



Ing. Zdeněk Vávra

autorizovaný inženýr pro
zkoušení a diagnostiku staveb

Poradenská činnost ve stavebnictví

náměstí Přátelství 1518/3, 102 00 Praha 10
IČ: 71276254 DIČ: CZ 7807190424
GSM: +420 602 145 570 e – mail: vavraz01@gmail.com

Ing. Petr Kobza

IMCZ Projektová a konzultační spol. s r.o.

Zahradní 273,

277 51 Nelahozeves

GSM: +420 734 607 456

e-mail: petr.kobza@imcz.cz



Č. zak.: 20170402

**Stavebně technický průzkum mostu evid. č. 288 – 007
přes jednokolejnou železniční trať u Spálova**

V Praze 4. 4. 2017

Vypracoval: Ing. Zdeněk Vávra

autorizovaný inženýr

Obsah

1.	Úvod	3
2.	Použité normy a podklady	3
3.	Popis konstrukcí	4
4.	Provedené zkoušky	4
4.1.	Vizuální prohlídka	4
4.1.1.	Konstrukce spodní stavby	5
4.1.2.	Nosná konstrukce	5
4.1.3.	Římsy, vozovka, chodníky, zábradlí	5
4.2.	Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných jádrových vývrtech	6
4.2.1.	Konstrukce sloupů	6
4.2.2.	Nosná konstrukce – železobetonová monolitická deska	7
4.3.	Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Schmidtova tvrdoměru	8
4.4.	Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Maškova špičáku	8
4.5.	Zkouška měření tloušťky krycí vrstvy nad výztuží	8
4.6.	Stanovení hloubky karbonatace	9
4.7.	Stanovení obsahu chloridových iontů	9
4.8.	Stanovení obsahu síranových iontů	10
5.	Závěr a návrh opatření	10

I. TABULKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

II. FOTODOKUMENTACE

1. Úvod

Na základě domluvy s objednatelem (IMCZ s.r.o.) byl proveden stavebně technický průzkum mostu evid. č. 288 – 007 přes jednokolejnou železniční trať u Spálova.

Rozsah stavebně technického průzkumu byl přizpůsoben požadavkům objednatele pro možnost odhadu zbytkové životnosti mostní konstrukce a případného návrhu sanace.

Stavebně technický průzkum zahrnoval:

- vizuální prohlídku konstrukcí
- odběr JV a stanovení pevnosti v tlaku na odebraných JV z konstrukcí NK a SS
- nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku konstrukcí SS a NK
- určení hloubky zkarbonatované vrstvy a tloušťky krycí vrstvy a jejich vzájemné porovnání
- stanovení obsahu chloridových a síranových iontů v betonu

2. Použité normy a podklady

Mostní list objektu

Hlavní mostní prohlídky objektu mostu

ČSN EN 206 -1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN 73 2400 Provádění a kontrola betonových konstrukcí

ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací

ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování konstrukcí při přestavbách

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí

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

ČSN EN 12390 – 3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles

ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu – Společná ustanovení

ČSN 73 1373 Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné zkoušení betonu

ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích

ČSN EN 14630 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Zkušební metody - Stanovení hloubky zasažení karbonatů v zatvrdlém betonu pomocí fenolftaleinové metody

TP 31 MD ČR Opravy betonových konstrukcí

TP 72 MD ČR Diagnostický průzkum mostů pozemních komunikací

TP SSBK III – Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí

3. Popis konstrukcí

Předmětem stavebně technického průzkumu byla konstrukce mostu evid. č. 288 - 007, který převádí silnici druhé třídy přes jednokolejnou železniční trať u obce Spálov.

Komunikace je převáděna šikmo přes jednokolejnou neelektrifikovanou železniční trať. Nosná konstrukce mostu je tvořena čtyřtrámovým roštem, který má proměnnou výšku v závislosti na sklonu mostu. Trámový rošt má 4 pole, staticky uspořádaná jako rám. Jednotlivá pole jsou 5,35 m + 11,1 m + 11,1 m + 4,0 m. Celková šířka mostu je 7,2 m a volná šířka 6,7 m.

Konstrukci spodní stavby tvoří vetknuté čtveřice sloupů a vbetonované opěry. Sloupy stojí na základových pasech, jejichž horní líc je nad úrovní terénu.

Nosná konstrukce a římsy konstrukce jsou opatřeny pemrlovanou omítkou (umělým kamenem).

Vozovka mostu je asfaltobetonová, chodníky dlážděné s kamenným obrubníkem. Zábradlí mostu je železobetonové se sloupky obdélníkového půdorysu s povrchem z umělého kamene a dvěma madly z železobetonových profilů kruhového průřezu. Odvodnění mostu je realizováno podélným a příčným sklonem. Římsy mostu jsou monolitické opatřené pemrlovanou omítkou. Mostní závěry nejsou, jedná se pouze o napojení mostu na předpolí mostu.

