

Karel KUBEČKA¹, Martin KREJSA²

SANACE MOSTU VYSOKOV
RESCUE OF THE ARCHED BRIDGE „VYSOKOV“

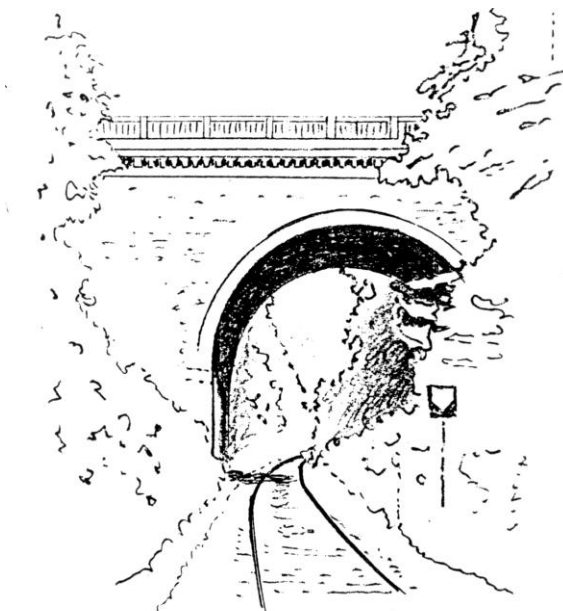
Abstract

This paper is oriented on the problem rescue of arched bridge above railway line close by town Náchod close to village Vysokov.

1 ÚVOD

Předmětem opravy je masivní klenbový most přes železniční trať ČD z roku 1889. Most má jedno pole, které je tvořené polokruhovou cihlovou klenbou tloušťky 1150 mm se vzepětím 6100 mm. Klenba spočívá na masivních opěrách z lomového kamene, které jsou obloženy pískovcovými kvádry. Založení mostu není přesně známo, je domněnka, že základy opěr jsou provedeny jako masivní, plošné z kamenné rovnániny.

Mostovka je živičná, po obou stranách s chodníky se živičným krytem. Římsy jsou nabetonovány na původní konstrukci římsy z kamenných pískovcových kvádrů. Zábradlí je kovové. V době prohlídky je povrch opatřen torkretem provedeným v roce 1986, který je v exponovaných místech popraskán a odlupuje se (padá do prostoru kolejíště zejména při průjezdu vlaku).



Obr.1: Most přes železniční trať ČD (Vysokov u Náchoda)

¹ Ing. Karel Kubečka, Ph.D., Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, karel.kubecka@vsb.cz

² Ing. Martin Krejsa, Ph.D., Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, martin.krejsa@vsb.cz

2 HODNOCENÍ STAVU KONSTRUKCE

Celkově lze hodnotit stav nosné konstrukce mostu jako špatný, lokálně velmi špatný. Stav je umocněn promáčeným svahem na severovýchodní straně – vody vytéká přímo ze svahu a vsakuje v prostoru železničního svršku.

Hodnocení stavu nosné konstrukce mostu vychází z těchto podrobných zjištění:

Torkretový beton s největší pravděpodobností nemá dobrou přilnavost k podkladu (Obrázek Obr.2). Důvodem špatné přidržitosti k podkladu je degradace povrchu cihel klenby a rozpadávání povrchové vrstvy. Torkret byl proveden bez kotvení k podkladu a navíc je důvodné podezření, že betonová vrstva není vyztužena sítěmi v celé ploše klenby (Obrázek Obr.4). Přítomnost výztužných sítí je zřejmá na jižní straně klenby severní strana vykazuje absence jakéhokoli vyztužení.

Vrstva torkretového betonu je narušena častými trhlinami jak v klenbě, tak v čelních plochách mostu, je degradovaná a v místě absence výztuže hrozí její postupné odlupování s následným pádem do prostoru kolejiště. Vrstva betonu je dále narušena prosakující vodou a v souvislosti s tím vápennými výluhy (Obrázek Obr.3).



Obr.2: Jižní strana, západní líc



Obr.3: Výluhy



Obr.4: Detail klenby - východní strana, severní část - přechod na kamennou podpěru

Působením vlivu ovzduší a zejména chemického působení vody v kombinaci se zmrazovacími cykly v období střídání zima-léto dochází k degradaci cihelného materiálu a jeho postupného odpadávání. V okrajích konstrukce klenby pak uvolnění krajního kusu s následným pádem do prostoru kolejíště. Úbytek materiálu přímo souvisí se snižováním únosnosti konstrukce klenby a konstrukce mostu jako celku.

