

PODJEZD V KM 87,025 HL. DRÁHY BRNO – HAVL. BROD DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM MOSTU



.....
Ing. Adam Svoboda

projektant



.....
doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

odpovědný projektant

Zakázka: Podjezd v km 87,025 hl. dráhy Brno – Havlíčkův Brod ve městě Žďár nad Sázavou

Dokument: Diagnostický průzkum, přepočet zatížitelnosti

Objednatel: **WALTEC GDS, s.r.o.**

Ulice: Masarykova 12

Město: Blansko

PSČ: 678 01

IČO: 283 46 220

DIČ: CZ28346220

Tel.: +420 602 502 294

E-mail: vasina@waltec.cz

Zhotovitel: **doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT**

Ulice: Ochoz u Brna 120

Město: Ochoz u Brna

PSČ: 664 02

IČO: 130 24 868

DIČ: CZ5803142730

Tel.: +420 608 714 603

E-mail: klusacek.l@fce.vutbr.cz

Odpovědný řešitel: doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Dokument vypracoval: Ing. Adam Svoboda

Laboratorní práce: Ing. Jiří Habarta, CSc.

Terénní práce provedli: doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Ing. Martin Olšák

Ing. Adam Svoboda

Ing. Lukáš Bobek

Kontrola a schválení zprávy:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.



autorizovaný inženýr pro mosty a inženýrské konstrukce

OBSAH

1.	Úvod	4
1.1	Identifikační údaje	4
1.2	Účel a vymezení zakázky.....	4
1.3	Podklady pro vypracování zprávy.....	4
2.	Identifikace objektu	6
2.1	Základní údaje o mostní konstrukci (dle mostního řádu)	7
3.	Metodika diagnostických prací.....	9
3.1	Ověření základních rozměrů konstrukce	9
3.2	Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech	9
3.3	Vizuální prohlídka stavu.....	9
4.	Realizace diagnostického průzkumu	11
4.1	Ověření rozměrů konstrukce	11
4.2	Jádrové vývrty.....	12
4.3	Laboratorní měření betonu	14
4.1	Ověření spodní stavby	16
5.	Závady a poruchy.....	17
5.1	Degradace vlivem vlhkosti a zatékání.....	17
5.2	Odpadávání povrchových vrstev	18
5.3	Koroze I nosníků	19
5.4	Poškození vegetací	19
6.	Závěry a doporučení	20
7.	Seznam obrázků a tabulek.....	21

Přílohová část:

Příloha 1 - Ing. Jiří Habarta, CSc., Zkoušky betonu vývrtů. Most na trati Brno – Havlíčkův Brod v km 87,025

Příloha 2 - Digitalizace zprávy a kompletní fotodokumentace pořízená při diagnostickém průzkumu (pouze na kompaktním disku).

1. ÚVOD

1.1 Identifikační údaje

Objednatel: **WALTEC GDS, s.r.o.**
Ulice: Masarykova 12
Město: Blansko
PSČ: 678 01
IČO: 283 46 220
DIČ: CZ28346220

Zhotovitel: **doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT**
Ulice: Ochoz u Brna 120
Město: Ochoz u Brna
PSČ: 664 02
IČO: 130 24 868
DIČ: CZ5803142730

Předmět objednávky: Diagnostický průzkum podjezdu na železniční trati v km 87,025 hl. dráhy Brno – Havlíčkův Brod ve městě Žďár nad Sázavou.

Laboratorní měření pevnosti betonu vzorků odebraných z podjezdu na železniční trati v km 87,025 hl. dráhy Brno – Havlíčkův Brod ve městě Žďár nad Sázavou.

1.2 Účel a vymezení zakázky

Cílem objednaných prací bylo odborné posouzení stavu a provedení diagnostického průzkumu mostu včetně laboratorního vyhodnocení odebraných vzorků z podjezdu na železniční trati v km 87,025 hl. dráhy Brno – Havlíčkův Brod přes pozemní komunikaci ve městě Žďár nad Sázavou.

Dle přijaté objednávky bylo předmětem diagnostického průzkumu:

- ověření základních rozměrů mostu;
- stanovení pevnosti betonu nosné konstrukce;
- odborná prohlídka stavu mostu, vizuální odhalení poruch a závad mostního objektu.

1.3 Podklady pro vypracování zprávy

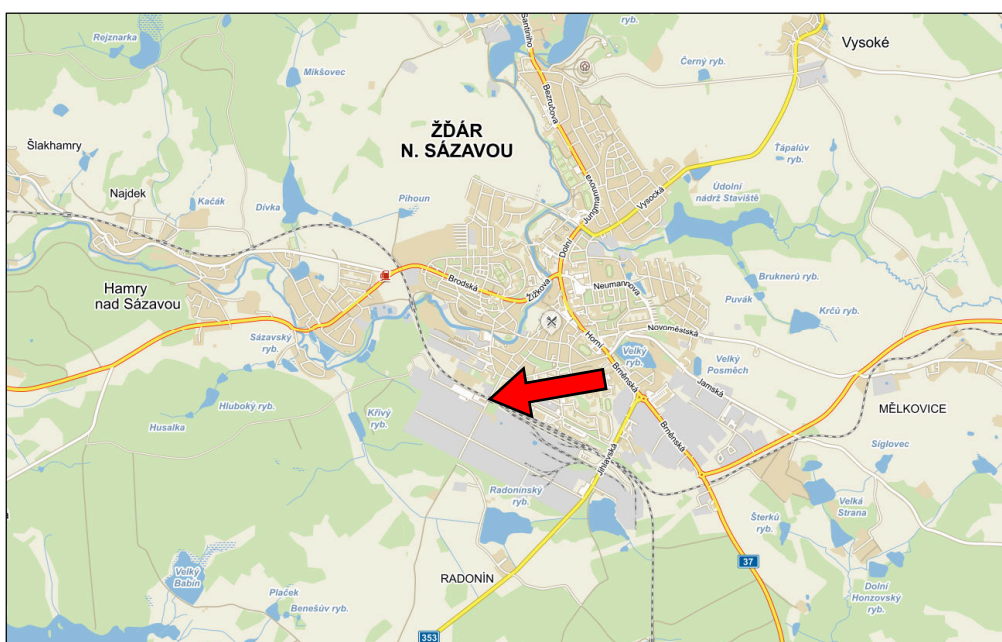
- [1] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
- [2] ČSN 73 6200 Mosty – Terminologie a třídění
- [3] ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu. Společná ustanovení
- [4] ČSN 73 1373 Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
- [5] ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem
- [6] ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích

