

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

| Číslo změny: | Obsah změny: | Datum změny: |
|--------------|--------------|--------------|
| | - | - |
| | - | - |
| | - | - |

Objednatel:



Správa železniční dopravní cesty, s.o.
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1

Zpracovatel:



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ
THÁKUROVA 7
166 29 PRAHA 6

Vypracoval:

Ing. Jan Vůjtěch

HIP:

doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

Název akce:

Metody expertního hodnocení železničních mostů
a stanovení predikčních postupů (5003120024)

Číslo akce ČVUT:

8301704A088

Stupeň dokumentace:

UTR

Název části:

B - Diagnostiké průzkumy mostních objektů
B.6 - Diagnostický průzkum mostu v TU 206, km 2,512 - Záběhllice

Měřítko:

-

Datum:

11/2017

Název přílohy:

Zpráva o provedení diagnostického a korozního průzkumu

Číslo přílohy:

B.6.1.1



Metody expertního hodnocení železničních mostů a stanovení predikčních postupů (5003120024)

B.6 Diagnostický průzkum mostu v TU 206, km 2,512 - Záběhlice

B.6.1.1

Zpráva o provedení diagnostického a korozního průzkumu



Zodpovědný řešitel:

doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

Řešitel diagnostiky objektu:

Ing. Jan Vůjtěch a kol.

Datum:

15.11.2017

Obsah

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE | 2 |
| 2. | ÚVOD | 2 |
| 3. | ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ | 3 |
| 3.1. | IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE | 3 |
| 3.2. | CHARAKTERISTIKA MOSTU | 4 |
| 3.3. | TECHNICKÝ POPIS MOSTNÍ KONSTRUKCE | 5 |
| 4. | ZÍSKANÉ PODKLADY A PRŮZKUMY | 5 |
| 5. | SOUHRNNÝ POPIS STAVU A ZÁVAD MOSTNÍ KONSTRUKCE | 6 |
| 5.1. | NOSNÁ KONSTRUKCE | 6 |
| 5.1.1. | Hlavní nosník | 6 |
| 5.1.2. | Příčnice | 8 |
| 5.2. | LOŽISKA | 9 |
| 5.3. | MOSTOVKA | 9 |
| 5.4. | VYBAVENÍ MOSTU | 11 |
| 5.4.1. | Servisní lávka | 11 |
| 5.4.2. | Zábradlí | 11 |
| 5.4.3. | Odvodnění | 11 |
| 6. | MATERIÁLOVÝ PRŮZKUM KONSTRUKCE | 11 |
| 6.1. | PŘEHLED ZKOUŠEK | 11 |
| 6.2. | VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK | 12 |
| 6.3. | VÝSLEDKY TVRDOMĚRNÝCH ZKOUŠEK | 13 |
| 6.4. | ZÁVĚREČNÁ DOPORUČENÍ | 15 |
| 7. | KOROZNÍ POŠKOZENÍ OCELOVÉ NOSNÉ KONSTRUKCE | 15 |
| 7.1. | NOSNÁ KONSTRUKCE | 16 |
| 7.1.1. | Hlavní nosníky | 16 |
| 7.1.2. | Příčnice | 18 |
| 7.2. | REKAPITULACE OSLABENÍ PRVKŮ | 18 |
| 8. | ZÁVĚR | 22 |

1. Identifikační údaje

Objednatel: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
se sídlem : Praha 1, Nové Město, Dlážděná 1003/7, PSČ 110 00
jednající : Bc. **Jiřím Svobodou**, náměstkem GŘ pro provozuschopnost dráhy
IČ : 70994234
DIČ : CZ70994234
Zapsaný: V obchodním rejstříku u Městského soudu v Praze, oddíl A, vložka 48384

Zhotovitel: ČVUT v Praze, Fakulta stavební
se sídlem: Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6
jednající: prof. Ing Alena Kohoutková, CSc.
IČ : 68407700
DIČ : CZ68407700
Zapsaný: Živnostenský list: Obvodní úřad městské části Praha 6, spis. zn. ŽO/11315/2008/Rec/2

2. Úvod

Předmětem diagnostického průzkumu je zjistit stav nosné konstrukce s ohledem na provedení přepočtu zatížitelnosti nosné konstrukce mostu. S ohledem na uvedené byl průzkum zaměřen na nosnou konstrukci mostu, zjištění materiálových parametrů oceli, dále pak na zjištění oslabení prvků NOK korozí.

