



Kancelář stavebního inženýrství s. r. o.

certifikována podle ČSN EN ISO 9001:2009

Sídlo spol.: Botanická 256, 360 02 Dalovice, IČ: 25 22 45 81, DIČ: CZ25224581

Název akce:

DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM

Objekt:

**Most M 10 - Dvorský most přes
řeku Ohři v ul. Kpt. Jaroše**

Objednavatel:

**Statutární město Karlovy Vary,
Moskevská 2035/21, 361 20 Karlovy Vary**

Datum vydání:

12.07.2013

Ing. Stanislav Vonka

I. Úvod

Podle objednávky č. OBJ70-14445/2013 Statutárního města Karlovy Vary, Moskevská 2035/21, 361 20 Karlovy Vary byl Kanceláří stavebního inženýrství s. r. o., Botanická 256, 360 02 Dalovice ve dnech 25.06. – 30.07.2013 proveden diagnostický průzkum mostního objektu „Most M10 – Dvorský most přes řeku Ohři v ul. Kpt. Jaroše“ v Karlových Varech. Rozsah diagnostického průzkumu byl přesně stanoven objednavatelem a to následovně.

Rozsah diagnostického průzkumu:

1. Kvalita betonu spodní stavby – odběr vývrtů – DN 100
2. Kvalita betonu spodní stavby, laboratoř vývrtů DN 100
3. Odtrhové zkoušky povrchu betonu (pevnost v tahu)
4. Kvalita betonu spodní stavby – odběr vývrtů DN 150
5. Kvalita betonu spodní stavby – laboratoř vývrtů DN 150
6. Ověření stavu výztuže nosné konstrukce
7. Ověření stavu dutin nosné konstrukce
8. Ověření stavu výztuže spodní stavby
9. Zjištění obsahu chloridů v betonu nosné konstrukce a spodní stavby
10. Zjištění hloubky karbonatace betonu nosné konstrukce a spodní stavby
11. Ověření tloušťky krycí betonové vrstvy nosné konstrukce a spodní stavby
12. Fotodokumentace
13. Vyhodnocení diagnostického průzkumu a návrh opatření

II. Stručná charakteristika stavebně – technického stavu objektu

Nosná konstrukce mostu je tvořena 9 ks předpjatých prefabrikovaných nosníků I-73, které jsou osazeny na pilíře a opěry. Římsy mostu jsou prefabrikované.

Délka přemostění je 102 060 mm, rozpětí polí 29 000 mm, volná šířka mostu je 12 860 mm.

Opěry mostu jsou železobetonové, na povrchu smyté. Na levé opěře je patrná koroze ocelových úpalků, na pravé opěře dochází i ke korozi nosné výztuže. Podpěry jsou obložené kamenem, stativa jsou železobetonová, s mapami po zatékání povrchové vody a korozi nosné výztuže. Spáry mezi jednotlivými nosníky jsou překryty železobetonovými deskami, které jsou odvodněny vývrty a ojediněle i odvodňovacími otvory. Při vizuální prohlídce bylo zjištěno, že do spar mezi nosníky zatéká a to intenzivně u prvních 2 nosníků na návodní straně a u 1. nosníku na výtokové straně mostu. Na povrchu nosníků je patrna příčná roznášecí výztuž s minimálním krytím a částečnou korozi. Zatékáním jsou částečně povrchově poškozeny jenom krajní nosníky. Prefabrikovaná římsa je hloubkově zdegradovaná, dochází k samovolnému opadávání části betonu a odhalení zkorodované výztuže. Do římsy mostu intenzivně zatéká, na povrchu římsy dochází k zachycení drobné náletové vegetace.

III. Použité metody při průzkumu

III.1 Kvalita betonu spodní stavby – odběr vývrtů – DN 100

Z konstrukce byly odebrány jádrové vývrty ruční vyvrtávací soupravou CEDIMA.

III.2 Kvalita betonu spodní stavby, laboratoř vývrtů DN 100

III.2.1 Pevnost v tlaku

Byla provedena destruktivně podle ČSN EN 12390 - 3.

III.2.2 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost byla stanovena podle ČSN EN 12390 – 7 čl. 5.5.5 s objemem, získaným výpočtem ze změřených skutečných rozměrů.

III.2.3 Nasákavost

Zkouška byla provedena podle ČSN 73 1316, platná norma ČSN EN nebyla k datu provádění zkoušky vydána.

