

Jan Kůrka¹

Hodnocení stávajících konstrukcí zděných mostů na základě dlouhodobého sledování stavebního stavu

Klíčová slova: hodnocení, vady a poruchy, zděné železniční klenuté mosty

1. Úvod

Zděné klenuté mosty jsou nedílnou součástí železniční dopravní cesty. Zajištění jejich provozuschopnosti je stěžejním úkolem pro správce infrastruktury. K tomuto účelu byl vytvořen systém dohlédací činnosti na mostech, který zahrnuje i pravidelné vyhodnocování stavebního stavu mostních objektů. Jedna z alternativ hodnocení provozuschopnosti vychází z *dřívější uspokojivé způsobilosti* mostní konstrukce, a lze postupovat podle normy ČSN ISO 13822.

Konstrukce navržené a provedené podle dříve platných norem, nebo pokud nebyly normy použity, navržené a provedené na základě dobrých stavebních zkušeností, se mohou považovat za provozuschopné pro budoucí použití za předpokladu, že

- pečlivá prohlídka neodhalí žádné známky významného poškození, přetížení, degradace nebo přetvoření;
- v průběhu dostatečně dlouhého časového období konstrukce vykazuje uspokojivé chování s ohledem na poškození, přetížení, degradaci, přetvoření nebo kmitání;
- nenastanou změny v konstrukci nebo ve způsobu jejího využívání, které by mohly významně změnit zatížení včetně účinků prostředí na konstrukci nebo její část;
- očekávaný proces degradace, stanovený s přihlédnutím k současnému stavu a plánované údržbě, neohrožuje trvanlivost konstrukce.

Každému hodnocení musí předcházet průzkum. Ten se v případě mostního objektu soustředí na sběr dat o minulosti, tj. studiem archiválií, současnost bude reprezentovat provedení důkladné prohlídky resp. stavebně technického průzkumu objektu samotného a jeho souvisejícího okolí a nakonec bude spojovat zdánlivě nesouvisející okolnosti do logických závěrů. Předpoklady vedoucí k hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti jsou podrobněji uvedeny v následujících kapitolách.

2. Prohlídka mostního objektu

Přímá vizuální prohlídka (viz obr.1) slouží k identifikaci konstrukčního systému a k dokumentaci možného poškození konstrukce viditelného z povrchu. Dokumentují se viditelné změny (posuny, deformace, průsaky, anomálie), viditelná poškození

¹ Jan Kůrka, Ing., 1973, VUT Brno, Fakulta stavební, doktorand

(ztráta materiálu, trhliny, drolení), viditelná degradace (známky zvětrávání), ztráta prvků (rozpojení a vypadnutí). Vizuelní prohlídky vykonávají zkušení mostní inspektori, jejichž kvalifikace a znalost konstrukčního systému usnadňuje odhalení poruchy. Rozsah vizuelní prohlídky je limitován přístupností jednotlivých částí konstrukce. Objektivnost a použitelnost výsledků prohlídky je podmíněna kromě přístupnosti mostního objektu i zkušenostmi a vzděláním mostního inspektora (lidský faktor). Mimo zraku se při vizuelní prohlídce používají i další lidské smysly. Sluch při akustickém testování odezvy po poklepu kladívkem (dutiny, porušené vrstvy). Hmatem se zjišťuje kvalita povrchu a jeho nerovnosti (vlhkost). Čichem je možno zachytit např. hnilobné procesy.