4. Provedené zkoušky

Po dohodě s objednatelem byly provedeny v rámci stavebně technického průzkumu následující zkoušky.

Nejprve byla provedena podrobná vizuální prohlídka. Tou byla vytipována místa, pro provedení jednotlivých zkoušek a byly identifikovány zjevné poruchy na jednotlivých částech konstrukce. Dále byla v laboratoři na odebraných vzorcích destruktivně stanovena pevnost betonu v tlaku. Pevnost betonu v tlaku byla stanovena i nedestruktivně in situ. Součástí zkoušek bylo i vizuální zhodnocení odebraných jádrových vývrtů (JV) a posouzení skladby a kvality betonu. Pro stanovení rizika elektrochemické koroze výztuže, byla měřena tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží a porovnána s tloušťkou zkarbonatované vrstvy. Současně byla na vytipovaných místech stanovena míra kontaminace chloridovými a síranovými ionty. Při odběru jádrových vývrtů byla ověřena skladba vozovkového souvrství na nosné konstrukci.

4.1. Vizuální prohlídka

Cílem vizuální prohlídky bylo především odhalení a popis zjevných poruch konstrukce, jako jsou trhliny, nadměrné deformace a jiné poruchy konstrukcí, průsaky vody, výkvěty, rozpad materiálu apod. Tento postup je doplněn fotodokumentací.

4.1.1. Konstrukce spodní stavby

Konstrukce spodní stavby je tvořena krajními masivními opěrami vbetonovanými do skály zářezu přemostěné trati a vnitřními sloupy obdélníkového průřezu. Sloupy jsou uloženy buď rovněž na skále, nebo na základovém pasu. Sloupy podpírají podélné trámové prvky. Na konstrukcích nejsou patrné žádné trhliny, nebo deformace, které by indikovaly problémy se založením mostu, nebo statickým porušením. Konstrukce sloupů jsou poškozeny ve své patě a to zejména v místě, vnitřních podpor, kde je odhalen i horní líc konstrukce základu. V těchto místech dochází ke korozi výztuže, vzniku trhlin a odpadávání krycí vrstvy betonu nad výztuží. Lokálně jsou poruchy patrné i po výšce sloupu. Krycí vrstva je odpadlá i v celé šířce strany průřezu.

Konstrukce základu je porušena na horním líci mrazem. Dochází k povrchovému odlupování cementového tmelu. Konstrukce sloupů jsou opatřeny omítkou ze stříkaného betonu. Sloupy staticky fungují jako kyvné pruty.

4.1.2. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce působí jako rám, jehož horní příčel je tvořena mostovkou z trámového roštu. Jrdná se o čtveřici podélných trámových prvků, které jsou ztuženy ve třetinách příčnými trámovými prvky. Podélné trámy jsou po výšce uskočeny tak, aby byl vytvořen podélný sklon mostu. Deska mostovky je vykonzolována přes líc krajních trámů a to na šířku chodníků. Právě v místě konzoly dochází k zatékání do konstrukce a tvorbě výluhů. Současně dochází k lokálnímu odpadávání pemrlované omítky a krycí vrstvy betonu nad výztuží. To je spojeno s korozi výztuže. Obdobný efekt je patrný na boku desky, kde dochází k zatékání pod konstrukci římsy.

Nosná konstrukce je na spodním líci, v poli přímo nad kolejí, znečištěna zplodinami projíždějících vlaků.

Součástí vizuální prohlídky bylo i provedení sond do konstrukce vozovky. Byla odhalena následující skladba v celkové tl. 320 mm:

- | | |
|------------------------------------|--------|
| - asfaltobetonový kryt | 90 mm |
| - žulová dlažba | 70 mm |
| - písek + štěrk frakce do 24 mm | 110 mm |
| - asfaltová izolace – 3 - 4 vrstvy | 20 mm |
| - nosná železobetonová konstrukce | |

4.1.3. Římsy, vozovka, chodníky, zábradlí

Konstrukce vozovky je tvořena AB krytem a jsou v ní lokální vyspravené poruchy. V konstrukci vozovky je u opěry 2 patrná síť trhlin. Přímo nad místem uložení nosné konstrukce

na opěru 1 je opravená porucha. Oprava nesplňuje běžné standardy a je s největší pravděpodobností zdrojem zatékání do nosné konstrukce. Současně je zde patrná trhлина širší větší než 3 mm.

Konstrukce chodníků jsou tvořeny mozaikovou kamennou dlažbou, která je lokálně přetažena povrchovou úpravou, která je poškozena. Současně je povrch znečištěn.