Působení vody v konstrukci mostu způsobuje chemické vyluhování pojiva ze spojovací malty zejména cihelného, ale i kamenného zdiva. Degradovaná malta ztrácí soudržnost a jako písek se vydroluje ze spár mezi kusovým stavivem. Následně může dojít (a v kombinaci s degradací kusového staviva je to pravděpodobnější) k vypadnutí ven a ztrátě únosnosti.

Z uvedeného vyplývá, že stavebně technický stav je špatný, krajní pásy klenby jsou ve velmi špatném stavu a hrozí jejich zřícení. Impulzem způsobujícím pád větší či menší části cihel, kamene nebo betonu může být například ořes stimulovaný například projíždějícím vlakem nebo těžkým silničním vozidlem.

3 ZAJIŠTĚNÍ KONSTRUKCE MOSTU

Je nezbytně nutné a neodkladně řešit tuto situaci okamžitě. Vzhledem k roční době nebude s největší pravděpodobností přicházet v úvahu celková generální oprava mostu, jak by bylo potřebné. Z tohoto důvodu bude nutno rozdělit práce na zabezpečení konstrukce na dobu do jara následujícího roku a na dokončení kompletní opravy. Celkově se nabízí několik řešení tohoto problému:

1. Provizorní řešení v duchu provedení ochrany projíždějících vlaků
2. Částečné řešení pro zabezpečení konstrukce
3. Finální úprava spočívající ve zpevnění a zajištění povrchu do staticky účinné hloubky konstrukce

3.1 Provizorní řešení v duchu provedení ochrany projíždějících vlaků

Toto řešení je nabízeno v minulosti zpracovanou projektovou dokumentací a spočívá ve vybudování dřevěného příložného bednění pod klenbou mostu. Toto bednění je zavěšeno na mostě a jeho funkce spočívá v ochraně prostoru pod mostem proti odpadávajícím kusům materiálu jak bylo popsáno výše.

Toto řešení nezlepšuje statickou funkci mostu, není ochranou konstrukce mostu proti povětrnostním vlivům ani působení mrazu, tady nezabraňuje dalšímu narušování konstrukce mostu (materiálu). Toto zabezpečení plně navyšuje náklady na opravu mostu. Následně musí být provedena oprava a zpevnění mostu v plném rozsahu nezávisle na tomto zabezpečení.

Odhad nákladů³ na provedení dřevěného bednění: 2,000.000,- Kč

3.2 Částečné řešení pro zabezpečení konstrukce

Částečné řešení sleduje technologicky vlastní opravu a je staticky vhodně umístěno, má oproti 7.1 výhodu, že se nemá o jednocílovou funkci provedeného opatření a finančně nenavyšuje cenu opravy. Naopak, je plnohodnotnou součástí budoucí opravy a dá se říci, že je částí opravy provedené v předstihu. Shrnuje všechny potřebné funkce – jak statické zabezpečení konstrukce, ochranu proti průsakům vody do konstrukce tak i ochranu prostoru pod mostem proti odpadávajícím kusům materiálu jak bylo popsáno výše.

Řešení spočívá v provedení injektáže krajních, 1 metr širokých pásů klenby na její celou tloušťku. Injektáž je vhodné provést pryskyřicemi Bevedan-Bevedol [1] ÷ [7], nejlépe ze závěsné lávky kotvené na vozovku mostu. Provádění je soustředěno mimo průjezdný profil železniční tratě ČD (na bocích a nad tratí).

Toto řešení bude v budoucnu v rámci celkové opravy mostu doplněno injektáží shora z vozovky do klenby po její ploše. Spolu s „částečným řešením“ vytvoří zpevnění v celé ploše klenby mostu.

³ Veškeré uvedené ceny jsou cenou bez DPH, avšak včetně VRN

Odhad nákladů na provedení injektovaných pásů klenby je 1,950.000,- Kč (a tuto částka je možno odečíst od celkových nákladů na opravu). Cena neobsahuje finanční náklady na případnou výluku na železniční trati ČD – není nutná po celou dobu provádění prací.

3.3 Finální úprava spočívající ve zpevnění a zajištění povrchu do staticky účinné hloubky konstrukce

Po statickém zajištění zejména okrajů klenby, které má zabránit rozpadávání nosné konstrukce (Obrázek Obr.4), (Obrázek Obr.5), je nutno v následujícím období provést celkovou opravu mostu. Nabízí se několik možných variant řešení:

Provedení kompletního snesení vozovky a zásypů klenby až na vlastní klenbu a provedení nové klenbové konstrukce na stávající cihelnou klenbu jako na ztracené bedně.



