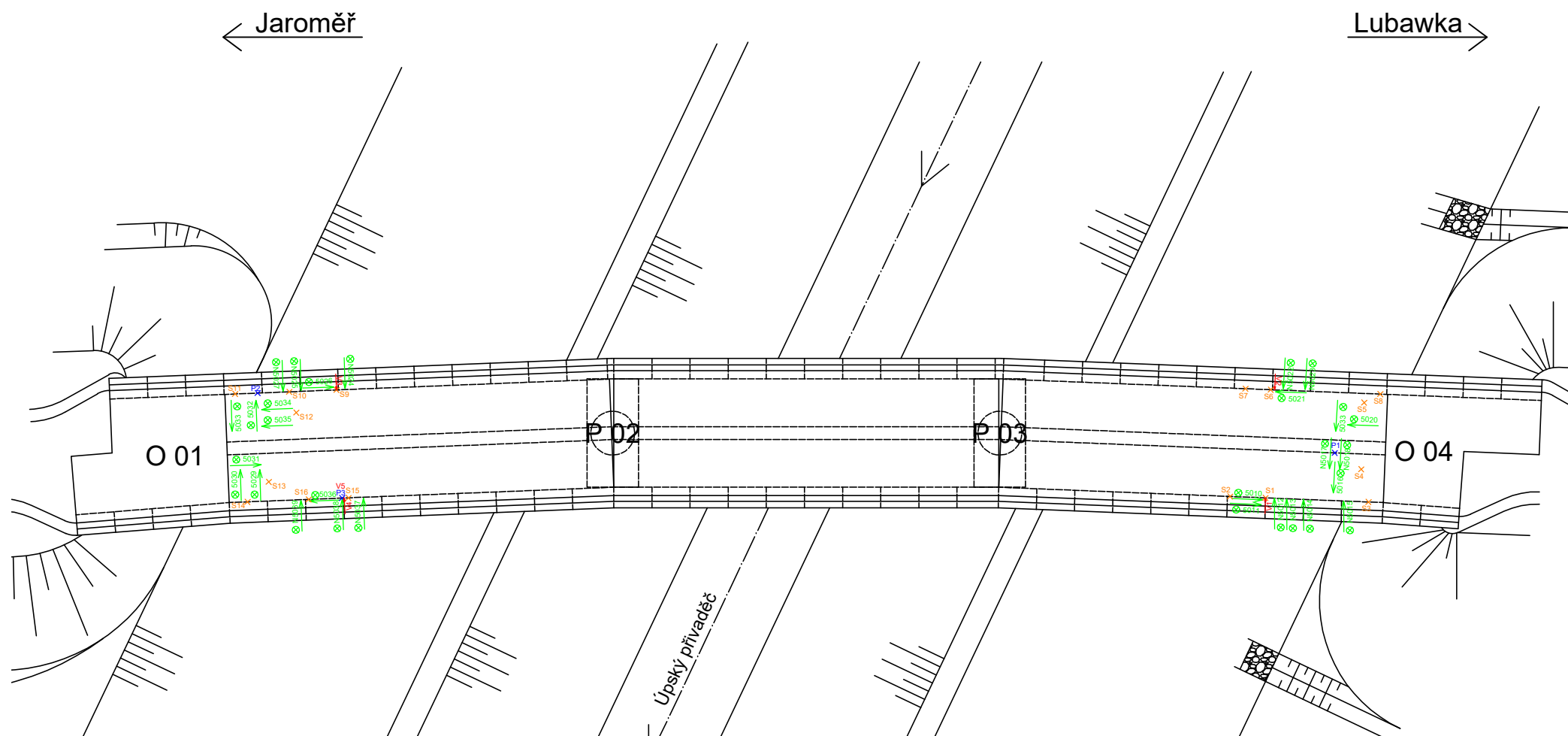
Skutečnosti uvedené v této zprávě popisují zjištění k 08/2020.