3. Základní údaje o mostě

3.1. Identifikační údaje

| | |
|--|---|
| Umístění mostu: | Praha - Záběhllice |
| Staničení objektu | km 2,512 |
| Trat'ový úsek, definiční úsek TU 0206 Praha-Vršovice seř.n.-č.kol. (mimo) – Praha Radotín (mimo) | DU 02 – Praha-Vršovice seř.n.-č.kol. – Praha-Krč |
| Údaje o koleji na mostě: | jednokolejná trat', kolejnice S49 v kolejové loži. |
| Druh nosné konstrukce: | Ocelová trémová konstrukce |
| Popis spodní stavby: | tížné železobetonové, železobetonové pilíře. Křídla rovnoběžná masivní železobetonové |
| Počet mostních otvorů: | 3 |
| Délka přemostění: | 103,40 m |
| Délka mostu: | 120,85 m |
| Rozpětí nosné konstrukce: | 33 m + 39 m + 33 m |
| Světlost kolmá: | 31,8 m + 36,9 m + 31,8 m |
| Stavební výška: | 3,672 m |
| Počet kolejí na mostě: | 1 |
| Směrové poměry na mostě: | Kolej je na mostě v přechodnici z R349,75, v polovině 2. pole začíná přímá (z dokumentace). |
| Stávající železniční svršek: | kolejnice tvaru S49 na betonových pražcích v kol. loži |
| Přemost'ovaná překážka: | otvor č. 1 – místní komunikace sběrná nebo obslužná otvor č. 2 – účelová komunikace zpevněná, trvalý vodní tok (vtok zleva) otvor č. 3 – cyklostezka, volný terén |
| Volná výška pod mostem: | 5,47 m (nejmenší naměřená nad komunikací v 1. otvoru, vpravo nad středem komunikace), 14,90 m (nejmenší naměřená nad vodním tokem ve 2. otvoru) |
| Mostní průjezdný průřez | MPP 2,5 |
| Volná šířka na mostě: | 9,1m |
| Úhel křížení s překážkou: | 90° |
| Šířka mostu: | 9,51 m |
| Šikmost mostu: | cca 90° |
| Rychlost na mostě | 80 km/h |
| Stavební stav stáv. objektu: | nosná konstrukce: K01 - 3, K02 - 3 spodní stavba: O01,P01,P02,O02 - 2 |
| Rok výstavby: | cca 1962 |

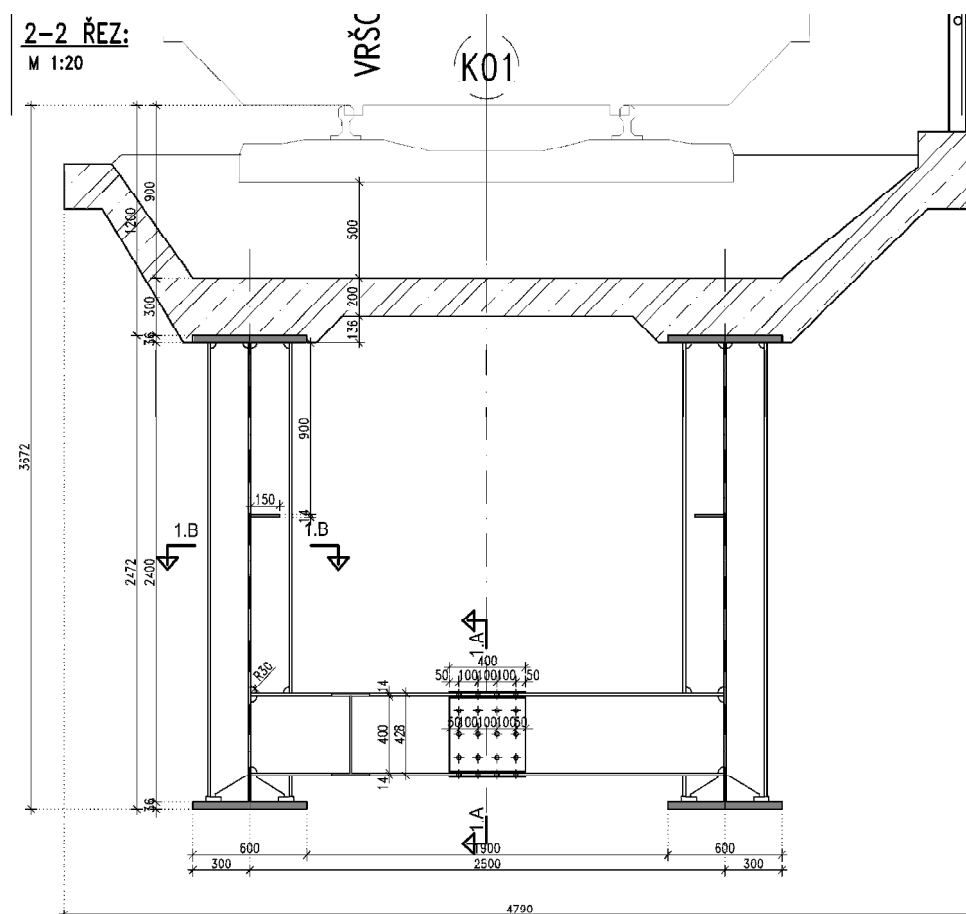
3.2. Charakteristika mostu

Železniční kolmý most o třech polích. Most je tvořen dvěma paralelními konstrukcemi. Konstrukce jsou ocelové spojitě plnostěnné nosníky proměnného průřezu, s náběhy nad pilíři. Pilíře a opěry jsou železobetonové.