- [7] ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [8] ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací
- [9] TP 72 Diagnostický průzkum mostů PK (2008)
- [10] Mapové podklady ze serveru www.mapy.cz
- [11] Mapové podklady ze serveru www.google.cz/maps
- [12] Polní záznamy z průzkumu ze dne 24. 4. 2017 a 2. 5. 2017

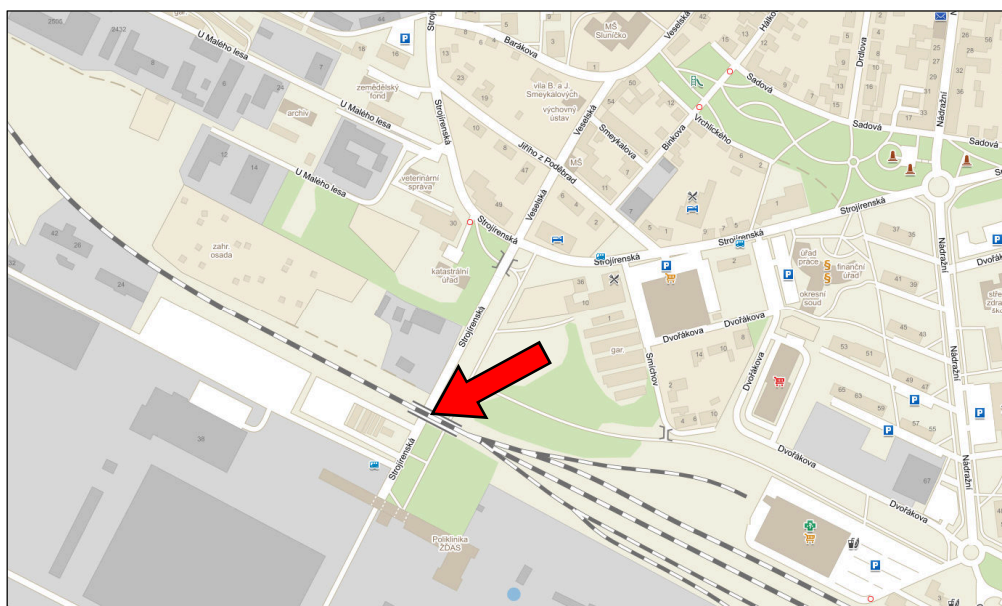
2. IDENTIFIKACE OBJEKTU

Podjezd v km 87,025 hl dráhy Brno – Havl. Brod převádí dvoukolejnou trať přes pozemní komunikaci ve městě Žďár nad Sázavou. Podjezd, vystavěn kolem roku 1950, je tvořen dvojicí samostatných identických mostů (pro každou kolej), které jsou od sebe odděleny podélnou dilatační spárou. Nosnou konstrukcí obou mostů je železobetonová deska se zabetonovanými válcovanými I nosníky (I 500) s osovou vzdáleností cca 390 mm. Rozpětí nosných konstrukcí je 10,00 m, tloušťka je cca 0,500 mm, šířka cca 5,42 m s přesypávkou cca 0,45 m. Konstrukce jsou pravoúhlé s úhlem křížení 90° a jsou uloženy na společných masivních opěrách šířky cca 2,5 m.

K mostnímu objektu je k dispozici původní stavební dokumentace.



Obr. 1 Zeměpisná poloha mostu



Obr. 2 Zeměpisná poloha mostu - detail

Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603
E-mail: klusacek.l@fce.vutbr.cz

IČO: 130 24 868
DIČ: CZ5803142730

2.1 Základní údaje o mostní konstrukci (dle mostního řádu)

Název:	Podjezd v km 87,025 hl. dráhy Brno – Havlíčkův Brod
Rok postavení:	cca 1950
Předmět přemostění:	místní pozemní komunikace
Kraj:	Vysočina
Okres:	Žďár nad Sázavou
Obec:	Žďár nad Sázavou
Katastrální území:	Žďár nad Sázavou
Světlost otvoru:	9,00 m
Délka přemostění:	9,00 m
Rozpětí:	10,00 m
Šikmost:	100,00 ^g
Stavební výška:	1,10 m
Úložná výška:	1,10 m
Výška mostu nad terénem:	6,65 m
Šířka mostu:	11,15 m
Volná šířka:	10,75 m
Mostní vybavení:	ocelové zábradlí
Nosná konstrukce:	ŽB deska se zabetonovanými válcovanými nosníky I50.
Výška opěr:	5,60 m
Délka opěr:	cca 29 m
Tloušťka opěr:	cca 2,50 m
Spodní stavba:	Opěry jsou plné betonové, obložené žulovými kvádry tloušťky cca 400 mm.
Mostní svršek:	Štěrkové kolejové lože tl. 450 mm s dřevěnými pražci.



Obr. 3 Pohled na most ve směru staničení



Obr. 4 Pohled na most směrem do města



Obr. 5 Pohled na spodní stavbu mostu – OP2

3. METODIKA DIAGNOSTICKÝCH PRACÍ

Na podjezdu v km 87,025 hl. dráhy Brno – Havlíčkův Brod ve městě Žďár nad Sázavou byl navržen diagnostický průzkum nosné konstrukce v rozsahu:

- ověření základních rozměrů konstrukce;
- diagnostika betonu nosné konstrukce (odebrání jádrových vývrtů betonu pro zkoušení v laboratoři, stanovení pevnosti betonu v tlaku);
- odborná prohlídka stavu mostu.