Konstrukce monolitických říms jsou významně poškozeny cyklickým působením mrazu. Dochází k zatékání do konstrukce z povrchu vozovky a chodníků. Poškození dosahuje hloubky až 3 cm. Dochází k porušení jak omítky, tak samotné krycí vrstvy betonu nad výztuží. Dochází ke korozi výztuže a jejímu odhalení. Poškození říms je patrné téměř v celé délce mostu na obou stranách. Na zbylé části římsy jsou vrstvy odděleny od podkladu.

Konstrukce **zábradlí** je rozdělena na sloupky a madla. Konstrukce sloupků jsou opět opatřeny pemrlovanou omítkou s paspartou. Ta je porušena trhlinami a evidentně dochází k jejím oddělení od podkladu v důsledku zatékání vody a potažmo mrazového působení. Madla zábradlí jsou poškozena korozi výztuže, odpadáváním krycí vrstvy a tvorbou trhlin. U obdobných subtilních prvků dochází k obdobné korozi poměrně často. Na několika místech je původní výplň železobetonovou trubicou nahrazena trubicí ocelovou. Lokálně vodorovná výplň zcela chybí.

Poruchy konstrukcí jsou patrné z přiložené fotodokumentace.

4.2. Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných jádrových vývrtech

Z nosné konstrukce a z konstrukcí opěr (úložných prahů) byly odebrány jádrové vývrty (JV) tak, aby bylo možné provést laboratorní zkoušky pro stanovení fyzikálně mechanických vlastností a posouzení mrazuvzdornosti. JV byly vizuálně posouzeny a byly připraveny pro provedení jednotlivých zkoušek. Odběr jádrových vývrťů byl proveden lehkou přenosnou jádrovou vrtačkou, osazenou korunkovým diamantovým vrtákem s vodním výplachem. Průměr odebraných jader je cca 50 mm resp. 100 mm.

4.2.1. Konstrukce sloupů

Jádrový vývrt SL1 průměru cca 50 mm byl odebrán z konstrukce vnitřního sloupu. Plášť jádrového vývrťu je kompaktní s malým množstvím pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 38 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Hrubé frakce kameniva jsou zastoupeny v menším množství. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt SL2 průměru cca 50 mm byl odebrán z konstrukce vnitřního sloupu. Plášť jádrového vývrťu je kompaktní se středním pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 36 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Připravené jádrové vývrty byly zaříznuty v závislosti na délce odebraného tělesa tak, aby štíhlost těles byla přibližně 1,0 - 2,0. Takto vzniklá válcová tělesa byla změřena a zvážena, poté byla okoncována speciální rychletuhnoucí sírovou směsí podle ČSN 73 1329 a odzkoušena na pevnost v tlaku podle ČSN EN 12 390 – 3 (ČSN 73 1317)

Průměrná pevnost betonu v tlaku na tělesech odebraných z **konstrukcí sloupů** je **28,00 MPa**, směrodatná odchylka je 5,20 MPa a variační koeficient je 18,57 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrtů je možné beton zařadit jako min. **C25/30 (dříve B30)**.

4.2.2. Nosná konstrukce – železobetonová monolitická deska

Jádrový vývrt P1 průměru cca 50 mm byl odebrán z konstrukce. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou vněm patrné kaverny velikosti do 5 mm, indikující horší zhutnění betonu. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 48 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno s menším obsahem středních frakcí kameniva. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt P2 průměru cca 50 mm byl odebrán z konstrukce. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 48 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno s menším obsahem středních frakcí kameniva. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Připravené jádrové vývrty byly zaříznuty v závislosti na délce odebraného tělesa tak, aby štíhlost těles byla přibližně 1,0 - 2,0. Takto vzniklá válcová tělesa byla změřena a zvážena, poté byla okoncována speciální rychletuhnoucí sírovou směsí podle ČSN 73 1329 a odzkoušena na pevnost v tlaku podle ČSN EN 12 390 – 3 (ČSN 73 1317)

Průměrná pevnost betonu v tlaku na tělesech odebraných z **nosné konstrukce (železobetonové desky, trámových prvků)** je **25,36 MPa**, směrodatná odchylka je 4,0 MPa a variační koeficient je 15,94 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrtů je možné beton zařadit jako min. **C20/25 (dříve B25)**.