Trať je na konstrukci K01 v poli 1 v přechodnici oblouku R349,75m, v poli 2 přechází do přímé a v poli 3 je v přímé. Niveleta koleje klesá ve sklonu 6,4 promile. Na mostě je VMP 2,5 Zábradlí vlevo zasahuje do VMP, krajní sloupky opatřeny pásky s bezpečnostním nátěrem.



Obr. 1 Pohled na most zleva, pole 1 a pole 1+2



Obr. 2 Most - příčný řez

3.3. Technický popis mostní konstrukce

Přemostění tvoří dva jednokolejné mosty na společné spodní stavbě. V současnosti je pro převedení železniční trati využívána pouze konstrukce K01. Z konstrukce K02 byla kolej snesena. Obě mostní konstrukce jsou tvořeny spojitými plnostěnnými nosníky o třech polích. Krajní pole mají rozpětí 33 m a prostřední pole 39 m. Celková délka obou mostů je 120,85 m.

Jelikož je ne mostě v poli 1 vedená kolej v přechodnici, je první pole mostu půdorysně zalomeno. Toto zalomení je různé pro obě konstrukce a je vyznačeno ve výkresu půdorysu.

Ocelové nosníky jsou plnostěnné s proměnným průřezem. Nad krajními podporami a v poli má nosník výšku stěny 2,4 m. Tloušťka pásnic je v průřezu proměnná mezi 36 mm a 50 mm. Nad vnitřními podporami jsou náběhy o výšce 3,4 m. Náběhy jsou navrženy podle kružnice o poloměru 22 280 mm. Stěny nosníků jsou na vnitřní straně po celé délce vyztuženy v horní třetině vodorovnou výztuhou. Nad vnitřními podporami je ještě podélná výztuha ve spodní třetině. Svislé výztuhy jsou oboustranné po celé délce nosníku. Mají průřez T.

K01 prošla generální opravou v roce 1984 ve spojitosti se vznikem únavové trhliny na pravém nosníku. V polovině 1 pole na K01 se nachází opravované místo. Trhlina byla odvrtna a překryta mohutným šroubovým spojem.

Příčné ztužení je tvořeno svařovaným I nosníkem. Je umístěno kolmo k hlavního nosníku. Vzdálenost příčníků v poli je 6 m, od krajních podpor 3 m. Příčníky nad podporami jsou vytvořena jako tuhé polorámy. Kromě příčníků působí jako příčné ztužení i betonová deska.

Mostovka je horní, železobetonová. Železobetonová deska nese kolejové lože. Deska má tloušťku 200 mm s náběhy. Je uložena pod koleji na dvou hlavních nosnících. Chodníky jsou po obou stranách tvořeny konzolovým prodloužením. Horní pásnice hl. nosníku je celá zabetonovaná v desce. Nosníky **nejsou spřažené** s betonovou deskou.

Příčníky jsou stykovány uprostřed svého rozpětí. Styky hlavních nosníků jsou provedeny pomocí vysokopevnostních šroubů.

Závěrná zeď, úložný práh, dřík i křídla opěry jsou železobetonové s povrchovou úpravou. Křídla jsou rovnoběžná, římsy železobetonové s povrchovou úpravou, s přilehlými svahovými kužely. Pilíř je tvořen úložným prahem na dvou sloupech (1,45x1,45 m). je železobetonový s povrchovou úpravou.

Ložiska jsou ocelová vahadlová. No O01 jsou pevná stolicová (pevné uložení). Na zbytku konstrukce P01, P02, O02 jsou pohyblivá dvouválcová.

4. Získané podklady a průzkumy

K mostní konstrukci byla dohledána následující dokumentace, provedené průzkumy:

- Původní dokumentace mostu 1961
- Dokumentace opravy mostu 1984
- Protokol o podrobné prohlídce 2014
- Protokol o podrobné prohlídce 2017
- Tvrdoměrné zkoušky 2017
- Materiálové zkoušky odebraných vzorků (Zkušební protokol č. 17/12133/103)

5. Souhrnný popis stavu a závad mostní konstrukce

5.1. Nosná konstrukce

5.1.1. Hlavní nosník

Hlavní nosník je svařovaného I průřezu. Ten je proměnný po délce nosníku. V polích 1 a 3 je výška stojiny 2400 mm s proměnnou tloušťkou pásnic 36 a 50 mm. V poli 2 je výška stojiny 2400 mm s proměnnou výškou pásnic 36 a 45 mm. Tloušťka stěny je 14 mm. Nad pilíři má nosník proměnný průřez, výška se z 2400 mm zvýší na 3400 mm a tloušťka stěny se navýší na 18 mm. Části nosníku s konstantním průřezem a části s nadvýšením jsou odděleny montážními styky. Hl. nosník je vyztužen podélnou výztuhou P14 šířky 150 mm. Výztuha běží na vnitřní straně po celé délce v 2/3 výšky nosníku. V místě záporných momentů je přidána ještě jedna podélná výztuha. Svislé výztuhy o průřezu T jsou po obou stranách nosníku po 2 m. Oprava únavové trhliny v poli 1 K01 je v dobrém stavu, PKO je neporušena.

