


- SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM: JTSK

- VÝŠKOVÝ SYSTÉM: B. p. v.

Investor:	 Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje příspěvková organizace kraje Žerotínovo náměstí 449/3, 602 00 Brno
-----------	---

Odpovědný projektant	Vypracoval	Kontroloval	 <div>KAP atelier</div> <div>KAP ATELIER s.r.o. Prusikova 2577/16, 155 00 Praha 5 tel.: +420 241 400 056 website: www.kapatelier.cz</div>	
<div>stavba:</div> <div>II/373 Jedovnice – Křtiny – Březina, mosty 373-014,015,016 a 37445-9</div> <div>část PD: F. PRŮZKUMY A STUDIE</div> <div>obsah: Diagnostika mostů ev. č. 373-0,14, 0,15 a ev. č. 37445-9</div>			formát	
			číslo zakázky	16169
			stupeň dokumentace	DÚR/DSP
			datum	aktualizace 07/2018
			měřítko	výtisk číslo:
			číslo výkresu: F. 7	
název dig.souboru:	datum revize:	číslo revize:		



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

CSW Projekt CZ, s.r.o.

Ing. Tomáš Částka

Na Větrníku 1603/39

162 00 Praha 6 – Břevnov

Telefon: +420 235 351 259

IČO: 28991613 DIČ: CZ28991613



Č. zak.: 20161002

**Stavebně technický průzkum mostu evid. č. 373 – 014
přes místní vodoteč v obci Jedovnice**

V Praze 31. 10. 2016

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	5
4.1.1.	Konstrukce spodní stavby	5
4.1.2.	Nosná konstrukce.....	5
4.1.3.	Ložiska, mostní závěry, římsy, vozovka, chodníky, VO, zábradlí	6
4.2.	Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných jádrových vývrtech	7
4.2.1.	Konstrukce opěr	7
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	9
4.5.	Zkouška měření tloušťky krycí vrstvy nad výztuží	9
4.6.	Stanovení hloubky karbonatace.....	9
4.7.	Stanovení obsahu chloridových iontů	10
5.	Závěr a návrh opatření	10

I. TABULKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

II. FOTODOKUMENTACE

1. Úvod

Na základě domluvy s objednatelem byl proveden stavebně technický průzkum mostu evid. č. 373 – 014 přes místní vodoteč v obci Jedovnice.

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 SS a NK
- 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 iontů na úrovni betonářské výztuže

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. 373 - 014, který převádí silnici druhé třídy přes potok v obci Jedovnice.

Komunikace je převáděna kolmo přes výtok z rybníka, resp. koryto potoka. Rozpětí mostu je 11,20 m, délka opěr je 9,8 m. Nosnou konstrukci tvoří prostě uložená monolitická železobetonová deska tl. 0,45 m. Nosná deska je na opěry uložena přímo, přes lepenku.

Konstrukce spodní stavby je tvořena masivními krajními betonovými opěrami s kamenným obkladem. Obklad je realizován po celé výšce opěr. Úložný práh je opatřen omítkou v tl. cca 25 mm. Ve vzdálenosti cca 1,0 m od kraje a z čela mostu i z boku nosné konstrukce se jedná o pemrlovanou omítku (umělý kámen) s paspartou. Na levé straně mostu (ve směru staničení) jsou křídla mostu rovnoběžná s osou mostu, přecházející do nasypaných zpevněných kamenem. Na pravé straně mostu je křídlo opěry 1 rovnoběžné s osou mostu, křídlo opěry 2 je kolmé na osu mostu. Založení konstrukce mostu je na masivních plošných základech, která však nebyly v rámci STP odhaleny.

Volná šířka mostu je 9,0 m s oboustranným chodníkem šířky 0,50 m. Konstrukce vozovky je tvořena asfaltobetonovým krytem, chodníky mají cementobetonový povrch. Obrubníky jsou kamenné.

Zábradlí mostu je železobetonové se sloupky obdélníkového půdorysu s povrchem z umělého kamene a třemi madly z železobetonových profilů kruhového průřezu. Na konstrukci zábradlí je nesystémově napojeno svodidlo. Odvodnění mostu je realizováno podélným a příčným sklonem. Na monolitické římse na návodní straně mostu je realizována ochranná pemrlovaná omítka. Mostní závěry jsou podpovrchové.

Konstrukce mostu je z roku 1949.

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 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

Na konstrukcích spodní stavby nejsou patrné žádné poruchy, které by indikovaly problémy v základových konstrukcích, nebo statické problémy podpěr.

Na konstrukcích opěr, jsou patrné dva typy poruch. Jednou poruchou je vztlínající vlhkost, která je patrná na opěrách a projevuje se viditelnými vlhkými mapami na konstrukcích, zejména ve spárách mezi kameny. Vnikání vody se rovněž projevuje na částech opěr, kde není obklad povrchovou degradací (odhalováním jemného kameniva) vznikem trhlin na povrchu konstrukce a odpadáváním ochranných omítek z povrchu opěr.

Na přilehlých konstrukcích, na konstrukcích křídel nejsou patrné větší poruchy. Pouze dochází k lokálnímu zachytávání rostlin ve spárách mezi jednotlivými kamennými prvky. Křídlo na pravé straně mostu u opěry 2 je plošně pokryto mechem. Zachytávání rostlin na povrchu konstrukcí vede k urychlování korozních procesů na betonu resp. zdící maltě a to zejména vytvářením vhodných podmínek pro negativní působení vody.

Na zemním tělese zpevněném kameny lokálně dochází k vypadnutí kamenů, nebo jejich částí.

Prostor pod mostem je zaplněn nepravidelně kamennými prvky a náplavami.

4.1.2. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce je tvořená železobetonovou deskou tl. 450 mm s rozpětím 11,20 m. Nosná konstrukce je rozdělena 4 pracovními spárami (pole cca 1,0 m + 2,5 m + 2,0 m + 2,5 m + 1,0 m). Na spodním líci konstrukce desky nejsou patrné žádné poruchy, které by indikovaly statické problémy konstrukce, nebo problémy základových konstrukcí. Spodní líc konstrukce je porušen pouze korozí distanční výztuže a s tím spojeným odpadáváním krycí vrstvy betonu nad výztuží. Je patrné zatékání do míst uložení konstrukce na opěrách. Dále je patrné na spodním líci místo s menší hutností betonu (cca 1 m od opěry 2 a cca 1,5 m od levé – návodní strany mostu). S největší pravděpodobností je příčinou nefunkční hydroizolace nosné konstrukce i podpovrchových mostních závěrů.

Součástí vizuální prohlídky bylo i provedení sond do konstrukce vozovky. Byla odhalena následující skladba v celkové tl. 300 mm:

- asfaltobetonový kryt 45 mm

- žulová dlažba 100 mm
- písek + štěrť frakce do 24 mm 70 mm
- betonová mazanina 65 mm
- asfaltová izolace – 2 vrstvy 5 mm
- cementová mazanina 25 mm
- nosná železobetonová konstrukce

Druhá sonda byla provedena v místě chodníku, kde byla zasažena následující skladba

- kletovaný cementový kryt 35 mm
- monolitický beton chodníku (římsy) 300 mm
- **izolace ??? (nebyla zasažena)**
- nosná konstrukce

4.1.3. Ložiska, mostní závěry, římsy, vozovka, chodníky, VO, zábradlí

Místa uložení nosné konstrukce (železobetonové desky) na konstrukce úložných prahů opěr jsou bez větších poruch s výjimkou míst, kde dochází k zatékání vody do konstrukce.

Mostní závěry jsou podpovrchové a nejsou patrné na horním líci vozovky, ale vzhledem k tomu, že dochází k vnikání vody do místa uložení nosné konstrukce, s největší pravděpodobností neplní svou funkci.

