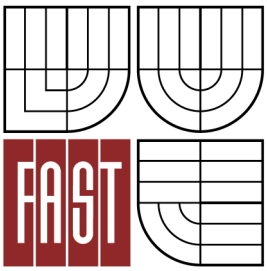


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

KOMPLEXNÍ DIAGNOSTIKA ZDĚNÉ KONSTRUKCE MOSTU

THE COMPLEX DIAGNOSTICS OF BRICKED BRIDGE CONSTRUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. LENKA DURČÁKOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2012

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Lenka Durčáková
Název	Komplexní diagnostika zděné konstrukce mostu
Vedoucí diplomové práce	Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2011
Datum odevzdání diplomové práce	13. 1. 2012

V Brně dne 31. 3. 2011

.....	.....
prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Vedoucí ústavu	Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Adámek, J., Hobst, L., Cikrle, P., Schmid, P. Diagnostika stavebních konstrukcí. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2005.
Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů. Skriptum VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2002
Pume, D., Čermák, F. a kol.: Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Praha, Arch 1998.
ČSN EN 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí.
ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí a další platné normy.
Podklady o objektu.

Zásady pro vypracování

Rešerše literatury - prohlídky mostů pozemních komunikací, mostní názvosloví, zatřídění mostů.
Vizuální prohlídka konstrukce, popis konstrukce, zjištění a dokumentace vad a poruch.
Zpracování plánu diagnostického průzkumu.
Zjištění materiálových a rozměrových charakteristik mostu.
Posouzení stavu mostu.
Statické posouzení nosné konstrukce.
Návrh opatření na odstranění zjištěných závad a poruch.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Autor	Bc. Lenka Durčáková
Název závěrečné práce	Komplexní diagnostika zděné konstrukce mostu
Název závěrečné práce ENG	The Complex Diagnostics of Bricked Bridge Construction
Anotace závěrečné práce	Diplomová práce Komplexní diagnostika zděné konstrukce mostu se v teoretické části zaměřuje na shrnutí předpisů o prohlídkách mostů pozemních komunikací a železničních mostů a na způsob hodnocení zděných konstrukcí. V praktické části byla provedena prohlídka a diagnostický průzkum železničního viaduktu na Křenové u hlavního nádraží v Brně.
Anotace závěrečné práce ENG	Diploma thesis The complex diagnostics of bricked bridge construction is in the theoretical part focused on the summary of regulations of road and railway bridges. In the practical part was conducted the inspection and diagnostic survey of the railway viaduct on Křenová, near the main train station Brno.
Klíčová slova	zdivo, most, prohlídka, diagnostický průzkum, pevnost zdiva
Klíčová slova ENG	masonry, bridge, inspection, diagnostic survey, strenght of masonry
Typ závěrečné práce	Diplomová práce
Datový formát elektronické verze	
Jazyk závěrečné práce	Čeština
Přidělovaný titul	Ing.
Vedoucí závěrečné práce	Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav stavebního zkušebnictví
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby

Bibliografická citace VŠKP

DURČÁKOVÁ, L. *Komplexní diagnostika zděné konstrukce mostu : diplomová práce.* Brno, 2011. 68 s. , 21 s. příl. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí diplomové práce Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 2.1.2012

……
podpis autora

Poděkování:

Děkuji především svému vedoucímu diplomové práce, Ing. Ondřeji Antonovi, Ph.D., za jeho pomoc při vypracování, pedagogické vedení a cenné rady. Dále děkuji Ing. Petru Cikrlovi, Ph.D. a Ing. Věře Heřmánkové, Ph.D. za pomoc při odběru vzorků a provádění měření.

Obsah

1. Úvod 7
2. Cíl práce 9
3. Mosty 10
3.1 Mostní názvosloví 10
3.2 Zatřídění mostů 11
3.3 Prohlídky mostů 12
3.3.1 Hlavní prohlídka 14
3.3.2 Běžná prohlídka 15
3.3.3 Mimořádná prohlídka 16
3.3.4 Kontrolní prohlídka 16
3.3.5 Rozsah prohlídek 17
3.4 Diagnostický průzkum 18
3.5 Hodnocení konstrukce 19
4. Klenba Křenová 23
4.1 Výstavba, historie 23
4.2 Prohlídka objektu 27
4.3 Diagnostický průzkum 36
4.4 Statický výpočet 57
4.4.1 Vykreslení tlakové čáry 57
4.4.2 Posouzení podmínky bezpečné pevnosti 59
5. Závěr 62
6. Použitá literatura 64
7. Seznam symbolů 66
8. Seznam příloh 68

1. Úvod

Mosty se ve stavitelství u nás objevují již během 10. století, zpočátku se jednalo o lávky dřevěné s haťovou konstrukcí. Pro větší toky je tento typ zcela nevhodný, i u menších toků docházelo k častému porušení během povodní či jarního tání. Velmi záhy se proto začalo využívat konstrukcí kombinovaných, kdy pilíře byly kamenné a mostovka byla rozebíratelná, snadno opravitelná.

První celokamenný most u nás, Juditin, byl postaven ve 12. století, přibližně v místech dnešního Karlova mostu. Vzorem pro jeho výstavbu byl most v Řezně. Juditin most byl 514 metrů dlouhý, téměř 7 metrů široká a měl celkem 28 oblouků o světlostech 8 až 20 metrů. Ve 14. století byl během jarního tání silně poškozen ledem a byl nahrazen novým mostem, Karlovým.



Obr. 1.1 Kamenný most, Řezno

Nejstarším u nás dosud stojícím mostem je kamenný most přes řeku Otavu v Písku, který pochází ze 13. století.

V Brně se stékají dvě řeky, Svratka a Svitava, a proto byla i zde velká poptávka po mostech. Bohužel jen velmi málo z nejstarších konstrukcí bylo dochováno. Jedním z nich je kamenný most na hradě Špilberku, vedoucí z východní strany, z opačné strany vede most dřevěný.



Obr. 1.2 Kamenný most, Špilberk

Roku 1839 byla do Brna přivedena železnice, severní dráha Ferdinandova. Byla zbudována jednokolejná trať, jejíž dominantou byl viadukt přes Svratku s délkou 673 metrů a s celkem 80 oblouky. Po první světové válce byla trať zdvoukolejněna a později byla přidána třetí a čtvrtá kolej. Ve směru na Prahu byla železnice budována později, dostavěna byla 1845. I tato trať je hned za výjezdem z nádraží vedena po viaduktu, nejčastěji označovaném jako viadukt Křenová. Dále pokračuje trať po dalším viaduktu, přes ulici Vlhkou.



Obr. 1.3 Viadukt, ulice Vlhká

Dnes se již zděné mosty nenavrhují, nicméně jich je stále velké množství zachováno, především na železničních tratích. Problémem těchto mostů je většinou odlišné namáhání, jeho frekvence i umístění, než se předpokládalo v době jejich stavby.

Typ mostní konstrukce	**Počet**	**%**
ocelová	2645	25,89
spřažená	67	0,66
zabetonované nosníky	1420	13,90
železobetonová	1900	18,60
předpjatý beton	397	3,89
prostý beton	429	**4,20**
kamenná	2884	**28,23**
cihelná	475	**4,65**
Celkem	**10217**	**100,00**

Tab. 1.1 Mosty v síti ČD, tučně vyznačeny klenbové konstrukce

2. Cíl práce

Ve své diplomové práci bych ráda shrnula, jakým způsobem se mají provádět prohlídky mostních konstrukcí, případně jaké jsou rozdíly mezi prohlídkou mostu pozemní komunikace a mostu železničního. Na konkrétní konstrukci, viaduktu Křenová, bude provedena tato prohlídka, vypracován plán průzkumu. Na závěr pomocí zjištěných materiálových a rozměrových charakteristik bude provedeno statické posouzení nosné konstrukce, případně návrh opatření na odstranění zjištěných závad a poruch.

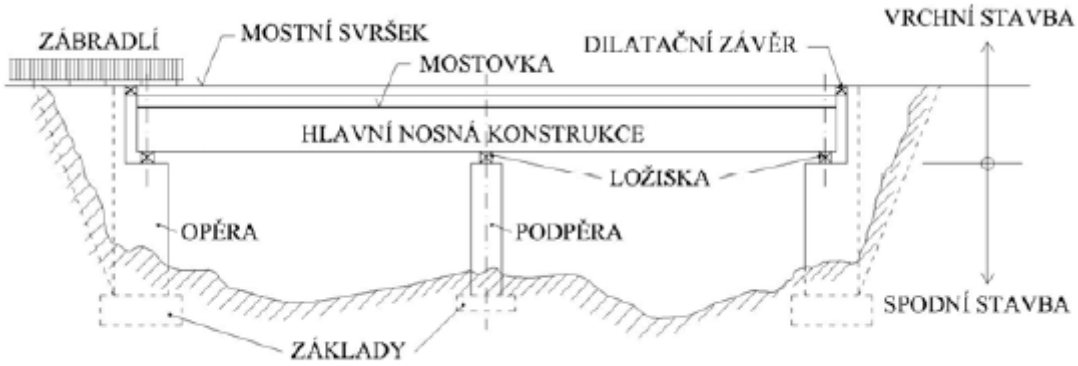
3. Mosty

Základní dělení mostů je na vrchní a spodní stavbu.

Vrchní stavba obsahuje nosnou konstrukci a mostní svršek. Nosná konstrukce je zpravidla tvořena hlavní nosnou konstrukcí, ztužidly, mostovkou, ložisky a mostními závěry. U některých typů nosné konstrukce mohou jednotlivé části chybět či naopak plnit více funkcí najednou. Mostní svršek se liší v závislosti na druhu dopravy převáděném přes mostní konstrukci.

Spodní stavba se skládá z mostních podpěr (krajní opěry a mezilehlé pilíře) a ze základů. Základy rozlišujeme plošné a hlubinné.

Mostní vybavení jsou části konstrukce, které zaručují odvodnění, bezpečnost provozu (svodidla, zábradlí), případně mají jinou funkci (elektroinstalace, telekomunikační vedení).



Obr. 3.1 Hlavní části mostu

3.1 Mostní názvosloví

Mostní otvor je volný prostor pod mostem, který umožňuje průtok, průjezd nebo průchod. Mostní otvor má svoji světlost, což je vodorovná vzdálenost líců podpěr. Součtem všech světlostí jednotlivých mostních polí dostaneme celkovou světlost mostu. Oproti tomu rozpětí konstrukce je vodorovná vzdálenost teoretických podporových bodů. Délka přemostění je vzdálenost líců krajních opěr ve směru převáděné komunikace.

Niveleta mostu je určena niveletou převáděné komunikace. Rozdíl mezi niveletou a nejnižším bodem nosné konstrukce (včetně průhybu, který nebyl odstraněn nadvýšením), je stavební výška. Konstrukční výška je vlastní výška kteréhokoli prvku konstrukce.

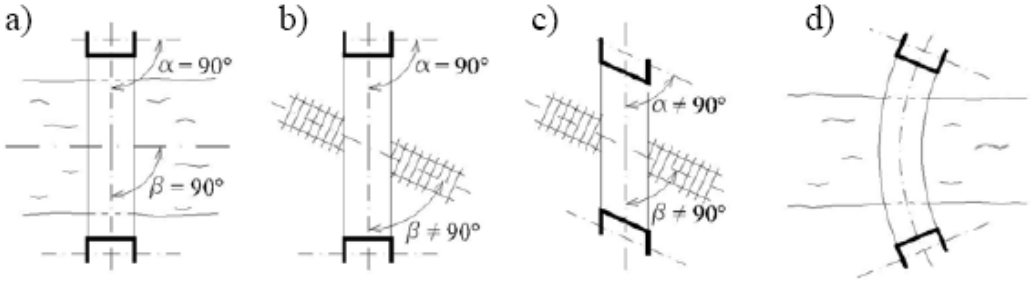
Úložná výška je rozdíl ve výšce nivelety a horního povrchu úložného kvádru, měřeno v ose ložiska.

Prostorová úprava na mostě i pod ním je dána průjezdním mostním průřezem. Ten je pro drážní komunikaci pevně stanoven, u pozemních komunikací závisí na kategorii komunikace, na jejím dopravním prostoru.

3.2 Zatřídění mostů

Mosty lze dělit buď podle jejich funkce, materiálu a uspořádání, pak mluvíme o druhu mostu, nebo podle vlastností nosné konstrukce, takzvané typy mostů.

Druhy mostů lze členit na základě materiálu (dřevěné, kamenné, betonové, kovové), druhu převáděné dopravy (pozemní komunikace, drážní komunikace, lávky pro chodce, průmyslové), druhu překážky (nadjezdy nad jinou komunikací, říční mosty, viadukty, estakády), doby trvání (trvalé, dočasná provizoria, rozebíratelné), možnosti přemísťování (pevné, pohyblivé, plovoucí), geometrie v půdoryse (kolmé, šikmé) a dle průběhu trasy na mostě (v přímé, půdorysně zakřivené).



Obr. 3.2.1 Druhy mostů; a),b) kolmé v přímé, c) šikmé v přímé,d) zakřivené

Typy mostů závisí na vlastnostech nosné konstrukce, především na jejím statickém systému. Zejména jde o počet polí, kdy u vícepolových mostů rozlišujeme soustavu prostých nosníků nebo spojité působení. Dále působení nosné konstrukce, např. deskové, trámové, obloukové či rámové mosty, působení na opěry (svislé nebo šikmé podporové tlaky) a podle polohy mostovky (horní, mezilehlá, dolní).

3.3 Prohlídky mostů

Pravidla pro provádění prohlídky mostů jsou uvedena v ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací. Pro mosty železniční dopravy platí předpis Správy železniční dopravní cesty (dále jen SŽDC), který vychází z této normy a z vyhlášky 177/1995 Sb.

Prohlídky mostů zabezpečuje většinou jejich vlastník, případně správce, prohlídku podchodu/podjezdu provádí správce překračované komunikace, který při zjištění závad smí požádat správce mostu o jejich odstranění. Prohlídku mostu smí provádět jen osoba, která má příslušná osvědčení, zároveň na prohlídku dohlíží příslušné orgány státní správy, případně i státní památková péče. Prohlídky musí být prováděny na všech mostech bez výjimky, včetně mostů dočasně neužívaných (např. v případě objížďky).

Provádění prohlídek, především jejich četnost, pak závisí na klasifikačním stupni stavu mostu. Klasifikačních skupin je sedm a zařazení se děje odhadem, na základě vizuálního hodnocení.

Klasifikační stupeň stavu	**Stav konstrukce**	**Součinitel stavu konstrukce α**
I	bezvadný	1,0
II	velmi dobrý	1,0
III	dobrý	1,0
IV	uspokojivý	0,8
V	špatný	0,6
VI	velmi špatný	0,4
VII	havarijní	0,2

Tab. 3.3.1 Klasifikační stupně stavu mostu

Bezvadný stav je bez zjevných závad či nedodělků.

Velmi dobrý stav má patrné pouze vzhledové vady, které nijak nemohou ovlivnit zatížitelnost mostu. U zděných konstrukcí jsou to například drobné nepřesnosti při zdění v líci zdiva, u betonových pak barevná nejednotnost povrchu.

Dobrý stav je dán většími závadami, které však stále nemohou ovlivnit zatížitelnost. U zděných konstrukcí se jedná především o větší nepřesnosti při zdění, uchycený mech nebo lokálně vydrolená malta. U betonových mostů deformace od posunu bednění do velikosti 30 mm. Patří sem i poruchy mostního svršku, především krytu vozovky, zanesení mostních závěrů nebo lokální prosakování vody na nosnou konstrukci a spodní stavbu, ovšem bez degradace betonu či koroze výztuže.

Uspokojivý stav má již vady a poruchy, které neovlivňují zatížitelnost okamžitou, ale mohou na ni mít vliv v budoucnu. U zděných konstrukcí to může být například vydrolená malta ze spár, lokální trhliny, uchycená vegetace. V betonu je patrná povrchová degradace, případně lokální koroze výztuže bez změny průřezu. Může již docházet k zatékání na ložiska, prosakování vody a znatelným trvalým deformacím konstrukce, ovšem bez viditelných trhlin.

