

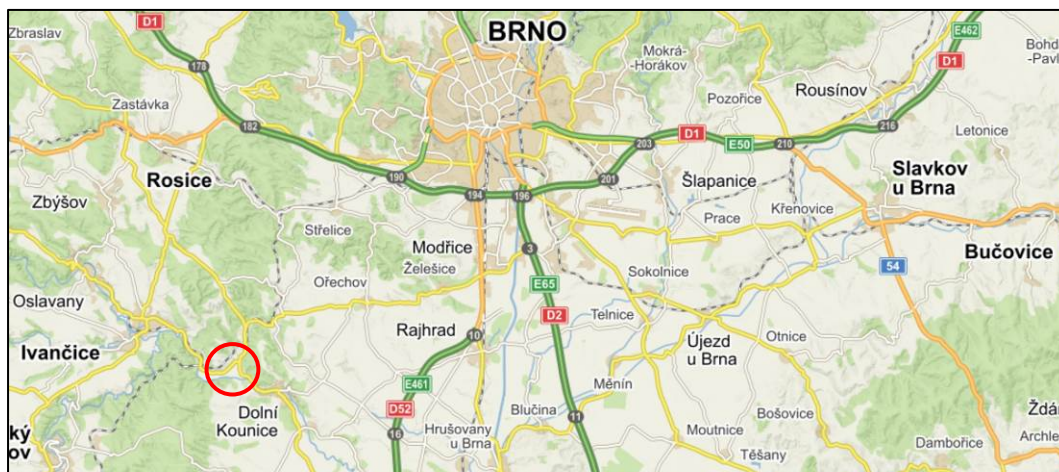
Číslo zakázky: 18090549000

Číslo dokumentu: 1

Číslo výtisku: DIGITALIZACE

Diagnostika mostů pro zpracování PD

III/39518 Moravské Bránice – Nové
Bránice, most ev. č. 39518-3



prosinec 2018

Číslo zakázky: 18090549000
Číslo dokumentu: 1

Zakázka: Diagnostika mostů pro zpracování PD
Dokument: III/39518 Moravské Bránice – Nové Bránice, most ev. č. 39518-3
Objednatel: Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, příspěvková organizace kraje
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. Petra Chlopčíková

Ředitel divize: Ing. Luděk Záleský

Dokument vypracovali: Ing. Petra Chlopčíková

Měření provedli: Ing. Ivo Hodovský
Ing. Tomáš Zavřel

Výstupní kontrola: Jana Záleská

Rozdělovník: 1-4 SÚS Jihomoravského kraje, příspěvková organizace kraje
0 spisovna INSET s.r.o.
5 pracovní

OBSAH:

TEXTOVÁ ČÁST

1.	ÚVOD	4
1.1.	Identifikační údaje	4
1.2.	Podklady pro vypracování zprávy	4
1.3.	Údaje o konstrukci	5
2.	PODMÍNKY A REALIZACE MĚŘENÍ	9
3.	METODIKA PRACÍ	9
3.1.	Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech	9
3.2.	Nedestruktivní stanovení kvality betonu tvrdoměrnou metodou	9
3.3.	Stanovení nasákavosti betonu	9
3.4.	Stanovení míry karbonatace	10
3.5.	Ověření odolnosti betonu vůči účinkům CHRL	10
3.6.	Stanovení pevnosti v tahu povrchové vrstvy, odtrhová zkouška	10
3.7.	Diagnostika betonářské výztuže	10
3.8.	Ověření rozměrů a vlastností nosné konstrukce	10
3.9.	Zjištění skladby vozovky	10
4.	PROVEDENÉ PRÁCE	11
4.1.	Pevnost betonu v tlaku	12
4.2.	Stanovení nasákavosti betonu	17
4.3.	Stanovení míry karbonatace	17
4.4.	Ověření odolnosti betonu vůči účinkům CHRL	18
4.5.	Odtrhové zkoušky	18
4.6.	Diagnostika betonářské výztuže	20
4.7.	Ověření rozměrů a vlastností nosné konstrukce	22
4.8.	Zjištění skladby vozovky	25
5.	ZÁVĚR	26

PŘÍLOHOVÁ ČÁST

- Příloha 1 – Protokoly z laboratorních zkoušek betonu
- Příloha 2 – Výsledky zkoušek odrazovým tvrdoměrem včetně statistického vyhodnocení
- Příloha 3 – Měření korozního úbytku na ocelových nosnících nosné konstrukce
- Příloha 4 – Oprávnění MD k provádění průzkumných a diagnostických prací č. 352/2016, Ing. Petra Chlopčíková
- Příloha 5 – Digitalizace zprávy a kompletní fotodokumentace pořízená při diagnostickém průzkumu. Datový disk – volně vložená příloha

1. ÚVOD

1.1. Identifikační údaje

Objednatel: Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, příspěvková organizace kraje, Žerotínovo náměstí 449/3, 602 00 Brno
IČ: 709 32 581, DIČ: CZ70932581

Zhotovitel: INSET s.r.o., Lucemburská 1170/7, 130 00 Praha 3
Divize Brno, Vinohrady 506/40, 639 11 Brno
IČ: 035 79 727, DIČ: CZ 035 79 727

Smlouva: číslo objednatele: 971/2018
číslo zhotovitele: 18090549000-01

Předmět smlouvy: Diagnostika mostu potřebná pro zpracování projektové dokumentace na rekonstrukci v požadovaném rozsahu.

Předmět zprávy: Diagnostický průzkum mostu ev. č. 39518-3.

1.2. Podklady pro vypracování zprávy

- [1] Místní šetření
- [2] ČSN 73 6200 Mosty – terminologie a třídění
- [3] ČSN 73 1373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
- [4] ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích-Část 2: Nedestruktivní zkoušení- Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem
- [5] ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu. Společná ustanovení
- [6] ČSN 73 2011 Nedestruktivne skúšanie betónových konštrukcií
- [7] ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
- [8] ČSN 73 1317 Stanovení pevnosti betonu v tlaku
- [9] ČSN 73 6242 Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací
- [10] ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba, shoda
- [11] ČSN 73 2401 Provádění a kontrola konstrukcí z předpjatého betonu
- [12] ČSN 73 6221 Prohlídky mostu pozemních komunikací
- [13] MP SJ-PK – část II/2Průzkumné a diagnostické práce
- [14] TP 72 MD CR Diagnostický průzkum mostů PK
- [15] ČSN 73 6242 Navrhování a provádění vozovek na mostech pozemních komunikací
- [16] ČSN EN 1542 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení soudržnosti odtrhovou zkouškou
- [17] TP 120 MD ČR – Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů PK a další předpisy související.

1.3. Údaje o konstrukci

Předmětem prováděných prací je most ev. č. 39518-3, který převádí silnici III. třídy přes řeku Jihlavu za Novými Bránicemi. Jde o třípolový kolmý most postavený v roce 1972.

Dle náčrtu v BMS je založení opěr plošné, u pilířů je založení hlubinné na pilotách. Založení pilířů chráněno štětovnicemi Larsen.

Spodní stavbu tvoří dvě masivní monolitické železobetonové opěry a dva vnitřní stěnové pilíře monolitické železobetonové.

