



Horský s.r.o.

stavební laboratoř, diagnostika staveb

Klánovická 286/12, 194 00 Praha 9, tel./fax: 281860623 mobil: 603540691 Email: lab@horsky.cz

počet stran zprávy: 46

počet stran příloh: 13

akce:

**Diagnostický průzkum a výpočet zatížitelnosti mostu ev.č. 106-001
„Most přes Vltavu ve Štěchovicích“**

zpráva č. D 51/18

Diagnostický a stavebně technický průzkum mostu ev.č. 106-001

Objednatel: **Krajská správa a údržba silnic Středočeského kraje,
příspěvková organizace**
se sídlem: Zborovská 11, 150 21 Praha 5

Řešitel: **Horský s.r.o.**
se sídlem: Klánovická 286/12, 194 00 Praha 9

Zpracoval
Ing. Tomáš Vavříník
/vedoucí laboratoře/

Schválil
Ing. Jan Horský
/AI pro zkoušení a diagnostiku staveb/

listopad 2018

OBSAH

1. ÚVOD	3
2. STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE	3
3. ÚČEL PRŮZKUMU MOSTU	5
4. REŠERŠE ARCHIVNÍ DOKUMENTACE	5
5. ZPŘÍSTUPNĚNÍ KONSTRUKCE	6
6. JIŠTĚNÍ KVALITY BETONU A JEHO FYZIKÁLNĚ-MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ	7
6.1. Odběr jádrových vývrtů	7
6.2. Vizuální popis vývrtů a jejich parametry	8
6.3. Zkoušky fyzikálně-mechanických vlastností betonu na vývrtech	19
6.4. Hloubka karbonatace betonu	21
7. CHEMICKÉ ANALÝZY BETONU	22
7.1. Metodika zkoušek	22
7.2. Příprava vzorků	22
7.3. Měření a analýzy	23
8. ZJIŠTĚNÍ VYZTUŽENÍ HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ	28
8.1. Mostovka	29
8.2. Táhla	36
8.3. Příčná ztužidla oblouků	37
8.4. Hlavní oblouky	38
9. ZJIŠTĚNÍ KVALITY BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE	42
9.1. Odběr vzorků výztuže	42
9.2. Zkoušky fyzikálně-mechanických vlastností vzorků výztuže	43
9.3. Výztuž typu Roxor	44
10. SHRNUTÍ A ZÁVĚR	45

Příloha č. 1 – Zkoušky betonářské výztuže 8x A4

Příloha č. 2 – Doklady odborné kvalifikace 5x A4

Příloha č. 3 – Digitalizace zprávy a archivních podkladů 1x disk DVD

1. ÚVOD

Na základě smlouvy o poskytování služeb č.: 2280/00066001/2018 ze dne 30.8.2018 s Krajskou správou a údržbou silnic Středočeského kraje, příspěvková organizace, byl firmou Horský s.r.o. proveden diagnostický průzkum mostu ev.č. 106-001 „Most přes Vltavu ve Štěchovicích“ jako podklad pro výpočet zatížitelnosti téhož mostu. Předkládaná zpráva popisuje provedený průzkum mostu.

2. STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE

Předmětem diagnostického průzkumu je most ev. č. 106-001 „Most přes Vltavu ve Štěchovicích“. Most se nachází na km 0,030 silnice II/106 v obci Štěchovice, Středočeský kraj (obrázek č. 1).

Jedná se o silniční most, jehož jedno mostní pole převádí silnici II/106 přes řeku Vltavu. Most je obloukový s mezilehlou mostovkou (obrázek č. 2). Délka přemostění je 113,80 m. Volná šířka na mostě je 8,40 m a celková šířka mostu je 12,30 m. Most je kolmý. Rok postavení je udáván jako 1939. Most je od roku 1958 kulturní památkou. Katalogové číslo památky je 1000139940.

Nosná konstrukce (NK) je tvořena dvěma oblouky o rozpětí 114,0 m a vzepětí 19,0 m. Hlavní obloukové nosníky jsou duté a mají proměnný průřez. Ve vrcholu je průřez 220x130 cm a v patách 130x250 cm. V části nad mostovkou jsou oblouky spojeny 6 příčnými ztužidly tvaru obráceného U.

Závěsy mostovky jsou z prutů z oceli Roxor, které byly obetonovány do profilu 25x25 cm. Závěsy jsou od sebe vzdáleny 6,0 m.

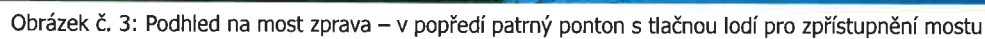
Deska mostovky spočívá na 6 podélnících vzdálených od sebe 1,65-1,70 m. Tyto podélníky jsou uloženy na příčnících ve vzdálenosti 6,0 m. Uprostřed každého pole je ještě jedno příčné ztužidlo.

Opěry jsou vytvořeny ze 3 vrstev betonu. První vrstva, do které přechází oblouk i jeho výztuž, je z betonu druhu 330. Další vrstva s roznášecí výztuží je z betonu druhu 170 a spodní nevyztužená vrstva je z betonu druhu 80.

Údaje o mostu byly převzaty z mostního listu a z dostupné archivní odborné literatury (Technické zajímavosti ze stavby mostu přes Vltavu ve Štěchovicích, Zprávy z veřejné služby technické, 25. ročník, 1945).



Obrázek č. 1: Poloha konstrukce (zdroj: geoportal.rsd.cz)



3. ÚČEL PRŮZKUMU MOSTU

Zřejmě nejzásadnějším důvodem potřeby provedení průzkumu mostu je nynější nízká zatížitelnost mostu. Normální zatížitelnost mostu je pouze 11 t. Zatížitelnost byla navíc stanovena jen odhadem. Diagnostický průzkum má tedy za úkol stanovit materiálové charakteristiky jednotlivých částí mostu a zhodnotit jejich stav.

Mimo diagnostickou část má průzkum i část stavebně technickou, kde je třeba alespoň částečně nahradit chybějící projektovou dokumentaci. Tzn. je třeba ověřit či zcela znovu doplnit rozměry vybraných prvků a určit jejich vyztužení.

Na základě výsledků diagnostického průzkumu bude proveden podrobný statický výpočet pro přesné stanovení aktuální zatížitelnosti mostu. Podle vypočtené zatížitelnosti bude rovněž rozhodnuto a potřebách sanace či zesílení mostní konstrukce.

4. REŠERŠE ARCHIVNÍ DOKUMENTACE

Správce mostu nedisponuje dochovanou projektovou dokumentací k mostu a jediné dostupné informace o mostu jsou v mostním listě. Tyto informace jsou však silně nedostatečné. Musela být proto před samotným průzkumem mostu provedena rešerše odborné literatury a dohledání jakékoliv dokumentace v archivech.

Jako jeden z možných zdrojů informací o mostě byla vytipována Fakulta stavební, ČVUT v Praze. Zde se s pomocí Doc. Hrdouška podařilo dohledat v archivní odborné literatuře technicko-populární článek „*Silniční most ve Štěchovicích*“. Článek poskytuje sice kusé, ale zato potřebné základní informace o základových poměrech, použitém betonu, výztuži táhel a několik schémátek mostu se základními kótami.

Dalším ověřeným zdrojem informací byla Národní technická knihovna. Zde byly nalezeny 2 články o štěchovickém mostu: „*Technické zajímavosti ze stavby mostu přes Vltavu ve Štěchovicích, Zprávy veřejné služby technické, 25. ročník, 1945*“ a „*Příprava ke zničení mostu, Zprávy veřejné služby technické, 26. ročník, 1946*“. Druhý z obou článků v podstatě pouze popisuje pokus ustupujících německých okupantů o zničení mostu bez relevantních údajů pro přepočet mostu.

V článku prvním je oproti tomu na 6 stranách popisován způsob výstavby mostu i způsob návrhu geometrie hlavního nosného oblouku. Popsány jsou zde použité stavební materiály (beton, výztuž) a je zde uvedeno několik schémat a detailů konstrukce. Rozměry mnohých prvků konstrukce však chybí. A naprosto zásadní vyztužení konstrukce chybí zcela.

Jelikož je most památkově chráněn, byly ověřeny i archivy Národního památkového ústavu. Zde však kromě původního evidenčního listu národní památky nebylo dohledáno nic.

Posledním potencionálním místem uložení dokumentace mostu bylo Národní technické muzeum. Na naši žádost nám tak byly do Prahy dovezeny a zpřístupněny složky z fondu prováděcí firmy Brázdil a Ješ a z fondu projektanta Ing. Miloslava Klementa. Zpřístupněné složky fondu obsahovaly pouze fragmenty nejrozličnějších dokumentů – rozpočty, zápisy z jednání atd. Z relevantních podkladů zde byl pouze podélný řez, kde je patrný neokótovaný tvar základů oblouků a zejména potom výkres výztuže hlavního nosného oblouku.

Veškeré dohledané dokumenty jsou uvedeny v digitální podobě na přenosném nosiči DVD s digitalizací zprávy. Dokumenty nebylo možné replikovat jinak než jejich fotodokumentací.

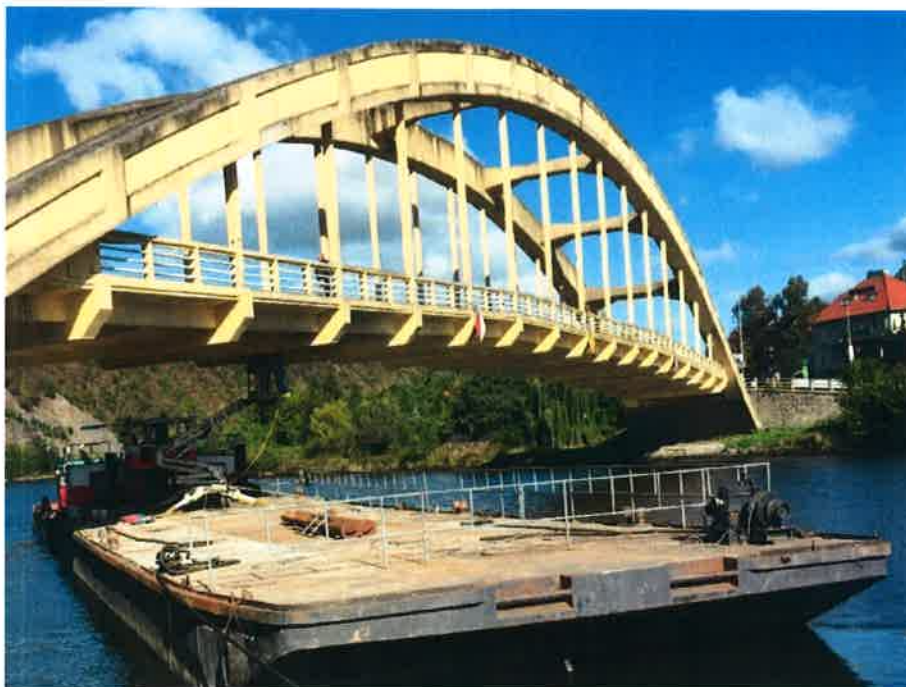
Díky provedené rešerši bylo získáno množství kusých informací, které sice tvoří pouhé fragmenty z potřebné dokumentace, avšak byly důležitým prvkem pro tvorbu základní představy o tomto mostním díle. Nejvýznamnějším dohledaným dokumentem je potom jistě výkres výztuže hlavního oblouku.

5. ZPŘÍSTUPNĚNÍ KONSTRUKCE

Zpřístupnění podhledu mostovky bylo provedeno s pomocí plovoucího pontonu, na který byla naložena pracovní plošina. Ponton byl ovládán pomocí tlačného člunu (obrázek č. 4). Bylo tak možné operativně měnit polohu stanoviště pro diagnostické práce. Pracovní plošina s vhodným bočním dosahem navíc umožnila obsáhnout i místa, pod která se nebylo možné pontonem přímo dostat.

Poloha sond byla však dána nejen možnostmi zvoleného typu zpřístupnění, ale i požadavkem plavební správy pro zachování a neohrožení plavebního provozu na Vltavě.

Hlavní nosné oblouky byly spolu s táhly zpřístupněny z pracovní plošiny umístěné v uzávěře přímo na mostě (obrázek č. 5).



Obrázek č. 4: Provádění diagnostických prací z pracovní plošiny umístěné na pontonu s tlačnou lodí



Obrázek č. 5: Provádění diagnostických prací z pracovní plošiny umístěné na mostě

6. JIŠTĚNÍ KVALITY BETONU A JEHO FYZIKÁLNĚ-MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ

6.1. Odběr jádrových vývrtů

Pro ověření kvality a vlastností betonu bylo nutné lokálně odebrat vzorky betonu. Vzorky byly odebírány jádrovým vrtáním o průměru DN80-DN100 s vodním výplachem.

Celkem bylo provedeno 21 jádrových vývrtů, a to v následujícím rozložení po jednotlivých nejzásadnějších prvcích konstrukce:

- Opěry – celkem 4 vývrty DN100
- Stěny mezi patami oblouků – celkem 3 vývrty DN 100
- Roštová mostovka – celkem 6 vývrtů DN80:
 - 2 vývrty z příčníků
 - 2 vývrty z podélníků
 - 2 vývrty z příčného ztužidla
- Hlavní oblouky – celkem 8 vývrtů DN80

V souladu s požadavky Národního památkového ústavu byly jádrové vývrty odebrány mimo pohledově exponované vnější plochy a zároveň nebyly prováděny v místech kamenného obkladu opěr.

Všechny vývrty byly použity pro vyšetření základních fyzikálně-mechanických vlastností betonu. Z vybraných vývrtů byly potom navíc odebrány vzorky pro chemické a fyzikálně-chemické analýzy betonu.

Místa odběru vývrtů byla následně provizorně zapravena sanační maltou tak, aby v těchto místech do doby sanace konstrukce nedocházelo k zátekům a k rozvoji poruch konstrukce. Pro zapravení míst odběru vývrtů byla použita speciální k tomu účelu určená sanační malta. Tato sanační malta splňuje požadavky normy ČSN EN 1504-3 „Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody - Část 3: Opravy se statickou funkcí a bez statické funkce“. A to konkrétně pro třídu R3 – tedy výrobek pro opravu se statickou funkcí. Použitá sanační hmota je nesmršlivá, vodonepropustná, mrazuvzdorná a odolná vůči posypovým solím.

