

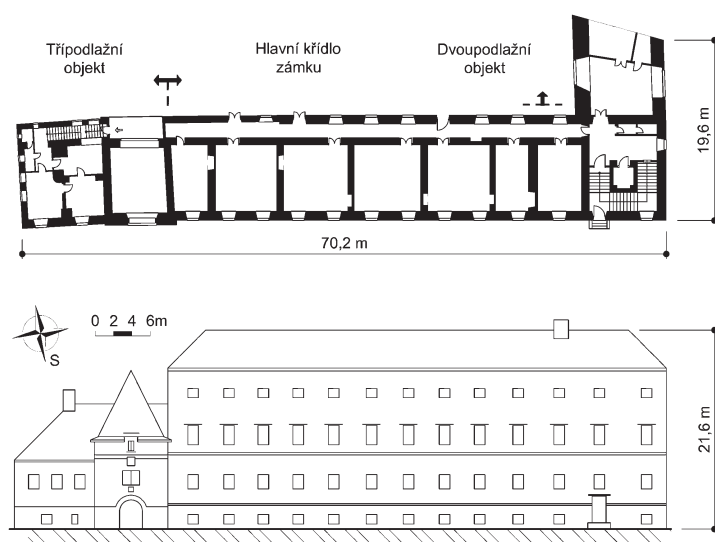
Dlouhodobé sledování poruch historických staveb

Ladislav KLUSÁČEK; Petr DUCHÁČ; Zdeněk BAŽANT

ANOTACE: Estetické a statické sanace a rekonstrukce stavebních objektů jsou prováděny již od dávné minulosti. Existuje řada způsobů a technologických postupů pro zajištění stability staveb. Všechny varianty mají přes řadu odlišností jedno společné: jejich nesprávná volba pro konkrétní případ poruchy může mít za následek stále se zhoršující stav objektu. Článek popisuje pokročilý způsob sledování poruch historických staveb včetně analýzy výsledků na příkladu dlouhodobého monitoringu staticky narušeného zámku ve Vyškově. Výsledky mohou sloužit jako obecné vodítko pro sledování historických staveb, pro pochopení dlouhodobého porušování jejich nosných konstrukcí a pro volbu náležitého způsobu jejich oprav.



1



2

Úvod

V článku se předkládají reálné a obecně pro jakoukoliv historickou konstrukci použitelné výsledky průběžného šestiletého (2009–2014) hodnocení staticky závažných poruch v konstrukčních prvcích a celcích historické budovy hlavního podélného křídla barokního zámku ve Vyškově. Tato historická a kulturní památka byla v průběhu času porušena řadou svislých a šikmých trhlin vyvolaných problematickým podložím a malou tuhostí stavby ve vodorovných rovinách.

Proto byla na místě samém provedena řada průzkumných prací, které umožnily jednak stanovit rozsah poškození, jednak definovat geometrické a materiálové vady nosných konstrukcí.

Prvá vizuální defektoskopická prohlídka poruch konstrukcí zámku byla provedena již v únoru 2003 při průzkumných pracích pro komplexní stavebně statický posudek objektu.¹ Na ni pak navázaly další prohlídky, které se orientovaly nejen na sledování poruch již existujících, ale i na zhodnocení nových trhlin, které vznikly následně. V roce 2009 byl navržen a re-

alizován uzavřený systém tenzometrického měření v místech staticky nejvýznamnějších trhlin hlavního křídla zámku. Dlouhodobé měření mělo odpovědět na otázku, zda jsou konstrukce zámku nadále v pohybu, a současně mělo sloužit i jako všeobecná pomůcka před rekonstrukcí dalších historických staveb.²

Popis konstrukce

Zámek ve Vyškově se nachází přímo v centru města, vznikl přestavbou gotického hradu ze 14. století. Sledovaná část zámku pochází z první poloviny 18. století. Po požáru v roce 1917 došlo k výrazným stavebním úpravám, které sice zásadně změnily vzhled stavby, ale historický charakter nosné konstrukce při nich zůstal nedotčen. V případě zámku je zřejmé, že se jedná o architektonicky cenný objekt, který patří k obrazu města, a že vzhled historického jádra Vyškova by bez něj byl zásadně ochuzen (obr. 1). Po roce 1945 sloužil objekt postupně jako škola, sídlo Veřejné bezpečnosti a městský úřad, v současné době je provoz omezen. Získají-li se finanční prostředky, připojí

Obr. 1. Vyškov, zámek, hlavní fasáda zámku – pohled z náměstí Československé armády. Foto: Ladislav Klusáček, 2015.

Obr. 2. Vyškov, zámek, schematický půdorys (v úrovni 1. NP) a pohled z náměstí Československé armády. Zpracoval: Ladislav Klusáček, 2016.