Špatný stav se projevuje výskytem závad a poruch, které ovlivňují zatížitelnost konstrukce, ale jsou odstranitelné bez větších zásahů do konstrukce. Ve zděných konstrukcích jde především o plošně vydrolenou maltu nebo lokálně deformované nebo porušené zdivo. U betonových konstrukcí již koroduje betonářská výztuž s oslabením průřezu, ovšem maximálně do 5 % plochy. Ložiska mohou být posunutá, základy lokálně podemleté. Nosná konstrukce může nadměrně kmitat.

Při **velmi špatném stavu** závady a poruchy ovlivňují zatížitelnost a odstranitelné jsou pouze opravou zahrnující i důležité části konstrukce. Například jde o plošně a hloubkově porušené zdivo nebo zatékání do nezainjektovaných předpínacích kanálků.

U **havarijního stavu** ovlivňují poruchy a závady zatížitelnost takovým způsobem, že je nutné okamžité opatření pro zabránění havárie, například uzavření nebo podepření konstrukce. U zděných konstrukcí se jedná především o prosednutí klenby, vypadávání zdiva. Konstrukce může výrazně kmitat, jsou viditelné nadměrné deformace a průhyby.

U železničních konstrukcí se stav mostu rozlišuje pouze ve třech stupních, dobrý, vyhovující a nevyhovující.

Dobrý označuje objekt, který vyžaduje pouze běžnou údržbu.

Při **vyhovujícím** stavu objekt vyžaduje opravu přesahující rámec běžné údržby, případně výměnu některých částí. Závady bezprostředně neohrožují bezpečnost provozu. Jedná se například o nutnost výměny podlahy na mostě, výměny nosnic.

Nevyhovující objekt vyžaduje úplnou přestavbu, přestavbu opěr nebo výměnu nosné konstrukce, jejichž stav bezprostředně ohrožuje bezpečnost.

Použitelný most je bez závad, které by měly vliv na použitelnost. Objevují se maximálně lokální trhliny ve vozovce, lokální povrchové koroze zábradlí a svodidel.

U **podmíněně použitelného** mostu se objevují závady, které mohou mít v budoucnu vliv na jeho použitelnost, například začínající koroze sloupků zábradlí a svodidel, lokální trhliny v římsách.

Kromě stavu mostu se hodnotí i bezpečnost provozu na mostním objektu, daná především závadami svršku a mostního vybavení. Ta je určena stupněm použitelnosti mostu, kdy se rozlišuje pět stupňů, použitelný, podmíněně použitelný, použitelný s výhradou, omezeně použitelný a nepoužitelný.

Použitelnost s výhradou znamená závady, které již mají vliv na použitelnost, ale nevyžadují okamžité omezení provozu, jako jsou lokální výtluky vozovky, vyjeté koleje, trhliny v římsách, koroze záchytného zařízení nebo výrazné poškození uchycení převáděných cizích zařízení.

Omezeně použitelný mostní objekt je vhodný pouze pro dočasný omezený provoz, závady vyžadují okamžité provizorní opatření nebo dopravní omezení. Mezi takové závady patří plošné porušení vozovky, hluboké vyjeté koleje, odpadávání betonu z říms, nosné konstrukce do prostoru pod mostem, deformace záchytného zařízení či obnažené kabely vysokého a nízkého napětí bez chrániček.

Nepoužitelný mostní objekt nemůže zajistit bezpečný provoz, je nutné uzavření mostu nebo jeho části. Jde především o poruchy vozovky v celé ploše mostu, zřícené záchytné zařízení, uvolněné profily mostních závěrů, volně stékající voda nebo poškozené nechráněné kabely převáděného vysokého a nízkého napětí.

3.3.1 Hlavní prohlídka

Před uvedením mostu do provozu, ať už se jedná o přebírání novostavby či znovuuvedení do provozu po rekonstrukci, musí být provedena první hlavní prohlídka. Tato prohlídka se může konat i opakovaně (v etapách), pokud jsou zjištěny závažné nedodělky. Případnou zatěžovací zkoušku lze na mostě provést až po kladném výsledku první hlavní prohlídky.

Výjimku tvoří ustanovení SŽDC, kde se dle prováděcího předpisu nemusí konat hlavní prohlídka při zesílení (podchycení) koleje, například při vložení provizoria na ocelovou konstrukci pro odlehčení podélníku. Taktéž dle tohoto předpisu není nutná hlavní

prohlídka před znovuzahájením provozu, pokud při rekonstrukci nedošlo k zásahu do hlavní nosné konstrukce, jejího uložení a k zásahům do podpěr.

Po první hlavní prohlídce se provádí pravidelná hlavní prohlídka a to v intervalu nejdéle 6 let při klasifikačním stupni stavu I až III, nejdéle 4 roky pro stupeň IV a nejdéle 2 roky při klasifikačním stupni V a horším. U dřevěných mostů je vždy interval 2 roky.

V prováděcím předpisu SŽDC je jako hlavní prohlídka označena pouze první hlavní prohlídka, další se označují jako podrobné (revizní), které se provádějí v intervalu jedenkrát za 6 let, v případě nevyhovujícího stavu jedenkrát za 3 roky.

V průběhu hlavní prohlídky se prověřují všechny části mostu z hlediska jejich spolehlivosti, což zahrnuje únosnost, životnost, použitelnost a zachování bezpečného provozu. Konstrukce se kontroluje převážně vizuálně, míra poškození se tedy pouze odhaduje. Dle výsledků jsou jednotlivé části konstrukce řazeny dle klasifikačních stupňů stavu, kdy různé části, případně i stejné části z různých materiálů mohou být označeny jiným stupněm.

Při prohlídce musí být zajištěna přístupnost konstrukce. Případné zásahy, které tuto přístupnost zajistí, smí být provedeny pouze se souhlasem správce mostu. Způsob zpřístupnění se musí zaznamenat do protokolu o prohlídce.

Při prohlídce je nutné porovnat stav konstrukce a její poškození se závěry prohlídky předešlé. Obzvlášť je nutné věnovat pozornost vadám a poruchám, jejichž sledování bylo při minulé prohlídce nařízeno. Zároveň je třeba věnovat zvýšenou pozornost částem konstrukce, které byly rozšiřovány, zesilovány nebo upravovány v rámci oprav mostu.

Na základě hlavní prohlídky mostu jsou definovány požadavky údržbových prací daného objektu, případně je navržen další diagnostický průzkum, který přesně stanoví rozsah poškození a nutné opravy pro odstranění tohoto poškození. Součástí tohoto průzkumu je vždy statický výpočet zatížitelnosti objektu.

3.3.2 Běžná prohlídka

Při běžné prohlídce se hodnotí pouze přístupné části mostu, které jsou dostupné bez demontáže či odstranění jiných částí. Sleduje se bezpečnost a použitelnost spodní stavby (sedání, deformace), nosné konstrukce (včetně kmitání), dutin včetně volných kabelů,

ložisek, povrchu vozovky, funkce odvodňovacího zařízení, záchytného zařízení, cizích zařízení i území pod mostem. U kleneb se zjišťuje, zda nedošlo k deformacím klenby nebo zda nedochází k oddělování čelních zdí. Dále se zjišťuje stav zdiva klenby.

Na základě běžné prohlídky se navrhují opatření pro běžnou údržbu mostu, případně se navrhuje provedení hlavní nebo mimořádné prohlídky.

Běžná prohlídka se provádí nejméně jednou ročně, pokud není most hodnocen jako uspokojivý a horší. V tom případě se běžná prohlídka provádí dvakrát ročně. Na železničních mostech se běžná prohlídka provádí jedenkrát ročně, mosty na poddolovaném území a mosty označené jako nevyhovující se kontrolují dvakrát ročně.

3.3.3 Mimořádná prohlídka

Mimořádnou prohlídkou (v předpisech SŽDC označována jako kontrolní) se hodnotí aktuální stav mostní konstrukce, především se porovnává současný stav s výsledky poslední běžné prohlídky, aby se mohly identifikovat nově vzniklé poruchy. Způsob provádění a rozsah mimořádné prohlídky je vždy vybrán s ohledem na důvody, z jakých se mimořádná prohlídka provádí.

Mimořádná prohlídka se provádí po živelných pohromách, po nehodách na mostě či pod ním, při zjištění pohybu svahů v okolí nebo po výskytu důlních škod v bezprostředním okolí mostu na poddolovaném území. K mimořádné prohlídce dochází i před a po průjezdu nadměrných nákladů nebo při zjištění neobvyklého chování konstrukce při průjezdu vozidel. Mimořádná prohlídka je doporučována před uplynutím záruční doby na určitou část konstrukce.

3.3.4 Kontrolní prohlídka

Kontrolní prohlídku neprovádí správce mostu, ale jemu nadřízený správní úřad. Provádí se především kontrola provádění běžných a hlavních prohlídek, dodržování jejich termínů, rozsahu a kvality. Provádí se zpravidla v intervalu čtyř let, nejdéle v intervalu šest let. V předpisech SŽDC není prohlídka, která by odpovídala kontrolní prohlídce, definována.

3.3.5 Rozsah prohlídek

Při provádění všech typů prohlídek je nutné se zaměřit především na statisticky nejčastější závady dané konstrukce s ohledem na materiál a statický systém. Jsou to zejména závady typu zatékání do nosné konstrukce, na spodní stavbu, s tím spojená degradace betonu, oceli či kameniva. Nutné je sledovat kmitání při přejezdu vozidel, nadměrné průhyby a deformace.

V případě zjištění většího rozsahu trhlin se v závěru prohlídky doporučí provedení pasportizace trhlin a jejich další sledování. Při větším rozsahu závad se doporučí prohlídku mostu doplnit o diagnostiku těchto závad, která určí jejich příčinu, rozsah a nejvhodnější opatření pro jejich odstranění.

Základy mostních podpěr se sledují především v řečišti, zda nedochází k obnažování základů nebo podemletí podpěr. Dále se zjišťuje, zda nedošlo k zanesení řečiště, což by mohlo bránit plynulému odtoku vody.

Mostní podpěry se kontrolují především na přítomnost trhlin, vyboulení nebo vychýlení. Dále se kontroluje oddělení opěr od křídel, porušení zdiva či degradace betonu, vyluhování nebo vyplavení malty a uchycení vegetace. Důležité je sledovat stopy po zatékání, mokrá místa. Trhliny ve zděných a betonových podpěrách, které zjevně nejsou pouze povrchové, se zaznamenávají v náčrtcích, aby bylo možné při dalších prohlídkách zkontrolovat jejich počet a velikost.

U **nosné konstrukce** se kontroluje její chování při průjezdu vozidel, správná funkce izolace mostovky a obzvlášť zatékání vody do konstrukce mostu vlivem špatné funkce mostního závěru. U kleneb se sledují viditelné deformace, odtržení čelních zdí od klenby a systém trhlin.

Ložiska, klouby, uložení nosné konstrukce a mostní závěry se sledují především z hlediska jejich správné funkčnosti, případného znečištění a poškození, které tuto funkci může ovlivňovat.

Na **mostním svršku** se kontroluje celkový stav vozovky, výtluky, vyboulení a prohlubeniny, se kterými souvisí hromadění vody na vozovce.

U **mostního vybavení** se kontroluje především stav a funkčnost odvodňovacích zařízení, svodů a vedení srážkových vod pod mostem. Při prohlídce se zjišťuje stav

záchytného bezpečnostního zařízení, jeho ukotvení. Zjišťuje se stav dopravního značení a osvětlovacích zařízení mostu.

Cizí zařízení na mostech udržují a opravují vlastníci těchto zařízení za podmínek stanovených správcem mostu. Stav těchto zařízení při prohlídkách se zjišťuje s ohledem na bezpečnost provozu a možných škodlivých účinků na mostní objekt. Zjištěné vady správce oznámí vlastníkovi cizího zařízení, který odpovídá za jeho technický stav a neprodlené odstranění závady.

3.4 Diagnostický průzkum

Účelem diagnostického průzkumu je stanovení příčin vad a poruch, jejich předpokládaného vývoje a určení zbytkové životnosti konstrukce. Zároveň by měl stanovit opatření pro odstranění těchto závad. Diagnostický průzkum mostu zajišťuje správce mostu na základě závěrů prohlídek konstrukce mostu.

Lze rozlišit tři základní typy průzkumů, a to měření ke zjištění **mechanických vlastností materiálů** nosné konstrukce, měření ke zjištění **stupně oslabení** (degradace) a zkoušky pro zjištění **odezvy konstrukce**.

Rozsah prováděného průzkumu je dán účelem, za jakým se průzkum provádí, stavem mostu, přístupností jednotlivých částí konstrukce. Podle rozsahu průzkumu lze rozlišit diagnostický průzkum základní, dílčí, podrobný a doplňkový.

Základní průzkum se používá ke zjištění stavu mostu jako doplněk hlavní nebo mimořádné prohlídky mostu.

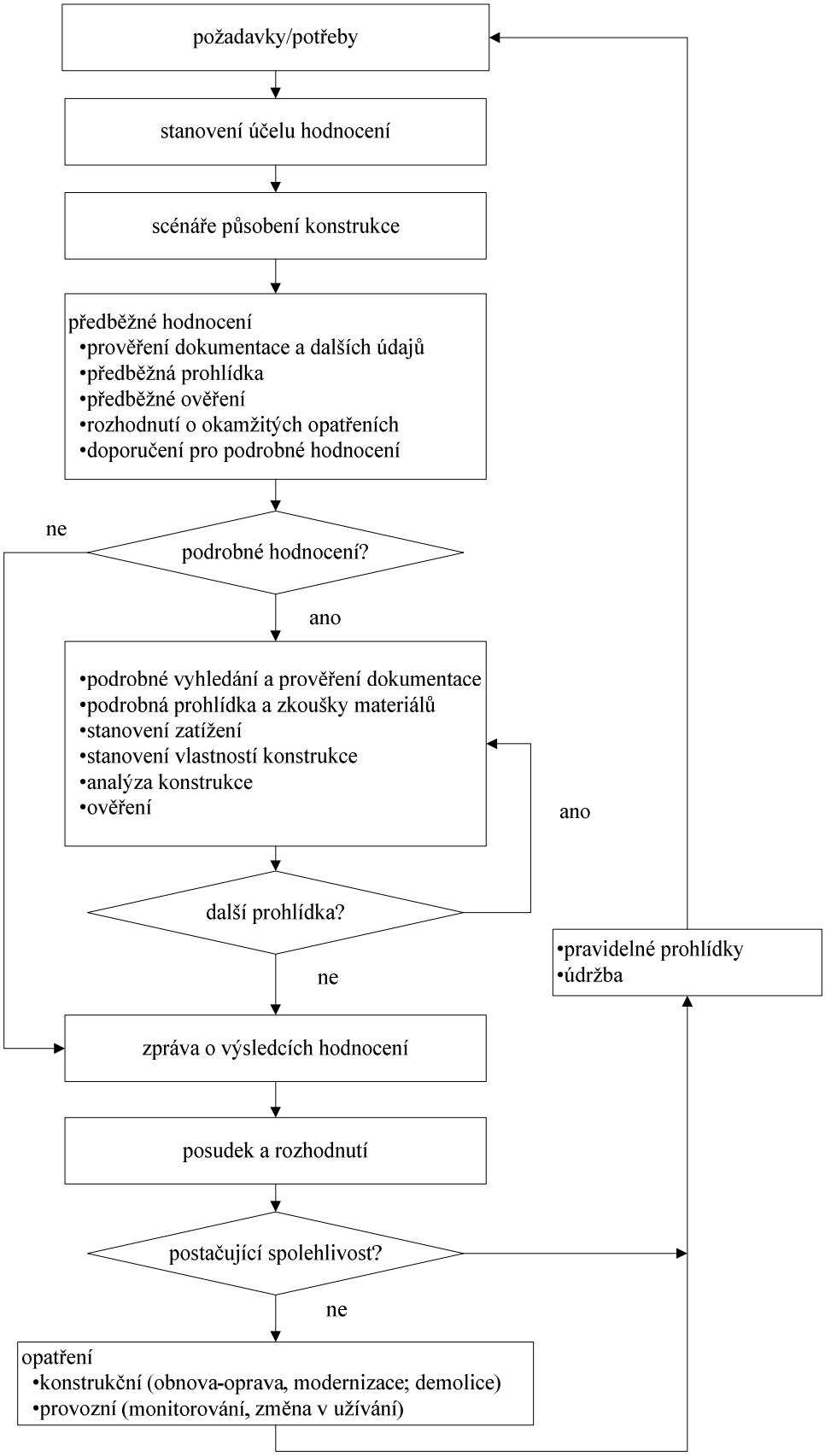
Dílčí průzkum slouží pro získání podkladů pro výpočet zatížitelnosti mostu, rozsah závisí na dostupnosti dokumentace k objektu a na rozsahu výpočtu (nosné konstrukce, spodní stavba, celý most).

