



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

PRAGOPROJEKT, a. s.

Ing. Vít Hoznour

GSM: +420 606 643 705

e-mail: hoznour@pragoprojekt.cz

K Ryšance 1668/16,

147 54 Praha 4

IČ: 45272387 DIČ: CZ45272387



Č. zak.: 20160302

**Stavebně technický průzkum mostu evid. č. 11522 – 1
v obci Svinaře**

V Praze 24. 3. 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.	Nosná konstrukce – konstrukce klenby.....	5
4.1.2.	Římsy, vozovka, zábradlí, odvodnění.....	6
4.2.	Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných vzorcích zdících prvků	6
4.3.	Stanovení pevnosti a homogenity betonu pomocí Schmidtova tvrdoměru	6
4.4.	Stanovení pevnosti a homogenity spárovací malty pomocí indentoru	7
5.	Závěr a návrh opatření.....	7

I. TABULKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

II. FOTODOKUMENTACE

1. Úvod

Na základě objednávky firmy PRAGOPROJEKT a.s. byl proveden stavebně technický průzkum mostu evid. č. 11522 - 1, který převádí silnici třetí třídy přes potok v obci Svinaře.

Rozsah stavebně technického průzkumu byl přizpůsoben požadavkům objednatele pro možnost statického přepočtu konstrukce, návrhu sanace mostní konstrukce, nebo jejích částí a odhadu zbytkové životnosti mostu. Předmětem posouzení byla rovněž možnost využití stávající nosné konstrukce.

Stavebně technický průzkum zahrnoval:

- Vizuální prohlídka jednotlivých konstrukcí vč. zaznamenání poruch a fotodokumentace
- Odběr vzorků zdících prvků z klenby mostu
- Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných kamenných vzorcích a nedestruktivně v terénu
- Nedestruktivní stanovení pevnosti v tlaku zdící malty

2. Použité normy a podklady

Mostní list objektu

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 1996 – 1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí

Směrnice WTA CZ 4-5-99 Posouzení zdiva – diagnostika zdiva

Směrnice WTA CZ 4-3-98 Oprava zdiva – stabilita a únosnost

Směrnice WTA CZ 3-6-93 Náhrady kamene

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

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. 11522 - 1, který převádí silnici třetí třídy přes potok v obci Svinaře.

Jedná se o jednopolový most, jehož nosná konstrukce je tvořena zděnou kamennou klenbou, která je opatřena torkretem. Vzhledem k poloze konstrukce se jedná o kombinaci vápenců a břidlic. Petrografické a mineralogické složení zdících prvků prováděno nebylo. Nosná konstrukce překlenuje mezeru 4,8 m a to pod úhlem 53°. Šířka mostu je 8,2 m. Stavební výška mostu (tl. konstrukce klenby) je 0,85 m. Konstrukce klenby je umístěna přímo v korytě potoka, který pod mostem protéká.

Dno potoka bylo pod mostem tvořeno betonovým potěrem. V současné době je potěr zanesen množstvím usazenin, kamenů i zbytků rostlin. Současně jsou v tomto nánosy uchyceny rostliny rostoucí.

Povrch vozovky tvoří asfaltobetonový kryt, který je odvodněn podélným a příčným spádem. Na levé straně mostu je železobetonová římsa, do které je ukotveno ocelové trubkové zábradlí. Trubkové je madlo, i výplň a zábradlí je opatřeno ochranným nátěrem. Na levé straně mostu je ocelová chránička s instalacemi a s odstupem cca 1 m je umístěn válcovaný ocelový profil převádějící plynové potrubí.

Na pravé straně mostu je parapetní zídka, která je zděná, omítnutá. Na povodní portál mostu je nakotven ocelový profil, který je součástí vynesného chodníku, přilehlého k vozovce. Nosná konstrukce chodníku je tvořena železobetonovými prefabrikovanými prvky (dutinovými deskami / panely). Povrch tvoří málo zpevněný povrch. Zábradlí chodníku je ocelové z úhelníků.