Obr. 1: Prohlídka mostního objektu

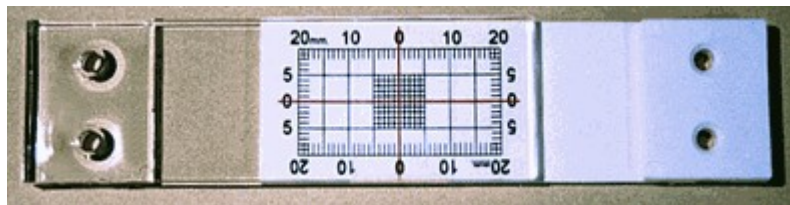
Aby výsledky prohlídek byly uplatnitelné při hodnocení, musí být prováděny v pravidelných intervalech, podobným způsobem a kvalifikovanými inspektory. Při splnění těchto podmínek lze soubor protokolů o prohlídkách hodnoceného mostního objektu za určité časové období snáze vyhodnotit a výsledky odborně interpretovat. Právě interpretace výsledku prohlídky je prvním předpokladem pro objektivní hodnocení mostní konstrukce, neboť pouhé detekování a pozorování poruch nevysvětluje samotnou poruchu nebo její příčiny. V případě pochybnosti je nezbytný další průzkum, nelze se proto spoléhat např. na trhliny jako na signál indikující proces degradace.

Výsledky vizuelní prohlídky se vyjadřují kvalitativním popisem stavu konstrukce nebo její části podle jejího možného poškození (např. žádné, menší, mírné, závažné, destruktivní, neznámé). Záznam o provedení prohlídky obsahuje textovou, číselnou (datovou) i grafickou část a slouží jako podklad pro hodnocení. Záznam by měl mít vždy stejnou formu a úroveň, aby byl porovnatelný s ostatními záznamy provedenými v minulosti.

3. Dlouhodobé měření a sledování

Mezi měřitelná poškození železničních klenutých mostů patří sedání, naklonění, průhyb, rozsah degradace a průsaků. Pro kvantifikaci se v praxi používají mechanické, optické a elektrické přístroje. Měření může podle potřeby pokrýt celou konstrukci, nebo se sledují jen jednotlivé konstrukční prvky. Měření je prováděno v různých intervalech od jednorázového až po kontinuální. Přístroje i zařízení může instalovat nebo obsluhovat kvalifikovaný specialista spolu s mostním inspektorem, který navrhne počet a polohu měřicích bodů a na závěr provede interpretaci výsledků.

Princip měření spočívá v osazení pevných měřicích značek na konstrukci (např. terč na obr.2) a jejich zaměření ve vztahu k pevným bodům okolí konstrukce mimo zasaženou lokalitu, u nichž se nepředpokládá žádný pohyb či změny. Mnohdy jde o nepatrné, okem nepostřehnutelné výchylky od původní polohy a proto je nutno volit přístroje a metody s vyšší přesností.



Obr. 2: Měření šířky trhliny

Význam měření poškození narůstá s množstvím dat získaných v minulosti a jejich vzájemným srovnáním. Získáme tak průběh chování konstrukce v čase. Jsou-li navíc zaznamenány teploty při měření, lze z výsledků vytvořit časový obraz deformace konstrukce s vlivem teplotních změn. Ze závislosti pohybu konstrukce na čase můžeme vysledovat, zda se jedná o změny vratné nebo trvalé.