Podrobný průzkum se navrhuje a provádí především u konstrukcí s již zjištěnými závadami, kde průzkum poté slouží jako podklad pro návrh opravy či rekonstrukce.

Doplňkový průzkum je většinou požadován až v průběhu opravy či rekonstrukce, kdy se z důvodu zjištění nových skutečností požaduje upřesnění rozsahu prováděných prací či způsobu opravy.

3.5 Hodnocení konstrukce

Postup hodnocení se sestává z následujících kroků:



Před zahájením postupu hodnocení se doporučuje prohlídka stavby. Postup dále závisí na účelu hodnocení a na specifických okolnostech, jako je dostupnost původní projektové dokumentace, zjištěné škody nebo změna využívání konstrukce.

Mezi údaje, které jsou nezbytné pro hodnocení konstrukce, patří zejména materiálové a konstrukční vlastnosti, rozměry a zatížení.

Zatížení se stanovuje podle platných norem, zejména ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991. Nutné je uvažovat změny v užívání konstrukce a s tím související změna zatížení. Dále je třeba přihlédnout ke skutečnému provedení konstrukce. Pokud není možné z dostupné dokumentace určit zatížení, je možné je stanovit na základě prohlídky.

Pro hodnocení konstrukce se vždy stanovují skutečné vlastnosti materiálů, musí se stanovit míra degradace a případné další vlivy (požár, záplava v minulosti). Vlastnosti materiálů se stanovují experimentálně, za využití nedestruktivních i destruktivních metod a jejich statistického vyhodnocení. Na základě statistického vyhodnocení získáváme charakteristické vlastnosti, které jsou 5-ti procentním kvantilem dané vlastnosti.

Pro hodnocení zděných konstrukcí je nutné určit pevnost zdících prvků a pevnost malt. Na základě jejich pevností je možné určit charakteristickou pevnost zdiva v tlaku. Dle normy ČSN EN 1996-1-1 a normy ČSN ISO 13822 se stanoví charakteristická pevnost zdiva dle vztahu:

$$f_k = K \cdot f_b^{\alpha} \cdot f_m^{\beta} \qquad (3.5.1),$$

kde f_k je charakteristická hodnota pevnosti zdiva v tlaku;

K je konstanta závislá na druhu zdících prvků a druhu malty;

α a β jsou konstanty závislé na druhu malty a tloušťce spár;

f_b je normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků;

f_m je pevnost malty v tlaku.

Hodnoty konstanty *K* jsou uvedeny v následující tabulce:

Zdící prvky		Obyčejná malta	Malta pro tenké spáry	Lehká malta	
				600≤ρ≤800	800≤ρ≤1500
Pálené	Skupina 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Skupina 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Skupina 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Skupina 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Vápenopískové	Skupina 1	0,55	0,80	#	#
	Skupina 2	0,45	0,65	#	#
Betonové	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Skupina 2	0,45	0,65	0,45	0,45
	Skupina 3	0,40	0,50	#	#
	Skupina 4	0,35	#	#	#
Pórobetonové	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Z umělého kamene	Skupina 1	0,45	0,75	#	#
Z přírodního opracovaného kamene	Skupina 1	0,45	#	#	#
# Běžně nepoužívané kombinace, hodnota neuvedena					

Tab. 3.5.1 Součinitel K pro výpočet charakteristické pevnosti zdiva

Problém při výpočtu dle vztahu (3.5.1) nastává u hodnocení starších konstrukcí s málo kvalitní maltou, která po letech užívání konstrukce vykazuje nulovou pevnost. V takovém případě je nutné postupovat podle normy ČSN 73 11 01 z roku 1981, která připouští existenci malt s nulovou pevností. Stanovení pevnosti není určeno žádným vztahem, charakteristické pevnosti jsou uvedeny v tabulce v závislosti na druhu staviva, jeho pevnosti a pevnosti malty. Pro kamenné zdivo jsou hodnoty následující:

Zdivo	Výška jedné ložné vrstvy	Třída jakosti kamene	Pevnostní značka kamene	Výpočtová pevnost zdiva na maltu označenou dle ČSN 722430 (MPa)						
	mm	-	-	150	100	50	25	10	4	0
z čistých kvádrů	h_1>600	I	110	13,8			13,3	12,3	10,9	9,4
		II	80	11,4			10,9	9,9	8,6	7,3
		III	40	8,5			6,2	5,7	5,1	4,4
řádkové čisté	h1>150	I	110	6,3	6,0	5,4	5,1	4,8	4,2	3,9
		II	80	5,1	4,8	4,5	4,2	3,6	3,3	3,0
		III	40	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,7
řádkové hrubé		I	110	4,7	4,5	4,0	3,8	3,6	3,2	2,9
		II	80	3,8	3,6	3,4	3,2	2,7	2,5	2,2
		III	40	2,3	2,1	1,9	1,8	1,7	1,5	1,3
lomové a kyklopské		I	110	-	2,2	1,6	1,0	0,7	0,5	0,3
		II	80	-	2,0	1,4	0,9	0,6	0,4	0,2
		III	40	-	1,3	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1

Tab. 3.5.2 Výpočtová pevnost zdiva dle ČSN 73 11 01

Při hodnocení za využití normy ČSN 73 11 01 může nastat další problém, a to v případě, že je kámen zdegradovaný a nedosahuje již hodnoty jakostní třídy III, tedy pevnosti 40 MPa. V takovém případě doporučuje Česká betonářská společnost využít vztah dle kandidáta technických věd S. V. Polyakova [1], upravený Ing. Pavlem Košatkou, CSc. [9]:

$$f_k = A \cdot f_b \cdot \left(1 - \frac{a}{b + \frac{1}{2} \cdot \frac{f_m}{f_b}} \right) \qquad A = \frac{100 + f_b}{100 + n \cdot f_b} \cdot k \tag{3.5.2}$$

Druh zdiva	**a**	**b**	**n**	**k**
z cihel, výška vrstvy 50-140 mm	0,20	0,30	3,33	1,00
z plných tvárnic, 180-390 mm	0,15	0,30	2,50	1,00
z dutých tvárnic, 180-390 mm	0,15	0,30	2,50	0,85
z keramických svisle děrovaných cihel	0,30	0,40	4,00	1,00
z keram. vodorovně děrovaných cihel	0,60	1,00	2,50	1,00
z lomového kamene	0,00	0,25	6,00	1,00
řádkové z hrubě opracovaných kvádrů	0,20	0,25	6,00	1,40

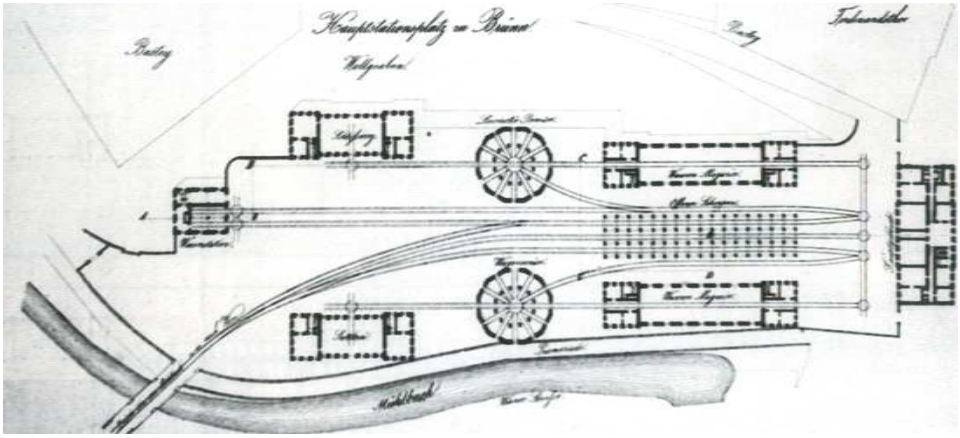
Tab. 3.5.3 Hodnoty součinitelů a, b, n, k dle Ing. Pavla Košatky CSc.

4. Klenba Křenová

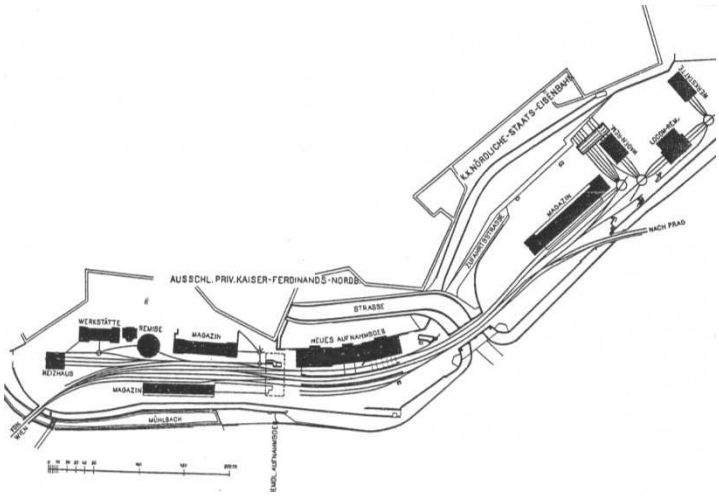
Předmětem praktické části zkoušky diplomové práce je viadukt Křenová v Brně. Jedná se o železniční viadukt v těsné blízkosti hlavního nádraží přes Nádražní ulici. Po viaduktu je převáděna železniční trať Brno-Česká Třebová. V současné době jsou po viaduktu vedeny tři koleje, další kolej je vedena na ocelové konstrukci, která k viaduktu těsně přiléhá.

4.1 Výstavba, historie

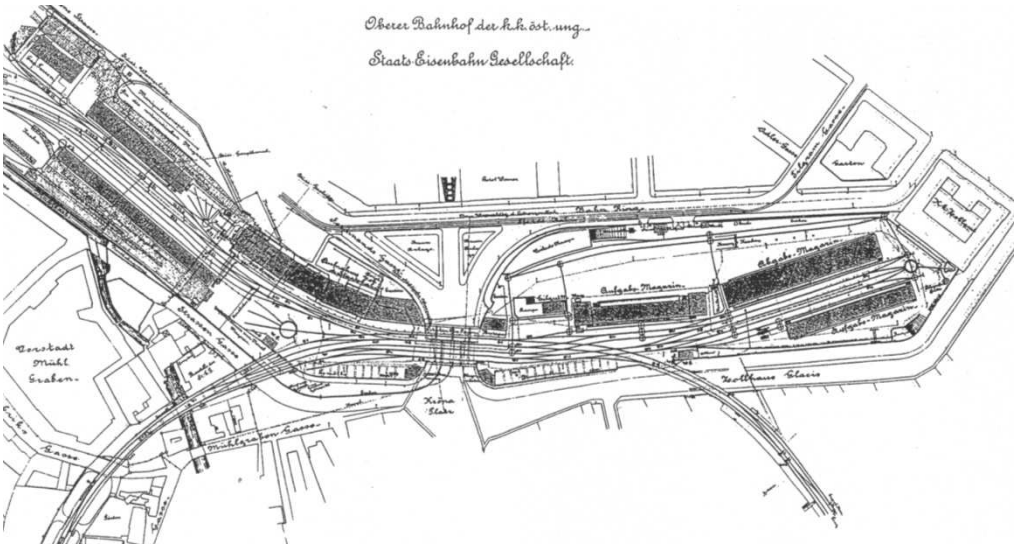
Železniční trať byla do Brna přivedena z Vídně roku 1838. Výstavba železnice se dále soustředila na směry Prostějov a Břeclav. Výpravní budova stála napříč kolejištěm, s rozvojem dráhy se nepočítalo. Již v roce 1846 bylo schváleno zbourání budovy a budování dráhy směrem na Českou Třebovou. Nové státní nádraží mělo dvě části, západní se společnou výpravní budovou obou drah a východní se skladištěm, vozovou remízou, dílenskou budovou a vodárnou. Obě části tehdy spojoval tříkolejný viadukt z kamenných kvádrů. Těsně za viaduktem odbočovala po dřevěném mostě trať do České Třebové.



Obr. 4.1.1 Umístění výpravní budovy příčně v kolejišti, situace z roku 1839



Obr. 4.1.2 Brno hlavní nádraží, situace, 1848



Obr. 4.1.3 Brno hlavní nádraží, situace, 1890

V roce 1869 bylo nádraží v Brně přestavováno, zejména výpravní budova, která byla prodloužena až k těsnému sousedství viaduktu o takzvanou budovu knihaře. Samotný viadukt byl rozšířen o ocelovou přístavbu, čímž bylo dosaženo počtu pěti kolejí. Navíc na ocelové části vzniklo kryté nástupiště s prosklenou stěnou. Z druhé strany byla k viaduktu přistavěna takzvaná budova klempírny, která spolu s budovou knihaře tvoří zaoblená nároží po obou stranách viaduktu.



Obr. 4.1.4 Zastřešení viaduktu Křenová, kolem roku 1900, pohled z jihu



Obr. 4.1.5 Zastřešení viaduktu Křenová, 1901, pohled od hotelu Grand

Při další přestavbě v letech 1903-1904 byl krytý peron na viaduktu nahrazen prodlouženým nástupištěm u současné budovy pošty a nástupiště na viaduktu přestalo být užíváno[2] [3].

V průběhu další přestavby byl snížen počet kolejí na viaduktu- kolej na ocelové části zůstala, dvě koleje u ní také, další dvě koleje byly zrušeny a nahrazeny jednou kolejí, která se nachází přibližně mezi původními dvěma, viz obr. 4.1.6.



Obr. 4.1.6 Viadukt Křenová, situace, 2011

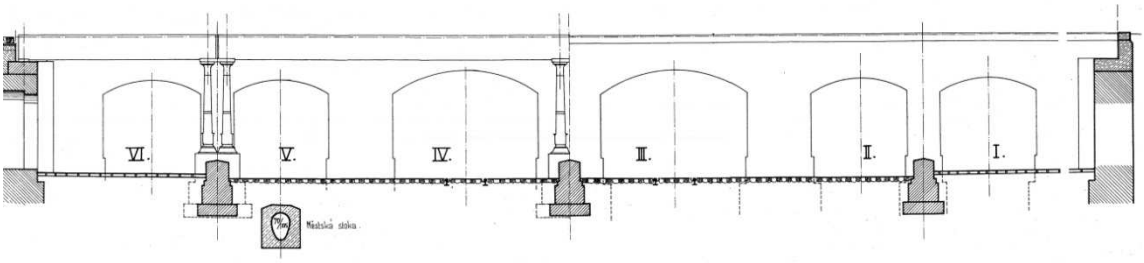


Obr. 4.1.7 Zaplavený viadukt, leden 2010

Kvůli nižší poloze byl prostor pod mostem zaplaven, například během jarního tání v březnu 1845, během přívalových dešťů v červenci 2009, nebo během tání v lednu 2010 [22].

4.2 Prohlídka objektu

Jedná se o prohlídku železničního viaduktu v km 155,892 v obvodu železniční stanice Brno hlavní nádraží. Viadukt je o šesti otvorech, převáděny jsou na zájmové kamenné části tři koleje, na přiléhající kovové konstrukci je vedena manipulační, běžně nevyužívaná kolej. Krajní otvory slouží pro průchod chodců, otvory číslované II a V(viz obr. 4.2.1) jsou nad pozemní komunikací a středními otvory je vedena tramvajová doprava.



Obr. 4.2.1 Podélný řez viaduktem

Spodní stavba

Pilíře i opěry jsou kamenné, ze zdiva čistého řádkového, vyskytují se různé druhy vápenců, slepenců, v menší míře i pískovců. Směrem od ocelové přístavby jsou pilíře i opěry na cca 1,5-2,0 metru betonové. Především pískovce jsou silně zvětralé, se silně degradovanou vrstvou na povrchu. Betony jsou popraskané nepravidelnými trhlinami. V opěře u tzv. budovy knihaře dochází k průsakům vody. Omítka ze spár je vydrolená, místy jsou patrné stopy po zainjektování spár, které se již také místy vydroluje.