III.3 Odtrhové zkoušky povrchu betonu (pevnost v tahu)

Zkoušky byly provedeny podle ČSN 73 6242 příloha C. Vlastní odtržení bylo provedeno přístrojem DYNA Z 16, výrobní č. 1-0362 firmy PROCEQ. Maximální dosažená pevnost byla odečtena na digitálním ukazateli přístroje. Pro zkoušku byly použity ocelové terče o průměru 50 mm, které byly nalepeny na povrchové vrstvy betonu lepidlem od firmy Bauchemie.

III.4 Kvalita betonu spodní stavby – odběr vývrtů DN 150

Z konstrukce byly odebrány jádrové vývrty ruční vyvrtávací soupravou CEDIMA.

III.5 Kvalita betonu spodní stavby – laboratoř vývrty DN 150 (CHRL)

Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek bylo provedeno podle ČSN 73 1326. Zkouška byla zajištěna dodavatelsky firmou Technický a zkušební ústav stavební Praha s. p., Pobočka Plzeň, Zahradní 15, Plzeň.

III.6 Ověření stavu výztuže nosné konstrukce

Měření je založeno na měření elektromagnetické indukce, která je snímána sondou, přikládanou na povrch betonu. Naměřené hodnoty jsou automaticky převáděny pomocí kalibračních vztahů na velikost krycí betonové vrstvy výztuže a jejího průměru, které jsou zobrazeny na displeji. Toto měření bylo provedeno přístrojem Profometer 5 od firmy PROCEQ, Švýcarsko. Měření průměru výztuže a velikosti betonové krycí vrstvy pomocí elektromagnetické indukce je značně ovlivněno řadou vstupních podmínek,

proto lze toto měření považovat pouze za informativní. Měření bylo ověřeno kopanou kalibrační sondou.

III.7 Ověření stavu dutin nosné konstrukce

Bylo provedeno vizuální prohlídkou pomocí technického endoskopu.

.

III.8 Ověření stavu výztuže spodní stavby

Bylo provedeno přístrojem Profometr 5, viz také čl. III.6.

III.9 Zjištění obsahu chloridů v betonu nosné konstrukce a spodní stavby

Byla provedena kompletní chemická analýza. Chemická analýza odebraných vzorků betonu byla provedena rentgenovou fluorescenční spektrometrií bezstandardní analýzou na přístroji S4 PIONEER. Tímto postupem byly určeny a kvantifikovány všechny důležité chemické prvky a sloučeniny ve vzorcích betonu.

III.10 Zjištění hloubky karbonatace betonu nosné konstrukce a spodní stavby

Při zkoušce byl použit kolorimetrický indikátor, který mění své zabarvení v závislosti od pH prostředí. Bylo rozhodnuto použít fenolftaleinový test tj. ,že jednotlivé hloubky vývrtnu byly potřeny roztokem fenolftaleinu ve vodě v koncentraci, uvedené v ČSN 73 1373 pozn. 7. Oblast barevného přechodu z bezbarvé do červenofialové barvy se uplatňuje v rozmezí pH 8,2 - 10. Průvodním jevem karbonatace je právě snižování hodnot pH betonu z původních 12,5 až na méně než 9.

III.11 Ověření tloušťky krycí betonové vrstvy nosné konstrukce a spodní stavby

Bylo provedeno přístrojem Profometr 5, viz také čl. III.6.

IV. Diagnostický průzkum

IV.1. Kvalita betonu spodní stavby – odběr vývrtů – DN 100

Pro zjištění kvality betonu spodní stavby byly provedeny 2 jádrové vývrty s označením č. 1 a č. 2. Vývrt č. 1 byl proveden do levé opěry v severní části mostu a vývrt č. 2 do 1. levé podpěry v severní části mostu.

IV.2. Kvalita betonu spodní stavby, laboratoř vývrty DN 100

IV.2.1 Pevnost v tlaku

Vývrt č. 1

Vývrt č.	průměr vývrtu mm	délka vývrtu mm	štíhlost	opravný koef.	plocha mm ²	max.síla N	válcová pevnost MPa	krychelná pevnost MPa
1	103	128	1,243	0,91	8328	136000	14,9	18,7

Vývrt č. 2

Vývrt č.	průměr vývrtu mm	délka vývrtu mm	štíhlost	opravný koef.	plocha mm ²	max.síla N	válcová pevnost MPa	krychelná pevnost MPa
2	103	202	1,961	1,00	8328	265000	31,8	39,6

IV.2.2 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost byla stanovena ve stavu „jak bylo dodáno“.