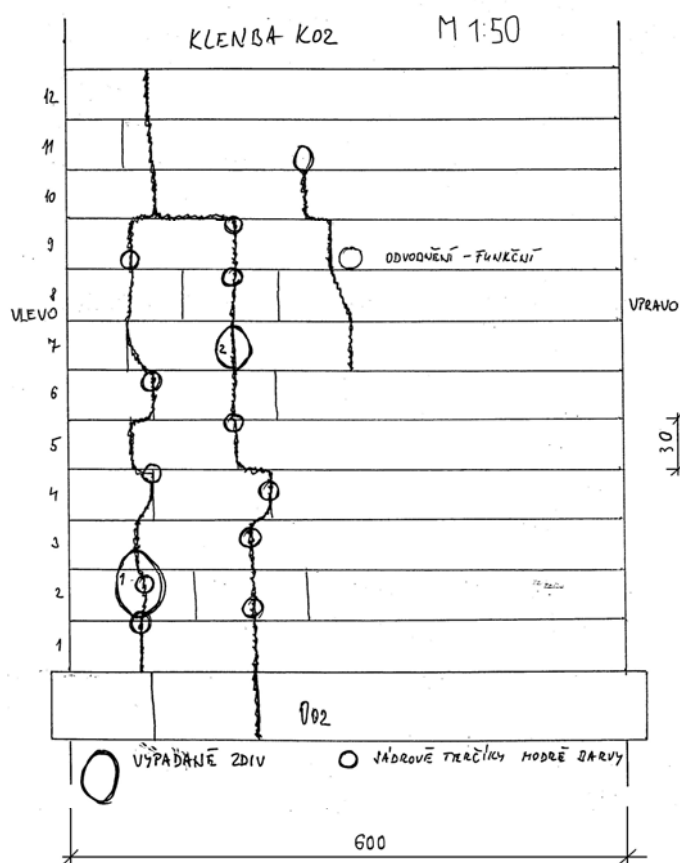
Před každým měřením je potřeba provést kalibraci a ověření funkce přístroje, zkontrolovat neporušenost měřicích prvků a zaznamenat klimatické podmínky. Většina diagnostických metod je závislá na momentálních podmínkách, a proto je musíme zohlednit pro správnou interpretaci výsledků. Z pravidelného a systematického měření deformací můžeme předvídat chování konstrukce a tak předcházet nežádoucím stavům. Nevýhodou je nezbytnost přípravy povrchu konstrukce pro osazení měřicích prvků a jejich ochrana před nežádoucím poškozením. Typickým příkladem použití je dlouhodobé sledování trhlin v klenbě mostu a hledání příčiny vzniku této poruchy s ohledem na vhodnou volbu sanace, rekonstrukce či opravy.

Mostní inspektoři by měli prohlížet viditelné a přístupné části konstrukce v různých úrovních prohlídek a v různých intervalech. Podle Vyhlášky č. 177/1995 Sb. se běžná prohlídka provádí jedenkrát ročně, podrobná prohlídka jedenkrát za tři roky. Dle vnitřního předpisu drah se navíc provádí kontrolní prohlídka, vyžadují-li to okolnosti např. po mimořádné události. Zvláštní pozorování slouží k ověření chování konstrukce během provozu v kratším intervalu než jsou běžné prohlídky. Běžné a podrobné prohlídky jsou vykonávány v pravidelných cyklech na základě předem vypracovaného plánu.

Při sledování postupu degradace mostní konstrukce je vhodné při každé prohlídce vytvořit grafické schéma v měřítku (viz obr. 3) nebo fotografii poškozených

míst s přiloženým měřítkem (viz obr. 6) doplněný verbálním popisem zobrazovaného. Takto vedené záznamy je možno porovnávat a sledovat tak vývoj poškození v čase. Verbální popis obsahuje místopis, lokalizaci poruchy s vyjádřením rozsahu plochy, hloubky, klimatických podmínek a pravděpodobné příčiny.

Průsaky se doporučuje sledovat v různých ročních obdobích a po vydatných srážkách. Stopy po průsaku vody je vhodné zakreslit do grafického schématu nebo opatřit fotografií s vypovídající hodnotou (viz obr. 4). Důležité je rozlišit místo pronikání vody konstrukcí od místa úkapu vody, jenž se svou polohou může výrazně lišit. Průsak vody konstrukcí se často projeví s určitým zpožděním oproti době srážek a proto i v suchém období bývá konstrukce nasycená vodou.



Obr. 3: Grafické schéma poruchy



Obr. 4: Průsak vody nosnou konstrukcí

Výsledkem sledování a měření mostního objektu v dostatečně dlouhém časovém období je konstatování, zda je stav konstrukce stabilizovaný, jaké poruchy v průběhu využívání mostu nastaly a jaký vývoj poruch se dá očekávat.

4. Změny v konstrukci nebo ve způsobu jejího využívání

Dalším podkladem pro hodnocení je shromáždění dat o budoucím využívání konstrukce. Hodnotitel potřebuje získat co nejvíce informací o tom, zda v posuzovaném časovém horizontu nenastanou změny v konstrukci nebo ve způsobu jejího využívání. Jde především o významné změny zatížení a účinků prostředí.