4.3. Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Schmidtova tvrdoměru

Metoda Schmidtova tvrdoměru podle ČSN 73 1373 vychází z pružného rázu dvou těles. Pružinovým mechanismem tvrdoměru je proti povrchu zkušebního místa vržen kovový úderník a následně je registrována míra jeho odskoku, která je zároveň měřeným parametrem. Hodnota odskoku se v předstihu koreluje s pevností betonu v tlaku. Obecný kalibrační vztah mezi mírou odskoku a pevností betonu v tlaku je uveden v příslušné normě. Na základě měření Schmidtovým tvrdoměrem lze s přesností ± 20 % stanovit kvalitu betonu. Jedná se tedy o postup, který velmi dobře umožňuje zatřídit beton do kvalitových tříd podle ČSN EN 206. Na každém zkušebním místě se provede nejméně sedm dílčích měření. Průměrná hodnota odskoku se pak převede podle obecného kalibračního vztahu na pevnost v tlaku, která se dále případně redukuje s ohledem na stáří a vlhkost betonu. Provedeno bylo celkem 15 ks zkoušek na nosné konstrukci (oblouk a stojky).

Průměrná pevnost betonu v tlaku konstrukcí sloupů je 36,8 MPa, směrodatná odchylka je 2,8 MPa a variační koeficient je 7,63 %. Na základě zjištěných hodnot s uvažováním širší statistické skupiny je možné beton zatřídit jako min. **C25/30** (dříve B30). Výsledky ukazují na nízkou homogenitu betonu v jednotlivých částech konstrukce.

4.4. Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Maškova špičáku

Metoda Maškova špičáku je zařazována mezi nenormové nedestruktivní metody, i když vede k lokálnímu poškození zkušebního místa. Jejím principem je zarážení ocelového sondovacího dláta pod povrch zkušebního místa dvaceti údery palice o hmotnosti 2 kg. Měřeným parametrem je hloubka vniku Maškova špičáku. Ten je převáděn pomocí kalibračního vztahu na pevnost betonu v tlaku. Velkou předností této metodiky je, že je jen nepatrně citlivá k povrchovému znečištění zkušebního místa i k jeho případnému povrchovému narušení. Proto bývá s výhodou používána na konstrukčních prvcích, kde jsou testované materiály povrchově poškozeny, nebo jejich povrch neumožňuje potřebnou přípravu pro základní tvrdoměrné metody.

Na nosné konstrukci desky, která je částečně degradována bylo realizováno 9 ks zkoušek. Průměrná pevnost betonu v tlaku **konstrukcí sloupů je 36,9 MPa**, směrodatná odchylka je 4,8 MPa a variační koeficient je 13,0 %. Na základě zjištěných hodnot s uvažováním širší statistické skupiny je možné beton zatřídit jako min. **C25/30** (dříve B30).

Jednotlivé výsledky zkoušek jsou patrné z přiložených tabulek.

4.5. Zkouška měření tloušťky krycí vrstvy nad výztuží

Tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží byla zjišťována jednak elektromagnetickým indikátorem výztuže PROFOMETR (výrobek firmy Proceq, Švýcarsko), a současně přímým měřením. Přístroj pomocí elektromagnetických vln vysílaných sondou dokáže měřit krycí tloušťku betonu

nad výztuží a to s přesností 1 mm. Maximální hloubka měření uložení výztuže je 80 mm resp. 160 mm.

Průměrná tloušťka krycí vrstvy nad betonářskou výztuží monolitické **železobetonové nosné konstrukce** je **9,2 mm**, směrodatná odchylka je 2,3 mm a variační koeficient je 25,5 %. Minimální stanovená hodnota je 5,0 mm.

Jednotlivé výsledky zkoušek jsou patrné z přiložených tabulek.

4.6. Stanovení hloubky karbonatace

Tloušťka zkarbonatované vrstvy byla stanovována pomocí kolorimetrického indikátoru fenolftaleinu, který reaguje v oblasti pH = 9,6 přechodem na temně fialovou barvu. Metoda se aplikovala tak, že fenolftaleinové činidlo bylo sprejem nanášeno na prach, vynášený vrtákem při příklepovém vrtání do jednotlivých konstrukčních prvků a současně bylo aplikováno na povrch jednotlivých jádrových vývrtů.

Na monolitické **železobetonové nosné konstrukci** byla zjištěna průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy **17,7 mm**, směrodatná odchylka 3,2 mm a variační koeficient 17,9 %. Maximální stanovená hodnota je 22,0 mm.

Jednotlivé výsledky zkoušek jsou patrné z přiložených tabulek.

4.7. Stanovení obsahu chloridových iontů

Betonové konstrukce, které jsou vystaveny vedle vlivů okolního prostředí také vlivům chemických solí, které usnadňují zimní údržbu na přilehlých, nebo převáděných komunikacích, je nutné podrobit zkouškám, které ověří přítomnost a množství chloridových iontů v jednotlivých úrovních krycí vrstvy nad výztuží. Specializovaná chemická laboratoř stanoví množství chloridových iontů v sušině dodaného vzorku. Tato hodnota je následně přepočítána k hmotnosti cementu v betonu dané konstrukce a porovnána s hodnotou udanou v ČSN EN 206 – 1 pro daný typ konstrukce.