Trámový spojitý most o třech polích. Hlavní nosnou konstrukci tvoří šest nosníků IP1000 s příčnými vzdálenostmi 1,4 m. Na nich je v poli 1 nabetonována železobetonová deska, která je s nosníky zřejmě spřažena. V poli 2 a 3 jsou na ocelové nosníky položeny železobetonové prefabrikované nosníky s nabetonovanou spádovou vrstvou. Ložiska jsou atypická, ocelová kluzná. Jsou tvořena ocelovou deskou a bočním vedením. Nad opěrami jsou podpovrchové závěry ve vozovce. Římsy jsou přerušeny nad všemi podpěrami, spáry jsou překryty ocelovým plechem.

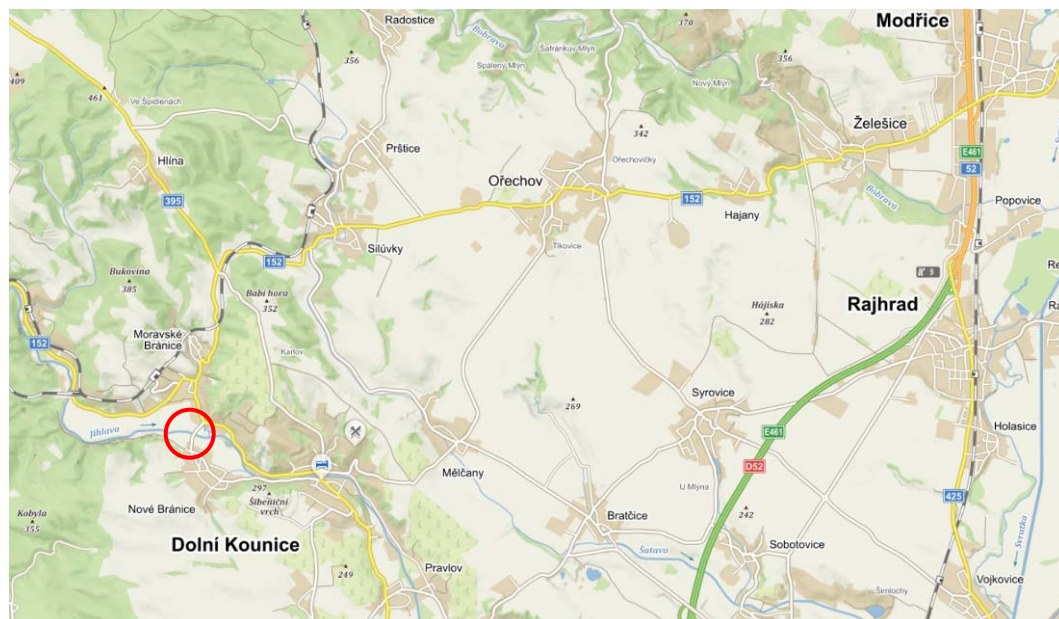
Vozovka je živičná. Na povodní straně proveden chodník s betonovým povrchem. Obruba je tvořena betonovým obrubníkem. Římsy jsou železobetonové monolitické. Dle ML je izolace asfaltová. Odvodnění je provedeno pomocí odvodňovačů, vyústění skrz betonovou desku do koryta.

Na obou stranách mostu osazeno ocelové třímadlové zábradlí. Osazeny tabulky s evidenčním číslem mostu.

Pod mostem provedeno koryto řeky Jihlavy.

Základní údaje o mostní konstrukci (dle mostního listu):

Kraj, okres, obec, kat.úz.	Jihomoravský, Brno-venkov, Nové Bránice
Správce:	kraj Jihomoravský, SÚS Jihomoravského kraje, oblast Střed, cestmistrovství Brno
Délka NK mostu:	61,50 m
Délka přemostění:	58,50 m
Šířka mostu:	8,25 m
Výška mostu nad terénem:	4,50 m
Rok postavení objektu:	1972



Obr. 1.1: Zeměpisná poloha mostu ev. č. 39518-3.



Obr. 1.2: Most ve směru staničení.



Obr. 1.3: Pohled na most zleva.



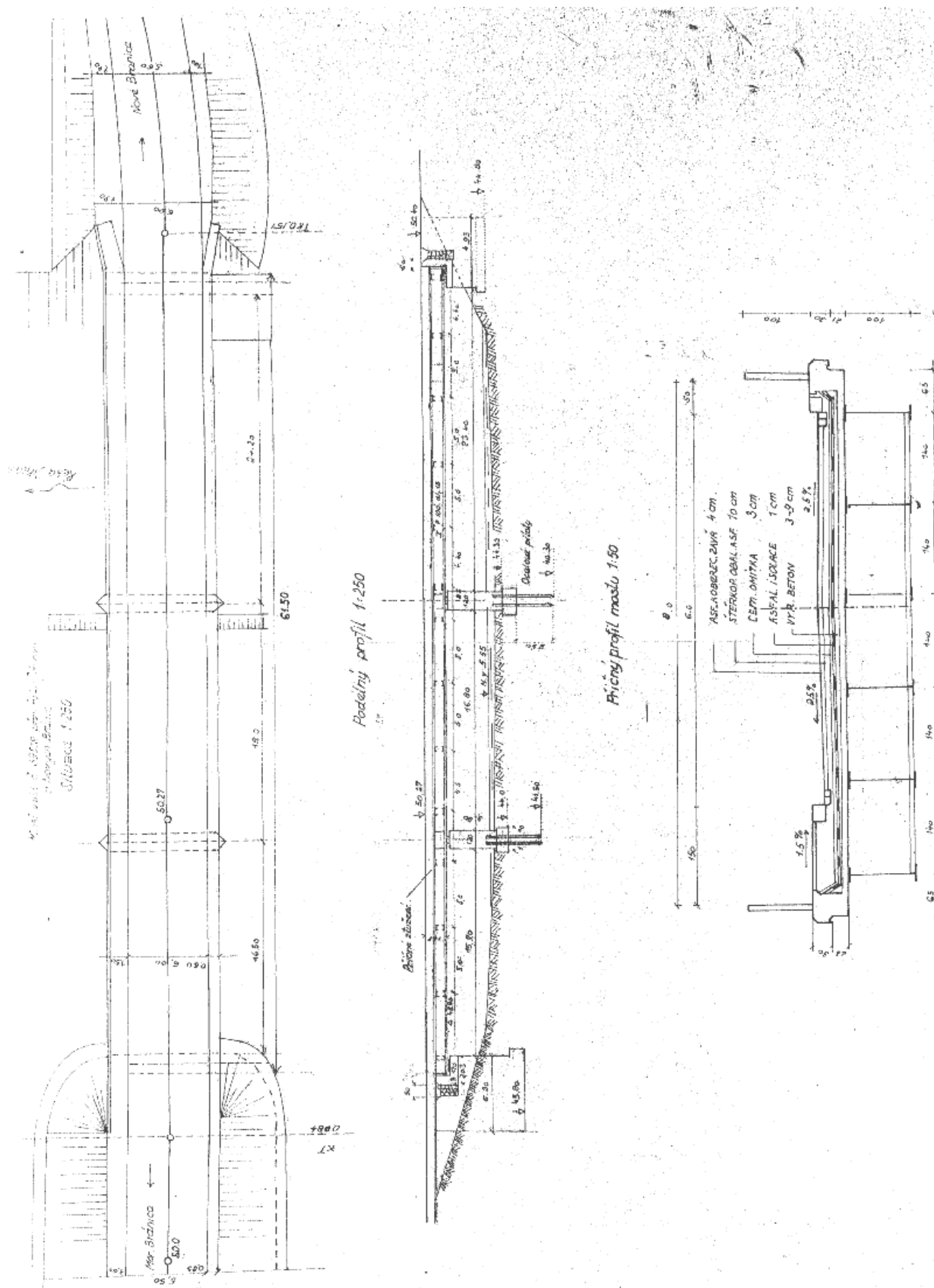
Obr. 1.4: Podhled nosné konstrukce.