Hodnotitel by se měl v první řadě soustředit na výhledové zvyšování nápravových tlaků a rychlosti. Nápravové tlaky souvisejí s nákladní dopravou a traťovou třídou zatížení. Zvyšování traťové rychlosti zase úzce souvisí s modernizací vozového parku pro osobní dopravu. Nositelem informace o plánovaném zvyšování traťových tříd a rychlostí je správce infrastruktury. Změna ve způsobu užívání může mít podobu změny geometrické polohy koleje na mostě, změny polohy osy koleje vůči ose mostu a změny výšky přesypávky. Podstatnou informací je, zda součástí modernizace/rekonstrukce dopravní cesty bude i posuzovaný mostní objekt.

Není-li mostní objekt stavebně přizpůsoben nově nastalé situaci, mohou nastat některé komplikace. Např. přetížení konstrukce dosypaným materiálem kolejového lože, přesypání říms a ohrožení provozu pod mostem, dále trhliny v konstrukci, sedání, naklánění, boulení apod.

Další významnou informací je intenzita dopravy. Koleje a výhybky železničních drah ČR se zařazují do řádů podle svého výsledného přepočteného provozního zatížení. Údaje jsou vedeny v pasportu správce infrastruktury a aktualizují se jedenkrát ročně na základě údajů o provozním zatížení za uplynulý rok. Výpočet zohledňuje jízdní řád osobní i nákladní dopravy a objemy přepravovaných nákladů. Změny intenzity dopravy nastávají při technickém zhodnocení tratě formou

rekonstrukce, modernizace nebo dočasně, je-li trať použita jako objízdna v souvislosti s výlukou nebo mimořádnou událostí. Změna ve způsobu užívání může mít podobu změny frekvence jízd vlakových souprav bez zvýšení rychlosti a nápravových tlaků. V takovém případě je mostní objekt vystaven většímu počtu zatěžovacích cyklů a jeho životnost může být zkrácena, příklad ukazuje obr. 5.



Obr. 5: Porucha mostního objektu v důsledku nárůstu intenzity dopravy

Hodnotitel by měl zohlednit i okolí mostního objektu. Především zmapovat důlní a stavební činnost, chráněná ložisková území, seizmické území či prognózní zdroje a průzkumná území. Je třeba posoudit dlouhodobý vliv uvedených činností na mostní objekt, obzvlášť je-li prokazatelný. Chování stavebních objektů v poklesové kotlině je specifické a zkušený hodnotitel zná nebezpečí, která hrozí klenutým objektům v nestabilním podloží, kde nelze zajistit dostatečnou tuhost podpěr.

Mezi další okolní vlivy, které na mostní objekt působí, patří znečištěné ovzduší v průmyslových oblastech a aglomeracích. Souvislost mezi polutanty v atmosféře a zhoršeným stavem stavebních objektů je prokázáný.

Hodnotitel se také bude informovat o plánovaných změnách v přemostované překážce. Jde o plánované změny nivelety přemostované komunikace, změny režimu vodního toku, elektrifikace, změna intenzity silniční dopravy, územní plán apod.

Při zjištění porušené malty ve spárách, vypadaného zdiva, nedostatků v geometrické poloze koleje (GPK), přítomnosti kolejového styku na mostě a dalších vad lze ve výhledu počítat s tím, že pokud nedojde k jejich opravě, negativní účinky na konstrukci se budou zvětšovat.

Změny konstrukce, se kterými při hodnocení nelze počítat, ale které se přesto vyskytují, jsou mimořádné zásilky po železnici, havarijní stavy, požár, náraz, povodeň, vykácení vzrostlé zeleně v bezprostředním okolí základů, přetížení nebo odlehčení základové půdy při stavební činnosti v okolí mostu, upevnění velkoplošné reklamy na římsu apod.

Na základě známých výsledků pozorování dílčích procesů degradace, z obecných poznatků v oblasti stavební mechaniky, chemie a dalších souvisejících oborů, lze vytvářet hypotézy a modely o budoucím chování konstrukce. Predikovat změny v konstrukci a ve způsobu jejího využívání lze jen do takové míry, kterou nám dovolí spolehlivost dat, ze kterých při hodnocení vycházíme. Obecně však platí zásada, že významná změna ve způsobu užívání konstrukce, která nastane až po hodnocení, ruší platnost posudku hodnotitele a jeho doporučení.