Problémová místa hlavního nosníku se nachází u podpor. Kde vzhledem k umístění dilatačních spár bet. desky nad podporami, dochází k průniku vody a vzniku lokálních korozních oslabení. Na většině povrchu nosníků dochází pouze k loupání nátěru PKO a k prvním náznakům povrchového korodování. To ale nezasahuje do hloubky.



Obr. 3 Začínající koroze spod. Pásnice, loupající se nátěr PKO

Dále je korozi zasažena hrana horní pásnice hl. nosníku na styku s bet. deskou. Na tomto styku totiž dochází k výluhům u prasklin v bet. desce. Korozní oslabení lokálně dosahuje až 5 mm.



Obr. 4 Korozní oslabení na styku hrany horní pásnice hl. nosníku s betonem, důlky 1-2mm

Montážní styk hlavního nosníku je šroubovaný. Tvořen vysokopevnostními šrouby, které přes příložky spojují montážní díly. U styku se vyskytl problém s praskáním šroubů. Důvody praskání šroubů jsou rozebrány v části 6.2 níže.



Obr. 5 Chybějící šrouby montážního styku, K02 pravý nosník 4. mont. styk(vlevo), K01 levý nosník 4. mont. styk(vpravo)

| K01 | | | K02 | | |
|--------|---|---|--------|---|---|
| styk 1 | P | 1 | styk 1 | P | 3 |
| | L | 3 | | L | 1 |
| styk 2 | P | 0 | styk 2 | P | 3 |
| | L | 1 | | L | 3 |
| styk 3 | P | 3 | styk 3 | P | 1 |
| | L | 2 | | L | 0 |
| styk 4 | P | 1 | styk 4 | P | 1 |
| | L | 4 | | L | 0 |

Obr. 6 Počty chybějících šroubů ve spojích

Lokální ložiska důlkové koroze se na konstrukci objevují pod trhlinami v bet. desce, pod dilatačními sparami a na koncích nosníků. Ložiska jsou obvykle velikosti cca 10x10cm pod zdrojem vody. Nejhorší místa s lok. Úbytkem až 10 mm se nachází na horní ploše hl. nosníku u pilíře pod dilatační spárou, v nevhodně vyřešeném zesílení výztuhy nad pilířem a u opěr kolem ložiskových šroubů.



Obr. 7 Ložisko lok. koroze na spodní pásnici u P02



Obr. 8 Lokální koroze na konci hl. nosníku O02 od stékající vody

5.1.2. Příčníky

Na mostě se nacházejí tři různé příčníky. Nad opěrami (O01,O02) jsou tvořeny svařovaným I profilem výšky 625 mm. V polích jsou tvořeny svařovaným I profilem výšky 428 mm a nad pilíři jsou tvořeny svařovaným I profilem výšky 906 mm. Horní hrana spodní pásnice je zalícována na horní hranu hl. nosníku. Příčníky u podpor slouží zároveň jako ztužující polorámy přenášející zatížení do ložisek. Proto je u nich vnitřní výztuha rozšířena a pod výztuhou jsou nosníky zesíleny dvojicí přivařených U-profilů. Všechny příčníky jsou montážně stykovány uprostřed svého rozpětí. Styk je proveden pomocí nýtů.

U příčníků se nevyskytuje závažné poškození korozí. Pouze dochází k odlupování PKO a na spodních pásnicích prostupuje koroze. Pouze u příčníku 1 na K02 došlo ke vzniku korozního oslabení kolem mont. styku, hloubka důlků až 3 mm.



Obr. 9 Obvyklý stav příčníku v poli (nahore), K02 příčník 1 poškození důlkovou korozí (dole)

5.2. Ložiska

PKO ložisek je porušená cca (O01 20%, P01 30%, P02 30%, O02 40% plochy) Jednotlivě prostupuje na povrch koroze. Dochází k vytlačování olověné podložky u horní i dolní desky. Betonová zálivka ložisek je popraskaná, rozvolněná. Z vnější strany K01 je u levého ložiska utržený šroub spřáhla. Vznik důlkové koroze kolem šroubů spřáhla na horní hraně hl. nosníků a oslabení hlavy šroubů.



Obr. 10 Mostní ložiska

5.3. Mostovka

Mostovka je tvořena železobetonovým žlabem. Ten zároveň slouží jako příčné ztužení hl. nosné konstrukce. ŽB deska mostovky má tloušťku 200 mm a není spřažena s hlavními nosníky. Jelikož původní dokumentace mostu nezahrnuje výkresy bet. žlabu jsou výkresy zhotoveny na základě měření na místě a odhadu rozměrů na nepřístupných částech konstrukce. Tloušťka kol. lože je cca 500 mm. Dilatační spáry desky se nachází nad pilíři.

Na desce se nachází množství příčných trhlin šířky až 1 mm. Na mnoha místech dochází k průsakům vody a k vyluhování pojiva. Krytí není dostatečné dochází na celé ploše k prokreslování zkorodované výztuže. Na mnoha místech došlo k odpadání krycí vrstvy a k obnažení výztuže (př. K02 nad O01, nad P01). Plošně se tyto defekty pohybují kolem 1 m². Degradace betonu místy dostoupila až do hloubky 50-60 mm. U podpory 01 došlo k přerušení spolupůsobení rozdělovací výztuže s betonem. Okraje říms jsou na mnoha místech olámané. Dilatační spáry jsou plně otevřené s okraji poškozenými protékající vodou – výluhy, chybějící krytí.