Objemová hmotnost byla stanovena na vzorcích č. 1 a 2, na kterých byla stanovena pevnost v tlaku.

Vzorek	Průměr vzorku	Délka vzorku	Objem V	Hmotnost m	Objemová hmotnost D
č.	mm	mm	m ³	kg	kg/m ³
1	103	128	0,001066	2,63	2470
2	103	202	0,001682	4,04	2400

IV.2.3 Nasákavost

Nasákavost byla stanovena na úlomcích vzorků, na kterých byla provedena zkouška pevnosti v tlaku. Vzorky byly před zkouškou vysušeny a následně nasyceny vodou do ustálené hmotnosti.

Vzorek	Vzorek nasáklý vodou m _s	Vzorek vysušený m _d	Nasákavost γ
č.	g	g	%
1	1035	1000	3,5
2	766	744	3,0

IV.3. Odtrhové zkoušky povrchu betonu (pevnost v tahu)

IV.3.1 Označení a umístění sond

Celkem bylo provedeno 10 zkoušek s označením č. 1 – č. 10.

Zkouška č. 1 byla provedena v levé opěře, zkouška č. 2, 3 a 4 byla provedena na spodní straně nosníků v levém poli, zkouška č. 5 a 6 byla provedena na levém pilíři, zkouška č. 7 a 8 byla provedena na spodní straně nosníků ve středním poli, zkouška č. 9 byla provedena na spodní straně nosníků v pravém poli, zkouška č. 10 byla provedena na pravé opěře.

IV.3.2 Naměřené hodnoty

Zkouška číslo	Typ lomové plochy	Plocha terče mm ²	Opravný koeficient skutečné plochy odtrhu	Přidržnost MPa
1	A	1962,5	1	5,01
2	A	1962,5	1	5,26
3	A	1962,5	1	5,63
4	A	1962,5	1	4,84
5	A	1962,5	1	5,24
6	A	1962,5	1	2,19
7	A	1962,5	1	2,15
8	A	1962,5	1	2,30
9	A	1962,5	1	4,97
10	A	1962,5	1	3,00

IV.4. Kvalita betonu spodní stavby – odběr vývrtů DN 150

Byl odebrán 1 jádrový vývrt z levé opěry.

IV.5. Kvalita betonu spodní stavby – laboratoř vývrtů DN 150

Měřením byl zjištěn odpad z povrchu po 25 cyklech 10 360,1 g/m². Protokol o zkoušce je uveden ve zprávě č. 030-048563 TÚZS Praha s. p., Pobočka Plzeň, v příloze č. 1.

IV.6. Ověření stavu výztuže nosné konstrukce

Měření a kopaná sonda byly provedeny na 2. nosníku z návodní strany v 1. levém poli mostu.

Z nedestruktivního měření a kopané kalibrační sondy byly učiněny následující závěry:

- Použitá výztuž je kruhová žebírková
- V nosníku byly nalezeny dvojstřížné třmínky o průměru 12 mm, v osových vzdálenostech cca 135 mm, koroze výztuže je pouze povrchová do 0,5 mm. Chráničky předeprnuté výztuže jsou nepoškozené, na povrchu zcela bez koroze, osová vzdálenost cca 110 mm.

IV.7. Ověření stavu dutin nosné konstrukce

Měření bylo provedeno ve sparách mezi „I“ nosníky. V krajních polích je patrné intenzivní zatékání do spar, včetně slabé povrchové degradace krycích desek. Ve středních polích je beton desek hrubozrný. Beton nosníků a desek je nenarušený, zatékání nebylo zpozorováno.

IV.8. Ověření stavu výztuže spodní stavby

Měření a kopaná sonda byly provedeny v levé i pravé opěře mostu.

Z nedestruktivního měření a kopané kalibrační sondy byly učiněny následující závěry:

IV.8.1 Levá opěra

- Hloubka uložení výztuže je vyšší než cca 50 mm a nelze přístrojem Profometer 5 lokalizovat. Na povrchu opěry jsou patrné pouze zkorodované ocelové úpalky.

IV.8.2 Prává opěra

- V konstrukci byla nalezena kruhová žebírková výztuž o průměru 12 mm, osová vzdálenost prutů je cca 250 mm.

