

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 8/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A. Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu	225
Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J. Výzkum a ověření metod monitorování svahových posunů	229
Procházka, J. – Vobořilová, P. Měření posunů a přetvoření historických staveb geodetickými metodami	232
Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. – Pospíšil, J. Určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta v Praze	239
Maršák, J. – Buryan, P. Využití jílovců cyprisového souvrství ve stavebnictví	242
Jarušková, D. – Kuklíková, A. Metody odhadování kvantilů	246
Chmel, P. Analýza rizik při řízení výstavbových projektů – RiskControl	250

8 • 2003

ročník 12

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

- Záleský, J. – Chamra, S. –
Pruška, J. – Dobeš, Č. –
Mráz, J. – Sasínková, A.
- Projekt instrumentace
pro měření prostorových
deformací vybraných
objektů Pražského
hradu 225**
- Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.
- Výzkum a
ověření metod
monitorování
svahových
posunů 229**
- Procházka, J. – Vobořilová, P.
- Měření posunů
a přetvoření
historických
staveb geodetickými
metodami 232**
- Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. –
Pospíšil, J.
- Určení geometrických
parametrů vybrané
části katedrály
sv. Víta v Praze 239**
- Maršák, J. – Buryan, P.
- Využití jílovců
cyprisového souvrství
ve stavebnictví 242**
- Jarušková, D. – Kuklíková, A.
- Metody odhadování
kvantilů 246**
- Chmel, P.
- Analýza rizik při řízení
výstavbových projektů –
RiskControl 250**

CONTENTS

- Záleský, J. – Chamra, S. –
Pruška, J. – Dobeš, Č. –
Mráz, J. – Sasínková, A.
- Project of Instrumentation
for Measurement of 3-D
Displacements on Selected
Buildings of the Prague
Castle 225**
- Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.
- Investigation and
Verification
of Methods
of Slope Stability
Monitoring 229**
- Procházka, J. – Vobořilová, P.
- Displacements and
Deformations Measurement
of Historical Buildings
with Geodetical
Methods 232**
- Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. –
Pospíšil, J.
- Determination of Geometrical
Parameters of a Selected
Part of St. Vitus Cathedral
in Prague 239**
- Maršák, J. – Buryan, P.
- The Use of Claystones
of Cypris Strata in the
Construction Industry 242**
- Jarušková, D. – Kuklíková, A.
- Methods for Quantiles
Estimation 246**
- Chmel, P.
- Risk Analysis in Construction
Projects Management –
RiskControl 250**

INHALT

- Záleský, J. – Chamra, S. –
Pruška, J. – Dobeš, Č. –
Mráz, J. – Sasínková, A.
- Instrumentierungsprojekt
für die Messung räumlicher
Verformungen ausgewählter
Objekte der Prager
Burg 225**
- Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.
- Untersuchung und Prüfung
von Verfahren zur
Beobachtung von
Hang-/ Böschungs-Verschie-
bungen 229**
- Procházka, J. – Vobořilová, P.
- Messung der Verschiebungen
und Verformungen
historischer Gebäude
mit geodätischen
Methoden 232**
- Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. –
Pospíšil, J.
- Bestimmung der
geometrischen Parameter
eines ausgewählten Teils des
St.-Veits-Doms in Prag 239**
- Maršák, J. – Buryan, P.
- Nutzung von Tongesteinen
der Cypris-Schichtengruppe
im Bauwesen 242**
- Jarušková, D. – Kuklíková, A.
- Verfahren zur Schätzung
von Quantilen 246**
- Chmel, P.
- Risikoanalyse
bei der Leitung
von Bauprojekten 250**

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

Ing. Petr KUNEŠ, CSc.

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

prof. Ing. Adolf PATERA, DrSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává
Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou
stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU
Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů
a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem
stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí
redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce:
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596,
klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor.
Vychází každý měsíc kromě července a srpna,
cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a
balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá
Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00
Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz.
Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplace-
ného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Tech-
nická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Po-
dávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím
pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do
tisku 3. 9. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu

Ing. Jan ZÁLESKÝ, CSc.
Ing. Svatoslav CHAMRA, CSc.
doc. Dr. Ing. Jan PRUŠKA
ČVUT – Fakulta stavební

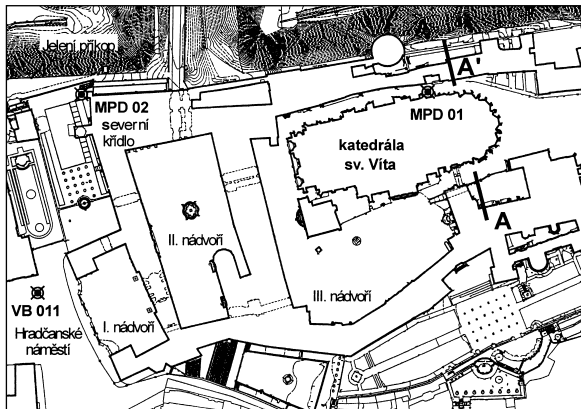
Ing. Čestmír DOBEŠ
Křístek, Trčka a spol., s.r.o.

Ing. Jiří MRÁZ
Ing. Alena SASÍNKOVÁ
Správa Pražského hradu

V článku je popsán způsob sledování deformací vybraných částí konstrukce katedrály sv. Víta a podloží. Jde o kombinaci a způsob propojení geodetických a geotechnických metod s cílem zajistit vysokou přesnost měření a dlouhodobou využitelnost, které jsou základem sledování historických staveb. Po přehledu situování měření se hlavní důraz klade zejména na využití geotechnických metod.

Úvod

Měření prováděná na katedrále sv. Víta a na západní straně severního křídla Pražského hradu jsou zaměřena na dlouhodobé sledování vývoje deformací na stávajících trhlinách. U obou objektů se zjišťují deformace na trhlinách a v případě katedrály se geodeticky sledují čtyři vystrojené profily uvnitř chrámové lodě. Měření jsou relativní, to znamená, že nemohou za současné instrumentace vystihovat přetváření vztahená k systému vztažných bodů, a poskytovat tak ucelený obraz o chování objektů a jejich podloží.



Obr. 1. Zájmová část území Pražského hradu

MPD 01, MPD 02 – poloha vrtů pro sledování prostorových deformací podloží a vybraných základů objektů, VB 011 – vztažný bod zřízený jako součást navrženého systému 12 vztažných bodů pro geodetická měření

Na pozorovaných bodech, osazených uvnitř katedrály, se provádějí geodetická měření s možností zvýšení přesnosti mechanickým měřením změn vzdáleností distometrem, nevyžadující úpravy bodů [1]. Pro objektivní sledování deformace podloží byl v projektu navržen vrt vystrojený pro sledování prostorových změn základu pilíře katedrály a podloží ve Vikářské ulici.

Západní strana severního křídla Pražského hradu byla v devadesátých letech sanována sepnutím konstrukce táhly v úrovni stropů. S ohledem na dlouhodobý vývoj poruch před sanací a vzhledem k současnému stavu trhlin bylo třeba doplnit měření prostorových deformací a měření geodetická, aby bylo možné objektivně ověřit jejich výsledek a sledovat, zda svahové pohyby nebo založení pilíře nejsou zdrojem dalších deformací. Podle návrhu projektu byl realizován vrt se speciální výstrojí pro měření jak svislých deformací pro vystižení sedání základů pilíře, tak deformací vodorovných (ve svislých intervalech po 1 m) pro zjištění případných svahových pohybů.

Geologické a hydrogeologické poměry

Geologické poměry území Pražského hradu (obr. 1) nejsou složité, ale antropogenní činností spojenou se stavebními úpravami hradčanského návrší se během posledních staletí zkomplikovaly. Skalní podloží areálu tvoří ordovické horniny spodního paleozoika – stupně beroun [2]. Jde o mohutný, silně provrásněný a tektonicky porušený komplex letenského souvrství, ve kterém se střídají polohy prachovitých a drobových břidlic s vrstvami pískovců a křemenců. Jsou to pevné, deskovitě vrstevnaté stejnorodé horniny s nápadně nerovnými až hrboлатыmi vrstevními plochami. Hlavní směr jejich sklonu je v prostoru lokality průměrně 50° k jihu až jihovýchodu [3], [4]. Celé souvrství vytváří morfologicky nápadný, ostře ohraničený ostroh ve směru východ – západ. Od středověku byl ostroh intenzivně přetvářen lidskou činností se stálým rozšiřováním hradních objektů, přičemž jeho vrcholové partie byly zarovnávány a odtěženou horninou byla rozšiřována plošina hradčanského návrší. Skalní podklad vystupuje k povrchu (nebo do hloubky 2 m) pouze v prostoru I. a II. hradního nádvoří [5].

Pokryvné útvary jsou tvořeny převážně materiálem z navážek získaných při civilizačních úpravách návrší, které

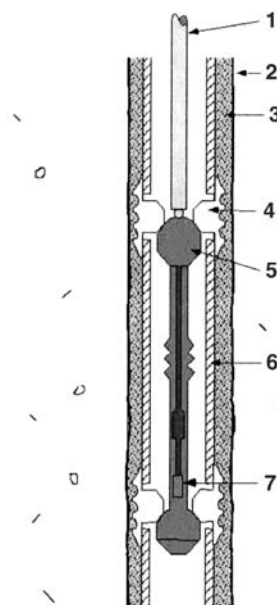
ve sledovaném území dosahují mocnosti 5 až 10 m. Tyto navážky leží zčásti na svrchních zvětralých partiích letenských břidlic. Jde o hlíny a písčité hlíny s úlomky a sutí břidlic, místy i pískovců. Jejich mocnost se pohybuje řádově v prvních metrech.

Návaznost geotechnických a geodetických metod

V roce 2001 byl proveden vrt procházející základovou konstrukcí katedrály sv. Víta a byla zahájena periodická měření přetvoření podloží [6]. Za přispění Výzkumného záměru MSM 210000001 a spolupráce s Katedrou speciální geodézie ČVUT byl zpracováván návrh a nový způsob provedení vztažných bodů s užitím vysoce přesného měřicího systému prostorových deformací podloží. Měření jak na katedrále sv. Víta, tak na západní straně severního křídla Pražského hradu byla prováděna s cílem dlouhodobého sledování vývoje deformací na stávajících trhlinách. U obou objektů se měří deformace na trhlinách a v případě katedrály se geodeticky sledují čtyři vystrojené profily uvnitř chrámové loďe. Měření jsou relativní, a nemohou tedy za současné instrumentace vystihovat přetváření vztažená k systému vztažných bodů, a poskytovat tak ucelený obraz o chování objektů a jejich podloží. Proto byl v roce 2002 zřízen jeden z nového typu vztažných bodů (VB 011 – obr. 1) v blízkosti areálu Pražského hradu na Hradčanském náměstí. Na tento bod spolu s vrty MPD01 a MPD02 byla geodetická měření připojena.

Měřicí zařízení

Základem vybavení je sonda klouzavého mikrometru, zavěšená na pancéřovaném kabelu, která slouží k měření osových deformací teleskopických pažnic. Má měřicí rozsah ± 10 mm, délku základny 1 000 mm, citlivost na změnu činí 0,001 mm/m, přesnost 0,003 mm/m. Je vybavena vestavěným snímačem teploty, vodotěsná do 15 barů a ovládá se pomocí vodicích tyčí, v pažnici je vedena řetězem.

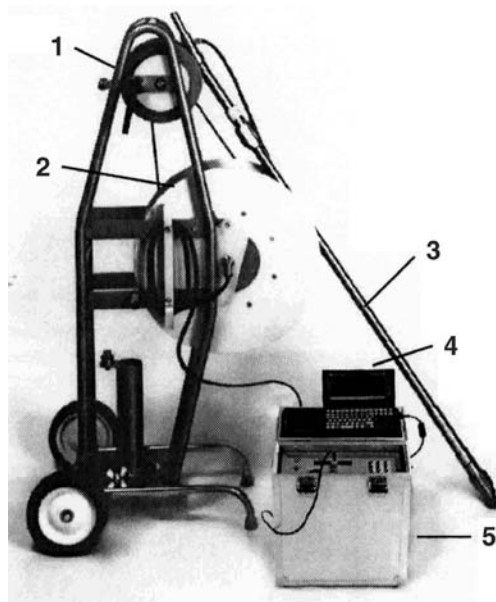


Obr. 2. Schéma sondy v měřicí pažnici a prostředí
1 – vodicí tyče, 2 – stěna vrtu,
3 – jílocementová zálivka,
4 – měřicí značka (kuželová),
5 – hlava (kulový tvar),
6 – pažnice,
7 – indukční snímač (LVDT)

Prostředí, tj. základová půda, je injektováním zálivky spojena s měřicí pažnicí. Díky tvaru pažnice a teleskopicky nasazeným spojkám je deformace prostředí, rovnoběžná s osou pažnice, přenášena na spojky, které mají uvnitř

měřicí značky ve tvaru kužele. Vysoké přesnosti měření a reprodukovatelnosti polohy sondy je dosaženo díky kombinaci dosedacích ploch – kužele v měřicí značce a koule na hlavících sondy – a kvalitnímu dílenskému opracování styčných ploch. Pro omezení vlivu teploty při kalibraci a měření je podmínkou použití sondy s jádrem z invarové oceli a kalibračního zařízení rovněž s invarovou ocelí. Kalibrace se provádí vždy před zahájením sady měření a po něm.

Využití upravené inklinometrické sondy, u které se zajišťuje poloha ve vystrojeném vrtu podle značek klouzavého mikrometru, umožňuje zvýšení přesnosti měření vzhledem k velmi dobré reprodukovatelnosti polohy a díky kvalitě provedení kombinované pažnice s obvyklým systémem čtveřice vodicích drážek. K měření se využívá stejné zařízení jako na obr. 3. Inklinometrická sonda má základnu 1 m.



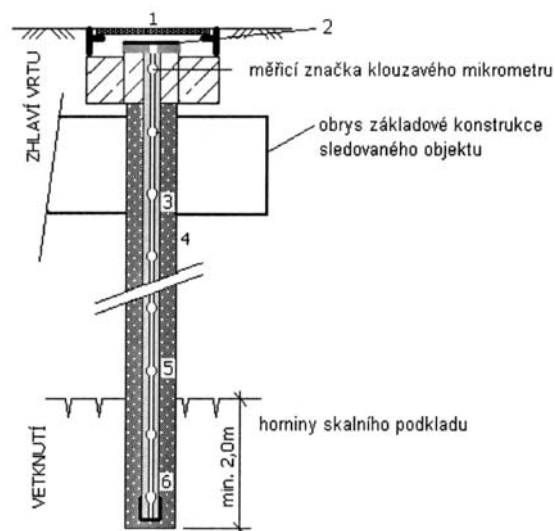
Obr. 3. Sestava klouzavého mikrometru pro měření (bez vodicích tyčí a vodicího řetězu)
1 – vrátek, 2 – kabel, 3 – sonda klouzavého mikrometru,
4 – palmtop, 5 – měřicí ústředna SDC

Instrumentace

Schematický řez vrtem vystrojeným pro měření prostorových deformací je na obr. 4. U vrtů MPD 01 a MPD 02 je výstroj vedena přes zdivo sledovaných objektů v místě rozšíření základů pod povrchem terénu (dlažby). Výstroj je vždy vetknuta do hornin skalního podkladu, které je možno považovat za stabilní, alespoň 3 m [7]. Zaměření zhlaví umožňuje ověřit správnost uvedeného předpokladu.

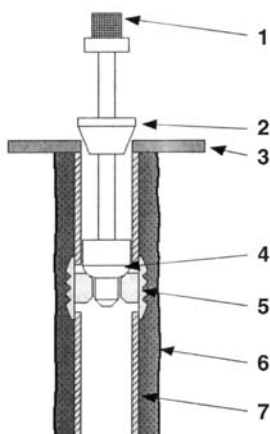
Vrt VB 011 je první ze systému vztažných bodů, které byly v areálu Pražského hradu zřízeny. Jeho konstrukce a vystrojení jsou obdobné jako na obr. 4, ale místo obrysu základového prvku konstrukce je patka provedena do takové hloubky, aby v ní mohly být zabetonovány dvě měřicí značky kombinované výstroje pod uzávěrem. Zhlaví vrtu je rovněž kryto uzávěrem, ale na povrchu patky bude osazena základna snímatelného pilíře pro nucenou centraci geodetických přístrojů. Proměření výstroje poskytne informace o poloze patky (základny) pilíře s vysokou přesností díky užití technice geotechnických měření prostorových deformací. Přesnost měření osových deformací výstroje vrtu, tzn. zprostředkovaných relativních přetvoření materiálu podél výstroje, je 0,003 mm/m, citlivost na změnu je 0,001 mm/m podle údajů výrobce a odpovídá výsledkům

našich ověřovacích měření v testovacím vrtu TV 01 v areálu fakulty.



Obr. 4. Schéma instrumentace pro měření prostorových deformací
1 – litinový poklop kruhový (průměr 360 mm), 2 – uzávěr výstroje vrtu, 3 – kombinovaná měřicí výstroj, 4 – vrt o průměru do 140 mm, 5 – jílocementová závlivka, 6 – spodní uzávěr výstroje

V případě měření příčných deformací pomocí inklinometrické sondy je udávaná přesnost vyšší než 0,1 mm/m. Ve skutečnosti je oprávněný předpoklad přesnosti vyšší vzhledem k přesnosti reprodukovatelnosti polohy sondy ve vrtu vazbou na měřicí značky klouzavého mikrometru a její vyšší citlivosti. Možnost prokázání je předmětem kalibrací a úprav v rámci uvedeného projektu a výzkumného záměru. Výsledky testů potvrzují oprávněnost předpokladu o přesnosti 0,02 mm/m.