Konstrukce vozovky je tvořena AB krytem a jsou v ní lokální vyspravené poruchy. Jsou zde patrné lokálně vyjeté koleje a podélné trhliny.

Konstrukce chodníků jsou značně poškozeny a cementobetonový kryt je zcela zdegradován, porušen trhlinami a rozpadlý.

Konstrukce monolitických říms jsou poškozeny poměrně značně. Dochází k zatékání do konstrukce z povrchu vozovky a chodníků. Ochranná pemrlovaná omítka, která je na konstrukcích říms aplikována i povrch říms samotných je značně zdegradována a to téměř v celé délce mostu na obou stranách. Na návodní straně je odpadlá vrstva asi na 1/3 délky, na povodní straně mostu je to asi 1/2 délky mostu. Na zbylé části římsy jsou vrstvy odděleny od podkladu.

Konstrukce **zábradlí** je ozdělena 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 konstrukci zábradlí je nesystémově připojeno svodidlo.

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 100 mm.

4.2.1. Konstrukce opěr

Jádrový vývrt OP1 průměru cca 100 mm byl odebrán z opěry 1. Plášť jádrového vývrťu je kompaktní se malým množstvím pórů větších než 2 mm a malým množstvím pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou na JV patrné kaverny větší než 5 mm a místa indikující špatné zhutnění betonu. Použité kamenivo je kombinací těžného a drceného s největším zrnem 48 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Střední 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 OP2 průměru cca 100 mm byl odebrán z opěry 1. Plášť jádrového vývrťu je kompaktní se malým množstvím pórů větších než 2 mm a malým množstvím pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou na JV patrné kaverny větší než 5 mm a místa indikující špatné zhutnění betonu. Použité kamenivo je kombinací těžného a drceného s největším zrnem 54 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Střední frakce kameniva jsou zastoupeny v menším množství. 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 **konstrukce opěr** je **42,31 MPa**, směrodatná odchylka je 4,2 MPa a variační koeficient je 9,86 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrťů je možné beton zařadit jako min. **C35/45 (dříve B45)**.

4.2.2. Nosná konstrukce – železobetonová monolitická deska

Jádrový vývrt NK1 průměru cca 100 mm byl odebrán z horního líce nosné konstrukce z povodní strany mostu. Plášť jádrového vývrťu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou vněm patrné kaverny indikující horší zhutnění betonu. Použité kamenivo

je kombinací těženého a drceného s největším zrnem 38 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt NK2 průměru cca 100 mm byl odebrán z horního líce nosné konstrukce z povodní strany mostu. Plášť obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je kombinací těženého a drceného s největším zrnem 48 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt NK3 průměru cca 100 mm byl odebrán z povodní strany nosné konstrukce. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je kombinací těženého a drceného s největším zrnem 36 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Při odběru JV byla zasažena hladká výztuž průměru 24 mm. 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)** je **37,87 MPa**, směrodatná odchylka je 3,8 MPa a variační koeficient je 10,01 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrtů je možné beton zatřídit jako min. **C35/45 (dříve B45)**.

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.

Konstrukce monolitické železobetonové desky nosné konstrukce má **průměrnou pevnost betonu v tlaku 39,1 MPa**. Směrodatná odchylka je 4,4 MPa a variační koeficient je

11,29 %. Na základě těchto výsledků s přihlédnutím k počtu provedených zkoušek je možné beton zařadit jako **C30/37 (dříve B35)**.

4.4. Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Maškova špičáku

Metoda Maškova špičáku je zařazována mezi nedestruktivní metody (ČSN 731373), 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 předúpravu pro základní tvrdoměrné metody.

Na každé z konstrukcí opěr bylo realizováno 9 ks zkoušek, celkem 18 ks zkoušek. Průměrná pevnost betonu v tlaku **konstrukcí opěr** je **41,7 MPa**, směrodatná odchylka je 3,5 MPa a variační koeficient je 8,5 %. Na základě zjištěných hodnot s uvažováním širší statistické skupiny je možné beton zařadit jako min. **C30/37** (dříve B35).

Jednotlivé výsledky zkoušek jsou patrné z příložených 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 desky nosné konstrukce** je **12,9 mm**, směrodatná odchylka je 4,2 mm a variační koeficient je 32,7 %. Minimální stanovená hodnota je 6,0 mm.

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 desce nosné konstrukce** byla zjištěna průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy **15,1 mm**, směrodatná odchylka 2,7 mm a variační koeficient 18,2 %. Maximální stanovená hodnota je 20,0 mm.

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 pro daný typ konstrukce.

U vzorku odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky)** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **270 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 **0,21 %** z hmotnosti cementu.

U vzorku odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky)** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **2090 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 **1,61 %** z hmotnosti cementu.

U vzorku odebraného z **konstrukce římsy** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **745 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 **0,57 %** 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). Vzorky byly odebírány z konstrukce na úrovni betonářské výztuže.

Stanovení obsahu chloridů v jednotlivých vzorcích je patrné z příloženého protokolu.

5. Závěr a návrh opatření

Na základě provedených zkoušek byly zjištěny o konstrukci následující skutečnosti.

Základním problémem nosné konstrukce i konstrukcí spodní stavby je působení vody. Vzhledem k tomu, že je konstrukce spodní stavby v přímém styku s vodou je to základní korozní proces, který na konstrukci působí.

Konstrukce spodní stavby jsou obloženy hutným kamenným obkladem z vyvřelých hornin. Tím je zabráněno poškození opěr ve větším rozsahu. **Na konstrukcích spodní stavby je patrné vzlínání vody spárami obkladu,** ale na samotných opěrách nejsou patrné větší poruchy, které by měly způsobovat problém s celkovou životností konstrukce. Vzlinání dosahuje až na úroveň úložných prahů, které jsou opatřeny jemnozrnnou ochranou omítkou. Na krajích opěr, na boku nosné konstrukce a na konstrukcích říms je omítka tvořena umělým kamenem (pemrlovanou omítkou s paspartou). Na všech těchto konstrukcích jsou patrné korozní procesy, které jsou spojeny s působením vody. Jedná se zejména o delaminaci omítkových vrstev z důvodu mrazového porušení, současně dochází ke korozi jednotlivých vyztužených prvků v důsledku karbonatace a působení chloridových iontů. Tady se jedná zejména o monolitické konstrukce říms, které jsou poškozeny výše popsányými mechanismy téměř v celé délce mostu.

Nosná konstrukce mostu (železobetonová deska) je poškozena zejména v důsledku působení vzdušného CO₂ (karbonatace). To je způsobeno zejména malou krycí vrstvou betonu nad výztuží, která koroduje a dochází v důsledku toho i k odpadávání krycí vrstvy betonu nad výztuží. Korodující výztuž je zejména výztuží distanční, která byla v době výstavby používána pro vymezení krycí vrstvy betonu nad nosnou (podélnou) výztuží. Přesto se jedná o problém z hlediska trvanlivosti železobetonové konstrukce a její celkové životnosti. **Provedeným porovnáním tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží a hloubky karbonatace** (kapitoly 4.5. a 4.6.) **bylo zjištěno, že vedle distanční výztuže je elektrochemickou korozi ohrožena i výztuž nosná** (na dvou místech dochází k viditelné korozi podélné výztuže).

Vedle vzlínání vody konstrukcemi opěr a celkové vyšší relativní vlhkosti vzduchu konstrukce umístěné v blízkosti vody, dochází i k zatékání do nosné konstrukce a do konstrukcí chodníků a potažmo konstrukcí monolitických říms z horního líce mostní konstrukce. K zatékání dochází jak z povrchu vozovky, drobnými poruchami typu podélných trhlin, tak ve styku vozovky a kamenných obrubníků, ale zejména z povrchu konstrukcí chodníků. **Současně to indikuje i nefunkčnost hydroizolačních vrstev mostu** a podpovrchových mostních závěrů. K zatékání dochází i do míst uložení nosné konstrukce na konstrukci úložného prahu.