Obr. 1.5: Mezilehlý pilíř P3.



Obr. 1.6: Pohled na opěru O4.



Obr. 1.7: Schématický náčrt mostu z BMS

2. PODMÍNKY A REALIZACE MĚŘENÍ

Práce byly provedeny dle rozsahu specifikovaného ve smlouvě, jehož součástí je:

- zjištění vlastností betonu spodní stavby i nosné konstrukce (pevnost betonu v tlaku, objemová hmotnost, nasákavost, hloubka karbonatace, odolnost vůči vlivu vody a mrazu, pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu);
- zjištění stavu předpínací výztuže v sekaných sondách;
- zjištění skladby vozovky.

3. METODIKA PRACÍ

Pro zjištění parametrů betonu a betonářské výztuže a skladby vozovky byly použity následující metody.

3.1. 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 100 mm. Místa odběru jsou předem vybrána 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 následně 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 12504-1 a ČSN EN 13791.

3.2. Nedestruktivní stanovení kvality betonu tvrdoměrnou metodou

Pro určení stejnoměrnosti 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.

3.3. Stanovení nasákavosti betonu

Zkušební vzorky jsou nejprve zváženy, poté se uloží na ležato tak, aby měly co nejmenší výšku. Vzorky se ponoří tak, aby byly ponořeny 30 mm, a poté se každou hodinu dolévá voda tak, aby po 6 hodinách byly vzorky zcela potopené s hladinou 10 mm nad horním povrchem vzorku. V předem určených časových intervalech jsou vzorky z vody vyjmuty, osušeny vlhkým hadrem a

zváženy. Po nasakování se vzorky vysuší na ustálenou hmotnost při 110 ± 5 °C. Následně je vypočtena nasákavost betonu.

3.4. 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 zfialoví. Tato zkouška se provádí při přípravě míst pro zkoušení Schmidovým tvrdoměrem a také na jádrových vývrtech.

3.5. Ověření odolnosti betonu vůči účinkům CHRL

Pro zjištění odolnosti betonu vůči chemickým rozmrazovacím látkám (CHRL) se postupuje dle normy ČSN 731326: Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek. Z konstrukce se odeberou jádrové vývrty o průměru 150 mm. Místa jsou vytipována tak, aby pokud možno nebyla zasažena konstrukční výztuž. V laboratoři jsou pak z vývrťů vyrobena zkušební tělesa. Základním zkušebním tělesem je 50 mm tlustý odřez horního povrchu betonu. Po aplikaci rozmrazovací látky je vzorek vystaven zkušebním cyklům (zmrazení – rozmrazení) a vždy po dvaceti pěti cyklech se stanovuje hmotnost uvolněných částic a zkouška obvykle obsahuje 75 či 100 cyklů. Zjištěná hodnota hmotnosti uvolněných částic se porovná s mezní hodnotou dle tabulky 18-6 v TKP 18.

3.6. Stanovení pevnosti v tahu povrchové vrstvy, odtrhová zkouška

Pro stanovení tahové pevnosti betonu se používá odtrhová zkouška. Jde o zkoušku sloužící pro zjištění velikosti tahové síly kolmé ke zkušebnímu povrchu, potřebné k odtržení betonové vrstvy. Velikost tahové síly se zjišťuje trhacím přístrojem, který se upevní ke zkušebnímu terči nalepenému na zkoušené místo. Zkoušky a jejich vyhodnocení byly realizovány v souladu s ČSN 73 6242.

3.7. Diagnostika betonářské výztuže

Pro zjištění stavu betonářské výztuže se nejprve nedestruktivně určí poloha prutů výztuže a následně jsou provedeny destruktivní sondy do nosné konstrukce a je zjištěn druh, stav a příp. míra koroze jednotlivých prutů.

3.8. Ověření rozměrů a vlastností nosné konstrukce

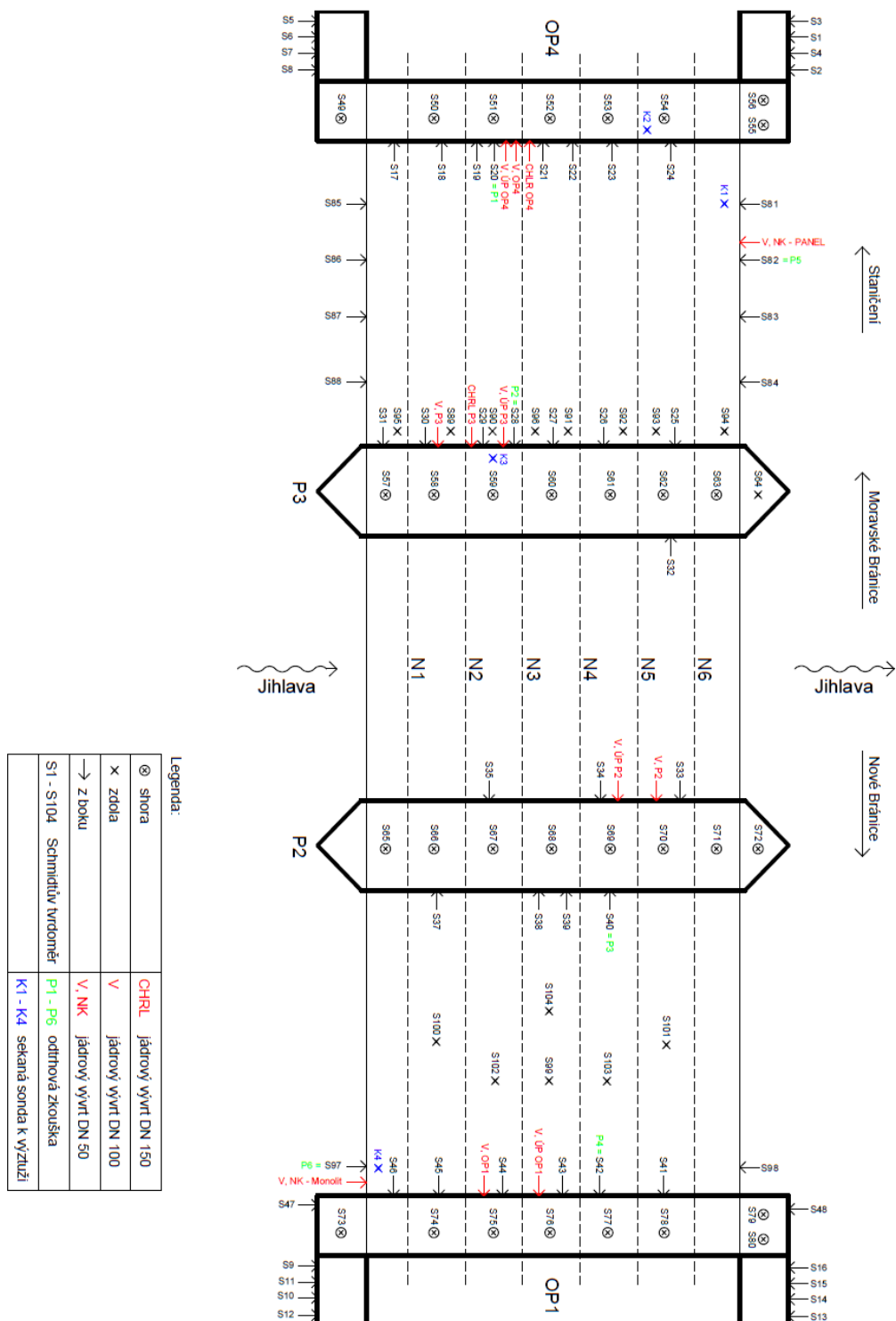
Cílem zhodnocení stavu ocelových nosníků bylo stanovení aktuálních průřezových charakteristik ve vazbě na jejich oslabení vlivem korozního napadení. Zjištění skutečných rozměrů jednotlivých částí ocelových nosníků (spodní, horní pásnice a stojna) bylo provedeno ultrazvukovým tloušťkoměrem a posuvným ocelovým pravítkem. Tloušťkoměrem byly měřeny tloušťky a posuvným pravítkem šířky jednotlivých částí nosníků.