6.2. Vizuální popis vývrtů a jejich parametry

Spodní stavba

Tabulka č. 1: Popis vývrtů SS1-SS2

Označení vývrtu		SS1	SS2
Laboratorní číslo		2047/18	2048/18
Poloha vývrtů		OP1 1,9 m od pravého líce OP 0,5 m pod horní hranou OP	OP1 6,5 m od pravého líce OP 0,2 m pod horní hranou OP
Vývrt - průměr / délka	mm	100,0 / 240	100,0 / 250
Popis vývrtu		- z čela omítka tl. 15 mm, dobře přilnutá k podkladu - beton hutný bez poruch, drobné nedohutnění kolem velkých zrn	- z čela omítka tl. 15-20 mm, dobře přilnutá k podkladu - beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zmo	mm	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HTK / 45 x 35	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HTK / 65 x 45
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný, drobné nedohutnění velmi malé / malé 6 -	hutný beton velmi malé / malé 6 -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



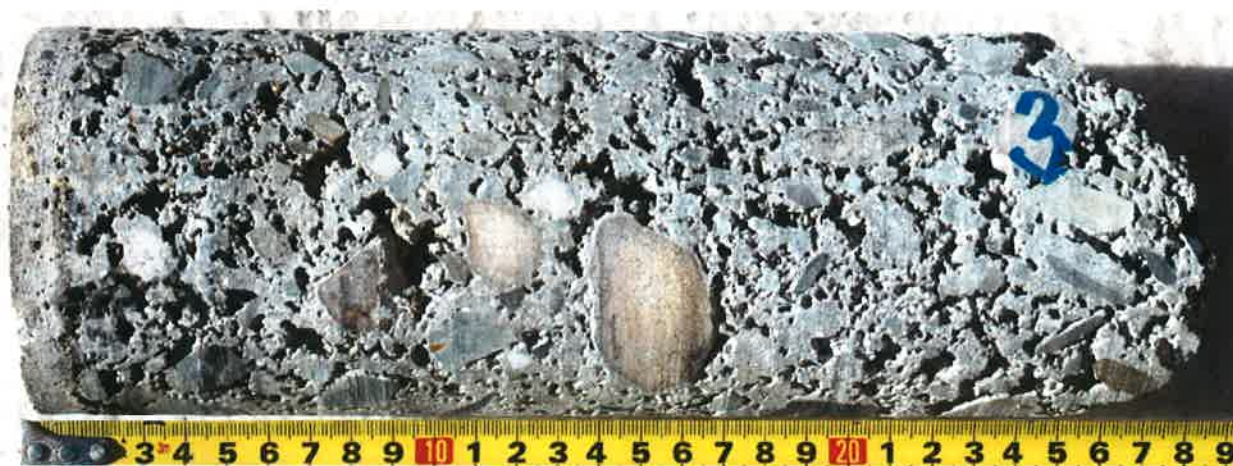
Obrázek č. 6: Vývrt SS1



Obrázek č. 7: Vývrt SS2

Tabulka č. 2: Popis vývrtů SS3-SS4

Označení vývrtu		SS3	SS3a
Laboratorní číslo		2049/18	2050/18
Poloha vývrtů		OP2 3,2 m od levého líce OP 0,3 m pod horní hranou OP	OP2 Shora při levém mostním křídle těsně za patou oblouku
Vývrt - průměr / délka	mm	99,5 / 290	99,5 / 250 (obě části)
Popis vývrtu		- z čela omítka tl. 12-15 mm - beton nedohutněný, dutinatý až mezerovitý	1. část vývrtu- -z čela jemnozrnná přibetonávka tl. 80-95 mm, částečně nezhutněná, pórovitá a nepřilnutá k podkladu, na spoji výluhu 2. část vývrtu- -do 50 mm drobné nedohutněnosti kolem zrn kamene, dále hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zmo	mm	rovnoměrné menší množství (cca 20- 25 %) HTK / 45 x 30	2. část vývrtu rovnoměrné menší množství (cca 25 %) HTK / 35 x 30
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	nedohutněný beton malé / velké velké -	2. část - hutný beton - drobné nedohutněnosti velmi malé /střední 3 -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 8: Vývrt SS3



Obrázek č. 9: Vývrt SS3a

Tabulka č. 3: Popis vývrtů SS4-SS5

Označení vývrtu		SS4	SS5
Laboratorní číslo		2051/18	2052/18
Poloha vývrtů		Stěna mezi patami oblouků nad OP1 3,8 m od levého líce OP 1,9 m nad horní hranou OP	Stěna mezi patami oblouků nad OP2 3,3 m od levého líce OP 2,5 m nad horní hranou OP
Vývrt - průměr / délka	mm	100,0 / 180	100,0 / 270
Popis vývrtu		- z čela omítka tl. 8-10 mm, dobře přilnutá k podkladu - beton hutný - 2 technologické trhliny rovnoběžné s povrchem v hl. 15 a 30 mm, prochází až třetinou průměru vývrtu	- z čela omítka tl. 15 mm, dobře přilnutá k podkladu - beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrno	mm	rovnoměrné menší množství (cca 25 %) HTK+ HDK / 22 x 17	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HTK+ HDK / 26 x 20
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / velmi malé - -	hutný beton velmi malé / velmi malé - -
Výztuž			
Typ / průměr / hloubka	mm	hladká / 15 / 50 hladká / 15 / 160	nezastižena
Stav		-	-



Obrázek č. 10: Vývrt SS4



Obrázek č. 11: Vývrt SS5

Tabulka č. 4: Popis vývrtů SS6

Označení vývrtu		SS6
Laboratorní číslo		2053/18
Poloha vývrtů		Stěna mezi patami oblouků nad OP2 2,8 m od pravého líce OP 3,0 m nad horní hranou OP
Vývrt - průměr / délka	mm	100,0 / 220
Popis vývrtu		- z čela omítka tl. 22-25 mm, dobře přilnutá k podkladu - beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zmo	mm	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HTK+ HDK / 37 x 20
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / malé 4 -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	hladká / 15 / 200 -



Obrázek č. 12: Vývrt SS6

Mostovka

Tabulka č. 5: Popis vývrtů NK1-NK2

Označení vývrtu		NK1	NK2
Laboratorní číslo		2054/18	2055/18
Poloha vývrtů		3. příčník od OP1 mezi 2. a 3. podélníkem	3. podélník zprava mezi 3. a 4. příčníkem od OP1
Vývrt - průměr / délka	mm	74,5 / 140	74,5 / 140 + 120
Popis vývrtu		- beton hutný bez poruch	- beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrno	mm	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HTK / 20 x 17	rovnoměrné menší množství (cca 20 %) HTK / 25 x 20
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / malé - -	hutný beton malé / malé - -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	hladká, svislá / 8 / 95 -	roksor / 20 / 45



Obrázek č. 13: Vývrt NK1



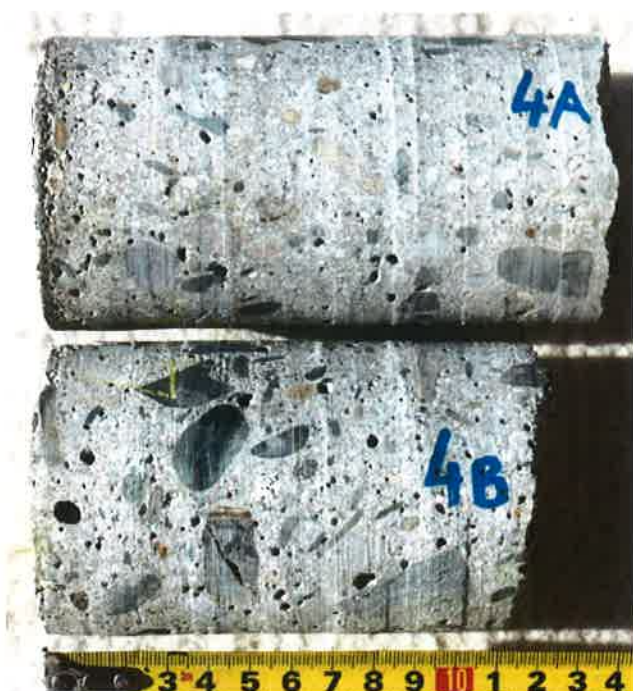
Obrázek č. 14: Vývrt NK2

Tabulka č. 6: Popis vývrtů NK3-NK4

Označení vývrtu		NK3	NK4
Laboratorní číslo		2056/18	2057/18
Poloha vývrtů		4. příčník od OP1 mezi 3. a 4. podélníkem	7. příčník od OP1 mezi 4. a 5. podélníkem
Vývrt - průměr / délka	mm	74,5 / 230	74,5 / 120 + 140
Popis vývrtu		- beton hutný bez poruch	- beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrno	mm	rovnoměrné menší množství (cca 25 %) HTK / 25 x 15	rovnoměrné menší množství (cca 25 %) HTK / 35 x 17
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton malé / malé - -	hutný beton malé / malé - -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 15: Vývrt NK3



Obrázek č. 16: Vývrt NK4

Tabulka č. 7: Popis vývrtů NK5-NK6

Označení vývrtu		NK5	NK6
Laboratorní číslo		2058/18	2059/18
Poloha vývrtů		4. podélník zprava před 7. příčником od OP1	5. podélník zprava před 7. příčником od OP1
Vývrt - průměr / délka	mm	74,5 / 130 + 130	74,5 / 100 + 130
Popis vývrtu		- beton hutný - vývrt 5A: do hloubky 50 mm trhlinka kolmá na čelo, šířka do 0,1 mm	- beton hutný - vývrt 6B: trhlinka kolmá na čelo, celým vývrtem zviditelněná, většinou obchází zrna kameniva
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrno	mm	rovnoměrné menší množství (cca 25 %) HTK / 30 x 20	rovnoměrné menší množství (cca 25 %) HTK / 35 x 30
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton malé / malé - -	hutný beton malé / malé 1 -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 17: Vývrt NK5



Obrázek č. 18: Vývrt NK6

Hlavní oblouky

Tabulka č. 8: Popis vývrtů A-B

Označení vývrtu		A	B
Laboratorní číslo		2060/18	2061/18
Poloha vývrtů		Pravý oblouk při OP1 0,4 m od čela jalové vazby 1,5 m nad chodníkem	Pravý oblouk při 3. táhle od OP1 1,0 m přes 3. táhlem od OP1 Dolní třetina výšky oblouku
Vývrt - průměr / délka	mm	80,0 / 200	74,5 / 180
Popis vývrtu		- z čela omítka tl. 20-25 mm přilnutá - cca v polovině vývrtu otevřená technologická trhlina / pracovní spára rovnoběžná s povrchem - beton hutný, místy nedohutněnosti u zrn hrubého kameniva	- z čela omítka tl. 6-22 mm přilnutá - technologická trhlina / pracovní spára v hloubce 30-45 mm od čela, obchází zrna kameniva, místy otevřená až na 1 mm, jinde až zavřená, rovnoběžná s čelem - beton hutný
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrna	mm	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HDK / 30 x 15	rovnoměrné dostatečné množství (cca 35 %) HDK / 25 x 17
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / malé 3 -	hutný beton velmi malé / velmi malé - -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 19: Vývrt A



Obrázek č. 20: Vývrt B

Tabulka č. 9: Popis vývrtů C-D

Označení vývrtu		C	D
Laboratorní číslo		2062/18	2063/18
Poloha vývrtů		Pravý oblouk při 2. táhle od OP2 0,6 m za 2. táhlem od OP2 0,4 m od dolní hrany oblouku	Pravý oblouk při OP2 0,15 m před čelem jalové vazby 1,7 m nad chodníkem
Vývrt - průměr / délka	mm	74,5 / 160	80,0 / 180
Popis vývrtu		- z čela omítka tl. 20 mm přilnutá - technologická trhlina / pracovní spára v hloubce 35-50 mm od čela, obchází zrna kameniva, prochází až polovinou průměru vývrtu - beton hutný	- z čela omítka tl. 12-18 mm nepřilnutá - technologická trhlina / pracovní spára v hloubce 30-35 mm viditelná čtvrtinou průměru vývrtu - beton hutný
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zrna	mm	rovnoměrné dostatečné množství (cca 35-40 %) HDK / 20 x 15	rovnoměrné dostatečné množství (cca 35 %) HDK / 25 x 17
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / velmi malé - -	hutný beton velmi malé / velmi malé - -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 21: Vývrt C



Obrázek č. 22: Vývrt D

Tabulka č. 10: Popis vývrtů E-F

Označení vývrtu		E	F
Laboratorní číslo		2064/18	2065/18
Poloha vývrtů		Levé oblouk nad při OP1 0,2 m od čela jalové vazby 1,5 m nad chodníkem	Levý oblouk při 3. táhle od OP1 1,5 m před 3. táhlem od OP2 Dolní třetina výšky oblouku
Vývrty - průměr / délka	mm	80,0 / 200	74,5 / 190
Popis vývrtu		- z čela omítka tl. 20-25 mm přilnutá - beton hutný bez poruch	- z čela omítka tl. 17-24 mm přilnutá - beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zmo	mm	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HDK / 20 x 14	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HDK / 20 x 20
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / velmi malé - -	hutný beton velmi malé / velmi malé - -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 23: Vývrt E



Obrázek č. 24: Vývrt F

Tabulka č. 11: Popis vývrtů G-H

Označení vývrtu		G	H
Laboratorní číslo		2066/18	2067/18
Poloha vývrtů		Levý oblouk při 3. táhle od OP2 1,0 m za 3. táhlem od OP1 0,4 m od dolní hrany oblouku	Levý oblouk při OP2 0,2 m od čela jalové vazby 1,45 m nad chodníkem
Vývrt - průměr / délka	mm	74,5 / 180	80,0 / 190
Popis vývrtu		- z čela omítka tl. 14-30 mm přilnutá - beton hutný bez poruch	- z čela omítka tl. 15-20 mm přilnutá - beton hutný bez poruch
Kamenivo Rozložení Množství HK Druh HK / největší zmo	mm	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HDK / 35 x 23	rovnoměrné dostatečné množství (cca 30 %) HDK / 35 x 14
Zhutnění betonu Póry < 1 / 1-7 mm Dutiny > 7 mm Kaverny	množství ks ks	hutný beton velmi malé / velmi malé 1 -	hutný beton velmi malé / velmi malé - -
Výztuž Typ / průměr / hloubka Stav	mm	nezastižena -	nezastižena -



Obrázek č. 25: Vývrt G



Obrázek č. 26: Vývrt H

6.3. Zkoušky fyzikálně-mechanických vlastností betonu na vývrtech

Po provedení popisu a fotodokumentaci byly vývrty vhodně rozřezány na jednotlivé zkušební vzorky pro zjištění objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a nasákavosti betonu.