Pevnostní charakteristiky nosné konstrukce i konstrukce spodní stavby odpovídají obdobným konstrukcím z daného období. Pevnost v tlaku nosné konstrukce i konstrukce úložných prahů odpovídá pevnostní třídě C30/37 (dříve B35).

Z nosné konstrukce a z konstrukcí říms, které jsou vyztužené a současně jsou vystavené působení vody pronikající do konstrukce z povrchu mostu, byly odebrány vzorky, u kterých byl stanoven obsah chloridových iontů. Ten byl následně porovnán s limity určenými ČSN EN 206 pro

železobetonové konstrukce. V místech, kde dochází k viditelnému přímému zatékání do daných konstrukcí (u římsy a na spodním líci nosné konstrukce u kraje mostu) jsou limity výrazně překročeny. V místě průsaku vody v ploše nosné konstrukce je obsah chloridových iontů zvýšený, ale nepřesahuje povolené limity. Elektrochemickou korozi jsou tedy ohroženy pouze prvky, kde dochází k přímému ataku dané konstrukce vodou přicházející z povrchu mostu.

Pro prodloužení životnosti mostu je nutné provést následující. **Bezpodmínečně nutná je obnova hydroizolačních vrstev v celé ploše mostu a to včetně chodníků** (říms). Právě monolitické chodníky, které přecházejí v konstrukce říms, jsou poškozeny natolik, že bude nutné provést jejich výměnu. Současně je zřejmé, že právě v těchto prvcích bude největší obsah chloridových iontů a tím pádem bude docházet v daném prostředí k elektrochemické korozi výztuže.

Nosná konstrukce bude muset být opravena na spodním líci a boku tak, aby bylo dosaženo dostatečné krycí vrstvy betonu nad výztuží a to včetně distanční výztuže. Prvním krokem bude odstranění nesoudržných částí konstrukce a korozních zplodin výztuže. Dále bude výztuž ošetřena ochranným alkalickým nátěrem. Následně bude provedeno plošné převrstvení konstrukce. V místech, kde byla realizována původní pemrlovaná omítka (umělý kámen) je možné ji obnovit pomocí prefabrikovaných suchých maltových směsí. Finalizaci spodního líce konstrukce mostu je možné provést plošným ochranným nátěrem, nebo hydrofobizačním prostředkem.

Konstrukce zábradlí a konstrukce svodidel přilehlé komunikace je nutné provést tak, aby odpovídaly stávajícím předpisům a požadavkům. Vzhledem k výše popsanému poměrně rozsáhlému postupu, který zahrnuje i výměnu souvrství vozovky a chodníků, je vhodné zvážit i sanaci předpolí mostu.



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

CSW Projekt CZ, s.r.o.

Ing. Tomáš Částka

Na Větrníku 1603/39

162 00 Praha 6 – Břevnov

Telefon: +420 235 351 259

IČO: 28991613 DIČ: CZ28991613



Č. zak.: 20161003

**Stavebně technický průzkum mostu evid. č. 373 – 015
přes místní vodoteč v obci Křtiny**

V Praze 31. 10. 2016

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	5
4.1.1.	Konstrukce spodní stavby	5
4.1.2.	Nosná konstrukce	6
4.1.3.	Ložiska, mostní závěry, římsy, vozovka, chodníky, VO, zábradlí	6
4.2.	Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných jádrových vývrtech	7
4.2.1.	Konstrukce opěr	7
4.2.2.	Nosná konstrukce – železobetonová monolitická deska	8
4.3.	Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Schmidtova tvrdoměru	8
4.4.	Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Maškova špičáku	9
4.5.	Zkouška měření tloušťky krycí vrstvy nad výztuží	9
4.6.	Stanovení hloubky karbonatace	10
4.7.	Stanovení obsahu chloridových iontů	10
4.8.	Stanovení mrazuvzdornosti betonu dle ČSN 73 1326 Z1 – metoda A	11
5.	Závěr a návrh opatření	11

I. TABULKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

II. FOTODOKUMENTACE

1. Úvod

Na základě domluvy s objednatelem byl proveden stavebně technický průzkum mostu evid. č. 373 – 015 přes místní vodoteč v obci Křtiny.

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 SS a NK
- 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 iontů na úrovni betonářské výztuže
- stanovení rizika poškození konstrukce cyklickým působením mrazu

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. 373 - 015, který převádí silnici druhé třídy přes Křtinský potok v obci Křtiny.

Komunikace je převáděna kolmo přes koryto potoka. Rozpětí mostu je 3,45 m, délka opěr je 14,0 m. Nosnou konstrukci tvoří prostě uložená monolitická železobetonová deska tl. 0,25 m. Nosná deska je na opěry uložena přímo, přes lepenku. Na návodní straně na nosnou konstrukci mostu navazuje ocelový rošt, který umožňuje vstup pod most. Návodní líc nosné konstrukce a líc římsy jsou opatřeny ochrannou omítkou z „umělého kamene“ (pemrlovanou omítkou). Na povodním líci na konstrukci předmětného mostu navazuje další konstrukce uzavírající koryto potoka vedoucí pod chodníkem obce.

Konstrukce spodní stavby je tvořena masivními krajními betonovými opěrami s kamenným obkladem. Obklad je realizován cca 1 m od kraje mostu po celé výšce opěr. Křídla mostu nejsou, plynule přechází v nábrežní zídky vymezující koryto potoka. Založení konstrukce mostu je na masivních plošných základech, která však nebyly v rámci STP odhaleny.

Mezi konstrukcí opěry a nábrežní zídkou je u opěry 1 zaústěna kanalizace pouze přerušením konstrukce, kam jsou směřována trubní vedení a je zde patrný kruhový průřez dešťové kanalizace pravděpodobně z komunikace II/373.

Volná šířka mostu je 14,0 m s oboustranným chodníkem šířky 1,25 m. Konstrukce vozovky je tvořena asfaltobetonovým krytem.

Zábradlí na návodní straně mostu železobetonové se sloupky obdélníkového půdorysu s povrchem z umělého kamene a třemi madly z železobetonových profilů kruhového průřezu, které jsou částečně nahrazeny ocelovými profily.

Odvodnění mostu je v blízkosti chodníku na povodní straně konce mostu dvěma kanálovými vpustěmi, které následně ústí do opěry mostu. Druhou opěrou mostu rovněž prochází potrubí dešťové kanalizace.

Na monolitické římse na návodní straně mostu jsou uchycena trubní vedení pro instalace. Jedná se o kovovou a plastovou trubku.

Konstrukce mostu je z 50. let 20. století.

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. Současně byla stanovena mrazuvzdornost betonu pro zjištění rizika degradace betonu

v důsledku cyklického působení mrazu. 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 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

Na konstrukcích spodní stavby nejsou patrné žádné poruchy, které by indikovaly problémy v základových konstrukcích, nebo statické problémy podpěr.

Na konstrukcích opěr, na úrovni kolísání hladiny vody, jsou zejména v blízkosti návodní strany mostu patrné poruchy způsobené vymýváním vodou a případně unášeným materiálem. Na konstrukcích došlo k úbytku materiálu betonu a vznikla tak liniová porucha (viz fotodokumentace). Lokálně je patrný průnik vody do konstrukce a to jak vzlínáním, tak průnikem z rubu opěry. Na povrchu konstrukce opěr je patrná degradace cementového tmelu do hloubky cca 2 mm, která způsobuje odhalení jemných zrn kameniva. V několika úrovních jsou patrné na konstrukcích opěr pracovní spáry, kde lokálně dochází k tvorbě výluhů. To indikuje průnik vody těmito oslabenými místy. Pracovní spára je patrná také v bezprostřední blízkosti prostupu kanalizace. Nejmasivnější zatékání je patrné v místě napojení opěr konstrukce mostu na zatrubnění potoka.