3.9. Zjištění skladby vozovky

Pro zjištění skladby vozovky je vrtačkou s jádrovým vrtákem proveden jádrový vývrt vozovkou. Po odběru vývrtu se pomocí příložného měřidla určí tloušťka jednotlivých vrstev a tyto se vizuálně zhodnotí.

4. PROVEDENÉ PRÁCE

Terénní práce provedli pracovníci společnosti INSET s.r.o. a Centra dopravního výzkumu, v.v.i. ve dnech 31. 10. a 6. 11. 2018. Laboratorní zkoušky proběhly v akreditované zkušební laboratoři Centra dopravního výzkumu, v.v.i.



Obr. 4.1: Schéma umístění měřicích míst na nosné konstrukci.

4.1. Pevnost betonu v tlaku

Za účelem stanovení pevnosti betonu v tlaku bylo z mostu odebráno celkem deset jádrových vývrtů – po jednom z úložného prahu i dříku každé podpěry, jeden z panelu NK a jeden z monolitické desky NK.

K odběru jádrových vývrtů pro stanovení pevnosti betonu v tlaku byla použita pevně ukotvená vrtačka s vodním výplachem a diamantovou korunkou Ø 100 mm. Byla snaha odebírat vývrty tak, aby nedošlo k porušení betonářské výztuže.



Obr. 4.2: Odběr jádrového vývrtu z panelu nosné konstrukce.



Obr. 4.3: Odběr jádrového vývrtu z monolitické desky v poli 1.

V laboratoři byla z vývrtů vyrobena zkušební válcová tělesa a určena pevnost betonu v tlaku rozdrčením těles. Na odebraných vývrtech byla také stanovena objemová hmotnost. Všechny odvrté byly na místě zapraveny sanační hmotnou na bázi cementu.

Z každého vývrtu bylo vyrobeno jedno zkušební těleso pro zkoušku pevnosti. Zbylá část vývrtu byla použita pro zkoušku nasákavosti. Příprava vzorků, provádění zkoušek i jejich vyhodnocení byly v souladu s předpisy příslušných státních norem. Vzhledem k průměru vývrtů 100 mm a poměru délky k průměru zkušebních těles $L=1d$ lze získanou pevnost v tlaku brát jako krychelnou, bez přepočtu.



Obr. 4.4: Jádrové vývrty odebrané z dříků opěr a mezilehlých pilířů.



Obr. 4.5: Jádrové vývrty odebrané z úložných prahů opěr a mezilehlých pilířů.



Obr. 4.6: Jádrové vývrty odebrané z NK.

Tabulka 4.1: Zjištěné pevnosti a objemové hmotnosti na vývrtech

Označení vývrtu	Místo odběru	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Pevnost betonu v tlaku na vývrtu $f_{c,core}$ [MPa]
ÚP1	Úložný práh opěry O1	2 120	26,0
ÚP2	Úložný práh pilíře P2	2 030	20,9
ÚP3	Úložný práh pilíře P3	2 060	22,6
ÚP4	Úložný práh opěry O4	2 130	34,2
OP1	Dřík opěry O1	2 230	35,7
P2	Dřík pilíře P2	2 010	19,6
P3	Dřík pilíře P3	2 160	24,6
OP4	Dřík opěry O4	2 100	15,0
NK1	Panely nosné konstrukce	2 300	55,5
NK2	Monolitická deska NK	2 000	11,2

Pro zjištění kvality betonu byla využita i nedestruktivní metoda Schmidtova tvrdoměru. Na jejím základě je možné vyhodnotit, zda je beton stejnoměrný (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 1317).

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. Při stanovení pevnosti betonu bylo však nutné zohlednit, že použitý tvrdoměr byl určený primárně pro betony o pevnostech cca 17 – 60 MPa. Při vyšších pevnostech betonu pak klesá přesnost měření. O to více je potom důležité upřesnit zjištěné hodnoty pomocí pevností zjištěných na jádrových vývrtech (součinitel upřesnění α).

Zkoušky Schmidtovým tvrdoměrem byly provedeny na křídlech, dřících a úložných prazích opěr a na dřících a úložných prazích mezilehlých pilířů, vždy 16 zkušebních míst, a na panelech (16 míst) a desce (8 míst) nosné konstrukce, celkem tedy bylo měření provedeno na 104 zkušebních místech. V Příloze 2 jsou uvedeny tabulky s naměřenými hodnotami odrazu na jednotlivých měřicích místech a tabulky s vyhodnocením upřesněné pevnosti betonu v tlaku.

Hodnocena byla každá konstrukční část samostatně, v této zprávě jsou uvedeny pouze výsledky statistického zhodnocení jednotlivých konstrukčních částí.

Tabulka 4.2: Určení součinitele upřesnění α .

Pevnost betonu v tlaku na vývrtu $f_{c,core}$ [MPa]		Neupřesněná pevnost určená Schmidtovým tvrdoměrem		α
ÚP1	26,0	S76	42,4	0,61
ÚP2	20,9	S70	27,7	0,75
ÚP3	22,6	S59	34,2	0,66
ÚP4	34,2	S52	25,2	1,36
OP1	35,7	S44	44,6	0,80
P2	19,6	S33	30,3	0,65
P3	24,6	S30	40,2	0,61
OP4	15,0	S20	28,3	0,53
NK1	55,5	S82	54,0	1,03
NK2	11,2	S97	30,2	0,37

Tabulka 4.3: Vyhodnocení zkoušek pevnosti tvrdoměrem na křídlech opěr – NEUPŘESNĚNÁ PEVNOST

Počet platných zkušebních míst	16
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	33,2
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	21,3
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	49,0
Výběrová směrodatná odchylka s_x	8,25
Reziduální směrodatná odchylka s_{rez}	2,50
Výběrová směrodatná odchylka s_r	8,62
Variační koeficient [%]	24,9
součinitel odhadu 5% kvantilu β_n :	1,734
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck, is}$ [MPa]	18,2
Třída betonu dle ČSN EN 206	C 12/15

> 16 nevyhoví

Tabulka 4.4: Vyhodnocení zkoušek pevnosti tvrdoměrem na dříku opěry O1.