Objemová hmotnost byla určena na částech bez výztuže dle ČSN EN 12390-7. Nasákavost betonu byla vyzkoušena dle ČSN 73 1316. Pevnost v tlaku jednotlivých zkušebních těles byla vyzkoušena dle ČSN EN 12504-1 a stanovení krychelné pevnosti bylo provedeno dle ČSN EN 12504-1 s využitím převodních vztahů uvedených v TKP 18.

Výsledky zkoušek vývrťů jsou uvedeny v tabulkách č. 12-15. Z výsledků pevnosti byla dále vypočtena charakteristická pevnost betonu v tlaku. Pro výpočet charakteristické pevnosti byla obecně zejména norma ČSN EN 1990, která je obecně konzervativnější. Pouze u opěr muselo být použito výpočtu dle normy ČSN EN 13791, jelikož výsledkem výpočtu dle ČSN EN 1990 byla nereálná hodnota charakteristické pevnosti. To je dáno širokým intervalem změřených hodnot pevnosti u opěr.

Vypočtená charakteristická pevnost betonu jednotlivých prvků byla nakonec zaříděna do pevnostních tříd uvedených v ČSN EN 206+A1.

Opěry

Tabulka č. 12: Výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických vlastností betonu na vývrtech z opěr

Prvek	Označení vývrťu	Lab. číslo	Objemová hmotnost (ČSN EN 12390-7) [kg/m³]	Pevnost v tlaku na jednotlivých tělesech (ČSN EN 12390-3 Z1) [MPa]		Průměrná krychelná pevnost v tlaku [MPa]	Nasákavost betonu (ČSN 73 1316) [%]
Opěra OP1	SS1	2047/18	2380	76,0	78,6	77,3	6,0
Opěra OP1	SS2	2048/18	2260	93,1	90,8	92,0	7,1
Opěra OP2	SS3	2049/18	2020	21,4	22,2	21,8	23,6
Opěra OP2	SS3a	2050/18	2440	61,1	-	61,1	6,3

Vypočtené charakteristické pevnosti

ČSN EN 1990: výsledkem výpočtu je nereálně nízká hodnota charakteristické pevnosti

ČSN EN 13791: **25,8 MPa** → zaříděno do **C20/25** dle ČSN EN 206+A1

Stěny mezi oblouky

Tabulka č. 13: Výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických vlastností betonu na vývrtech ze stěn mezi oblouky

Prvek	Označení vývrťu	Lab. číslo	Objemová hmotnost (ČSN EN 12390-7) [kg/m³]	Pevnost v tlaku na jednotlivých tělesech (ČSN EN 12390-3 Z1) [MPa]		Průměrná krychelná pevnost v tlaku [MPa]	Nasákavost betonu (ČSN 73 1316) [%]
Stěna nad OP1	SS4	2051/18	2450	63,5	-	63,5	10,2
Stěna nad OP1	SS5	2052/18	2300	51,1	52,7	51,9	6,6
Stěna nad OP2	SS6	2053/18	2380	67,4	-	67,4	6,6

Vypočtené charakteristické pevnosti

ČSN EN 1990: **45,7 MPa** → zaříděno do **C40/50** dle ČSN EN 206+A1

Roštová mostovka

Tabulka č. 14: Výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických vlastností betonu na vývrtech z mostovky

Prvek	Označení vývrtu	Lab. číslo	Objemová hmotnost (ČSN EN 12390-7) [kg/m³]	Pevnost v tlaku na jednotlivých tělesech (ČSN EN 12390-3 Z1) [MPa]		Průměrná krychelná pevnost v tlaku [MPa]	Nasákavost betonu (ČSN 73 1316) [%]
3. příčník od OP1 mezi 2. a 3. podélníkem	NK1	2054/18	2280	41,7	-	41,7	6,9
3. podélník zprava mezi 3. a 4. příčníkem od OP1	NK2	2055/18	2290	55,3	45,1	50,2	7,4
4. příčník od OP1 mezi 3. a 4. podélníkem	NK3	2056/18	2300	42,3	52,7	47,5	6,7
7. příčník od OP1 mezi 4. a 5. podélníkem	NK4	2057/18	2270	39,6	40,3	40,0	7,0
4. podélník zprava před 7. příčníkem od OP1	NK5	2058/18	2250	42,9	36,3	39,6	7,4
5. podélník zprava před 7. příčníkem od OP1	NK6	2059/18	2290	44,6	44,5	44,6	7,0
deska při levá obrubě a u 3. táhla od OP1	NK7	2214/18	2280	48,3	-	48,3	-

Vypočtené charakteristické pevnostiČSN EN 1990: **36,7 MPa** → zatříděno do **C30/37** dle ČSN EN 206+A1**Hlavní oblouky**

Tabulka č. 15: Výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických vlastností betonu na vývrtech z hlavních oblouků

Prvek	Označení vývrtu	Lab. číslo	Objemová hmotnost (ČSN EN 12390-7) [kg/m³]	Pevnost v tlaku na jednotlivých tělesech (ČSN EN 12390-3 Z1) [MPa]		Průměrná krychelná pevnost v tlaku [MPa]	Nasákavost betonu (ČSN 73 1316) [%]
Pravý oblouk nad jalovou vazbou při OP1	A	2060/18	2330	58,3	52,4	55,3	-
Pravý oblouk při 3. táhle od OP1 – cca 1/4 rozpětí	B	2061/18	2400	86,6	-	86,6	6,3
Pravý oblouk při 2. táhle od OP2 – cca 1/5 rozpětí	C	2062/18	2470	40,5	-	40,5	5,1
Pravý oblouk nad jalovou vazbou při OP2	D	2063/18	2400	45,7	-	45,7	9,7
Levý oblouk nad jalovou vazbou při OP1	E	2064/18	2340	52,8	37,9	45,3	-
Levý oblouk při 3. táhle od OP1 – cca 1/4 rozpětí	F	2065/18	2320	65,3	-	65,3	6,5
Levý oblouk při 3. táhle od OP2 – cca 1/4 rozpětí	G	2066/18	2390	61,4	65,3	63,3	-
Levý oblouk nad jalovou vazbou při OP2	H	2067/18	2340	54,9	-	54,9	7,0

Vypočtené charakteristické pevnostiČSN EN 1990: **31,4 MPa** → zatříděno do **C30/37** dle ČSN EN 206+A1

6.4. Hloubka karbonatace betonu

Dle objednávky byla stanovena i hloubka karbonatace betonu pomocí kolorimetrické zkoušky 1% roztokem fenolftaleinu. Stanovení míry karbonatace pomocí roztoku fenolftaleinu je pouze orientační zkouška, jelikož poukazuje jen na místa s $\text{pH} < 9$. Pro železobetonové konstrukce je však zásadní již hodnota $\text{pH} 9,6$, při které dochází k depasivaci výztuže. Pro přesné určení rozsahu karbonatace je třeba vyhotovení chemických analýz. Změřené hloubky karbonatace betonu jsou uvedeny níže, v tabulce č. 16.

Tabulka č. 16: Výsledky zkoušek hloubky karbonatace

Zkušební místo		Hloubka karbonatace [mm]
Spodní stavba		
Opěra OP1	jádrový vývrt SS1	0 (pod omítkou)
Opěra OP1	jádrový vývrt SS2	0 (pod omítkou)
Opěra OP2	jádrový vývrt SS3	0 (pod omítkou)
Opěra OP2	jádrový vývrt SS3a	1 (pod omítkou)
Stěna nad OP1	jádrový vývrt SS4	0 (pod omítkou)
Stěna nad OP1	jádrový vývrt SS5	0 (pod omítkou)
Stěna nad OP2	jádrový vývrt SS6	0 (pod omítkou)
Mostovka		
3. příčník od OP1 mezi 2. a 3. podélníkem	jádrový vývrt NK1	24
3. podélník zprava mezi 3. a 4. příčníkem od OP1	jádrový vývrt NK2	4 2
4. příčník od OP1 mezi 3. a 4. podélníkem	jádrový vývrt NK3	15
7. příčník od OP1 mezi 4. a 5. podélníkem	jádrový vývrt NK4	25 4
4. podélník zprava před 7. příčníkem od OP1	jádrový vývrt NK5	4 8
5. podélník zprava před 7. příčníkem od OP1	jádrový vývrt NK6	3 2
3. příčník od OP1 mezi 1. a 2. podélníkem	sonda	13
2. podélník zprava mezi 3. a 4. příčníkem	sonda	8
2. podélník zprava mezi 3. a 4. příčníkem	sonda	10
Ztužidlo mezi 3. a 4. příčníkem	sonda	8
Mostovka mezi 1. a 2. podélníkem zprava a 3. a 4. příčníkem	sonda	3
7. příčník od OP1 mezi 1. a 2. podélníkem	sonda	5
Ztužidlo mezi 6. a 7. příčníkem	sonda	6
3. podélník zprava mezi 6. a 7. příčníkem	sonda	4
Hlavní oblouky		
Pravý oblouk – cca 1/6 rozpětí při OP1	jádrový vývrt A	1 (pod omítkou)
Pravý oblouk – cca 1/4 rozpětí při OP1	jádrový vývrt B	1 (pod omítkou)
Pravý oblouk – cca 1/5 rozpětí při OP2	jádrový vývrt C	2 (pod omítkou)
Pravý oblouk – cca 1/6 rozpětí při OP2	jádrový vývrt D	1 (pod omítkou)
Levý oblouk – cca 1/6 rozpětí při OP1	jádrový vývrt E	1 (pod omítkou)
Levý oblouk – cca 1/4 rozpětí při OP1	jádrový vývrt F	1 (pod omítkou)
Levý oblouk – cca 1/4 rozpětí při OP2	jádrový vývrt G	1 (pod omítkou)
Levý oblouk – cca 1/6 rozpětí při OP2	jádrový vývrt H	1 (pod omítkou)
Pravý oblouk – cca 1/5 rozpětí při OP1	sonda	3 (pod omítkou)
Pravý oblouk – cca 1/4 rozpětí při OP1	sonda	2 (pod omítkou)

Zkušební místo		Hloubka karbonatace [mm]
Pravý oblouk – cca 1/4 rozpětí při OP2	sonda	1 (pod omítkou)
Levý oblouk – cca 1/4 rozpětí při OP1	sonda	2 (pod omítkou)
Levý oblouk – cca 1/4 rozpětí při OP2	sonda	3 (pod omítkou)
2. ztužidlo od OP1	sonda	2 (pod omítkou)
1. ztužidlo od OP2	sonda	1 (pod omítkou)

7. CHEMICKÉ ANALÝZY BETONU

7.1. Metodika zkoušek

Metodika zkoušek byla navržena dle potřeby zjištění skutečností:

- Zjištění korozních vlivů – karbonatace, koroze síranovými ionty a ASR
- Zjištění druhu a obsahu cementu

Pro zjištění těchto vlastností byly voleny analýzy:

- Pro zjištění korozních vlivů byly voleny kolorimetrické metody dle postupů FHWA na řezném povrchu vzorků.
- DTA byla námi volena jako první analýza, protože dle ní se pak rozhodujeme, které další analýzy budeme dělat. Navíc je zde možno hned v prvním kroku téměř potvrdit či vyvrátit přítomnost hlinitanového cementu – je možnost detekce bodu rozkladu gibbsitu – při jeho absenci se zpravidla nejedná o hlinitanový cement.
- Analýza složení pojiva chemickým rozbohem byla volena pouze u jednoho vzorku, kde se obsah CaO a Al_2O_3 v RTG analýzách téměř rovnal. I když bylo zřejmé, že výrazný podíl Al_2O_3 pochází ze živců.
- Rentgenové analýzy byly zvoleny jako prvotní pohled a byly voleny jak prvkové XRF, tak strukturní analýzy XRD.

7.2. Příprava vzorků

- Pro každý typ analýz byl vždy připraven samostatný vzorek dle následujícího schématu.
- Pro kolorimetrické metody byl volen řez vývrtem od povrchu do hloubky u všech metod, pro zjištění koroze síranový síranovými ionty byl tento ještě vybroušen kamenickým brusem jemnosti 1000.
- Pro DTA a chemické analýzy byl vzorek nařezán úzkým proužkem přes celý průřez vývrtnu – tím byl zajištěn přibližně průměrný vzorek a namlet na jemnost do 0,25 mm.
- Pro RTG analýzy byl tento hrubě namletý vzorek roztříván a pro analýzy byla použita pouze frakce do 0,05 mm. Tím byl vzorek obohacen o tmel a oddělena část kameniva. Tím jsou zvýrazněny složky ve tmelu a je možné zodpovědněji tmel hodnotit.