Obr.5: Detail klenby - východní strana, severní část

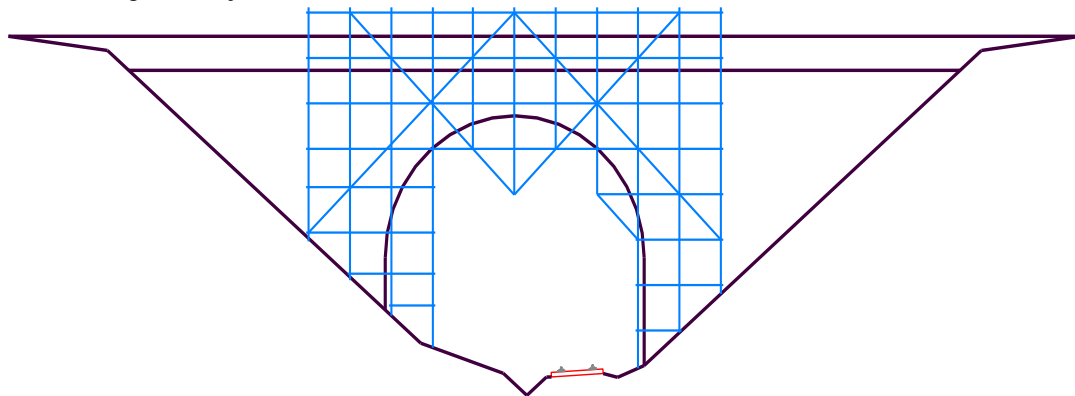
Toto řešení předpokládá dobrou únosnost stěn opěr a není vyloučena nutnost provedení nových základů. Toto řešení je velmi pracné s vysokým objemem převáženého materiálu (zásypy klenby) a je podmíněno kvalitním stavebně technickým a statickým průzkumem konstrukce. Řešení je velmi pracné časově zdlouhavé, vyžaduje uzavírku silnice v celém průjezdném profilu po dobu výstavby. Po provedení se bude jednat o „úplně nový most“, nicméně není zabráněno opadávání cihelné klenby do prostoru kolejiště – bude nutno řešit samostatně torkretovaným betonem. Práce se dají provádět bez velkých výluk na železniční trati ČD. Odhad nákladů je velmi komplikovaný, nedá se předpokládat že bude pod 12,000.000,- Kč

Po odstranění dnes nevyhovující torkretované betonové vrstvy je možno provést novou železobetonovou klenbu na spodní líc stávající cihelné klenby. Spolupůsobení je možno zajistit spřahovacími trny. Klenbu je možno opřít do šikmo vysekané podélné kapsy v přechodu cihelné klenby s kamennými opěrami. Toto řešení předpokládá dobrou únosnost stěn opěr a není vyloučena nutnost provedení nových základů i železobetonových stěn opěr uvnitř – směrem do průjezdného profilu železniční tratě ČD. Toto řešení je rovněž velmi pracné a závislé na technologii stříkaných betonů. Nevýhoda tohoto řešení spočívá v tom, že vyžaduje plnou výluku na železniční trati ČD po dobu provádění stavebních prací, což podstatně prodražuje výslednou cenu opravy. Oproti prvnímu řešení není nutné omezení dopravy na mostě. Odhad nákladů je i zde velmi komplikovaný, neboť závisí na délce provádění prací (výluka) a zvolené technologii stříkaných betonů (závislá od dodavatele). Nedá se předpokládat že finanční výše opravy bude pod 10,000.000,- Kč.