Počet platných zkušebních míst	8
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	10,9
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	6,7
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	16,0
Výběrová směrodatná odchylka s_x	3,09
Reziduální směrodatná odchylka s_{rez}	2,50
Výběrová směrodatná odchylka s_r	3,97
Variační koeficient [%]	28,2
součinitel odhadu 5% kvantilu β_n :	1,86
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck, is}$ [MPa]	3,6
Třída betonu dle ČSN EN 206	--

> 16 nevyhoví

Tabulka 4.5: Vyhodnocení zkoušek pevnosti tvrdoměrem na dříku opěry O2.

Počet platných zkušebních míst	8
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	30,4
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	13,4
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	38,2
Výběrová směrodatná odchylka s_x	9,48
Reziduální směrodatná odchylka s_{rez}	2,50
Výběrová směrodatná odchylka s_r	9,81
Variační koeficient [%]	31,2
součinitel odhadu 5% kvantilu β_n :	1,86
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck, is}$ [MPa]	12,1
Třída betonu dle ČSN EN 206	C 8/10

> 16 nevyhoví

Tabulka 4.6: Vyhodnocení zkoušek pevnosti tvrdoměrem na úložných prazích opěr.

Počet platných zkušebních míst	16
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	26,0
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	13,7
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	37,4
Výběrová směrodatná odchylka s_x	7,10
Reziduální směrodatná odchylka s_{rez}	2,50
Výběrová směrodatná odchylka s_r	7,53
Variační koeficient [%]	27,3
součinitel odhadu 5% kvantilu β_n :	1,734
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck, is}$ [MPa]	12,9
Třída betonu dle ČSN EN 206	C 8/10

> 16 nevyhoví

Tabulka 4.7: Vyhodnocení zkoušek pevnosti tvrdoměrem na dřících pilířů.

Počet platných zkušebních míst	16
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	20,2
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	10,1
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	29,2
Výběrová směrodatná odchylka s_x	5,40
Reziduální směrodatná odchylka s_{rez}	2,50
Výběrová směrodatná odchylka s_r	5,95
Variační koeficient [%]	26,7
součinitel odhadu 5% kvantilu β_n :	1,734
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck, is}$ [MPa]	9,9
Třída betonu dle ČSN EN 206	--

> 16 nevyhoví

Tabulka 4.8: Vyhodnocení zkoušek pevnosti tvrdoměrem na úložných prazích pilířů.

Počet platných zkušebních míst	16
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	20,7
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	16,8
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	26,6
Výběrová směrodatná odchylka s_x	2,89
Reziduální směrodatná odchylka s_{rez}	2,50
Výběrová směrodatná odchylka s_r	3,82
Variační koeficient [%]	14,0
součinitel odhadu 5% kvantilu β_n :	1,734
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck, is}$ [MPa]	14,1
Třída betonu dle ČSN EN 206	C 8/10

< 16 vyhoví

Tabulka 4.9: Vyhodnocení zkoušek pevnosti tvrdoměrem na panelech NK.

Počet platných zkušebních míst	16
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	46,7
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	32,6
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	55,8
Výběrová směrodatná odchylka s_x	6,76
Reziduální směrodatná odchylka s_{rez}	2,50
Výběrová směrodatná odchylka s_r	7,21
Variační koeficient [%]	14,5
součinitel odhadu 5% kvantilu β_n :	1,734
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck, is}$ [MPa]	34,2
Třída betonu dle ČSN EN 206	C 25/30

< 16 vyhoví

Tabulka 4.10: Vyhodnocení zkoušek pevnosti tvrdoměrem na monolitické desce NK.

Počet platných zkušebních míst	8
Průměrná upřesněná pevnost [MPa]	10,9
Minimální upřesněná pevnost [MPa]	7,2
Maximální upřesněná pevnost [MPa]	12,5
Výběrová směrodatná odchylka s_x	1,73
Reziduální směrodatná odchylka s_{rez}	2,50
Výběrová směrodatná odchylka s_r	3,04
Variační koeficient [%]	15,9
součinitel odhadu 5% kvantilu β_n :	1,86
Pevnost betonu v tlaku $f_{ck, is}$ [MPa]	5,2

< 16 nevyhoví

Na křídlech opěr nebyly provedeny vývrty a pevnost betonu je určena pouze jako neupřesněná, a to 18,2 MPa, což odpovídá třídě C12/15. Charakteristická krychelná pevnost betonu v tlaku na panelech nosné konstrukce dosahuje 34,5 MPa, doporučená třída C25/30. Beton na dalších částech mostní konstrukce při výpočtu charakteristické pevnosti v tlaku dle ČSN EN 13791 dosahoval velmi nízkých hodnot a dle ČSN EN 206 jej nelze zařadit, příp. do nejnižší třídy pevnosti C 8/10.

4.2. Stanovení nasákavosti betonu

Nasákavost betonu byla stanovena na odebraných jádrových vývrtech. Beton se dle ČSN EN 73 1316 považuje za mrazuvzdorný, jestliže aritmetické průměry hodnot nasákavosti jedné sady vzorků jsou menší než stanovený limit 6,5 %.

Tab. 4.11: Hodnoty nasákavosti betonu na jednotlivých vývrtech.

Část konstrukce	Označení vývrtu	Nasákavost betonu [%]	Průměrná nasákavost [%]	Hodnocení vůči limitu 6,5 %
Dřívky podpěr	OP1	10,0	9,6	nevyhovuje
	P2	10,6		
	P3	8,0		
	OP4	9,8		
Úložné prahy podpěr	ÚP1	9,0	10,0	nevyhovuje
	ÚP2	10,2		
	ÚP3	10,2		
	ÚP4	10,8		
Nosná konstrukce	NK-1	6,7	8,3	nevyhovuje
	NK-2	10,0		

Hodnota nasákavosti na všech zkoušených místech výrazně překračuje dovolený limit, beton na všech částech mostní konstrukce již nelze považovat za mrazuvzdorný.

4.3. Stanovení míry karbonatace

Karbonatace povrchových (krycích) vrstev betonu byla stanovena na odebraných vývrtech, kdy byl na beton aplikován 1 % roztok fenolftaleinu (není zachyceno na fotografiích) a také orientačně na odebraných prachových vzorcích betonu.

Tab. 4.12: Stanovení hloubky karbonatace betonu.

Část konstrukce	Označení vzorku	Hloubka karbonatace [mm]
Dřívky podpěr	OP1	10 – 20
	P2	10 – 20
	P3	10 – 20
	OP4	10 – 20
Úložné prahy podpěr	ÚP1	10 – 20
	ÚP2	10 – 20
	ÚP3	10 – 20
	ÚP4	10 – 20
Nosná konstrukce	NK panel	20 – 40
	NK monolit	30 – 45

Hloubka karbonatace betonu dosahuje od líce dřívů i úložných prahů všech podpěr do hloubky maximálně 10 – 20 mm, na nosné konstrukci cca 20 – 45 mm.