Na vozovce, v předpolí mostu je kanalizační šachta, z čehož je možné usuzovat na vedení kanalizace v násypu klenby mostu.

Konstrukce spodní stavby je zařazena do stupně **VI – velmi špatný** a nosná konstrukce je zařazena do stupně **V – špatný**, zatížitelnost je snížena koeficientem 0,6. Most je zařazen jako **omezeně použitelný**.

4. Provedené zkoušky

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

Byla provedena vizuální prohlídka a to v několika sledech. První byla provedena tak, aby bylo možné rozhodnout o rozsahu zkoušek. Na základě této prohlídky bylo určeno, že je nezbytné provést zkoušky zaměřené na celkovou trvanlivost mostní konstrukce a současně na trvanlivost případných oprav.

V druhé fázi byla provedena podrobná vizuální prohlídka. S ohledem na výše popsané byly realizovány základní terénní zkoušky zaměřené na stanovení fyzikálně mechanických vlastností

zdicích prvků a zdící malty. Současně byly odebrány vzorky pro laboratorní zkoušení a to zejména pro stanovení pevnosti zdicích prvků.

4.1. Vizuální prohlídka

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

4.1.1. Nosná konstrukce – konstrukce klenby

Konstrukce zděné klenby je tvořena zdicími prvky, s největší pravděpodobností tvořenými vápencem a břidlicí. Ty jsou spojeny vápeno – cementovou maltou. Konstrukce jako celek je opatřena jemnozrnnou cementovou stříkanou omítkou a to jak na spodním líci klenby, tak na obou portálech. Torkret má proměnnou tloušťku a to v rozmezí 5 – 50 mm. Na návodní i povodním portálu dochází k poměrně rozsáhlému oddělení torkretu od konstrukce klenby. Delaminace je patrná i po provedení akustického trasování. Na spodním líci klenby (pod mostem) dochází k oddělení torkretu na cca 25 % plochy klenby. Jedná se o jak o odpadlé části, tak o části s dutým ozvukem (tj. části těsně před oddělením).

Na konstrukci není patrná větší degradace zdicích prvků, přesto k ní lokálně dochází.

V místech, kde došlo k oddělení torkretu je patrné, že dochází i k postupné degradaci a vypadávání zdící malty zdiva. Nejpatrnější je vypadnutí zdící malty a její odplavení patrné na povodní straně mostu.

Mechanismus poškození torkretu, zdící malty i lokálního poškození kamenů je zjevně ovlivněn přítomností vody a mírou nasákavosti jednotlivých materiálů. Z obou těchto parametrů vychází odolnost vůči cyklickému zmrazování. Poškozené části zřejmě tuto odolnost nemají. Jedná se o vysokou míru vlhkosti, která se odvíjí od prostředí v okolí konstrukce. V místech odhalených kamenný zdicích prvků dochází ke kondenzaci vlhkosti na jejich povrchu, v místech torkretu byla změřena vlhkost blíží se k 4 % hm. (stanoveno odporovým hrotovým vlhkoměrem). Dále dochází k patrnému zatékání pod římsu mostu na jeho levé straně. Na spodním líci klenby jsou v poměrně velkém rozsahu rozmístěny řasy a mechy. Ty rovněž podporují zadržování vody na povrchu konstrukce. Současně může docházet i k postupnému rozpouštění cementového tmelu torkretu i zdící malty v důsledku vzniku málo koncentrovaných kyselin s původem v životním procesu těchto rostlin.

Na spodním líci klenby nejsou patrné žádné poruchy typu trhlin, nadměrných deformací, nebo masivních průsaků vody.

U paty klenby je na úrovni fabionu dna (s největší pravděpodobností tvořené betonovým potěrem) patrná trhлина po celé délce mostu. V této úrovni současně kolísá výška hladiny vody v normálním stavu. Logicky tak musí docházet k vnikání vody k patě opěry klenby.