V Brně dne 21.9. 2020

Ing. Petr Tkadleček

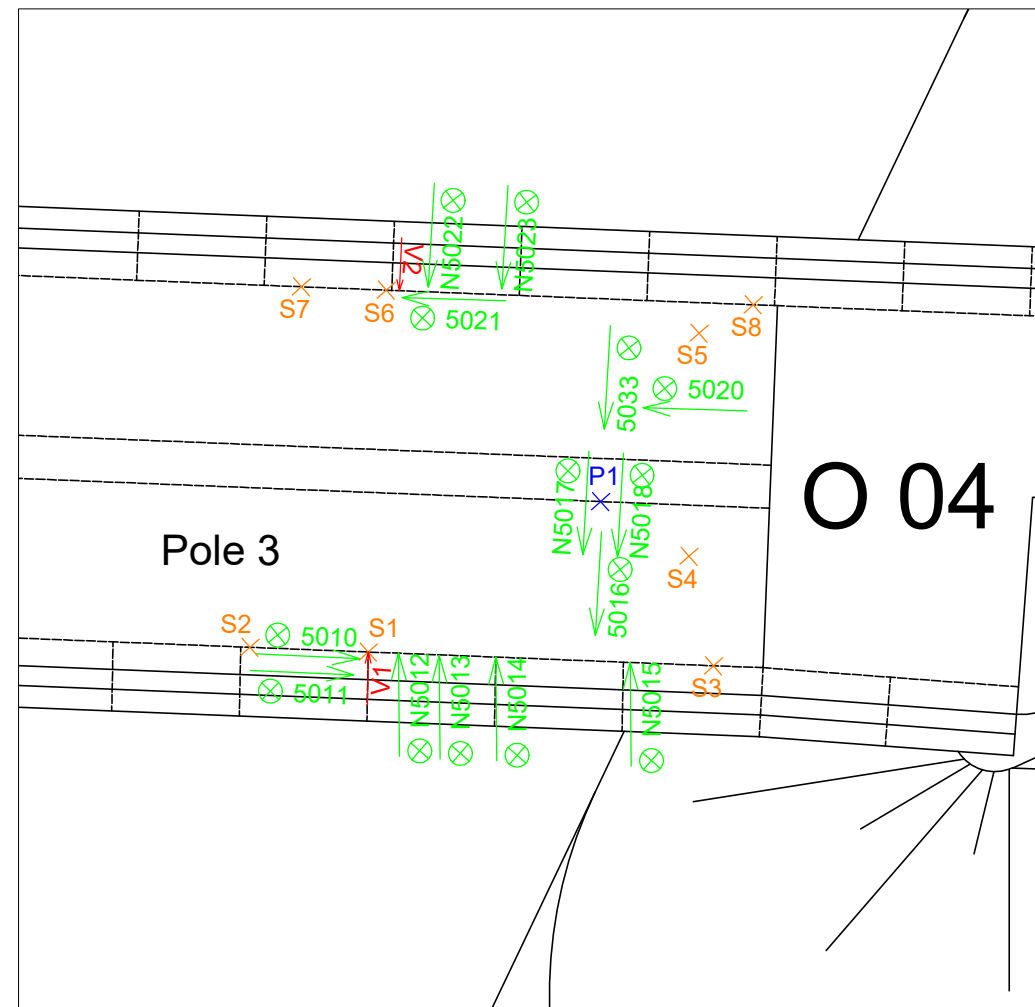
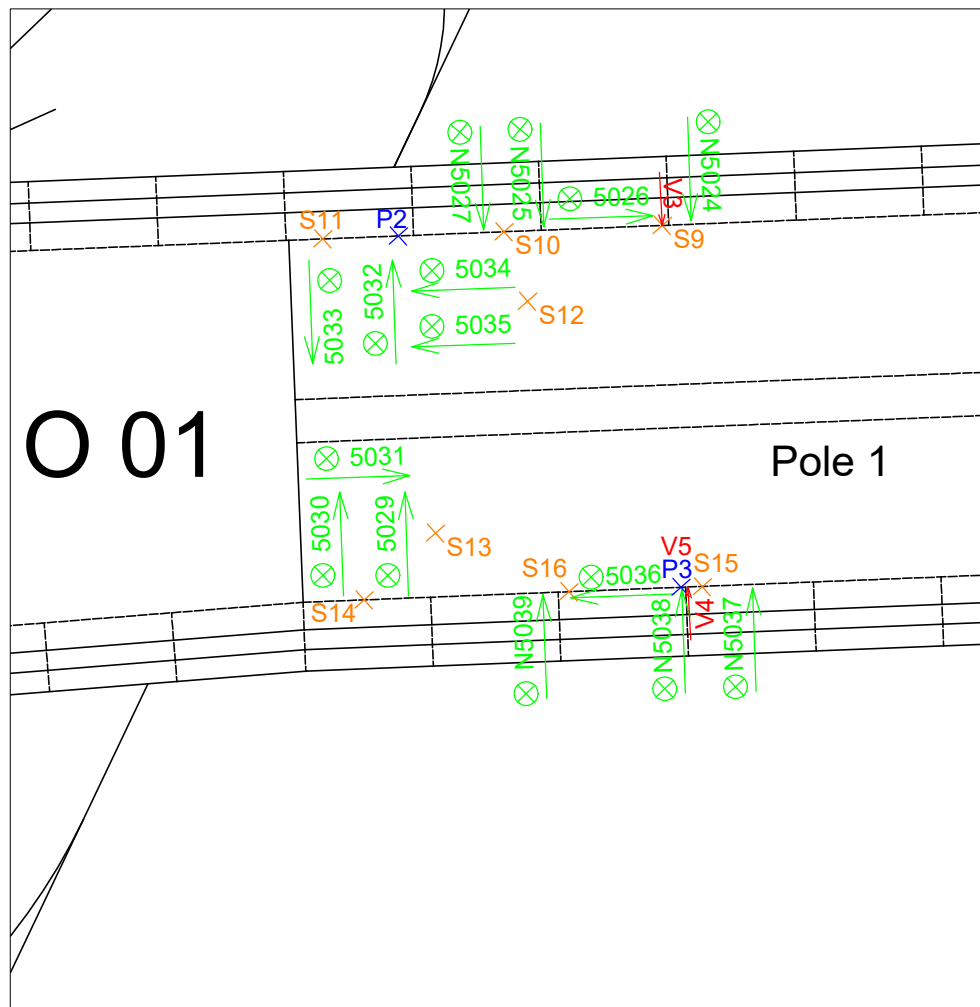
Ing. Jan Haloun