Obr. 4.2.2 Průsaky vody, opěra u budovy knihaře



Obr. 4.2.3 Vydrolené zainjektování, pilíř



Obr. 4.2.4 Silně zdegradovaná vrstva pískovců, vydrolení pískovců, pilíř

V betonové části opěry při budově knihaře jsou trhliny v místě paty klenby. Tato opěra je vyboulená v přibližně jedné třetině šířky, v polovině výšky.



Obr. 4.2.5 Opěra při budově knihaře, trhliny v betonu, vyboulení

Na opěře u budovy klempírny je uchycena vegetace.



Obr. 4.2.6 Vegetace na opěře při budově klempírny

Odvodnění je nově opraveno, nicméně je již místy poškozeno.



Obr. 4.2.7 Nový systém odvodnění

Nosná konstrukce

Nosnou konstrukci tvoří kamenná segmentová klenba ze zdiva řádkového. Oproti spodní stavbě je zde mnohem více pískovců. Pískovce jsou stejně jako u pilířů silně degradované, dochází k vypadávání celých kusů staviv, místy je snaha o velmi provizorní opravu, místy je oprava provedena za pomoci výztuží helifix.



Obr. 4.2.8 Ukotvení vypadávajícího kamene pomocí helifixu



Obr. 4.2.9 Šroubovice helifix



Obr. 4.2.10 Oprava vypadeného kamene „naházením“ betonu



Obr. 4.2.11 Nahrazení vypadeného kvádru „naházeným“ betonem

Některé kameny v klenbách chybí, byly nahrazeny betonovými kvádry. Velké množství kamenů bylo již pravděpodobně opravováno či nahrazováno- jsou uchyceny pomocí kotev, pravděpodobně jde o plomby a nikoli o kameny se spoluúčinností v klenbě. Zejména v části nad opěrou směrem ke stanici patrné průsaky vody (viz obr. 4.2.1).



Obr. 4.2.12 Viditelné kotvy- přidržují plomby v klenbě

V klenbě č. V jsou patrné stopy po průjezdu vozidel, známka toho, že v minulosti zde buď byla průjezdná výška špatně označená, nebo se maximální výška nedodržovala. Rýh je větší množství a jsou dost výrazné, lze tedy vyloučit ojedinělý náhodný průjezd.



Obr. 4.2.13 Rýhy po průjezdu příliš vysokých vozidel

Stejně jako opěry a pilíře jsou i klenby v šířce cca 2 metry z betonu. Beton je popraskaný drobnými trhlinkami, místy je patrné vyluhování vápenného mléka.



Obr. 4.2.14 Betonová klenba- trhliny, vyluhování vápenného mléka

Římsy jsou betonové, silně degradované, beton s trhlinami se místy rozpadá či už chybí úplně.



Obr. 4.2.15 Oprýskaná betonová římsa

Mostní svršek, vybavení mostu

Na mostě je převáděna železnice, pražce jsou dřevěné, kolejové lože štěrkové stejné jako v širé trati. Mostní zábradlí je místy zrezivělé, nicméně kotvy nevypadají poškozené. V asfaltovém krytu nástupiště jsou trhliny zarostlé vegetací.



Obr. 4.2.16 Zábradlí, vegetace v asfaltovém krytu

4.3 Diagnostický průzkum

Diagnostický průzkum viaduktu Křenová byl prováděn pro posouzení další možné zatížitelnosti konstrukce, vzhledem k poruchám, které se objevují, případně jako podklad pro následující opravu či rekonstrukci mostu. Jako prvotní opatření pro zabránění rozšiřování poruch byla snížena průjezdní rychlost po viaduktu na 30 km/h pro omezení dynamického zatížení.

K nejzávažnějším problémům viaduktu Křenová patří vypadávání kameniva z kleneb, proto bylo třeba ověřit především vlastnosti materiálů v těchto klenbách. V pilířích je sice kámen místy zdegradovaný, ale na základě vizuální prohlídky lze předpokládat, že má stejné nebo lepší vlastnosti než kameny v klenbě.

Pilíře viaduktu jsou velmi masivní, bylo proto třeba ověřit, zda jsou v plné hmotě kamenné, nebo zda se jedná například o zdivo smíšené. Pro toto ověření se jako nejlepší jevila metoda měření pomocí ultrazvuku přístrojem Proceq-TICO. Bohužel, ani nejsilnější dostupná sonda (frekvence 150 kHz) nebyla schopna prozářit celý pilíř, tudíž nebylo možno stejnorodost ověřit. Byly však provedeny tři jádrové vývrty o průměru 50 mm a maximální délce, jakou přístrojové vybavení dovolovalo, cca 1 metr (viz obr. 4.3.1 a 4.3.2). Až do této hloubky byla skladba stále stejná, cihelné střepy byly velmi ojedinělé a pravděpodobně sloužily pouze pro vyplnění větších spár, lze tedy říct, že pilíře jsou opravdu masivní.



Obr. 4.3.1 Rozvržení vývrtů do pilíře

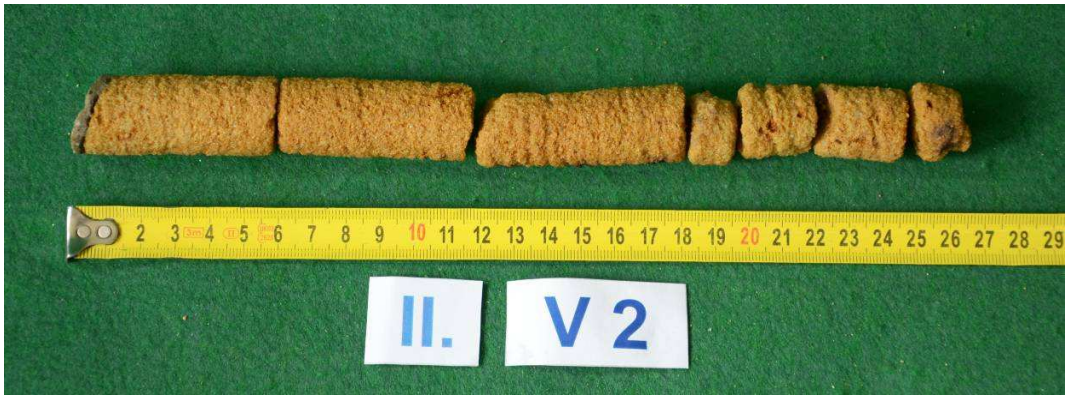


Obr. 4.3.2 Hloubka provedeného jádrového vývrtu pro ověření pilíře

Pro zjištění materiálových charakteristik zdiva v klenbě bylo naplánováno samostatně provést zkoušky kameniva a pojiva. Bohužel původní malta na mnoha místech zcela chyběla nebo se při pokusu o odběr rozpadala na písek, jinde byla sice nahrazena injektáží, ale i o kvalitě této injektáže vznikly pochyby. Odběr vzorků pro zkoušky pojiv tedy nebyl možný, lze předpokládat, že jeho pevnost je nulová.



Obr. 4.3.3 Výnos z jádra, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, na obr. patrný přechod mezi plombou a původním kamenem klenby, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.4 Výnos z jádra, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.5 Výnos z jádra, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.6 Výnos z jádra, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



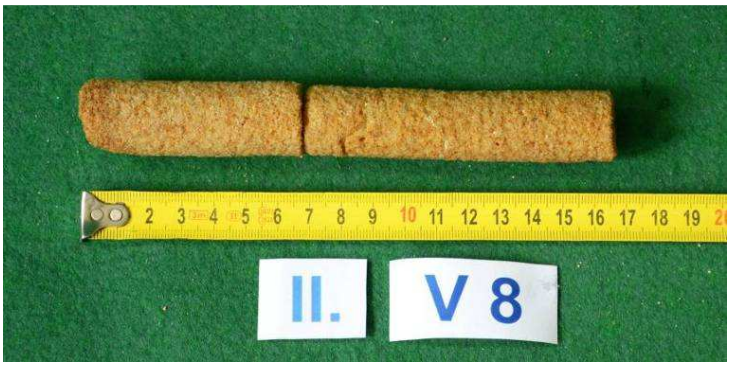
Obr. 4.3.7 Výnos z jádra, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.8 Výnos z jádra, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.9 Výnos z jádra, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.10 Výnos z jádra, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.11 Výnos z jádra, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.12 Výnos z jádra, klenba II, průměr 50 mm, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.13 Odběr malty, klenba II, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.14 Výnos z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.15 Výnos z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



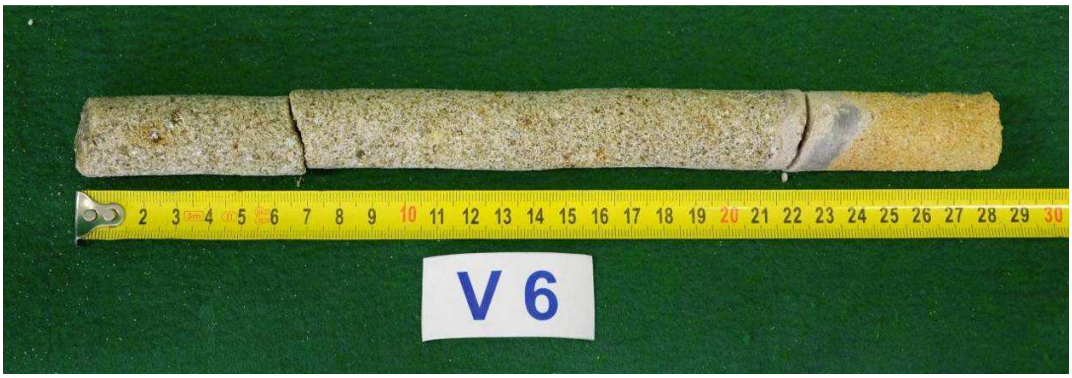
Obr. 4.3.16 Výnos z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.17 Výnos z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, na obr. patrná plomba a původní kámen klenby, oddělené sanační maltou, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.18 Pozůstatky výnosu z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.19 Výnos z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, na obr. patrná plomba a původní kámen klenby, oddělené sanační maltou, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.20 Výnos z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, na obr. patrná plomba a původní kámen klenby, oddělené sanační maltou, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.21 Výnos z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, na obr. patrná plomba a původní kámen klenby, oddělené sanační maltou, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.22 Výnos z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



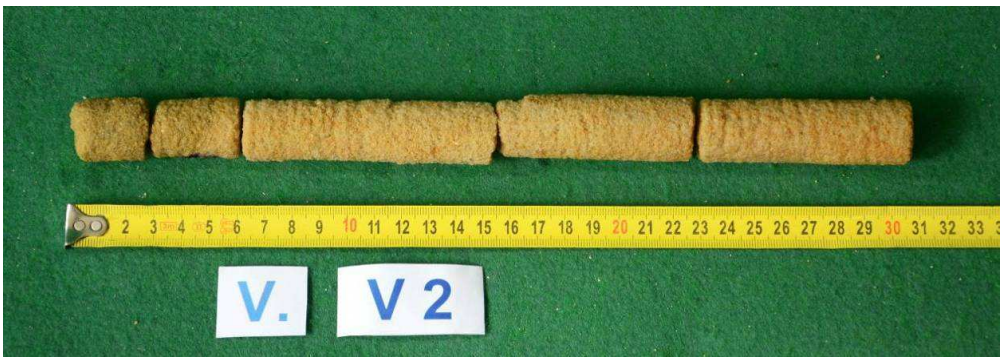
Obr. 4.3.23 Výnos z jádra z vrtu do injektáže, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.24 Výnos z jádra, klenba III, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.25 Výnos z jádra, klenba V, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.26 Výnos z jádra, klenba V, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



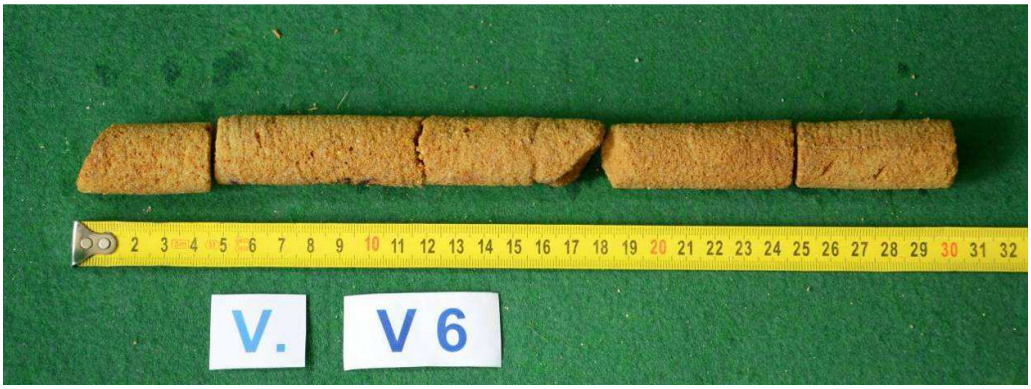
Obr. 4.3.27 Výnos z jádra, klenba V, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.28 Výnos z jádra, klenba V, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.29 Výnos z jádra, klenba V, místo odběru vyznačeno v příloze 1, na obr. je patrná plomba a původní kámen klenby, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.30 Výnos z jádra, klenba V, místo odběru vyznačeno v příloze 1, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.

Pro zkoušky kameniva byla pro svoji jednoduchost a rychlost zvolena metoda tvrdoměrná, upřesněná na jádrových vývrtech. Bohužel, vzhledem k silně degradovanému povrchu kamenů, se tvrdoměrná metoda ukázala jako zcela nepoužitelná, při provádění

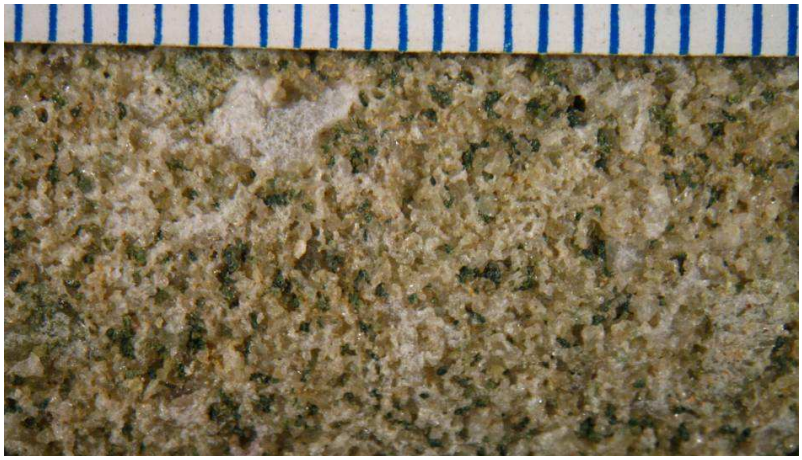
docházelo k velkému rozptylu výsledků na jednom zkušebním vzorku a dokonce k odštěpování částí povrchu při úderu. Z toho důvodu byly prováděny pouze jádrové vývrty. Pro snížení dopadu zkoušek na konstrukci a pro možnost odebrat větší množství vzorku byly provedeny mikrovývrty o průměru 25 mm, jejich rozvržení viz příloha 1. V případě betonové konstrukce by mikrovývrty 25 mm musely být kalibrovány na větším vývrtu, neboť referenční zkušební těleso je předepsáno 100 mm, u zkoušení kamene je referenční těleso 50 mm, tedy při zachování štíhlosti je možno korelační koeficient považovat za rovný jedné.

Výnosy z jádrového vrtání byly ihned na místě popsány, po převezení do laboratoře byly nejprve nařezány na diamantové pile na nejdelší možné válce pro ultrazvukové měření. Tyto válce byly změřeny a zváženy, s přesností 0,01 mm, respektive 0,01 g. Následně byly válce rozřezány na tělesa s výškou přibližně 50 mm, aby bylo dosaženo potřebného štíhlostního poměru. Tělesa byla v exsikátoru vysušena při 70°C do ustálené hmotnosti. Po vychladnutí byla tělesa s lichým označením změřena a zvážena a zkoušena v tlaku, tělesa se sudým označením byla podrobena procesu nasakování po dobu 48 hodin. Poté byla tělesa znovu zvážena, změřena a zkoušena v tlaku.

