



METODIKA PRO DIAGNOSTIKU STÁVAJÍCÍCH MOSTŮ

Zpracovali: doc. Ing. Tomáš Rotter, CSc., Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Ing. Roman Šafář, Ph.D. a kolektiv (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Hlavním cílem diagnostiky stávajících mostů je zjištění skutečného stavebního stavu, ověření statické funkce a druhu a kvality použitého materiálu. Předložená metodika obsahuje popis nedestruktivních a destruktivních metod zkoušení mostních konstrukcí dle druhu zkoumaného materiálu, se zaměřením na nosnou konstrukci a spodní stavbu. Součástí diagnostických metod jsou též statické a dynamické zatěžovací zkoušky. Je uvedeno, za jakých podmínek je vhodné je realizovat a v jakém rozsahu. V neposlední řadě se zabývá návodem pro využití modální analýzy, zvláště pak pro dlouhodobý monitoring konstrukce, ověření statické funkce a míry degradace hlavní nosné konstrukce. Metodika se zabývá diagnostikou železničních mostů, mostů pozemních komunikací a lávek pro chodce. Věnuje se mostům ocelovým, ocelobetonovým, betonovým, zděným a dřevěným.

Oblast použití

Metodika je využitelná v praxi při plánování oprav, rekonstrukcí a přestavb mostů, při získávání podkladů pro stanovení zatížitelnosti mostu a jeho stavebním stavu, při praktické projekční činnosti a v neposlední řadě při specifikaci zadávacích podmínek při investorské činnosti v oblasti mostů.

Metodika a postup řešení

Hlavními cíly diagnostického průzkumu je získání souhrnu podkladů pro zařazení mostu do stavebního stavu, stanovení jeho zatížitelnosti, informací pro stanovení zbytkové životnosti a podkladů pro rozhodnutí o opravě, rekonstrukci a přestavbě.

Při zjištění skutečného stavu mostu je v první řadě nezbytné zajistit veškeré dostupné podklady a archivní dokumentaci, zjistit rozměry konstrukce či je ověřit. Následnou nejjednodušší diagnostickou technikou je vizuální průzkum konstrukce. Při jeho provádění je třeba ověřit statickou funkci mostu a zaměřit se na rizikové prvky (prvky náchylné k podemletí, v kontaktu s vodou, stav izolace a mostovky a související zatékání do nosné konstrukce (NK), mostních závěrů, ložisek). Sleduje se a hodnotí chování mostu při přejezdu běžnou dopravou. V případě ocelových mostů jsou pro

funkčnost mostu ověřovány prvky náchylné na vznik lomu, na ztrátu stability a rizikové styčníky, jejichž selhání může mít vážné následky. Zjišťuje se stav koroze NK, stav šroubových a nýtových spojů a existence či stav trhlin.

V případě dřevěných mostů je třeba sledovat poškození a degradaci dřevěných prvků a spojů.

Z hlediska betonových konstrukcí je nutno se zaměřit především na degradaci betonu, oslabení tlačených betonových částí, nedostatečnou tloušťku krycí betonové vrstvy, zatékání do kabelových kanálků předpínací výztuže, kotev a na dobetonování čel NK, korozi výztuže a její oslabení, projevy ASR a výskyt trhlin.

Mezi časté poruchy zděných konstrukcí patří degradované kameny a cihly, degradovaná a ze spár vydrolená malta, nadměrná mezerovitost zdiva, vyboulení zděných konstrukcí, například poprsníků zdí a křídel, rozpad zdiva a trhliny ve zdivu.

Na základě vizuálního hodnocení jsou mosty zařazeny do příslušného stavebního stavu a hodnocena jejich použitelnost.

Metodika se dále věnuje nedestruktivním a destruktivním metodám pro zjištění materiálových charakteristik mostů.

Pro ocelové konstrukce jsou využitelné metody VT – vizuální kontrola, PT – kapilární zkoušky, MT – magnetické zkoušky, ET – vířivé proudy, UT – ultrazvukové metody vč. metod fázového pole a TOFD, UT-LRUT – dalekodosahové ultrazvukové zkoušení, RT – radiografické zkoušení, AE – metody akustické emise a metoda malých vzorků. S určitou nejistotou lze použít i měření tvrdosti pro odhad pevnosti materiálu. Na nedestruktivní metody pak navazuje řada tradičních zkoušek destruktivních, kdy je nezbytný zásah do konstrukce. Metodika dále uvádí doporučení pro odběry vzorků, jejich polohu, velikost a počet. Na závěr je provedena rekapitulace a doporučení pro volbu vhodné metody.

Pro betonové konstrukce jsou definovány základní zásady pro stanovení pevnosti betonu v tlaku, a to za použití vývrtů či kalibrované nepřímé metody. Jsou popsány požadavky na odběr a velikost zkušebních těles a popsán průběh zkoušky. Dále jsou uvedeny zkoušky pro stanovení pevnosti betonu v tahu a stanovení statického modulu pružnosti. Z nedestruktivních metod se jedná zejména o

trvdoměrné metody, stanovení síly na vytržení, ultrazvukové impulzové metody, rezonanční metody a o zkoušku přídržnosti. V rámci stanovení parametrů, které mají vliv na trvanlivost konstrukce (jak z hlediska degradace betonu, tak i z hlediska koroze výztuže), se stanovuje karbonatace betonu, kontaminace chloridy, propustnost betonu, vlhkost betonu, měření elektrického odporu betonu, analýza (i možné) koroze, měření *pH* betonu.