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

4.1.2. Římsy, vozovka, zábradlí, odvodnění

Konstrukce vozovky je tvořena AB krytem. Je lokálně poškozen jednak postupnou degradací obrusných vrstev a současně v důsledku prováděných oprav probíhajících v obci. Jedná se o opravy různých druhů vedení.

Odvodnění konstrukce je provedeno podélným a příčným sklonem mostu. Je patrné, že dochází k zatékání do konstrukce římsy na levé straně mostu. V průběhu oprav ve vozovce je zatékání do konstrukce klenby intenzivnější.

Konstrukce říms jsou poškozeny z obou stran, kde dochází k degradaci v důsledku působení mrazu.

Konstrukce **zábradlí** je lokálně bez ochranného nátěru, kde dochází ke korozi. Nejvíce patrné poškození je v místě ukotvení sloupků do konstrukcí říms.

4.2. Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných vzorcích zdících prvků

Z nosné konstrukce klenby byly odebrány vzorky zdících prvků tak, aby bylo možné provést laboratorní zkoušky pro stanovení fyzikálně mechanických vlastností. Z jednotlivých vzorků byly vyříznuty krychličky o rozměrech přibližně 40 x 40 x 40 mm.

Připravená tělesa byla změřena a zvážena, poté byla odzkoušena na pevnost v tlaku podle ČSN EN 12 390 – 3 (ČSN 73 1317)

Průměrná pevnost zdícího prvku v tlaku je 59,01 MPa, směrodatná odchylka je 5,2 MPa a variační koeficient je 8,74 %. Na základě provedených zkoušek a četnosti vzorků je možné zdícím prvkům přiřadit pevnost $f_{ck} = 45 \text{ MPa}$.

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 $\pm 20 \%$ stanovit kvalitu betonu resp. Zdícího prvku. 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.

Schmidtův tvrdoměr byl použit na kamenné zdící prvky klenby mostu, kde bylo provedeno 18 zkušebních míst.

Zdící prvky nosné konstrukce mají **průměrnou pevnost v tlaku 63,9 MPa**. Směrodatná odchylka je 1,1 MPa a variační koeficient je 1,79 %. Na základě těchto výsledků s přihlédnutím k počtu provedených zkoušek je možné zdícím prvkům přiřadit min. pevnost v tlaku na úrovni **$f_{ck} = 62 \text{ MPa}$** .

4.4. Stanovení pevnosti a homogenity spárovací malty pomocí indentoru

Principem metody stanovení pevnosti zdící malty pomocí indentoru, je zarážení definovaného válcového hrotu (průměr 4 mm) normovou 1 kg palicí ze vzdálenosti 100 mm do zdící malty. Měřeným parametrem je počet úderů, které jsou zapotřebí k zarážení indentoru do hloubky 5 mm. Tento parametr je převáděn pomocí kalibračního vztahu na pevnost malty v tlaku.

Pevnost zdící malty byla ověřována na 9 zkušebních místech rovnoměrně rozmístěných v ploše stěny.

Pevnost zdící malty dosahuje následujících hodnot. **Průměrná pevnost malty je 0,12 MPa**, směrodatná odchylka je 0,01 MPa a variační koeficient je 6,9 %.

Jednotlivé výsledky zkoušek jsou patrné z příložených tabulek.

5. Závěr a návrh opatření

Z provedené vizuální prohlídky a terénních i laboratorních zkoušek vyplývají následující závěry.

Na nosné konstrukci nejsou patrné žádné poruchy, typu trhlin, nadměrných deformací apod., které by indikovaly porušení stability nosné konstrukce, nebo problémy se založením. Současně nejsou patrné plošné problémy s průsaky.