Příloha č. 1.1
Schématický nákres provedených sond - celek



Příloha č. 1.2

Schématický nákres provedených sond - detail





QUALIFORM, a.s.,
Mlaty 672/8, Bosonohy, 642 00 Brno
Zkušební laboratoř č. 1008 akreditovaná ČIA
podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018
Pracoviště: Mlaty 672/8, Bosonohy, 642 00 Brno



Z P R Á V A č. : 2937 / 01 / ZB / 2020

o zkoušce pevnosti v tlaku betonu na válcových vývrtech z konstrukce

Identifikační údaje :

Objednatel zkoušky : **INSET s.r.o.**
Lucemburská 1170/7, Vinohrady, 130 00 Praha 3
Stavba : diagnostika mostů Česká Skalice
Objekt : most km 12,826
Konstrukce : nosná konstrukce - prefabrikované nosníky KDP
Označení tělesa: V4, V5
Třída betonu: -
Zjištěná max. velikost zrna kamaniva: -
Výrobce betonu: -
Datum betonáže konstrukce : -
Druh a počet zkušebních těles : 2 x válec, průměr 100 mm
Datum vrtání : 19.08.2020
Vzorky z konstrukce odebral : objednatel
Tělesa dodána do zkušebny dne : 02.09.2020
Staničení odběru vývrťů : -

Poznámky: Výše uvedené údaje sdělil objednatel zkoušky. Výsledky zkoušek se týkají pouze předmětu zkoušky a nenahrazují jiné dokumenty, které jsou orgány státního dozoru podle specifických předpisů žádány. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře se nesmí zpráva reprodukovat jinak než celá.