Obr. 5. Řez měřicí pažnicí s vloženým přípravkem pro určení vztážného bodu

1 – optická centrace geodetických přístrojů a napojení antény GPS, 2 – středící posuvný kužel, 3 – uzávěr pažnice, 4 – kulová plocha dosedající do kuželové značky, 5 – značka klouzavého mikrometru, 6 – jílocementová závlivka, 7 – kombinovaná pažnice

Zvýšení jejich přesnosti proti přesné inklinometrii je dosaženo vztážením polohy inklinometrické sondy s délkou rovněž 1 m k měřicím značkám výstroje klouzavého mikrometru. Uvedeným vystrojením a použitým způsobem měření je zajištěna vysoká přesnost sledování vývoje svislých i vodorovných deformací. Úprava výstroje, navázání na geodetická měření byla předmětem výzkumu v rámci grantového projektu a výzkumného záměru.

Přesnost napojení na geodetická měření

Napojení vysoce přesných geodetických měření je pomocí přípravku vyrobeného ve spolupráci se Strojní fakultou ČVUT (obr. 5). Podmínkou navázání geodetických měření na výsledky geotechnických měření je opakovaná realizace charakteristického bodu pažnice – zhlaví vystrojeného vrtu. Jeho určení umožní centraci geodetických přístrojů (teodolitu, univerzálního elektronického teodolitu) a pomůcek (odrazného hranolu, cílového znaku apod.) pro měření. Do středícího trnu je shora vyvrtána centrační značka pro dostředění při měření ze stativu. Přípravek (vločka pažnice) je navržen též jako bod pro přesnou nivelaci.

V blízkosti Fakulty stavební ČVUT byl v roce 2002 proveden vrt TV 01 k ověření reprodukovatelnosti měření, přesnosti navrženého provedení instrumentace vztážných bodů pro geodetická měření a zkoušení úprav pro zajištění co nejvyšší přesnosti prováděných měření.

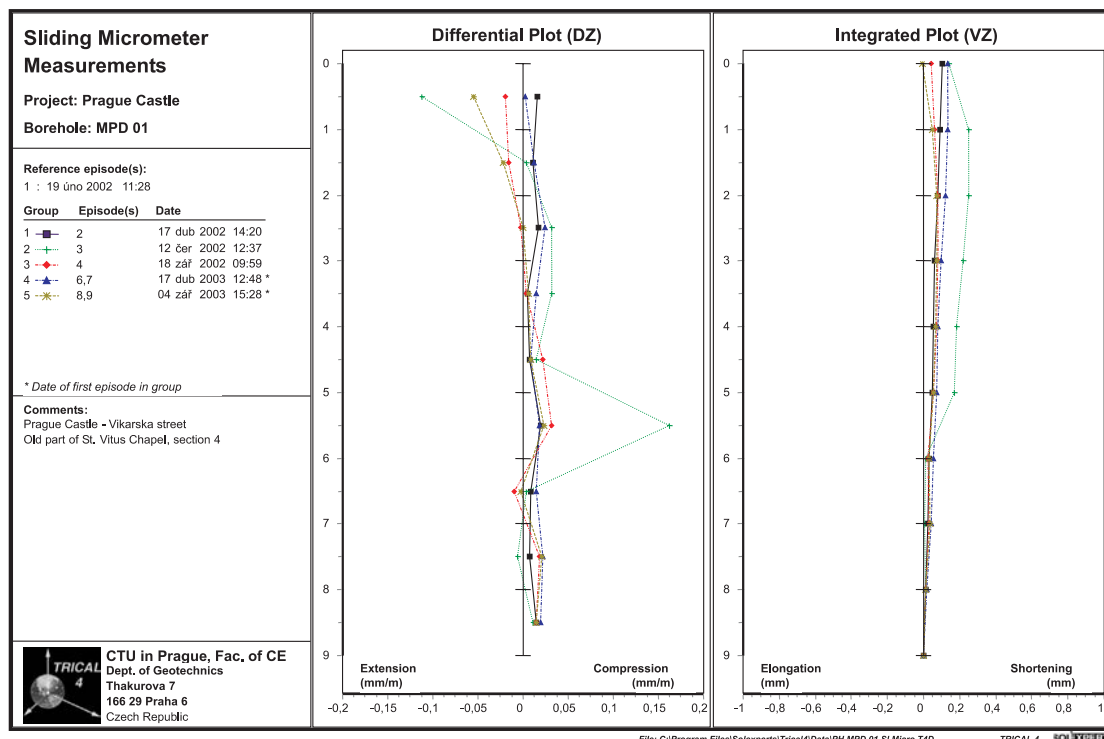
Geotechnická měření

Měření a použití klouzavého mikrometru (výrobce Solexperts AG) je popsáno např. v [8]. Citlivost modifikovaného inklinometru na změnu činí 0,002 mm/m. Zápis dat a použitý software umožňuje okamžitou kontrolu přesnosti měření. Příklad části výsledků měření ve vrtu MPD 01 je uveden v obr. 6. Jde o zobrazení osových deformací ve výstroji vrtu provedené přes základové zdvo katedrály sv. Víta do podložních břidlic. Základová spára je v hloubce cca 5 m pod povrchem terénu. Levá část grafu představuje poměrné deformace vztážené k měřicím základním délky 1,0 m, pravá pak deformace součtové za předpokladu tzv. pevné paty vrtu. Deformace v blízkosti povrchu lze přičíst převážně teplotním změnám. Pod základovou spárou se nachází zóna zvětralé břidlice o tloušťce cca 1,5 m, ve které jsou rovněž naměřeny určité deformace. V obou případech, pokud skutečně jde o cyklické chování, jak lze odečíst z časové závislosti, nemohou mít tato přetvoření negativní vliv na konstrukci.

Závěr

Na chování historických objektů působí řada vlivů, které je obtížné charakterizovat a stanovit jejich nebezpečnost pro vývoj technického stavu. Dlouhodobé sledování vývoje deformací celých objektů a významných trhlin umožňuje rozlišení cyklického přetváření a přetváření, které vykazuje rozvojové trendy. Základem popisu chování konstrukce je vystižení změn měřených hodnot v ročním cyklu a jejich upřesňování v následujících obdobích včetně odlišení rozvojových trendů. Tento požadavek klade vysoké nároky na přesnost a stabilitu měření. Proto je věnována zvýšená pozornost i zkouškám reprodukovatelnosti měření a ověřování dosažených hodnot a odpovídajícím způsobem sanovat.

V prvním případě, cyklickém (standardním) chování, jde zejména o důsledky změn teploty v průběhu ročních období, patřící k běžným projevům konstrukcí. Toto chování není zpravidla příliš nebezpečné, ale může vést k šíření poruch v důsledku únavy materiálu a k jeho rychlejšímu stárnutí. Druhý případ svědčí o rozvoji poruch vyvolaných vnějšími vlivy (např. velmi pomalými svahovými pohyby) nebo je projevem změn v konstrukci objektu, které mohou být nebezpečné a které je nutné analyzovat a odpovídajícím způsobem sanovat.



Obr. 6. Výsledky měření osové deformace základu a základové půdy ve vrtu MPD 01 ve Vikářské ulici

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/01/1045 GA ČR „Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu“ a výzkumného záměru MSM 210000001 k instrumentaci testovacího vrtu a budoucího měřicího polygonu u Fakulty stavební ČVUT.

Literatura

- [1] Dobeš, Č. – Procházka, J. – Záleský, J.: Katedrála svatého Víta. Projekt dlouhodobého sledování stability konstrukce. Praha, Křístek, Trčka a spol., 2000.
- [2] Inženýrskogeologická mapa v měřítku 1 : 5 000, list Praha 7-1. PÚDIS Praha, 1972.
- [3] Záruba, Q.: Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy. Praha, Státní geologický ústav 1948.
- [4] Praha a inženýrská geologie. [Sborník], Seminář k 80. narozeninám akademika Záruby. Praha, ČSVTS 1979.
- [5] Král, J. – Kleček, M. – Polák, P. – Biener, V.: Pražský hrad. Posouzení inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů. Praha, K+K průzkum – sdružení specialistů 1995.
- [6] Záleský, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J.: Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací. Katedrála svatého Víta a Matheyho pilíř. Praha, ČVUT 2001.
- [7] Záleský, J. – Chamra, S. – Pospíšil, J. – Štroner, M. – Demel, J.: System of Long-Term Monitoring of Historical Buildings in the Prague Castle Area. Proc. 2nd Int. Conference on Soil Structure Interaction in Urban Civil Engineering, COST Action 7, Vol. 2, Zürich, 2002, pp. 497–500.
- [8] Záleský, J. – Procházka, J. – Pruška, J.: Geodetic and Geotechnical Long-Term Monitoring Applied for the Prague Castle Area. Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Berlin, 2002.

Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A.: Project of Instrumentation for Measurement of 3-D Displacements on Selected Buildings of the Prague Castle

This article describes methods of monitoring of selected parts of the St. Vitus cathedral structure and subsoil. Combined surveying and geotechnical measurements are applied to achieve high precision in long-term monitoring. After describing the locations of the measurements, the ways of linking geodetical and geotechnical methods are highlighted.

Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A.: Instrumentierungsprojekt für die Messung räumlicher Verformungen ausgewählter Objekte der Prager Burg

Im Artikel wird ein Verfahren zur Beobachtung der Verformungen von Teilen der Konstruktion des St. Veits-Doms und des Untergrundes beschrieben. Es handelt sich um eine Kombination und ein Verfahren zur Verknüpfung geodätischer und geotechnischer Methoden mit dem Ziel, eine hohe Messgenauigkeit und langfristige Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten, welche Grundlage für die Beobachtung historischer Gebäude sind. Nach der zusammenfassenden Darstellung des Messverfahrens wird insbesondere die Anwendung geotechnischer Methoden betrachtet.

Výzkum a ověření metod monitorování svahových posunů

*doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.
Ing. Jan ZÁLESKÝ, CSc.
doc. Dr. Ing. Jan PRUŠKA
ČVUT – Fakulta stavební
Praha*

Projekt je zaměřen na výzkum hranice použití různých geotechnických a geodetických metod při monitorování stability svahů, ověření jejich citlivosti, přesnosti a meze jejich použití ve vztahu k místním podmínkám a ohodnocení stability svahu a vývoje deformací masivu na vybraných lokalitách v severních Čechách. Na závěr řešení projektu bude také studován vztah monitorovaných dat a různých metod určení stability svahu.

Úvod

Monitorování svahových deformací se velmi často používá ke sledování pohybů nestabilních oblastí na základě kombinace řady metod. Vzájemné propojení je často problematické pro rozdílnou přesnost užitých metod a rozdíly v přístrojové technice (zvláště v případě rozsáhlých oblastí). Z těchto důvodů a vzhledem k ustanovením Eurocodu 7 řeší Katedra geotechniky FSv ČVUT v Praze projekt výzkumu různých metod sledování svahových pohybů, který je založen na předchozích zkušenostech a výběru dvou modelových lokalit v severních Čechách s probíhajícími svahovými pohyby, a to povrchového dolu Chabařovice a levé části údolí řeky Labe nad obcí Vaňov.



Obr. 1. Modelová lokalita Rabenov v bočním svahu povrchového dolu Chabařovice

Dále rozvíjí metodiku systematického přístupu k monitorování svahových pohybů a vyvíjí způsoby využití vybraných prvků s cílem snížit náklady a zvýšit hodnověrnost měření. Součástí je výzkum použitelnosti a vhodnosti aplikace dále uvedených metod sledování stability svahů, ověření jejich citlivosti, přesnosti a meze využití vzhledem k podmínkám lokality a ocenění vývoje deformace masivu. V další etapě řešení projektu bude studována návaznost zjištěných dat na možnosti užití ve výpočetních metodách (FEM, PLAXIS, FLAC/UDEC). V závěrečné fázi řešení budou vypracovány uživatelské návody a doporučení pro návrh systému sledování, instrumentaci a využití dálkového průzkumu i GPS.

Geotechnická instrumentace

Výzkum možností využití různých metod sledování svahových pohybů probíhá v uvedených modelových lokalitách. V oblasti bočního svahu povrchového dolu Chabařovice (který je rekultivován) probíhají svahové pohyby (obr. 1). V nestabilní různě ukloněné části byly zjištěny nestejně plochy, rozdílná rychlost pohybu a hloubka smykové plochy. Proto lze v této lokalitě použít široký rozsah monitorovacích metod:

- kombinaci klouzavého mikrometru a inklinometru s vysokou přesností v referenčních bodech a klouzavého deformometru (rozsah posunu 100 mm/m);
- geodetická měření přístrojem Leica TC 1800, přemístitelné měřicí body instalované využitím dynamické penetrace;
- standardní inklinometr s magnetickou měřicí značkou ve výstroji;
- měření pórových napětí;
- radarovou interferometrii (založenou na satelitním snímkování).

Propojení měření prostorových deformací podloží a měření geodetických

K propojení geodetických měření s vysokou přesností byl využit přípravek [2] vyráběný ve spolupráci se Strojní fakultou ČVUT v Praze [1] (obr. 2, obr. 3). Podmínkou navázání geodetických měření na výsledky geotechnických měření je opakování realizace charakteristického bodu pažnice, tj. zhlaví vystrojeného vrtu. Jeho určení umožní centraci geo-



Obr. 2. Středící trn



Obr. 3. Referenční bod s vloženým středícím trnem a stativ přístroje Leica TC 1800

detických přístrojů (teodolitu, univerzálního elektronického teodolitu) a pomůcek (odrazného hranolu, cílového znaku apod.) pro měření. Proto byla navržena souprava pro určení vztážného bodu pažnice v zhlaví vrtu. Do středícího trnu shora je vyvrtána centrační značka pro dostředění při měření ze stativu.

Vlastní měření – příklad z části lokality Rabenov

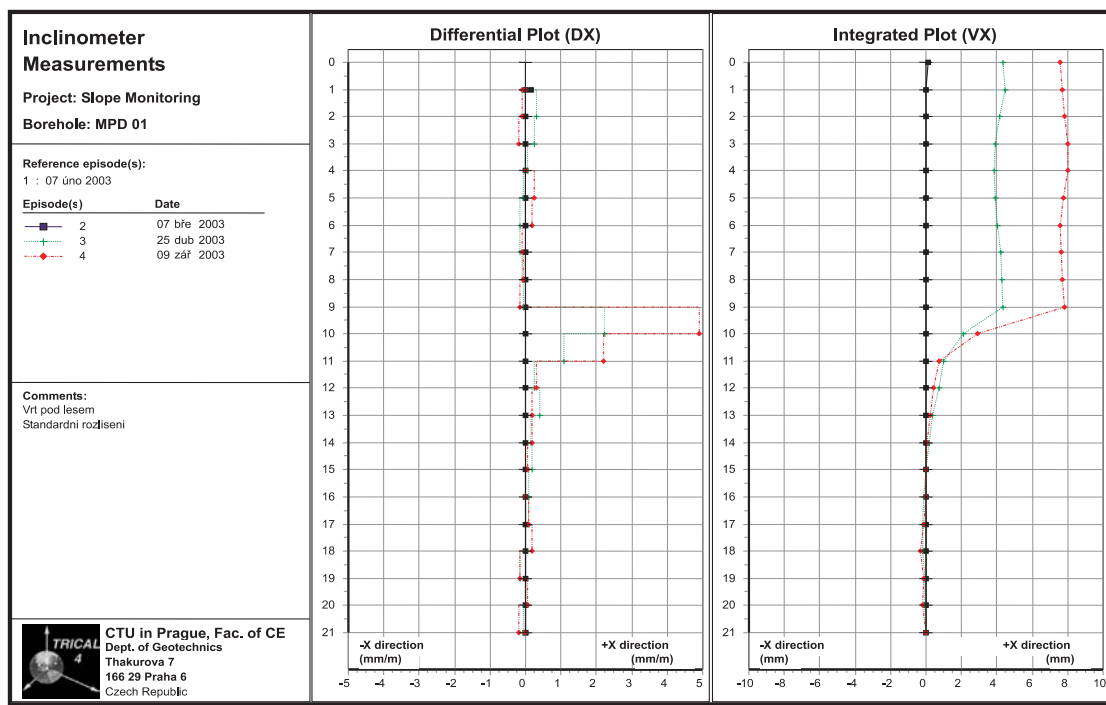
Na základě existujících záznamů, vlastních terénních zkoušek dynamickou penetrací, pozorování a po předcho-

zích rozbořech a stabilitních výpočtech na uvedené lokalitě byly stanoveny předpoklady vývoje svahových pohybů a polohy pravděpodobných smykových ploch. Jako příklad složitějšího chování, než by odpovídalo předpokládám, uvádíme příklad velmi mírného svahu (sklon 3 až 5° od vodorovné) s mělkými svahovými pohyby. Hloubka pravděpodobné smykové plochy byla uvažována v rozmezí 3 až 6 m pod povrchem terénu, systém svahových pohybů v uvedené zóně skutečně existuje a je aktivní. Hluboký instrumentovaný vrt umístěný v horní části svahu však ukazuje i na výrazně hlubší oblast smykových přetvoření v oblasti pevných až tvrdých podložních jíílů (obr. 4). Vrt byl zřízen pro ověření výše uvedených předpokladů výskytu smykových ploch a ukazuje na složitou kinematiku svahových pohybů sledované oblasti. Současné měření tzv. klouzavým deformetrem ukazují na kontraktantní chování materiálu v oblasti smykového přetváření.