Ověřeným řešením [1] je provést zpevnění proinjektováním konstrukce klenby dvousložkovými pryskyřicemi. Toto řešení přímo navazuje na technologii opravy, kdy v předstihu provedené zabezpečení spočívá v provedení injektáže krajních, 1 metr širokých pásů klenby na její celou tloušťku. Injektáž je vhodné provést pryskyřicemi Bevedan-Bevedol [1] ÷ [7], nejlépe ze závěsné lávky kotvené na vozovku mostu. Následně (nezávisle nenavazující časové období) bude provedena injektáž zbylé plochy klenby. Tuto injektáž je možno provádět z vozovky navrtáním až do klenby (300mm od jejího vzdušného líce) a práce je možno provádět v jakýchkoli pracovních záběrech. Jako vhodné je postup po podélné ose mostu, neboť toto řešení vyžaduje pouze omezení provozu na silnici (mostě), kdy provoz je možno akceptovat v jednom pruhu. Není potřebná výluka na trati ČD, což zlevní výslednou opravu, nejsou nároky na převážení většího množství materiálu. Odhad nákladů je závislý na vrtatelnosti mostu z vozovky, nedá se předpokládat že finanční výše opravy bude pod 6,500.000,- Kč celkem (2 mil. Kč krajní pruhy plus 4,5 mil. Zbytek plochy klenby). Ve všech případech je nutno považovat uvedené ceny za hrubý odborný odhad, který se liší podle jednotlivých dodavatelů stavebních prací a jak je uvedeno je závislý na vnějších faktorech, zejména na požadavku na výluku na železniční trati ČD.

4 ZPŮSOBY ZAJIŠTĚNÍ KONSTRUKCE MOSTU

Částečné řešení pro zabezpečení konstrukce - variantně bude provedena injektáž krajních lemů (žebro) klenby z pevného lešení. Toto nezasahuje do průjezdného profilu železniční tratě ČD. Návrh možného uspořádání je uveden na *Obrázku Obr.6.*



Obr.6: Návrh uspořádání pevného lešení pro injektáž čel – plocha lešení 200m²

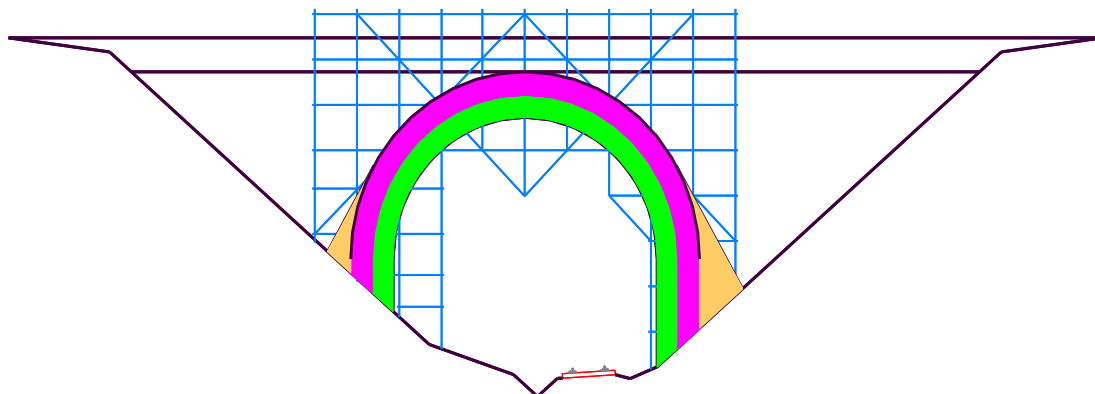
Pro účely přesnějšího stanovení ceny je uvažováno trubkové kotvené lešení, nad nejvyšším bodem klenby zavěšené z vozovky mostu dolů a fixované lany. Pro lešení je nutno vypracovat statický výpočet lešení a projektovou dokumentaci. Plocha lešení je 200 m², z obou stran (čel mostu) pak 400 m².

Z tohoto lešení bude provedeno navrtání 1 m širokého pásu klenby (kolmo na čelo mostu) do hloubky 1 m. Injektáž bude provedena jako armovaná, betonářskou ocelí 10 505 (R).

Čela mostu budou rovněž zpevněna a to v pásu šířky 1 m navazujícím na pás klenby. V dolní části bude zpevněný roznášecí pás klenbového tlaku pod úhlem 60°.

Výměry jsou zřejmé z dále uvedené tabulky. Jednotkové ceny jsou převzaty jako cena obvyklá ze staveb obdobného charakteru [1].

Schéma rozmístění ploch pro opravu je patrné z *Obrázku Obr.7.* Cena je stanovena při průměrném množství vrtů 37 ks/m².



Obr.7: Schéma zpevněných ploch pro armovanou injektáž – zelená=zpevněná klenba mostu, fialová=čelo – ochranná plocha navazující na klenbu, hnědá – roznášecí plocha čel pro roznos zatížení od klenby.