Obr. 11 Dil. spára nad P01-K01(vlevo), O02-K02 spára u opěry



Obr. 12 Nedostatečné krytí – prokreslení výztuže, výluhy pojiva



Obr. 13 K02 O01 nejpoškozenější část bet. desky

5.4. Vybavení mostu

5.4.1. Servisní lávka

Skládá se z U profilů uchycených šroubově na příčníky. Podlahu tvoří Techna-rošty 30.2. Po levé straně je do U profilu uchyceno zábradlí z úhelníků. PKO na lávce je již zničená. Nosníky jsou v dobrém stavu. U podlah dochází k prokorodování roštu pod trubkami odvodnění.



Obr. 14 Prokorodování podlahového roštu ser. lávky

5.4.2. Zábradlí

PKO je silně poškozená. Vznikla povrchová koroze. Zábradlí je pevné a funkční.

5.4.3. Odvodnění

Trubky odvodnění jsou prokorodované, na mnoha místech lícují s deskou. Plechové žlaby na svod vody na větší části konstrukce chybí. Jsou pouze nad polem 1. Žlaby jsou z větší části velmi silně prokorodované a prakticky nefunkční.



Obr. 15 Zbytky odtokového žlabu

6. Materiálový průzkum konstrukce

6.1. Přehled zkoušek

Na konstrukci byla provedena sada zkoušek za účelem stanovení parametrů základního materiálu. Z OK byly odebrány celkem 4 zkušební tělesa, které pak následně byly děleny na více vzorků pro různé typy zkoušek. Dále byly odebrány 2 šrouby montážního styku hl. nosníku (vypadlé). A 2 vzorky betonářské výztuže z desky. Místa odběru byla koncipována

tak, aby nepoškodila existující konstrukci a zároveň poskytla informaci o parametrech různých prvků, se členěním na plechy a profily, které mohou mít různé parametry.

| | |
|----------------|----------------------|
| K02-O-LSV | interní označení 31 |
| K01-O-PS | interní označení 32 |
| K01-O-LS | interní označení 33 |
| K02-O-PS | interní označení 34 |
| Šroub s hlavou | interní označení ŠI |
| Šroub s maticí | interní označení ŠII |
| Bet. výztuž | interní označení RI |
| Bet. výztuž | interní označení RII |

Tabulka 1 Přehled odebraných vzorků



Obr. 16 Pohled na odebrané vzorky

6.2. Vyhodnocení zkoušek

Na vzorcích byly provedeny následující zkoušky:

- Zkouška tahem za pokojové teploty
- Zkouška rázem v ohybu při -20°C zkuš. tělesech odebraných podélně k ose vzorku
- Zkouška rázem v ohybu při -20°C zkuš. tělesech odebraných příčně k ose vzorku
- Zkouška chemického složení
- Stanovení mikrostruktury materiálu
- Zkouška tvrdosti

Na šroubech byly provedeny následující zkoušky:

- Zkouška tahem za pokojové teploty
- Stanovení mikrostruktury materiálu
- Zkouška chemického složení
- Zkouška tvrdosti
- Fraktografická analýza lomové plochy

Na bet. výztuži byly provedeny následující zkoušky:

- Zkouška tahem za pokojové teploty

Vyhodnocení návrhové pevnosti uvádí následující tabulka:

| Č. vzorku | E [GPa] | R_{eH} [N·mm ⁻²] | R_{eL} [N·mm ⁻²] | R_m [N·mm ⁻²] | A_g [%] | A [%] |
|-----------|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|
| 31 | 165,6 | 295,7 | 282,7 | 455,0 | 20,5 | 32,8 |
| 32 | 138,0 | 286,7 | 278,0 | 426,3 | 16,9 | 26,7 |
| 33 | 153,8 | 325,3 | 321,0 | 413,3 | 18,9 | 32,1 |
| 34 | 153,1 | 259,3 | 251,7 | 340,7 | 23,7 | 40,7 |

Pozn.: Uvedeny jsou průměrné hodnoty ze tří měření

Tabulka 2 Výsledky vzorků materiálu

| Č. vzorku | E [GPa] | $R_{p0,2}$ [N·mm ⁻²] | F_{max} [kN] | R_m [N·mm ⁻²] | A_g [%] | A [%] |
|-----------|--------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------|------------|
| ŠI | 229,9 | 1148 | - | 1254 | 2,68 | 7,21 |
| ŠII | 236,3 | 1236 | - | 1340 | 3,14 | 8,98 |
| RI | - | - | 96,5 | - | - | - |
| RII | - | - | 95,3 | - | - | - |