Na konstrukci je patrné narušení působením vody a to v několika směrech. Jednak **dochází k zatékání do nosné konstrukce**, a to zejména na návodním a povodním čele mostu. Dále působí voda trvale na konstrukci v patě klenby, kde protéká potok. V těchto místech dochází k degradaci jak tokretové vrstvy, tak zdící malty. Mechanismem degradace je jednak vymývání pojiva (cementu i vápna) a současně trvalé nasycení materiálů vodou, které vede ke zvýšení rizika jeho porušení v důsledku cyklického působení mrazu. Dále je také konstrukce poměrně výrazně porostlá řasami a mechem, což vede k dlouhodobému zachycení vody na povrchu konstrukce a s tím spojenými fyzikálními způsoby porušení konstrukce. Vedle toho dochází k tvorbě kyselých produktů života rostlin na povrchu konstrukce, které mají za následek rozpouštění cementového i vápenocementového tmelu. Posledním mechanismem, který zjevně na povrchu konstrukce probíhá, je kondenzace vodní páry ze vzduchu. Jedná se o kombinaci vysoké relativní vlhkosti vzduchu a nízkých povrchových teplot konstrukce. V závislosti na nasákavosti toho daného materiálu do-

cháží buď k „rosení“ povrchu konstrukce, nebo k „vsáknutí“ do povrchových partií porézního materiálu.

Z hlediska fyzikálně mechanických vlastností lze konstatovat, že zdící prvky mají dostatečnou pevnost, která dosahuje minimálně 45 MPa. Jak je obvyklé, **pevnost zdící malty je velmi nízká.** V tomto případě je však téměř nulová. Jedná se o místa, kde není povrch konstrukce opatřen torkretem. Lokálně, zejména v nižších partiích u povodního čela klenby, došlo k celkovému „vymytí“ zdící malty ze zdiva klenby a to do hloubky až 50 mm. Zdivo je vzhledem k charakteru zdících prvků nepravidelné s různě se překrývající vazbou, v závislosti na použitých zdících prvcích.

V patě klenby jsou vodorovné trhliny, v místě napojení dna a stěny. V tomto místě musí docházet k významnějšímu zatékání do konstrukce.

Jemnozrný torkret, který je na konstrukci použit, zpevňuje zdivo jako takové. Současně však dochází k zadržení vody, která vnikne do násypu klenby (do vrstev nad klenbou), v konstrukci. Tím je výrazně zvýšeno riziko poškození konstrukce nejprve pod torkretem (poréznější kamenné zdící prvky a zdící malta) a následně i torkretu samotného. Dojde k delaminaci torkretu a to ve fázi, kdy již došlo k narušení zejména zdící malty. Při odpadnutí torkretu z větších ploch na spodním líci konstrukce by tak mohlo dojít k vážným poruchám na nosné konstrukci (např. vypadávání zdících prvků).

Problematickým prvkem nosné klenebné konstrukce je zakotvení ocelových konzol nesoucích nosnou konstrukci chodníku. Tím dochází k „neregulárnímu“ bodovému zatížení kraje klenby a současně dochází k vytvoření podmínek pro výše popsané korozní mechanismy zdiva v důsledku vnikání vody.

Posledním druhem porušení je přítomnost znečištění ve vodě potoka. Jedná se nejen o běžné splaškové vody, které mohou vést k chemickému poškozování zejména zdící malty.

I. Tabulky provedených zkoušek

Stanovení pevnosti v tlaku – destruktivně



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

most evid.č. 11522 - 1

kamenná nosná konstrukce

15.3.2016

20°C

56%

označení vzorku	šířka	výška	délka	plocha		hmotnost m [g]	objemová hmotnost m / V [kg/m ³]	pevnost v tlaku		poznámka
	š [mm]	h [mm]	d [mm]	š x d [m ²]				F [kN]	f _{ck} [MPa]	
01	45,60	48,00	40,20	0,002		194,50	2210	106,20	57,93	kámen
02	43,10	42,20	41,40	0,002		192,00	2550	115,30	64,62	kámen
03	41,20	43,10	45,40	0,002		188,60	2339	101,90	54,48	kámen
[MPa]							2367		59,01	
[MPa]							171,3		5,2	
							7,24%		8,74%	