U provedených vývrtů byl výnos z jádra v některých případech poškozený, zejména u pískovců. Vzorky odebraných kamenů byly roztříděny do tří základních skupin, pískovec, slepenec a opuka. Kromě kamenů se ve vzorcích objevoval i beton. Opuka je velmi jemnozrnná, tvořená především prachovitými a jílovitými částicemi. Její barva byla šedivě žlutá. Slepence byly s průměrem zrn nad dva milimetry, barvy většinou šedé až šedohnědé. Pískovců se vyskytovalo větší množství druhů, některé mohly být spíš vápenci, než pískovci. Po konzultaci s docentem Pospíšilem z Hornicko-geologické fakulty VŠB v Ostravě byly pískovce zařazeny do několika skupin, na základě orientační typologické analýzy.

	Název horniny	Analyzované vzorky
1	Arkózový pískovec - zelenošedý, psamitický - hrubě zrnitý, silně pórovitý, na malém vzorku všesměrně zrnitý	II/1, II/4, III/2, III/4A, III/6A, III/8A, V/5A
2	Pískovec? Arkózový pískovec? – bílošedý, psamitický – hrubě zrnitý, silně pórovitý, na malém vzorku všesměrně zrnitý	V/1, V/3, V/5B
3	Arkózový pískovec – šedožlutý až světle šedohnědý, psamitický, středně až hrubě zrnitý, silně pórovitý, na malém vzorku všesměrně zrnitý	III/11, V/2; II/5, III/9, V/4; II/2, III/1, V/6
4	Vápnitý pískovec? – světle šedý, psamitický – jemně zrnitý, jemně pórovitý, na malém vzorku všesměrně zrnitý	II/3, II/7, III/4B, III/7B
5	Vápnitý pískovec? – žlutošedý, psamitický – jemně zrnitý, jemně pórovitý, na malém vzorku všesměrně zrnitý	II/6
6	Pískovec – světle šedý, místy světle hnědošedý, psamitický – středně zrnitý, pórovitý, na malém vzorku všesměrně zrnitý s malou příměsí karbonátového tmelu (slabě reaktivní s HCl)	III/3, III/8B
7	Organodetritický vápenec, jemně zrnitý, pórovitý, všesměrný	III/7A

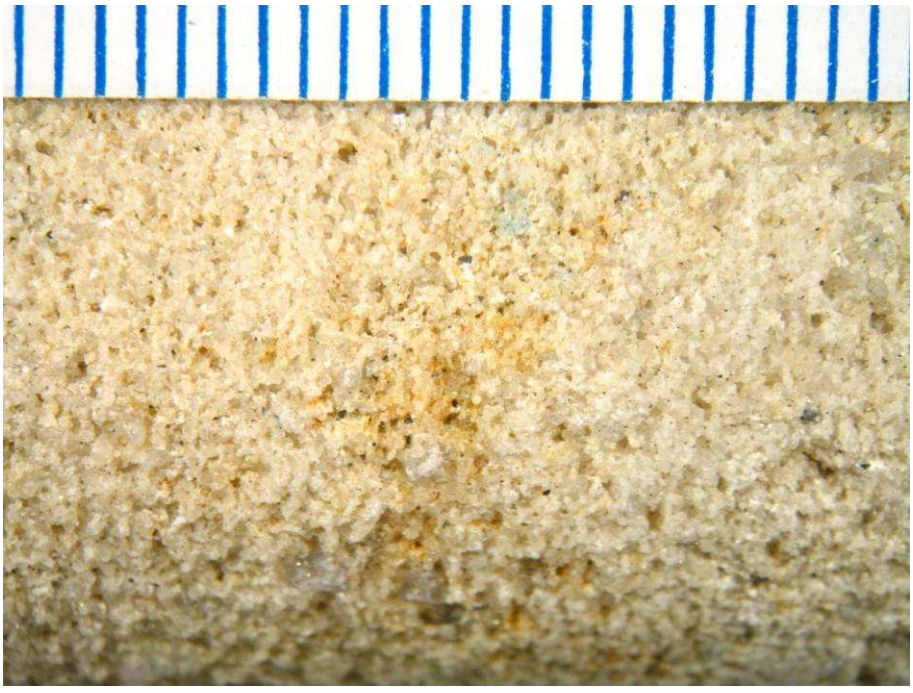
Tab. 4.3.1 Rozdělení pískovců dle doc. Pospíšila



Obr. 4.3.31 Arkózový pískovec, makrosnímek s milimetrovým měřítkem, foto doc. RNDr. Pavel Pospíšil, CSc.



Obr. 4.3.32 Vápnitý pískovec s patrnými subangulárními klasty, pravděpodobně turmalínu, s milimetrovým měřítkem, foto doc. RNDr. Pavel Pospíšil, CSc.



Obr. 4.3.33 Světle hnědý až šedohnědý středně zrnitý pískovec s milimetrovým měřítkem, foto doc. RNDr. Pavel Pospíšil, CSc.



Obr. 4.3.34 Porovnání výnosu jádra, vzorek 1 slepenec, vzorek 2 pískovec



Obr. 4.3.35 Výnos jádra, opuka

Již na základě této orientační analýzy je zřejmé, že v konstrukci je značná materiálová nehomogenita, je proto v rámci přípravy rekonstrukce bude nutné komplexně posoudit stav bloků stavebního kamene z hlediska jejich aktuálního stavu (petrografická analýza včetně zhodnocení stupně zvětrání a jejich dopad na pevnost a modul pružnosti horninové hmoty), predikci vývoje horninové hmoty bloků stavebního kamene v čase včetně zhodnocení vývoje jejich fyzikálních vlastností.[24]

Pro vyhodnocení zkoušek provedených na odebraných vzorcích byl využit postup uvedený v ČSN ISO 13 822 Zásady navrhování konstrukcí-Hodnocení existujících konstrukcí. Pro stanovení vlastností konstrukce je zde uveden postup pro určení charakteristické hodnoty materiálové vlastnosti. Z výsledků zkoušek je nutno stanovit průměr m_x, směrodatnou odchylku s_x a variační koeficient V_x podle vztahů:

$$m_x = \frac{\sum x_i}{n} \qquad s_x^2 = \frac{\sum \left(x_i - m_x\right)^2}{n-1} \qquad V_x = \frac{s_x}{m_x} \tag{4.3.1; 4.3.2; 4.3.3}$$

Za předpokladu normálního rozdělení se pak charakteristická hodnota (dolní 5 % kvantil) stanoví ze vztahu:

$$X_k = m_x\left(1 - k_n V_x\right) \tag{4.3.4}$$

za předpokladu lognormálního rozdělní se charakteristická hodnota X_k stanoví ze vztahu:

$$X_k = m_x \exp\left(-k_n \sqrt{\ln\left(V_x^2 + 1\right)} - 0{,}5 \ln\left(V_x^2 + 1\right)\right) \tag{4.3.5}$$

kde k_n je součinitel 5 % kvantilu, který je uveden v tabulce 4.3.1 v závislosti na počtu odebraných vzorků a pro dva případy variačního koeficientu. Za známý lze variační koeficient V_x považovat pouze v případě, kdy to ukazují dlouhodobé zkušenosti získané za stejných podmínek. Pro mezilehlé hodnoty lze hodnoty stanovit lineární interpolací.

Počet *n*	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_x známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
V_x neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Tab. 4.3.2 Součinitel 5% kvantilu k_n

Na odebraných vzorcích bylo provedeno ultrazvukové měření pomocí přístroje Proceq-TICO (frekvence sond 54 kHz) pro zjištění objemové hmotnosti a dynamického modulu pružnosti, z něhož lze orientačně pomocí empirických vztahů určit i statický modul pružnosti, který je přibližně o 20-50% nižší, než zjištěný dynamický. Výsledky všech ultrazvukových měření jsou uvedeny v příloze č. 2. Souhrnné vyhodnocení výsledků se ukázalo jako nevhodné (viz tabulka 4.3.2) z důvodu velkého rozptylu výsledků v různých materiálech. Proto bylo v tabulkách 4.3.3 až 4.3.6 provedeno vyhodnocení pro jednotlivé typy kamenů. V případě betonových kvádrů nebylo možno provést statistické vyhodnocení, kvůli malému počtu odebraných vzorků.



Obr. 4.3.36 Vzorky pro zkoušky ultrazvukem, klenba II, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.37 Vzorky pro zkoušky ultrazvukem, klenba III, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.38 Vzorky pro zkoušky ultrazvukem, klenba V, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.

Průměr m_x	15,1
Směrodatná odchylka s_x	10,2
Variační koeficient V_x	0,675
Součinitel 5% kvantilu k_n	1,742
Dynamický modul pružnosti E_{dyn}	**-2,7**

Tab. 4.3.3 Souhrnné stat. vyhodnocení dynamických modulů pružnosti, 26 vzorků

Průměr m_x	7,6
Směrodatná odchylka s_x	3,1
Variační koeficient V_x	0,409
Součinitel 5% kvantilu k_n	1,904
Dynamický modul pružnosti E_{dyn}	**1,7**

Tab. 4.3.4 Vyhodnocení dynamického modulu pružnosti pro pískovce, 11 vzorků

Průměr m_x	14,2
Směrodatná odchylka s_x	2,4
Variační koeficient V_x	0,172
Součinitel 5% kvantilu k_n	1,960
Dynamický modul pružnosti E_{dyn}	**9,4**

Tab. 4.3.5 Vyhodnocení dynamického modulu pružnosti pro slepence, 9 vzorků

Průměr m_x	29,3
Směrodatná odchylka s_x	10,2
Variační koeficient V_x	0,349
Součinitel 5% kvantilu k_n	2,330
Dynamický modul pružnosti E_{dyn}	**5,5**

Tab. 4.3.6 Vyhodnocení dynamického modulu pružnosti pro opuky, 5 vzorků

Průměr m_x	34,8
Směrodatná odchylka s_x	0,0
Variační koeficient V_x	0,000
Součinitel 5% kvantilu k_n	-
Dynamický modul pružnosti E_{dyn}	**-**

Tab. 4.3.7 Dynamický modul pružnosti pro betony, příliš nízký počet vzorků (1)

Objemová hmotnost jednotlivých vzorků se od sebe příliš nelišila, pohybovala se od 1677 kg/m^3 do 2361 kg/m^3. Průměrná hodnota je 1915 kg/m^3. Výsledky jednotlivých měření jsou opět v příloze 2.

Po nařezání jednotlivých zkušebních válečků byla zjišťována nasákavost po 48 hodinách. Nasákavost se průměrně pohybovala kolem 9,5%, u pískovců byla vyšší, průměrně 11%, u slepenců 8% a u opuk dosahovala průměrně 9%. Výsledky jednotlivých měření jsou uvedeny v příloze č. 3.



Obr. 4.3.39 Zkušební tělesa pro zkoušení pevnosti v tlaku, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.



Obr. 4.3.40 Zkušební tělesa při zkoušení nasákavosti, foto Ing. Petr Cikrle, Ph.D.

Při vyhodnocování zkoušek tlakové pevnosti se opět jako největší problém ukázal příliš velký rozptyl výsledků. Bohužel při vyhodnocení nebylo účelné ani rozdělení naměřených výsledků podle jednotlivých druhů kamene, protože ani poté nebylo dosaženo použitelných výsledků. Jsou-li zkoušeny vysušené a nasycené vzorky, dochází k velkému rozptylu výsledků, zejména u opuk, kdy při naměřené vlhkosti 15% může pevnost klesnout až o 60% [18]. Jednotlivé výsledky měření jsou v příloze 3. Betonové vzorky bohužel

nelze zařadit do tříd, protože průměr vývrtu je příliš malý. Normové těleso má mít průměr 150 mm, výšku 300 mm. Norma dále připouští místo štíhlosti 2,0 štíhlost menší, až 1,0 a průměr 100, minimálně 50 mm. Existuje vztah pro přepočet těchto těles na normové těleso a dále na krychelnou pevnost, pomocí které se těleso zařadí do tříd. Pro jiné průměry je nutné kalibrační vztah určit pro každý druh betonu zvlášť.

Průměr m_x	16,2
Směrodatná odchylka s_x	16,8
Variační koeficient V_x	1,039
Součinitel 5% kvantilu k_n	1,640
Pevnost f_k	**-11, 4**

Tab. 4.3.8 Charakteristická pevnost (MPa), souhrnné vyhodnocení, 86 vzorků

Průměr m_x	4,5
Směrodatná odchylka s_x	2,9
Variační koeficient V_x	0,662
Součinitel 5% kvantilu k_n	1,640
Pevnost f_k	**-0,4**

Tab. 4.3.9 Charakteristická pevnost (MPa), 38 vzorků pískovců

Průměr m_x	16,9
Směrodatná odchylka s_x	7,7
Variační koeficient V_x	0,454
Součinitel 5% kvantilu k_n	1,730
Pevnost f_k	**3,6**

Tab. 4.3.10 Charakteristická pevnost (MPa), slepence, 30 vzorků

Průměr m_x	38,7
Směrodatná odchylka s_x	9, 1
Variační koeficient V_x	0,235
Součinitel 5% kvantilu k_n	2,630
Pevnost f_k	**14, 8**

Tab. 4.3.11 Charakteristická pevnost (MPa), beton, 4 vzorky

Výsledky zkoušek tlakové pevnosti pro opuku byly kromě souhrnného vyhodnocení rozděleny na vzorky vysušené a nasycené, aby byl patrný rozdíl v pevnostech. Oproti vysušeným vzorkům klesla průměrná pevnost z 54 MPa na 24, tedy o 55,6%.

Průměr m_x	39,1
Směrodatná odchylka s_x	22,6
Variační koeficient V_x	0,576
Součinitel 5% kvantilu k_n	1,856
Pevnost f_k	**-2,7**

Tab. 4.3.12 Charakteristická pevnost (MPa) opuky, souhrnně, 14 vzorků

Průměr m_x	54,2
Směrodatná odchylka s_x	18,2
Variační koeficient V_x	0,335
Součinitel 5% kvantilu k_n	2,090
Pevnost f_k	**16,2**

Tab. 4.3.13 Charakteristická pevnost (MPa) opuky, vysušená tělesa, 7 vzorků

Průměr m_x	24,1
Směrodatná odchylka s_x	15,3
Variační koeficient V_x	0,636
Součinitel 5% kvantilu k_n	2,090
Pevnost f_k	**-7,9**

Tab. 4.3.14 Charakteristická pevnost (MPa) opuky, nasycené, 7 vzorků

Zatřídit zdivo takovýchto vlastností podle novějších norem je velmi problematické, protože ČSN EN 1996-1-1 uvažuje nejnižší hodnotu pevnosti malty 0,4 MPa. Podle vztahu dle profesora Oniščika nelze postupovat, protože při výpočtu charakteristické pevnosti dostaneme záporná čísla, a to i při rozdělení na jednotlivé materiály. Řešením je již neplatná norma ČSN 73 11 01. Při zatřízení dle tabulky 3.5.2 dostaneme při maltě s pevností 0 MPa a stavivu s průměrnou pevností 16 MPa výpočtovou pevnost 4,4 MPa. Je uvažována kvalita kamene III. třídy, přestože pevnostní značka je v tomto případě poloviční. Pokud připustíme možnost lineární interpolace v tabulce, neboť hodnoty sledují lineární trend, dostaneme výpočtovou pevnost zdiva 2,7 MPa.

Rozměry konstrukce jsou uvedeny v příčném a podélném řezu, které byly pro průzkum dány k dispozici. Tyto řezy jsou v příloze č. 4.

4.4 Statický výpočet

Nejefektivnější a nejnázornější výpočet kleneb je grafická metoda. Klenbu lze ověřit i početně, kdy je klenebný pás nahrazen sloupem, počítá se na centrický tlak s využitím koeficientů. V případě grafické metody je pomocí rovnováhy vnitřních a vnějších sil hledána tlaková čára, která by měla co nejvíce kopírovat střednici klenby, maximálně se může odchýlit tak, aby stále ležela v jádru průřezu. Dále je nutno posoudit podmínky rovnováhy klenby ve vyšetřovaných průřezech. Je to podmínka rovnováhy vzhledem k pootočení, kdy nesmí tlakové centrum vystoupit z průřezu, podmínka rovnováhy vzhledem k posunutí, kdy úhel mezi výslednicí a kolmicí na spáru nesmí být větší než úhel tření φ a podmínka bezpečné pevnosti, kdy v žádné části průřezu nesmí být překročena pevnost materiálu v tlaku.