Pozn.: U vzorků RI a RII jsou uvedeny průměrné hodnoty ze tří měření

Tabulka 3 Výsledky vzorků šrouby a výztuž

6.3. Výsledky tvrdoměrných zkoušek

| K01 | | | | | | | |
|---------------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------------------|
| | Místo | Typ prvku | 1 série - HL | 2 série - HL | 3 série - HL | Průměr - HL | Průměr - f_u [MPa] |
| Horní pásnice | HP-12/13L | Plech | 323 | 328 | 323 | 325 | 381 |
| | HP-12/13P | Plech | 360 | 352 | 352 | 355 | 439 |
| | HP-5/6L | Plech | 323 | 340 | 333 | 332 | 396 |
| | HP-5/6P | Plech | 325 | 355 | 348 | 343 | 416 |
| Dolní pásnice | DP-18-L | Plech | 369 | 378 | 373 | 373 | 475 |
| | DP-18-P | Plech | 357 | 351 | 353 | 354 | 437 |
| | DP-16-L | Plech | 373 | 374 | 396 | 381 | 490 |
| | DP-16-P | Plech | 403 | 406 | 398 | 402 | 531 |
| | DP-0-L | Plech | 336 | 347 | 364 | 349 | 428 |
| | DP-0-P | Plech | 372 | 375 | 382 | 376 | 481 |
| Stojina | S-18-L | Plech | 312 | 321 | 332 | 322 | 376 |
| | S-18-P | Plech | 317 | 318 | 327 | 321 | 374 |
| | S-12/13-L | Plech | 342 | 344 | 339 | 342 | 414 |
| | S-12/13-P | Plech | 364 | 353 | 364 | 360 | 450 |
| | S-5/6-L | Plech | 343 | 318 | 311 | 324 | 380 |
| | S-5/6-P | Plech | 322 | 327 | 319 | 323 | 378 |

Tabulka 4 Výsledky měření – K01

| K02 | | | | | | | |
|---------------------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------------------|
| | Místo | Typ prvku | 1 série - HL | 2 série - HL | 3 série - HL | Průměr - HL | Průměr - f_u [MPa] |
| Horní pásnice | HP-12/13L | Plech | 314 | 324 | 330 | 323 | 378 |
| | HP-12/13P | Plech | 342 | 340 | 352 | 345 | 420 |
| | HP-5/6L | Plech | 317 | 318 | 330 | 322 | 376 |
| | HP-5/6P | Plech | 342 | 340 | 332 | 338 | 407 |
| Dolní pásnice | S-3-L | Plech | 338 | 334 | 361 | 344 | 419 |
| | S-3P | Plech | 322 | 330 | 344 | 332 | 396 |
| | S-5/6L | Plech | 353 | 363 | 365 | 360 | 450 |
| | S-5/6P | Plech | 326 | 332 | 339 | 332 | 396 |
| | S-12/13L | Plech | 332 | 326 | 339 | 332 | 396 |
| | S-12/13P | Plech | 304 | 316 | 318 | 313 | 358 |
| | S18L | Plech | 324 | 316 | 334 | 325 | 381 |
| | S18P | Plech | 301 | 305 | 315 | 307 | 347 |
| Stojina | DP-3L | Plech | 393 | 400 | 402 | 398 | 523 |
| | DP-3P | Plech | 389 | 400 | 407 | 399 | 524 |
| | DP-5-P | Plech | 373 | 377 | 377 | 376 | 480 |
| | DP-5-P | Plech | 387 | 410 | 414 | 404 | 534 |
| | DP-10L | Plech | 428 | 435 | 442 | 435 | 594 |
| | DP-10P | Plech | 319 | 328 | 331 | 326 | 384 |
| | DP-12L | Plech | 308 | 362 | 398 | 356 | 442 |
| | DP-12P | Plech | 370 | 358 | 382 | 370 | 469 |
| | DP-15L | Plech | 350 | 349 | 352 | 350 | 431 |
| | DP-15P | Plech | 353 | 356 | 357 | 355 | 441 |
| | DP-18L | Plech | 342 | 343 | 344 | 343 | 417 |
| | DP-18P | Plech | 327 | 327 | 328 | 327 | 387 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Počet vzorků | | | | 40 | | | |
| Minimální pevnost | | | $f_{u,min} =$ | 347 | MPa | | |
| Průměrná pevnost | | | $f_{u,avg} =$ | 430 | MPa | | |
| Směrodatná odchylka | | | $s_x =$ | 56,09 | | | |
| variační součinitel | | | $V_x =$ | 0,13 | | | |

Tabulka 5 Výsledky měření – K02 a celkové zhodnocení

| Označení vzorku | | Tvrdost HL | | | HL Průměr | Tahová zkouška [Mpa] | | Převod z tvrdosti [Mpa] | |
|-----------------|----|------------|----------|----------|--------------|-------------------------|--------------|----------------------------|----------|
| | | 1. série | 2. série | 3. série | | f_y | f_u | f_u [Mpa] | Odchylka |
| K02-O-LSV | 31 | 304,0 | 309,0 | 311,0 | 308,0 | 282,7 | 455,0 | 349,3 | -23,2% |
| K01-O-PS | 32 | 354,0 | 355,0 | 367,0 | 358,7 | 278,0 | 426,3 | 447,0 | 4,9% |
| K01-O-LS | 33 | 336,0 | 338,0 | 354,0 | 342,7 | 321,0 | 413,3 | 416,1 | 0,7% |
| K02-O-PS | 34 | 320,0 | 333,0 | 342,0 | 331,7 | 251,7 | 340,7 | 394,9 | 15,9% |