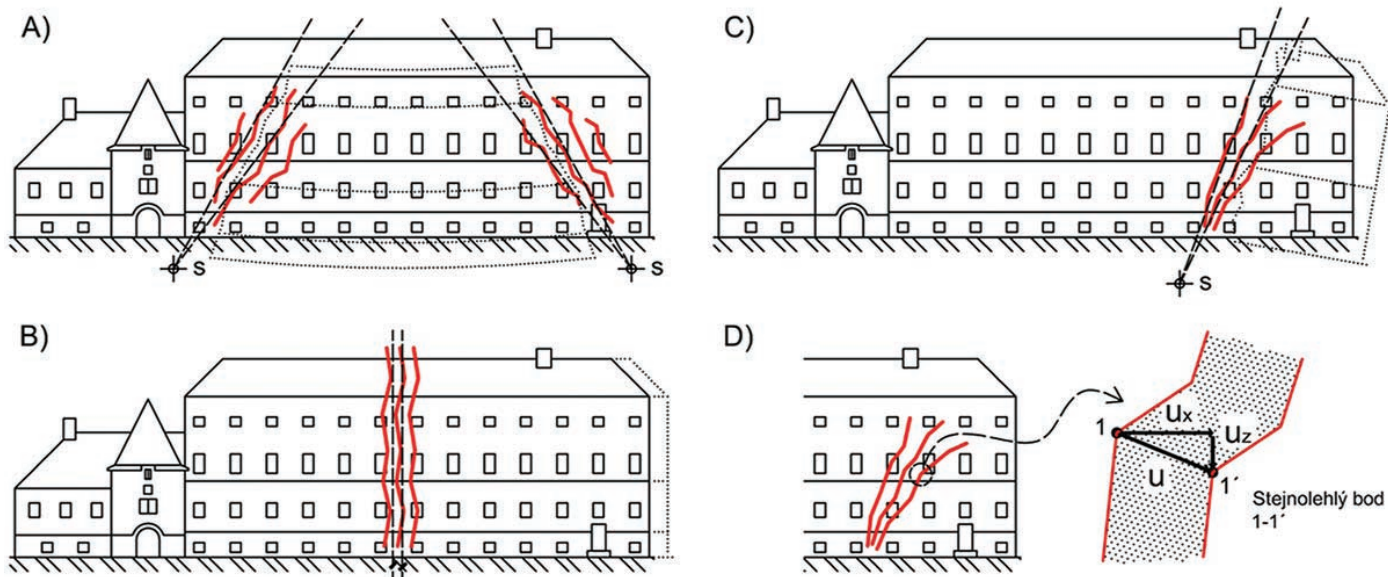
se tato část zámku k muzeu, které sídlí v dalších objektech zámku a potřebuje nové prostory pro další rozvoj (obr. 2).

Předmětem sledování a dlouhodobého vyhodnocování byla pouze nosná konstrukce hlavního křídla zámku, kde byly na základě ně-

■ Poznámky

1 Zdeněk Bažant – Ladislav Klusáček, *Stavebně statický posudek zámku ve Vyškově, náměstí Československé Armády*, Vyškov 2003. Uloženo v Ústavu betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně.

2 Zdeněk Bažant – Ladislav Klusáček, *Statika při rekonstrukcích objektů* (6. vydání), Brno 2015.



3

Obr. 3. Teoretické průběhy trhlin v objektu vyškovského zámku vlivem různého způsobu sedání základů: A) pokles střední části objektu, B) pokles pravé krajní části objektu, C) pouze horizontální složky posuvu, D) stanovení výsledného vektoru posuvu v trhlíně. Zpracoval: Ladislav Klusáček, 2016.

Obr. 4. Trhliny vyškovského zámku z hlediska jejich časového vývoje. Zpracoval: Ladislav Klusáček, 2016.

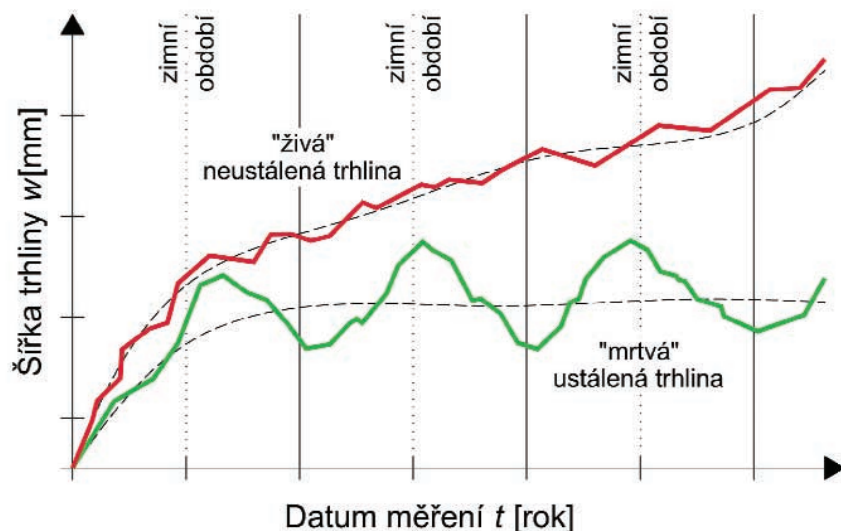
nami pouze lokálně. Poruchy těchto vodorovných nosných konstrukcí souvisejí s celkově problematickou celistvostí zdiva svislých nosných konstrukcí. Zdivo stropních klenb bylo zděno z cihel plných pálených s celkem pravidelnou polokřížovou vazbou a na vápennou maltu. Trhliny prokreslené v omítkách dolního líce stropní konstrukce prostupují ve spárách zdiva mezi jednotlivými cihlami. Cihly klenb jsou však porušeny pouze ojediněle.