Závěr

Řešení projektu umožní komplexní přístup k ověřování svahových pohybů díky možnostem rozšířeného monitorovacího systému a vhodnému doplnění stávajících měření. Speciální instrumentace vrtů (s životností v desítkách let) umožňuje dlouhodobé měření, což zaručuje objektivní hodnocení chování půdního podloží a odhad či vyloučení svahových pohybů sledované oblasti (jako zdroje přetvoření). Zařízení vyvinuté pro geotechnické monitorování umožňuje zavést nový typ referenčních bodů, které usnadní napojení geotechnického měření na geodetické jak v městské zástavbě, tak v rozsáhlých územích.

Článek vznikl za podpory projektů č. 103/102/116 „Výzkum a verifikace metod sledování svahových pohybů“ a č. 103/01/1045 „Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu“ GA ČR.



Obr. 4. Neočekávané výsledky inklinometrických měření poukazují na novou plastickou oblast ve velké hloubce v podložních jílech zpravidla pevné až tvrdé konzistence

Literatura

[1] Záleský, J. – Procházka, J. – Pruška, J.: Geodetic and Geotechnical Long-Term Monitoring Applied for the Prague Castle Area. Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, 2002.

[2] Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu. Projekt č. 103/01/1045 GA ČR. ČVUT Praha, 2001

Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.: Investigation and Verification of Methods of Slope Stability Monitoring

The project is focused on investigation of limits of applicability of a variety of geotechnical and geodetical methods of slope stability monitoring. The project also seeks to verify the sensitivity, accuracy and limits of use of these methods in relation to site conditions and assess slope stability and mass deformation development in selected sites in North Bohemia. Finally, the relation of the monitored data to different methods of slope stability assessment will be studied.

Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.: Untersuchung und Prüfung von Verfahren zur Beobachtung von Hang-Böschung-Verschiebungen

Das Projekt behandelt die Ermittlung der Grenze der Brauchbarkeit verschiedener geotechnischer und geodätischer Verfahren bei der Beobachtung der Stabilität von Hängen und Böschungen, die Überprüfung ihrer Empfindlichkeit, Genauigkeit und die Grenze ihrer Brauchbarkeit in Bezug auf die örtlichen Verhältnisse sowie die Bewertung der Stabilität eines Hangs oder einer Böschung und der Deformation des Massivs an ausgewählten Standorten in Nordböhmen. Zum Abschluss der Projektlösung wird auch die Beziehung der dokumentierten Daten zu den verschiedenen Verfahren zur Bestimmung der Hang-Böschungstabilität untersucht.

Česká stavební společnost ČSVTS
Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky – WTA CZ
společně
s Fakultou stavební VUT v Brně

pořádají

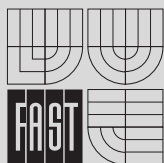
25. konferenci

Sanace a rekonstrukce staveb 2003

4. – 5. listopadu 2003

VUT – Fakulta stavební, Veveří 95, Brno

Tematické okruhy:



- Rehabilitace památkových objektů
- Strategie sanace staveb po povodních
- Progresivní trendy v sanacích staveb
 - sanace dřeva
 - povrchové úpravy
 - sanace kamene
 - sanace zdiva
 - sanace betonových konstrukcí
 - fyzikálně chemické vlastnosti
 - statika a dynamika staveb

V průběhu konference vystoupí k daným tématům zástupci Wissenschaftlich – Technische Arbeitsgemeinschaft für Denkmalpflege und Bauwerkserhaltung e. V. – WTA International a přední tuzemští odborníci.

Podrobnější informace:

Ing. Jan Vaněrek
VUT v Brně, Fakulta stavební
Veveří 95, 662 37 Brno
tel.: +420 541 147 501, 541 147 514
fax: +420 541 147 502
e-mail: 2350@fce.vutbr.cz
www.fce.vutbr.cz/wta

Ing. Miroslav Havel
WTA CZ
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
tel.: +420 608 245 569; +420 221 082 397
fax: +420 222 222 155
e-mail: wta@wta.cz
www.wta.cz

Měření posunů a přetvoření historických staveb geodetickými metodami

Ing. Jaromír PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Pavla VOBOŘILOVÁ

ČVUT – Fakulta stavební

Praha

Článek uvádí specifika měření posunů a přetvoření historických staveb. Vyzdvihuje možnosti a nezastupitelnost geodetických měření při vyhodnocování poruch těchto objektů. Na výsledcích sledování několika objektů Pražského hradu je doložena důležitost vyhodnocení posunů a přetvoření některých částí stavebních konstrukcí v závislosti na změnách teploty a času pro rozhodování stavebních odborníků při návrhu opatření, která by měla zamezit vzniku dalších poruch na stavebních konstrukcích.

1. Úvod

Geodetické práce týkající se bezpečného a spolehlivého provozu staveb jsou zaměřeny zejména na určování posunů (svislých, vodorovných či prostorových) a přetvoření stavebních konstrukcí. Důvodem pro zahájení geodetických měření může být kromě jiného zjevné poškození staveb (trhliny, náklony apod.), což je i nejčastější případ měření posunů a přetvoření u historických objektů, na který se příspěvek zaměřuje. Geodetickým měřením se určuje velikost a směr posunů a na jejich základě se pak vyhodnocují příčiny poškození. Ty mohou být různé, a proto je třeba ověřit, zda nedošlo ke změnám v podloží (změnou hladiny spodní vody, výstavbou nových objektů v blízkosti původní stavby apod.), k nevhodným stavebním úpravám při rekonstrukci stavby, leckdy nerespektujícím původní záměr či technologii stavby, apod. Stanovení příčin posunů a následných opatření k jejich zamezení je výsadou stavebních odborníků.

Ve smyslu platné ČSN 73 0405 [4] se posunem rozumí změna polohy nebo výšky stavební konstrukce vzhledem ke vztažné soustavě geodetických bodů umístěných mimo vliv sledované stavby (např. pokles stavby). Přetvořením se rozumějí vzájemné (relativní) posuny jednotlivých částí stavební konstrukce vůči sobě neboli změna tvaru konstrukce (např. průhyb nosné konstrukce).

Požadovaná přesnost určení posunů vychází z jejich očekávané velikosti, druhu stavby, popř. z velikosti kritických hodnot posunů konstrukce s ohledem na bezpečnost provozování stavby. Častým problémem je volba vhodných bodů vztažné soustavy (obvykle je nezbytná spolupráce se stavebním geologem) a kontrola jejich stability. Důležitou otázkou je rovněž objektivní posouzení posunů, s ohledem na přesnost jejich určení. Za prokázaný je možno považovat teprve posun, jehož hodnota překračuje mezní odchylku stanovenou rozbořením přesnosti měření. Není-li mezní odchylka překročena, nebyl posun prokázán a bod je nutno považovat za stabilní.

Posuny a přetvoření jsou zpravidla vztahovány k základní (někdy též k předchozí) etapě měření a vyjadřovány v číselné podobě formou přehledné tabulky. Velmi názorné je grafické vyjádření posunů, obvykle se zvýrazněním velikosti posunů (překreslené měřítko posunů vůči situaci), a to v různé formě.

2. Měření posunů a přetvoření historických objektů

Zahájení geodetických prací předchází rekognoskace v místě měření, zpravidla za účasti statika a památkářů, kteří mají významné slovo při výběru, umístění a způsobu osazení sledovaných bodů na stavební konstrukci. Statik by měl stanovit požadovanou přesnost určení posunů, ze které se dále vychází při volbě vhodné metody měření. Protože očekávaná velikost posunů není v tomto případě obvykle známa, bývá často požadována přesnost taková, aby byl s praktickou jistotou prokázán posun přesahující 1 mm, pokud lze takové přesnosti geodetickými metodami a za konkrétních podmínek hospodárně dosáhnout.

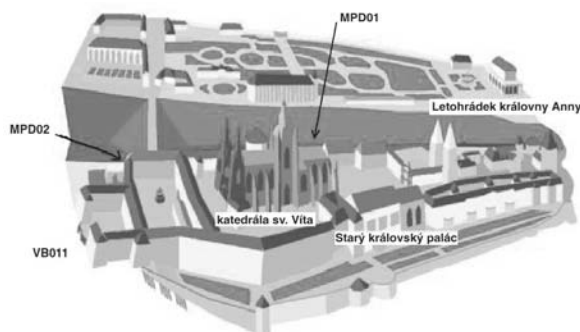
Pro uvedenou přesnost měření svislých posunů je nejobvykleji používaným postupem metoda přesné nivelace nebo metoda trigonometrická. Ta je vhodná i pro měření posunů vodorovných či určování náklonů svislých konstrukcí. V obou případech je pro dosažení takto vysoké přesnosti nutno dodržet řadu podmínek, bez kterých je jen velmi obtížně dosažitelná. Vzhledem k tomu, že posun je rozdílem hodnot naměřených ve dvou etapách měření, systematické vlivy stejné velikosti a znaménka se v rozdílu vyloučí. Proto je snahou zachovávat při měření posunů pokud možno stejné podmínky ve všech etapách, neboť mají-li systematické vlivy pro přesnost výsledku jednotlivé etapy (např. převýšení) rozhodující význam, pak přesnost posunu mezi etapami neovlivní (rozdíl převýšení).

Použití uvedených zásad v praxi je dokumentováno na příkladu sledování svislých a vodorovných posunů a náklonů stavebních konstrukcí historických objektů na Pražském hradě, které v současné době probíhá. Jde o měření svislých posunů a náklonů opěrných sloupů ochozu Letohrádku královny Anny, měření svislých posunů a náklonů nosných pilířů katedrály sv. Víta a měření svislých posunů nosných pilířů v objektu Starého paláce (Vladislavský sál a objekt Zemských desek), svislých posunů stropní klenby a náklonu stěn Vladislavského sálu (*obr. 1*).

3. Sledování svislých posunů a náklonů historických objektů na Pražském hradě

Pro měření svislých posunů a náklonů historických objektů na Pražském hradě platí poznatky uvedené v předchozím odstavci, k nim však přistupují další specifika této národní kulturní památky. Vzhledem ke skutečnosti, že Pražský hrad je sídlem prezidenta republiky, podléhá jakákoli činnost v těchto prostorách přísným bezpečnostním opatřením, která práci komplikují. Další překážkou v těchto prostorách je velký počet turistů z nejrůznějších zemí světa, kteří v podstatě znemožňují provádět měření nejvyšší přesnosti v době, kdy jsou nejnavštěvovanější objekty veřejnosti přístupné (katedrála sv. Víta, Vladislavský sál).

Vzhledem k podobným požadavkům statika u všech tří sledovaných objektů byla použita pro měření svislých posunů opěrných sloupů, nosných pilířů i stropní klenby metoda přesné nivelace, přizpůsobená konkrétním podmínkám každého objektu.



Obr. 1. Pohled na areál Pražského hradu [5]

Za body vztažné soustavy bylo ve všech případech využito bodů místní nivelační sítě, stabilizovaných vesměs standardními čepovými nivelačními značkami v přilehlých objektech. Pozorované body ve sloupech a pilířích byly podle požadavků památkářů osazeny mosaznými zděřeními zcela zapuštěnými do dřívku sloupu a opatřeny závitem pro našroubování mosazného válečku s obrubou na konci pro jednoznačné určení výšky (obr. 2). Značky jsou osazovány pouze v době měření a pro zachování stejné polohy ve všech etapách jsou opatřeny číslem a zašroubovány na doraz. Mimo dobu měření jsou opatřeny krytkou v barvě sloupů tak, aby nebyl narušen jejich vzhled.



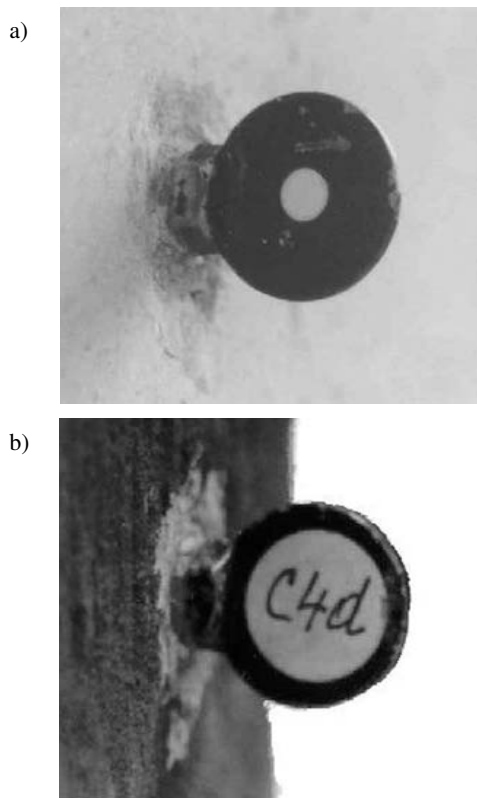
Obr. 2. Šroubovací nivelační značka s označením na pozorovaném bodě

Pozorované body na stropní klenbě Vladislavského sálu (měřeno z půdy) jsou osazeny hliníkovými vrchlíky o průměru základny 30 mm, nalepenými na hřebeni kleneb. K měření svislých posunů se používá optický nivelační přístroj Zeiss Ni 007 s jednou invarovou nivelační latí délky 1,85 m, popř. v objektu Starého paláce, kde se vyskytuje větší převýšení, ještě s latí délky 3 m.

K měření náklonů byla zvolena v Letohrádku královny Anny a katedrále sv. Víta metoda trigonometrická, ve Vladislavském sále byl uplatněn originální postup s využitím optického provažovače. Pozorované body v horní části sloupů, pilířů či stěn byly trvale osazeny kruhovými terčíky průměru 20 mm se žlutým středem průměru 2 až 5 mm, s ohledem na délku záměry (obr. 3a).

Terčíky stejných rozměrů, avšak šroubovanými do obdobných mosazných zděření jako pro nivelační značky (v případě letohrádku totožnými), jsou osazovány v době měření dolní pozorované body. Stálá poloha je zaručena dorazem a označením terče (obr. 3b).

K měření se používá elektronický tachymetr Leica TC 1800 s optickým dostředěním přístroje nad stanoviskem, které je trvale stabilizováno v dlažbě mosazným válečkem s

Obr. 3. Terčík pro měření náklonů
a – fotografie, b – zadní strana přípravku s označením

jemnou dírkou průměru 1 mm. Vysoké přesnosti dostředění (cca 0,4 mm) se dosahuje stejnou orientací optického dostředovače jednoho přístroje ve všech etapách. Tímto postupem se při vhodně zvoleném stanovisku přístroje z výpočtu posunů vyloučí systematická složka odchylky v dostředění, takže přesnost výsledných posunů (náklonu) není touto odchylkou ovlivněna. Stanovisko se volí s ohledem na určovaný směr náklonu tak, aby záměry byly na ně zhruba kolmé. Tím je vodorovný úhel mezi horním a dolním pozorovaným bodem velmi malý (body by měly být v podstatě na svislici), což se rovněž významně podílí na snížení vlivu excentricity přístroje na přesnost měřeného úhlu a zprostředkovaně i na přesnost náklonu. Za uvedených předpokladů lze vliv směrodatné odchylky v dostředění na směrodatnou odchylku náklonu vyjádřit vzorcem

$$\sigma_{\Delta q} = \sigma_e \cdot \sqrt{2 \cdot 4 \cdot \sin^2 \frac{\omega}{2}} \quad (1)$$

Pro směrodatnou odchylku v dostředění $\sigma_e = 0,4$ mm a pro úhel $\omega = 0,7$ gon je vliv dostředění na směrodatnou odchylku náklonu $\sigma_{\Delta q} = 0,006$ mm, a můžeme jej tedy oprávněně zanedbat.

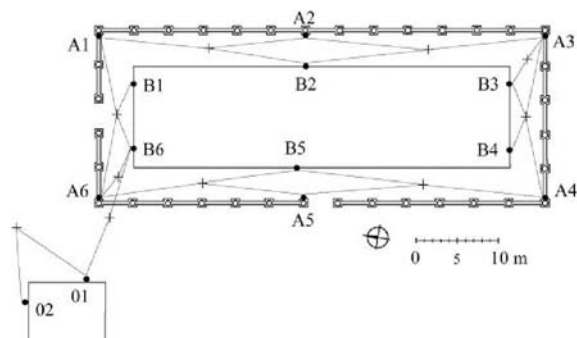
3.1. Letohrádek královny Anny

Podobně jako v ostatních sledovaných objektech Pražského hradu bylo měření posunů a náklonů opěrných sloupů ochozu Letohrádku královny Anny vyvoláno zjevnými poruchami na patách některých sloupů.