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

A - průřezová plocha zkušebních těles

F - síla při porušení

K_d - koeficient zohledňující průměr jádrového vývrtu

K_l - koeficient zohledňující štíhlost jádrového vývrtu

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

Stanovení pevnosti v tlaku Schmidtovým tvrdoměrem



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

Název akce: **most evid.č. 11522 - 1 Svinaře**

strana 1

datum: **4.3.2016**

teplota vzduchu: **3,5°C**

relativní vlhkost vzduchu: **83%**

stáří konstrukce: **>360 dní**

druh konstrukce: **kamenná klenba**

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

zkušební místo	popis zkušebního místa	f'_{be} [MPa]	f_{be} [MPa]
1	kamenný zdící prvek	71	64
2	kamenný zdící prvek	69	62
3	kamenný zdící prvek	72	65
4	kamenný zdící prvek	75	68
5	kamenný zdící prvek	72	65
6	kamenný zdící prvek	70	63
7	kamenný zdící prvek	70	63
8	kamenný zdící prvek	70	63
9	kamenný zdící prvek	69	62
10	kamenný zdící prvek	71	64
11	kamenný zdící prvek	71	64
12	kamenný zdící prvek	71	64
13	kamenný zdící prvek	71	64
14	kamenný zdící prvek	71	64
15	kamenný zdící prvek	71	64
16	kamenný zdící prvek	71	64
17	kamenný zdící prvek	71	64
18	kamenný zdící prvek	71	64
Průměr		[MPa]	63,9
Směrodatná odchylka		[MPa]	1,1
Variační koeficient		-	1,79%
k_n		-	1,72
f_{ck}		[MPa]	62

Použité normy

ČSN 73 1373 Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu

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

Vypracoval: Ing. Zdeněk Vávra

V Praze dne 15.3.2016



strana 2

datum: **4.3.2016**

teplota vzduchu: **3,5°C**

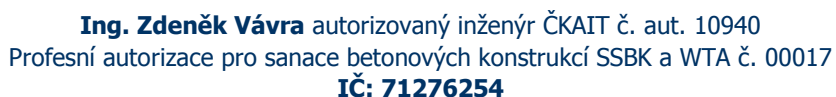
relativní vlhkost vzduchu: **83%**

stáří konstrukce: **>360 dní**

druh konstrukce: **kamenná klenba**

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

3	kamenný zdící prvek			směr úderu:		vodorovně	
číslo díličního odrazu	1	2	3	4	5	6	7
α	58	59	59	59	55	55	59
$f_{be,i}$	73	75	75	75	68	68	75
$f_{be,m}$				72,64			
meze		58,11				87,16	
$f_{be,i}$	73	75	75	75	68	68	75
$f_{be,m}$				72,64			
R'_{be}	72 MPa						

[illegible]



9	kamenný zdící prvek			směr úderu:		vodorovně	
číslo díličního odrazu	1	2	3	4	5	6	7
α	56	56	58	58	54	54	55
f_{be,i}	70	70	73	73	66	66	68
f_{be,m}				69,32			
meze		55,46				83,19	
f_{be,i}	70	70	73	73	66	66	68
f_{be,m}				69,32			
R'_{be}	69 MPa						



11 kamenný zdící prvek směr úderu: **nahoru**

12 kamenný zdící prvek směr úderu: **nahoru**

[illegible]

[illegible]



17 kamenný zdící prvek směr úderu: **nahoru**

18 kamenný zdící prvek směr úderu: **nahoru**

[illegible]