3.1 Ověření základních rozměrů konstrukce

Ověření základních rozměrů konstrukce se provádí za pomoci jednoduchých měřických pomůcek, např. dálkové měřidlo nebo měřické pásmo. Těmito prostředky lze dosáhnout přesnosti měření $\pm 0,5$ mm. Na konstrukci jsou vytipována rozhodující místa tvaru konstrukce v příčném i podélném směru, která jsou následně zaměřena. Hodnoty měření se zaznamenávají do terénního protokolu s náčrtem.

3.2 Pevnost betonu v tlaku na jádrových vývrtech

Pro stanovení pevnosti betonu v tlaku se z konstrukce odeberou vzorky betonu, tzn. jádrové vývrty, zpravidla o průměru cca 100 mm. Vrty jsou prováděny pomocí vrtačky s jádrovým diamantovým vrtákem požadovaného průměru, který je během vrtání chlazen vodou. Vývrty se ihned po skončení vrtání označí a prohlédnou. Před vlastním zkoušením v laboratoři se znovu provede vizuální vyšetření vzorků pro zjištění případných odchylek, změří se geometrické veličiny (průměr a délka). Pro samotnou zkoušku se z jádrových vývrtů připraví zkušební normová tělesa (přesným broušením a koncováním). Poté se provede zkouška ve zkušebním tlakovém lisu a následné stanovení krychelné pevnosti betonu v tlaku.

Odběr, vyšetření a zkoušení jádrových vývrtů je popsáno v normě ČSN EN 12504-1. Vyhodnocení zkoušky je provedeno dle normy ČSN EN 13791.

3.3 Vizuální prohlídka stavu

Vizuální kontrola představuje odbornou prohlídku stavu mostu, optické odhalení poruch mostního objektu a jejich popis. Dle ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací se sleduje zejména:

- porušení betonu (trhliny; lokální a plošné odpadávání betonu, výkvěty a výluhy, hnízda, graffiti apod.);
- funkčnost mostní izolace (vlhká nebo mokrá místa);
- mechanické poškození konstrukce (náráz vozidla apod.);
- obnažení výztuže betonových konstrukcí (stopy koroze apod.);
- stav mostních říms;

- poškození konstrukce chemickými vlivy;
- poškození mostního vybavení.

Součástí vizuální kontroly je i fotodokumentace, která dokládá veškeré zjištěné poruchy a při dalších prohlídkách slouží k porovnání vývoje závad a poruch, které nebyly odstraněny.

4. REALIZACE DIAGNOSTICKÉHO PRŮZKUMU

Diagnostické práce in situ byly realizovány dne 24. 4. 2017 a 2. 5. 2017 specializovanými pracovníky pod vedením doc. Ing. Ladislava Klusáčka, CSc. Provedeny byly tyto práce:

- kontrolní měření rozměrů konstrukce;
- odebrání jádrových vývrtů z konstrukce;
- odborná prohlídka, zjištění závad a poruch.

Laboratorní zkoušky provedl dne 10. 5. 2017 Ing. Jiří Habarta, CSc. (IČ: 68099576). Protokol je uveden v přílohové části této zprávy (Příloha 1 – Ing. Jiří Habarta, CSc., Zkoušky betonu vývrtů. Most na trati Brno – Havlíčkův Brod v km 87,025). V laboratoři byly provedeny tyto práce:

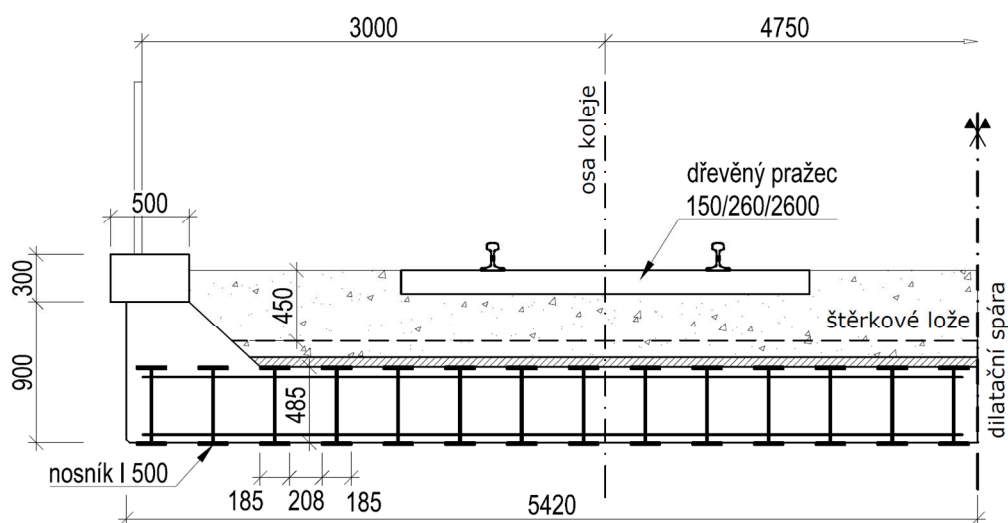
- stanovení pevnosti betonu v tlaku na jádrových vývrtech (vč. stanovení objemové hmotnosti betonu);
- ultrazvukové měření betonu jádrových vývrtů;
- stanovení míry karbonatace betonu jádrových vývrtů).



Obr. 6 Pohled na most směrem do městu v průběhu realizaci průzkumu

4.1 Ověření rozměrů konstrukce

Měření základních rozměrů nosné konstrukce bylo provedeno pomocí délkového měřidla. Na základě zjištěných rozměrů byl skutečný stav konstrukce srovnán s dostupnou výkresovou dokumentací.



Obr. 7 Schéma příčného řezu mostem

Zjištěné základní rozměry konstrukce se shodují s rozměry, které jsou uvedeny v původní výkresové dokumentaci, viz Obr. 7.

4.2 Jádrové vývrty

K odběru jádrových vývrtů z nosné konstrukce pro stanovení krychelné pevnosti betonu v tlaku byla použita kotvená jádrová vrtačka s vnitřním vodním výplachem a diamantovou korunkou jmenovitého průměru 80 mm. Vývrty do opěry i do nosní konstrukce byly provedeny vodorovně.