Popis a identifikace zkušebních těles:

Označení tělesa:	Druh a poloha výztuže:	Výška a průměr dodaného tělesa:		Odchylky:
		h (mm)	d (mm)	
V4	-	164	94	-
V5	-	112	94	-
-	-	-	-	-

Charakteristiky zkoušky :

Zkouška provedena dle : ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích -
Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku

Datum zkoušky : 04.09.2020
Zkoušku provedl : Veronika Pekalová

VÝSLEDEK ZKOUŠKY:

Stav zkušebních vzorků při zkoušení : přirozeně vlhké

Stáří betonu : -


Úprava povrchu tlačných ploch : řezání a broušení z obou stran

číslo vzorku	hmotnost (kg)	průměr 1 (mm)	průměr 2 (mm)	výška upravená (mm)	Poměr výška / průměr tělesa	objem. hmotnost (kg.m ⁻³)	tlačná plocha (mm ²)	max. dosažená síla (kN)	Pevnost v tlaku (MPa)
V4	1,585	94,3	94,3	96,3	1:1	2360	6984	192	27,5
V5	1,555	94,3	94,3	93,5	1:1	2380	6984	158	22,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Poznámka:

V Brně dne : 4.9.2020




Ing. Zbyněk Jež
technický vedoucí pracoviště

Rozdělovník : 2x INSET s.r.o.

1x QUALIFORM, a.s.



QUALIFORM, a.s.,
Mlaty 672/8, Bosonohy, 642 00 Brno
Zkušební laboratoř č. 1008 akreditovaná ČIA
podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018
Pracoviště: Mlaty 672/8, Bosonohy, 642 00 Brno



Z P R Á V A č. : 2936 / 01 / ZB / 2020

o zkoušce pevnosti v tlaku betonu na válcových vývrtech z konstrukce

Identifikační údaje :

Objednatel zkoušky :	INSET s.r.o. Lucemburská 1170/7, Vinohrady, 130 00 Praha 3
Stavba :	diagnostika mostů Česká Skalice
Objekt :	most km 12,826
Konstrukce :	nosná konstrukce - prefabrikované nosníky KDP
Označení tělesa:	V1 - V3
Třída betonu:	-
Zjištěná max. velikost zrna kamaniva:	-
Výrobce betonu:	-
Datum betonáže konstrukce :	-
Druh a počet zkušebních těles :	3 x válec, průměr 100 mm
Datum vrtání :	19.08.2020
Vzorky z konstrukce odebral :	objednatel
Tělesa dodána do zkušebny dne :	02.09.2020
Staničení odběru vývrťů :	-

Poznámky: Výše uvedené údaje sdělil objednatel zkoušky. Výsledky zkoušek se týkají pouze předmětu zkoušky a nenahrazují jiné dokumenty, které jsou orgány státního dozoru podle specifických předpisů žádány. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře se nesmí zpráva reprodukovat jinak než celá.