Stanovení pevnosti zdící malty pomocí indentoru



kamenná nosná konstrukce
15.3.2016
20°C
56%

Měřené místo	Počet úderů na zatlačení indentoru						Průměrný počet úderů	R _m [MPa]
Konstrukční prvek: zdící malta klenba								
1.	1	2	1	2	1	2	2	0,13
2.	2	1	2	1	1	1	1	0,11
3.	2	1	1	1	2	1	1	0,11
Celkový průměr /MPa/								0,12
Směrodatná odchylka /Mpa/								0,01
Variační koeficient /%/								6,9

II. Fotodokumentace



01 celkový pohled na most



02 celkový pohled na most



03 návodní strana mostu



04 povodní strana mostu



05 pohled na povodní stranu mostu a přilehlý chodník



06 celková situace na mostě mostu a přilehlý chodník



07 detail vrholu klenby na návodní straně mostu



08 ocelová chránička na návodní straně mostu



09 pohled na spodní líc klenby



10 pohled na stěnu u druhé opěry



11 pohled na stěnu u první opěry



12 celkový pohled na spodní líc klenby



13 celkový pohled proti smru proudu



14 celkový pohled proti smru proudu



15 trhliny u paty klenby nade dnem



16 detail vazby zdiva klenby



17 detail torkretu na spodním líci klenby



18 pohled na patu klenby u vodní hladiny potoka



19 poled na patu klenby - nánosy



20 situace za mostem



21 pohled na spodní líc klenby



22 pohled na spodní líc klenby



23 nánosy pod mostem



24 řasy a mechy na spodním líci klenby



25 detail připojení chodníku na most



26 detail připojení chodníku na most



27 napojení portálu mostu na stěnu koryta potoka za mostem



28 detail napojení mostu na stěnu koryta potoka - pata



29 detail připojení chodníku na most



30 detail připojení chodníku na most



31 konstrukce schodníku - spodní líc



32 konstrukce chodníku



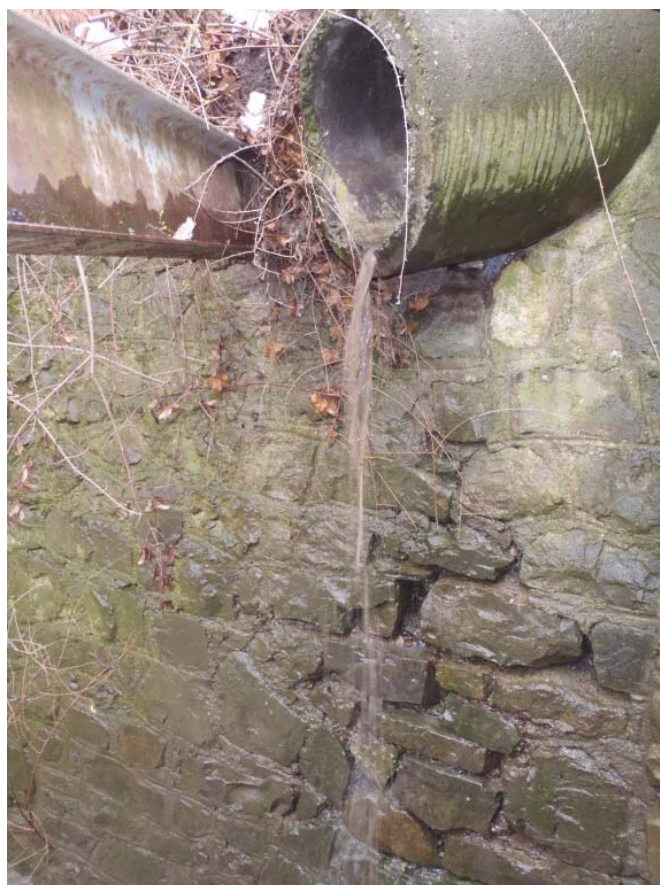
33 konstrukce chodníku



34 betonové desky chodníku



35 betonové desky chodníku



36 výpusť kanalizace těsně za mostem