Na konstrukcích přilehlých **nábřežních zídek** před návodním lícem mostu jsou lokální poruchy spočívající ve vypadávání zdíci malty a výjimečně i zdících prvků, nebo jejich částí. V konstrukcích zdí jsou uchyceny náletové rostliny, traviny a mech. Do konstrukce vniká voda v místech uchyceného ocelového zábradlí a svodidel. V místě, kde je přerušena nábrežní zídka před konstrukcí opěry 1 u návodní strany mostu, dochází evidentně k vnikání vody do této mezery a tím i k vnikání vody za konstrukci opěry, nebo alespoň k vnikání vody na styk konstrukce s terénem za opěrou. To může podporovat korozní procesy v betonu a případně i odplavení materiálu z terénu.

Pod mostní konstrukcí je poměrně velké množství naplavenin, které mění polohu toku pod mostem. Lokálně tak dochází k nerovnoměrnému zatížení konstrukcí opěr vodou a vzniku poruch na úrovni kolísání vodní hladiny.

4.1.2. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce je tvořená železobetonovou deskou tl. 250 mm s rozpětím 3,45 m. Na spodním líci konstrukce desky nejsou patrné žádné poruchy, které by indikovaly statické problémy konstrukce, nebo problémy základových konstrukcí.

Na spodním líci konstrukce nosné desky je patrná korodující distanční výztuž. S tím je spojené odpadávání krycí vrstvy betonu nad touto výztuží. Největší poruchy jsou patrné v místě napojení mostu na zatrubnění potoka. V tomto místě je patrné zatékání do konstrukce. Uprostřed rozpětí mostu cca do vzdálenosti 500 mm od spáry dochází k masivní korozi výztuže a degradaci betonu do hloubky až 50 mm. Jedná se o poruchy z kombinace vlivu karbonatace, koroze v důsledku působení mrazu a působení chloridových iontů. Na spodním líci konstrukce jsou patrné lokální průsaky vody v ploše desky nosné konstrukce. Nejvíce cca 2 m od povodního konce mostu, kde dochází k větší korozi výztuže a tvorbě uhličitánových výluhů. Průsaky jsou situovány do poloviny konstrukce mostu blíže k zatrubnění potoka. Lokální průsaky jsou patrné i v místě uložení nosné konstrukce na opěry.

Součástí vizuální prohlídky bylo i provedení sond do konstrukce vozovky. Byla odhalena následující skladba v celkové tl. 400 mm:

- | | |
|-----------------------------------|--------|
| - asfaltobetonový kryt | 50 mm |
| - štěrk střední frakce do 64 mm | 150 mm |
| - dlažba | 150 mm |
| - štěrk frakce do 24 mm | 25 mm |
| - betonová mazanina | 25 mm |
| - asfaltová izolace – 2 vrstvy | 5 mm |
| - nosná železobetonová konstrukce | |

4.1.3. Ložiska, mostní závěry, římsy, vozovka, chodníky, VO, zábradlí

Místa uložení nosné konstrukce (železobetonové desky) na konstrukce úložných prahů opěr jsou bez větších poruch s výjimkou míst, kde dochází k zatékání vody do konstrukce.

Mostní závěry jsou podpovrchové a nejsou patrné na horním líci vozovky.

Konstrukce vozovky je tvořena AB krytem a jsou v ní lokální vyspravené poruchy. Jsou zde patrné lokálně vyjeté koleje a příčné trhliny.

Konstrukce **zábradlí** je pouze na návodní straně. Zábradlí na návodní straně je bez poruch. Konstrukce zábradlí na povodní straně je rozdělena na sloupky a madla. Konstrukce sloupků jsou opět opatřeny pemrlovanou omítkou s paspartou. Ta je porušena trhlínami 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.

Ve velmi špatném stavu je ocelová konstrukce (trámy a ocelové rošty), která slouží jako vstup do koryta potoka. Konstrukce koroduje a to tak, že úbytek oceli na nosných prvcích dosahuje 3 mm a u ocelového roštu dochází k jeho proreznutí, porušení jednotlivých prutů i celých rámců roštu.

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 100 mm.

4.2.1. Konstrukce opěr

Jádrový vývrt OP1/1 průměru cca 100 mm byl odebrán z opěry 1. Plášť jádrového vývrťu je kompaktní se středním množstvím pórů větších než 2 mm a velkým množstvím pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou patrné kaverny větší než 5 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 36 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Střední frakce kameniva jsou zastoupeny v poměrně malém množství. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt OP1/2 průměru cca 100 mm byl odebrán z opěry 1. Plášť jádrového vývrťu je kompaktní se středním množstvím pórů větších než 2 mm a velkým množstvím pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou patrné kaverny větší než 5 mm. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 44 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Střední frakce kameniva jsou zastoupeny v poměrně malém množství. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt OP2 průměru cca 100 mm byl odebrán z opěry 2. Plášť jádrového vývrťu je kompaktní se středním množstvím pórů větších než 2 mm a velkým množstvím pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou patrné kaverny větší než 5 mm a místa indikující špatně zhutněný beton. Použité kamenivo je těžené s největším zrnem 48 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Střední frakce kameniva jsou zastoupeny v poměrně malém množství. 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 **konstrukce opěr** je **27,37 MPa**, směrodatná odchylka je 4,4 MPa a variační koeficient je 15,98 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrtů je možné beton zatřídit jako min. **C20/25 (dříve B25)**.

4.2.2. Nosná konstrukce – železobetonová monolitická deska

Jádrový vývrt NK1 průměru cca 100 mm byl odebrán z horního líce nosné konstrukce z povodní strany mostu. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou vněm patrné kaverny indikující horší zhutnění betonu. Použité kamenivo je kombinací těženého a drceného s největším zrnem 54 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno a je zastoupeno v poměrně velkém množství. Při odběru JV byla zasažena výztuž typu ROXOR průměru 8 mm. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt NK2 průměru cca 100 mm byl odebrán z horního líce nosné konstrukce z povodní strany mostu. Plášť obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je kombinací těženého a drceného s největším zrnem 38 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno a je zastoupeno v poměrně velkém množství. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace chemického charakteru.

Jádrový vývrt NK3 průměru cca 100 mm byl odebrán návodní strany nosné konstrukce. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je kombinací těženého a drceného s největším zrnem 36 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno a je zastoupeno v poměrně velkém množství. 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)** je **34,08 MPa**, směrodatná odchylka je 3,8 MPa a variační koeficient je 11,11 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrtů je možné beton zatřídit jako min. **C30/37 (dříve B35)**.

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 zařadit 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.

Konstrukce monolitické železobetonové desky nosné konstrukce má **průměrnou pevnost betonu v tlaku 29,3 MPa**. Směrodatná odchylka je 1,9 MPa a variační koeficient je 6,49 %. Na základě těchto výsledků s přihlédnutím k počtu provedených zkoušek je možné beton zařadit jako **C20/25 (dříve B25)**.

4.4. Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Maškova špičáku

Metoda Maškova špičáku je zařazována mezi nedestruktivní metody (ČSN 731373), 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 každé z konstrukcí opěr bylo realizováno 9 ks zkoušek, celkem 18 ks zkoušek. Průměrná pevnost betonu v tlaku **konstrukcí opěr** je **24,7 MPa**, směrodatná odchylka je 5,4 MPa a variační koeficient je 22,0 %. Na základě zjištěných hodnot s uvažováním širší statistické skupiny je možné beton zařadit jako min. **C16/20** (dříve B20).