Výpočet tlakové čáry byl proveden pro vlastní tíhu, pro zjednodušení pouze pro využití prázdného vlaku, bez sestavy zatížení, např. modelu 71. Rozměrově byla uvažována střední klenba, tedy číslo III a IV, protože je vedena nad největším rozpětí, tedy i namáhání je největší. Průběh tlakové čáry je znázorněn v příloze č. 5. Z obrázku je patrné, že je splněna podmínka rovnováhy proti pootočení, neboť tlaková čára nevystupuje ven z průřezu, i podmínka vzhledem k posunutí, kdy kolmice na spáru a výslednice R svírají úhel menší než 22,5°. Dále je nutné ověřit podmínku bezpečné pevnosti. Toto ověření je nutno provést v patě, ve vrcholu a poté případně v místě, kde je největší excentricita střednice a tlakové čáry, pokud tímto místem nejsou právě vrchol a pata. Podle obrázku v příloze 5 není nikde excentricita větší, proto stačí posudky dva.

4.4.1 Vykreslení tlakové čáry

Pro vykreslení tlakové čáry bylo nutné určit jádro průřezu, tedy jeho vnitřní třetinu. Dále bylo nutné určit zatížení, a to zatížení od vlastní tíhy, od tíhy kolejiště, násypu a z nahodilých zatížení zatížení vlivem dopravy. Z těchto zatížení a podmínky rovnováhy sil byla určena horizontální síla a pomocí této podporová reakce.

vlastní tíha

šířka proužku	285 mm =	0,285	m
tloušťka klenby		1,040	m
zatěžovací šířka		1,000	m
objemová tíha		19,150	kN/m^3
výška klenby h		1,250	m

síla od vlastní tíhy	$F_k=\gamma.b.t.d$	5,676	kN
návrhová hodnota F_d	$F_d=\gamma_f.F_k$	**7,663**	kN

kolejiště

šířka proužku	285 mm =	0,285	m
tloušťka klenby		1,040	m
zatěžovací šířka		1,000	m
délková tíha		6,500	kN/m
výška klenby h		1,250	m
síla od kolejiště	$F_k=\gamma.b=$	1,853	kN
návrhová hodnota F_d	$F_d=\gamma_f.F_k$	**2,501**	kN

násyp

šířka proužku	285 mm =	0,285	m
tloušťka klenby		1,040	m
zatěžovací šířka		1,000	m
objemová tíha		16,000	kN/m^3

plochy nad jednotlivými proužky odečítány v programu AutoCAD: $F_{d,n}= \gamma.1,35.A_n$

$A_1=$	0,000	m^3	$F_{d,1}=$	0,000	kN	$x_1=$	2,700	m
$A_2=$	0,006	m^3	$F_{d,2}=$	0,130	kN	$x_2=$	2,400	m
$A_3=$	0,015	m^3	$F_{d,3}=$	0,324	kN	$x_3=$	2,100	m
$A_4=$	0,030	m^3	$F_{d,4}=$	0,648	kN	$x_4=$	1,850	m
$A_5=$	0,049	m^3	$F_{d,5}=$	1,058	kN	$x_5=$	1,560	m
$A_6=$	0,074	m^3	$F_{d,6}=$	1,598	kN	$x_6=$	1,300	m
$A_7=$	0,102	m^3	$F_{d,7}=$	2,203	kN	$x_7=$	1,000	m
$A_8=$	0,136	m^3	$F_{d,8}=$	2,938	kN	$x_8=$	0,700	m
$A_9=$	0,177	m^3	$F_{d,9}=$	3,823	kN	$x_9=$	0,430	m
$A_{10}=$	0,227	m^3	$F_{d,10}=$	4,903	kN	$x_{10}=$	0,140	m

doprava

šířka proužku	285 mm =	0,285	m
tloušťka klenby		1,040	m
zatěžovací šířka		1,000	m
prázdný vlak F_k		10,000	kN/m
výška klenby h		1,250	m

dynamický součinitel	$\Phi=2,16/(L^{0,5}-0,2)+0,73=$	2,181	<2,0=>	$\Phi=$ 2,0
návrhová hodnota F_d	$F_d=\gamma_f.\Phi.F_k.b=$	**8,55**	kN	

výsledné síly

$\sum F_1=$	18,714	kN
$\sum F_2=$	18,843	kN
$\sum F_3=$	19,038	kN
$\sum F_4=$	19,362	kN
$\sum F_5=$	19,772	kN
$\sum F_6=$	20,312	kN
$\sum F_7=$	20,917	kN
$\sum F_8=$	21,651	kN
$\sum F_9=$	22,537	kN
$\sum F_{10}=$	23,617	kN

horizontální síla

$\mathbf{H=\sum(\sum F_i.x_i)/h=}$ **222,294** kN

reakce

$\mathbf{R_a=(H^2+\sum F_i^2)^{0,5}=}$ **302,228** kN

4.4.2 Posouzení podmínky bezpečné pevnosti

Posouzení bezpečnosti bylo provedeno ve dvou průřezech, v patě a ve vrcholu. Pro posouzení bylo použito zásad ČSN EN 1996-1-1, pouze návrhová pevnost zdiva byla určena podle starší neplatné normy, ČSN 73 11 01.

pata

návrhová pevnost zdiva	2,7	MPa
šířka proužku	0,285	m
tloušťka klenby	1,040	m
zatěžovací šířka	1,000	m

výška klenby h	1,250	m
délka oblouku (po celé L)	6,050	m

$N_{Ed}=R_a=$ 302,228 kN

$e_i=h_{ef}/450=$ 13,444 mm <7mm

$\Phi_i=1-2.e_i/t=$ 0,974

$N_{Rd}=\Phi_i.A.f_d=$ 2735,400 kN

$N_{Ed}<N_{Rd}$

302,228 < 2735,400 => vyhoví

Pro posouzení ve vrcholu je nutno znát poměr charakteristické pevnosti a statického modulu pružnosti. Bohužel, korektně není známa ani hodnota charakteristické pevnosti (norma ČSN 73 11 01 s touto hodnotou nepracuje) ani statického modulu, který se souhrnně nepodařilo vyhodnotit. Pokud budeme uvažovat pouze průměrné hodnoty za směrodatné, pak modul pružnosti odpovídá přibližně sedmisetnásobku charakteristické pevnosti, kdy pro tento případ jsou uvedeny v ČSN EN 1996-1-1 příslušné vztahy pro výpočet únosnosti.

vrchol

návrhová pevnost zdiva	2,7	MPa
šířka proužku	0,285	m
tloušťka klenby	1,040	m
zatěžovací šířka	1,000	m
výška klenby h	1,250	m
délka oblouku (po celé L)	6,050	m

$N_{Ed}=H=$ 222,294 kN

$e_m=h_{ef}/450=$ 13,444 mm >7mm

$A_1=1-2.e_m/t=$ 0,974

$u=(h_{ef}/t_{ef}-1,67)/(19,3-31.e_m/t)=$ -0,003

$\Phi_m=A_1.e^{-(u^2/2)}=$ 0,974

$N_{Rd}=\Phi_m.A.f_d=$ 2735,395 kN

$N_{Ed} < N_{Rd}$

222,294 < 2735,395 => vyhoví

Klenba i v podmínce bezpečnosti vyhověla, i přes velmi malou návrhovou pevnost materiálu. To je způsobeno zejména uvažovanou velkou masivností klenby, kdy byla uvažována klenba v celém objemu až ke kolejovému loži. Zda tomu tak je i ve skutečnosti by bylo třeba pro správné posouzení ověřit.

5. Závěr

Cílem diplomové práce měla být prohlídka, průzkum a ověření klenby viaduktu Křenová. Tyto cíle byly bezezbytku naplněny. Prohlídka objektu odhalila několik problémů, na které se následně zaměřil i diagnostický průzkum. Ten byl zaměřen zejména na klenebnou část mostu, protože ta vykazovala největší množství poruch. Opěry sice vykazují známky zatékání vody, ale vzhledem ke stáří konstrukce byly tyto poruchy očekávány a oprava izolace by měla být u takovýchto konstrukcí při rekonstrukci či modernizaci zcela automaticky předpokládána.

Větším problémem se ukázal statický výpočet klenby. Materiály klenby jsou natolik rozmanité s velkým rozptylem výsledků, že i přes velké množství dat je nelze zahrnout do jediného statistického souboru. Poté vyvstává problém, jakým způsobem vyjádřit výslednou pevnost celé klenby. Možným řešením by bylo modelování klenby v některém z výpočetních programů pomocí tzv. bricků, kdy je každému dílu přidělená jiná pevnost. Výpočet tohoto typu je ovšem velmi náročný a pravděpodobně bude vykazovat velké nároky na výpočetní techniku. K takovému typu výpočtu by bylo ovšem třeba získat mnohem větší množství dat, nejlépe pomocí petrografických rozborů přesné rozložení a procentuelní zastoupení jednotlivých kamenů, aby byl model opravdu přesný.

Z těchto důvodů bylo do statického výpočtu zahrnuto velké množství zjednodušujících předpokladů, včetně využití již neplatné normy ČSN 73 11 01. Přestože výsledky statického ověření vypadají optimisticky, jsou jen velmi přibližné. Pro jejich zpřesnění je třeba v první řadě nutné zjistit skutečnou tloušťku klenby (ve výpočtu uvažována 1,04 m, ale může být mnohem méně). Zároveň je třeba ověřit spolupůsobení vsazených plomb, které bylo taktéž uvažováno jako plné, ale je zde možnost, že nijak staticky nepůsobí.

Pravděpodobně nejjednodušším způsobem ověření únosnosti a spolehlivosti konstrukce je zatěžovací zkouška. Ovšem i plánování této zkoušky by mohlo být obtížné, neboť dostupné vstupní parametry mohou být nespolehlivé a zkouška riziková.

Po zhodnocení konstrukce se jako nejaktuálnější problém jeví vydrolování kusů kamene na komunikaci pod viaduktem. Tyto kameny by bylo třeba zajistit. Některé již zajišťovány byly, pomocí výztuží Helifix. Zajistit takto celý viadukt by mohlo být příliš nákladné, efektivnější by bylo jejich zachycení betonovou obezdívkou s kari sítěmi. Zde je ovšem nutné dbát správného provedení, aby obezdívka působila opravdu příznivě, jinak by

mohla způsobovat naopak přitížení konstrukce, vyvolávat tahy a vypadávání kamenů podpořit.

S případnou rekonstrukcí daného viaduktu bude spojeno velké množství problémů- jedná se o hlavní železniční trať ve směru na Prahu, pod viaduktem je převáděno velké množství tramvajových linek, kdy tato trať je jedinou spojnicí tramvají z jihovýchodních částí Brna s centrem.

6. Použitá literatura

[1] ONIŠČIK, L.I. *Issledovanija po kamennym konstrukcijam*. Moskva, 1957, 300 s.

[2] LIPANSKÁ, Eduarda. *Historické klenby*. 1. vyd. Praha: EL Consult, 1998.

[3] KREJČIŘÍK, Mojmír. *Česká nádraží*: *architektura a stavební vývoj I.díl*. 1.vyd. Litoměřice: Vydavatelství dopravní literatury, 2003, 162 s.

[4] KREJČIŘÍK, Mojmír. *Česká nádraží*: *architektura a stavební vývoj II.díl*. 1.vyd. Litoměřice: Vydavatelství dopravní literatury, 2005, 306 s.

[5] ADÁMEK, J., L. HOBST, P. CIKRLE a P. SCHMID. *Diagnostika stavebních konstrukcí*. Studijní opora, VUT FAST Brno, 2005.

[6] BAŽANT, Z., L. KLUSÁČEK. *Statika při rekonstrukcích objektů*: *Skriptum VUT v Brně FAST*. Brno: CERM, 2002.

[7] JENEŠ, R., B. PODROUŽKOVÁ. *Zděné konstrukce*: *Základy navrhování*. Studijní opora, VUT FAST Brno, 2005.

[8] KARMAZÍNOVÁ, M., K. SÝKORA a M. ŠMAK. *Konstrukce a dopravní stavby*: *Konstrukce– základní typy konstrukcí, konstrukční řešení staveb, mosty*. Studijní opora, VUT FAST Brno.

[9] KOŠATKA, P. *Příklady navrhování zděných konstrukcí 1*. V Praze: České vysoké učení technické, 2008, 116 s.

[10] ČD S5 *Správa mostních objektů: Republikovaný předpis*. Platnost od 1.6.1996.

[11] TP 72 *Diagnostický průzkum mostů pozemních komunikací*. Platnost od 1.4.2009.

[12] ČSN 73 6221 *Prohlídky mostů pozemních komunikací*. Platnost od 3/2011.

[13] ČSN 73 6213 *Navrhování zděných mostních konstrukcí*. Platnost od 1/1995.

[14] ČSN ISO 13 822 *Zásady navrhování konstrukcí-Hodnocení existujících konstrukcí.* Platnost od 8/2005.

[15] ČSN EN 1996-1-1 *Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí-Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce.* Platnost od 5/2007.

[16] ČSN 73 1101 *Navrhování zděných konstrukcí.* Platnost od 9/1981. Platnost ukončena 3/2010.

[17] WALTER, V. *Staré mapy Moravy a města Brna*. [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: http://vilemwalter.cz/mapy/.

[18] *Stavebnictví: Poruchy a opravy*. [online]. [cit. 2011-11-23]. Dostupné z: http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/poruchy-a-opravy/komplexni-systemova-sanace-opukoveho-zdiva-pod-urovni-terenu-1842.html .

[19] *Wikipedie*. [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Rakouská_společnost_státní_dráhy .

[20] *Brno- hlavní vlakové nádraží*. [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: http://mojebrno.wz.cz/inka--brno-ulice-nadrazni.html .

[21] *Foto.mapy.cz*. [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: http://foto.mapy.cz/135947-Zaplaveny-viadukt-Brno .

[22] *Encyklopedie dějin města Brna*. [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: http://encyklopedie.brna.cz/home-mmb/?acc=profil_udalosti&load=2966 .

[23] *Mosty.cz*. [online]. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: http://www.mosty.cz/index.asp?module=ActiveWeb&page=WebPage&s=mosty-7-clanek4

[24] POSPÍŠIL, P. *Orientační typologická analýza*, 2011

7. Seznam symbolů

A..... součinitel závislý na pevnosti zdících prvků

A..... zatížená plocha

A_i..... plocha násypu nad i-tým proužkem

A_1 ..... součinitel vlivu výstřednosti

a..... součinitel dle Ing. Košatky, CSc.

b ..... součinitel dle Ing. Košatky, CSc.

E_{dyn} ..... dynamický modul pružnosti materiálu

e_i ..... počáteční výstřednost

e_m..... výstřednost od zatížení

F_d ..... síla působící na proužek, návrhová hodnota

F_k ..... síla působící na proužek, charakteristická hodnota

f_b ..... pevnost zdících prvků

f_k ..... pevnost zdiva, charakteristická hodnota

f_m ..... pevnost malty

H..... horizontální síla

h ..... výška klenby

h_{ef} ..... účinná výška klenby

K..... konstanta závislá na druhu zdících prvků a druhu malty

k ..... součinitel dle Ing. Košatky, CSc.

k_n ..... součinitel 5% kvantilu

L ..... délka střednice klenby

m_x ..... střední hodnota statistického souboru

N_{Ed}..... působící tlaková síla, návrhová hodnota

N_{Rd} ..... odolnost proti tlakové síle, návrhová hodnota

n ..... součinitel dle Ing. Košatky, CSc.

R_a..... podporová reakce

s_x..... směrodatná odchylka statistického souboru

t ..... tloušťka klenby

t_{ef} ..... efektivní tloušťka klenby

u ..... součinitel zahrnující vliv výstřednosti zatížení a štíhlosti stěny

V_x ..... variační koeficient

X_k ..... materiálová vlastnost, charakteristická hodnota

x_i..... rameno i-té působící síly

α ..... exponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty

β ..... exponent závislý na druhu malty

γ..... objemová tíha materiálu

γ_f..... dílčí součinitel zatížení

Φ..... dynamický součinitel

Φ_i..... zmenšovací součinitel na horním a dolním okraji stěny

Φ_m ..... zmenšovací součinitel uprostřed stěny

8. Seznam příloh

Příloha č.1 ..... Panoramatické velkoformátové fotografie kleneb

Příloha č.2 ..... Ultrazvukové měření

Příloha č.3 ..... Zkoušky pevnosti v tlaku

Příloha č.4 ..... Podélný a příčný řezy viaduktem

Příloha č.5 ..... Tlaková čára klenby

Příloha č.1

Velkoformátové fotografie klenebných pásů, vyznačena místa odběru vzorků.