Výrazně je také trhlínami poškozen dvoupodlažní objekt přiléhající k budově po levé straně. Dodatečné nerovnoměrné sedání objektu s průjezdem z náměstí do zahrady je příčinou vzniku šikmých trhlin ve svislém nosném zdivu, otevírání dolního líce vrcholů klenbových oblouků průjezdu i na vlastním tělese oblouků v průjezdu.

■ Poznámky

3 Antonín Paseka, Vyškov – arcibiskupský zámek, posudek základových poměrů, Vyškov 2003.

4 Zdeněk Bažant – Ladislav Klusáček, Hodnocení porušené konstrukce zámku ve Vyškově v roce 2008 a projekt dlouhodobého sledování. Závěrečná zpráva, Vyškov 2008; Idem, Zámek ve Vyškově – Sledování zámku. Závěrečná zpráva za rok 2009 – měřicí systém, Vyškov 2009; Idem, Zámek ve Vyškově – Sledování zámku. Závěrečná zpráva za rok 2014 – průběžné výsledky, Vyškov 2014. Zprávy uloženy v Ústavu betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně.



4

kolika vizuálních defektoskopických prohlídek diagnostikovány staticky závažné trhliny jak v obvodovém, tak i vnitřním nosném zdivu.

Stavebně-technický stav budovy

Geologické složení základové půdy, hloubka základové spáry a popis základových konstrukcí objektu byly řešeny v etapové úloze již v roce 2003.³ Základovou půdou v blízkosti objektu jsou měkké až tuhé spraše, které jsou vlivem působení vlhkosti náchylné k prosedání. Tyto procesy způsobují nerovnoměrné sedání, které vyvolává poruchy. Podle výsledků hydrogeologického průzkumu je půdní vlhkost zvýšena o cca 3,3–3,9 % v porovnání s běžným stavem. Nadměrná vlhkost základové půdy v okolí zámku je ovlivňována nedostatečnými a porušenými dešťovými svody, které vlivem netěsností prosycují objemově nestálé spraše.

Fasády jsou z hlediska přidržitosti omítkové malty a nátěrů k podkladu v uspokojivém stavu, i když stěna do dvora je narušena zasekanými a nezapravenými rozvody elektroinstalací.

Z hlediska statického spolupůsobení zdiva svislých nosných konstrukcí jsou objekty porušeny svislými a šikmými trhlínami. Nejzávažnější poruchy jsou v oblasti schodišťového prostoru a navazující budovy s průchodem do dvora. Také vztlínající zemní vlhkost je výrazná jak na vnitřních částech zdiva, tak i v interiéru budovy. Jsou zřejmá rovněž porušení obvodových stěn v nadokenním zdivu, kde se vyskytují téměř ve všech meziokenních liniích. Vzhledem k výše popsaným poruchám lze konstatovat, že nosné stěny přenášejí zatížení do základové půdy nerovnoměrně. Objekt se rozdělil na dílčí konstrukční celky.⁴

Typickou poruchou dolního líce stropních klenb nad 1. NP je jejich prolomení ve vrcholovém křížení podélných a příčných pásů. Charakteristické jsou také smykové trhliny mezi křížovými klenbami a hlavními klenbovými pásy. Takto je porušena zhruba polovina stropních konstrukcí nad 1. NP mezi obvodovou nosnou stěnou do náměstí a vnitřní nosnou stěnou. Valené a křížové klenby v chodbě 1. NP jsou porušeny trhlí-



5

Obr. 5. Měřicí ústředna DataTaker a strunový tenzometr.
Převzato z: <http://www.trinstruments.cz/datalogger-data-taker-di85gm>, vyhledáno 22. 11. 2016.

Vpravo po celé výšce objektu probíhá tříramenné schodnicové schodiště s kamennými stupni, které jsou uloženy na zpevněných násypch klenbových vodorovných nosných konstrukcí. Klenby jsou vynášeny obvodovým zdíkem budovy a vnitřními zděnými pilíři. Svislé nosné obvodové stěny v této části objektu jsou výrazně staticky narušeny mohutnými svislými a šikmými trhlinami.

Stanovení příčiny vzniku poruch s využitím kinematického rozboru

Z porovnání stavu monitorovaných poškozených konstrukčních prvků a celků trhlinami z roku 2003 až do současnosti v roce 2015 je zřejmé, že nebyly identifikovány nové trhliny. Šířka trhlin se ale v období více jak šesti let měnila. Trhliny byly hodnoceny jako podmíněčně stabilizované, tj. takové, jejichž šířka sice narůstá, ale růst v čase nemá havarijní naléhavost.

Velké množství trhlin v obvodovém i vnitřním nosném zdivu zámku má s největší pravděpodobností příčiny v podzákladí.