IV.9. Zjištění obsahu chloridů v betonu nosné konstrukce a spodní stavby

IV.9.1 Označení a umístění sond

Celkem byly pro chemickou analýzu odebrány 2 vzorky č. 1 a č. 2. Vzorek č. 1 byl odebrán z levé opěry a vzorek č. 2 ze spodní strany dobetonávky nosníků v levém poli.

IV.9.2 Chemická analýza vzorku betonu

Vzorek č. 1

Prvek	Hmotnostní koncentrace v %
Cl ⁻	0,0
Al ₂ O ₃	7,52
SiO ₂	54,6
CaO	21,5
Fe ₂ O ₃	2,37
SO ₃	1,15

Vzorek č. 2

Prvek	Hmotnostní koncentrace v %
Cl ⁻	0,0
Al ₂ O ₃	6,99

SiO ₂	48,6
CaO	26,1
Fe ₂ O ₃	3,14
SO ₃	1,36

Hmotnostní koncentrace ostatních prvků a sloučenin měly neměřitelné hodnoty.

IV.10. Zjištění hloubky karbonatace betonu nosné konstrukce a spodní stavby

IV.10.1 Označení a umístění sond

Na spodní straně nosníků bylo provedeno celkem 30 sond s označením č. 1 – č. 30.

Sondy č. 1 – 10 byly provedeny na levém poli mostu, sondy č. 11 – 20 byly provedeny ve středním poli a sondy č. 21 – 30 byly provedeny na pravém poli mostu.

Na opěrách a pilířích mostu bylo provedeno celkem 20 sond s označením P1 – P20.

Sondy č. P1 – P10 byly provedeny na levé opěře, sondy P11 – P13 byly provedeny na levém pilíři a sondy P14 – P20 byly provedeny na pravé opěře.

IV.10.2 Naměřené hodnoty

Nosníky

Sonda číslo	Max. naměřená hloubka v betonu v mm	Pozitivita testu
1	2	+
2	2	+
3	3	+
4	2	+
5	3	+
6	1	+

7	2	+
8	2	+
9	3	+
10	3	+
11	1	+
12	2	+
13	1	+
14	2	+
15	3	+
16	2	+
17	3	+
18	2	+
19	2	+
20	2	+
21	2	+
22	5	+
23	2	+
24	3	+
25	7	+
26	2	+
27	3	+
28	3	+
29	3	+
30	2	+

Opěry a pilíř

Sonda číslo	Max. naměřená hloubka v betonu v mm	Pozitivita testu
P1	8	+
P2	7	+
P3	6	+
P4	7	+
P5	4	+
P6	9	+
P7	4	+
P8	8	+
P9	5	+
P10	6	+
P11	3	+
P12	4	+
P33	3	+
P14	3	+
P15	4	+
P16	12	+
P17	14	+
P18	5	+
P19	6	+
P20	3	+

IV.11. Ověření tloušťky krycí betonové vrstvy nosné konstrukce a spodní stavby

IV.11.1 Nosná konstrukce

Měření a kopaná sonda byly provedeny na 2. nosníku z návodní strany v 1. levém poli mostu.

Tloušťka betonové krycí vrstvy třmínkové výztuže je cca 14 mm.

IV.11.2 Spodní stavba

Měření a kopaná sonda byly provedeny v levé a pravé opěře mostu.

Tloušťka betonové krycí vrstvy svislé výztuže v levé opěře je vyšší než 50 mm.

Tloušťka betonové krycí vrstvy svislé výztuže v pravé opěře se pohybuje v rozmezí cca 0 - 30 mm.

IV.12 Fotodokumentace

Fotodokumentace je uvedena v příloze č. 1.

IV.13 Vyhodnocení diagnostického průzkumu a návrh opatření

Předpjaté prefabrikované nosníky mostu, včetně podpěr a opěr, jsou v zachovalém stavu. U opěr a podpěr dochází k lokálnímu zatékání do povrchu a k povrchové degradaci betonu. V nosnících mostu je patrná slabě povrchově zkorodovaná třmínková výztuž, předpínací výztuž je zřejmě bez koroze. K zatékání dochází do stran krajních nosníků, degradace povrchu je minimální. Intenzivní zatékání lze pozorovat do spar mezi nosíky u krajních nosníků mostu. Prefabrikované římsy jsou poškozené, povrchově zdegradované, s opadáváním částí betonu nad zkorodovanou výztuží.