Testována byla konstrukce monolitické železobetonové desky, která je nejvíce poškozena.

U vzorku č. 1 odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky)** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **329 mg / kg sušiny** vzorku. Při zvážení předpokládané třídy betonu dané konstrukce a zjištěné objemové hmotnosti lze stanovit obsah chloridů v konstrukci v hloubce uložení betonářské výztuže hodnotou **0,26 %** z hmotnosti cementu.

U vzorku č. 2 odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky)** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **155 mg / kg sušiny** vzorku. Při zvážení předpokládané třídy betonu dané konstrukce a zjištěné objemové hmotnosti lze stanovit obsah chloridů v konstrukci v hloubce uložení betonářské výztuže hodnotou **0,12 %** z hmotnosti cementu.

U vzorku odebraného z **konstrukce římsy** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **107 mg / kg sušiny** vzorku. Při zvážení předpokládané třídy betonu dané konstrukce a zjištěné objemové hmotnosti lze stanovit obsah chloridů v konstrukci v hloubce uložení betonářské výztuže hodnotou **0,08 %** z hmotnosti cementu.

Vzhledem k tomu, že vzorky byly odebírány z železobetonových prvků, je kritériem pro pasivovanou výztuž, hodnota obsahu chloridových iontů na úrovni 0,4 % z hmotnosti cementu (ČSN EN 206 -1). Vzorky byly odebírány z konstrukce na úrovni betonářské výztuže.

4.8. Stanovení obsahu síranových iontů

Betonové konstrukce, které jsou vystaveny vedle vlivů okolního prostředí také vlivům chemických látek, v prostředí, kde je to možné předpokládat, jsou tyto zkoušky doplněny i o stanovení obsahu síranových iontů.

Ve všech případech byl stanoven obsah síranových iontů na vzorcích odebraných z povrchu konstrukce.

U vzorku odebraného z nosné konstrukce byl stanoven obsah síranových iontů konstrukce nad železniční tratí (ve středním poli) 1,52 %, 1,12 % resp. 0,90 % z hmotnosti cementu.

5. Závěr a návrh opatření

Na základě provedených zkoušek byly zjištěny následující skutečnosti. Na konstrukci nejsou patrné žádné poruchy, které by indikovaly statické problémy nosné konstrukce, nebo konstrukcí spodní stavby. Na odebraných jádrových vývrtech byla stanovena pevnost v tlaku. **Pevnostní charakteristiky nosné konstrukce** jsou asi o jednu třídu nižší (**C20/25**), než je u obdobných konstrukcí obvyklé. Nedestruktivně stanovené pevnostní charakteristiky jsou vyšší. Parametry **konstrukce spodní stavby** odpovídají druhu a stáří mostu (**C25/30**).

Jak nosná konstrukce, tak konstrukce spodní stavby jsou ohroženy elektrochemickou korozí výztuže pouze lokálně. Výztuž nemá ve všech místech stejnou tloušťku krycí vrstvy betonu nad výztuží. Stejně tak hloubka karbonatace není konstantní. Množství chloridových iontů je podlimitní a výztuž tedy není ohrožena elektrochemickou korozí. Tomu odpovídá i reálný stav konstrukce, kde je patrná lokální koroze výztuže a odpadávání krycí vrstvy betonu nad výztuží.

Kontaminace síranovými ionty je rovněž nízká a nehrozí tedy koroze cementového tmelu.

Největším problémem nosné konstrukce i konstrukcí spodní stavby je působení vody a cyklické působení mrazu. To je evidentní zejména v patě sloupů (v kombinaci s karbonatací), na horním líci základu a na konstrukcích říms. Konstrukce říms jsou nejvíce poško-

zeny v důsledku cyklického působení mrazu. Celému procesu degradace napomáhá prostředí, ve kterém se konstrukce nachází. V místě je dlouhé období výskytu sněhu a nízkých teplot.

Rozhodující je vnikání vody do konstrukce. K tomu dochází jednak poruchami vzniklými v konstrukci vozovky a současně i vnikáním vody do konstrukce chodníku a pod konstrukci římsy. Poškození římsy zasahuje do hloubky až 30 mm.

Konstrukce sloupků zábradlí je poškozena zejména lokálním odpadáváním povrchové úpravy (pemrlované omítky). Konstrukce madel jsou plně zkarbonatovány. Kombinací působení elektrochemické koroze výztuže v madlech a cyklického působení mrazu dochází k celkovému rozpadu konstrukce zábradlí. Současně je patné výrazné poškození zábradlí v okolí komunikace v předpolích mostů. Konstrukce a skladba zábradlí neodpovídá aktuálním standardům.