Trhliny lze z hlediska jejich nárůstu v čase rozdělit do dvou skupin.⁵ První skupinou jsou trhliny hodnocené jako „mrtvé“, tj. takové, jejichž šířka zůstává přibližně konstantní, nebo kolísá jen v závislosti na průběhu teploty (obr. 4). Roční periodicitu kolísání šířek těchto trhlin lze pak prokázat měřením. Druhou skupinou jsou naproti tomu trhliny „živé“, u nichž se sice kolísání šířek v závislosti na roční periodicitě teploty projevuje také, ale které současně vykazují narůstající trend. Rozlišení těchto dvou druhů trhlin se jeví jako klíčové, protože při porušení konstrukce trhlinami „mrtvými“, tj. takovými, jejichž šířka osciluje v čase kolem stálé hodnoty, lze s vysokou pravděpodobností předpokládat, že poruchový jev již odezněl a při volbě způsobu opravy není třeba dbát na jeho odstranění, ať už byl jakýkoliv. Prokáže-li se ale, že šířky trhlin mají jasný trend narůstání, pak

je nutné po příčinách poruch nadále pátrat. Jakékoli následné statické opatření bez současného odstranění příčin porušování historické konstrukce nese potom riziko, že bude účinné pouze podmíněně, tedy relativně krátkou dobu, nebo až do takového nárůstu namáhání konstrukce, který již opravenou konstrukci opět poruší. Dlouhodobé sledování šířek trhlin bylo již prováděno jinými autory,⁶ ovšem bez následné kinematické analýzy trhlinami oddělených částí.

Pro určení mechanismu porušení se vychází z kinematické analýzy, kdy je pro dvě trhlinou oddělené části konstrukce možné nalézt střed otáčení. Trhliny jako hlavní příznak poruchy mohou být hlavním vodítkem při hledání příčiny jejich vzniku. Na základě charakteru trhlin (směr a velikost rozevření v různých výškových úrovních) je možné získat střed, popřípadě více středů otáčení, a tím stanovit mechanismus porušení (obr. 3). Výsledný vektor posunutí v trhlíně lze získat pozorováním dvojice stejnolehých bodů (před vznikem trhliny se jednalo o totožný bod) jako přeponu vodorovného a svislého posunutí. Ne vždy je pomocí kinematické analýzy definován střed otáčení, v takovém případě rozbor trhliny poukáže na výrazně převládající jeden z vektorů posunutí. Z toho plyne, že porušení objektu nastalo převážně vodorovným ($u_x \gg u_y$), respektive svislým posunem ($u_x \ll u_y$).

Obecná metoda dlouhodobého monitoringu trhlin

Dlouhodobé sledování trhlinami porušených historických konstrukcí je, jak vyplývá ze samotného termínu, prováděno po delší časový úsek. V tom nejjednodušším případě se na trhliny osazují sádrové destičky, které se po jejich porušení znovu obnovují. Takto prováděné sledování je ve většině případů pouze kvalitativní. Prokáže se, že konstrukce se porušuje, ale přesné hodnoty se nezískají jednak pro nemožnost odečítání šířek na sádrové destičce, jednak z důvodu etapovitosti sledování, které se děje při občasných návštěvách. Poněkud lepších výsledků lze dosáhnout tzv. sázecím

deformometrem podle Hollana, kdy se při etapovitých návštěvách konstrukce sleduje změna délky měřících základen (200 mm) tvořených nalepenými terčíky. Při malých změnách šířek, kdy nelze mluvit o havarijním nárůstu v čase, jsou změny šířek trhlin ovlivněny teplotními změnami konstrukcí do té míry, že vyhodnocení etapovitě získaných hodnot se stává nejasné, nebo přímo nemožné. V takových případech je vhodné použití průběžného sledování – dlouhodobého monitoringu, kdy lze časovou frekvenci čtení údajů náležitě zhustit.

Pro sledování posunů ve staticky nejvýznamnějších trhlinách byl navržen a osazen uzavřený systém tenzometrického měření. Měřicí zařízení tvoří strunový tenzometr typu TSR/10/T od výrobce Gauge Technique International Ltd. (obr. 5). Princip měření spočívá v převodu změny délky snímací základny na změny frekvence struny. Výsledné poměrné přetvoření se potom stanoví ze vztahu:

$$\varepsilon = G \cdot (f_1^2 - f_0^2) \quad (1)$$

kde ε ... je poměrné přetvoření [$\mu\text{m}/\text{m}'$]

G ... je tzv. Gauge factor – výrobcem udávaná hodnota pro konkrétní snímač [–]

f_1 ... je měřená frekvence [Hz]

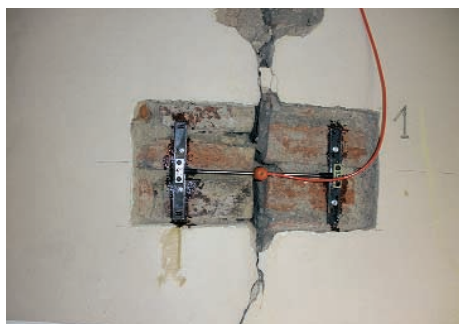
f_0 ... je výchozí frekvence [Hz]