IV.13.1 Předepjaté prefabrikované nosníky

Karbonatace betonu se pohybuje v rozmezí 1 - 7 mm, v průměru je nízká a činí cca 2,5 mm. Hloubka uložení třmínkové výztuže je cca 14 mm. Z těchto hodnot vyplývá, že lze předpokládat buď minimální nebo žádnou korozi výztuže, betonová krycí vrstva je dostatečná a zabraňuje průniku kontaminantů z ovzduší k výztuži. Předpjatá výztuž je zcela neporušená a bez koroze. V kopané kalibrační sondě bylo ověřeno, že měkká výztuž je bez koroze. Chemickou analýzou nebyly zjištěny žádné abnormality v chemickém složení betonu, chloridové ionty v betonu nebyly identifikovány. Mírně zvýšený je obsah Al_2O_3 (6,99%), ale jeho hodnoty jsou natolik nízké, že nelze předpokládat postupné narušení betonu vlivem metastability slínkových minerálů v cementu. Při betonáži byl zřejmě použit cement mírného hlinitanového ladění. Hodnoty povrchové přídržnosti betonu se pohybují od 2,15 MPa do 5,63 MPa. Naměřené hodnoty jsou dostatečně vysoké pro možnou aplikaci sanačních materiálů.

IV.13.2 Spodní stavba

Krychelná pevnost betonu v tlaku, zjištěná destruktivními zkouškami, je u levé opěry 18,7 MPa a v 1. levé podpěře je 39,6 MPa. Objemová hmotnost je $2\,470\text{ kg/m}^3$ a $2\,400\text{ kg/m}^3$, nasákavost 3,5% a 3,0%. Pevnost betonu levé opěry je nižší. V opěře nebyly nalezeny žádné poruchy nebo trhliny, které by svědčily o porušení betonu opěry vlivem nízké krychelné pevnosti. Lze předpokládat, že nižší krychelná pevnost je pouze lokální a byla zapříčiněna způsobem betonáže. Dosažená pevnost betonu v levé opěře odpovídá podle ČSN EN 206-1 třídě betonu C12/15, pevnost betonu v 1. levé podpěře odpovídá podle ČSN EN 206-1 třídě betonu C30/37. Karbonatace betonu se pohybuje v rozmezí 3 – 14 mm, v průměru je nízká a činí cca 6 mm. Hloubka uložení výztuže v pravé opěře je 0 - 30 mm, v levé opěře pak nad 50 mm. Z těchto hodnot vyplývá, že lze předpokládat korozi výztuže tam, kde nebyla dodržena minimální krycí vrstva, v těchto oblastech je velikost koroze výztuže cca 1 mm. Převážná část výztuže v opěrách a podpěrách je bez koroze. Chemickou analýzou nebyly zjištěny žádné abnormality v chemickém složení betonu, chloridové ionty v betonu nebyly

identifikovány. Mírně zvýšený je obsah Al_2O_3 (7,52%), ale jeho hodnoty jsou natolik nízké, že nelze předpokládat postupné narušení betonu vlivem metastability slínkových minerálů v cementu. Hodnoty povrchové přídržnosti betonu se pohybují od 2,19 MPa do 5,24 MPa. Naměřené hodnoty jsou dostatečně vysoké pro možnou aplikaci sanačních materiálů. Z měření odolnosti povrchu betonu proti působení chemických a rozmrazovacích látek vyplývá, že vzorek betonu nevyhověl kritériu odolnosti povrchu betonu podle ČSN 73 1326 – Z3, příloha C.

Z diagnostického průzkumu v uvedeném rozsahu vyplývá, že konstrukce mostu je v zachovalém stavu. Z důvodu zatékání povrchové vody do spar mezi nosníky a do opěr, je nutné obnovit hydroizolaci mostu, včetně odvodňovacích otvorů. Spáry mezi nosníky je nutné vyčistit a překrýt novými železobetonovými krycími deskami. Povrch opěr, podpěr a nosníků bude povrchově sanován a natřen ochranným a hydrofobním nátěrem. Prefabrikované římsy budou vyměněny.

Před sanací mostního objektu doporučujeme provést sérii kopaných sond k předpjaté výztuži pro ověření jejího zainjektování, popř. koroze.

Dalovice dne 12.07.2013

Ing. Stanislav Vonka