ODHAD CENY:

položka	činnost	výměra [m ²], [hod]	Jednotková cena [Kč]	Celková cena ×1000,- [Kč]
1	Trubkové kotvené lešení z obou stran (čel) mostu, montáž a demontáž	400	170	68,00
2	Zednické práce – odhad 100 hodin	100	110	11,00
3	Vrtání pásu klenby	4885	160	781,60
4	montáž a demontáž pakrů v pásu klenby	4885	40	195,40
5	Injektáž injektáží pryskyřicí (66 m ²) v pásu klenby – výztuž vrtů	132	4600	607,20
3	Vrtání roznášecího pásu	888	160	142,08
4	montáž a demontáž pakrů v roznášecím pásu	888	40	35,52
5	Injektáž injektáží pryskyřicí (12 m ²) v roznášecím pásu – armovaná injektáž	24	4600	110,40
CELKEM				1 951,20 Kč

5 ZÁVĚR

Porovnáním cen na opravu, rychlosti opravy, podmínek provádění (výluky podobně) a s přihlédnutím k obdobným opravám mostu prováděných různými technologiemi docházím k závěru, že jako technicky, provozně i finančně nejvýhodnější se jeví provedení opravy technologií injektáže konstrukce dvousložkovými pryskyřicemi, neboť jako jedinou je ji možno provést celou najednou, nebo postupně jako částečné zabezpečení a následnou opravu, přičemž objem prací lze podle potřeby přesouvat.

Odhad celkových nákladů na opravu krajních pruhů klenby touto technologií činí maximálně 2,000.000,- Kč, následně dokončení injektáže jako celkové zpevnění celého mostu pak maximálně 4,500.000,- Kč. Celkem oprava mostu by neměla přesáhnout celkové náklady 6,500.000,- Kč.

6 REALIZACE



Obr.8: Celkový pohled na most při sanaci



Obr. 9: Povrch po injektáži před zednickou úpravou



Obr.10: Armovaná injektáž klenby – připravené pruty výztuže



Obr.11: Pakry pro tlakovou injektáž



Obr.12: Lešení pro provedení injektáže



Obr.13: Vlevo pakry pro tlakovou injektáž, vpravo výztuž před nasazením pakrů (vyztužený injektážní vrt.

7 LITERATURA

- [1] KUBEČKA K., KUBICA P., PŘEČEK E: Sanace silničních mostů a propustků, zpevňování zděných a betonových konstrukcí a zpevňování podloží injektáží pryskyřicemi. Sborník příspěvků konference s mezinárodní účastí Zpevňování a těsnění hornin a stavebních konstrukcí na počátku 21. století. 15.02-16.02. 2001, Ostrava. ISBN: 80-7078-870-4.
- [2] KUBEČKA K.: Remediation of liquidated underground workings to store strategy petroleum. 3rd International Conference of PhD Students. 13.08-19.08. 2001 Miskolc, Hungary. Str. 265.
- [3] KUBEČKA K.: Utěsňování železobetonových konstrukcí zásobníků ropy v horninovém prostředí proti průsaku vody a ropy. 4. ročník mezinárodní výstavy a seminářů o betonovém stavitelství CONCON 2002, Praha 6.-7.2. 2002, ISBN80-238-8272-4.
- [4] KUBEČKA K.: Sanace betonových konstrukcí pod hladinou podzemní vody z hlediska omezení průsaku. 4. ročník mezinárodní výstavy a seminářů o betonovém stavitelství CONCON 2002, Praha 6.-7.2. 2002, ISBN80-238-8272-4.
- [5] KUBEČKA K., Kořínek R.: Utěsňování železobetonových konstrukcí zásobníků ropy v horninovém prostředí proti průsaku vody a ropy. Zpevňování, těsnění a kotvení horninového masívu a stavebních konstrukcí 2002. 7. mezinárodní seminář, VŠB TU Ostrava, 14.-15.2.2002, ISBN 80-248-0061-6.
- [6] KUBEČKA K., Kořínek R.: Remediation of Liquidated Undergroud Workings to Store Strategy Petroleum. 3rd international conference Concrete and Concrete Structures Faculty of Civil Engeneering University of Žilina, Department of Structures and Bridges. ISBN: 80-7100-954-7, str.327-334.
- [7] KOŘÍNEK R., KUBEČKA K.: Využití likvidovaných důlních děl pro výstavbu zásobníků ropy a ropných produktů – monografie, VŠB 2004, ISBN: ISBN 80-248-0052-7

Příspěvek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Recenzi vypracoval: Ing. Ivan Holínka