Jsou-li tyto tenzometry použity ke sledování trhlin historických staveb, potom se předpokládá, že sledované přetvoření v mm/m , dělené délkou měřící základny (délkou tenzometru) je přímo úměrné změně šířky trhliny a přetvoření

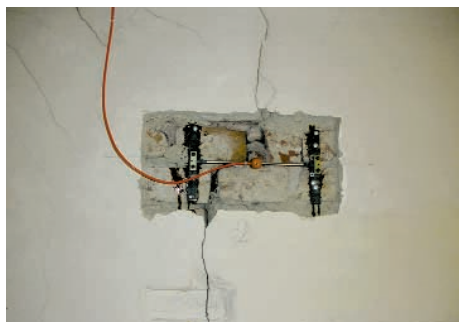
■ Poznámky

⁵ Carlo Cestelli-Guidi, Strengthening of Building Structures – therapy, IABSE reports XLV, 1983, s. 81–114. Dostupné na: <http://www.e-periodica.ch/cntmng?var=true&pid=bse-re-003:1983:45::12>, vyhledáno 11. 11. 2016.

⁶ Pavel Zíma, Long-term monitoring of mechanical damage on the historic structures, in: 18th International Conference ENGINEERING MECHANICS 2012, Svratka 2012, s. 1603–1610. Dostupné online na: http://www.engmech.cz/2012/proceedings/pdf/291_Zima_P-FT.pdf, vyhledáno 11. 11. 2016.



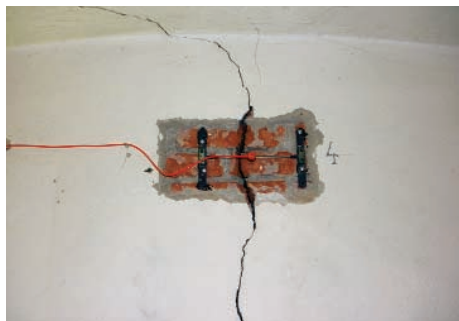
6



7



9



10



8



11

Obr. 6. Pohled na základnu č. 1. Foto: Ladislav Klusáček, 2015.

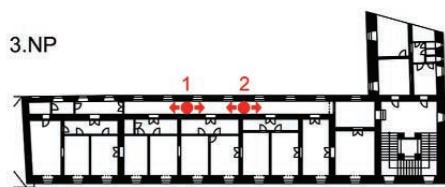
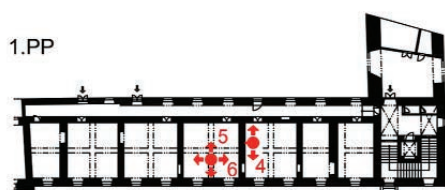
Obr. 7. Pohled na základnu č. 2. Foto: Ladislav Klusáček, 2015.

Obr. 8. Pohled na základnu č. 4. Foto: Ladislav Klusáček, 2015.

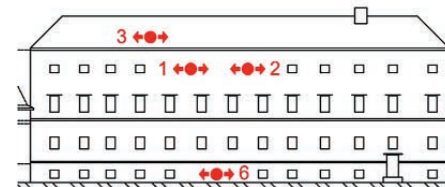
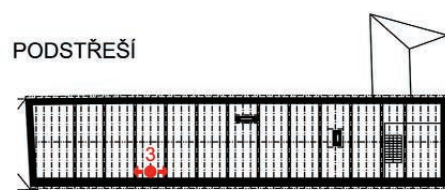
Obr. 9. Pohled na základnu č. 3. Foto: Ladislav Klusáček, 2015.

Obr. 10, 11. Pohled na základnu č. 5 a 6. Foto: Ladislav Klusáček, 2015.

Obr. 12. Schéma rozmístění měřicích základů v rámci zámku ve Výchově. Zpracoval: Ladislav Klusáček, 2016.



12



Obr. 13. Průběžné měření – horní úroveň objektu – základna č. 2. Zpracoval: Ladislav Klusáček, 2016.

Obr. 14. Průběžné měření – spodní úroveň objektu – základna č. 6. Zpracoval: Ladislav Klusáček, 2016.

Obr. 15. Průběžné měření – spodní úroveň objektu příčně – základna č. 4. Zpracoval: Ladislav Klusáček, 2016.

zdiva (betonu) v okolí trhliny vlivem mechanické napjatosti se zanedbává. To je přirozený předpoklad, protože trhliny vznikají právě po předchozím porušení pevnosti zdiva v tahu, jehož následkem napjatost zdiva vymizí. Lze tedy pokládat za nulové i přetvoření zdiva v okolí trhliny a měřenou změnu přetvoření přisoudit změně šířky trhliny.