■ Sledování svislých posunů

Sledování svislých posunů pozorovaných bodů A_i na opěrných sloupech je měřeno uzavřeným nivelačním pořadem s bočními záměry na odpovídající pozorované body na vnitřním objektu B_i a připojením na body vztažné sítě 01

a 02 (obr. 4). Základní etapa byla zaměřena v prosinci 1999 při teplotě $T_0 = 3\text{ °C}$ a do ledna 2003 bylo zaměřeno dvanáct etap ve čtvrtletních intervalech. Výsledky neprokázaly svislé posuny pozorovaných bodů na vnitřním objektu, a proto byly tyto body překlasičkovány na body vztažné a vyhodnocovány relativní svislé posuny odpovídajících si dvojic bodů (tab. 1).



Obr. 4. Schéma zaměření vztažných a pozorovaných bodů pro určení svislých posunů

Převážně kladná znaménka svislých posunů jsou způsobena nízkou teplotou v základní etapě. Závislost velikosti průměrných svislých posunů na času a teplotě je vyjádřena lineární funkcí dvou proměnných, tj. času t_i a teploty vzduchu T_i . Potom

$$\Delta h^{i0} = a + b \cdot (t_i - t_0) + c \cdot (T_i - T_0), \quad (2)$$

kde a , b , c jsou koeficienty lineární regrese (regresní plochou je rovina), t_0 je datum zaměření základní etapě a T_0 teplota vzduchu v základní etapě. Odhad velikosti koeficientů lineární regrese a jejich směrodatných odchylek je vypočten metodou nejmenších čtverců za oprávněného předpokladu, že náhodné odchylky v určení zkoumaných dat jsou nezávislé veličiny s normálním rozdělením.

Velikost koeficientů a jejich směrodatných odchylek po vyrovnání:

$$\begin{aligned} a &= 0,2 \text{ mm}, & s_a &= 0,1 \text{ mm}, \\ b &= 0,007 \text{ mm/M}, & s_b &= 0,005 \text{ mm/M}, \\ c &= 0,028 \text{ mm/°C}, & s_c &= 0,007 \text{ mm/°C}. \end{aligned}$$

Koeficient b vyjadřuje velikost svislého posunu za jeden měsíc (M), koeficient c velikost svislého posunu vlivem změny teploty o 1 °C a koeficient a je absolutní člen. Po převedení na roční hodnoty činí vliv času na svislé posuny

$b_{\text{rok}} = 0,08 \text{ mm/rok}$ a vliv teploty, uvažujeme-li extrémní teploty od -25 °C do $+35\text{ °C}$, může dosáhnout hodnoty $c_{\text{max}} = 1,7 \text{ mm}$.

Aplikací statistického testu s nulovou a alternativní hypotézou, při použití kritické hodnoty $t_{\alpha, n'}$. Studentova rozdělení pro zvolenou hladinu významnosti $\alpha = 5\%$ a počet stupňů volnosti $n' = 9$ ($t_{\alpha, n'} = 1,83$), nelze zamítnout nulovou hypotézu pro vliv času ($b < t_{\alpha, n'} \cdot s_b$), a naopak, platí alternativní hypotéza pro vliv teploty ($c > t_{\alpha, n'} \cdot s_c$). Vliv času je tedy v tomto případě nutno považovat za neprokázaný s tím, že z tříletého měření lze usuzovat pouze na tendenci velmi malého zdvihu opěrných sloupů vůči vnitřnímu objektu. Pro posouzení vlivu času na svislé posuny je toto období relativně krátké. Naproti tomu vliv teplotních změn je spolehlivě prokázán.

■ Sledování náklonů

Podobně jako u svislých posunů pozorovaných bodů byly hodnoceny i průměrné relativní posuny odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů rohových sloupů ve dvanácti etapách měření náklonů (obr. 5). Vzhledem k výrazným rozdílům mezi náklonem delších (východní a západní) a kratších (severní a jižní) stran (předpokládá se působení železobetonové desky střechy nad ochozem, popř. působení železných vzpěr – obr. 5b) jsou delší a kratší strany hodnoceny samostatně. Hodnoceny jsou také průměrné změny převýšení dvojic pozorovaných bodů.

Velikost koeficientů a jejich směrodatných odchylek po vyrovnání:

a) pro stranu severní a jižní

$$\begin{aligned} b &= +0,009 \text{ mm/M}, & s_b &= 0,006 \text{ mm/M}, \\ c &= +0,041 \text{ mm/°C}, & s_c &= 0,004 \text{ mm/°C}, \end{aligned}$$

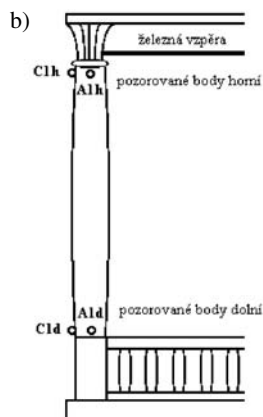
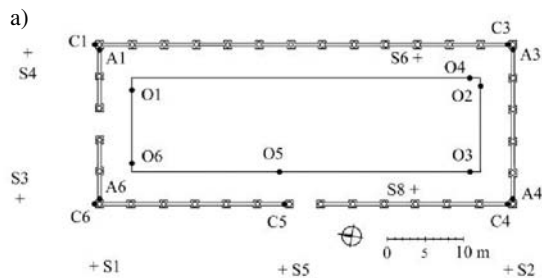
b) pro stranu východní a západní

$$\begin{aligned} b &= +0,001 \text{ mm/M}, & s_b &= 0,007 \text{ mm/M}, \\ c &= +0,075 \text{ mm/°C}, & s_c &= 0,004 \text{ mm/°C}. \end{aligned}$$

S ohledem na velikost vyrovnaných hodnot a jejich směrodatných odchylek je zřejmé, že vliv časového působení na náklony sloupů stejně jako u svislých posunů nelze prokázat. Vliv teplotních změn lze naopak pokládat v obou případech za prokázaný. Uvažujeme-li stejné extrémní teploty jako v předchozím případě, může maximální hodnota náklonu vlivem teploty dosáhnout pro kratší strany $c_{S-J, \text{max}} = 2,5 \text{ mm}$ a pro delší strany $c_{V-Z, \text{max}} = 4,5 \text{ mm}$, a to při převýšení pozorovaných bodů cca 3,2 m. Grafické znázornění náklonu sloupu na jihozápadním rohu letohrádku je na obr. 6. Z obrázku 6a je velmi dobře vidět závislost velikosti náklonu na teplotě, a to bez ohledu na čas. Odchyl-

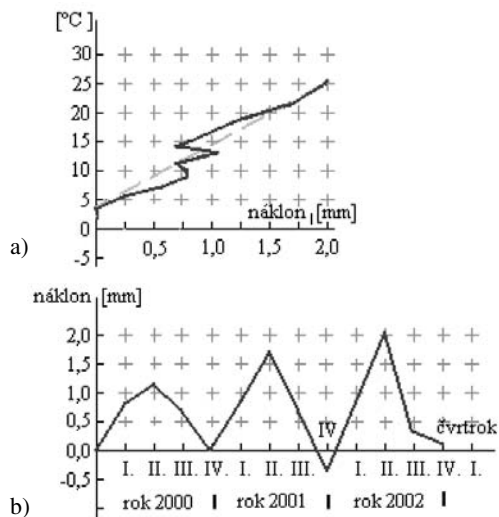
Tab. 1. Relativní svislé posuny odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů

Pozorované body	Datum	Δt	ΔT	B1-A1	B2-A2	B3-A3	B4-A4	B5-A5	B6-A6	Průměr
	$t_0=15.12.99$	[měsíc]	[°C]	[mm]						
1. etapa	11.4.00	3,9	+ 7	+0,6	+0,6	+0,6	+0,5	+0,3	+0,5	+0,52
2. etapa	24.7.00	7,3	+15	+0,7	+0,6	+0,4	+1,1	+0,3	+0,9	+0,67
3. etapa	21.9.00	9,2	+ 7	+0,1	+0,2	-0,2	+0,4	+0,2	+0,4	+0,20
4. etapa	10.1.01	12,8	- 3	+0,0	+0,1	+0,2	+0,2	+0,2	+0,3	+0,18
5. etapa	10.4.01	15,8	+ 9	+0,9	+0,6	+0,5	+0,5	+0,5	+0,6	+0,58
6. etapa	3.7.01	18,6	+14	+1,0	+0,7	+0,1	+1,1	+0,6	+0,7	+0,69
7. etapa	27.9.01	21,4	+10	+0,7	+0,4	-0,3	+1,3	+0,6	+0,4	+0,50
8. etapa	9.1.02	24,8	- 4	+0,6	+0,2	-0,2	-0,0	+0,6	+0,4	+0,33
9. etapa	4.4.02	27,6	+ 9	+1,0	+0,7	+0,3	+0,6	+0,8	+0,7	+0,69
10. etapa	26.6.02	30,4	+15	+1,2	+1,2	+0,5	+1,1	+0,9	+1,0	+0,99
11. etapa	8.10.02	33,9	+ 6	+0,6	+0,5	-0,3	+0,5	+0,6	+0,6	+0,42
12. etapa	15.1.03	37,0	+ 1	+0,7	+0,2	+0,0	+0,2	+0,7	+0,6	+0,41



Obr. 5. Schéma umístění pozorovaných a orientačních bodů pro měření náklonů
a – půdorys, b – nárys

ky od vyrovnávací přímky jsou způsobeny jednak rozdíly teploty vzduchu a sloupu, zvláště při jeho přímém osvětlení sluncem, jednak nepřesnostmi měření. Obrázek 6b znázorňuje závislost velikosti náklonu sloupu na ročním období, samozřejmě ovlivněné teplotou při měření.



Obr. 6. Náklony pozorovaného bodu C4
a – s teplotou, b – s ročním obdobím

■ **Roztážnost sloupů**

Průměrná změna převýšení odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů byla hodnocena pomocí vyrovnávací přímky (obr. 7). Výsledná změna převýšení pro změnu teploty 1 °C, při převýšení pozorovaných bodů 3,2 m:

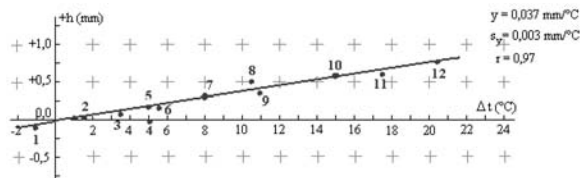
$$y = +0,037 \text{ mm},$$

při směrodatné odchylce z vyrovnání

$$s_y = 0,003 \text{ mm}$$

a koeficientu korelace

$$r = 0,97.$$



Obr. 7. Závislost změny výšky sloupů na teplotě

Hodnota koeficientu korelace r svědčí o velmi těsném funkčním vztahu mezi velikostí posunů a teplotními změnami.

Při změně teploty o 1 °C byla stanovena změna převýšení pro výšku sloupu 1 m:

$$\alpha = y/\Delta h = 0,000\ 037/3,2 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ [}^\circ\text{C}^{-1}\text{]},$$

kteřá dobře odpovídá koeficientu roztažnosti pískovce, z něhož jsou sloupy zhotoveny.

Poněkud atypické výsledky sledovaných parametrů vykazují sloupy na východní a jižní straně letohrádku, které jsou postaveny na vysoké opěrné zdi (obr. 8) vystavené přímému slunečnímu záření.



Obr. 8. Pohled na opěrnou zeď Letohrádku královny Anny
a – jižní strana, b – východní strana



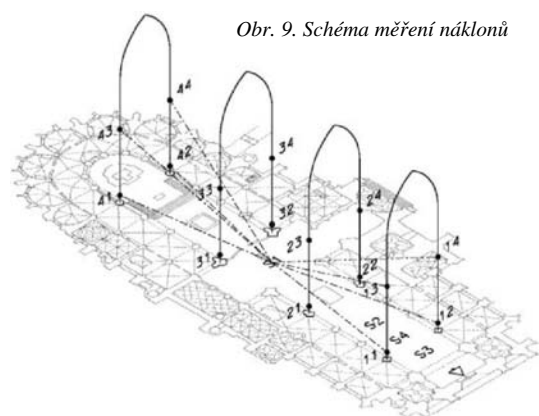
3.2. **Katedrála sv. Víta**

V katedrále jsou rovněž měřeny svislé posuny, náklony a roztážnost nosných pilířů střední chrámové lodi, a to ve čtyřech příčných řezech (obr. 9). Technologie měření je podobná jako v Letohrádku královny Anny, proto jsou uvedeny pouze dosažené výsledky a jejich hodnocení, které je zajímavé.

■ **Sledování svislých posunů**

Od července 2000 do ledna 2003 bylo zaměřeno kromě základní etapy dalších osm etap, z toho šest etap ve

čtvrtočnám a další dvě etapy pak v půlročním intervalu. Od šesté etapy jsou výšky sledovaných bodů vztaženy k hloubkovému geologickému vrtu ve Vikářské uličce, který je veden až na skalnaté podloží, a k soustavě dalších vztažných bodů okolo katedrály sv. Víta. Během tohoto měření došlo k poklesu novodobé části katedrály vůči původní zhruba o 0,5 mm. Zda jde o trvalejší jev, může prokázat pouze dlouhodobější měření.



Obr. 9. Schéma měření náklonů

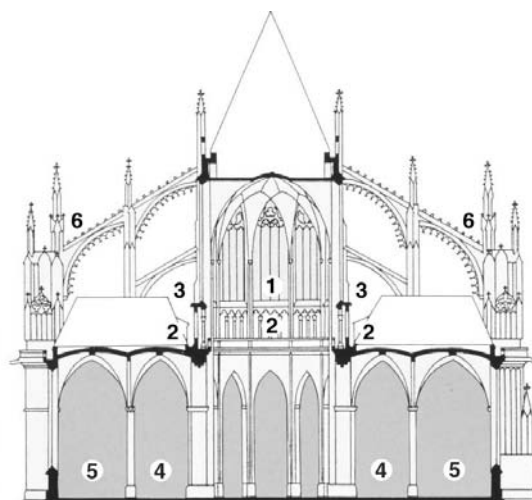
■ Sledování náklonů a roztlačnosti pilířů

Náklony nosných pilířů střední lodi katedrály jsou měřeny ve čtyřech příčných řezech (obr. 9). Na sledovaných pilířích jsou osazeny dvojice pozorovaných bodů, a to dolní bod ve výšce zhruba 2 m nad podlahou a horní v úrovni triforia (obr. 9 a obr. 10), ve výšce cca 17 m nad podlahou. Podobně jako u Letohrádku královny Anny byly hodnoceny průměrné relativní vodorovné posuny odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů v osmi etapách měření náklonů (tab. 2). Hodnoceny jsou také průměrné změny převýšení dvojic pozorovaných bodů (tab. 2).

Výpočet vlivu času a vlivu teploty na velikost průměrného náklonu a změny převýšení nosných pilířů vzhledem k základní etapě byl opět proveden vyrovnáním metodou nejmenších čtverců. Teplota vzduchu při základní etapě byla uvnitř katedrály 20 °C, vně 16 °C.

Z tabulky 2 je zřejmé, že náklony dobře korespondují se změnou teploty vně katedrály, zatímco změna převýšení lépe odpovídá změně teploty uvnitř katedrály (pilíře jsou uvnitř obestavěného prostoru). Zajímavá a poněkud překvapivá je skutečnost, že se zvyšující se teplotou se opěrné pilíře naklánějí dovnitř katedrály (svírají se), a naopak, při nižší teplotě se rozvírají. Vysvětlením tohoto chování pilířů může být působení mohutné vnější opěrné konstrukce a obvodových staveb (obr. 10), které reagují na změnu venkovní teploty a působí příčnou silou na střední chrámovou loď.

Velikost koeficientů a jejich směrodatných odchylek po vyrovnání:



Obr. 10. Příčný řez katedrálou sv. Víta s vnějším opěrným systémem [6]

1 – vysoký chór, 2 – vnitřní triforium, 3 – vnější triforium, 4 – ochoz, 5 – obvodové kaple, 6 – vnější opěrný systém

a) pro náklony

$$b = +0,011 \text{ mm/M}, \quad s_b = 0,007 \text{ mm/M}, \\ c = -0,085 \text{ mm/}^\circ\text{C}, \quad s_c = 0,004 \text{ mm/}^\circ\text{C},$$

b) pro změnu převýšení

$$b = +0,011 \text{ mm/M}, \quad s_b = 0,016 \text{ mm/M}, \\ c = +0,188 \text{ mm/}^\circ\text{C}, \quad s_c = 0,011 \text{ mm/}^\circ\text{C}$$

S ohledem na velikost vyrovnaných hodnot a jejich směrodatných odchylek je zřejmé, že vliv časového působení na náklony pilířů stejně jako na změnu převýšení nelze prokázat. Vliv teplotních změn lze naopak pokládat v obou případech za prokázaný. Uvažujeme-li stejné extrémní teploty jako v předchozím případě, může maximální hodnota náklonu vlivem vnější teploty dosáhnout $c_{p,\max} = 5 \text{ mm}$ a maximální změna převýšení pozorovaných bodů (při extrémní změně teploty uvnitř katedrály 30 °C) $c_{h,\max} = 5,5 \text{ mm}$, a to při převýšení pozorovaných bodů cca 15 m.