Vlastnosti betonu jádrových vývrtů byly poté zkoušeny v laboratoři.



Obr. 8 Vrtání diamantovou korunkou s vodním výplachem



Obr. 9 Pohled na místa odběru vrtů V1 a V2



Obr. 10 Pohled na místa odběru vrtů V3 a V4



Obr. 11 Pohled do dutiny po vrtání jádrového vrtu V1



Obr. 12 Odebrané jádrové vývrty V1 až V4

Byly odebrány 4 jádrové vývrty z nosné konstrukce. Vývrty V1 a V2 byly odebrány z mostní desky z boku přilehlého k závodu ŽĐAS, vývrty V3 a V4 byly odebrány z mostní desky z boku přilehlého k městu, viz Obr. 12.

Pozn. vzorek V0 (na Obr. 12) byl odebrán ze spodní stavby vedlejšího mostu v km 86,998, viz Závěrečná zpráva: Podjezd v km 86,998 hl. dráhy Brno – Havl. Brod. Diagnostický průzkum mostu.

Označení vývrty	Délka/průměr vývrty [mm]	Popis vývrty
V 119 (V1)	250–270/φ75	Líc byl neupravený s nerovnostmi do 10 mm. Konec vývrty byl odlomený v konstrukci. Jako hrubé kamenivo byla použita drť a štěrkopísek se zrnky do 30 mm. Ve vývrty byla svislá ocel φ 6 mm s krytím 45 mm. Zbarvení části povrchu vývrty bylo pravděpodobně způsobeno vrtákem.
V 120 (V2)	390/φ75	Na líci byly nerovnosti do 20 mm. Konec vývrty byl odlomený v konstrukci. Jako hrubé kamenivo byla použita drť a štěrkopísek se zrnky do 30 mm. Ve vývrty byla ocel φ 6 mm s krytím 55 mm.
V 121 (V3)	260/φ75	Plný průřez byl jen v části dlouhé 200 mm. Líc byl neupravený s nerovnostmi do 10 mm. Konec vývrty byl odlomený v konstrukci. Jako hrubé kamenivo byla použita drť a štěrkopísek se zrnky do 30 mm.
V 122 (V4)	340 - 350/φ75	Na líci byly nerovnosti do 10 mm. Konec vývrty byl odlomený v konstrukci. Jako hrubé kamenivo byla použita drť a štěrkopísek se zrnky do 30 mm. Ve vývrty byla ocel φ 6 mm s krytím 30 – 40 mm.

Tab. 1 Popis odebraných vývrů (Ing. Jiří Habarta, CSc.)

4.3 Laboratorní měření betonu

Vývrty z betonu konstrukce byly upraveny na zkušební tělesa řezáním na speciální pile Vymyslicky SP 40P s diamantovým pilovým listem a s vodním výplachem. Byly odřezány nerovné začátky a konce vývrů. Další řezání bylo provedeno tak, aby délka zkušebních těles byla pokud

možno srovnatelná s průměrem tělesa. K označení vývrtů je přiřazeno označení podle evidence laboratoře.

Z vývrtu V1 byla vyrobena tři zkušební tělesa V 119A, V 119B a V 119C. Z vývrtu V2 byla vyrobena čtyři zkušební tělesa V 120A, V 120B, V 120C a V 120D. Z vývrtu V3 byla vyrobena dvě zkušební tělesa V 121A a V 121B. Z vývrtu V4 byla vyrobena tři zkušební tělesa V 122A, V 122B a V 122C. Zkušební tělesa jsou označena doplňkovými symboly A, B, C a D.

V laboratoři byla stanovena objemová hmotnost a pevnost v tlaku betonu, ultrazvukové měření a hloubka karbonatace. Pevnostní zkouška zkušebních těles byly provedeny na zkušebním lisu WPM DrMB 60 při nastavení rozsahu působící síly do 300 kN.

Ultrazvukové měření bylo na zkušebních tělesech provedeno ultrazvukovou metodou podle ČSN 73 1371. Měření bylo provedeno ultrazvukovým přístrojem TICO se sondami se jmenovitým kmitočtem 54 kHz. Metrologicky bylo měření ošetřeno paralelním měřením na etalonu času a opravami podle tohoto měření. Měření doby průchodu ultrazvuku bylo provedeno na měřicích základnách ve směru rovnoběžném s podélnou osou vzorku. Na každém vzorku byly stanoveny dvě doby průchodu ultrazvuku.

Karbonatace betonu byla zjišťována informativním barevným testem s pomocí lihového roztoku fenolftaleinu.

Označení vývrtu	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Rychlost UZ [m/s]	Modul pružnosti E _{bu} [N/mm ²]	Válcová/krychelná pevnost f _{c,cyl} /f _{c,cube} [MPa]
V 119A	2196	3470	23800	21,0/24,4
V 119B	2214	3792	28700	14,3/16,6
V 119C	2218	3796	28800	9,4/10,9
V 120A	2204	3842	29300	16,6/19,3
V 120B	2231	3946	31300	14,8/17,2
V 120C	2240	4293	37100	19,6/22,8
V 120D	2228	3797	28900	15,2/17,7
V 121A	2196	3621	25900	11,5/13,4
V 121B	2225	3958	31400	9,5/11,1
V 122A	2296	4051	33900	23,9/27,8
V 122B	2219	3907	30500	17,0/19,8
V 122C	2218	3608	26000	19,0/22,1

Tab. 2 Přehled parametrů zjištěných na odebraných vývrtech (Ing. Jiří Habarta, CSc.)

Hodnocení hloubky karbonatace betonu bylo provedeno po rozdrčení zkušebních těles. Pro spolehlivé stanovení hloubky karbonatace bylo posouzení provedeno i na rozlomených odřezaných začátcích a koncích vývrtů. **Beton vývrtů nebyl zkarbonatovaný.**

Při zkouškách pevnosti betonu v tlaku bylo stanoveno dvanáct hodnot krychelné pevnosti betonu, viz. Tab. 2.