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 desky nosné konstrukce** je **12,4 mm**, směrodatná odchylka je 3,8 mm a variační koeficient je 30,6 %. Minimální stanovená hodnota je 7,0 mm.

4.6. Stanovení hloubky karbonatace

Tloušťka zkarbonatované vrstvy byla stanovována pomocí kolorimetrického indikátoru fenolftaleinu, který reaguje v oblasti $\text{pH} = 9,6$ 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 desce nosné konstrukce** byla zjištěna průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy **18,3 mm**, směrodatná odchylka 2,0 mm a variační koeficient 11,0 %. Maximální stanovená hodnota je 21,0 mm.

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 pro daný typ konstrukce.

U vzorku odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky)** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **100 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.

U vzorku odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky)** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **126 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 **0,10 %** z hmotnosti cementu.

U vzorku odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky) – spára mezi mostem a zatrubněním potoka**, byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **1560 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 **1,20 %** 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). Vzorky byly odebírány z konstrukce na úrovni betonářské výztuže.

Stanovení obsahu chloridů v jednotlivých vzorcích je patrné z příloženého protokolu.

4.8. Stanovení mrazuvzdornosti betonu dle ČSN 73 1326 Z1 – metoda A

Zkušební těleso se vloží do speciální nádoby, která se dolije vodou tak, aby bylo ponořeno 5 mm pod hladinou. Následně je těleso i s nádobou vloženo do automatického cyklovacího zařízení a zatěžováno po stanovenou dobu, nebo stanovený počet cyklů. Cykly představují střídavé zatěžování na teplotu -15°C a $+20^{\circ}\text{C}$. Po ukončení zkoušky je z povrchu tělesa odstraněn odpadlý materiál s pomocí vody. V připravené misce je odpad vysušen a následně zvážen. Kritériem pro odolnost povrchu betonu proti působení vody a CHRL je odpad betonu $< 1000 \text{ g} / \text{m}^2$.

U **konstrukcí opěr** byl zjištěn průměrný odpad $265,24 \text{ g} / \text{m}^2$ (25 cyklů); $965,95 \text{ g} / \text{m}^2$ (50 cyklů); **$1737,93 \text{ g} / \text{m}^2$ (75 cyklů)**. Zkušebním médiem byla voda. Po 75 cyklech je průměrný odpad i odpad každého zkoušeného tělesa větší než $1000 \text{ g} / \text{m}^2$. Z toho vyplývá, že podklad není dostatečně odolný vůči cyklickému působení mrazu.

5. Závěr a návrh opatření

Z provedené vizuální prohlídky a terénních i laboratorních zkoušek vyplývají následující závěry. **Hlavním problémem nosné konstrukce, i konstrukcí spodní stavby je zatékání do nosné konstrukce desky a do konstrukcí spodní stavby z rubu konstrukce.** Největší zatékání do nosné konstrukce, je patrné v místě napojení nosné konstrukce mostu a zatrubnění potoka. V oblasti do vzdálenosti cca 500 mm jsou patrné největší průsaky spojené s korozí výztuže, odpadáváním krycí vrstvy betonu nad výztuží a tvorbou uhličitánových výluhů. Jako širší oblast poruchy je možné nazvat konstrukci železobetonové desky mostu do vzdálenosti cca 2,0 od spáry. Další zatékání je patrné i v pracovních spárách konstrukcí opěr. Problematické je i zaústění odvodnění převáděné komunikace před konstrukcí opěry, kde může docházet k dotování rubu konstrukce opěry vodou z kanalizace i z koryta potoka.

Voda, která do konstrukce vniká, s sebou navíc, u mostů pozemních komunikací, vnáší do konstrukce chloridové ionty z posypových solí, které mohou vytvářet vhodné podmínky pro elektrochemickou korozi betonářské výztuže a celkové degradace betonu. Množství chloridových iontů je lokálně vysoké a překračuje kritéria (až 3 x) pro železobetonové konstrukce (viz kap. 4.7.). Toto množství se vyskytuje v nejproblematictějších místě, ve spáře mezi nosnou konstrukcí mostu a pokračujícím zatrubněním potoka, kde dochází k evidentnímu průniku vody z povrchu komunikace. Vnikání vody do konstrukce a její pronikání konstrukcí má negativní vliv i z dalších důvodů. Protékáním vody dochází k vymývání vazných součástí cementu, zvětšování objemu pórového systému betonu a tím i snižováním fyzikálně mechanických vlastností betonu. Za přítomnosti vody dochází k většině korozních procesů v betonu jako je např. karbonatace (působení vzdušného CO_2 na cementový tmel

spojené se ztrátou alkality cementového tmelu a schopnosti pasivace výztuže). Míra (hloubka) karbonatace betonu v důsledku působení vzdušného CO₂ je porovnávána s tloušťkou krycí vrstvy betonu nad výztuží. U nosné konstrukce **dosahuje hloubka karbonatace až na úroveň uložení výztuže, což se projevuje stávající lokální korozí výztuže a odpadáváním krycí vrstvy betonu nad výztuží** (viz kap. 4.5. a 4.6.).

Přítomností vody je ovlivněna i odolnost podkladních konstrukcí vůči působení mrazu což se projevuje zejména na konstrukcích opěr a úložných prahů. Provedenými zkouškami bylo zjištěno, že beton opěr nesplňuje kritéria odolnosti vůči cyklickému působení mrazu. Nedošlo však k celkovému rozpadu vzorků, což odpovídá skutečnosti, kdy dochází k degradaci cementového tmelu a odhalování jemného kameniva v konstrukci opěr. V případě mostu evid. č. 373 – 015 je degradace konstrukcí spodní stavby výraznější a to jak v ploše konstrukce, tak zejména v místě kolísání běžné hladiny vody v korytě potoka.

Fyzikálně mechanické vlastnosti betonu byly stanovovány kombinací destruktivních a ne-destruktivních zkoušek. **Pevnost betonu nosné konstrukce v tlaku je na úrovni třídy C 20/25** (dříve B25). Konstrukce spodní stavby tato kritéria splňuje také, ale jedná se od pohledu o beton horší kvality a to jak z hlediska odolnosti, tak z hlediska kvality zpracování.

Z vizuálního posouzení betonu na odebraných jádrových vývrtech a vizuální prohlídce konstrukce jako celku nejsou patrné žádné významné problémy, poruchy, ani skryté degradační procesy typu ASR.

Z provedených zkoušek a jejich vyhodnocení vyplývá následující. Pro prodloužení životnosti nosné konstrukce i konstrukcí spodní stavby je zásadní omezit vnikání vody do konstrukcí. Je nutné obnovit funkčnost hydroizolačních vrstev a současně je nutné vyřešit detail napojení nosné konstrukce mostu na zatrubnění koryta potoka. Dále je nutné minimalizovat vnikání vody za konstrukce opěr. K tomu je možné zajistit dostatečné odvodnění okolí mostu, ale při případném odstranění souvrství nad nosnou konstrukcí je možné také provést izolaci opěr. Toho je možné dosáhnout např. i zaplněním případných kaveren za opěrami pomocí injektážních materiálů s obsahem bentonitových jíílů. Součástí oprav konstrukcí spodní stavby je reprofilace konstrukcí tak, aby nedocházelo k další dotaci konstrukcí vodou vztlínáním a byly opraveny poruchy vzniklé na úrovni kolísání hladiny. Vzhledem k nízké odolnosti konstrukce spodní stavby (v místě bez obkladu) vůči cyklickému působení mrazu, tím spíše vůči působení kombinace mrazu a CHRL, je žádoucí provést reprofilaci konstrukcí opěr za pomoci mechanického kotvení reprofilačních vrstev. To spočívá v nakotvení trnů do dostatečné hloubky v degradovaném podkladu, navázání sítě na tyto trny a následné m nanesení reprofilační malty v dostatečné tloušťce.