7.3. Měření a analýzy

Kolorimetrické analýzy

- Koroze vyluhováním a kyselá koroze – je viditelná běžně na povrchu – postupuje vždy od povrchu do hloubky. Stejně tak jako karbonatce je měřitelná pomocí fenolftaleinu a povrchově metodou měření pevností v povrchu betonu v tahu. Zde – protože narušení nebylo viditelné a prostor s neutrálním pH byl zanedbatelný, jsme od měření odtrhových pevností ustoupili. Můžeme konstatovat, že zde tato koroze neprobíhá.
- Koroze síranovými ionty v případě povrchové koroze postupuje od povrchu do hloubky. Při ní výrazně klesá pH betonu – tedy může se objevit pouze v oblasti, kterou jsme v počátku označili jako zkarbonatovaná vrstva. Beton se povrchově obarví manganistanem draselným v přítomnosti jiných solí a poté se manganistan redukuje kyselino šťavelovou. V místě koroze zůstává zbarvení manganistanem podstatně delší dobu než v místech bez koroze. V případě betonu ze Štěchovického mostu nebyla zjištěna ani nepatrná povrchová koroze. Kyselé deště zde zachytila ochranná omítka.
- Možnost přítomnosti ASR byla prvně vyloučena již pohledem, protože zde nikde nebyly charakteristické trhliny pro tento typ koroze. Přesto jsme na povrchu vývrtů provedli detekci křemičitého gelu pomocí octanu uranuly s negativním výsledkem. Koroze křemičitými gely zde zatím neprobíhá.

RTG analýzy

RTG analýzy zachycují prvkové složení jak z pojiva, tak z kameniva sumárně a strukturální analýza pak zachycuje přibližný obsah některých minerálů. Z nich zachytí pouze krystalické složky, ale nezachytí gelovou strukturu (např. tobermoritický gel – zde zachytí jen tu část, která přešla na krystalický tobermorit). Zde se tedy zaměřujeme na obsah CaO a obsah karbonátů (kalcit, aragonit ...) které mohou pocházet jak z vápence, tak z pojiva. Současně se zde zaměřujeme na Na₂O, K₂O – živce ve kterých je vázán hliník, dále obsah železa, který je součástí zejména struskoportlandských a železitanových cementů a váže se s hliníkem na terakalcium aluminoforit ve vytvrdlém cementu hydratovaný nepřinášející ani pozitivní ani negativní vliv na pevnosti.

Porovnáme-li obsahy sledovaných prvků a struktur – můžeme konstatovat, že většina hliníku je zde vázána v živcích (kamenivo) a nepochází tak z cementu. Celkové analýzy jsou samostatnou přílohou.

V Tabulce č. 17 uvádíme výsledky prvkové analýzy rentgenovou difrakcí. V tabulce 2 pak uvádíme v jakých sloučeninách jsou prvky vázány.

Tabulka č. 17: Obsah prvků (jako oxidy) z RTG analýzy XRF

Laboratorní číslo vzorku		2047	2055	2061	2065	2213
Na ₂ O	%	2,03	1,755	2,39	1,665	1,43
MgO	%	1,375	1,365	2,52	2,255	1,845
Al ₂ O ₃	%	11,03	11,855	11,13	9,785	10,87
SiO ₂	%	47,51	49,62	40,34	35,675	45,565
K ₂ O	%	2,275	2,435	1,0615	1,26	2,115
CaO	%	23,265	20,94	25,11	31,045	24,665
Fe ₂ O ₃	%	2,495	3,035	6,14	5,315	2,815

Tabulka č. 18: Obsah složek počítaný kombinací analýz XRF a XRD

Laboratorní číslo vzorku		2047	2055	2061	2065	2213
Albit	%	21,4	17,4	28,3	21,9	17,3
Brownmillerit	%	1,6	1,4	2,9	3,4	0,8
Kalcit	%	3,2	6,9	6,1	6,1	3,2
Chlorit	%	3,5	2,5	13,8	9,5	5,3
Muskovit	%	10,2	12,5	7	9,5	18,7
Portlandit	%	7	6	4,8	8,9	6,5
Křemen	%	30,5	34,4	16,3	15,9	25,8
Hornblend	%	5,9	3,8	4,9	5	10,5
Hydrotalcit	%	1	1,2	1,1	1,4	1,6
Mikroklin	%	8,8	7,4	7,9	9,3	6,7
Hydrokalumit	%	0	0,2	0,3	0,7	0,3
Larnit	%	6,7	6,3	6,7	8,6	3,3

Z analýz je patrná skutečnost, že je celý most budován materiály stejného složení. Analýzy jsou velmi blízké a ukazují, že vyšší podíl Al_2O_3 nepochází z pojiva, ale zejména ze živců, které jsou v kamenivu hojně zastoupeny. To vyplývá jak ze strukturálních analýz, tak vysokého obsahu Na_2O ; K_2O a dalších složek. Z těchto analýz je jednoznačné, že pojivem betonu mostu je cement portlandského typu. Vzhledem ke skutečnosti, že nebyla provedena detailní chemická analýza, nemůžeme rozlišit mezi portlandským a struskoportlandským cementem.

Diferenční termická analýza

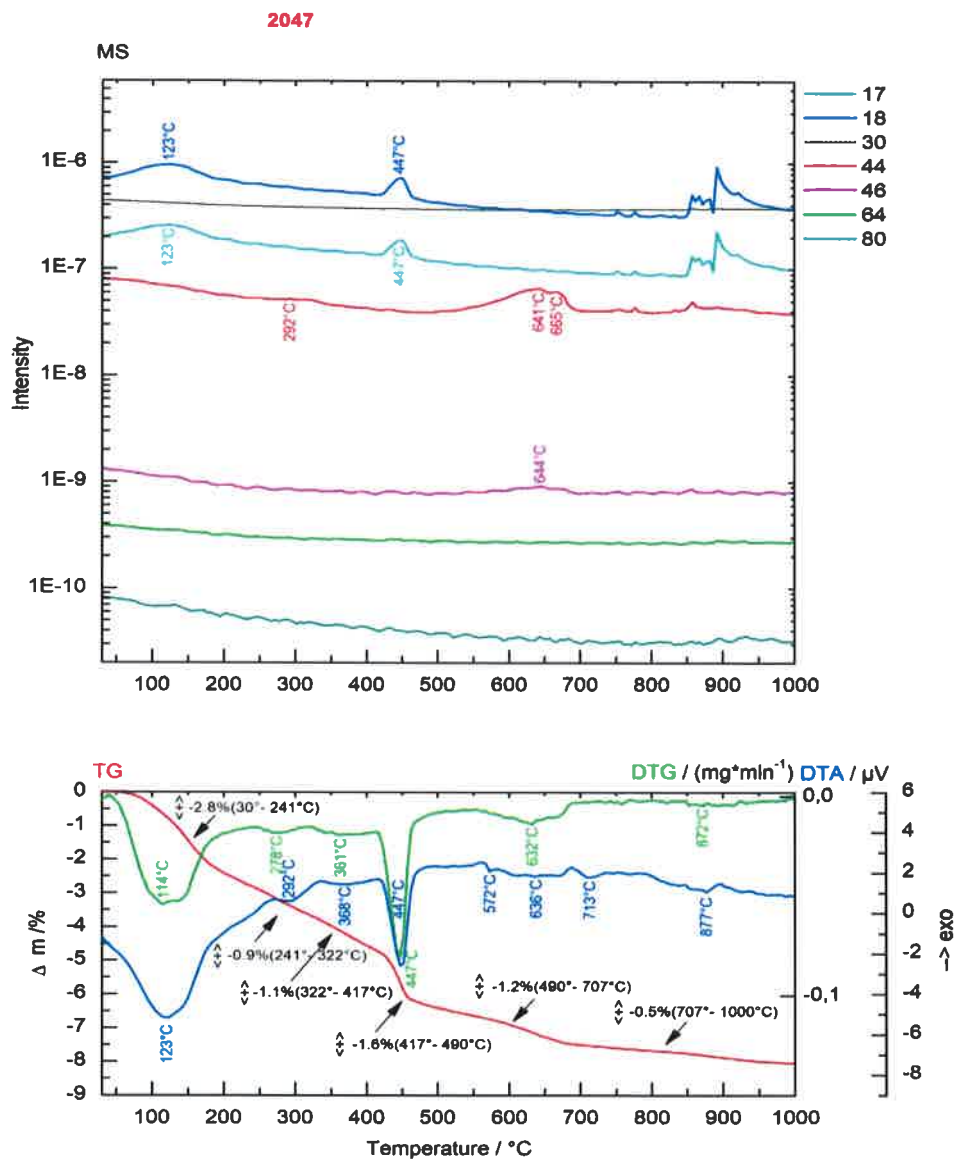
Druhou – z našeho hlediska jednodušší variantou je diferenční termická analýza. Je založena na skutečnosti, že se každá sloučenina rozkládá při jiné teplotě a každý tento rozklad má své výrazné teplotní zabarvení, které můžeme detekovat velmi přesně.

Tabulka č. 19: Typické teploty rozkladů

Hydratované alumináty	260-410 °C	Zejména z HC
Rozklad C_3AH_6	nastává přibližně při 320 °C	Zejména z HC
Rozklad Ettringitu	120-190 °C	Zejména z HC nepatrně i z PC
Gibbsit výrazný	290-450 °C	Zejména z HC – vzniká ve velkém množství při přechodu z CAH_{10} na C_3AH_6 – kubická forma
Portlandit CaOH_2	460-560 °C	Z HC i PC
C-S-H gel	60-260 °C	Zejména z PC
Karbonáty	650-910 °C	Z HC i PC
Kalcit	700-910 °C	Z HC i PC

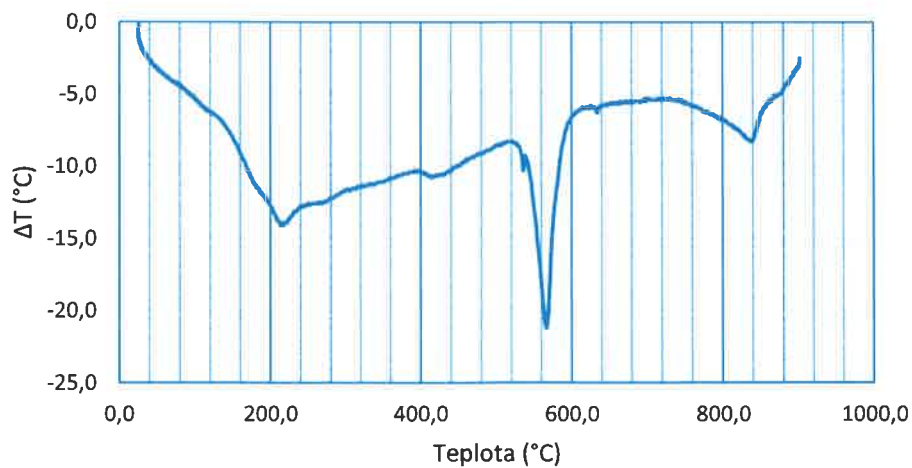
Chybí-li výrazné minimum zejména v oblasti kolem 320 °C je téměř vyloučeno, že by se mohlo jednat o hlinitanový cement. Pokud se toto minimum objeví jako nevýrazné, pak může jít o hlinitany, a to i z PC, ale i o jiné sloučeniny – např. o železitými ionty obohacený vápenec... pak by byla nutná další analýza.

Všechny vzorky byly analyzovány v naší laboratoři. Jeden vzorek č.vz.2047 byl navíc analyzován v akademii věd společně s analýzou spalin, aby bylo možno jednotlivým minimům přiřadit přibližné složení.



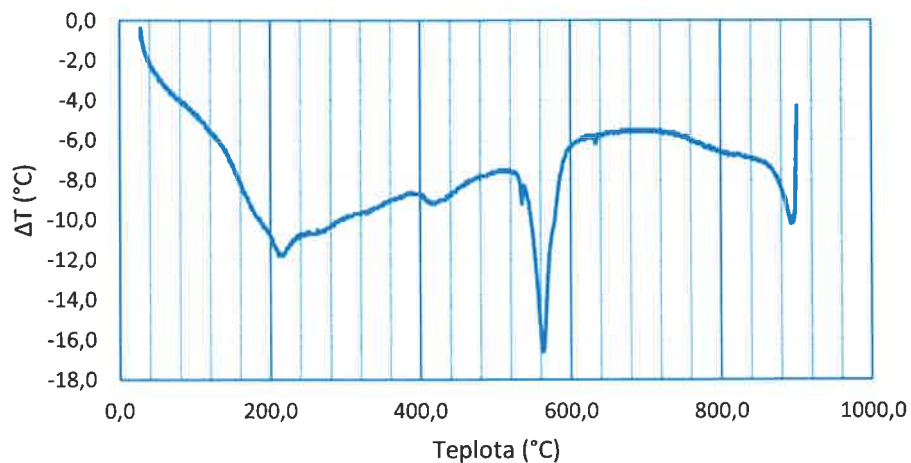
Obrázek č. 27: Výsledky DTA analýzy vzorku č. 2047 z akademie věd

DTA vzorku 2047



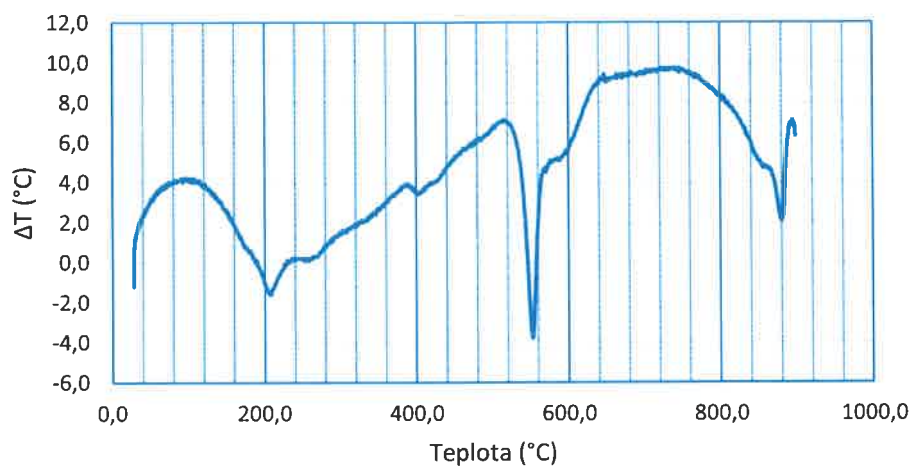
Obrázek č. 28: Výsledky DTA analýzy vzorku č. 2047 zkoušeného v naší laboratoři