Podle ČSN EN 13791 čl. 7.3.3. postup B se charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci stanoví jako menší z hodnot:

Průměrná pevnost – 5 MPa: 18,6 – 5 = **13,6 MPa**

Nejmenší hodnota pevnosti + 4: $10,9 + 4 = 14,9$ MPa

Podle tabulky 1 uvedené ČSN EN 13791 odpovídá beton pevnostní třídě C12/15 pro kterou je stanovena minimální charakteristická pevnost 13 MPa.

Příprava vzorků, provádění zkoušek i jejich vyhodnocení byly v souladu s platnými předpisy příslušných státních norem. Vzhledem k tomu, že zkušební tělesa z betonu neměla základní rozměr, byly použity převodní součinitele podle ČSN EN 12390-3/Z1.

Protokol o vyhodnocení laboratorních zkoušek je uveden v přílohové části této závěrečné zprávy: Příloha 2 - Ing. Jiří Habarta, CSc., Zkoušky betonu vývrtů. Most na trati Brno – Havlíčkův Brod v km 86,998.

4.1 Ověření spodní stavby

Masivní betonové opěry mají povrch obložen žulovými bloky tl. 430 mm.

Ověření spodní stavby podjezdu v km 87,025 bylo provedeno pomocí vrtané sondy ϕ 12 mm ve spáře mezi těmito žulovými bloky. Z průběhu vrtání lze usoudit, že beton dříku opěr je stejné kvality a pevnosti, jako beton dříku opěr těsně sousedícího mostu v km 86,998 (zjištěno na jádrovém vývrtu). Pevnost betonu opěr lze tedy uvažovat hodnotou **10,7 MPa**. S přihlédnutím k celkové masivnosti spodní stavby lze předpokládat, že opěry mohou v těchto provozních podmínkách dále sloužit svému účelu.

Viz Závěrečná zpráva: Podjezd v km 86,998 hl. dráhy Brno – Havl. Brod. Diagnostický průzkum mostu.



Obr. 13 Vrtaná sonda ve spáře mezi žulovými bloky v OP2

5. ZÁVADY A PORUCHY

Na pojezdu v km 87,025 hl. dráhy Brno – Havlíčkův Brod ve Žďáru nad Sázavou byly během vizuální prohlídky stavu dne 24. 4. 2017 a 2.5.2017 zaznamenány následující závady či poruchy.

5.1 Degradace vlivem vlhkosti a zatékání

Beton nosné konstrukce je v celém objemu silně rozrušen vlivem vlhkosti a zatékáním skrze štěrkové lože a zcela nefunkční hydroizolaci mostovky. Největší zatečení je v okolí dilatační spáry, v této oblasti (cca 0,5 m od dilatační spáry) lze předpokládat, že pevnost betonu je min. o třídu menší, tedy z pohledu pevnosti se již nejedná o konstrukční beton.

Na konstrukci jsou viditelné výkvěty, a dokonce jsou na řadě míst vytvořeny výluhové krápníky. Narušení povrchu je takového rozsahu, že prakticky znemožňuje návrh jakékoliv povrchové sanace, neboť nejsou dodrženy minimální pevnosti povrchových vrstev betonu v tahu, což je zřejmé mimo jiné i z odlučování částí betonu po nedávno provedené povrchové sanaci.



Obr. 14 Výluhové krápníky, výkvěty a zatečení nosné konstrukce



Obr. 15 Degradace bočních povrchových vrstev nosné konstrukce vlivem vlhkosti

5.2 Odpadávání povrchových vrstev

Povrchové vrstvy betonu na spodní straně odpadávají vlivem povrchové koroze I nosníků. Nosníky, které jsou vystaveny přímému vlivu ovzduší, korodují, tedy jejich povrchové vrstvy nabývají na objemu a dále narušují strukturu betonu, který odpadává.



Obr. 16 Odpadávání povrchových vrstev betonu

5.3 Koroze I nosníků

Zejména v oblasti dilatační spáry mezi oběma mosty dochází k velmi silnému zatékání a k povrchové korozi I nosníku.



Obr. 17 Zatékání skrze dilatační spáru a koroze I nosníků

5.4 Poškození vegetací

Oblasti kolem úložných prahů a opěr jsou rozrušeny prorůstající vegetací. Beton je prostoupen řadou trhlin a díky vegetaci dochází k dalšímu rozvoj trhlin.



Obr. 18 Prorůstající vegetace

6. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Výstupem této zprávy jsou výsledky diagnostických prací, které byly provedeny ve dnech 24. 4. a 25. 2017, vyhodnocení laboratorních měření ze dne 10. 5. 2017 a odborná doporučení pro správce mostního objektu. Závěry lze shrnout v následujících bodech:

- Na základě naměřených geometrických veličin s výkresovou dokumentací lze konstatovat shodu mezi skutečným stavem konstrukce a původní výkresovou dokumentací.
- Průměrná objemová hmotnost betonu je 2220 kg/m^3 ;
- Průměrná rychlost šíření ultrazvuku je 3840 m/s ;
- Průměrný dynamický modul pružnosti je 29630 N/mm^2 ;
- Karbonatace betonu jednotlivých vzorků – beton vývrtů nebyl zkarbonatovaný.
- Charakteristická pevnost betonu v tlaku nosné konstrukce stanovena v laboratoři na jádrových vývrtech, které byly odebrány z nosné konstrukce (vrty V1, V2, V3, V4), je $13,6 \text{ MPa}$. Dle ČSN EN 13791 odpovídá beton pevnostní třídě C12/15 pro kterou je stanovena minimální charakteristická pevnost 13 MPa , viz příloha 1. **Tato pevnostní třída prakticky vylučuje návrh a provedení sanace, která by měla náležitou spolehlivost, trvanlivost a také životnost.**
- Nízká třída betonu a degradace povrchu vlivem značné vlhkosti poukazuje také na skutečnost, že pravděpodobně **nejsou splněny potřebné podmínky pevnosti povrchových vrstev betonu v tahu**, což je zřejmé mimo jiné také z odlučování částí betonu z nedávno sanované konstrukce. **Stav povrchových vrstev znemožňuje návrh jakékoliv povrchové sanace nebo spřažení.**
- Beton je v celém objemu silně rozrušen vlivem vlhkosti a zatékáním skrze štěrkové lože. **Hydroizolace mostů je zcela nefunkční.**

Protože nosná konstrukce nevyhovuje především pro nízkou pevnost betonu v tlaku, který svojí sníženou pevností, nedostatečným krytím nosníků a korozí nesplňuje podmínky pro spolehlivou dlouhodobou ochranu nosníků, naléhavě se doporučuje snesení mostní desky a jejího stávajícího uložení (horní části opěr).