Tabulka 6 Výsledky tvrdoměrných měření a srovnání s tahovou zkouškou

6.4. Závěrečná doporučení

Pro zhodnocení návrhové hodnoty byla použita metodika z ČSN EN ISO 13822. Celkový počet vzorků byl 4, přičemž pro stanovení variačního součinitele byl použit výsledek ze skupiny tvrdoměrných zkoušek z hodnocení pevnosti oceli, který reprezentuje celou konstrukci, nikoliv jen lokální místa a výsledek z tahových zkoušek.

Po zhodnocení zjištěných hodnot se doporučuje použití **směrných mezí kluzu z MP**, a doporučených součinitelů materiálu. Redukce součinitele materiálu s ohledem na zbytkovou životnost se nedoporučuje, právě s ohledem na zjištěnou variabilitu.

Závěrem lze z měření konstatovat, že ocel odpovídá parametry tehdejšími předpisy, přičemž má proměnlivé parametry. Doporučuje se tedy použít meze kluzu stanovené v MP.

Podrobný výpočet viz příloha B.6.3

7. Korozní poškození ocelové nosné konstrukce

Zhodnocení korozního stavu nosné konstrukce proběhlo při několika obhlídkách mostu a dále na základě zaměření tloušťek a oslabení prvků. Místa pro měření byla čištěna drátěným kartáčem, úhlovou bruskou a brusným kotoučem na akuvrtačce.

Pro měření bylo použito následující vybavení:

- Posuvné měřidlo digitální
- Metr svinovací
- Ultrazvukový tloušťkoměr MT160
- Ultrazvukový tloušťkoměr TM280



Obr. 17 Ultrazvukový tloušťkoměr MT160



Obr. 18 Ultrazvukový tloušťkoměr TM280

7.1. Nosná konstrukce

7.1.1. Hlavní nosníky

Hlavní nosníky jsou z velké části korozně neoslabené. Na většině povrchu nosníku je stále PKO, nicméně místně se začíná objevovat povrchová koruze. Ta ovšem neoslabuje základní průřez. Typickým poškozením je vznik lokálního ložiska koruze na horní hraně spodní pásnice od vody odkapávající z trhliny v bet. desce. Tyto lokální ložiska mají obvykle rozměry kolem 10x10cm a hloubku korozních důlků 1-3 mm.



Obr. 19 Typické ložisko lokální důlkové koruze

Další místem s poškozením u mostu jsou svislé výztuhy nad pilíři. V místě uložení ložiska je svislá výztuha zesílena předsazeným plechem. Ten tvoří dohromady s výztuhou uzavřený kvádr, v němž se hromadí nečistoty. Ty zabírají odtok vody a vnitřní strany prostoru jsou silně zkorodované důlkovou korozí hloubky až 5 mm. Koruze z tohoto místa rovněž pokračuje vzhůru.



Obr. 20 K02 P01 Poškození korozí v zesílení výztuhy (pravý a levý nosník)

Pod dilatačními spárami uvnitř nosné konstrukce dochází k občasnému průtoku vody a vzniku koroze na hraně horní pásnice hl. nosníku a na svislé výztuze nad ložiskem. Na většině míst se jedná pouze o povrchovou korozi s max. úbytkem 1 mm. Nad P01 u K02 dosahuje korozní poškození až 5mm.



Obr. 21 K02 P01 Koroze od vody protékající dilatační spárou

Ke korozi dochází rovněž podél horní hrany hl. nosníku na styku s betonem. U trhliny v betonové desce se šíří povrchová koroze podél hrany oc. nosníku. V některých místech přechází povrchová koroze do důlkové s hloubkou 1-2 mm.



Obr. 22 Příklad koroze horní pásnice hl. nosníku od trhliny v betonu

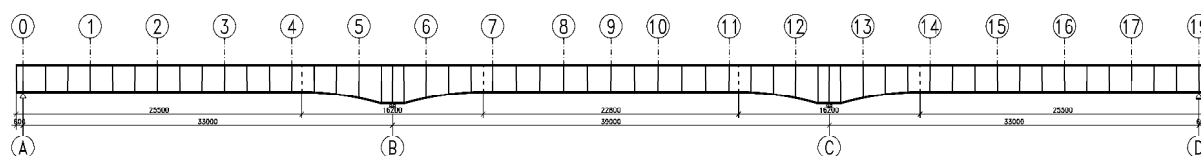
7.1.2. Příčníky

U příčníků se nevyskytuje závažné poškození koroze. Pouze dochází k odlupování PKO a na spodních pásnicích prostupuje koroze. Pouze u příčníku 1 na K02 došlo ke vzniku korozního oslabení kolem mont. styku, hloubka důlků až 3 mm.