DTA vzorku 2055



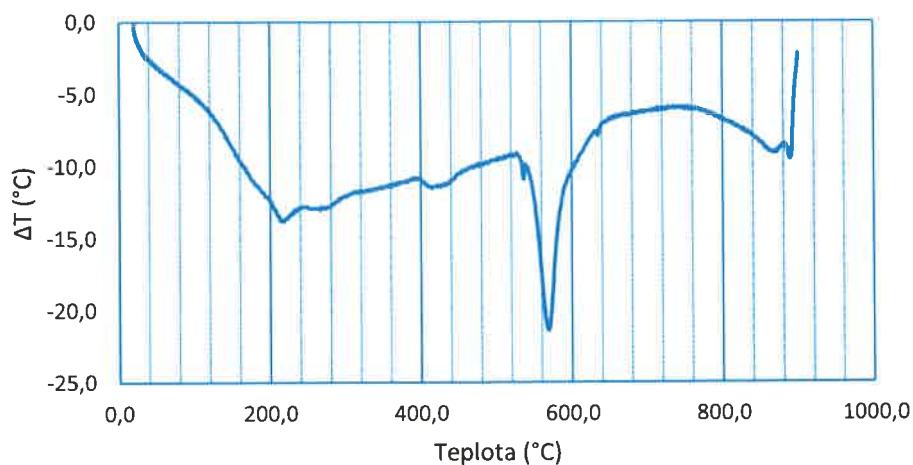
Obrázek č. 29: Výsledky DTA analýzy vzorku č. 2055 zkoušeného v naší laboratoři

DTA vzorku 2061



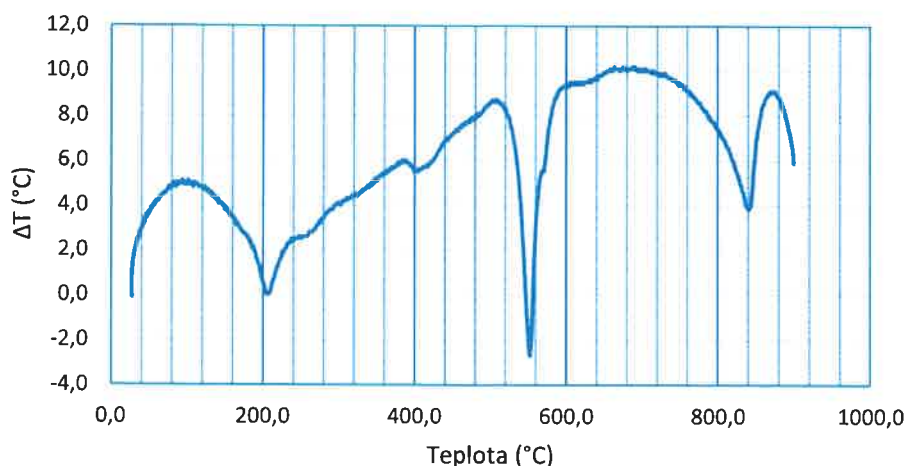
Obrázek č. 30: Výsledky DTA analýzy vzorku č. 2061 zkoušeného v naší laboratoři

DTA vzorku betonu č.2065



Obrázek č. 31: Výsledky DTA analýzy vzorku č. 2065 zkoušeného v naší laboratoři

DTA vzorku 2213



Obrázek č. 32: Výsledky DTA analýzy vzorku č. 2213 zkoušeného v naší laboratoři

Na jednotlivých křivkách je patrné:

- Do 130 °C – dehydratace volné a přes vodíkové můstky vázané vody, zde je skrytý i možný ettringit, ale v zanedbatelném množství.
- Následuje výrazný rozklad hydrosilikátů s rozsáhlým minimem kolem 180°C.
- Při 400-430 °C – může odpovídat více sloučeninám – jak z hlinitanů, tak železem modifikovaných karbonátů, či jiných složek.
- Při 550 °C se objevuje minimum hydroxidu vápenatého – toto je velmi výrazné u všech vzorků u zkarbonatovaných vzorků chybí.
- Těsně za ním se objevuje minimum odpovídající morfologické přeměně křemene.
- Od 620 °C probíhá dehydratace jílových minerálů – různě masívní podle čistoty kameniva a karbonátu hořečnatého.
- Nad 700 °C pak probíhá dehydratace karbonátu vápenatého – nejprve vzniklého karbonatací vápna uvolněného hydratací cementu a následně pak hrubě krystalického.
- Při vyšších teplotách se již začíná objevovat tavenina, což další vyhodnocení v tomto systému téměř znemožňuje.

Chemická analýza

Chemická analýza byla provedena dle ČSN 731323 metodou B. Metoda B byla volena z toho důvodu, že ve vzorku bylo podle GTA vyšší množství karbonátového kameniva než 2 %. Obsah karbonátů ve vzorku byl počítán jako CaCO_3 z GTA. Další složky byly stanoveny postupem dle výše zmíněné normy.

Výsledky analýzy všech měřených vzorků jsou přehledně uvedeny v následující tabulce č. 20.

Tabulka č. 20: Chemické analýzy vybraných vzorků

Laboratorní číslo vzorku		2047	2055	2061	2065	2213
ztráta žíháním	%	6,51	6,33	7,32	7,18	5,44
ztráta žíháním v rozmezí 650-950 °C	%	1,12	1,10	1,47	1,49	1,21
nerozp. podíl	%	71,77	74,04	65,90	64,41	76,97
karbonát ve vzorku	%	2,54	2,50	3,33	3,38	2,75
CaO z karbonátu ve vzorku	%	1,42	1,40	1,87	1,90	1,54
Obsah rozpustných složek	%	20,29	18,23	24,92	26,51	16,04
Obsah cementu podle ČSN 731323	kg/m ²	460	393	573	592	337

Shrnutí

Z výsledků všech chemických analýz vyplývá:

- Beton celého mostu byl vyroben ze stejných materiálů.
- Použitý cement byl portlandského typu v relativně vysokých dávkách, což koresponduje s vysokými dosaženými pevnostmi.
- Kamenivo bylo dle RTG analýz nejspíše z místních zdrojů (možná těžené i z řeky) s malým obsahem jílových minerálů.
- V betonu nebyl detekován žádný nebezpečný korozní vliv na beton.

8. ZJIŠTĚNÍ VYZTUŽENÍ HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ

V následující kapitole je popsáno vyztužení hlavních konstrukčních částí mostu, zejména NK, táhel a mostovky. Současně je popsáno i konstrukční uspořádání prvků (je-li to nutné) a nanesená souvrství na mostovce. Výztuž byla vyšetřena zejména v lokálních sekaných sondách. Destruktivní sondy byly doplněny o nedestruktivní měření pro omezení zásahů do konstrukce.

Pro nedestruktivní zjištění vyztužení nosných prvků byl použit radarový systém HILTI. Přístroj PS 1000 X-Scan je v podstatě georadar specializovaný přímo na beton – tzv. Concrete Pulse Radar (CPR). Jak konstrukce zařízení, tak používaný software, jsou přímo určeny pro diagnostiku železobetonu, s předpokládanou možností určit jak polohu ocelových výztuží, tak dalších případných nehomogenit (hnízda, dutiny, delaminace atd.) v prvcích betonových konstrukcí. Radar má střední frekvenci 2,0 GHz a jeho je do hloubky 300 mm. Pro vyhodnocení byl použit specializovaný program dodávaný výrobcem spolu s přístrojem.

V provedených lokálních destruktivních sondách byl vizuálně ověřen stav výztuže s odhadem rozsahu případné koroze výztuže. Zaznamenán byl průměr a krytí výztuže. Pokud je možné, je zaznamenán i tvar výztuže a dle dostupných podkladů dohledán i typ výztuže a její označení. V souladu s požadavky Národního památkového ústavu byly lokální sondy provedeny mimo pohledově exponované vnější plochy.

Sondy k výztuži byly provizorně zapraveny sanační maltou tak, aby v těchto místech do doby sanace konstrukce nedocházelo k rozvoji koroze výztuže. Pro zapravení sond byla použita speciální k tomu účelu určená sanační malta. Tato sanační malta splňuje požadavky normy ČSN EN 1504-3 „Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody - Část 3: Opravy se statickou funkcí a bez statické funkce“. A to konkrétně pro třídu R3 – tedy výrobek pro opravu se statickou funkcí. Použitá sanační hmota je nesmršlivá, vodonepropustná, mrazuvzdorná a odolná vůči posypovým solím.

8.1. Mostovka

Na mostovce bylo mimo skladby souvrství svršku zjišťováno i vyztužení vlastní desky a dílčích trámů roštové mostovky. Vyztužení trámů bylo ověřeno ve 2 profilech – a to v 1/5 a v 1/3 rozpětí mostu. V každém profilu bylo vždy ověřeno hned několik trámů od každého typu prvku (ztužidlo, příčník, podélník). Výztuž jednotlivých trámů byla navíc ověřována ve více řezech (polovina rozpětí pole, u podpory atd.). U trámů i desky mostovky mohla být pochopitelně zjištěna pouze dolní výztuž.

U jednotlivých dílčích prvků roštové mostovky je vždy v textu níže uvedeno celkové shrnutí vyšetřeného vyztužení nežli každé jednotlivé měření. Cílem je výsledky průzkum ucelit a zpřehlednit, aby je bylo možné jednoznačně použít v následujícím přepočtu zatížitelnosti.

Skladba mostního svršku a tloušťka desky mostovky

Jádrovými vrty o průměru DN150 a DN50 byla zjišťována skladba mostního svršku na mostovce. Mimo to byla těmito ověřována i tloušťka desky mostovky. Dolní část mostovky však byla dovrtnána pouze plnoprofilovým vrtem o průměru 16 mm, aby bylo možné vrt zapravit.

V dohledaných archivních podkladech je tloušťka mostovky uváděna jako 130 mm. Provedeny byly celkem 3 vrty – 2 v podélném spádu mostovky a 1 v ve střední části bez spádu.

- Mostovka v podélném spádu 5 % při OP2

Poloha: 0,85 m za osou 4. táhla od OP2 / 2,08 m od vnitřního líce levého táhla.

Popis vrtu:

- 55 mm 1. vrstva AC
- 55 mm 2. vrstva AC
- 5 mm AIP
- 185 mm beton mostovky v 1 vrstvě

Celkem 300 mm



Obrázek č. 33: Skladba mostního svršku v části s podélným spádem 5 % při OP2

- Mostovka v podélném spádu 5 % při OP1

Poloha: 1,1 m za osou 3. táhla od OP1 / 2,02 m od vnitřního líce levého táhla.

Popis vrtu:

- 70 mm vrstva AC
- 40 mm vrstva MA
- 5 mm AIP
- 85 mm vyrovnávací / spádový beton
- 140 mm beton mostovky – **odebráno jako vývrt NK7**

Celkem 340 mm



Obrázek č. 34: Skladba mostního svršku v části s podélným spádem 5 % při OP1 – patrné je asfaltové souvrství s AIP a vrstvou vyrovnávacího betonu

- Mostovka ve střední části bez podélného spádu

Poloha: 1,2 m od osy 9. táhla k OP1 / 2,02 m od vnitřního líce levého táhla (odvodňovací proužek z MA).

Popis vrtu:

- 50 mm 1. vrstva MA
- 30 mm 2. vrstva MA
- 5 mm AIP
- 55 mm vyrovnávací / spádový beton
- 160 mm beton mostovky

Celkem 300 mm



Obrázek č. 35: Skladba mostního svršku ve střední části bez podélného spádu – patrné je asfaltové souvrství s AIP a vrstvou vyrovnávacího betonu následovaného betonem mostovky

Tvar a výztuž příčného ztužidla mostovky

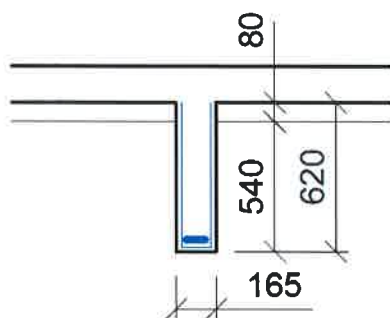
Pro zjištění výztuže ztužidla byly provedeny 2 destruktivní sekané sondy a 4 nedestruktivní měření pro ověření vyztužení v dalších částech konstrukce. Vyztužení ztužidla je minimální a zřejmě tak odpovídá i jeho podružné statické funkci.

Shrnutí výztuže:

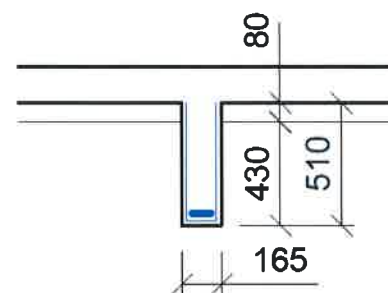
- ohybová výztuž 2x typ Roxor o rozměru D=18 mm, krytí 25-80 mm
- smyková výztuž hladká typu C37, třmínek Ø8 mm à 180 mm, krytí 2-20 mm
- korozní oslabení: třmínky 5 %, ohybová výztuž do 5 %

PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO

běžný úsek



při styku s vnějším podélníkem



Obrázek č. 36: Schéma příčného ztužidla mostovky



Obrázek č. 37: Sekaná sonda na podhledu ztužidla mezi 3. a 4. příčným ztužidlem

Tvar a výztuž podélníku mostovky

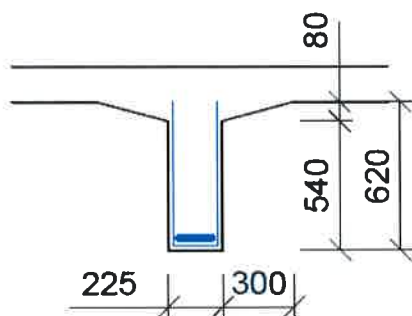
Průzkum výztuže podélníku se sestával ze 4 destruktivních sond a dalších 13 nedestruktivních měření v dalších částech konstrukce. Při průzkumu bylo zjištěno, že část ohybové výztuže tvoří ohyby. Na obrázku č. 39 z vyhledání smykové výztuže je patrné postupné zvedání ohybů.