Pro prodloužení životnosti konstrukce mostu je nutné provést výměnu obrusných vrstev vozovky vč. hydroizolačního souvrství se zaměřením na detaily v místě navázání římsy mostu na konstrukci chodníku. Dále je potřeba sanovat poruchy konzole mostu a paty sloupů pomocí polymercementového adhezního můstku a vhodné polymercementové malty. Povrch konstrukce je vhodné opatřit ochranným nátěrem, nebo hydrofobní impregnací. Konstrukce sloupků zábradlí a říms je možné sanovat pomocí prefabrikované směsi pro výrobu tzv. umělého kamene (pemrlované omítky). Přidržnost k podkladu je nutné zajistit pomocí epoxidového adhezního můstku, nebo mechanického kotvení. To spočívá v nakotvení trnů do podkladu, přichycení výztužné sítě k trnům a následné aplikaci reprofilační malty.

Pomocí mechanického kotvení doporučuji provést i opravu horního líce konstrukce základu.

I. Tabulky provedených zkoušek

Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných JV



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

nosná konstrukce mostu 288 - 007 ve Spálově

sloupy spodní stavby

24.3.2017

21°C

53,6%

označení vzorku	průměr	výška	výška po koncování	l		hmotnost	objemová hmotnost	pevnost v tlaku		poznámka
	d	h	h _k	h _k / d	K _l	m	m / V	F	f _{cyl}	
	[mm]	[mm]	[mm]			[g]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	
SL1/1	45,10	90,00	93,10	2,064	0,998	319,40	2222	37,50	28,75	-
SL1/2	45,20	76,60	78,60	1,739	1,022	259,10	2108	34,50	25,72	-
SL2/1	45,20	73,00	75,50	1,670	1,033	253,40	2163	31,50	23,24	-
SL2/2	45,10	82,30	84,80	1,880	1,010	293,10	2229	48,30	36,61	-
SL2/3	45,20	61,70	64,50	1,427	1,069	215,30	2175	36,00	25,66	-
				[MPa]			2179		28,00	
				[MPa]			49,1		5,2	
							2,25%		18,57%	

$$f_{cyl} = \frac{F}{A \times K_d \times K_\lambda}$$

A - průřezová plocha zkušebních těles

F - síla při porušení

K_d - koeficient zohledňující průměr jádrového vývrtu

K_l - koeficient zohledňující štíhlost jádrového vývrtu

f_{cyl} - válcová pevnost na tělese s průměrem 150 mm a štíhlostí l = 2,0



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

nosná konstrukce mostu 288 - 007 ve Spálově

železobetonová deska, průvlak

24.3.2017

21°C

53,6%

označení vzorku	průměr	výška	výška po koncování	l		hmotnost	objemová hmotnost	pevnost v tlaku		poznámka
	d	h	h _k	h _k / d	K _l	m	m / V	F	f _{cyl}	
	[mm]	[mm]	[mm]			[g]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	
P1/1	45,10	70,00	72,30	1,603	1,044	248,10	2219	33,80	24,08	-
P1/2	45,10	76,80	79,40	1,761	1,019	270,00	2201	31,50	22,98	-
P2/1	45,10	56,30	59,20	1,313	1,083	202,80	2255	33,30	22,87	-
P2/2	45,40	71,30	74,20	1,634	1,039	260,60	2258	34,50	24,37	-
D1	94,10	102,20	105,10	1,117	1,128	1569,60	2208	214,50	32,49	-
				[MPa]			2228		25,36	
				[MPa]			26,6		4,0	
							1,19%		15,94%	

$$f_{cyl} = \frac{F}{A \times K_d \times K_\lambda}$$

A - průřezová plocha zkušebních těles

F - síla při porušení

K_d - koeficient zohledňující průměr jádrového vývrtu

K_l - koeficient zohledňující štíhlost jádrového vývrtu

f_{cyl} - válcová pevnost na tělese s průměrem 150 mm a štíhlostí l = 2,0

Stanovení pevnosti betonu v tlaku Schmidtovým tvrdoměrem



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

Název akce: **most evid.č. 288 - 006**

strana 1

datum: **19.3.2017**

teplota vzduchu: **9,0°C**

relativní vlhkost vzduchu: **68%**

stáří konstrukce: **>360 dní**

druh konstrukce: **nosná konstrukce**

druh přístroje: **Schmidt N - energie 2,25 J**

Nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku

zkušební místo	popis zkušebního místa	f'_{be} [MPa]	f_{be} [MPa]
1	průvlak	41	37
2	průvlak	39	35
3	průvlak	41	37
4	průvlak	38	34
5	průvlak	43	39
6	průvlak	40	36
7	deska	38	34
8	deska	50	45
9	deska	39	35
10	deska	39	35
11	deska	41	37
12	deska	42	38
Průměr		[MPa]	36,8
Směrodatná odchylka		[MPa]	2,8
Variační koeficient		-	7,63%
k_n		-	1,77
f_{ck}		[MPa]	32