U nosné konstrukce je nezbytné zajistit dostatečnou krycí vrstvu betonu nad výztuží (i nad distanční výztuží), aby byla zajištěna dostatečně dlouhá životnost železobetonové desky. To je možné provést „klasickým“ postupem pro sanaci železobetonových konstrukcí. Nejprve je konstrukce očištěna a zbavena všech nesoudržných částí. Následně dojde k ošetření výztuže ochran-

ným alkalickým nátěrem. Následně je provedena dostatečná krycí vrstva pomocí k tomu určených prefabrikovaných směsí. Následně je vhodné konstrukci opatřit ochranným nátěrem.

Součástí celkové opravy mostní konstrukce bude i oprava konstrukce zábradlí a to tak, aby byly splněny stávající požadavky na bezpečnost. Rovněž bude nutné vyřešit místo vstupu do koryta potoka a to výměnou stávajících ocelových roštů, nebo jiným alternativním způsobem.



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

CSW Projekt CZ, s.r.o.

Ing. Tomáš Částka

Na Větrníku 1603/39

162 00 Praha 6 – Břevnov

Telefon: +420 235 351 259

IČO: 28991613 DIČ: CZ28991613



Č. zak.: 20161001

**Stavebně technický průzkum mostu evid. č. 37445 - 9
přes místní vodoteč v obci Křtiny**

V Praze 30. 10. 2016

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	5
4.1.1.	Konstrukce spodní stavby	5
4.1.2.	Nosná konstrukce.....	5
4.1.3.	Ložiska, mostní závěry, římsy, vozovka, chodníky, VO, zábradlí	6
4.2.	Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných jádrových vývrtech	7
4.2.1.	Konstrukce opěr	7
4.2.2.	Nosná konstrukce – železobetonová monolitická deska	8
4.3.	Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Schmidtova tvrdoměru	9
4.4.	Zkouška měření tloušťky krycí vrstvy nad výztuží	9
4.5.	Stanovení hloubky karbonatace.....	9
4.6.	Stanovení obsahu chloridových iontů	10
4.7.	Stanovení mrazuvzdornosti betonu dle ČSN 73 1326 Z1 – metoda A.....	11
5.	Závěr a návrh opatření	11

I. TABULKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

II. FOTODOKUMENTACE

1. Úvod

Na základě domluvy s objednatelem byl proveden stavebně technický průzkum mostu evid. č. 37445 – 9 přes místní vodoteč v obci Křtiny.

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 SS a NK
- 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 iontů na úrovni betonářské výztuže
- stanovení rizika poškození konstrukce cyklickým působením mrazu

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. 37445 - 9, který převádí silnici třetí třídy přes Křtinský potok v obci Křtiny.

Komunikace je převáděna šikmo přes potok pod úhlem cca 20 °. Délka přemostění je 18 m, s tím, že délka konstrukce je cca 60 m (délka opěr), a rozpětí mostu je 6,0 m. Nosnou konstrukci tvoří prostě uložená monolitická železobetonová deska tl. 0,35 m. Nosná deska je na opěry uložena přímo, přes lepenku. Konstrukce opěr i nosná konstrukce jsou rozděleny do 5 dilačních (pracovních) celků.

Konstrukce spodní stavby je tvořena masivními krajními betonovými opěrami s kamenným obkladem. Obklad je realizován ve dvou vrstvách po celé délce mostu, cca 1,5 m od kraje mostu je obklad realizován po celé výšce opěr. Křídla mostu nejsou, plynule přechází v nábrežní zídky vymezující tok potoka. Založení konstrukce mostu je na masivních plošných základech, která však nebyly v rámci STP odhaleny.

Návodní i povodní líc nosné konstrukce a líce opěr a kraje opěr jsou opatřeny ochrannou omítkou z „umělého kamene“ (pemrlovanou omítkou) s paspartou.

Konstrukce vozovky je široká 6,50 m se zpevněnými krajnicemi 0,5 m na každé straně (přecházejícími do parkoviště resp. autobusové zastávky) a je tvořena AB krytem. Konstrukce říms jsou monolitické železobetonové, opatřené omítkou z umělého kamene.

Zábradlí na povodní straně mostu je železobetonové se sloupky obdélníkového půdorysu s povrchem z umělého kamene a dvěma madly z ocelových trubek s kruhovým průřezem. Zábradlí na návodní straně mostu je ocelové z prvků s obdélníkovým průřezem (jeklů), opatřené ochranným nátěrem. Odvodnění mostu je podélným a příčným sklonem.

V opěře 2 je vyvedeno potrubí kanalizace. Přístup k mostu je umožněn po schodišti, které vede do koryta potoka.

Konstrukce mostu je z roku 1950.

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. Současně byla stanovena mrazuvzdornost betonu pro zjištění rizika degradace betonu v důsledku cyklického působení mrazu. 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 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

Na konstrukcích spodní stavby nejsou patrné žádné poruchy, které by indikovaly problémy v základových konstrukcích, nebo statické problémy podpěr.

Na konstrukcích krajních opěr je patrné zatékání v místech dilatačních spár a to ve styku deska opěra. Dilatační spáry jsou v mostu 4. Lokálně je patrný průnik vody do opěr a to jak z rubu konstrukce, tak vzlínáním, který se projevuje lokálními drobnými uhličitánovými výluhy.

Na konstrukcích přilehlých **nábřežních zídek** jsou patrné poruchy spojené s vypadáváním zdících prvků a degradací zdící malty. V konstrukcích zdí jsou uchyceny náletové rostliny, traviny a mech. Do konstrukce vniká voda v místech uchyceného ocelového zábradlí a svodidel.

Pod mostní konstrukcí je velké množství naplavenin, které mění polohu toku pod mostem. Lokálně tak dochází k nerovnoměrnému zatížení konstrukcí opěr vodou.

4.1.2. Nosná konstrukce

Nosná konstrukce je tvořena železobetonovou deskou tl. 350 mm s rozpětím 6,0 m a celkovou délkou přemostění 18 m. Nosná konstrukce má však délku cca 60 m. Konstrukce desky je rozdělena do 5 dilatačních (pracovních) celků. Na konstrukci vozovky nejsou žádné povrchové mostní závěry. Konstrukce je v místech dilatačních (pracovních) spár zatížena zatékáním vody. Největší průsaky jsou patrné mezi prvním a druhým úsekem, v první spáře (ve směru staničení – od Adamova), kde dochází k tvorbě výluhů, korozi výztuže a odpadávání krycí vrstvy betonu nad výztuží a to do vzdálenosti cca 200 mm na obě strany od spáry. Zatékání je patrné i v místech uložení desky na opěry. Obdobné zatékání je patrné ve všech spárách konstrukce s tím, že míra zatékání se snižuje směrem od spáry 1 ke spáře 4. Na konstrukci jsou patrné i další poruchy v ploše spodního líce desky, kde dochází ke korozi distanční výztuže (pruty výztuže zajišťující dostatečné krytí nosné výztuže), která je orientována ve směru rovnoběžném s osou otvoru, a to v celé délce konstrukce u cca 30 % výztuže. Jedná se o hladkou kulatou výztuž. V bezprostřední blízkosti spár (zejména spáry 1 a 2) a v 5. úseku konstrukce desky dochází ke korozi podélné nosné výztuže (typ ROXOR) a odpadávání krycí vrstvy betonu nad výztuží. Odhalená nosná výztuž typu ROXOR má průměr 24 mm a hladká distanční výztuž má průměr 6 mm.