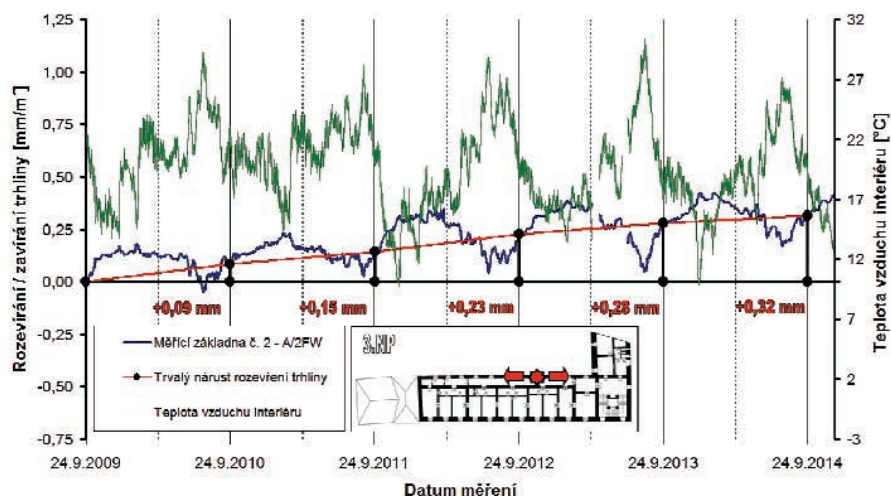
Běžné délky tenzometrů používaných ve stavebnictví jsou 5,5" a 10". Tenzometry kratší s délkou 5,5" jsou spíše využívány pro sledování přetvoření betonu, zatímco delší (10", 254 mm) jsou vhodnější pro sledování zdiva (obr. 6–12). Zdivo jako heterogenní soustava cihel a malty vykazuje při měření na krátkých základnách nepravidelnosti, které lze potlačit právě použitím delších základů. Také riziko uvolnění zbytků zdiva v bezprostředním okolí trhliny, a tím znemožnění měření je dalším důvodem pro volbu delších základů. Je vhodné také uvést, že tenzometry s délkou 10" jsou ty nejdelší ve vyráběném výrobním sortimentu.

Součástí snímání posunů v trhlíně je rovněž měření teploty okolního vzduchu v těsné blízkosti tenzometru. Teplotní čidla jsou již zabudována z výroby v těle snímače. Kolísání teploty v blízkosti vyšetřovaného místa může vést ke zkreslení výsledků měření. Tento vliv je možné odfiltrout zavedením do základního vztahu pro výpočet poměrného přetvoření teplotní součinitele T . Upravený vztah lze poté zapsat jako:

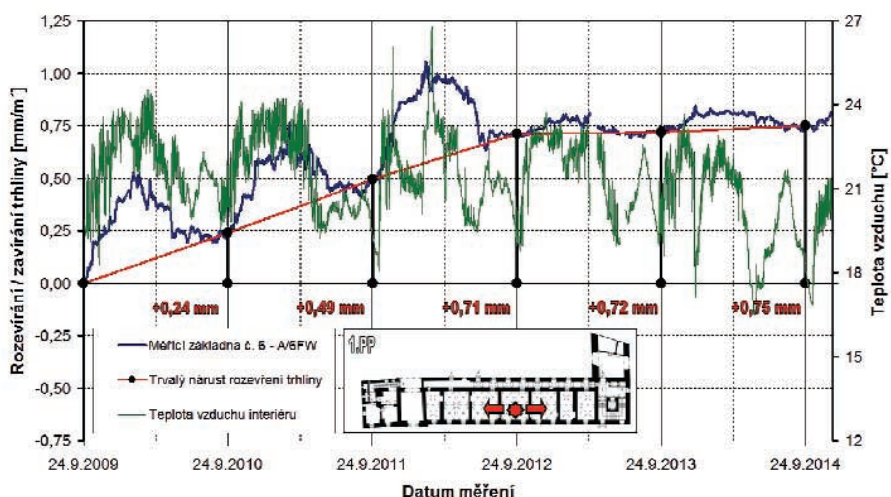
$$\varepsilon = G \cdot (f_1^2 - f_0^2) + T \cdot (t_1^2 - t_0^2) \quad (2)$$

kde T ... je teplotní součinitel – výrobcem udávaná hodnota pro konkrétní snímač [–],
 t_1 ... je měřená teplota [°C],
 t_0 ... je výchozí teplota [°C].