Obr. 23 K02 příčník 1 poškození důlkovou korozí (dole)

7.2. Rekapitulace oslabení prvků



Obr. 24 Schéma značení na konstrukci (ve směru staničení)

V tabulkách je uvedeno pouze rozhodující korozní oslabení, které zasahuje do hloubky

| Typ prvku | Číslo prvku | Oslabení lokální (v mm) | Oslabení průměrné (v % plochy příčného řezu) | Komentář |
|---------------|-------------|-------------------------|--|-------------------------|
| Hlavní nosník | K01 P 0 | 1 | 0% | HP |
| Hlavní nosník | K01 P 1 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 2 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 3 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 4 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 5 | 1 | 0% | výztuha pod dil. spárou |
| Hlavní nosník | K01 P 6 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 7 | 0,5 | 0% | podélná výztuha |
| Hlavní nosník | K01 P 8 | 0,5 | 0% | stojina nad výztuhou |
| Hlavní nosník | K01 P 9 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 10 | 1 | 0% | stojina nad výztuhou |
| Hlavní nosník | K01 P 11 | 1 | 1% | h.h. styk s bet. |
| Hlavní nosník | K01 P 12 | 1 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 13 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 14 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 15 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 16 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 17 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 P 18 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 0 | 1 | 0% | HP |
| Hlavní nosník | K01 L 1 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 2 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 3 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 4 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 5 | 3 | 0% | výztuha pod dil. spárou |
| Hlavní nosník | K01 L 6 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 7 | 0,5 | 0% | podélná výztuha |
| Hlavní nosník | K01 L 8 | 0,5 | 0% | stojina nad výztuhou |
| Hlavní nosník | K01 L 9 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 10 | 1 | 0% | stojina nad výztuhou |
| Hlavní nosník | K01 L 11 | 1 | 1% | h.h. styk s bet. |
| Hlavní nosník | K01 L 12 | 1 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 13 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 14 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 15 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 16 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 17 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K01 L 18 | 0 | 0% | |

| Typ prvku | Číslo prvku | Oslabení lokální (v mm) | Oslabení průměrné (v % plochy příčného řezu) | Komentář |
|---------------|-------------|-------------------------|--|---------------|
| Hlavní nosník | K02 P 0 | 1 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 1 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 2 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 3 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 4 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 5 | 3 | 2% | spodní p. vně |
| Hlavní nosník | K02 P 6 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 7 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 8 | 2 | 0,5% | spodní p. vně |
| Hlavní nosník | K02 P 9 | 3 | 0,5% | spodní p. vně |
| Hlavní nosník | K02 P 10 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 11 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 12 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 13 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 14 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 15 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 16 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 17 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 P 18 | 3 | 0,5% | spodní p. vně |
| Hlavní nosník | K02 L 0 | 1 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 1 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 2 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 3 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 4 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 5 | 3 | 2% | spodní p. vně |
| Hlavní nosník | K02 L 6 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 7 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 8 | 2 | 0,5% | spodní p. vně |
| Hlavní nosník | K02 L 9 | 3 | 0,5% | spodní p. vně |
| Hlavní nosník | K02 L 10 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 11 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 12 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 13 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 14 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 15 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 16 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 17 | 0 | 0% | |
| Hlavní nosník | K02 L 18 | 3 | 0,5% | spodní p. vně |

| Typ prvku | Číslo prvku | Oslabení lokální (v mm) | Oslabení průměrné (v % plochy příčného řezu) | Komentář |
|-----------|-------------|-------------------------|--|----------|
| Příčník | K01 A | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 1 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 2 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 3 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 4 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 5 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 B | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 6 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 7 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 8 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 9 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 10 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 11 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 12 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 C | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 13 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 14 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 15 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 16 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 17 | 0 | 0% | |
| Příčník | K01 D | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 A | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 1 | 2 | 3% | |
| Příčník | K02 2 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 3 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 4 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 5 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 B | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 6 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 7 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 8 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 9 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 10 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 11 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 12 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 C | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 13 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 14 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 15 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 16 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 17 | 0 | 0% | |
| Příčník | K02 D | 0 | 0% | |

8. Závěr

V globálním měřítku není konstrukce koroze téměř zasažena. Vyskytují se lokální ložiska důlkové koroze, ta však zatím nemají na oslabení nosných prvků vliv. PKO na konstrukci je nicméně ve špatném stavu a pravděpodobně na hraně životnosti. Více než korozní oslabení ohrožují spolehlivost mostu praskající šrouby v montážních stycích, jejichž příčinou je pravděpodobně nekázeň při provádění spojů, a špatný stav betonové desky mostovky. Další degradace mostovky, zejména v oblastech nad pilíři, kde je deska dilatována, navíc povede k další progresi koroze. Most je v současném stavu plně staticky funkční, nicméně pro zachování této funkčnosti by mělo dojít k obnově PKO a obnově hydroizolace spojené se sanací železobetonové desky.

V Praze dne 15.11.2017

.....
Ing. Jan Vůjtěch