V nosné konstrukci nejsou patrné statické trhliny, nebo jiné poruchy, které by indikovaly statické problémy konstrukce, nebo chemické degradační vlivy.

Na bocích nosné konstrukce je provedena pemrlovaná omítka (umělý kámen), za kterou vniká voda a dochází k její delaminaci v důsledku cyklického působení mrazu. Porušení je provázeno tvorbou trhlin, kterými proniká voda a dochází k vyluhování ve vodě rozpustných uhličitů. Delaminace byla pomocí akustického trasování identifikována na cca 60 % plochy opatřené omítkou.

Součástí vizuální prohlídky bylo i provedení sond do konstrukce vozovky. Byla odhalena následující skladba v celkové tl. 350 mm:

- | | |
|-----------------------------------|--------|
| - asfaltobetonový kryt | 95 mm |
| - hubený cementový potěr | 70 mm |
| - štěrky střední frakce do 32 mm | 50 mm |
| - štěrky hrubé frakce do 100 mm | 100 mm |
| - písek frakce do 4 mm | 30 mm |
| - asfaltová izolace – 2 vrstvy | 5 mm |
| - nosná železobetonová konstrukce | |

Jednotlivé poruchy a celkový stav mostu je patrný z přiložené fotodokumentace.

4.1.3. Ložiska, mostní závěry, římsy, vozovka, chodníky, VO, zábradlí

Místa uložení nosné konstrukce (železobetonové desky) na konstrukce úložných prahů opěr jsou bez větších poruch s výjimkou míst, kde jsou dilatační spáry a kde dochází k zatékání vody do konstrukce. I v těchto případech se spíše jedná o porušení krycí vrstvy betonu nad výztuží nosné konstrukce, než o degradaci opěr, které nejsou vyztuženy.

Mostní závěry jsou podpovrchové a nejsou patrné na horním líci vozovky.

Konstrukce vozovky je tvořena AB krytem a jsou v ní lokální vyspravené poruchy. Nejsou zde patrné žádné trhliny, které by kopírovaly spáry v nosné konstrukci a bylo by možné je identifikovat jako zdroj zatékání.

Konstrukce říms nevykazují žádné závažnější poruchy. Římsy jsou stejně jako bok nosné konstrukce finalizovány pemrlovanou omítkou. I na konstrukcích říms, na horním líci i na boku, dochází k delaminaci této omítky v důsledku mrazového působení. Poškození je identifikováno pomocí akustického trasování na cca 60 % plochy opatřené omítkou. Současně dochází k vnikání vody za římsu, z prostoru parkoviště i z prostoru zastávky, kde není vozovka, ale spíše zpevněná krajnice, a tím je umožněn útok nosné konstrukce.

Konstrukce **zábradlí** je rozdílná na návodní a povodní straně. Zábradlí na návodní straně je bez poruch. Konstrukce zábradlí na povodní straně je rozdělena na sloupky a madla. Konstrukce sloupků jsou opět opatřeny pemrlovanou omítkou s paspartou. Ta je porušena trhlinami a evi-

dentně dochází k jejím oddělení od podkladu v důsledku zatékání vody a potažmo mrazového působení. Madla zábradlí jsou bez větších poškození.

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 100 mm.

4.2.1. Konstrukce opěr

Jádrový vývrt OP1 průměru cca 100 mm byl odebrán z opěry 1. Plášť jádrového vývrťu je kompaktní s malým množstvím pórů větších než 2 mm a střední množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je kombinací těžného a drceného s největším zrnem 48 mm. Kamenivo má v poměrně hodně případech nevhodný tvarový index. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Střední frakce kameniva jsou zastoupeny v poměrně malém množství. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Povrch konstrukce je opatřen jemnozrnnou pemrlovanou omítkou tl. 12 mm. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace.

Jádrový vývrt OP2 průměru cca 100 mm byl odebrán z opěry 1. Plášť jádrového vývrťu má malé množství pórů větších než 2 mm a střední množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je kombinací těžného a drceného s největším zrnem 28 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Střední frakce kameniva jsou zastoupeny v menším množství. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace.

Jádrový vývrt OP3 průměru cca 100 mm byl odebrán z opěry 2. Plášť jádrového vývrťu má malé množství pórů větších než 2 mm a střední množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je kombinací těžného a drceného s největším zrnem 64 mm, které je zastoupeno pouze v jednom kusu. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno. Střední frakce kameniva jsou zastoupeny v menším množství. Povrch konstrukce je opatřen pemrlovanou omítkou tl. 14 mm. Při odběru JV nebyla zasažena výztuž. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace.

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 **konstrukce opěr (úložných prahů)** je **44,03 MPa**, směrodatná odchylka je 4,8 MPa a variační koeficient je 11,00 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrtů je možné beton zatřídit jako min. **C40/50 (dříve B50)**.

4.2.2. Nosná konstrukce – železobetonová monolitická deska

Jádrový vývrt NK1 průměru cca 100 mm byl odebrán z povodní strany mostu. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Lokálně jsou v něm patrné kaverny indikující horší zhutnění betonu. Použité kamenivo je kombinací těžného a drce-ného s největším zrnem 74 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno a je zastoupeno v poměrně velkém množství. Při odběru JV byla zasažena hladká výztuž průměru 6 mm. Na povrchu konstrukce byla zasažena pemrlovaná omítka tl. 12 mm. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace.

Jádrový vývrt NK2 průměru cca 100 mm byl odebrán z horního líce nosné konstrukce. Plášť jádrového vývrtu je v horní části cca 40 mm od horního líce konstrukce málo hutný. Ve větší hloubce je plášť vývrtu dostatečně hutný a hladký. Plášť obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je kombinací těžného a drce-ného s největším zrnem 18 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno a je zastoupeno v poměrně velkém množství. Při odběru JV byla zasažena výztuž typu ROXOR průměr 24 mm v hloubce 70 mm. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace.

Jádrový vývrt NK3 průměru cca 100 mm byl odebrán z návodní strany nosné konstrukce. Plášť jádrového vývrtu je hutný a obsahuje malé množství pórů větších než 1 mm. Použité kamenivo je kombinací těžného a drce-ného s největším zrnem 36 mm. Kamenivo je v betonu rovnoměrně rozmístěno a je zastoupeno v poměrně velkém množství. Při odběru JV došlo k rozdělení jádrového vývrtu v hloubce cca 150 mm. Dále při odběru JV byly zasaženy dva pruty výztuže a to výztuž typu ROXOR průměr 12 mm a hladký prut průměru 6 mm. Na povrchu nosné konstrukce byla zasažena pemrlovaná omítka tl. 10 mm. Na JV nejsou patrné žádné poruchy ani degradace.

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)** je **45,89 MPa**, směrodatná odchylka je 6,3 MPa a variační koeficient je

13,68 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vývrtů je možné beton zatřídit jako min. **C35/45 (dříve B45)**.

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.

Konstrukce monolitické železobetonové desky nosné konstrukce má **průměrnou pevnost betonu v tlaku 29,2 MPa**. Směrodatná odchylka je 3,4 MPa a variační koeficient je 11,79 %. Na základě těchto výsledků s přihlédnutím k počtu provedených zkoušek je možné beton zatřídit jako **C20/25 (dříve B25)**.

Konstrukce monolitického úložného prahu opěr má **průměrnou pevnost betonu v tlaku 33,7 MPa**. Směrodatná odchylka je 4,4 MPa a variační koeficient je 13,12 %. Na základě těchto výsledků s přihlédnutím k počtu provedených zkoušek je možné beton zatřídit jako **C20/25 (dříve B25)**.

4.4. 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 desky nosné konstrukce** je **12,0 mm**, směrodatná odchylka je 3,7 mm a variační koeficient je 31,1 %. Minimální stanovená hodnota je 6,0 mm.