5. Očekávaný proces degradace a plán údržby

Degradaci lze rozdělit např. podle stavebních prvků, které postihuje. Jsou to zdicí prvky, zdicí malta a konstrukce jako celek. Degradace (koroze) zdicích prvků a zdicí malty je přirozený proces vedoucí k postupnému rozpadu hmoty na menší části. Podle působících činitelů rozlišujeme degradaci fyzikální (silovou), chemickou, a biologickou. Degradaci konstrukce jako celku vystihuje souhrn všech poruch, které se navzájem ovlivňují a mají tendenci rozdělit mostní objekt na menší části podobně jako koroze. Dělení probíhá prostřednictvím trhlin. Abychom dokázali vyjádřit, jaký proces degradace lze očekávat, je nutno nalézt v konstrukci nejslabší místa a zmapovat mechanismus, kterým degradace konstrukci devastuje. Nejslabším místem klenby po konstrukční stránce je tuhost jejich opěr a u zdiva je nejslabším článkem pojivo – malta. Opěry zabezpečují stabilitu klenby v podélném směru. V příčném směru takové prvky nejsou, a tudíž většina poruch bude mít tendenci se projevit ve směru nejmenšího odporu. Důkazem toho je boulení čelních zdí (viz obr. 6) a převažující podélné trhliny.

Pevnost malty závisí na jejím složení a tahové pevnosti, tedy soudržnosti se zdicími prvky. Z hlediska funkce se malta jako pružný prvek podílí na přenosu zatížení mezi jednotlivými zdicími prvky. Musí odolávat zatěžovacím cyklům i chemickým účinkům prostředí. Přitom její životnost je kratší než životnost ostatních prvků konstrukce. Vyčerpání životnosti malty se nejčastěji projevuje vypadáváním zdicích prvků.

Proces degradace je proces neustálý a probíhá u všech stavebních konstrukcí vystavených působení vnějších vlivů. Degradace je prokazatelně urychlována výskytem poruch, které obnažují prvky konstrukce dosud chráněné kompaktností povrchu. Chemická koroze se stává rozhodujícím činitelem degradace v okamžiku, kdy je porušena kompaktnost povrchu a srážková voda začne pronikat dovnitř konstrukce. Postup degradace se tak výrazně zrychlí.



Obr. 6: Boulení čelní stěny

Odolnost zdiva vůči působení srážkové vody je různá a závisí nejen na materiálových vlastnostech zdicích prvků, ale i na chemickém složení působící vody. Z toho plyne, že pozornost hodnotitele by se měla zaměřit i na stavební stav konstrukčních prvků bránících pronikání vody do konstrukce. Jedná se o stav izolace proti vodě, odvodňovací potrubí, odláždění, odvodňovací žlaby, vyspádování povrchů apod. Pozornost je potřeba věnovat i typickým projevům nasycení konstrukce vodou, jako je stálá vlhkost i v období sucha, stav vegetace a účinnost údržby.

Výsledkem zkoumání procesu degradace je prognóza o možném vývoji a následcích za předpokladu, že nebude v posuzovaném časovém úseku prováděna oprava či rekonstrukce. Stav posuzované konstrukce lze z hlediska degradace hodnotit kvantitativně. Velikost poškozené plochy, šířka trhlin, velikost přetvoření, zasažená hloubka, přírůstek za určitý časový úsek, typické místo výskytu. Hodnotitel ve svém posudku může stanovit kritickou hodnotu poškození, při jejímž překročení může být ohrožena bezpečnost konstrukce.

Očekávaný proces degradace lze kvalifikovaně odhadnout na základě vyhodnocení výsledků předchozích diagnostických zkoumání, tj. z výsledků pravidelných prohlídek, účelově provedených stavebnětechnických průzkumů a s přihlédnutím k aktuálnímu stavebnímu stavu. V souvislosti s očekávaným vývojem degradace se dá hovořit i o zbytkové životnosti mostního objektu. Ta musí být vždy posuzována individuálně na základě vývoje jednotlivých poruch a tendencí vedoucích ke zhoršování stavebního stavu celého objektu. Při posuzování je nutno přihlédnout ke kvalitě provedení mostního objektu, kvalitě použitých stavebních materiálů, zatížení, klimatickým podmínkám a v neposlední řadě i k jeho údržbě.