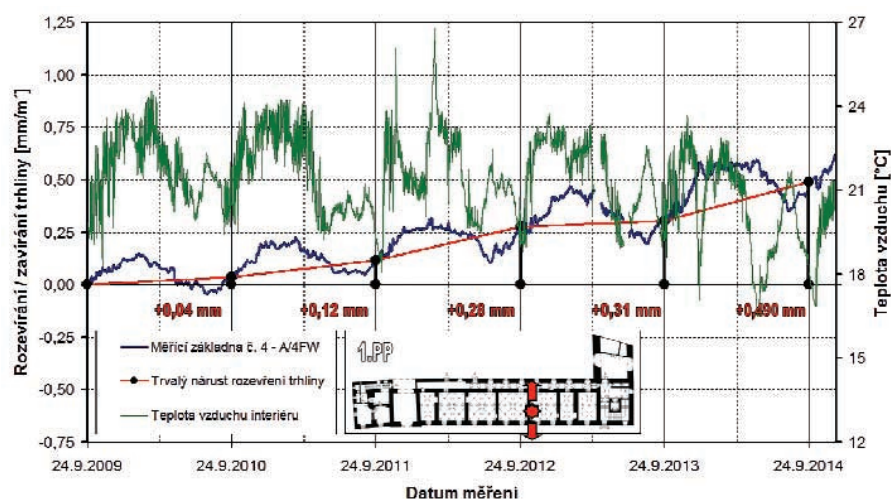
Pro dálkový přenos dat je použit koaxiální kabel, který je od každého snímače sveden do měřicí ústředny⁷ DT85 (obr. 5). Ta byla osazena v hlavním křídle zámku do plastové skříňky ve 2. NP. Uživatelem předem definovaný program zajistil, že měřicí ústředna ukládala požadované frekvence ze všech snímačů v pravidelném intervalu 20 minut. Připojení ústředny k veřejné síti internetu umožňuje vzdálené připojení a přístup k údajům z interní paměti, popřípadě upravení probíhajícího programu. Měřicí ústředny řady DT85 jsou u nás dodávány tuzemským distributorem (uveden v seznamu



13



14



15

na webových stránkách výrobce), který poskytuje v případě potřeby veškerou technickou podporu včetně školení a tvorby měřicích rozvrhů a programů. To je velká výhoda pro všechny, kteří chtějí uvedené ústředny použít, neboť měřicí systém lze osadit, oživit a provozovat již po krátkém zaučení.

Samotné strunové tenzometry jsou na vyšetřované konstrukci (zdivo, klenbový strop apod.) připevněny prostřednictvím montážních

■ Poznámky

⁷ Viz <http://www.datataker.com/DT85.php>, vyhledáno 11. 11. 2016.

ocelových destiček s oválnými otvory pro případné „naladění“ snímače. Tyto kotevní přípravky je vhodné přilepit na předem očištěné zdivo pomocí rychle reagujícího lepidla, garantujícího dobu tvrdnutí 25–30 minut. Fixaci přesné polohy destiček v době tuhnutí lepidla zajišťuje minimálně dvojice šroubů, přichycených do zdiva odpovídajícím počtem plastových hmoždinek (obr. 6–10). Při ladění je nutné dosáhnout takových pozic pomocných montážních destiček, které vyloučí nerovnoběžnosti a které budou ležet v jedné rovině. Pouze tak je možné zajistit, aby se kmitající struna nedotýkala stěn trubičky, ve které je umístěna. Potom struna kmitá s frekvencí ve výrobcem předepsaném intervalu. Je-li to nezbytné, je nutno povrch montážních destičky po osazení obrousit a tím odstranit popsáné odchylky.

Dlouhodobé měření posunů v trhlínách

Jak již bylo v předchozí části textu uvedeno, v místě staticky nejvýznamnějších trhlin byly osazeny tenzometrické měřicí základny (obr. 6–12). Snímače byly osazeny tak, aby bylo možné vyhodnocení chování nejenom v podélném, ale i v příčném směru objektu. Pracovně byl každý snímač označen číslicí 1 až 6, které jsou dále popsány.

Základna č. 1 se nachází zhruba v polovině hlavního křídla zámku, ve 3. NP, na trhlíně uprostřed světlé výšky podlaží na chodbě vnitřní zdi (obr. 6).

Základna č. 2 se nachází zhruba v polovině hlavního křídla zámku, ve 3. NP, na trhlíně pod stropem na chodbě v obvodové zdi (směrem do zámeckého parku, obr. 7).

Základna č. 3 se nachází zhruba v polovině hlavního křídla zámku, v podstřeší, na trhlíně v římse směrem do náměstí (obr. 9).

Základna č. 4 se nachází v levé části hlavního křídla zámku při pohledu z náměstí, v 1. NP, ve skladu přes příčnou zeď (obr. 10).

Základna č. 5 se nachází v levé části hlavního křídla zámku při pohledu z náměstí, v 1. NP, ve skladu přes podélnou trhlínu na spodním líci zděné klenby traktu do náměstí (obr. 10, 11).

Základna č. 6 se nachází v levé části hlavního křídla zámku při pohledu z náměstí, v 1. NP, ve skladu přes příčnou trhlínu na spodním líci zděné klenby traktu do náměstí (obr. 10, 11).

Průběžné vyhodnocení měření

Na základě průběžného vyhodnocení tenzometrického měření hlavního křídla zámku lze konstatovat, že všechna vyšetřovaná místa jsou stále aktivní. Ve všech případech (obr. 13, 14, 15) jsou průběhy poměrných přetvoření takové reakcí na kolísání teploty vzduchu v různých ročních obdobích. Z grafů závislosti venkovní teploty na čase je patrné, že v měsících s vyš-

šími teplotami dochází k zavírání a v zimním období k rozevírání trhlin. To odpovídá teplotní roztažnosti zdiva, kdy roztahující se zdivo v relativně kratším časovém úseku trhliny uzavírá.