Příloha č.2

Výsledky ultrazvukových měření odebraných vzorků.

Klenba II

Vzorek	Délka(mm)	Průměr(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	Čas(ms)	v(m/s)	E(GPa)
1-1;1-2	72,43	24,36			26,60		
slepenec	72,20	24,39			26,70		
	72,37	24,59			26,60		
	72,33	24,45	72,03	2120	26,63	2720	15,65
3-2;3-3	126,76	24,64			30,80		
opuka	126,84	24,48			30,60		
	126,59	24,52			30,60		
	126,73	24,55	124,63	2080	30,67	4130	35,49
3-4	85,31	24,67			23,70		
opuka	85,53	24,65			23,40		
	85,46	24,51			23,60		
	85,43	24,61	80,30	1980	23,57	3630	25,97
4-1;4-2	115,08	24,50			43,70		
slepenec	114,77	24,56			44,30		
	114,86	24,58			43,80		
	114,90	24,55	118,01	2170	43,93	2620	14,85
4-3;4-4	110,16	24,57			42,10		
slepenec	109,65	24,70			42,00		
	109,90	24,67			42,20		
	109,90	24,65	112,74	2150	42,10	2610	14,65
5-1;5-2	105,80	24,26			52,60		
pískovec	105,77	24,06			52,60		
	105,76	23,87			51,90		
	105,78	24,06	82,95	1720	52,37	2020	7,04
6-1;6-2	77,36	24,48			22,70		
opuka	77,41	24,13			23,40		
	77,40	24,23			23,10		
	77,39	24,28	69,35	1940	23,07	3360	21,79
7-2;7-3	84,21	24,61			18,90		
opuka	83,82	24,65			19,10		
	84,09	24,32			19,20		
	84,04	24,53	93,77	2360	19,07	4410	45,88
7-4;7-5	78,47	24,27			26,40		
opuka	78,54	24,40			25,30		
	78,59	24,36			25,20		
	78,53	24,34	67,75	1850	25,63	3060	17,40
8-3;8-4	90,87	23,19			54,10		
pískovec	90,79	22,97			54,60		
	90,76	22,28			55,40		
	90,81	22,81	62,26	1680	54,70	1660	4,62
9-3;9-4	97,31	23,97			24,60		
beton	97,24	24,10			24,10		
	97,09	23,70			23,70		
	97,21	23,92	93,66	2140	24,13	4030	34,78

Klenba III

Vzorek	Délka(mm)	Průměr(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	Čas(ms)	v(m/s)	E(GPa)
1-3;1-4	102,53	23,63			57,60		
světlý	102,52	23,19			58,10		
pískovec	102,87	23,69			57,20		
	102,64	23,50	78,80	1770	57,63	1780	5,61
3-3;3-4	110,85	24,48			38,10		
slepenec	110,92	24,34			37,40		
	111,18	24,45			37,50		
	110,98	24,42	99,20	1910	37,67	2950	16,56
3-1;3-2	115,17	24,48			38,70		
slepenec	115,42	24,40			38,90		
	115,23	24,56			38,70		
	115,27	24,48	102,78	1890	38,77	2970	16,75
4-2;4-3	66,78	24,39			25,70		
slepenec	66,52	24,45			26,20		
	66,39	24,24			26,30		
	66,56	24,36	66,78	2150	26,07	2550	14,04
6-1;6-2	124,40	24,25			60,70		
slepenec	124,25	24,38			60,80		
	124,30	24,57			60,50		
	124,32	24,40	117,95	2030	60,67	2050	8,52
8-1;8-2	89,58	24,21			35,50		
slepenec	89,94	24,36			35,40		
	89,85	23,64			35,40		
	89,79	24,07	74,36	1820	35,43	2530	11,69
9-2;9-3	77,90	23,70			41,80		
pískovec	77,76	22,55			43,00		
	77,87	24,23			42,50		
	77,84	23,49	58,49	1730	42,43	1830	5,83
11-1;11-2	79,73	23,40			35,20		
pískovec	79,82	23,39			35,60		
	79,80	23,42			35,60		
	79,78	23,40	62,41	1820	35,47	2250	9,20
11-4	91,15	19,46			39,90		
pískovec	91,24	22,81			39,60		
	91,16	22,53			39,60		
	91,18	21,60	58,26	1740	39,70	2300	9,20

Klenba V

Vzorek	Délka(mm)	Průměr(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	Čas(ms)	v(m/s)	E(GPa)
11-3	50,13	24,49			18,10		
slepenec	49,85	24,31			17,40		
	50,16	24,51			17,50		
	50,05	24,44	42,91	1830	17,67	2830	14,67
12-1;12-2	82,00	23,02			52,60		
pískovec	82,33	22,68			51,30		
	82,19	23,10			53,40		
	82,17	22,93	56,97	1680	52,43	1570	4,12
12-4	72,01	23,64			45,30		
pískovec	72,09	23,42			45,70		
	72,13	23,63			45,70		
	72,08	23,56	54,05	1720	45,57	1580	4,30
13-1	66,31	24,53			25,50		
pískovec	66,25	24,63			26,10		
	66,35	24,46			25,70		
	66,30	24,54	57,16	1820	25,77	2570	12,07
13-4	70,12	24,40			26,10		
pískovec	69,93	24,52			25,70		
	69,82	24,26			25,80		
	69,96	24,39	63,03	1930	25,87	2700	14,10
16-2	65,02	23,93			31,10		
pískovec	65,19	24,49			31,00		
	65,14	24,44			30,90		
	65,12	24,29	52,75	1750	31,00	2100	7,72

Příloha č.3

Výsledky zkoušek tlakové pevnosti.

Klenba II

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
1-1 slepenec	26,09	24,42						
	26,18	24,45						
	26,11	24,41						
	26,13	24,43	26,22	2140	-	15,20	32,44	-
1-2 slepenec	26,14	24,18						
	26,00	24,34						
	26,01	24,03						
	26,05	24,18	25,43	2130	26,94	11,90	25,91	5,94
1-3 slepenec	26,24	24,28						
	26,26	24,23						
	26,27	24,23						
	26,26	24,25	25,52	2100	-	12,00	25,99	-
1-4 slepenec	26,11	24,54						
	26,15	24,59						
	26,09	24,38						
	26,12	24,50	25,89	2100	27,39	6,50	13,78	5,79
2-1 světlý pískovec	25,54	23,92						
	25,61	23,56						
	25,60	23,77						
	25,58	23,75	17,59	1550	-	1,20	2,71	-
2-2 světlý pískovec	25,79	23,12						
	25,89	22,90						
	25,81	23,01						
	25,83	23,01	16,69	1550	19,36	0,70	1,68	16,00
3-1 opuka	26,86	24,53						
	26,59	24,38						
	26,62	24,47						
	26,69	24,46	24,48	1950	-	12,50	26,60	-
3-2 opuka	26,22	24,41						
	26,43	24,53						
	26,29	24,59						
	26,31	24,51	26,96	2170	28,53	28,70	60,83	5,82
3-3 opuka	26,32	24,66						
	26,35	24,60						
	26,29	24,53						
	26,32	24,60	25,45	2030	-	31,80	66,92	-
3-4 opuka	26,23	24,41						
	26,19	24,59						
	26,41	24,50						
	26,28	24,50	24,72	2000	27,17	11,40	24,18	9,91

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
3-5	26,31	24,56						
opuka	26,38	24,57						
	26,51	24,52						
	26,40	24,55	25,22	2020	-	24,00	50,70	-
3-6	26,17	24,68						
opuka	26,16	24,65						
	26,01	24,65						
	26,11	24,66	23,84	1900	26,53	7,20	15,07	11,28
4-1	26,19	24,71						
slepenec	26,18	24,62						
	26,15	24,59						
	26,17	24,64	26,63	2130	-	15,10	31,67	-
4-2	25,98	24,62						
slepenec	26,25	24,47						
	26,07	24,61						
	26,10	24,57	26,57	2150	28,02	12,40	26,16	5,46
4-3	25,96	24,60						
slepenec	26,02	24,48						
	25,95	24,53						
	25,98	24,54	26,42	2150	-	12,00	25,38	-
4-4	26,31	24,39						
slepenec	26,22	24,48						
	26,29	24,51						
	26,27	24,46	26,73	2170	28,13	7,50	15,96	5,24
5-1	26,22	23,98						
pískovec	26,36	23,25						
	26,28	24,23						
	26,29	23,82	21,38	1830	-	-	-	-
5-2	25,99	24,32						
pískovec	25,83	24,38						
	25,85	24,18						
	25,89	24,29	21,17	1760	23,37	4,00	8,63	10,39
5-3	25,76	22,85						
pískovec	25,87	22,44						
	25,64	22,91						
	25,76	22,73	17,18	1640	-	1,10	2,71	-
5-4	26,17	23,04						
pískovec	26,18	23,37						
	26,29	23,63						
	26,21	23,35	18,49	1650	20,85	1,70	3,97	12,76
6-1	26,12	24,30						
opuka	26,16	24,26						
	26,32	24,10						
	26,20	24,22	23,90	1980	-	23,20	50,36	-

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
6-2	26,25	24,37						
opuka	26,39	24,28						
	26,45	24,01						
	26,36	24,22	23,12	1900	25,96	7,00	15,19	12,28
7-1	26,37	24,55						
opuka	26,25	24,50						
	26,28	24,68						
	26,30	24,58	31,22	2500	-	33,40	70,41	-
7-2	26,13	24,41						
opuka	26,31	24,46						
	26,21	24,53						
	26,22	24,47	29,69	2410	30,59	8,30	17,65	3,03
7-3	26,28	24,67						
opuka	26,18	24,50						
	26,44	24,54						
	26,30	24,57	27,54	2210	-	16,10	33,96	-
7-4	26,33	24,44						
opuka	26,11	24,31						
	26,21	24,36						
	26,22	24,37	23,31	1910	25,80	7,10	15,22	10,68
7-5	26,25	23,92						
opuka	26,10	24,12						
	26,07	23,02						
	26,14	23,69	21,93	1900	-	35,40	80,34	-
7-6	25,99	24,63						
opuka	26,07	24,61						
	26,27	24,52						
	26,11	24,59	23,93	1930	26,33	9,70	20,43	10,03
8-1	26,05	24,08						
pískovec	26,23	24,14						
	26,21	23,93						
	26,16	24,05	19,61	1650	-	0,90	1,98	-
8-2	25,45	24,18						
pískovec	25,57	24,40						
	25,51	24,36						
	25,51	24,31	19,21	1620	21,60	1,20	2,58	12,44
8-3	26,02	22,54						
pískovec	25,98	23,18						
	25,88	23,07						
	25,96	22,93	16,90	1580	-	0,60	1,45	-
8-4	26,03	23,23						
pískovec	26,10	23,37						
	26,22	23,46						
	26,12	23,35	17,80	1590	20,14	0,60	1,40	13,15

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
9-1	25,98	24,34						
beton	25,90	24,49						
	26,33	24,55						
	26,07	24,46	24,46	2000	-	10,90	23,20	-
9-2	26,22	24,27						
beton	26,11	24,29						
	26,54	24,55						
	26,29	24,37	25,67	2090	-	21,30	45,66	-
9-3	26,28	24,41						
beton	26,13	24,41						
	26,26	24,44						
	26,22	24,42	26,20	2130	-	20,90	44,62	-
9-4	26,88	23,87						
beton	26,97	24,25						
	26,91	24,32						
	26,92	24,15	25,39	2060	-	18,90	41,27	-

Klenba III

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
1-1 světlý pískovec	25,65	23,23						
	25,64	23,38						
	25,63	23,71						
	25,64	23,44	18,60	1680	-	1,10	2,55	-
1-2 světlý pískovec	25,85	22,07						
	25,91	22,17						
	25,90	22,61						
	25,89	22,28	16,97	1680	19,13	0,60	1,54	12,73
1-3 světlý pískovec	25,62	23,51						
	25,45	23,61						
	25,43	23,35						
	25,50	23,49	19,12	1730	-	1,30	3,00	-
1-4 světlý pískovec	25,62	23,89						
	25,67	23,79						
	25,70	23,77						
	25,66	23,82	19,32	1690	21,77	1,10	2,47	12,68
2-1 slepenec	25,82	24,57						
	25,70	24,38						
	25,72	24,40						
	25,75	24,45	24,85	2060	-	7,00	14,91	-
2-2 slepenec	25,97	24,61						
	25,83	24,20						
	25,81	24,26						
	25,87	24,36	24,39	2020	25,93	7,40	15,88	6,31
2-3 slepenec	25,77	24,31						
	25,73	24,44						
	25,84	24,45						
	25,78	24,40	25,55	2120	-	11,60	24,81	-
2-4 slepenec	25,76	24,66						
	25,87	24,54						
	25,72	24,49						
	25,78	24,56	26,00	2130	27,53	7,90	16,67	5,88
3-1 slepenec	25,87	24,47						
	25,83	24,30						
	25,85	24,39						
	25,85	24,39	22,87	1890	-	8,50	18,20	-
3-2 slepenec	25,96	24,40						
	25,95	24,58						
	25,97	24,45						
	25,96	24,48	23,22	1900	25,55	8,00	17,00	10,03

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
3-3	25,69	24,36						
slepenec	25,75	24,32						
	25,79	24,34						
	25,74	24,34	22,92	1910	-	9,50	20,42	-
3-4	25,76	24,36						
slepenec	25,85	24,46						
	25,93	24,41						
	25,85	24,41	22,82	1890	25,12	6,00	12,82	10,08
4-1	25,99	24,47						
slepenec	26,00	24,42						
	25,86	24,48						
	25,95	24,46	25,88	2120	-	12,60	26,82	-
4-2	26,50	24,44						
slepenec	26,45	24,22						
	26,49	24,49						
	26,48	24,38	26,48	2140	27,89	8,50	18,20	5,32
4-3	26,49	24,57						
slepenec	26,31	24,42						
	26,47	24,39						
	26,42	24,46	26,31	2120	-	7,40	15,75	-
6-1	26,23	24,47						
slepenec	26,13	24,40						
	26,18	24,24						
	26,18	24,37	24,57	2010	-	9,90	21,22	-
6-2	26,26	24,49						
slepenec	26,23	24,27						
	26,25	24,46						
	26,25	24,41	24,78	2020	26,41	8,20	17,53	6,58
7-1	26,13	24,56						
slepenec	25,91	24,47						
	25,85	24,57						
	25,96	24,53	19,99	1630	-	4,00	8,46	-
7-2	25,90	24,29						
slepenec	25,88	24,54						
	25,83	24,45						
	25,87	24,43	20,14	1660	23,51	2,90	6,19	16,73
7-3	26,31	24,20						
slepenec	26,12	24,51						
	26,14	24,61						
	26,19	24,44	20,22	1650	-	4,40	9,38	-
8-1	26,33	24,26						
slepenec	26,46	24,25						
	26,40	24,31						
	26,40	24,27	21,88	1790	-	4,20	9,08	-

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
8-2 slepenec	26,04	24,14						
	26,25	24,29						
	26,10	24,20						
	26,13	24,21	21,45	1780	23,83	4,10	8,91	11,10
9-1 pískovec	26,34	24,35						
	26,15	23,98						
	26,33	23,72						
	26,27	24,02	20,57	1730	-	3,20	7,06	-
9-2 pískovec	26,13	23,41						
	26,11	23,52						
	26,06	23,09						
	26,10	23,34	18,72	1680	21,05	0,80	1,87	12,45
9-3 pískovec	25,99	24,05						
	25,87	24,11						
	25,95	24,49						
	25,94	24,22	19,90	1670	-	1,00	2,17	-
9-4 pískovec	25,92	23,09						
	25,85	22,61						
	25,88	23,07						
	25,88	22,92	17,51	1640	19,39	1,10	2,67	10,74
11-1 pískovec	26,09	23,75						
	26,11	23,62						
	26,17	23,46						
	26,12	23,61	20,23	1770	-	1,30	2,97	-
11-2 pískovec	25,59	22,91						
	25,54	23,41						
	25,55	23,37						
	25,56	23,23	19,42	1790	21,02	1,20	2,83	8,24