Pro nedestruktivní stanovení množství a polohy výztuže betonářské a předpínací je možno použít magnetické indikátory výztuže, případně také speciální přenosný radar (GPR) či radiografické metody. V případě potřeby je možno výztuž zjišťovat také destruktivně, tzn. odstraněním krycí betonové vrstvy.

Dřevěné konstrukce jsou náchylné zejména k napadení houbami a různými druhy dřevokazného hmyzu. Poškození vzniká rovněž v důsledku působící povětrnosti a vody přecházející v led. Změny vlhkosti dřeva a následný vznik výsušných trhlin tyto procesy ještě více urychluje. I v případě, že poškození není přímo viditelné, může o přítomnosti hub či hmyzu svědčit nadměrná vlhkost prvků nebo deformace konstrukce. Jednou z nejdůležitějších kontrol je monitoring vlhkosti dřevěných prvků. Zde se nejčastěji využívá ultrazvukové testování, odporové zarážení trnu, odporové vrtání, LVDT test pomocí radiálních vývrtů.

V neposlední řadě se metodika zabývá základními metodami zkoušení zděných konstrukcí.

Další technikou ke zjištění stavebního stavu mostu je využití zatěžovacích zkoušek. Zde přichází do úvahy:

- Statická zatěžovací zkouška
- Dynamická zatěžovací zkouška
- Modální analýza

Pro každý typ zkoušky je rozebrána jejich využitelnost pro ověření statické funkce a míry degradace hlavní nosné konstrukce, verifikaci výpočetního modelu a stanovení degradace a poškození mostu.

Další oblastí, která má nezastupitelný význam pro stanovení stavu mostů je dlouhodobý monitoring. Ten umožňuje sledovat změny ve statickém chování konstrukce v průběhu času, ke kterým dochází v důsledku změn materiálových charakteristik nebo v důsledku degračních procesů. Umožňuje také hodnotit změny, ke kterým došlo v důsledku mimořádného zatížení, nárazu vozidel nebo plavidel do mostní konstrukce, zemětřesení, povodně, požáru apod. Dlouhodobý monitoring dále umožňuje hodnotit změny proměnného zatížení, tzn. změny zatížení dopravou, a změny od zatížení teplotou.

Při dlouhodobém monitoringu lze sledovat silové veličiny, stav napjatosti v jednotlivých bodech

konstrukce, deformace všeho druhu, teplotu v jednotlivých bodech konstrukce, lze také sledovat dopravní proud vozidel aj.

Závěry získané z vyhodnocování dlouhodobého monitoringu slouží pro organizaci a pro případnou změnu termínů preventivních prohlídek mostní konstrukce. V případě zjištění významné změny důležité veličiny je nutno okamžitě vykonat podrobnou nebo mimořádnou prohlídku za účelem zjištění příčin. Tím lze předejít vzniku mimořádné situace, případně havárie. U předjatých mostů lze v určitých případech dlouhodobým monitoringem sledovat velikost předpínací síly. Jinou skupinu tvoří zavěšené a visuté mosty, na kterých lze sledovat síly v závěsech. Pokles síly se zde nepříznivě projeví na namáhání mostovky; navíc je nebezpečný i z hlediska možného kmitání od větru nebo od dopravy, vedoucího až ke vzniku únavového procesu, který může končit porušením závěsu.

Dlouhodobý monitoring konstrukce se tedy obvykle provádí z následujících důvodů:

- sledování aktuálního stavu konstrukce,
- získání údajů pro stanovení zbytkové životnosti,
- bezprostřední varování v případě vzniku poruchy. Součástí metodiky je i řada praktických příkladů využití diagnostických metod.

Výsledky

Výsledkem činnosti je metodika pro diagnostiku mostů pozemních komunikací a mostů železničních.

Literatura

- [1] ČSN 73 6209. *Zatěžovací zkoušky mostů*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 20 p.
- [2] ČSN 73 6221. *Prohlídky mostů pozemních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 36 p.
- [3] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 72 p.
- [4] ČSN 73 2044. *Dynamické zkoušky stavebních konstrukcí*. Vydavatelství ÚNM, Praha, 1983.. Praha: Český normalizační institut, 1983. 16 p.
- [5] *TP 120 Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů PK*. Pontex 2010
- [6] *TP 144 Doporučení pro navrhování, posuzování a sledování betonových mostů PK*. ČVUT 2010.
- [7] *TP 215 Využití modální analýzy pro návrh, posouzení, opravy, kontrolu a monitorování mostů PK*. ČVUT 2004.
- [8] *TP 72 Diagnostický průzkum mostů PK*, Pontex 2009.