Opěry svojí masívností a pevností betonu vyhoví pro novou nosnou konstrukci. Žulové kvádry obkladu jsou řádně zavázány do betonu opěr a lze je považovat za součást dřívku opěr.

V Brně dne 20. 6. 2017

Ing. Adam Svoboda

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Sídlo a fakturační adresa:

doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., KL-PROJEKT
Ochoz u Brna 120, 664 02 Ochoz u Brna

Tel.: +420 608 714 603
E-mail: klusacek.l@fce.vutbr.cz

IČO: 130 24 868
DIČ: CZ5803142730

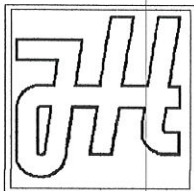
7. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1 Zeměpisná poloha mostu	6
Obr. 2 Zeměpisná poloha mostu - detail	6
Obr. 3 Pohled na most ve směru staničení	8
Obr. 4 Pohled na most směrem do města	8
Obr. 5 Pohled na spodní stavbu mostu – OP2	8
Obr. 6 Pohled na most směrem do městu v průběhu realizaci průzkumu	11
Obr. 7 Schéma příčného řezu mostem	12
Obr. 8 Vrtání diamantovou korunkou s vodním výplachem.....	12
Obr. 9 Pohled na místa odběru vrtů V1 a V2	13
Obr. 10 Pohled na místa odběru vrtů V3 a V4	13
Obr. 11 Pohled do dutiny po vrtání jádrového vývrtu V1.....	13
Obr. 12 Odebrané jádrové vývrty V1 až V4	14
Obr. 13 Vrtaná sonda ve spáře mezi žulovými bloky v OP2	16
Obr. 15 Výluhové krápníky, výkvěty a zatečení nosné konstrukce.....	17
Obr. 16 Degradace bočních povrchových vrstev nosné konstrukce vlivem vlhkosti.....	18
Obr. 14 Odpadávání povrchových vrstev betonu	18
Obr. 19 Zatékání skrze dilatační spáru a koroze I nosníků	19
Obr. 17 Prorůstající vegetace.....	19
Tab. 1 Popis odebraných vývrtů (Ing. Jiří Habarta, CSc.)	14
Tab. 2 Přehled parametrů zjištěných na odebraných vývrtech (Ing. Jiří Habarta, CSc.).....	15

PODJEZD V KM 87,025 HL. DRÁHY BRNO – HAVÍČKŮV BROD

Přílohová část





Ing. Jiří Habarta, CSc.

Autorizovaný inženýr v oboru Zkoušení a diagnostika staveb

Pellicova 5d, 602 00 Brno

Zkoušky betonu vývrtů

Most na trati Brno - Havlíčkův Brod v km 87,025

Objednatel Ing. L. Klusáček, KL-projekt

Zpráva č. 2017*0506

Brno, květen 2017



Smluvní strany:

Objednatel:

Doc. Ing. L. Klusáček, CSc.
KL-projekt
664 02 Ochoz u Brna 120
IČO 13024868, DIČ CZ5803142730

Zhotovitel:

Ing. Jiří Habarta, CSc.
Pellicova 5d, 602 00 Brno
IČO 68099576, DIČ CZ411128428

Předmět řešení:

Stanovení pevnostních charakteristik betonu vý-
vrtů z mostu v km 87,025 na trati Brno - Havlíč-
kův Brod.

Informace o zadání a programu zkoušek:

Na základě požadavku Doc. Ing. L. Klusáčka, CSc. byly provedeny zkoušky betonu vývrtů z mostu v km 87,025 na trati Brno - Havlíčkův Brod. Jedná se o most přes silnici do závodu ŽĎAS ve Žďáru nad Sázavou.

Pro zkoušky byly dodány čtyři vývrty. Jejich jmenovitý průměr byl 75 mm.

Vývrty byly provedeny vodorovně z betonu nad I nosníky.

Označení vývrtů ze stavby (V1, V2, V3, V4) bylo doplněno označením z evidence laboratoře: písmenem V a trojmístným pořadovým číslem:

V 119 (V1), V 120 (V2) vývrty byly provedeny z boku mostu směrem k závodu.

V 121 (V3), V 122 (V4) vývrty byly provedeny z boku mostu směrem k městu.

Popis vývrtů:

Vývrty byly pro materiálové zkoušky dodány tak, jak byly odebrány jádrovou vrtačkou s diamantovým jádrovým vrtákem, bez dalších úprav.



Obr. 1.: Vývrty z betonu po dodání do laboratoře - první skupina

Vývrt V 119 (V1): délka 250 - 270 mm. Líc byl neupravený s nerovnostmi do 10 mm. Konec vývrtu byl odlomený v konstrukci. Jako hrubé kamenivo byla použita drť a štěrkopísek se zrny do 30 mm. Ve vývrtu byla svislá ocel ϕ 6 mm s krytím 45 mm. Zbarvení části povrchu vývrtu bylo pravděpodobně způsobeno vrtákem.

Vývrt V 120 (V2): celková délka 390 mm. Na líci byly nerovnosti do 20 mm. Konec vývrtu byl odlomený v konstrukci. Jako hrubé kamenivo byla použita drť a štěrkopísek se zrny do 30 mm. Ve vývrtu byla ocel ϕ 6 mm s krytím 55 mm.

Jmenovitý průměr vývrtů byl 75 mm.