Popis a identifikace zkušebních těles:

Označení tělesa:	Druh a poloha výztuže:	Výška a průměr dodaného tělesa:		Odchylky:
		h (mm)	d (mm)	
V1	-	200	94	-
V2	-	212	94	-
V3	-	183	94	-

Charakteristiky zkoušky :

Zkouška provedena dle : ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích -
Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku

Datum zkoušky :	04.09.2020
Zkoušku provedl :	Veronika Pekalová

VÝSLEDEK ZKOUŠKY:

Stav zkušebních vzorků při zkoušení : přirozeně vlhké

Stáří betonu : -


Úprava povrchu tlačných ploch : řezání a broušení z obou stran

číslo vzorku	hmotnost (kg)	průměr 1 (mm)	průměr 2 (mm)	výška upravená (mm)	Poměr výška / průměr tělesa	objem. hmotnost (kg.m ⁻³)	tlačná plocha (mm ²)	max. dosažená síla (kN)	Pevnost v tlaku (MPa)
V1	1,525	94,1	94,2	93,3	1:1	2350	6962	179	25,7
V2	1,565	94,3	94,3	96,7	1:1	2320	6984	165	23,6
V3	1,595	94,2	94,4	93,6	1:1	2440	6984	247	35,4

Poznámka:

V Brně dne : 4.9.2020




Ing. Zbyněk Jež
technický vedoucí pracoviště

Rozdělovník : 2x INSET s.r.o.

1x QUALIFORM, a.s.

PROTOKOL

č.: 122/20-B

Stanovení pevnosti v tlaku dle ČSN EN 12390-3

Stanovení objemové hmotnosti ČSN EN 12390-7, mimo čl. 6.4, 6.5 a 6.7

Objednatel: Inset s.r.o., Vinohrady 40, 639 00 Brno
Záznam číslo: 0122/20
Objekt, místo vrtání: most ev. km 12,826 TÚ 1651: Železniční most přes přivaděč do Rozkoše
 nosná konstrukce (prefabrikované nosníky KDP)
Datum odběru: neuvedeno
Datum výroby: 1970
Datum provedení zk.: 15.9.2020
Třída a druh betonu: neuvedeno
Stáří betonu: 50 let
Ošetřování, uložení: laboratorní prostředí 22 °C, 68 % relativní vlhkost
Místo provedení zkoušky: Laboratoř centra dopravního výzkumu
Zkušební zařízení: (lis) Beton System, BS 300, (0 - 300) kN

Označení vzorku	Průměr vývrtu /d _m /	Délka vývrtu				Hmotnost vývrtu po úpravě	Objemová hmotnost	Vizuální vyšetření vývrtu, případná výztuž, (průměr, umístění, /mm/)	
		Po odběru		Po úpravě					
		max.	min.	max.	min.				
	/mm/	/mm/				/kg/	/kg/m ³ /	Po odběru	Po úpravě
289/20	51,4	90	80	51,5	51,5	0,256	2400	bez závad	bez závad
290/20	45,9	105	85	46,6	46,6	0,183	2370	bez závad	bez závad
291/20	45,8	220	125	46,4	46,4	0,186	2430	bez závad	bez závad

Označení vzorku	Maximální velikost kameniva	Metoda úpravy vývrtu	Poměr délky k průměru po úpravě	Vlhkost povrchu při zkoušce	Zatížení	Pevnost v tlaku	Průměrná pevnost v tlaku
	/mm/						
289/20	16	řezání, broušení	1,002	suchý	120,3	58,0	69,1
290/20	14	řezání, broušení	1,015	suchý	106,6	64,4	
291/20	16	řezání, broušení	1,013	suchý	140,0	85,0	

Poznámka: vzorek 289/20 byl připraven z vývrtu V10, vzorek 290/20 byl připraven z vývrtu V20, vzorek 291/20 byl připraven z vývrtu V30

Odběr vzorku provedl(a): objednatel

Zkoušku provedl(a): Radek Bendář
Zkušební pracovník(ice) LCDV



protokol kontroloval:

Ing. Tomáš Zavřel, technický vedoucí LDI




Mgr. Roman Ličbínský, vedoucí LCDV
(Podpis, razítko)

Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušených vzorků a protokol neznamená schválení výrobku orgánem udělujícím akreditaci ani žádným jiným orgánem.

Protokol nesmí být bez písemného souhlasu LCDV reprodukován jinak než v celkovém počtu stran.

Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoři, která Protokol vystavila.