Z dlouhodobého hlediska však dochází k trvalému nárůstu rozevření trhliny. To lze zjistit porovnáním šířek trhlin vždy ve stejném období ve všech po sobě sledovaných letech. Porovnáním teplot v okamžiku vyhodnocování v každém roce měření je patrný mírný pokles teploty přibližně o 3 °C za celou dobu sledování. Z pohledu vyšetřování pohybů v trhlínách lze tento jev zanedbat a uvažovat obdobné podmínky pro všechny uvedené cykly.

Základny osazené v horní úrovni objektu vykazují setrvalý nárůst rozevření trhlin v podélném směru hlavního křídla zámku v řádu desetin milimetrů (obr. 13), zatímco v dolní úrovni objektu narůstání šířky trhliny dosáhlo za sledované období hodnoty 0,75 mm (2,3násobek šířky trhliny v horní úrovni objektu). Nulový nárůst za poslední dva roky měření souvisí zřejmě s vyklizením budovy v souvislosti se změnou využití a bude patrně dočasný (obr. 14). V úrovni 1. NP je trvalý přírůstek přetvoření v příčném směru v řádu desetin milimetrů. Současné poznatky, podporované šestiletým měřením, ukazují na přetrvávající horizontální posuv doprovázený mírným poklesem ve střední části (obr. 13, 14). Z odvozeného mechanismu porušení je zřejmé, že u přilehlých jednopodlažních částí hlavního křídla nedochází v důsledku menšího přitížení základové spáry k tak výraznému sedání. To má za následek vznik šikmých trhlin v místě napojení na vícepodlažní část stavby.

Na pravé straně hlavního křídla zámku (při pohledu z náměstí) se nachází velmi málo prostorově tuhý schodišťový prostor, na který příčně navazuje budova muzea. Kombinací sedání střední pasáže a částečného „vetknutí“ do sousedního objektu dochází ke kroucení a následnému vzniku šikmých trhlin v obvodovém zdivu schodišťového prostoru.

V příčném směru objektu rovněž dochází k trvalému nárůstu přetvoření (obr. 15). To je s největší pravděpodobností způsobováno horizontální složkou výslednice obloukových sil v patách kleneb nad 1. PP, kterým obvodové zdivo nevytváří dostatečně tuhou oporu, respektive dochází k postupnému roztlačování obvodového zdiva dlouhodobým působením těchto sil.

Závěr

Celkový stavebně-technický stav nosných konstrukcí hodnoceného objektu je sice doposud uspokojivý, ale je třeba narušenou konstrukci nadále sledovat. Prováděné sledování v současnosti zaručuje, že není třeba se obá-

vat rozsáhlých poruch a že konstrukce vydrží v relativně stabilním stavu do doby, kdy pro stavbu bude nalezeno vhodné využití a kdy bude stavba opravena zásadně. Příčinou negativních změn (narůstání šířek trhlin) je především nerovnoměrné sedání částí posuzovaných objektů. Příčiny těchto jevů je třeba hledat ve změnách vlhkostních poměrů zemin v oblasti základových spár, v necitlivých stavebních zákrocích při instalaci technického zařízení budovy, hraničících se znehodnocením dílčích konstrukčních částí včetně oslabení profilů nosných konstrukcí.

Z porovnání stavu monitorovaných poškozených konstrukčních prvků a celků trhlínami z roku 2003 a současného stavu v roce 2015 je zřejmé, že nebyly identifikovány nové trhliny. Šířka trhlin se v uváděném období více jak pěti let ovšem měnila. Z jejich změny lze odvodit mechanismus porušování historické zděné nosné konstrukce. Na základě kritického zhodnocení velikosti přírůstků šířek trhlin v čase byly tyto šířky hodnoceny jako podmínečně stabilizované s tendencí mírného narůstání.

Před realizací jakéhokoliv záměru nového využití objektu je nutné vždy vypracovat projekt statického zajištění. V projektu statického zajištění mohou být zohledněny výsledky podrobného sledování změn šířek staticky nejzávažnějších trhlin. Dle výsledku měření již byl navržen a ideově zpracován způsob statického zajištění objektu pomocí horizontálně uspořádaných předpínacích lan při doplnění zesílení základů pouze ve střední části objektu.

Způsob dlouhodobého sledování šířek trhlin dokumentovaný na této památce je obecný. Umožňuje odvodit mechanismus porušování konstrukce, na jehož základě lze navrhnout efektivní způsob stabilizace historické konstrukce, podpořený objektivními výsledky měření. Je v souladu s evropskými doporučeními,⁸ která dále rozvíjí. Lze jej doporučit při přípravě, projektování a realizaci oprav, rekonstrukcí a stabilizací historicky cenných objektů. Objektivně získané údaje jsou pak nespochybnitelným argumentem pro volbu selektivně zaměřené metody statické rekonstrukce a stabilizace objektu.

Článek byl vytvořen v rámci řešení projektu č. LO1408 „AdMaS UP – Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“.

■ Poznámky

8 Michal Lukomski (ed.), Monitoring of historic structures European Commission Research Project: Smart Monitoring of Historic Structures – Guidelines, Stuttgart 2008. Dostupné online na: www.smoohs.eu/tiki-download_file.php?fileId=683, vyhledáno 11. 11. 2016.