4.5. 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 pří-

klepovém vrtání do jednotlivých konstrukčních prvků a současně bylo aplikováno na povrch jednotlivých jádrových vývrtů.

Na monolitické **železobetonové desce nosné konstrukce** byla zjištěna průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy **18,7 mm**, směrodatná odchylka 3,3 mm a variační koeficient 17,5 %. Maximální stanovená hodnota je 24,0 mm.

4.6. 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 porovnává s hodnotou udanou v ČSN EN 206 pro daný typ konstrukce.

U vzorku odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky), v místě koro-
dující výztuže** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **< 40 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 **< 0,03 %** z hmotnosti cementu.

U vzorku odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky) ve spáře 3
v místě zatékání** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **1280 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 **0,98 %** z hmotnosti cementu.

U vzorku odebraného z **nosné konstrukce (železobetonové desky) ve spáře 2
v místě zatékání** byl stanoven obsah **chloridových iontů** na úrovni **900 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 **0,69 %** 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). Vzorky byly odebírány z konstrukce na úrovni betonářské výztuže.

Stanovení obsahu chloridů v jednotlivých vzorcích je patrné z příloženého protokolu.

4.7. Stanovení mrazuvzdornosti betonu dle ČSN 73 1326 Z1 – metoda A

Zkušební těleso se vloží do speciální nádoby, která se dolije vodou tak, aby bylo ponořeno 5 mm pod hladinou. Následně je těleso i s nádobou vloženo do automatického cyklovacího zařízení a zatěžováno po stanovenou dobu, nebo stanovený počet cyklů. Cykly představují střídavé zatěžování na teplotu -15°C a $+20^{\circ}\text{C}$. Po ukončení zkoušky je z povrchu tělesa odstraněn odpadlý materiál s pomocí vody. V připravené misce je odpad vysušen a následně zvážen. Kritériem pro odolnost povrchu betonu proti působení vody a CHRL je odpad betonu $< 1000 \text{ g} / \text{m}^2$.

U **konstrukcí opěr** byl zjištěn průměrný odpad $292,95 \text{ g} / \text{m}^2$ (25 cyklů); $617,56 \text{ g} / \text{m}^2$ (50 cyklů); **$1302,45 \text{ g} / \text{m}^2$ (75 cyklů)**. Zkušebními médii byla voda. Po 75 cyklech je průměrný odpad i odpad každého zkoušeného tělesa větší než $1000 \text{ g} / \text{m}^2$. Z toho vyplývá, že podklad není dostatečně odolný vůči cyklickému působení mrazu.

5. Závěr a návrh opatření

Z provedené vizuální prohlídky a terénních i laboratorních zkoušek vyplývají následující závěry. **Hlavním problémem nosné konstrukce, i konstrukcí spodní stavby je zatékání do vozovky a nosné konstrukce desky.** K zatékání nedochází konkrétně viditelnou poruchou.

Voda, která do konstrukce vniká, s sebou navíc, u mostů pozemních komunikací, vnáší do konstrukce chloridové ionty z posypových solí, které mohou vytvářet vhodné podmínky pro elektrochemickou korozi betonářské výztuže a celkové degradace betonu. **Množství chloridových iontů je lokálně vysoké a překračuje kritéria (až 2,5 x) pro železobetonové konstrukce (viz kap. 4.6).** Vnikání vody do konstrukce a její pronikání konstrukcí má negativní vliv i z dalších důvodů. Protékáním vody dochází k vymývání vazných součástí cementu, zvětšování objemu pórového systému betonu a tím i snižování fyzikálně mechanických vlastností betonu. Za přítomnosti vody dochází k většině korozních procesů v betonu jako je např. karbonatace (působení vzdušného CO_2 na cementový tmel spojené se ztrátou alkality cementového tmelu a schopnosti pasivace výztuže). Míra (hloubka) karbonatace betonu v důsledku působení vzdušného CO_2 je porovnávána s tloušťkou krycí vrstvy betonu nad výztuží. V místech, kde je konstrukce opatřena vrstvou pemrlované omítky, je výrazně nižší míra karbonatace a tím je i nižší riziko elektrochemické koroze výztuže. U nosné konstrukce **dosahuje hloubka karbonatace až na úroveň uložení výztuže, což se projevuje stávající lokální korozí výztuže a odpadáváním krycí vrstvy betonu nad výztuží** (viz kap. 4.4. a 4.5.). Přítomností vody je ovlivněna i odolnost podkladních konstrukcí vůči působení mrazu což se projevuje zejména na konstrukcích opěr a úložných prahů. Provedenými zkouškami bylo zjištěno, že beton opěr nesplňuje kritéria odolnosti vůči cyklickému působení mrazu. Nedošlo však k celkovému rozpadu vzorků, což odpovídá skutečnosti, kdy dochází k degradaci cementového tmelu a odhalování jemného kameniva v konstrukci opěr.

Fyzikálně mechanické vlastnosti betonu byly stanovovány kombinací destruktivních a nedestruktivních zkoušek. Pevnost betonu **nosné konstrukce** v tlaku je na úrovni třídy **C 35/45** (dříve B45). Pevnost betonu v tlaku **konstrukce opěr (úložných prahů)** je na úrovni třídy **C 40/50** (dříve B50).

Při nedestruktivních zkouškách bylo dosaženo výrazně nižších pevností než při destruktivních zkouškách na odebraných jádrových vývrtech. To lze přičítat horší kvalitě povrchových vrstev betonu. I při vybroušení povrchu konstrukce není možné brát v úvahu pouze nedestruktivní zkoušky konstrukce.

Při zohlednění destruktivních a nedestruktivních zkoušek na konstrukci lze konstatovat, že **pevnostní charakteristiky jsou na úrovni pevnosti betonu C25/30 (B30) a odpovídají obdobným konstrukcím z doby výstavby.**

Z vizuálního posouzení betonu na odebraných jádrových vývrtech a vizuální prohlídky konstrukce jako celku nejsou patrné žádné významné problémy, poruchy, ani skryté degradační procesy typu ASR.

Z výše zjištěných skutečností lze vyvodit, že je nutné provést opatření, která odstraní problémy se zatékáním vody do nosné konstrukce a na konstrukce úložných prahů. Dále je patrné, že k oddělení pemrlované omítky od podkladu došlo v důsledku zatékání vody do konstrukce a potažmo mrazového působení. Nelze tedy očekávat její dlouhodobější funkčnost.

Pro prodloužení životnosti konstrukce jako celku je tedy nutné provést následující kroky. Odstranění všech delaminovaných vrstev pemrlované omítky, degradovaných a uvolněných vrstev. Pro provedení funkční reprofilace je nutné provést dokonalé očištění podkladu a otevření pórového systému. Následně je nutné provést ošetření odhalené výztuže pomocí polymer cementového ochranného nátěru. Tvar konstrukce bude lokálně obnoven. Zvýšený důraz na čištění i opravu konstrukce je potřeba provést v místech dilatačních spár konstrukce mostu. Následně je potřeba provést celoplošné převrstvení nosné konstrukce PPC maltou tak, aby minimální krycí vrstva betonu nad distanční výztuží byla 25 mm. Pro převrstvení opěr a úložných prahů je nutné provést mechanické kotvení reprofilačních malt k podkladním konstrukcím. Důvodem je nízká mrazuvzdornost podkladu. Finalizaci povrchu je vhodné provést vhodným nátěrem.

Stávající konstrukce, které jsou opatřeny pemrlovanou omítkou, lze opatřit prefabrikovanou směsí, která je formulována tak, aby bylo možné ji upravit do vzhledu umělého kamene pemrlováním. Pemrlované omítky je nutné rovněž mechanicky kotvit k podkladu.