4.4. Ověření odolnosti betonu vůči účinkům CHRL

Pro zkoušku odolnosti povrchu betonu proti působení vody, CHRL a mrazu jsou z konstrukce odebrány jádrové vývrtky Ø 150 mm.

Vlastní laboratorní zkouška je provedena v akreditované zkušební laboratoři metodou automatického cyklování (metoda „A“) dle ČSN 73 1326 a TKP 18 přílohy 3. V průběhu zkoušky je po 25, 50, 75 a 100 cyklech provedeno vážení a vizuální posouzení porušení povrchu vzorku. Výsledky zkoušky odolnosti jsou vyhodnoceny dle TKP 18 pro třídu prostředí XF4 - zvýšená vlhkost nebo voda a přímé působení chemických rozmrazovacích látek.

Získané výsledky jsou porovnány s kritériem odolnosti povrchu betonu proti působení vody, mrazu a roztoku CHRL, pro danou konstrukci a použitou metodu A – odpad 1000 g/m² po 100 cyklech.

Zjištěné hodnoty budou vodítkem, zdali je možno zkoumaný beton sanovat klasickými sanačními metodami (při dobré odolnosti betonu s odpadem do 1000 g/m²) nebo zdali bude nezbytné navrhnout jiné adekvátní řešení (při zjištění vysokých odpadů).

Tab. 4.13 Výsledky zkoušky mrazuvzdornosti.

Označení vývrtu	Místo odběru	Suma odpadů po 25 cyklech [g/m ²]	Mezní hodnota dle TKP18	Vyhodnocení
CHRL OP4	Úložný práh opěry OP4	9 770	< 1 000	nevyhovuje
CHRL P3	Úložný práh pilíře P3	2 500	< 1 000	nevyhovuje

Oba vzorky výrazně překročily stanovený limit již po 25 zmrazovacích cyklech, vzorek z opěry O4 se rozpadl a zkouška tak byla ukončena. Můžeme konstatovat, že povrch betonu podpěr nevyhovuje proti působení vody a účinkům CHRL.

4.5. Odtrhové zkoušky

Odtrhová zkouška slouží pro zjištění tahové pevnosti povrchových vrstev betonu, jež je důležitým ukazatelem pro volbu technologie případné sanace dané konstrukce.

Měření probíhá bodově na předem připravených zkušebních místech, ta jsou zbavena povrchových nečistot a usazenin očištěním ocelovým kartáčem. Na suché plochy vybraných míst jsou pomocí speciálního typu epoxidového lepidla přilepeny kovové terče válcového tvaru. Při samotné zkoušce jsou tyto terče následně kloubově spojeny s odtrhovým přístrojem. Odtrhový přístroj při zkoušce vyvozuje konstantně rostoucí tahovou sílu. Zkouška je ukončena při porušení jednoho z materiálů – beton, lepidlo.

Pro zjištění pevnosti v tahu povrchových vrstev betonu byly provedeny odtrhové zkoušky na dvou místech na každé podpěře.

Měření bylo provedeno v souladu s návodem výrobce přístroje dle postupu uvedeného v normě ČSN 73 6242, příloha B – Přílnavost vrstev a pevnost v tahu povrchových vrstev. Pro měření byl použit zkušební přístroj DYNA Z16 od výrobce Proceq.



Obr. 4.7: Provádění odtrhových zkoušek na opěrách.



Obr. 4.8: Provádění odtrhových zkoušek na mezilehlých pilířích.

Pro vyhodnocení zkoušky je důležité jakým způsobem došlo k porušení. Popis lomové plochy:

- A - kohezní porucha v betonu
- A/Y - porušení adheze mezi podkladem a lepidlem
- Y - kohezní porucha v lepidle
- Y/Z - porušení adheze mezi lepidlem a terčem

Přílnavost při porušení povrchové vrstvy na zkoušené ploše vyhoví, když současně:

- průměrná hodnota všech zkoušených míst je více než požadovaná hodnota (1,5 MPa);
- žádná z naměřených hodnot není menší než 90 % požadované hodnoty (1,35 MPa);
- variační koeficient ze všech měřených míst je menší než 0,20.

Tab. 4.14: Přehled zjištěných tahových pevností povrchových vrstev betonu opěr.

Zkušební místo	Místo zkoušky	Síla při porušení [kN]	Pevnost [MPa]	Způsob porušení	Platná zkouška
P1	levá opěra	2,85	1,45	90 % A, 10 % Y	Ano
P2	levý pilíř	3,32	1,69	A	Ano
P3	pravý pilíř	4,49	2,29	A	Ano
P4	pravá opěra	8,20	4,18	A	Ano
P5	NK z boku (panel)	3,89	1,98	70 % A, 30% Y	Ano
P6	Nk z boku (monolit)	1,82	0,93	A	Ano

Tabulka 4.15: Vyhodnocení provedených odtrhových zkoušek na spodní stavbě.

limit	spodní stavba	
1,50	1,81	vyhovuje
1,35	1,45	vyhovuje
0,20	0,12	vyhovuje
hodnocení	vyhovuje	

Vzhledem k malému množství zkoušek a obdobným hodnotám bylo hodnocení provedeno společně pro opěry a pilíře. Vyhodnocení spodní stavby „nevyhovuje“ kvůli velmi vysokému variačnímu koeficientu. Vzhledem k naměřeným hodnotám, které výrazně překračují limity, lze zkoušku vyhodnotit jako vyhovující. Dle ČSN 73 6242 je **pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu spodní stavby vyhovující**.

Vyhodnocení pevnosti v tahu povrchové vrstvy betonu nosné konstrukce dle ČSN 73 6242 nelze provést vzhledem k malému počtu požadovaných zkoušek. Lze pouze konstatovat, že tahová pevnost v jednom místě na panelech je dostatečná, v jednom místě monolitické desky nedostatečná.

4.6. Diagnostika betonářské výztuže

Při diagnostice výztuže byl pro určení polohy jednotlivých prutů použit magnetický indikátor výztuže Profometer firmy Proceq a následně pro sekanou sondu úhlová bruska a sekací kladivo. Sondy k betonářské výztuži byly provedeny na čtyřech místech mostní konstrukce – na úložném prahu pilíře P3, úložném prahu opěry OP4, panelu NK a monolitické desce NK.



Obr. 4.9: Sekaná sonda K2 – odhalené pruty betonářské výztuže v úložném prahu opěry O4.



Obr. 4.10: Sekaná sonda K1 – panel NK.



Obr. 4.11: Sekaná sonda K4 – monolitická deska.

Tabulka 4.16: Přehled sond k betonářské výztuži.