- ČSN 73 1373 Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
- ČSN EN 12504 - 2 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem (73 1303)
- ČSN EN 12390 - 3 (Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
- ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu - Společná ustanovení
- ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích
- ČSN ISO 13822 (73 0038) Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí

Vypracoval: **Ing. Zdeněk Vávra**

V Praze dne 4.4.2017

**strana 2**

datum: **19.3.2017**

teplota vzduchu: **9,0°C**

relativní vlhkost vzduchu: **68%**

stáří konstrukce: **>360 dní**

druh konstrukce: **nosná konstrukce**

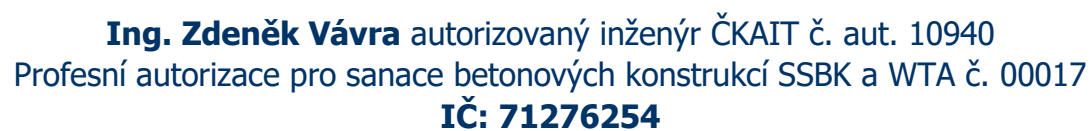
druh přístroje: **Schmidt N - energie 2,25 J**

Nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku

	1 průvlak				směr úderu:		vodorovně		
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	39	39	40	41	44	40	41	40	39
$f_{be,i}$	39	39	41	42	48	41	42	41	39
$f_{be,m}$					41,33				
meze		33,07						49,60	
$f_{be,i}$	39	39	41	42	48	41	42	41	39
$f_{be,m}$					41,33				
R'_{be}	41 MPa								

číslo dílčího odrazu	2 průvlak				směr úderu:		vodorovně		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	39	38	38	39	40	40	40	38	40
$f_{be,i}$	39	37	37	39	41	41	41	37	41
$f_{be,m}$					39,22				
meze		31,38						47,07	
$f_{be,i}$	39	37	37	39	41	41	41	37	41
$f_{be,m}$					39,22				
R'_{be}	39 MPa								

3	průvlak				směr úderu:		vodorovně		
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	38	39	38	39	40	41	42	44	41
$f_{be,i}$	37	39	37	39	41	42	44	48	42
$f_{be,m}$					41,00				
meze		32,80						49,20	
$f_{be,i}$	37	39	37	39	41	42	44	48	42
$f_{be,m}$					41,00				
R'_{be}	41 MPa								



4 **průvlak** směr úderu: **vodorovně**

6	průvlak				směr úderu:		vodorovně		
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	39	39	40	40	41	40	40	40	40
$f_{be,i}$	39	39	41	41	42	41	41	41	41
$f_{be,m}$					40,67				
meze		32,53						48,80	
$f_{be,i}$	39	39	41	41	42	41	41	41	41
$f_{be,m}$					40,67				
R'_{be}	40 MPa								



	8	deska				směr úderu:		nahoru	
číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	44	50	50	51	51	48	49	50	50
$f_{be,i}$	41	52	52	54	54	49	51	52	52
$f_{be,m}$					50,78				
meze		40,62						60,93	
$f_{be,i}$	41	52	52	54	54	49	51	52	52
$f_{be,m}$					50,78				
R'_{be}	50 MPa								

číslo dílčího odrazu	deska				směr úderu:		nahoru		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	41	44	44	44	43	42	42	42	45
$f_{be,i}$	35	41	41	41	39	37	37	37	43
$f_{be,m}$					39,00				
meze		31,20						46,80	
$f_{be,i}$	35	41	41	41	39	37	37	37	43
$f_{be,m}$					39,00				
R'_{be}	39 MPa								



10

směr úderu:

nahoru

[illegible]

směr úderu:

nahoru

číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	45	45	45	42	45	44	43	44	46
$f_{be,i}$	43	43	43	37	43	41	39	41	45
$f_{be,m}$					41,67				
meze		33,33						50,00	
$f_{be,i}$	43	43	43	37	43	41	39	41	45
$f_{be,m}$					41,67				
R'_{be}	41 MPa								

směr úderu:

nahoru

číslo dílčího odrazu	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	45	43	45	45	45	44	45	45	45
$f_{be,i}$	43	39	43	43	43	41	43	43	43
$f_{be,m}$					42,33				
meze		33,87						50,80	
$f_{be,i}$	43	39	43	43	43	41	43	43	43
$f_{be,m}$					42,33				
R'_{be}	42 MPa								