Vzhledem k současnému náklonu protilehlých pilířů může změna příčné vodorovné vzdálenosti na úrovni triforia dosáhnout až 10 mm. Je otázkou, zda dochází k rovnoměrnému náklonu opěrných pilířů v celé jejich výšce (okolo 30 m – a pak by byla změna dvojnásobná), nebo dochází k jejich průhybu. To, bohužel, nelze určit vzhledem k nepřístupnosti horní části pilířů (pro osazení cílových terčů by bylo nutno vybudovat lešení).

Extrémní změnu výšky celých pilířů lze odhadnout hodnotou zhruba 11 mm, přičemž koeficient roztlačnosti pilířů vypočtený z koeficientu c a převýšení pozorovaných bodů

$$\alpha = c/\Delta h = 0,000188/15 = 12,5 \cdot 10^{-6} [^\circ\text{C}^{-1}]$$

dobře odpovídá koeficientu roztlačnosti pískovce i koefi-

Tab. 2. Vstupní hodnoty pro rovnice relativních posunů

Vstupní data	Etapa							
	první	druhá	třetí	čtvrtá	pátá	šestá	sedmá	osmá
datum měření etapy (zákl. et. 19.6.00)	20.9.00	15.12.00	15.3.01	2.7.01	11.11.01	23.1.02	25.6.02	30.1.03
časový rozdíl vůči základní etapě [měsíc]	3,0	5,9	8,9	12,5	16,7	19,1	24,2	31,3
průměrné relativní posuny vodorovné p_n [mm]	+0,36	+0,84	+0,72	-0,23	+1,18	+0,94	-0,24	+1,18
teplotní rozdíl vně katedrály ΔT_n [°C]	-4	-9	-10	+4	-11	-7	+5	-13
průměrné relativní posuny svislé h_n [mm]	-0,38	-1,66	-1,66	+0,44	-2,40	-3,12	+0,91	-2,19
teplotní rozdíl uvnitř katedrály ΔT_n [°C]	-2	-11	-12	0	-13	-16	+3	-16

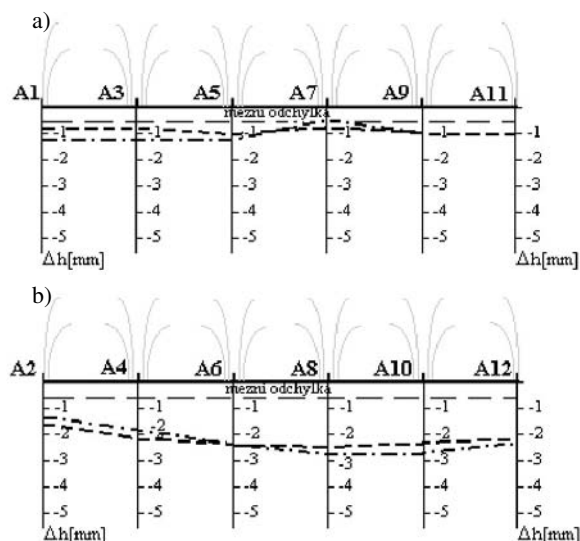
cientu určenému u opěrných sloupů Letohrádku královny Anny.

4.3. Starý palác

V objektu Starého paláce jsou měřeny svislé posuny nosných pilířů Vladislavského sálu a pilířů Zemských desek, náklony vybraných stěn Vladislavského sálu a svislé posuny stropní klenby Vladislavského sálu. Vzhledem ke specifickým podmínkám (nepevná dřevěná podlaha ve Vladislavském sálu) musela být technologie měření proti předchozím případům upravena či úplně změněna, avšak při zachování požadované přesnosti výsledků.

■ Sledování svislých posunů

Svislé posuny nosných pilířů Vladislavského sálu (dvanáct pozorovaných bodů) jsou měřeny metodou přesné nivelace, s dodržением všech dříve uvedených požadavků a zavedení příslušných oprav. Uzavřený nivelační pořad je veden přes všechny pozorované body, které jsou použity jako body přestavové. Nivelovací přístroj je stavěn na obvodovou kamennou lavici. Pořad je připojen na nivelační bod č. 026 hradní sítě, který je součástí soustavy vztazných výškových bodů používaných pro sledování svislých posunů katedrály sv. Víta a Starého paláce. Výsledky dosud zaměřených tří etap jsou graficky znázorněny na obr. 11.



Obr. 11. Svislé posuny nosných pilířů Vladislavského sálu
a – severní stěna, b – jižní stěna
— 0. etapa (24 °C), --- 3. etapa (-3 °C), - - - 4. etapa (0 °C)

Jak je z obrázku zřejmé, je pokles jižní strany zhruba dvaapůlkrát větší než strany severní. Z grafu zřetelně vyplývá vliv teploty na svislé posuny pilířů, a to především v závislosti na výšce úrovně podlahy Vladislavského sálu nad okolním terénem (jižní strana je minimálně dvakrát vyšší než strana severní) a působení přímého slunečního záření na jižní stěnu. Skutečnost, že jde o poklesy, je zapříčiněna vysokou teplotou při základní etapě (měřeno v červencovém dni, kdy teplota odpoledne dosáhla až 30 °C). Následné etapy proběhly naopak při značně nízkých teplotách.

■ Sledování náklonů

Nestabilní dřevěná podlaha ve Vladislavském sálu neumožňovala použít pro měření náklonů obvodových stěn trigonometrické metody jako v předchozích případech. Proto bylo rozhodnuto měřit náklony určením odchylek

odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů od svislice, realizované záměrnou přímkou optického provažovače Kern. Ten umožňuje vytyčení svislice jak do zenitu, tak do nadiru. Do obvodové kamenné lavice byly malým mosazným válečkem s dírkou osazeny dolní z dvojic pozorovaných bodů, a zhruba do svislice pak trvale horní terčíky (obdobu terčíků použitých pro letohrádek) na vodorovně umístěném dřívku. Pro určení odchylek od svislice sloužily strojírenské „sánky“ umožňující jemný posun ve dvou kolmých směrech s odečtem na mikrometrech. Sánky bylo ovšem nutno doplnit přípravkem na uchycení a přesné upevnění optického provažovače a přípravkem k uchycení celého zařízení na staviv, umožňujícím navíc jeho horizontaci. Dále bylo nutno upravit stativ k bezpečnému postavení na úzkou kamennou lavici.

Náklony byly měřeny v podélné a příčné ose sálu, a to vždy ve dvou protilehlých polohách optického provažovače. Z rozdílů mezi dvěma polohami odečtu byla ze čtyř etap vypočtena výběrová směrodatná odchylka v určení náklonu mezi dvěma etapami $s_p = 0,5$ mm. Náklony v rozhodujícím příčném směru nebyly v dosud zaměřených etapách prokázány.

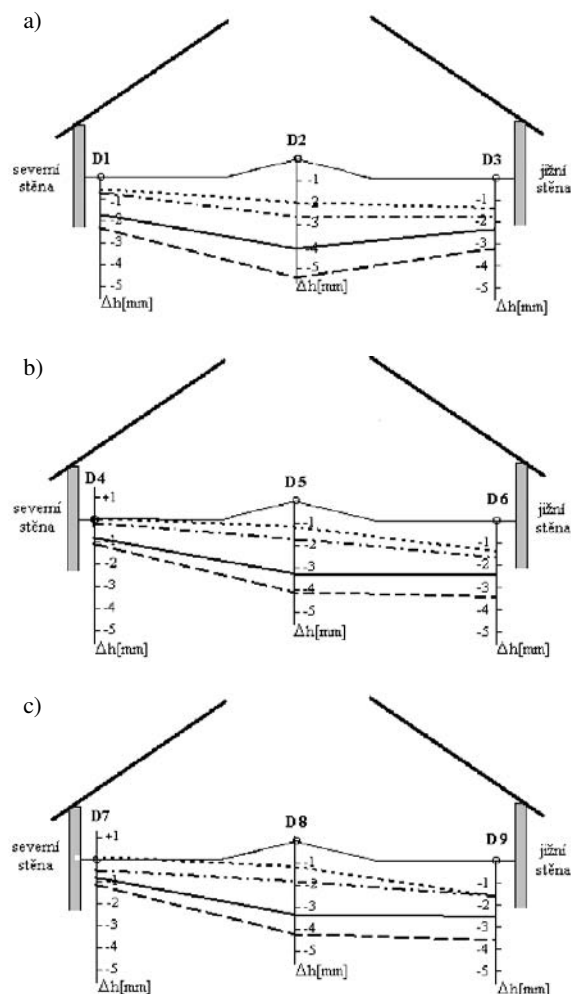
■ Sledování svislých posunů stropních kleneb

Svislé posuny stropních kleneb Vladislavského sálu jsou sledovány z půdního prostoru metodou přesné nivelace, a to ve třech příčných řezech procházejících hřebenem tří středních kleneb. Každý příčný řez zahrnuje tři pozorované body, z nichž dva krajní jsou zhruba 0,5 m od obvodových stěn a prostřední bod je umístěn v podélném hřebeni klenby (obr. 12). Z dosažených výsledků, jež jsou graficky znázorněny v obr. 13, je patrné, že podélný hřeben klenby klesá se snižující se teplotou, a naopak, při růstu teploty dochází ke zdvihu. Při poklesu teploty o 28,5 °C dosáhl pokles 4,2 až 5,4 mm. Rovněž na jižní straně budovy byl naměřen velku pravidelný pokles v závislosti na teplotě (až o 3,5 mm). Nejmenší posuny byly naměřeny na severní straně (1 až 2 mm), což odpovídá rozdílům svislých posunů pilířů Vladislavského sálu (obr. 11) na jižní a severní straně objektu.

Vzhledem k mezní odchylce svislého posunu, stanovené rozбором přesnosti v projektu geodetických prací hodnotou 0,4 mm, a velikosti naměřených posunů lze pokládat svislé posuny za bezpečně prokázané a závislé na změnách teploty.

5. Závěr

Cílem článku bylo poukázat na některá specifika měření posunů a přetvoření historických staveb a na příkladu několika objektů Pražského hradu ukázat možnosti a nezapustitelnost geodetických měření při vyhodnocování poruch těchto objektů. Výsledky měření prokázaly, že u sledovaných staveb nedochází k žádným dramatickým posunům, které by mohly způsobit náhlou destrukci objektu, umožnily identifikovat chování některých částí konstrukce v závislosti na změnách teploty, popř. vlivu přímého slunečního záření a usnadnily rozhodování statika při návrhu opatření, která by měla do budoucna zamezit vzniku dalších poruch na stavebních konstrukcích těchto budov. Výsledky rovněž potvrdily, že k prokázání dlouhodobějších pomalu probíhajících posunů (pokud jsou skutečností) je nutno měření opakovat v delším časovém horizontu, zpravidla již v delších intervalech. Jsou-li poruchy způsobeny dlouhodobými pomalými posuny, rychlejšími působením teplotních změn, nebo dokonce chemickými změnami materiálu, není jistě jednoduché rozhodnout a musí je posoudit příslušní stavební odborníci.



Obr. 12. Svislé posuny hřebene klenby Vladislavského sálu
 a – příčný řez 1, b – příčný řez 2, c – příčný řez 3
 — 0. etapa (24 °C), — 1. etapa (5,5 °C), 2. etapa (14 °C),
 - - 3. etapa (-4,5 °C), - - - 4. etapa (10 °C)

Literatura

- [1] Böhlm, J. – Radouch, V. – Hampacher, M.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. GKP Praha, 1990.
 [2] Procházka, J. – Vobořilová, P.: Soubor technických zpráv k měření posunů a přetvoření objektů Pražského hradu. ČVUT Praha, 1999–2003.

[3] Procházka, J. – Vobořilová, P.: Sledování svislých posunů opěrných sloupů ochozu Letohrádku královny Anny na Pražském hradě. Geodetický a kartografický obzor, 49/91, 2003, č. 9, s. 188–199.

[4] ČSN 73 0405 Měření posunů stavebních objektů. ČSN, 1997.

[5] Prohlídka hradu – plán [cit. 2003-03-15]. Dostupné z URL: <http://old.hrad.cz/castle/plan.html>

[6] Hlobil, I. – Chotěbor, P. – Mahler, Z.: katedrála sv. Víta – 1. díl: stavba. Správa Pražského hradu. Praha, 1994.

Procházka, J. – Vobořilová, P.: Displacements and Deformations Measurement of Historical Buildings with Geodetical Methods

This article shows specifics of displacements and deformations measurement of historic buildings. It highlights the possibilities and also the key role of geodetic measurements in shifts evaluation of these objects. Also, the results of monitoring of several Prague castle buildings are presented. They document the importance of the measurements evaluation related to temperature changes. These results are an important element in the design process, enhancing the selection of steps aimed at preventing origination of other displacements and deformations of building structures.

Procházka, J. – Vobořilová, P.: Messung der Verschiebungen und Verformungen historischer Gebäude mit geodätischen Methoden

Der Artikel behandelt die Spezifika der Messung der Verschiebungen und Verformungen historischer Gebäude. Er hebt die Möglichkeiten und die Unersetzbarkeit geodätischer Messungen bei der Auswertung von Störungen an diesen Objekten hervor. An den Ergebnissen einer konkreten Beobachtung einiger Objekte der Prager Burg wird die Wichtigkeit der Auswertung der Verschiebungen und Verformungen einiger Teile der Baukonstruktionen in Abhängigkeit von der Änderung der Temperatur und der Zeit für die Entscheidungsfindung durch Baufachleute beim Vorschlagen von Maßnahmen belegt, die die Entstehung weiterer Schäden an den Baukonstruktionen verhindern sollen.

odborné semináře

součást projektu celoživotního vzdělávání autorizovaných inženýrů a techniků ČKAIT

LEGISLATIVA a PRÁVO ve stavebnictví

Kongresový sál – Arcibiskupský seminář, Thákurova 3, Praha 6

30. října 2003

Energetický audit jako základní nástroj cílené sanace budov

Ing. Jiří Šála, CSc., Ing. Irena Plocková – Česká energetická agentura / Ing. Tomáš Zajíc

Proč je energeticky cílená sanace prvořadá. Sanace nejen zjevných, ale i latentních vad. EA jako studie proveditelnosti energeticky cílené sanace. Užitečnost EA pro investory. Problémy s kvalitou EA. Důsledky chyb tepelně technického hodnocení v rámci EA. Na jakou úroveň navrhnout tepelně technické úpravy v rámci EA.

Určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta v Praze

Ing. Pavla VOBOŘILOVÁ
Ing. Tomáš JIŘIKOVSKÝ
doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

K určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta vstupujících do numerického modelu stavby byla zvolena kombinace geodetického zaměření jednoznačně identifikovatelných bodů stavební konstrukce a digitalizace výkresové dokumentace. K měření sloužil nový přístroj s laserovým dálkoměrem. Transformace rastrových podkladů do nově zaměřené situace umožňuje určení geometrických parametrů libovolných prvků výkresu.

Archivní podklady

Pro modelování chování části konstrukce katedrály sv. Víta v Praze byla vybrána část kaple sv. Zikmunda (Černínská) a část Staré sakristie (kaple sv. Michala) v parléřovské části katedrály ze strany Vikářské ulice. Předpokladem je získání potřebných geometrických parametrů.

V počáteční fázi byly k dispozici soubory vodorovných řezů ve formátu DGN v několika výškových úrovních. Tyto úrovně však nebyly jednoznačně definovány. Zcela chyběly svislé řezy, které jsou pro určení geometrických parametrů nezbytné. Dalším nedostatkem podkladů byla jejich značná místní nepřesnost (např. autory článku zjištěná kontrolní oměrná míra byla 1,050 m, podle dokumentace však 1,259 m; v jiném případě byla kontrolní oměrná 0,860 m a z dokumentace 0,868 m). Proto autoři navázali spolupráci s Archivem Pražského hradu, odkud byly získány kopie výkresové dokumentace v měřítku 1 : 100. Jde o podzemí, přízemí, vodorovný řez v úrovni první kruchty, řez v úrovni druhé kruchty, krov, podélný řez a řez starou sakristií. Na základě informací ze Správy Pražského hradu byly v archivu vyhledány původní výkresy opěrného systému katedrály stavitele Josefa Mockera z roku 1887. Opěrný systém má zachycovat šikmé klenební tlaky. Tvoří ho odstupňované čtyřboké opěrné pilíře při vnější zdi katedrály vrcholící fiálami, do nichž jsou v šikmém sklonu zakotveny opěrné oblouky (s kraby a lillemi). Protože se výkres opěrného dvojitého oblouku nachází sice v severní části katedrály, ale nikoli ve sledované parléřovské části, vycházelo se z fotografie originálního plánu uloženého ve Vídni [1].

Geometrické parametry vybrané části katedrály byly získány kombinací geodetického zaměření významných bodů stavební konstrukce a následného „lícování“ digitalizované výkresové dokumentace, čímž bylo opraveno chybné měřítko a omezeny lokální nepřesnosti podkladových výkresů.