Klenba V

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
11-1 slepenec	26,24	24,55						
	26,28	24,60						
	26,21	24,62						
	26,24	24,59	22,82	1830	-	4,80	10,11	-
11-2 slepenec	26,97	24,38						
	27,09	23,80						
	26,94	23,78						
	27,00	23,99	21,86	1790	24,06	2,80	6,20	10,06
11-3 slepenec	26,37	24,39						
	26,40	24,32						
	26,46	24,45						
	26,41	24,39	22,37	1810	-	2,30	4,92	-
11-4 slepenec	26,95	24,40						
	26,88	24,39						
	26,79	24,59						
	26,87	24,46	22,57	1790	24,61	3,50	7,45	9,04
12-1 pískovec	25,85	22,12						
	26,03	23,17						
	26,04	22,09						
	25,97	22,46	17,01	1650	-	0,90	2,27	-
12-2 pískovec	26,28	23,03						
	26,35	23,15						
	26,34	22,81						
	26,32	23,00	18,33	1680	20,35	0,50	1,20	11,02
12-3 pískovec	26,80	23,72						
	26,68	23,97						
	26,66	24,02						
	26,71	23,90	20,31	1690	-	1,30	2,90	-
12-4 pískovec	26,68	23,86						
	26,83	23,62						
	26,82	23,43						
	26,78	23,64	19,87	1690	22,12	0,90	2,05	11,32
13-1 pískovec	27,33	24,55						
	27,35	24,47						
	27,27	24,27						
	27,32	24,43	23,60	1840	-	3,20	6,83	-
13-2 pískovec	27,09	24,58						
	27,05	24,47						
	27,06	24,27						
	27,07	24,44	23,80	1870	26,08	5,60	11,94	9,58

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
13-3	26,59	24,63						
pískovec	26,60	24,41						
	26,71	24,54						
	26,63	24,53	23,72	1890	-	3,20	6,77	-
13-4	26,93	24,13						
pískovec	26,89	24,52						
	26,93	24,62						
	26,92	24,42	24,08	1910	26,26	5,40	11,53	9,05
14-1	26,81	24,35						
pískovec	26,88	24,43						
	26,91	24,50						
	26,87	24,43	23,22	1840	-	3,10	6,62	-
14-2	26,42	24,27						
pískovec	26,45	24,50						
	26,32	24,52						
	26,40	24,43	22,16	1790	24,72	4,00	8,53	11,55
14-3	26,56	24,25						
pískovec	26,57	24,55						
	26,60	24,46						
	26,58	24,42	22,28	1790	-	2,50	5,34	-
14-4	26,76	24,32						
pískovec	26,77	24,57						
	26,74	24,61						
	26,76	24,50	22,99	1820	25,11	2,90	6,15	9,22
15-1	26,40	22,73						
pískovec	26,35	22,36						
	26,12	22,57						
	26,29	22,55	18,11	1720	-	1,50	3,75	-
15-2	26,56	24,00						
pískovec	26,53	23,87						
	26,51	24,18						
	26,53	24,02	21,67	1800	23,57	2,80	6,18	8,77
16-1	26,64	24,69						
pískovec	26,55	24,63						
	26,71	24,46						
	26,63	24,59	22,03	1740	-	4,20	8,84	-
16-2	27,10	24,50						
pískovec	27,17	24,27						
	27,15	24,46						
	27,14	24,41	21,17	1670	23,64	2,10	4,49	11,67
16-3	26,60	24,33						
pískovec	26,59	23,59						
	26,56	22,82						
	26,58	23,58	19,36	1670	-	1,60	3,66	-

Vzorek	l(mm)	d(mm)	m(g)	ρ(kg/m^3)	m(g) nasyc.	F(kN)	σ(MPa)	nasák.(%)
16-4	26,40	24,17						
pískovec	26,64	24,05						
	26,41	23,91						
	26,48	24,04	21,27	1770	23,65	4,50	9,91	11,19

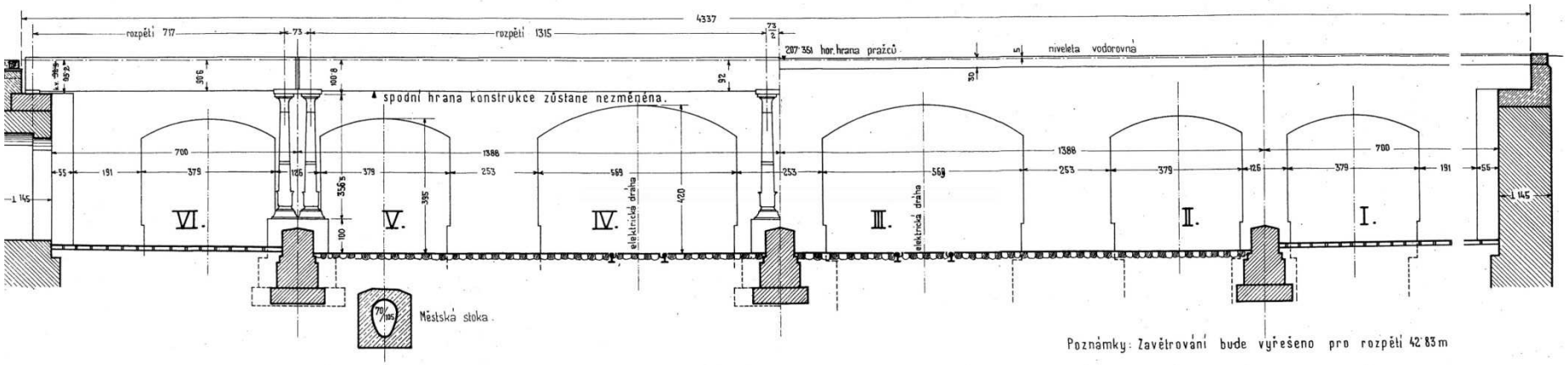
Příloha č. 4

Podélný a příčný řez mostem z poskytnuté dokumentace.

Povšechný návrh na výměnu ocelové konstrukce v koleji č. 1c u viaduktu přes Křenovou v km 155·882.

Zatížení ideální lokomotivou s nápravovým tlakem 20 tun.

Řez A-B 1:100.



Pohled shora 1:100.

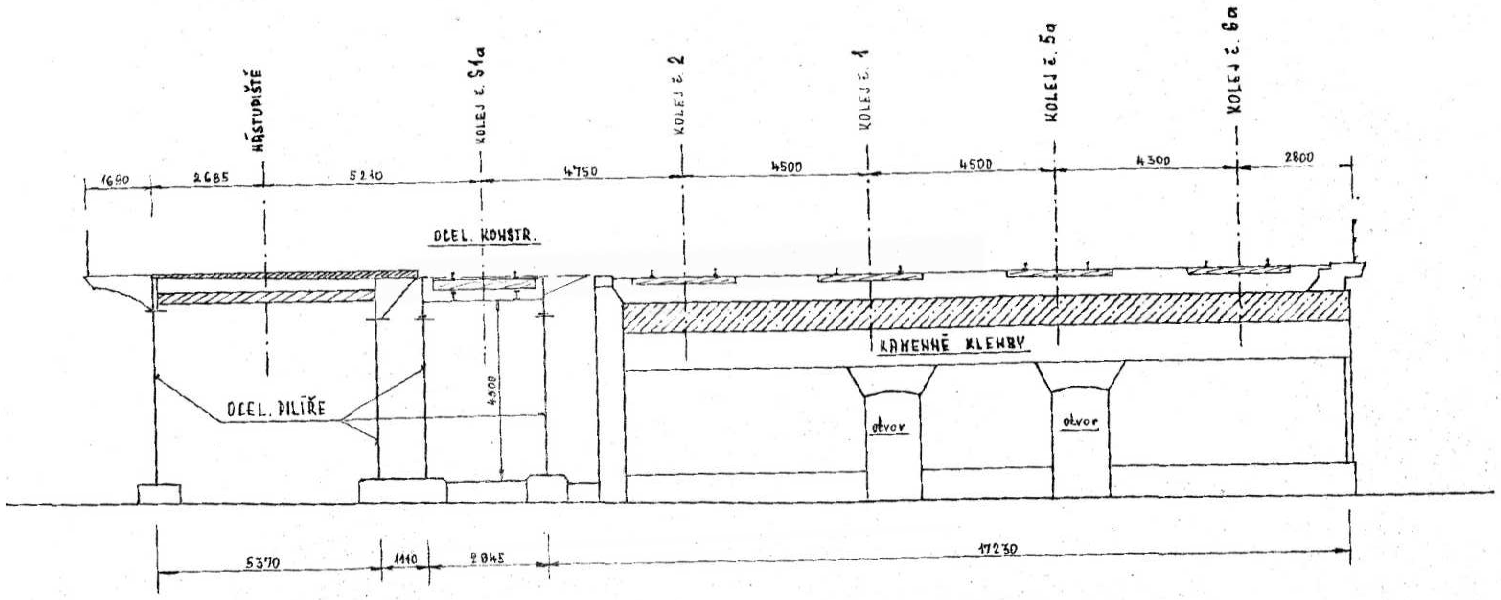
Poznámky: Zavětrování bude vyřešeno pro rozpětí 42·83 m

Střední dvě konstrukce jsou spojité.

Krajní konstrukce jsou prosté s pružným připoj[illegible] na pole stře

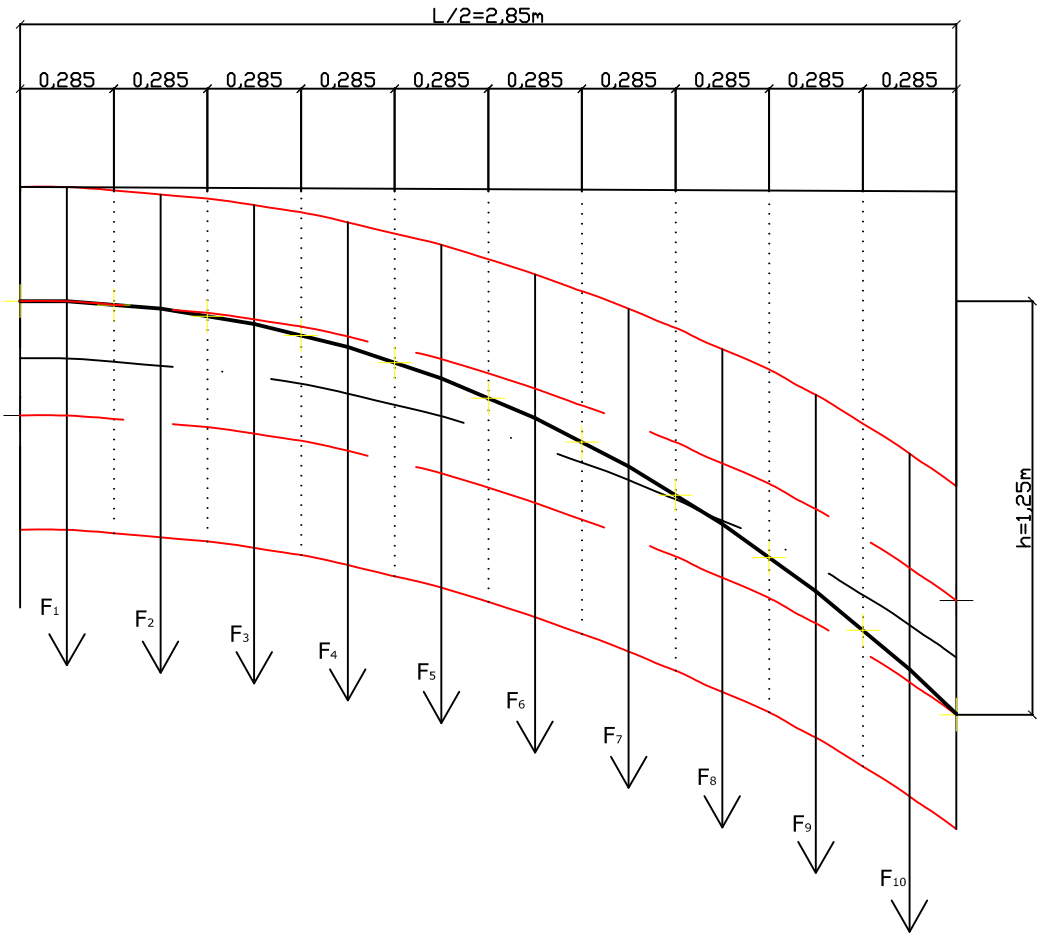
Mw 155, 897

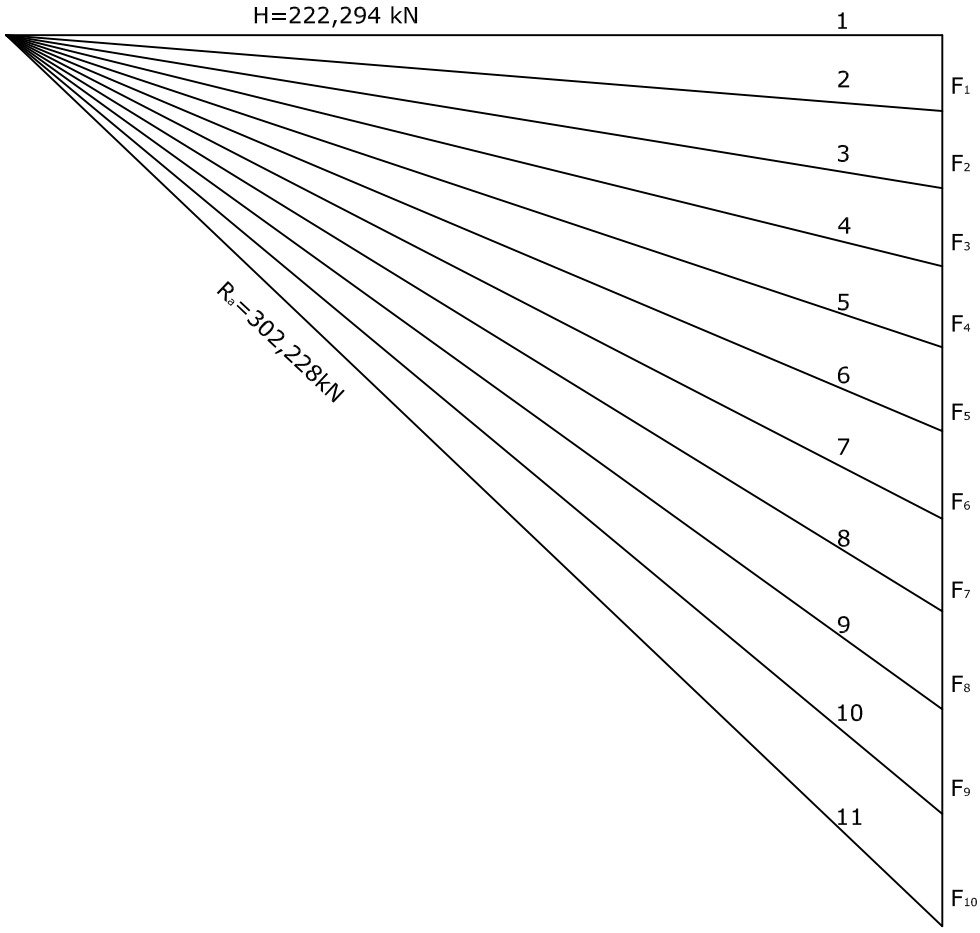
PŘÍČNÝ ŘEZ MOSTU 1:100



Příloha č.5

Tlaková čára klenby, vykreslena pro střední klenbu s největším rozpětím, uvažovaná tloušťka klenby 1,04 m.


L/2=2,85m
0,285
0,285
0,285
0,285
0,285
0,285
0,285
0,285
0,285
0,285
h=1,25m
F1
F2
F3
F4
F5
F6
F7
F8
F9
F10


H=222,294 kN
Rs=302,228kN
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
F1
F2
F3
F4
F5
F6
F7
F8
F9
F10