Za předpokladu, že most byl navržen a realizován bez počátečních imperfekcí, materiál použitý při stavbě vykazoval obvyklé vlastnosti, zejména co se týká trvanlivosti, vliv okolního prostředí a zatížení je dlouhodobě konstantní, potom má rozhodující význam pro hodnocení provozuschopnosti vznik nové poruchy a údržba.

Z uvedeného plyne, že pro zajištění provozuschopnosti mostních objektů z dlouhodobého hlediska hraje klíčovou roli schopnost prohlídky odhalit změny a rychlost, s jakou na ně zareaguje údržba a plánování oprav či rekonstrukcí, příklad ukazuje obr. 7.



Obr. 7: Objekt s vážnými poruchami je nutno rekonstruovat

6. Závěr

Když závěry pečlivé prohlídky neukážou na výrazné poškození, konstrukce nejeví známky přetížení, rozsah degradace se výrazně nezvětšuje nebo zjištěná přetvoření nevylučují způsobilost k provozu, můžeme v daném okamžiku hodnotit mostní objekt jako provozuschopný.

Pokud se můžeme opřít o uspokojivé chování provozovaného mostního objektu v průběhu dostatečně dlouhého časového období, lze předpokládat podobnou odolnost tohoto objektu vůči zatížení i v následujícím časově omezeném období.

Víme-li, že ve výhledu nenastane změna v užívání a zatížení mostního objektu, a jsou-li předvídatelné vlivy okolí, lze konstatovat, že most bude provozuschopný pro posuzovaný časový horizont.

Lze-li proces degradace ovlivnit účinnou údržbou mostního objektu, jejíž plán je sestavován a aktualizován na základě pravidelné dohlédací činnosti, můžeme objekt hodnotit jako provozuschopný do konání nejbližší prohlídky, jež hodnocení potvrdí nebo změní.

Rozhodnutí o způsobilosti mostního objektu k provozu se v praxi realizuje v souladu s prováděcí vyhláškou k zákonu o dráhách, Vyhláškou MD č. 177/1995 Sb. Stavební a technický řád drah, v platném znění. Jde především o technickobezpečnostní zkoušku před zahájením provozu. Podklady pro technickobezpečnostní zkoušku – hlavní prohlídku jsou definovány vnitřním předpisem dráhy a jejich nedílnou součástí je analýza konstrukce. Rozhodnutí o provozuschopnosti v průběhu využívání mostního objektu jen na základě dřívější upokojivé způsobilosti bez analýzy konstrukce vztažené k aktuálnímu stavebnímu stavu, se jeví jako nutnost a vyžaduje značné zkušenosti hodnotitele v oblasti správy a údržby mostních objektů.

Literatura

- [1] HOBST, Leonard. ADÁMEK, Jiří. CIKRLE, Petr. SCHMID, Pavel. *Diagnostika stavebních konstrukcí – přednášky*. Brno : VUT. 2005. 124 s.
- [2] ČSN ISO 13822 (73 0038) *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha : Český normalizační institut, 2005. 72 s.
- [3] ČSN ISO 2394 (73 0031) *Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí*. Praha : Český normalizační institut, 2003. 73 s.
- [4] Sustainable Bridges – Assessment for Future Traffic Demands and Longer Lives BAM Berlin, 2006
- [5] DOHNÁLEK, Jiří, et al. Vliv poruch na přechodnost zděných mostních objektů a bezpečnost drážní dopravy : Technicko ekonomická studie. Praha : [s.n.], 2008. 150 s.
- [6] Vyhláška MD č. 177/2005, kterým se vydává stavební a technický řád drah, v platném znění

Brno, duben 2009

Lektorský posudek: Prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.,
VUT Brno