Obr. 2.: Vývrt z betonu po dodání do laboratoře - druhá skupina

Vývrt V 121 (V3): celková délka 260 mm. Plný průřez byl jen v části dlouhé 200 mm. Líc byl neupravený s nerovnostmi do 10 mm. Konec vývrtu byl odlomený v konstrukci. Jako hrubé kamenivo byla použita drť a štěrkopísek se zrny do 30 mm

Vývrt V 122 (V4): délka 270 - 300 mm. Na líci byly nerovnosti do 10 mm. Konec vývrtu byl odlomený v konstrukci. Jako hrubé kamenivo byla použita drť a štěrkopísek se zrny do 30 mm. Ve vývrtu byla ocel ϕ 6 mm s krytím 30 - 40 mm.

Jmenovitý průměr vývrtu byl 75 mm.

Úprava vývrtů na zkušební tělesa

Z vývrtů byla zkušební tělesa pro zkoušku pevnosti vyrobena řezáním na speciální pile Vymyslicky SP 40 P s diamantovým pilovým listem a s vodním výplachem.

Byly odřezány nerovné začátky a konce vývrtů. Další řezání bylo provedeno tak, aby délka zkušebních těles byla pokud možno srovnatelná s průměrem tělesa.

Z vývrtu V1 byla vyrobena tři zkušební tělesa V 119A, V 119B a V 119C.

Z vývrtu V2 byla vyrobena čtyři zkušební tělesa V 120A, V 120B, V 120C a V 120D.

Z vývrtu V3 byla vyrobena dvě zkušební tělesa V 121A a V 121B.

Z vývrtu V4 byla vyrobena tři zkušební tělesa V 122A, V 122B a V 122C.

Měření zkušebních těles

Stanovení rozměrů zkušebních těles bylo provedeno posuvným měřítkem s digitální indikací.

Hmotnost zkušebních těles byla zjištěna vážením na vahách s digitální indikací na 1g přesně.

Ultrazvukové měření bylo na zkušebních tělesech provedeno ultrazvukovou metodou podle ČSN 73 1371. Měření bylo provedeno ultrazvukovým přístrojem TICO se sondami s jmenovitým kmitočtem 54 kHz. Metrologicky bylo měření ošetřeno paralelním měřením na etalonu času a opravami podle tohoto měření. Měření doby průchodu ultrazvuku bylo provedeno na měřicích základnách ve směru rovnoběžném s podélnou osou vzorku. Na každém vzorku byly stanoveny dvě doby průchodu ultrazvuku.

Zkouška vzorků pro stanovení pevnosti v tlaku byly provedeny na zkušebním lisu WPM DrMB 60 při nastavení rozsahu působící síly do 300 kN.

Objemová hmotnost a pevnost v tlaku betonu vývrtů - vyhodnocení

Vyhodnocení bylo provedeno podle platných českých technických norem.

Vzhledem k tomu, že zkušební tělesa z betonu neměla základní rozměr, byly použity převodní součinitele podle ČSN EN 12390-3/Z1.

Válcová pevnost betonu $f_{c,cyl}$ byla vypočtena ze zjištěné maximální síly při rozdrcení zkušebních těles a ze skutečné plochy. Opravný součinitel $k_{c,cyl}$ byl odvozen z tabulky NA.2 podle poměru délky válce k jeho průměru.

Pro převod válcové pevnosti $f_{c,cyl}$ na krychelnou pevnost $f_{c,cube}$ byl použitý opravný součinitel $k_{cyl/cube}$ odvozený z tabulky NA.3 .

Pro převod krychelné pevnosti vyhodnocené na zkušebním tělese se jmenovitým průměrem 75 mm na pevnost zkušebního tělesa základního rozměru byl použitý převodní součinitel $k_{c,cube} = 0,93$.

Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 1a, 1b. a 1c.

Ultrazvukové měření

Na zkušebních tělesech bylo provedeno měření doby průchodu ultrazvuku na základnách ve směru, který byl při pozdější pevnostní zkoušce označen jako výška. Z těchto hodnot byly vypočteny rychlosti šíření ultrazvuku. Z objemové hmotnosti a rychlosti ultrazvuku byl dále vyhodnocen dynamický modul pružnosti betonu zkušebních těles. Výsledky měření i vyhodnocené vlastnosti jsou sestaveny do tabulek 2a, 2b a 2c.

Tab. 1a.: Vyhodnocení objemových hmotností a pevností betonu vývrtu

označení zkušebního tělesa		V1		
		V 119A	V 119B	V 119C
tvar zkušebního tělesa		válec	válec	válec
průměr válce	mm	79,3	79,3	79,2
výška	mm	67,5	74,9	74,6
hmotnost	g	732	819	815
hmotnost oceli	g	0,0	0,0	0,0
objemová hmotnost	kg/m ³	2196	2214	2218
Rozsah lisu	kN	300	300	150
Indikace síly	promile	432	286	376
síla	kN	129,6	85,8	56,4
plocha vzorku	mm ²	4939	4939	4927
poměr délky k průměru	1	0,851	0,945	0,942
koeficient $k_{c/cy}$	1	0,800	0,821	0,818
válcová pevnost	N/mm ²	21,0	14,3	9,4
koeficient $k_{cy/cube}$	1	1,251	1,252	1,252
koeficient $k_{c, cube}$	1	0,93	0,93	0,93
krychelná pevnost f_c	N/mm ²	24,4	16,6	10,9

Tab. 2a.: Ultrazvukové měření zkušebních těles

označení zkušebního tělesa		V1		
		V 119A	V 119B	V 119C
měřicí základna	mm	67,5	74,9	74,6
objemová hmotnost	kg/m ³	2196	2214	2218
doba průchodu UZ T1	us	19,5	19,7	19,6
doba průchodu UZ T2	us	19,4	19,8	19,7
mrtvý čas T0	us	0,0	0,0	0,0
rychlost UZ v1	m/s	3462	3802	3806
rychlost UZ v2	m/s	3479	3783	3787
rychlost UZ vL	m/s	3470	3792	3796
modul Ebu	N/mm ²	23800	28700	28800