Geodetické zaměření

Pro geodetické zaměření vlíčovacích bodů byla použita prostorová polární metoda. Měřická totální stanice Leica TCR 307 s laserovým dálkoměrem umožňuje měření na pasivní odraz, tj. bez nutnosti fyzicky signalizovat měřené

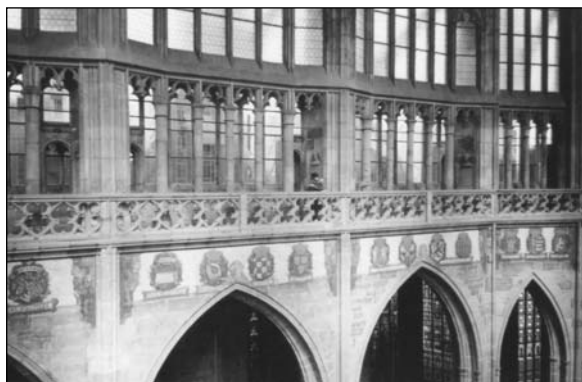
body odrazným hranolem či štítkem. Tak bylo možné bezkontaktně zaměřit i většinou nepřístupné body. Vzhledem k velmi strmým záměrům (sklon i přes 60 gon) bylo před měřením nutné ověřit a rektifikovat na pomocné základně osové podmínky přístroje, jakož i koaxialitu optické a laserové záměrné přímký. Jelikož se nepodařilo získat dostatek údajů o dostupném polohovém bodovém poli v katedrále a okolí, byl pro zaměření vybudován polygonový pořad (ve zvolené místní souřadnicové soustavě vztažené k ose chrámu) sestávající ze tří bodů – jeden ve Vikářské ulici, druhý na podlaze chrámu ve střední lodi a třetí na jižním ochozu triforia (obr. 1, obr. 2). K trvalé (památku nepoškozující) stabilizaci polygonových bodů byly využity rohy podlahových (resp. dlažebních) kamenných desek.



Obr. 1. Stanovisko polygonového pořadu v jižní části triforia

Polohové navázání bylo zajištěno zaměřením významných, jednoznačných pevných bodů v chrámu. Výškově byl pořad připojen trigonometrickou nivelací na dva body místní nivelační sítě (jeden vně a jeden uvnitř chrámu jako pozorované body z paralelně probíhajícího projektu sledování sedání pilířů chrámu metodou přesné nivelace) a kontrolně ještě na několik pozorovaných a pevných bodů (z projektu sledování deformací).

Dosažený výškový uzávěr v pořadu dlouhém 60 m byl 2 mm. Místní souřadnicová soustava byla definována tak, že



Obr. 2. Pohled ze stanoviska na protější severní část

osa $+x$ je rovnoběžná s osou hlavní lodi, počátek leží v jednom z pevných bodů. Výškově byly body určeny v systému Bpv (odvozením z výšky jednoho pozorovaného bodu z projektu sledování deformací, který spadá i do podrobného výškového bodového pole PNS – 1974). K výpočtům souřadnic a výšek polygonových i podrobných bodů byly využity programy GaMa-Rocinante a Groma.

Výsledek měření

Bylo zaměřeno 65 podrobných bodů, některé z nich dvakrát nezávisle (kontrolně). Měření je dokumentováno záznamem dat ve formátu IDEX (Leica) a podrobnými měřickými náčrtly. Pro všechny body byly vypočteny pravouhlé prostorové souřadnice ve výše uvedené soustavě. Rozdíly prostorové polohy u dvakrát určených bodů byly pouze do 4 mm u jednoznačně identifikovatelných bodů; a nejvýše do 23 mm u méně zřetelných bodů (nejednoznačné cílení). Vliv má také použitý způsob cílení (pointace). Optickým cílením lze dosáhnout obecně lepší přesnosti než při použití pouze laserového ukazovátka. V každém případě byla bohatě dodržena řádově centimetrová přesnost potřebná pro vlícování grafických výkresů. Měření opět potvrdilo vhodnost tohoto typu přístrojů (Leica TCR) pro podobné úlohy (i při požadavku větší přesnosti).

Měření probíhalo pod dohledem zaměstnanců Správy Pražského hradu, kteří umožnili vstup do běžně nepřístupných prostor triforia a po celou dobu sledovali, zda práce neohrožuje stav historického objektu.

Transformace rastrových podkladů do lokální souřadnicové soustavy

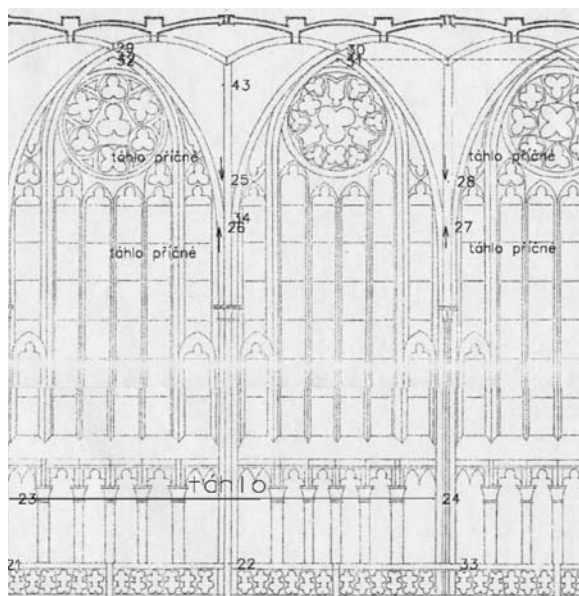
Nedostatek času a prostředků nedovolil geodeticky zaměřit danou část katedrály v plném rozsahu. Rovněž nebyla jednoznačně zadána přesnost měření a míra podrobnosti. Proto bylo zvoleno přibližné řešení – určení několika vlícovacích bodů v objektu, na které se transformovaly dostupné rastrové podklady. Tím se v podkladech definoval souřadnicový systém a je možné odečítat souřadnice libovolného prvku.

Kopie výkresové dokumentace z archivu Pražského hradu na kancelářském papíru formátu A3 se digitalizovaly do rastrových obrázků skenerem firmy Mustek, rovněž formátu A3. Původní kresby jsou zhotoveny v měřítku 1 : 100. Skladováním, kopírováním a digitalizací se měřítko změnilo. Protože existuje nové měření, které kresbě definuje rozměr, udává znalost měřítka podkladů pouze očekávanou míru zakreslených podrobností (např. výčnělky menší než 50 mm se již v plánech nemusejí vyskytovat; další detaily jsou znázorněny jen schematicky). Jiným zdrojem digitalizovaných podkladů byla publikace [1].

Další zpracování probíhalo převážně v programu Microstation V8. Nejdříve byl seznam souřadnic měřených bodů importován geodetickým programem Groma, v. 5 do Microstationu 95. Poté byly soubory ze starší verze tohoto programu převedeny na formát V8. V současné době má již program Groma [2] k dispozici verze beta převodů z aktuální verze programu Groma 7 do Microstation V8. Zatím však na pracovišti autorů tato verze není, a tak byl použit osvědčený postup starších programů.

Body v objektu byly záměrně zvoleny tak, aby byly identifikovatelné i v původní kresbě. Kresba, na níž bylo určeno větší množství bodů, byla transformována do daného souřadnicového systému jako první. Transformace rastru (posun, otočení, změna měřítka) byla volena podobnostní nebo afinní na všechny identické body. Pokud afinní transformace (změna měřítka je pro jednotlivé osy různá) nedávala znatelně lepší výsledky, byla zvolena transformace podobnostní. V okamžiku, kdy je původní obrázek transformován, ukládá se do souboru ve formátu souřadnicový TIFF, aby po znovuootevření modelu bylo možné rastr automaticky připojit na totéž místo. Nutno poznamenat, že výsledkem zpracování není nová vektorová kresba kopírující průběh rastru, ale vychází se přímo z původních podkladů, a proto je potřebné, aby rastry byly připojeny k modelu stále stejným způsobem. To umožňuje právě souřadnicový TIFF.

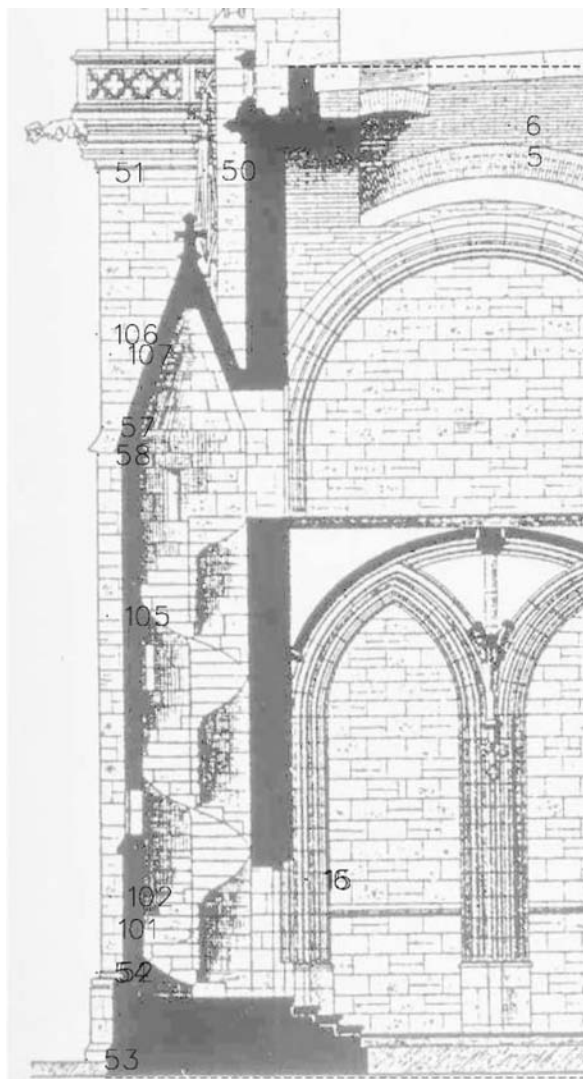
Dále následuje připojení sousedního listu jednak na měřené vlícovací body, ale též na okraj sousední kresby (zhotoví se pomocné body rovněž vstupující do transformace). To, že jsou podklady spojované k sobě, je patrné i z detailních pohledů, kde na okrajích jednoho listu kresby přestává být kresba patrná. Příkladem je na obr. 3 světlejší vodorovný pás bez kresby zhruba uprostřed obrázku. Lze volit, které rastry se budou překrývat a podle potřeby je možné je vyměňovat.



Obr. 3. Severní část v původní kresbě s nově měřenými body

Požadovaná přesnost určení souřadnic podrobností zadána nebyla. Průměrná dosažená přesnost v umístění identických bodů z rastrů na nové měření je cca 0,2 m, v čemž se promítá chyba v zaměření původní situace, v jejím zakreslení a dále částečně změny způsobené srážkou kresby a chyby nového měření. Přesnost vlícování podkladů na měřené body je patrná ze vzdáleností identických bodů, které by měly mít jak v transformovaném rastru, tak ve vektorovém

výkresu, stejné souřadnice, jako je tomu např. u bodů 51 až 58 na obr. 4. Prioritním cílem je určení tvarů a relativních vztahů mezi různými prvky, k čemuž by dosažená přesnost měla být dostačující.



Obr. 4. Příčný řez Starou sakristií

Závěr

K určení prostorových geometrických parametrů části objektu byl použit způsob kombinující geodetické zaměření vybraných podrobných bodů a informace obsažené v archivních grafických podkladech. Body zaměřené geodetiky slouží jako vřícovací pro transformaci rastrových (digitalizovaných grafických) podkladů, pro jejich správné vzájemné prostorové umístění, a také pro nápravu jejich mnohdy chybného měřítka. Vzhledem k požadavku minimálních nákladů na určení geometrických parametrů chrámu se uvedený způsob zaměření (s využitím totální stanice a měření na pasivní odraz) i následná transformace ukázaly jako vyhovující.

Podklady pro článek byly získány v rámci řešení grantového projektu č. 103/01/1045 GA ČR „Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu“.

Literatura

- [1] Hlobil, I. – Chotěbor, P. – Mahler, Z.: Katedrála sv. Víta. 1. díl, stavba. Správa Pražského hradu, Praha, 1994.
[2] www.groma.cz

Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. – Pospíšil, J.: Determination of Geometrical Parameters of a Selected Part of St. Vitus Cathedral in Prague

For the determination of geometrical parameters of a selected part of St. Vitus Cathedral to be used as input into the numerical model of the building, a combination of geodetic surveying of clearly identifiable points of the building structure with digitization of project drawings was employed. The surveying process involved a new device with a laser distance meter. Transformation of raster documents into a newly surveyed site plan facilitates the determination of geometrical parameters of any elements of the drawing.

Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. – Pospíšil, J.: Bestimmung der geometrischen Parameter eines ausgewählten Teils des St.-Veits-Doms in Prag

Zur Bestimmung der in ein numerisches Modell des Bauwerks eingehenden geometrischen Parameter eines ausgewählten Teils des St.-Veits-Doms wurde eine Kombination der geometrischen Vermessung eindeutig identifizierter Punkte der Baukonstruktion mit der Digitalisierung der zeichnerischen Dokumentation gewählt. Zur Messung wurde ein neues Instrument mit einer Laser-Fernmessvorrichtung benutzt. Die Transformation der Rasterunterlagen in den neu vermessenen Lageplan ermöglicht die Bestimmung der geometrischen Parameter beliebiger Elemente der Zeichnung.



Fakulta stavební ČVUT Katedra geotechniky

pořádá

jednodenní vědecký seminář

GEOMONITORING

12. listopadu 2003

ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Thákurova 7, Praha 6

Přihlášky a informace:

Ing. Jan Záleský, CSc., tel.: 224 354 551,
fax: 233 334 206, zalesky@fsv.cvut.cz
doc. Dr. Ing. Jan Pruška, tel.: 224 654 547,
Pruska@fsv.cvut.cz

Využití jílovců cyprisového souvrství ve stavebnictví

Ing. Jan MARŠÁK

prof. Ing. Petr BURYAN, DrSc.

VŠCHT – Ústav plynárenství, koksochemie
a ochrany ovzduší
Praha

Článek seznamuje s chemickým a mineralogickým složením cyprisových jílovců, jejich fyzikálními vlastnostmi a možnostmi využití pro různé stavební i nestavební aplikace.

Úvod

Využití jílovců je rozsáhlé v mnoha oblastech průmyslu. Přímé využití je možné pozorovat v průmyslu stavebních a keramických hmot [1]. Česká republika má bohatá naleziště těchto surovin. Mezi nejzajímavější patří cyprisové jíly¹⁾ ze Sokolovské uhelné pánve, které zde tvoří mocné souvrství (až 150 m). Význam ostatních ložisek je potlačen velkými zásobami právě v této oblasti [2].

Technologické vlastnosti jílovců surovin jsou závislé především na vlastnostech přítomných minerálů, látkovém složení, zrnitostním rozptylu, stupni zpevnění a na podmínkách zpracování [3]. Cyprisové jíly se řadí mezi zeminy, které výpalem zvětšují svůj objem, přičemž se vytváří velmi pórovitá struktura uzavřená slinutou povrchovou vrstvou. V rotačních pecích se zpracovávají na velmi lehký granulát (dříve pod označením keramzit²⁾) a svou podstatou se řadí mezi keramické hmoty, které jsou jedním z nejstarších a osvědčených stavebních materiálů. Zrno keramzitu je světle hnědé, na řezu šedé, značně pórovité, s téměř slinutým povrchem.

Keramzit se u nás dodává na trh pod obchodním názvem Liapor (výrobce LIAS Vintřův). Nejvíce se uplatňuje ve stavebnictví (lehké betony, malty, stavební díly, zdicí tvarovky, komínové dílce, zásypaný materiál), v oblasti životního prostředí a v zahradnictví (substrát). Aplikacím předává Liapor své výborné technologické vlastnosti.

Problémem při zpracování cyprisových jílovců je možnost selektivní těžby. Cyprisové souvrství se technologicky skládá ze tří vrstev, makroskopicky téměř nerozlišitelných. Pro výrobu keramzitu je nejvhodnější prostřední vrstva, svrchní je většinou nevyužitelná a spodní část je vhodná spíše pro výrobu cihlářského zboží [2]. Proto musí závod ve Vintřově často zpracovávat i méně kvalitní surovinu, což znesnadňuje technologický proces.

Cílem výzkumu, který probíhá ve spolupráci Ústavu plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší VŠCHT Praha a firmy Lias Vintřův, je především detailní popis složení cyprisových jílovců a následně optimalizace tepelného zpracování a zlepšení kvality konečného produktu ovlivněním vstupních parametrů výchozí suroviny.

Jílovce cyprisového souvrství

Surovina pro zpracování pochází z nadloží uhelné slaje Antonín Sokolovské pánve. Zpracovatelský závod zásobuje ze skrývky nadloží Velkolom Družba ve Vintřově. V současné době se buduje skládka kvalitní suroviny, která bude sloužit k výrobě i po vyčerpání uhelných zásob velkolomů Družba a Jiří a po zastavení těžební činnosti.