Shrnutí výztuže:

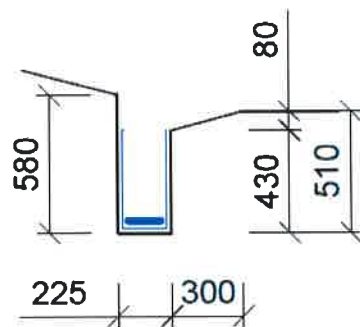
- ohybová výztuž typu Roxor o rozměru D=18 mm, krytí 40-60 mm
- ve středu své délky mezi dvěma příčnickami: 5 prutů výztuže
- u líce příčnicku: 2 pruty výztuže
- 3 z 5 nosných prutů tak zřejmě jsou ohyby
- smyková výztuž hladká typu C37, třmínek Ø8 mm à 180 mm, krytí 2-10 mm
- korozní oslabení: třmínky 5 %, ohybová výztuž do 5 %

PODÉLNÍK

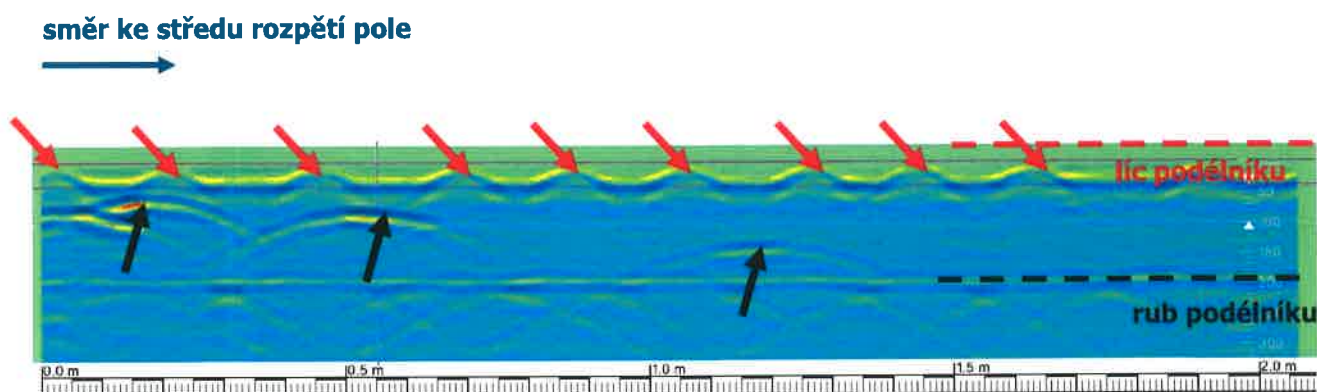
běžný úsek



vnější podélník



Obrázek č. 38: Schéma podélníku mostovky



Obrázek č. 39: Záznam z vyhledání smykové výztuže podélníku, podélný řez trámem – červené šipky značí třmínky, černé šipky značí nalezené ohyby



Obrázek č. 40: Sekaná sonda na podhledu 2. podélníku zprava při 3. příčniku od OP1 – patrný je stav a tvar výztuže

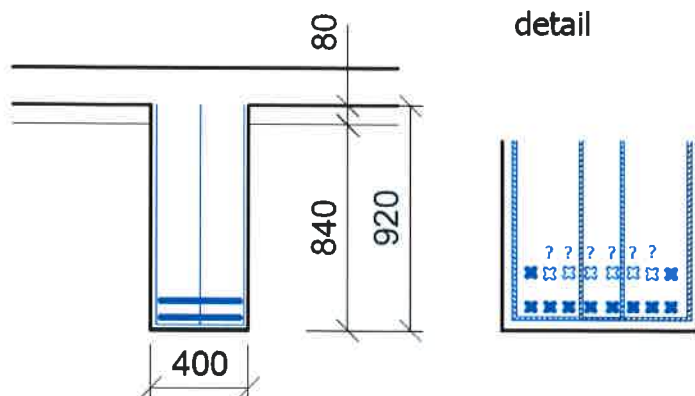
Tvar a výztuž příčniku mostovky

U příčníků bylo jejich vyztužení zjištěno ve 3 destruktivních sondách a celkem 14 nedestruktivních měření v dalších částech konstrukce. Příčnky jsou dle očekávání nejvíce vyztuženým prvkem mostovky. Výztuž je zde uložena ve dvou řadách nad sebou. A smyková výztuž je zde na rozdíl od ztužidel a podélníků tvořena třmínky dvojstřížnými.

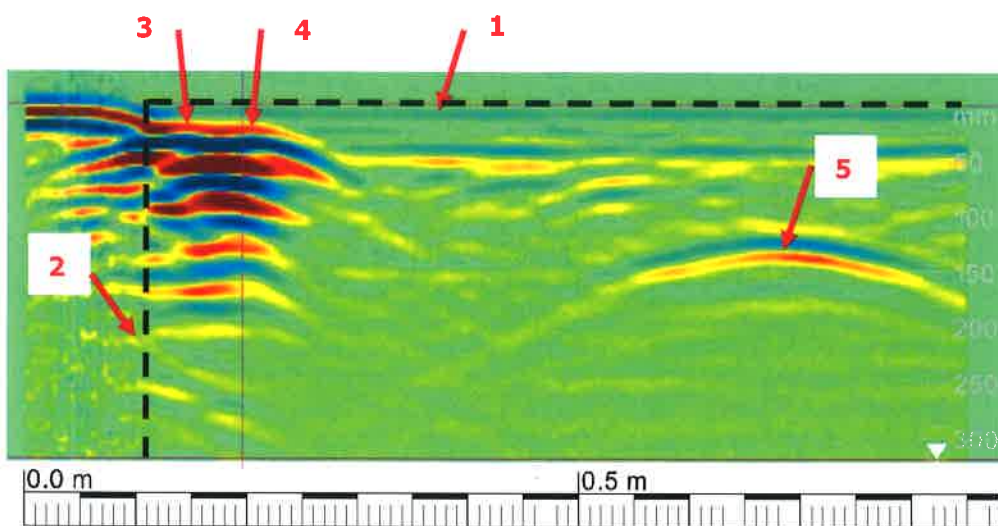
Shrnutí výztuže:

- dolní ohybová výztuž ve dvou řadách nad sebou
- v nejnižší řadě 8 prutů výztuže, ve druhé řadě nelze zjistit počet prutů
- mezi 1. a 2. krajním podélníkem část ohybové výztuže z druhé řady vybíhá nahoru, zřejmě jako ohyby
- očekává se proto, že v druhé řadě jsou minimálně 4 pruty výztuže
- ohybová výztuž v obou řadách typu Roxor o rozměru $D=30$ mm
- dolní řada krytí výztuže 10-55 mm, typicky cca 25 mm
- druhá řada výztuže krytí 85-135 mm, typicky cca 110 mm
- smyková výztuž hladká typu C37, **dvojstřížný** třmínek $\varnothing 8$ mm, typicky à 160 mm, krytí 5-10 mm
- korozní oslabení: třmínky 5 %, ohybová výztuž do 5 %

PŘÍČNÍK

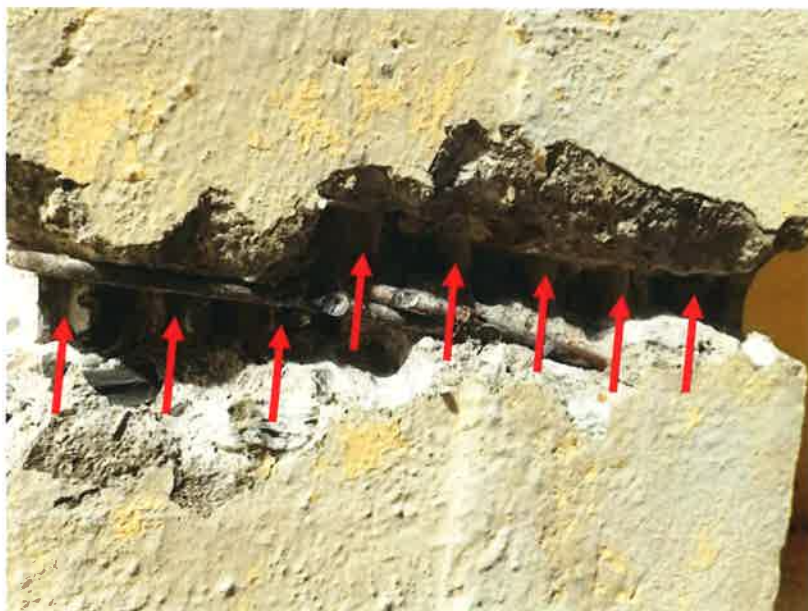


Obrázek č. 41: Schéma příčnicku mostovky



- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1 – boční líc příčnicku | 4 – druhá vrstva výztuže |
| 2 – dolní hrana příčnicku | 5 – ohyb |
| 3 – nejnižší vrstva výztuže | |

Obrázek č. 42: Příklad vyhodnocení záznam z vyhledání výztuže – svislý sken na bočním líci příčnicku



Obrázek č. 43: Sekaná sonda na podhledu 7. příčnicku od OP1 – šipkami jsou označeny pruty ohybové výztuže



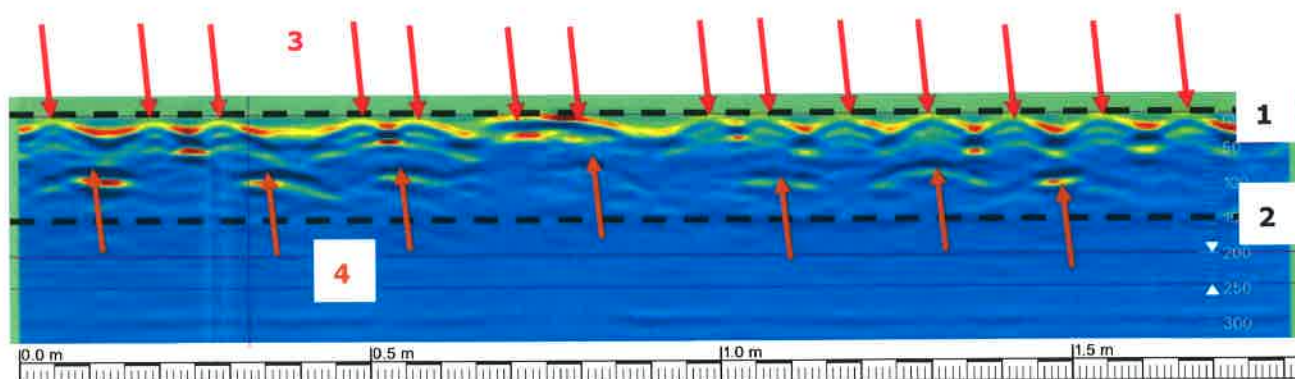
Obrázek č. 44: Sekaná sonda k ověření druhé vrstvy výztuže na 2. příčniku od OP2

Výztuž desky mostovky

Vyhledání výztuže bylo u desky mostovky možné pouze na jejím podhledu a vždy pouze na menších v úsecích ohraničených příčnými a podélnými trámy. Provedeny byly 2 destruktivní sondy a 10 nedestruktivních měření. Z měření vyplývá, že deska mostovky je pnutá mezi podélné trámy.

Shrnutí výztuže:

- výztuž podélná s osou mostu: hladká typu C37, Ø8 mm à 180 mm, krytí 20-40 mm
- výztuž kolmá na osu mostu: hladká typu C37, Ø12 mm à 130 mm, krytí 5-20 mm
- v hloubce 70-80 mm na radarových záznamech patrná část 2. vrstvy výztuže (horní výztuž?), není však možné určit počet prutů



- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1 – dolní hrana desky mostovky | 3 – dolní výztuž |
| 2 – horní hrana desky mostovky | 4 – druhá vrstva výztuže |

Obrázek č. 45: Příklad vyhodnocení záznam z vyhledání výztuže v desce mostovky – výztuž kolmá na osu mostu

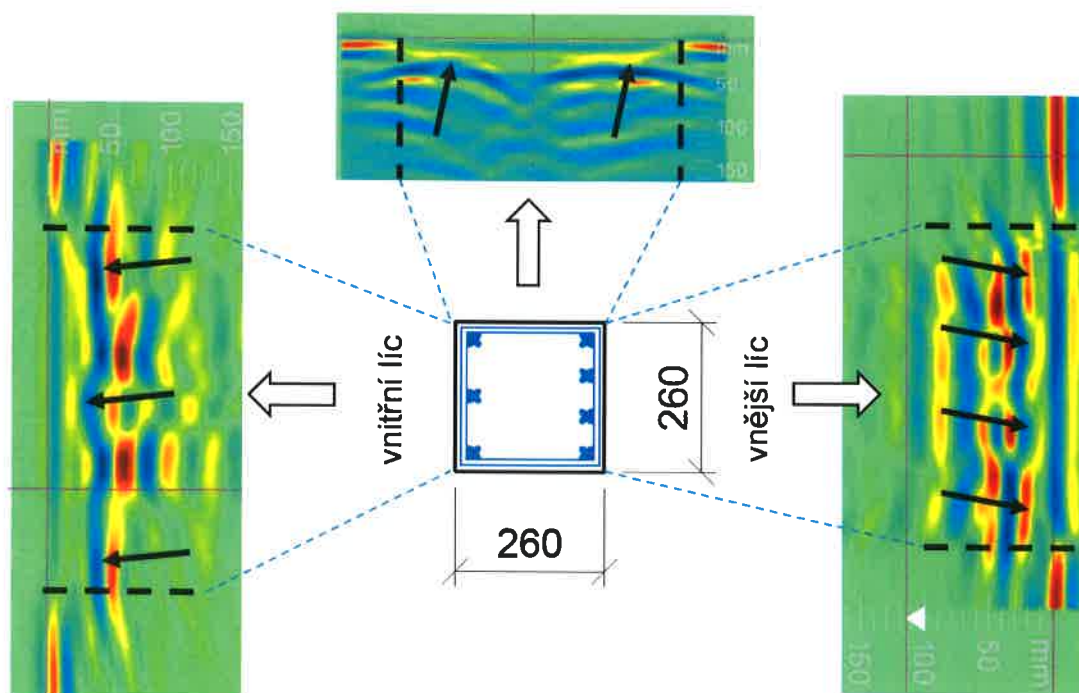
8.2. Táhla

Mostovka je k hlavním obloukům připojena železobetonovými táhly. Každé táhlo tvoří skupina ocelových prutů, jež byly obetonovány do čtvercového průřezu (obrázek č. 46). Obetonování tvoří ochranu táhla. Vyztužení táhel bylo uvedeno v dohledaných archivních dokumentech. Nedestruktivními metodami tak byl pouze ověřen počet prutů a jejich rozložení v příčném řezu prvku. V destruktivních sondách byl ověřen průměr použitých prutů a zejména potom byl v sondách hodnocen stav výztuže.