Tab. 1b.: Vyhodnocení objemových hmotností a pevností betonu vývrtu

označení zkušebního tělesa		V2			
		V 120A	V 120B	V 120C	V 120D
tvar zkušebního tělesa		válec	válec	válec	válec
průměr válce	mm	79,4	79,3	79,3	79,3
výška	mm	75,5	73,6	73,5	74,6
hmotnost	g	824	811	813	821
hmotnost oceli	g	0,0	0,0	0,0	0,0
objemová hmotnost	kg/m3	2204	2231	2240	2228
Rozsah lisu		300	300	300	300
Indikace síly	promile	331	304	404	306
síla	kN	99,3	91,2	121,2	91,8
plocha vzorku	mm2	4951	4939	4939	4939
poměr délky k průměru	1	0,951	0,928	0,927	0,941
koeficient $k_{c/cy}$	1	0,826	0,800	0,800	0,817
válcová pevnost	N/mm2	16,6	14,8	19,6	15,2
koeficient $k_{cy/cube}$	1	1,252	1,252	1,251	1,252
koeficient k_c , cube	1	0,93	0,93	0,93	0,93
krychelná pevnost f_c	N/mm2	19,3	17,2	22,8	17,7

Tab. 2b.: Ultrazvukové měření zkušebních těles

označení zkušebního tělesa		V2			
		V 120A	V 120B	V 120C	V 120D
měřicí základna	mm	75,5	73,6	79,2	74,6
objemová hmotnost	kg/m3	2204	2231	2240	2228
dobu průchodu UZ T1	us	19,6	18,7	18,3	19,9
dobu průchodu UZ T2	us	19,7	18,6	18,6	19,4
mrtvý čas T0	us	0,0	0,0	0,0	0,0
rychlost UZ v_1	m/s	3852	3936	4328	3749
rychlost UZ v_2	m/s	3832	3957	4258	3845
rychlost UZ v_L	m/s	3842	3946	4293	3797
modul Ebu	N/mm2	29300	31300	37100	28900

Tab. 1c.: Vyhodnocení objemových hmotností a pevností betonu výrtu

označení zkušebního tělesa		V3		V4		
		V 121A	V 121B	V 122A	V 122B	V 122C
tvar zkušebního tělesa		válec	válec	válec	válec	válec
průměr válce	mm	79,3	79,3	79,3	79,3	79,2
výška	mm	74,6	75,8	75,5	75,2	74,5
hmotnost	g	809	833	856	824	814
hmotnost oceli	g	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
objemová hmotnost	kg/m3	2196	2225	2296	2219	2218
Rozsah lisu		300	300	300	300	300
Indikace síly	promile	232	189	476	340	382
síla	kN	69,6	56,7	142,8	102,0	114,6
plocha vzorku	mm2	4939	4939	4939	4939	4927
poměr délky k průměru	1	0,941	0,956	0,952	0,948	0,941
koeficient $k_{c/cy}$	1	0,817	0,829	0,827	0,824	0,817
válcová pevnost	N/mm2	11,5	9,5	23,9	17,0	19,0
koeficient $k_{cyl/cube}$	1	1,252	1,252	1,250	1,252	1,251
koeficient k_c , cube	1	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
krychelná pevnost f_c	N/mm2	13,4	11,1	27,8	19,8	22,1

Tab. 2b.: Ultrazukové měření zkušebních těles

označení zkušebního tělesa		V3		V4		
		V 121A	V 121B	V 122A	V 122B	V 122C
měřicí základna	mm	74,6	75,8	79,2	75,2	74,5
objemová hmotnost	kg/m3	2196	2225	2296	2219	2218
doba průchodu UZ T1	us	20,7	19,2	19,4	19,2	20,4
doba průchodu UZ T2	us	20,5	19,1	19,7	19,3	20,9
mrtvý čas T0	us	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
rychlost UZ v_1	m/s	3604	3948	4082	3917	3652
rychlost UZ v_2	m/s	3639	3969	4020	3896	3565
rychlost UZ v_L	m/s	3621	3958	4051	3907	3608
modul Ebu	N/mm2	25900	31400	33900	30500	26000

Karbonatace betonu byla zjišťována informativním barevným testem s pomocí lihového roztoku fenolftaleinu. Pokud je pH betonu menší než 9,5, je beton nebezpečně zkarbonatovaný a beton se po nástřiku roztoku nezbarví. V tom případě ale pasivně nechrání výztuž proti korozi vlivem působení agresivního okolí. Je-li pH větší než 9,5 a beton tak výztuž chrání, zbarví se růžovofialově.

Hodnocení hloubky karbonatace betonu bylo provedeno po rozdrcení zkušebních těles. Pro spolehlivé stanovení hloubky karbonatace bylo posouzení provedeno i na rozlomených odřezaných začátcích a koncích vývrtů. :

Beton vývrtů nebyl zkarbonatovaný.

Vyhodnocení pevnosti betonu konstrukce

Při zkouškách pevnosti betonu v tlaku bylo stanoveno dvanáct hodnot krychelné pevnosti betonu, uvedených v tabulkách 1a, 1b a 1c.

Podle ČSN EN 13791 čl. 7.3.3. postup B se charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci stanoví jako menší z hodnot:

Průměrná pevnost – 5 MPa: $18,6 - 5 = \underline{\underline{13,6 \text{ MPa}}}$

Nejmenší hodnota pevnosti + 4: $10,9 + 4 = 14,9 \text{ MPa}$

Podle tabulky 1 uvedené ČSN EN 13791 odpovídá beton pevnostní třídě C12/15 pro kterou je stanovena minimální charakteristická pevnost 13 MPa.

Zkoušky betonu vývrtů z betonu mostu v km 87,025 trati Brno - Havlíčkův Brod provedl a vyhodnotil Ing. Jiří Habarta, CSc., autorizovaný inženýr v oboru Zkoušení a diagnostika staveb – číslo autorizace 1000407, držitel Průkazu o certifikaci způsobilosti pro specifickou činnost NDT zkoušení ve stavebnictví č. 201-0031/NZS.

Brno, 10.5.2017



Ing. Jiří Habarta, CSc.