K1 - NK panel

pruty u spodního povrchu panelu kolmo na most	Ø 16 mm	žebírková	rozteče mezi těmito pruty 10,11,7,9,11,10,14 mm
			krytí od spodního povrchu 13 mm
pruty u spodního povrchu panelu vodorovně s mostem	Ø 8 mm	žebírková	rozteče mezi těmito pruty 11,10,11 mm
			krytí od spodního povrchu 5 mm
pruty u horního povrchu panelu kolmo na most jsou zahnuté	Ø 12 mm	žebírková	rozteče mezi těmito pruty 4,8,9,12,11,5,4,13 mm
			krytí od čela panelu je 50 mm

K2 - OP4

výztuž vodorovná u horního povrchu úložného prahu	Ø 14 mm	žebírková	krytí od horního povrchu úložného prahu 100 mm
			krytí z boku 55 mm (z toho 15 mm omítka)
výztuž vodorovná v dolní části úložného prahu	Ø 14 mm	žebírková	krytí 75 mm (z toho 15 mm omítka)
výztuž svislá	Ø 10 mm	hladká	krytí od horního povrchu úložného prahu 80 mm
			krytí z boku 25 mm (z toho 15 mm omítka)
			svislá délka 430 mm

K3 - P3

výztuž vodorovná u horního povrchu úložného prahu	Ø 14 mm	žebírková	krytí od horního povrchu úložného prahu 65 mm
			krytí z boku 120 mm (z toho 20 mm omítka)
výztuž vodorovná v dolní části úložného prahu	neobnažena		
výztuž svislá	Ø 10 mm	hladká	krytí od horního povrchu úložného prahu 45 mm
			krytí z boku 75 mm (z toho 20 mm omítka)

K4 - NK monolit

pruty monol.desky vodorovně s mostem	Ø 14 mm	žebírková	krytí od spodního povrchu 95 mm
pruty u spodního povrchu monol. desky kolmo na most - zahnuté	Ø 12 mm	žebírková	rozteče mezi těmito pruty 220, 300, 230mm
			krytí od spodního povrchu 10 mm
			krytí od čela panelu je 45 mm

4.7. Ověření rozměrů a vlastností nosné konstrukce

Cílem zhodnocení stavu ocelových nosníků bylo stanovení aktuálních průřezových charakteristik ve vazbě na jejich oslabení vlivem korozního napadení.

Jedná se o spřaženou spojitou trámovou konstrukci o třech polích. Nosná konstrukce je tvořena v příčném směru šesticí ocelových „I“ nosníků IP 100 s osovou vzdáleností 1,4 m. V podélném směru jsou do délky mostu nosníky nad podporami a v 1. poli prostřídáně ve 2/3 stykovány šroubovými spoji. Ocelové nosníky jsou v 1. poli spřaženy s ŽB deskou, ve 2. a 3. jsou na nosníky položeny a háky kotveny prefabrikované ŽB panely.

Dle zadání byl u ocelových nosníků stanoven jejich skutečný rozměr v 18 průřezech. Volba jednotlivých průřezů pro provedení měření vycházela z výsledku vizuální prohlídky se stanovením nejvíce korozně zasažených nosníků.

V 1. poli byla zvolena lokace pro měření na každém nosníku vyjma jednoho. Ve 2. a 3. poli byly pro měření zvoleny vždy krajní nosníky viz schéma umístění měřených průřezů.

Zjištění skutečných rozměrů jednotlivých částí ocelových nosníků (spodní, horní pásnice a stojina) bylo provedeno ultrazvukovým tloušťkoměrem a posuvným ocelovým pravítkem. Tloušťkoměrem byly měřeny tloušťky a posuvným pravítkem šířky jednotlivých částí nosníků. Zjištěné skutečné rozměry ve všech průřezech jsou uvedeny v Příloze 3 této zprávy, níže uvádíme pouze souhrn se zhodnocením korozního oslabení. Na CD jsou rovněž přiloženy fotografie z měřených míst.



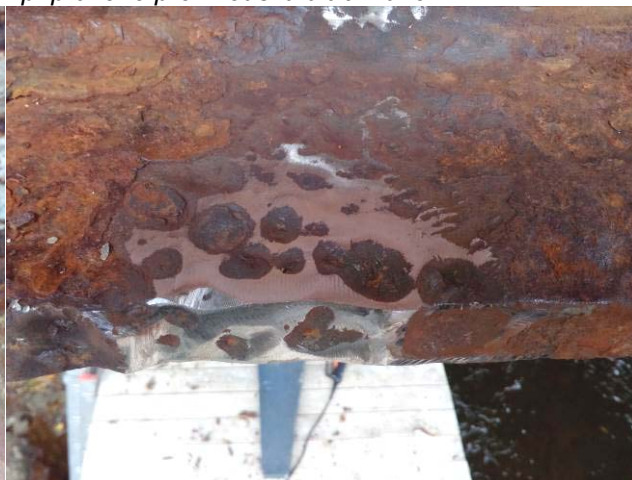
Obr. 4.12: Příprava profilu broušením na měření ultrazvukem.



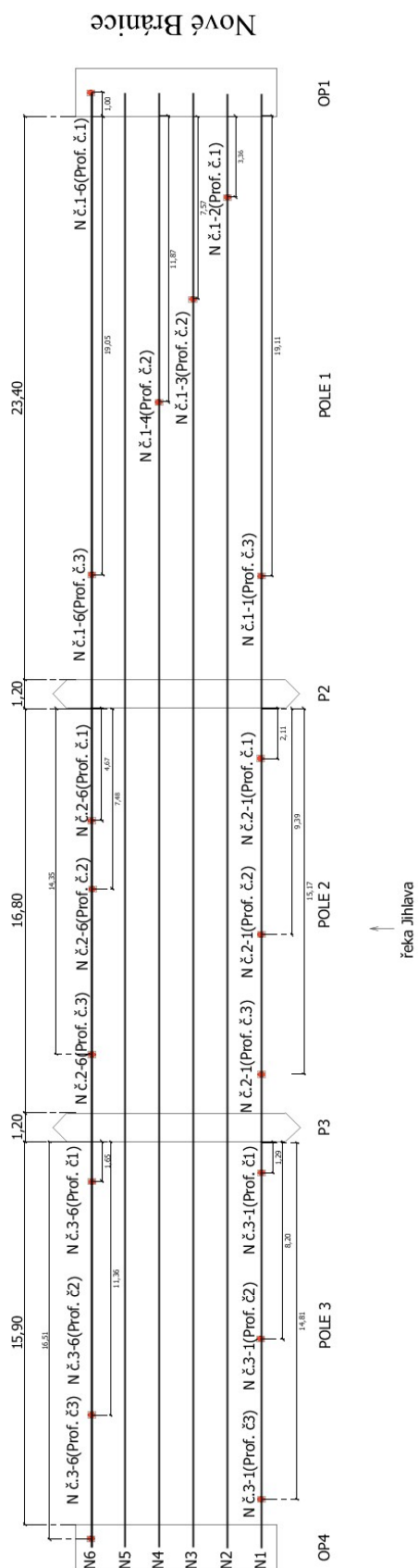
Obr. 4.13: Vybroušené místo na ocelovém nosníku připravené pro zkoušku ultrazvukem.



Obr. 4.14: Skutečný stav horní pásnice ocelového nosníku před měřením tloušťky.



Obr. 4.15: Skutečný stav dolní pásnice ocelového nosníku během přípravy broušením na měření.



Obr. 4.16: Schéma rozmístění měřených průřezů na nosnících nosné konstrukce.