Na táhlech jsou patrné projevy koroze uložených ocelových prutů (charakteristické trhliny v betonu) a mnohdy je na táhlech i lokální opad krycích betonových vrstev od objemových změn korodujících prutů. Průzkum táhel se tak soustředil zejména na zhodnocení korozního oslabení průřezu prutů táhla.

V místech opadu krycích vrstev bylo pouze provedeno začistění a zhodnocení stavu. Takováto místa průzkumu nebyla samozřejmě zapravována. Celkem bylo na táhlech provedeno 6 radarových měření a 12 sond pro zhodnocení korozního oslabení výztuže táhel.

Rozměry vlastního průřezu táhla se liší jak v podkladech, tak při oměření táhel. To je způsobeno zejména nanesenou sanací tl. 1-20 mm. Pro výpočet vlastní tíhy uvažujeme za vhodný rozměr průřezu 260x260 mm.



Obrázek č. 46: Schéma táhla spolu s se schématickým vyhodnocením vyhledání výztuže

Shrnutí výztuže:

- při vnějším líci táhla (směrem k řece) jsou v táhlech 4 pruty výztuže, při vnitřním líci (směrem do vozovky) jsou 3 pruty výztuže
- výztuž tvoří 7 prutů typu Roxor o rozměru D=30 mm
- rohové pruty napadeny korozi – silně koroduje část povrchu Roxoru při povrchu táhla, nikoliv celý povrch prutu
- střední pruty jsou většinou bez koroze
- rozsah i poloha koroze nahodilý, různé v rámci jednoho táhla i jednoho prutu
- lze uvažovat rovnoměrně celkové oslabení táhel o 15 %



Obrázek č. 47: Typická koroze rohových prutů v táhlech – koroduje zejména část povrchu výztuže při vnějším povrchu táhla, zbylý povrch výztuže v masě táhla je v podstatě bez koroze



Obrázek č. 48: Typický stav mezilehlých prutů výztuže – nízká nebo zcela žádná míra koroze

8.3. Příčná ztužidla oblouků

Příčné ztužidlo má tvar obráceného písmenu U. Pro vyšetření dolní výztuže stojin obráceného U ztužidel byly provedeny 2 sekané sondy. Výztuž se liší podle sondy:

- 2. ztužidlo od OP1 při pravém oblouku: 2x Roxor D=30 mm, krytí 40 mm
- 1. ztužidlo od OP2 při pravém oblouku: 2x hladká C37 Ø30 mm, krytí 40 mm

8.4. Hlavní oblouky

Rozměry oblouků

Vnější rozměry oblouků jsou variabilní od dohledané dokumentace. Šířka oblouků se v běžném úseku oblouku pohybovala mezi 1,3-1,5 m. Uváděná šířka oblouků je potom 1,30 m. Variabilita rozměrů je částečně dána i různou tloušťkou ochranných omítek a v minulosti nanesených sanací. Tloušťka ochranných omítek se pohybovala v rozmezí 5-30 mm. Vnější rozměry oblouků se doporučuje převzít z provedeného geodetického zaměření konstrukce.

V místech jádrových vývrtů byla plnoprofilovým vrtáním malého průměru zjištěna tloušťka svislých stěn komůrek oblouků. Měřeny byly tloušťky stěn směřujících k vozovce, tj. na vnitřních lících oblouků. Změřené tloušťky stěn jsou uvedeny v tabulce č. 21 níže.

Tabulka č. 21: Změřené tloušťky stěn oblouků

Oblouk	Poloha zjednodušeně	Poloha	Tloušťka stěny [mm]
Pravý	¼ rozpětí	před 3. táhlem od OP1 (tj. mezi 4. a 5. vazbou)	210
	¼ rozpětí	za 3. táhlem od OP2 (tj. mezi 5. a 6. vazbou)	270
	¼ rozpětí	před 4. táhlem od OP2 (tj. mezi 6. a 7. vazbou)	300
Levý	¼ rozpětí	před 3. táhlem od OP2 (tj. mezi 4. a 5. vazbou)	270
	¼ rozpětí	za 3. táhlem od OP1 (tj. mezi 5. a 6. vazbou)	270

Kamerové prohlídky dutin oblouků

Kamerové prohlídky dutin byly provedeny speciální inspekční kamerou malého průměru. Kamerové prohlídky byly provedeny zejména v místě jádrových vývrtů. V průřezích, kde nebyly jádrové vývrty odebrány, bylo využito menších kruhových otvorů, které při výstavbě sloužily pro zavěšení vnitřního bednění oblouku. Místa prohlídek dutin jsou totožná s místy pro ověření výztuže – viz tabulka č. 23.

Dutiny byly v době kamerových prohlídek suché, bez zjevných náznaků výraznějších záteků či stop vlhkosti. Dále bylo zjištěno, že v místech spojení táhel s obloukem jsou oblouky plné. Dutina je zde přehrazena přepážkou. Rozměry přepážky nebylo možné změřit, očekává se však, že přepážka je cca v šíři táhla.

Rovněž v místě příčných ztužidel jsou dutiny oblouků přehrazeny příčnou betonovou přepážkou. Tentokrát je však centricky na střed dutiny v přepážce kruhový otvor. Svými rozměry by odpovídal průlezným otvorům Ø40 cm pro odstranění vnitřního bednění, jež zmiňuje dohledaný archivní článek o výstavbě mostu.

V naprosté většině prohlížených úseků byly dutiny oblouků bez poruch. Pouze v jednom místě levého oblouku – 1 m před třetím táhlem od OP1 – byl dobře patrný mechanický zásah do levé stěny oblouku. Mírou koroze odhalené výztuže je zřejmé, že se nejedná o opad krycích vrstev z důvodu koroze výztuže. A svým charakterem porucha spíše připomíná mechanický zásah do konstrukce. Mohlo se tedy jednat buďto o zásahy z doby výstavby, nebo z konce války, kdy byly mechanicky i odstřelové výbušninami do stěn bourány otvory pro uložení náloží pro odstřel mostu. Poloha poruchy by tomu, vzhledem k archivním textům, přibližně odpovídala. Porucha je však lokální, nevelkého rozsahu.



Obrázek č. 49: Porucha stěny oblouku

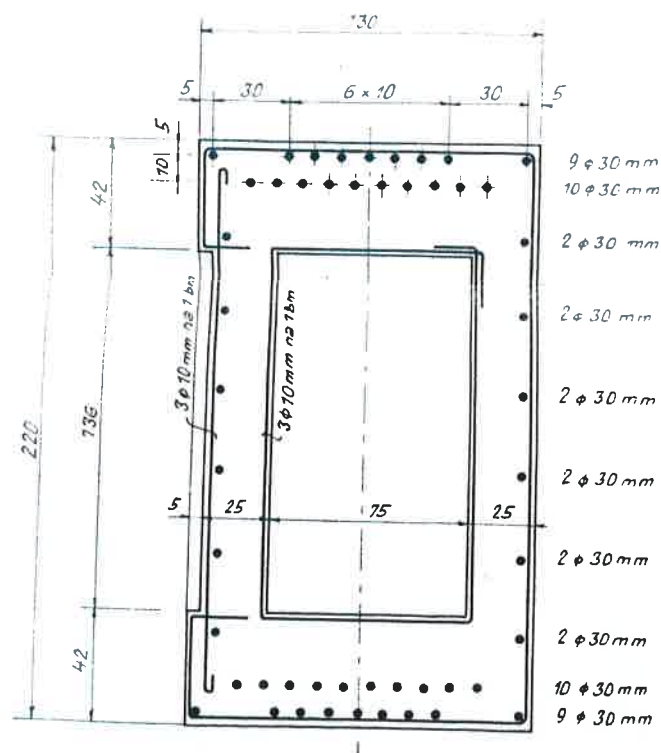
Výztuž oblouků

Ve fondu prováděcí firmy Brázdil a Ješ v Národním technickém muzeu byl námi nalezen výkres výztuže hlavního oblouku. Při průzkumu výztuže oblouku jsme tedy vycházeli ze znalosti uspořádání výztuže, jež je patrné na obrázku č. 50. Místo rozsáhlých destruktivních sond tak mohlo být raději provedeno větší množství nedestruktivních měření, která ověřila, že provedení výztužení odpovídá výkresu.

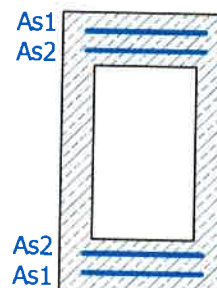
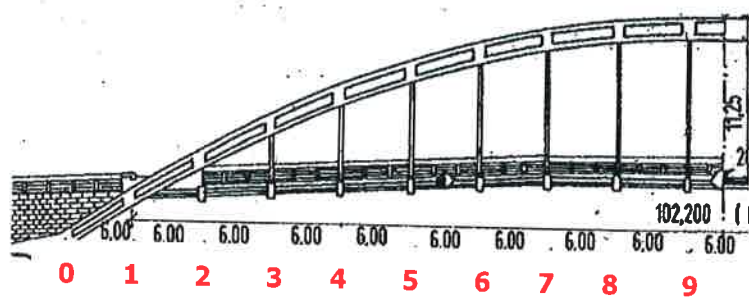
Na každém z oblouků byla provedena série radarových měření pro zjištění výztužení v 5-6 průřezích na každém oblouku – v 1/6, v 1/4 a 1/2 rozpětí + symetricky 1/4 a 1/6 na druhé polovině oblouku. Vyhledána byla zejména dolní výztuž v nejnížší vrstvě a smykové výztužení. U druhé vrstvy výztuže je její nedestruktivní vyhledání vždy komplikované a mnohdy i zcela nemožné. Zde bylo možné ověřit existenci druhé vrstvy výztuže, nikoliv však počty prutů.

Průměr výztuže a její případná koroze byly následně ověřeny v lokální sekané sondě na podhledu oblouku – tedy opět mimo pohledově exponované vnější plochy mostu. Sondy byly provedeny vždy ve čtvrtinách rozpětí oblouků.

V tabulce č. 22 je uveden přepis výztuže oblouku z archivního výkresu dle jednotlivých průřezů (obrázek č. 51). V tabulce č. 23 jsou potom uvedeny místa průzkumu výztuže pro srovnání s projektovou dokumentací a výsledky nedestruktivních měření i sond. Na obrázcích č. 52 a 53 jsou uvedeny ukázky záznamů z vyhledání výztuže. Z obrázku č. 52 je patrné prakticky totožné uspořádání výztuže v průřezu jako na obrázku č. 50 – čili jako v archivní dokumentaci.



Obrázek č. 50: Vyztužení oblouku – detail příčného řezu ve vrcholu oblouku (dohledaný archivní výkres výztuže oblouku)



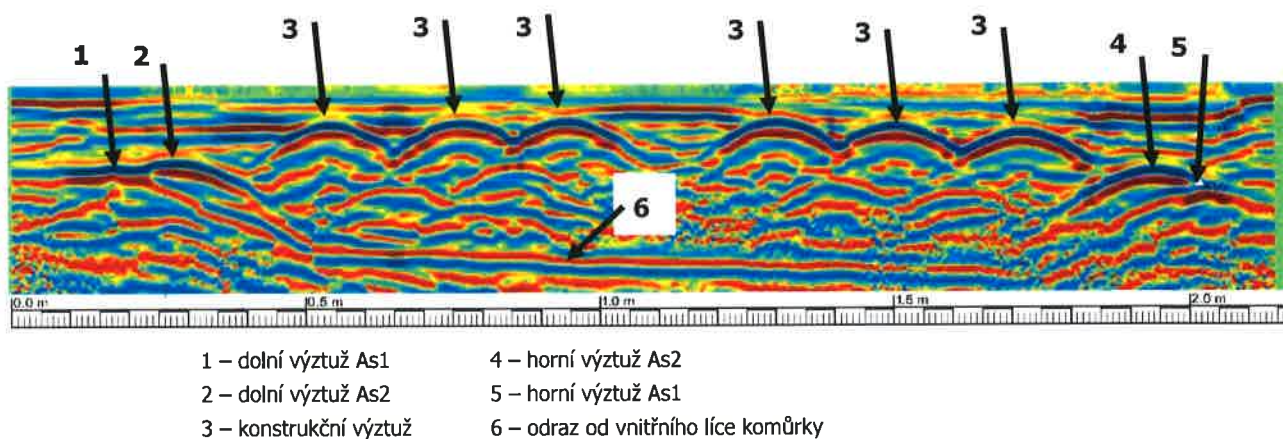
Obrázek č. 51: Vlevo číslování vazeb v souladu s archivní dokumentací a vpravo schéma našeho značení vrstev výztuže oblouku