• Mineralogické složení

Základem jílových surovin jsou jílové minerály³⁾, tj. křemičitany s vrstvenou stavbou strukturních sítí (fylosilikáty), které jsou velmi pevně spojeny do strukturních vrstev [1]. Cyprisové jíly obsahují převážně trojsíťové jílové minerály, a to:

- **illit**⁴⁾, který se vyskytuje v jílovitých břidlicích, půdách, kaolinitu nebo montmorillonitu. Krystalová struktura se jen nepatrně liší od muskovitu. Je expandujícím minerálem miocenních cyprisových vrstev ze skrývky slaje Antonín v Sokolovské pánvi [4]. Vyvložkoval patrně v alkalickém prostředí stojatých vod pánve jako chemický sediment;

- **kaolinit**, tj. tepelně málo stabilní materiál, u něhož již při teplotách 450 až 550 °C dochází k rozkladu struktury. Při zahřívání na 500 až 700 °C dochází k dehydrataci (vznik metakaolinu), při teplotě 940 až 1 000 °C k spontánní krystalizaci korundu a mullitu [5]. Jeho identifikace je makroskopicky nemožná, a proto se k identifikaci využívají laboratorní metody (rentgenová difrakce, infračervená spektroskopie), pomocí nichž je rozpoznatelný. Kaolinit má charakteristické vibrace OH (cca 3 670 cm⁻¹), pomocí infračervené spektroskopie je možné jednoznačně určit jeho přítomnost [1]. Vyskytuje se ve dvou formách – dobře krystalovaný (well crystalized kaolinite) a neuspořádaný (poorly crystalized kaolinite);

Tab. 1. Chemické složení jílovců cyprisového souvrství – pouze majoritní složky [7]

Složení	[% hm.]
Na ₂ O	0,320
MgO	1,970
Al ₂ O ₃	30,460
SiO ₂	47,410
P ₂ O ₅	0,355
S	0,306
K ₂ O	2,300
CaO	2,670
TiO ₂	3,610
MnO	0,108
Fe ₂ O ₃	10,090

¹⁾ Pro označení této suroviny se používá několik synonym, a to jílovce cyprisového souvrství, cyprisové jíly a další.

²⁾ Označení keramzit pochází z ruské odborné terminologie. V ostatních zemích se používají různé obchodní názvy, obecně se pro expandované jíly v němčině používá blähton, v angličtině expanded clay.

³⁾ Jílové minerály, hlavní součásti jílových surovin, jsou rozděleny do sedmi skupin podle krystalové struktury, krystalochemie, počtu a poměru sítí v základní vrstvě, existujících záměn kationtů v oktaedrech a tetraedrech a z toho vyplývajícího náboje strukturních vrstev [3].

⁴⁾ Existuje mnoho jiných pojmenování tohoto minerálu – jemnodisperzní muskovit, hydroslída, hydromuskovit, hydratovaná slída, slídivý jíl, sericit [1].

▪ **siderit**, jenž je obdobou kalcitu, vápník je však nahrazen železem. Železo ovlivňuje strukturní vlastnosti, štěpnost a krystalickou soustavu jen nepatrně, ale má velký vliv na hustotu, barvu, tvrdost a elektrochemické vlastnosti. Ve vzorcích cyprisových jíílů se projevuje přítomnost značného množství sideritu. V hornině je velmi jemně rozptýlen. U některých vzorků jsou difrakční linie tohoto minerálu velmi intenzivní, v chemickém rozboru s nimi koresponduje vysoký obsah dvojmocného železa.

• Chemické složení

Chemicky jsou jíilovce cyprisového souvrství složité komplex (tab. 1), jehož variabilní chování při vlastním procesu zahřívání a vyvolání reakcí pro expandaci vysvětlují, proč je výroba založena víceméně na empirii [6].

Oxidy křemíku a hliníku tvoří nejstálější složku lehce tavitelných jíílů ve smyslu teplotního působení [8]. Ve větší míře než ostatní oxidy zvyšují viskozitu roztaveného materiálu. Vyšší obsah oxidu křemičitého a hlinitého zvyšuje bod tání materiálu.

Vysoký obsah železa zřejmě koresponduje s přítomností sideritu (uhlíčitanu železnatého), pyritu (disulfidu železnatého) a szomolnokitu (hydrátu síranu železnatého). Vyskytuje se poměrně nerovnoměrně [7] a je nesporně jedním z nejdůležitějších prvků při procesech v rotační peci.

Titan je důležitý zejména v krystalických strukturách s acidickou reakcí. Zvýšený obsah v sokolovských jíílech lze vysvětlit ze zvětralin čedičů a čedičových tufů terciárního vulkanizmu.

Oxid vápenatý tvoří s ostatními složkami řadu sloučenin a eutektik. Vykazuje silný tavicí účinek, prudce snižuje viskozitu v malém rozsahu teplot, což způsobuje rychlou deformaci materiálu a znesnadňuje proces výpalu [8]. Tato zvláštnost oxidu vápenatého se ostře projevuje v případě, že jeho obsah převyšuje určité minimum – okolo 3 %. Oxid vápenatý snižuje i bod tání materiálu.

Oxidy sodíku a draslíku, schopné při relativně nízkých teplotách tvořit nízkotající eutektika, ovlivňují ohnivzdornost jíílů, jejich dřívější spékání a interval měknutí. Tyto prvky (Na, K, Ca, Mg) vytvářejí spolu s hliníkem a křemíkem na povrchu zrna keramzitu tvrdou slinutou vrstvu, která tvoří „slupku“ okolo zkoksovateľného vnitřního prostoru zrna. Zásadité oxidy podmiňují tvoření značného množství kapalné fáze nutné proto, aby soustava získala optimální viskozitu pro expandaci v širším intervalu teplot. Lepší jíilovou surovinou pro keramzitu jsou jííly obsahující 3 až 5 % zásad [8]. Jííly ze Sokolovské pánve tento požadavek splňují. Materiály s malým množstvím zásaditých oxidů vedle slabého sklonu k expandaci potřebují mnohem vyšší teploty zahřívání.

Expandace surovin

Poznatek, že se některé keramické suroviny v žáru nadýmají, je znám již dlouho⁵⁾. Obecné faktory podmiňující vznik tohoto procesu jsou dostatečně známé. Každá hlína vhodná k rozpínání v žáru musí splňovat tři podmínky [9]:

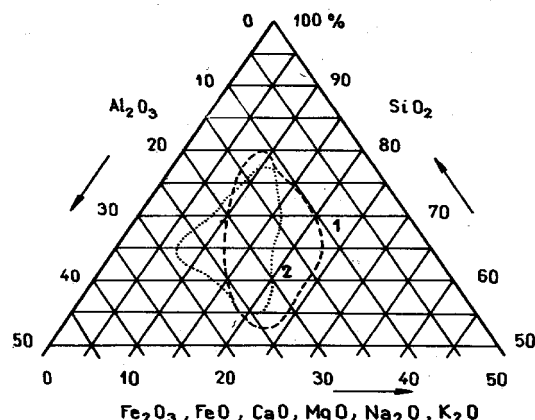
- při vhodném žáru se v ní musí natolik stavět dostatek látky, aby se póry na povrchu zaplnily taveninou, která by znemožňovala unikání plynů tvořících se uvnitř;
- uvnitř materiálu musí zůstat dostatečně vysoká viskozita taveniny, aby propouštění plynů zůstalo omezeno. Stav

látky vyhovující těmto podmínkám označujeme jako pyroplastický [9]. Materiál musí mít při dosažení teploty, při níž se začíná rozpínat, malý objem pórů a hustou strukturu [10];

- v surovině musí být přítomna taková látka nebo směs látek, které uvolní plyny právě v okamžiku stavení povrchu, kdy se dosáhne pyroplastického stavu [9].

Expandační vlastnosti závisí na chemickém a mineralogickém složení jíilových surovin. U jednotlivých oxidů je podstatná jejich mineralogická forma, významná je primární zrnitost a plastičnost suroviny, bod tavení a slinování, viskozita pyroplastického stavu. Kvalitativní hodnocení suroviny je možné pouze experimentální metodou, nejčastěji expandační zkouškou [11].

Hledaly se závislosti vyplývající z chemického složení, vzájemný poměr jednotlivých komponent nebo se vznik expandace vztahoval k určitým mineralogickým složkám. Riley [12] objevil souvislost mezi viskózním chováním jíilových materiálů a jejich chemickým složením. Vycházel ze zákonitého předpokladu, že pro vznik expandace je nutné vytvořit taveninu vyhovující viskozity a povrchového napětí při teplotách kolem 1 000 °C a za rozhodující považuje chemické složení. Na základě analyzovaných dat sestavil trojúhelníkový diagram (obr. 1) se složkami SiO₂, Al₂O₃ a skupinou oxidů (MgO, CaO, FeO, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O) a vyznačil hranice mezi oblastí expandujících a neexpandujících jíílů⁶⁾. Později tyto hranice upravil Wilson.



Obr. 1. Rileyho oblast (1) a Wilsonova oblast (2) vhodné složení expandivních materiálů

Rileyova kritéria jsou ukazatelem pouze informativním a pro řadu jíilových zemin neprůkazným. Každá surovina má charakteristické vlastnosti a musí být zkoumána individuálně vzhledem k optimální expandovatelnosti [6]. Nejvhodnější surovina je taková, u které je možné dosáhnout požadovaného stupně expandace bez nutnosti použití dalších přísad, ať už pro podporu rozpínání, zabránění spékání, nebo jiných důvodů. K rozhodujícím znakům patří chemické složení, mineralogická skladba, zrnitost, kinetika vzniku nových minerálů v žáru, povrchové napětí, teplotní problematika a viskozita taveniny při zahřívání a expandaci. Pokud se týká struktury, má surovina mít buď již od přírody laminární texturu, nebo se taková musí uměle vytvořit, např. jemným semletím a následující granulační nebo sedimentací z kalu. Nejčastěji se používají přísady pro zlepšení expandační schopnosti suroviny, jejichž volba je závislá na složení dané suroviny. Sokolovské cyprisové jííly patří mezi

⁵⁾ Jako první objevil schopnosti některých zemin rozpínat se v žáru Stephen J. Hayden (1908), podle něhož dostal název první expandovaný materiál haydite [16].

⁶⁾ Dobře expandující materiály mu pokryly určitou oblast vymezenou přibližně hranicemi 58–80 % oxid křemičitý, 10–27 % oxid hlinitý, 8–25 % zbytek.

nejlepší expandovatelné suroviny a vysoké rozpínavosti konečného produktu se dosahuje bez jakýchkoliv aditiv.

Tuto vlastnost významně ovlivňuje i úprava suroviny před vstupem do rotační pece. Používají se různé technologie. Suchá úprava je vhodná pro suroviny s nízkou přírodní vlhkostí a vyšší tvrdostí. Surovina se drtí, suší, mele a na granulacích talířích se za současného dávkování vody a přísad tvaruje do požadovaných granulí. Častější plastická úprava je vhodná u plastických jíílů. Postup je obdobný jako v cihlářské výrobě. Z upravené suroviny se formují pelety na různých typech protlačovacích lisů [11].

Rozhodujícím technologickým procesem je samotný výpal v rotační peci, jehož hlavními parametry jsou teplotní režim a atmosféra v peci. Správný teplotní režim pecní linky se zajišťuje v závislosti na její geometrii různými vestavbami, tahovými poměry, rychlostí otáček apod. Proces výpalu ovlivňuje i kvalita suroviny, v případě sokolovských cyprisových jíílů je důležitý obsah hořlavých látek [4]. Jíily s vysokým obsahem hořlaviny⁷⁾ nejsou pro výrobu vhodné – zahřívají vstupní část pece na příliš vysoké teploty, granulace se v nich rozpadají na vysoký podíl prachu a drobného keramzitu [6].

Vlastnosti Liaporu

Při hodnocení kvality lehkého kameniva se posuzuje především tvar zrna, jeho vnitřní pórovitá struktura a povrch zrna. Tyto faktory ovlivňují podstatně vlastnosti keramzitu. Hlavními parametry jakosti lehkého kameniva jsou hmotnost a pevnost zrna. Objemová hmotnost zrna může být 550 až 1 500 kg/m³, což při mezerovitosti 40 až 45 % představuje sypanou hmotnost od 250 do 800 kg/m³. Specifická hmotnost materiálu je 2 300 až 2 600 kg/m³. Základní sortiment Liaporu [13] a jeho parametry uvádí *tab. 2*.

Nasákavost keramzitu je díky jeho uzavřenému povrchu nízká. Obvykle se zkouší nasákavost po 30 minutách, hodnoty jsou zajímavě zejména pro návrh betonových směsí. Dále se zajišťuje nasákavost po 24 a 48 hodinách, popř. nasákavost dlouhodobá. Převážnou část vody nasákne keramzit již v prvních 15 minutách, k čemuž je třeba přihlídnout při návrhu betonových směsí i postupu míchání. Liapor není hygroskopický a nepřijímá vlhkost ze vzduchu. Přirozená ustálená vlhkost je 0,2 % objemu. Pokud je Liapor umístěn do konstrukce suchý a je chráněn proti přímému přístupu vody, zůstává dokonale suchý. Samotné zrno

Liaporu, zásyp ani výrobky nemají kapilární strukturu, a voda v nich tudíž nevzlíná.

Teplotní roztažnost keramzitu je v rozmezí 4 až 6.10⁻⁶ K⁻¹, tj. zhruba poloviční v porovnání s normálním kamenivem do betonu. To je příčinou i příznivě nízké teplotní roztažnosti lehkých betonů. Vynikající je i jeho odolnost proti vysokým teplotám. Je naprosto stálý až do teploty 1 000 °C, a proto je vhodný pro žárobetony.

Mezi hlavní užitné vlastnosti tohoto kameniva patří tepelně izolační schopnosti. Tepelná vodivost sypaného keramzitu závisí na velikosti zrna, jeho objemové hmotnosti, mezerovitosti, a samozřejmě na jeho vlhkosti. Díky porézní struktuře a keramické podstatě má Liapor vynikající tepelně izolační schopnost (*tab. 2*) při dobrých akumulacích vlastnostech. Zrna jsou téměř kulovitá, mají pevnou slinutou skořápku a rovnoměrné porézní jádro. Tato struktura dává materiálu i při velmi nízké hmotnosti dobrou pevnost. Pevnost zrna závisí dále na objemové hmotnosti a na typu materiálu. Pro aplikaci v konstrukčních betonech se vyrábějí typy s menší rozpínavostí, tj. vyšší objemovou hmotností a pevností zrna (*tab. 2*). Pevnost v tlaku se určuje zkouškou podle ČSN EN 13055-1 [17]. Liapor je nejen mechanicky odolný, ale také chemicky stabilní. Zrno odolává kyselinám i louhům. Ve vodě je stabilní a neutrální, nerozpouští se a neuvolňuje škodlivé výluhy ani plyny.

Nespornou výhodou je, že může být dodáván v dokonale suchém stavu. Ve výrobě se skladuje z části v uzavřených silech a z části na otevřených skládkách. Materiál skladovaný v uzavřených silech má vlhkost do 1 % hm., zatímco materiál skladovaný na otevřených skládkách mění vlhkost v závislosti na počasí od 1 až do 25 % hm. Pro některé aplikace, např. zásypy dřevěných konstrukcí, suché maltové či betonové směsi, je možné použít pouze suchý materiál (tedy se zaručeným obsahem vlhkosti do 1 %).

Využití Liaporu

Základní aplikací je volně sypaný materiál pro výplňové a izolační zásypy a podkladní vrstvy. Velkou skupinu tvoří lehké betony, které se používají pro monolitické vrstvy a konstrukce, pro výrobu dílců nebo tvarovek. Objevují se stále nové možnosti využití, např. substráty pro hydroponické pěstování rostlin, filtrační zásypy, výplně absorpčních zón, vrstvy a prvky spojené jinými pojivy než cementem. Významnou možností pro jeho využití je též oblast geotechniky.

Tab. 2. Sortiment a základní vlastnosti Liaporu

Označení	Frakce [mm]	Sypná hmotnost [kg/m ³]	Tolerance [kg]	Objemová hmotnost zrna [kg/m ³]	Mezerovitost [%]	Pevnost [MPa]	Součinitel tepelné vodivosti <i>l</i> [W.m ⁻¹ K ⁻¹]
8-16/275	8-16	275	±40	550	47	0,7	0,09
8-16/600	8-16	600	±50	1 100	45	4,5	0,14
4-8/350	4-8	350	±35	625	44	1,1	0,1
4-8/450	4-8	450	±45	850	44	2	0,11
4-8/650	4-8	650	±50	1 200	45	7	0,14
4-8/800	4-8	800	±50	1 500	47	10	0,19
1-4/500	0-4	500	±75	875	43	4	0,11
1-4/625	0-4	625	±90	1 050	40	6	0,14
2-4/450	2-4	450	±65	800	44	3	0,11
0-2/575	0-2	575	±85	1 050	43	6	0,12

⁷⁾ V případě, že expandující jííl obsahuje dostatek organických látek, není vhodné pro podporu expanze přidávat další. Zvýšila by se objemová hmotnost zrna a zhoršily další výrobní parametry [14].

Tab. 3. Základní rozdělení aplikací sypaného Liaporu

Skupina aplikací	Příklad
konstrukční konstrukčně izolační	zásypy v dřevěných trámových stropěch, na betonových stropěch, ve stropěch s keramickými stropními deskami, nad klenbami, tepelně izolační zásypy ve střešní konstrukci, podsypy podlah ze sádkokartonových desek, izolační zásypy energovodů, výplně stěnových a stropních dílců dřevostaveb
drenážní	drenážní obsypy objektů, drenážní vrstvy v souvrství pro zelené střechy nebo pro hřiště a travnaté plochy, odvětrávací zásypy pod protiradonovou izolací
geotechnické	odlehčovací zásypy kolem podzemních částí objektů, vrstvy pro založení objektů, komunikací apod.
filtrační	čističky odpadních vod, speciální filtry
pěstební	substráty pro zelené střechy, hřiště a travnaté plochy, pro pěstování potravinářských a okrasných rostlin
dekorační	dekorační zásypy v zahradní architektuře nebo interiérové zeleni
absorpční	absorpční zóny kolem letištních a závodních drah
speciální	výplně konstrukcí apod.