Stanovení pevnosti betonu v tlaku Maškovým špičákem



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

Stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně

Akce: **most evid.č. 288 - 007 Spálov**
Konstrukce: sloupy
Datum zkoušky: 19.3.2017
Teplota vzduchu: 9,0°C
Vlhkost vzduchu: 68,0%
Typ zkušebního přístroje: Maškův špičák

zkušební místo	umístění zkušebního místa	vnik špičáku [mm]	R _{be} [MPa]
1	sloup	14	30,2
2	sloup	12	35,2
3	sloup	10	41,1
4	sloup	9	44,3
5	sloup	13	32,6
6	sloup	11	38,0
Průměr	[MPa]	36,9	
Sm. odchylka	[MPa]	4,8	
Variační koef.	-	13,0%	
k _n	-	1,98	
R_{bg}	[MPa]	27,4	

Stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

Název akce: **most evid.č. 288 - 007 Spálov**

strana 1

datum: **19.3.2017**

teplota vzduchu: **9,0°C**

relativní vlhkost vzduchu: **68,0%**

druh konstrukce: **deska, trámové prvky**

druh přístroje: **Profometr 4 - Proceq**

Zkoušená oblast	Tloušťka krycí vrstvy [mm]						
nosná konstrukce	7	12	12	13	10	9	9
	6	5	6	6	7	8	8
	12	11	12	10	9	11	10
Statistické vyhodnocení:	průměr = 9,2 mm				směrodatná odchylka = 2,3 mm		
	počet zkušebních míst = 21				variační koeficient = 25,5%		
	minimální stanovená hodnota = 5 mm						

Použité normy

ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu - Společná ustanovení

ČSN ISO 13822 (73 0038) Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí

Stanovení hloubky karbonátace



Ing. Zdeněk Vávra autorizovaný inženýr ČKAIT č. aut. 10940
Profesní autorizace pro sanace betonových konstrukcí SSBK a WTA č. 00017
IČ: 71276254

Název akce: **most evid.č. 288 - 007 Spálov**

strana 1

datum: **19.3.2017**

teplota vzduchu: **9,0°C**

relativní vlhkost vzduchu: **68,0%**

druh konstrukce: **deska, trámové prvky**

druh přístroje: **roztok fenolftaleinu v alkoholu**

Zkoušená oblast	Tloušťka zkarbonatované vrstvy [mm]						
nosná konstrukce	16	22	20	22	18	16	20
	14	16	12	15	15	20	22
Statistické vyhodnocení:	průměr = 17,7 mm				směrodatná odchylka = 3,2 mm		
	počet zkušebních míst = 14				variační koeficient = 17,9%		
	maximální stanovená hodnota = 22 mm						

Použité normy

ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu - Společná ustanovení

ČSN ISO 13822 (73 0038) Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí

II. Fotodokumentace



01 celkový pohled na most



02 pohled na bok mostu-pravá strana



03 pohled na bok mostu-pravá strana



04 celkový pohled na most



05 pohled na NK zespoda



06 podélný pohled na most ve směru staničení - pravá strana



07 spodní líc nosné konstrukce - opěra 1



08 pohled na opěru 2



09 pohled na nosnou konstrukci z boku



10 pohled na NK zespoda



11 poškození konzolí NK - pravá strana



12 pohled na opěru 2



13 pohled na NK od spodu



14 poškození trámu NK



15 pohled na pravou stranu mostu



16 poškození římsy mostu pravá strana



17 poškození římsy mostu



18 poškození římsy mostu



19 poškození římsy a konzoli mostu levá strana



20 poškození spodního líce mostu



21 nosná konstrukce od spoda



22 nosní konstrukce od spoda



23 zatékání na nosnou konstrukci pod římsou mostu



24 poškození sloupu u paty



25 poškození sloupu u paty



26 poškození sloupu u paty



27 poškození sloupu u paty



28 poškození sloupu u paty



29 detail poškození konstrukce konzoli



30 uložení průvlaku na sloup



31 detail poškození řimsy



32 poškození konzoli - spodní líc



33 odpadávající pemrlovaná omítka konzoli



34 poškození spodního líce konzole NK



35 poškozené zábradlí mostu



36 detail poškození zábradlí



37 poškozená madla zábradlí



38 trhliny v omítkce zábradlí



39 detail poruch zábradlí



40 poškození zábradlí



41 poruchy vozovky



42 poruchy vozovky



43 výtluk ve vozovce



44 detail poškozené omítky na zábradlí