Tabulka č. 22: Vyztužení oblouku dle dohledaných podkladů

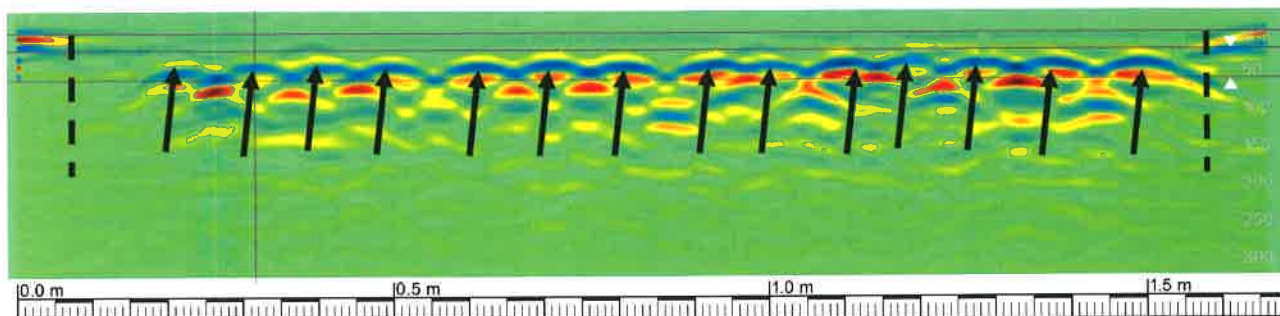
Číslo průřezu	Dolní výztuž		Horní výztuž	
	As1	As2	As1	As2
0	9× Ø30 mm	10× Ø30 mm	9× Ø30 mm	10× Ø30 mm
1	13× Ø30 mm	12× Ø30 mm	13× Ø30 mm	12× Ø30 mm
2	9× Ø30 mm	10× Ø30 mm	9× Ø30 mm	10× Ø30 mm
3	11× Ø30 mm	10× Ø30 mm	11× Ø30 mm	10× Ø30 mm
4	14× Ø30 mm	13× Ø30 mm	14× Ø30 mm	13× Ø30 mm
5	14× Ø30 mm	13× Ø30 mm	14× Ø30 mm	13× Ø30 mm
6	14× Ø30 mm	13× Ø30 mm	14× Ø30 mm	13× Ø30 mm
7	13× Ø30 mm	12× Ø30 mm	13× Ø30 mm	12× Ø30 mm
8	11× Ø30 mm	10× Ø30 mm	11× Ø30 mm	10× Ø30 mm
9	9× Ø30 mm	10× Ø30 mm	9× Ø30 mm	10× Ø30 mm

Tabulka č. 23: Ověření vyztužení oblouků

Oblouk	Číslo průřezu	Poloha	vyztužení			Stav výztuže
			Počet dolních prutů As1	Smyková výztuž	Průměr výztuže	
Pravý	2	před jalovou vazbou při OP1	9 ks	à 300 mm	bez sondy	
	2	před jalovou vazbou při OP2	9 ks	à 300 mm	bez sondy	
	5	1 m před 3. táhlem od OP1	14 ks	à 300 mm	ohybová Ø 30 mm smyková Ø 10 mm	oslabení max. 5 %
	6	mezi 3. a 4. táhlem od OP2	14 ks	à 300 mm	ohybová Ø 30 mm smyková Ø 10 mm	bez koroze
	8	1 m za 6. táhlem od OP2	11 ks	à 300 mm	bez sondy	
	9	1/2 rozpětí	9 k s	à 300 mm	bez sondy	
Levý	2	před jalovou vazbou při OP1	9 ks	à 300 mm	bez sondy	
	2	před jalovou vazbou při OP2	9 ks	à 300 mm	bez sondy	
	5	2 m před 3. táhlem od OP2	14 ks	à 300 mm	ohybová Ø 30 mm smyková Ø 10 mm	bez koroze
	5	2 m za 3. táhlem od OP1	14 ks	à 300 mm	ohybová Ø 30 mm smyková Ø 10 mm	bez koroze
	9	1/2 rozpětí	9 ks	à 300 mm	bez sondy	



Obrázek č. 52: Příklad vyhodnocení záznam z vyhledání výztuže na bočním líci oblouku v polovině rozpětí (průřez č. 9)



Obrázek č. 53: Příklad vyhodnocení záznam z vyhledání výztuže na podhledu oblouku v průřezu č. 5 (tj. cca 1/4 rozpětí) – šipkami je označena nalezená výztuž

Shrňeme-li nedestruktivní i destruktivní průzkum výztuže:

- Počty prutů dolní výztuže v nejnižší vrstvě souhlasí s dohledaným výkresem vyztužení oblouku.
- Liší se jen skutečná hodnota krytí výztuže.
- Ověřena existence 2. vrstvy výztuže (pouze nalezeny jednotlivé ks výztuže, všechna nelze).
- Ověřena existence horní výztuže (z bočního líce).
- Osová vzdálenost smykové výztuže je cca 300 mm, což souhlasí s archiv. dokumentací – 3 ks/1 bm.
- Průměr ohybové i smykové výztuže souhlasí archivními podklady – hladká ohybová Ø30 mm a hladká smyková Ø10 mm.
- Odhalenou výztuž oblouků lze považovat jako prakticky bez korozního oslabení.

Na základě toho je doporučeno vycházet z archivního výkresu výztuže oblouku spolu s upřesněním krytí výztuže v tabulce č. 24.

Tabulka č. 24: Krytí výztuže oblouků

Oblouk	Číslo průřezu	Poloha	Krytí dolní výztuže [mm]	
			nejnižší vrstva	2. vrstva
Pravý	5	před 3. táhlem od OP1	45	125
	6	za 3. táhlem od OP2	55	-
	8	1 pole před 1/2 rozpětí	55	140
	8	1/2 rozpětí	50	-
	2	před jalovou vazbou při OP2	45	130
	2	před jalovou vazbou při OP1	50	115
Levý	5	před 3. táhlem od OP2	45	125
	9	1/2 rozpětí	50	-
	5	za 3. táhlem od OP1	45	-
	2	před jalovou vazbou při OP2	55	130
	2	před jalovou vazbou při OP1	40	120

9. ZJIŠTĚNÍ KVALITY BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE

9.1. Odběr vzorků výztuže

Dohledané archivní materiály uvádějí, že byla při výstavbě použita hladká výztuž typu C37. Jelikož se jednalo pouze o článek v odborném časopise, nikoliv o původní dokumentaci, bylo nutné toto ověřit – tedy vyzkoušet parametry betonářské výztuže. Byly proto odebrány vzorky výztuže z různých prvků, a to jak výztuž ohybová, tak i smyková. Odebrány byly pouze 3 vzorky pro minimalizaci zásahů do konstrukce.

Vzorky výztuže byly odebírány řezáním ruční úhlovou brusku. Odběr byl proveden pouze v minimální potřebné délce a v takových místech, aby nebyla výrazněji omezena únosnost prvků. Soupis všech odebraných vzorků je uveden v tabulce číslo 25.

Tabulka č. 25: Odebrané vzorky betonářské výztuže

Označení vzorku	Místo odběru	Typ výztuže	Charakteristika výztuže	Délka vzorku [mm]
T1	Mostovka mezi 6. a 7. příčným / mezi 2. a 3. podélníkem zleva 2 m od 7 příčniku	příčná dolní výztuž	Ø12 mm, hladká	200
T2	Ztužidlo mezi 6. a 7. příčným cca střed šířky mostu	smyková	Ø8 mm, hladká	130
T3	3. příčník od OP1 polovina pole mezi 1. a 2. podélníkem zleva	smyková	Ø8 mm, hladká	300

9.2. Zkoušky fyzikálně-mechanických vlastností vzorků výztuže

Odebrané vzorky byly k laboratornímu zkoušení odvezeny k subdodavateli – do akreditované laboratoře při Katedře ocelových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze. Vzorky zde byly rozřezány a vhodně upraveny na jednotlivá zkušební tělíska. Ta byla podrobena zkoušce v tahu dle ČSN EN ISO 6892. Zkušební protokoly jsou uvedeny v příloze č. 1. Zde uvádíme pouze souhrn výsledků zkoušek (tabulka č. 26).

Tabulka č. 26: Výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických vlastností betonářské výztuže

Vzorek	Prvek	Mez kluzu Reh [MPa]	Mez pevnosti Rm [MPa]	Tažnost A [%]
T1	deska mostovka	260,3	378,5	31,9
T2	ztužidlo	293,6	397,0	23,4
T3	příčník	305,7	423,9	31,9

Ze získaných hodnot meze kluzu a pevnosti v tahu byly poté vypočteny jejich charakteristické hodnoty. Do výpočtu byly zahrnuty všechny 3 platné výsledky. Pro výpočet charakteristických hodnot byla použita norma ČSN EN 1990. Pro návrhovou hodnotu byl použit dílčí součinitel $\gamma_s=1,15$ v souladu s ČSN ISO 13822.

Vypočtené charakteristické hodnoty:

Mez kluzu: 232 MPa

Mez pevnosti: 324 MPa

Vypočtené návrhové hodnoty:

Mez kluzu: 202 MPa

Porovnáme-li výsledky z průzkumu s údaji o výztuži C37 uvedené v národní příloze normy ČSN ISO 13822:

uváděná návrhová hodnota 180 MPa < zjištěná návrhová hodnota 202 MPa

uváděná charakteristická hodnota pevnosti v tahu min. 370 MPa > zjištěná hodnota 324 MPa

Doporučujeme proto u pevnosti v tahu uvažovat raději hodnoty změřené než hodnoty normové. U návrhové hodnoty se doporučuje hodnota normová.

9.3. Výztuž typu Roxor

Výztuž typu Roxor nebyla zkoušena. Oproti hladké výztuži se jedná o jednoznačně určitelný typ výztuže. Údaje o výztuži uvedené v národní příloze normy ČSN ISO 13822 jsou v tabulce níže.

Tabulka č. 27 Charakteristiky výztuže 10 512 Roxor (převzato)

Rozměr tyče D [mm]	Plocha průřezu [mm ²]	Návrhová hodnota	Charakteristická hodnota	
		Mez kluzu [MPa]	Mez kluzu [MPa]	Mez pevnosti [MPa]
18	156,0	340	400	min. 500
30	433,4			



Obrázek č. 54: Výztuž typu 10 512 Roxor

10. SHRNUTÍ A ZÁVĚR

Předložená zpráva dokumentuje provedený diagnostický a stavebně technický průzkum mostu ev.č. 106-001 „Most přes Vltavu ve Štěchovicích“. Průzkumné práce se sestávaly z rešerše a dohledání archivní dokumentace mostu, ověření rozměrů dílčích částí konstrukce a úkonů z oboru stavební diagnostiky pro zjištění vyztužení konstrukce. Současně byly odebrány vzorky betonu a ocelové výztuže. Na vzorcích byly vyšetřeny základní fyzikálně mechanické vlastnosti betonu a oceli a byly vyhotoveny chemické analýzy betonu.

V textu níže bodově uvádíme shrnutí nejzásadnějších provedených zjištění při průzkumu:

Beton

- Na základě zkoušek pevnosti v tlaku na vývrtech byl beton konstrukce zařazen do pevnostních tříd:
 - C20/25 pro opěry
 - C40/50 pro stěny mezi patami oblouků
 - C30/37 pro roštovou mostovku
 - C30/37 pro hlavní oblouky
- Hloubka karbonatace betonu byla díky ochranným omítkám a nátěrům vzhledem ke stáří konstrukce malá až minimální:
 - do 1 mm pod omítkou pro opěry
 - maximálně 1 mm pod omítkou pro stěny mezi patami oblouků
 - u roštové mostovky se karbonatace pohybovala od 2 do 25 mm s tím, že průměr změřených hodnot je 7 mm a 13 z 18 hodnot bylo do 10 mm a pouze 2 hodnoty byly nad 20 mm
 - do 3 mm pod omítkou u hlavních oblouků
- Z výsledků chemických analýz betonu vyplývá:
 - Beton celého mostu byl vyroben ze stejných materiálů.
 - Použitý cement byl portlandského typu v relativně vysokých dávkách, což koresponduje s vysokými dosaženými pevnostmi.
 - Kamenivo bylo dle RTG analýz nejspíše z místních zdrojů (možná těžené i z řeky) s malým obsahem jílových minerálů.
 - V betonu nebyl detekován žádný nebezpečný korozní vliv na beton.

Betonářská výztuž

- Použity 2 typy výztuže:
 - Výztuž typu Roxor o rozměrech D=18 mm a D=30 mm.
 - Hladká výztuž, uvažuje se typ C37 o průměrech 8, 10, 12 a 30 mm.
- Tahové zkoušky hladké výztuže C37:
 - Charakteristická mez kluzu 232 MPa
 - Charakteristická mez pevnosti 324 MPa
 - Návrhová hodnota meze kluzu 202 MPa
 - Zjištěná charakteristická mez pevnosti je nižší, než udávaná ČSN ISO 13822.

Popis vybraných detailů konstrukce

- Rozměry dílčích prvků mostu jsou variabilní – jsou zde patrné vyšší odchylky geometrie dané prováděním a různé tloušťky nanesených ochranných omítek a starších sanací.
- Na mostě je dvouvrstvá asfaltová vozovka – AC + MA jako ochrana izolace z AIP. Mezi izolací a deskou mostovky byla u 2 sond ze 3 zastižena ještě vrstva vyrovnávacího betonu. U jedné sondy byl zastižen pouze beton mostovky bez vyrovnávky.
- Dutiny oblouků jsou suché beze stop po výraznějších zátecích.
- V místech závěsů jsou oblouky plné. V místech příčných ztužidel oblouků jsou dutinách příčné přepážky s průlezným otvorem.

Vyztužení konstrukce

- Bylo zjištěno vyztužení desky mostovky a dílčích trámů – podélníku, příčníku i příčného ztužidla. Koroze výztuže zde byla malá až minimální s oslabení průřezu maximálně 5 %.
- Bylo ověřeno, že vyztužení táhel odpovídá dohledané archivní dokumentaci. U táhel byl zjištěn výraznější rozvoj koroze výztuže. Je doporučeno uvažovat oslabení táhel o 15 %.
- Dle provedených měření se uvažuje, že vyztužení hlavních oblouků je stejné jako v dohledaném výkrese výztuže oblouku. Doporučuje se tedy uvažovat vyztužení oblouku dle archivní dokumentace v kombinaci se skutečnou ujištěnou polohou (krytím). Výztuž oblouků lze uvažovat jako prakticky bez koroze.