Tabulka 4.17: Vyhodnocení korozního oslabení jednotlivých průřezů na nosnících NK.
Průřezová plocha plechů po profilech (mm)

	Označení profilu	Spodní pásnice	Stojina	Horní pásnice
1. pole	N 1-1-3	10719,53	18467,20	9793,36
	N 1-2-1	10716,00	18560,00	11457,03
	N 1-3-2	10680,33	18560,00	11409,57
	N 1-4-2	10682,09	18560,00	11469,88
	N 1-6-1	9114,11	18792,00	9879,40
	N 1-6-3	10666,78	18560,00	11348,80
	Největší oslabení	9114,11	18467,20	9793,36
	Oslabení v % o	15,61%	0,50%	9,32%
2. pole	N 2-1-1	10881,36	18068,16	9975,15
	N 2-1-2	10877,47	17372,16	8503,82
	N 2-1-3	10420,98	17910,40	9579,04
	N 2-6-1	8629,31	11507,20	9003,60
	N 2-6-2	8994,73	17836,16	9114,44
	N 2-6-3	10874,74	18170,24	9538,48
	Největší oslabení	8629,31	11507,20	8503,82
	Oslabení v % o	20,10%	38,00%	21,26%
3. pole	N 3-1-1	10810,93	16685,44	9662,81
	N 3-1-2	9183,55	17400,00	7324,84
	N 3-1-3	10926,97	17966,08	9394,74
	N 3-6-1	10957,07	17325,76	8895,86
	N 3-6-2	10843,02	17492,80	10119,62
	N 3-6-3	9798,08	17659,84	9964,98
	Největší oslabení	9183,55	16685,44	7324,84
	Oslabení v % o	14,97%	10,10%	32,18%

Oslabení v % vyjadřuje zmenšení prořezové plochy vlivem koroze vůči statickým výpočtem deklarovaným průřezovým plochám.

Pro ověření tvaru nosníků bylo provedeno zaměření ve středu rozpětí krajních nosníků v krajních polích.

Tabulka 4.18: Vyhodnocení průhybu nosníků ve středu rozpětí.

1. Pole	od Moravských Bránic					
	LO	střed nosníku	LP	rozdíl mezi konci [mm]	teoretická výška uprostřed nosníku	průhyb [mm]
levý nosník	61,0	60,5	63,0	2,0	62,0	1,5
pravý nosník	60,5	60,4	62,6	2,1	61,6	1,2

3. Pole	od Moravských Bránic					
	PP	střed nosníku	PO	rozdíl mezi konci [mm]	teoretická výška uprostřed nosníku	průhyb [mm]
levý nosník	80,2	76,0	80,6	0,4	80,4	4,4
pravý nosník	78,6	77,2	82,0	3,4	80,3	3,1

Podélný sklon nosníků klesá k levé straně mostu k Moravským Bránicím.

4.8. Zjištění skladby vozovky

Skladba vozovkových vrstev byla zjištěna jádrovým vrtem vedeným z povrchu vozovky pevně ukotvenou vrtačkou DD 150-U 230V s vodním výplachem a diamantovou korunkou Ø 100 mm. Jádrové vrty byly vedeny ze vzdušného líce vozovky svisle, odvrtý byly po dokončení prací zapraveny studenou asfaltovou směsí.

Pro určení skladby byla zvolena dvě místa:

Tab. 4.19: Ověření skladby vozovky na mostě.

Přeshrnutí stavu vozovky VOZOVKY na mostě:		
VOZ1	- cca 7,5 m za MZ nad OP1 vlevo, cca 1,1 m od obrubníku	
0 - 45	1. vrstva asfaltová hutněná neporušená	
45 - 100	2. vrstva asfaltová hutněná neporušená	
100 - 180	3. vrstva asfaltová hutněná neporušená	
180 - 240	Betonová vyrovnávací vrstva neporušená, delaminace od předešlé vrchní asfaltové vrstvy	
240 - 250	Izolace asfaltová zálivka + igelit + geotextilie	
250 - 305	Betonová vyrovnávací vrstva neporušená	
VOZ2	- cca 29,7 m za MZ nad OP1 vlevo, cca 1,6 m od krajnice	
0 - 50	1. vrstva asfaltová hutněná neporušená	
50 - 125	2. vrstva asfaltová hutněná neporušená	
125 - 190	3. vrstva asfaltová hutněná neporušená	
190 - 255	4. vrstva asfaltová hutněná neporušená	
255 - 330	5. vrstva asfaltová hutněná neporušená	
330 -	Makadmový podsyp	



Obr. 4.64: Výnos jádra vývrtu VOZ1.



Obr. 4.65: Výnos části jádra vývrtu VOZ2.

5. ZÁVĚR

Obsahem této zprávy jsou výsledky průzkumných prací provedených na mostním objektu ev. č. 39518-3 Most přes Jihlavu za Novými Bránicemi.

Zjištěné skutečnosti:

- **vozovkové souvrství** na mostě má mocnost cca 300 až 330 mm;
- neupřesněná **pevnost betonu v tlaku** na křídlech opěr je 18,2 MPa, což odpovídá třídě C12/15;
- charakteristická krychelná pevnost betonu v tlaku na panelech nosné konstrukce dosahuje 34,5 MPa, doporučená třída C25/30;
- beton na dalších částech mostní konstrukce při výpočtu charakteristické pevnosti v tlaku dle ČSN EN 13791 dosahoval velmi nízkých hodnot a dle ČSN EN 206 jej nelze zařadit, příp. do **nejnižší třídy pevnosti C 8/10**;
- hodnota nasákavosti výrazně překračuje dovolený limit a **beton na všech částech mostní konstrukce již nelze považovat za mrazuvzdorný**;
- povrch betonu na pilířích a opěrách již **nevyhovuje proti působení vody a účinkům CHRL**, stanovené limit byl překročen již po 25 zmrazovacích cyklech;
- dle ČSN 73 6242 je pevnost v tahu povrchové vrstvy betonu na spodní stavbě vyhovující (byl zkoušen beton pod sanační vrstvou);
- vyhodnocení pevnosti v tahu povrchové vrstvy betonu nosné konstrukce dle ČSN 73 6242 nelze provést vzhledem k malému počtu požadovaných zkoušek. Lze pouze konstatovat, že tahová pevnost v jednom místě na panelech je dostatečná, v jednom místě monolitické desky nedostatečná;
- hloubka karbonatice betonu dosahuje od líce dřívků i úložných prahů všech podpěr do hloubky maximálně 10 – 20 mm, na nosné konstrukci cca 20 – 45 mm;
- odhalené pruty betonářské výztuže odpovídají projektové dokumentaci, převážně jsou napadeny pouze povrchovou korozí, v místech odpadlé krycí vrstvy je koroze výrazná, s úbytkem až 10 %;
- korozní oslabení ocelových nosníků dosahuje v poli 1 až 15 % průřezové plochy;
- korozní oslabení nosníků dosahuje ve **2. poli 20 až 48 % průřezové plochy**;
- korozní oslabení nosníků dosahuje ve **3. poli 10 až 33 % průřezové plochy**;
- průhyb nosníků v 1. poli dosahuje ve středu rozpětí cca 1,5 mm, ve 3. poli cca 4,0 mm.

Doporučení:

Vzhledem ke stavu nosné konstrukce by pro zachování provozuschopnosti mostu a příp. ke zvýšení zatížitelnosti musela být provedena rozsáhlá rekonstrukce. Vzhledem ke zjištěným vlastnostem betonu spodní stavby nemá smysl tuto rekonstrukci provádět a je vhodnější celý most nahradit novou konstrukcí.

Skutečnosti uvedené v této zprávě popisují zjištění k 12/2018 a mají platnost do roku 2021.

V Brně dne 13. 12. 2018

Ing. Petra Chlopčíková