● **Volně sypaný Liapor**, popř. zpevněný pojivem, obvykle cementem, má uplatnění nejen ve stavebnictví. Využívá se pro tepelně izolační zásypy stropů a střech při rekonstrukcích i novostavbách, pro podsyp podlah z konstrukčních desek, výplňové zásypy konstrukcí, tepelně izolační zásypy energovodů, drenážní a výplňové terénní zásypy, dekorační zásypy, náplně filtrů odpadních a užitkových vod, žáruvzdorné výplně, pro drenážní a kořenové vrstvy zelených střech, pro travnaté plochy, pro hydroponické pěstování rostlin (tab. 3).

U sypaných vrstev se využívá nízké hmotnosti keramzitu a jeho výborných tepelně izolačních nebo zvukově izolačních vlastností. Klasickými příklady jsou tepelně izolační násypy nebo spádové vrstvy ve střešních konstrukcích, široké možnosti přináší aplikace násypů ve stropních konstrukcích. U klasických dřevěných stropů lze použitím keramzitového násypu dosáhnout výborných vlastností tepelně i zvukově izolačních při zachování ekologicky čistého prostředí. Výhody sypaného keramzitu se uplatňují také při rekonstrukci a modernizaci staveb. Pevnost sypané vrstvy lze na úkor mírného zvýšení hmotnosti a tepelné vodivosti zvýšit prolitím cementovým mlékem. Jednoduchá realizace a téměř neomezená životnost jsou hlavní přednosti aplikace keramzitu jako zásypové izolace tepelných sítí uložených v betonových kanálech.

● **Lehký beton z keramzitu** [15] je podle našich i evropských norem definován jako beton s objemovou hmotností do 2 000 kg/m³. Lehké betony z Liaporu zaujímají rozsáhlý sortiment materiálů z hlediska mechanických i fyzikálních vlastností. Jejich objemová hmotnost je v rozsahu 500 až 2 000 kg/m³ a pevnost až do 60 MPa. Podle použití rozlišujeme materiály:

- konstrukčně izolační (současně se využívají tepelně izolační i mechanické vlastnosti);
- konstrukční (hlavním požadavkem statické vlastnosti).

Maršák, J. – Buryan, P.: The Use of Claystones of Cypris Strata in the Construction Industry

This article informs on chemical and mineralogical composition of cypris clays, their physical properties and potential exploitation in various building, as well as non-building applications.

Výzkum je prováděn v rámci grantu č. 105/02/0278/A GA ČR.

Literatura

- [1] Šucha, V.: Íly v geologických procesoch. Acta Geologica Universitatis Comenianae. Monografie č. 57, 2001. www.fns.uniba.sk/prifuk/casopisy/geol/
- [2] Kužvart, M.: Ložiska nerudných surovin ČR II (nové poznatky za léta 1975–1990). Praha, Univerzita Karlova 1992.
- [3] Konta, J.: Jíl a člověk: Jílové suroviny ve službách člověka. Praha, Univerzita Karlova, 1994.
- [4] Kužvart, M.: Ložiska nerudných surovin. Praha, Univerzita Karlova 1983.
- [5] www.mineral.cz
- [6] Gvoždík, F.: Keramzit a keramzitový beton 1984: Výroba keramzitu Kevint. Plzeň, 1984, s. 15–27
- [7] Maršák, J. – Buryan, P.: Výzkum složení cyprisových jíllů. Minerální suroviny, 2003, č. 1, s. 24–27.
- [8] Onackij, S. P.: Právodstvo keramzita. Moskva, Strojizdat 1987.
- [9] Drochytka, R.: Lehké stavební látky. Brno, VUT 1993.
- [10] Toth, M. N. – Csaky, I. B.: Role of the Smectite Group in the Bloating Process, Ziegelindustrie International, 42 (1989), pp. 246–250.
- [11] Kuneš, P.: Keramzit a jeho aplikace. Stavební obzor, 2, 1993, č. 4, s. 104–108.
- [12] Riley, C. M.: Relation of Chemical Properties of the Bloating of Clay. Journal of the American Ceramic Society, 34, 1951, No. 4, pp. 121–128.
- [13] Lias Vintřov, k. s.: Liapor – vlastnosti a aplikace. Firemní materiál.
- [14] Maršák, J.: Nепublikovaná data. Praha, 2001.
- [15] Kuneš, P.: Lehké betony z keramzitu, Stavební obzor, 2, 1993, č. 10, s. 297–300.
- [16] www.hpbhaydite.com
- [17] ČSN EN 13055-1 Pórovité kamenivo – Část 1: Pórovité kamenivo pro beton, malty a injektážní malty. ČSN, 2003.

Maršák, J. – Buryan, P.: Nutzung von Tongesteinen der Cypris-Schichtengruppe im Bauwesen

Der Artikel macht den Leser mit der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung von Cypristonen, ihren physikalischen Eigenschaften und Möglichkeiten der Nutzung für Anwendungen im Bauwesen und außerhalb des Bauwesens bekannt.

Metody odhadování kvantilů

doc. RNDr. Daniela JARUŠKOVÁ, CSc.
Ing. Anna KUKLÍKOVÁ
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek ukazuje, jak je možné zobecnit metody odhadování kvantilů náhodné veličiny Y na případ, kdy je veličina Y závislá na dalších veličinách X_1, \dots, X_p . Použití metod je ilustrováno na několika aplikacích z teorie spolehlivosti konstrukcí a hydrologie.

Pojem kvantilu

Pojem kvantilu má při studiu dat náhodné povahy velký praktický význam. Inženýra navrhujícího konstrukci může zajímat, jaká je hodnota pevnosti materiálu, které nedosahuje pouze 5 % všech vzorků. Hydrologa zase může zajímat „stoletá voda“, která odpovídá průtoku, jenž je maximálním ročním průtokem překročen jen v 1 % případů.

Pokud pro popis náhodného chování veličiny Y použijeme rozdělení se spojitou rostoucí distribuční funkcí $F(\cdot)$, pak snadno definujeme teoretický α -100% kvantil jako hodnotu u_α , která splňuje vztah

$$F(u_\alpha) = \text{pst}(Y < u_\alpha) = \text{pst}(Y \leq u_\alpha) = \alpha$$

nebo pomocí inverzní funkce $F^{-1}(\cdot)$ k distribuční funkci $F(\cdot)$ tak, že

$$F^{-1}(\alpha) = u_\alpha.$$

Díky spojitosti a rostoucímu charakteru funkce $F(\cdot)$, resp. $F^{-1}(\cdot)$, je tato definice jednoznačná. Poznamenejme, že v některých učebnicích či normách se též vyskytuje pojem α -100% dolní kvantil a α -100% horní kvantil. V takovém případě α -100% dolní kvantil odpovídá α -100% kvantilu a α -100% horní kvantil odpovídá $(1 - \alpha)$ -100% kvantilu.

Velmi často se ocitneme v situaci, kdy distribuční funkci $F(\cdot)$ buď vůbec neznáme, nebo ji známe jen částečně, a přejeme si odhadnout α -100% kvantil u_α pomocí naměřených údajů y_1, \dots, y_n . Jestliže známe typ distribuční funkce $F(\cdot)$, ale neznáme hodnoty parametrů, pak nejprve odhadneme neznámé parametry. K odhadu parametrů můžeme například použít metodu maximální věrohodnosti. Nahrazením neznámých parametrů jejich odhady získáme odhad distribuční funkce $\hat{F}(\cdot)$. Odhad \hat{u}_α pak získáme ze vztahu

$$\hat{F}^{-1}(\alpha) = \hat{u}_\alpha,$$

kde $\hat{F}^{-1}(\cdot)$ je inverzní funkce k funkci $\hat{F}(\cdot)$. Jednoduše lze například postupovat, předpokládáme-li, že se náhodná veličina Y řídí normálním rozdělením $N(\mu, \sigma^2)$. Maximálně věrohodným odhadem μ a σ^2 jsou $\hat{\mu} = \bar{y}$ a $\hat{\sigma}^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2/n$. Odsud α -100% kvantil odhadneme pomocí $\hat{\mu} + \hat{\sigma} \cdot \Phi^{-1}(\alpha)$, kde funkce $\Phi^{-1}(\cdot)$ je inverzní funkcí k distribuční funkci standardního normálního rozdělení $N(0, 1)$.

Pokud neznáme typ rozdělení náhodné veličiny Y , je lépe použít neparametrický odhad, který se často nazývá výběrový kvantil a vychází z uspořádaného výběru $y_{(1)} \leq y_{(2)} \leq \dots \leq y_{(n)}$. V rámci statistiky však není výběrový kvantil jednoznačně definován. Statistikové se nedohodli, zda má být za α -100% výběrový kvantil považována hodnota, pro kterou

platí, že α -100% dat je menších nebo rovno této hodnotě, nebo hodnota, pro kterou platí, že α -100% dat je menších než tato hodnota. V prvním případě požadavek splňují všechny hodnoty z intervalu $(y_{(n\alpha)}, y_{(n\alpha+1)})$, ve druhém hodnoty z intervalu $(y_{(n\alpha)}, y_{(n\alpha+1)})$, kde $[a]$ označuje celou část čísla a . Velmi často se α -100% výběrový kvantil definuje jako $y_{(n\alpha)}$, jestliže $n\alpha$ není celé číslo, resp. jako $(y_{(n\alpha)} + y_{(n\alpha+1)})/2$, pokud $n\alpha$ je celé číslo. Takto je definován výběrový kvantil např. v [1]. Složitěji, avšak současně lépe, je výběrový kvantil definován jako hodnota

$$y_{(k)} + (n\alpha + 0,5 - k) \cdot (y_{(k+1)} - y_{(k)}),$$

kde $k = [n\alpha + 0,5]$ pro $1 \leq n\alpha + 0,5 < n$;

$$y_{(1)} \text{ pro } n\alpha + 0,5 < 1;$$

$$y_{(n)} \text{ pro } n\alpha + 0,5 \geq n.$$

Tímto způsobem je například počítán α -100% výběrový kvantil příkazem `prctile` v softwaru Matlab. Je patrné, že pro větší rozsah výběru n je rozdíl v jednotlivých definicích v podstatě zanedbatelný.

Z matematického hlediska je za velmi obecných předpokladů popsany parametrický i neparametrický odhad α -100% kvantilu konzistentním odhadem. Znamená to, že pokud budeme zvyšovat počet měření, bude odhad konvergovat ke správné hodnotě kvantilu u_α . V praxi to znamená, že budeme-li zvyšovat počet dat, bude náš odhad konvergovat k α -100% kvantilu základního souboru.

Poznamenejme, že odhad kvantilů je důležitý pro výpočet mezních stavů únosnosti, a proto se s ním setkáváme v mnoha důležitých normách, např. v normě [4]. Parametrickým i neparametrickým odhadem kvantilu se zabývá podrobně norma [5]. Pro menší rozsah výběru doporučuje při parametrickém odhadování kvantilů normálního rozdělení přihlídnout k velikosti výběru n . Pro 5% dolní kvantil a rozsah výběru $n = 100$ to např. znamená, že místo odhadu $\hat{\mu} - 1,6449 \cdot \hat{\sigma}$ doporučuje norma [5] použít odhad $\hat{\mu} - 1,76 \cdot \hat{\sigma}$. V případě, že máme apriorní informaci o rozdělení parametrů μ a σ^2 , nabízí norma [5] použít Bayesovský přístup. Normy [5] i [6] definují 5% výběrový kvantil pevnosti pomocí $y_{(0,05 \cdot n + 1)}$. Tato hodnota samozřejmě poněkud nadhodnocuje 5% kvantil základního souboru. Pro zvýšení spolehlivosti konstrukce je lepší, když odhad spíše podcení než přecení hodnotu kvantilu základního souboru. Z tohoto důvodu ukládá norma [6] vynásobit $y_{(0,05 \cdot n + 1)}$ určitým součinitelem menším než jedna. Pro $n = 40$ je tento součinitel roven přibližně 0,79, pro $n = 130$ asi 0,88. Norma [6] neříká, zda hodnoty součinitele byly odvozeny ze zkušenosti, či ze statistických úvah týkajících se přibližného rozdělení pevnosti dřeva. Zabývá se i problémem, jak odhadnout 5% kvantil mechanických vlastností a hustoty dřeva pro případ, že základní soubor je složen z několika souborů s různou četností výskytu.

Regresní kvantily

Veličina Y , jejíž chování nás zajímá, může být ovlivňována jinou náhodnou veličinou X . Pokud můžeme závislost

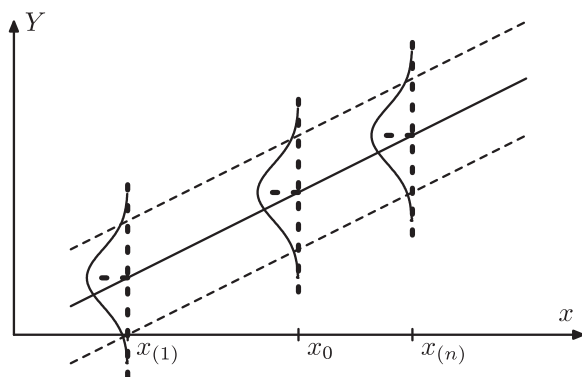
mezi vysvětlující (jinak též nezávislou) veličinou X a vysvětlovanou (závislou) veličinou Y považovat za lineární, modelujeme tuto závislost často pomocí vztahu

$$Y = a + bX + e,$$

kde náhodná veličina e zahrnuje všechny vlivy, které způsobují, že proměnná Y může nabývat rozdílné hodnoty i v případě, že veličina X nabývá stejné hodnoty x . Pokud jsme při opakování pokusu získali hodnoty vysvětlující proměnné $\{x_1, \dots, x_n\}$, můžeme použít model jednoduché lineární regrese

$$Y_i = a + bx_i + e_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

kde $\{e_i\}$ jsou nezávislé, stejně rozdělené náhodné veličiny s distribuční funkcí $F(\cdot)$ s nulovou střední hodnotou. Naší úlohou je opět odhadnout $\alpha \cdot 100\%$ kvantil veličiny Y , jestliže vysvětlující proměnná X nabývá hodnoty x_0 . Předpokládáme-li, že hodnotu závisle proměnné Y_0 lze vyjádřit jako $Y_0 = a + bx_0 + e_0$, kde e_0 se řídí stejným rozdělením jako veličiny $\{e_i\}$, tedy rozdělením s distribuční funkcí $F(\cdot)$, pak $\alpha \cdot 100\%$ kvantil, který chceme odhadnout, je roven $a + bx_0 + F^{-1}(\alpha)$.



Obr. 1. Uvažovaný model

Známe-li typ distribuční funkce $F(\cdot)$, můžeme opět použít parametrický přístup. Nejprve odhadneme parametry distribuční funkce $F(\cdot)$ společně s neznámými parametry a a b . K odhadu můžeme opět použít metodu maximální věrohodnosti. Dosazením odhadnutých parametrů získáme odhad distribuční funkce $\hat{F}(\cdot)$ i její inverze $\hat{F}^{-1}(\cdot)$. Parametrický odhad $\alpha \cdot 100\%$ kvantilu má při $X = x_0$ tvar $\hat{a} + \hat{b}x_0 + \hat{F}^{-1}(\alpha)$. Nejjednodušší případ nastává, mají-li veličiny $\{e_i\}$ normální rozdělení $N(0, \sigma^2)$. V takovém případě odhadneme parametry a a b metodou nejmenších čtverců a parametr σ^2 reziduálním rozptylem, to znamená $\hat{\sigma}^2 = \sum r_i^2 / n$, kde $r_i = Y_i - \hat{a} - \hat{b}x_i$. Odhad $\alpha \cdot 100\%$ kvantilu veličiny Y , jestliže $X = x_0$, je roven $\hat{a} + \hat{b}x_0 + \hat{\sigma} \Phi^{-1}(\alpha)$.

Zopakováním uvedeného postupu pro všechny hodnoty x veličiny X získáme „kvantilovou přímkou“ $y(x) = \hat{a} + \hat{b}x + \hat{\sigma} \Phi^{-1}(\alpha)$. V případě normálně rozdělených $\{e_i\}$ je „kvantilová přímkou“ $y(x) = \hat{a} + \hat{b}x + \hat{\sigma} \Phi^{-1}(\alpha)$ rovnoběžná s přímkou získanou metodou nejmenších čtverců $y(x) = \hat{a} + \hat{b}x$.

Statistiky dlouho trápila otázka, jak počítat kvantily v případě, že typ distribuční funkce $F(\cdot)$ neznáme. Tento problém úspěšně vyřešili Koenker a Bassett [2]. Vycházeli přitom z myšlenky, že v jednovýběrovém souboru $\alpha \cdot 100\%$ kvantil minimalizuje funkci

$$f(c) = \alpha \sum_{i=1}^n (y_i - c)_+ + (1 - \alpha) \sum_{i=1}^n (y_i - c)_-,$$

kde bylo zavedeno označení $a_+ = \max(a, 0)$ a $a_- = -\min(a, 0)$.

Analogicky byla pak „regresní kvantilová přímkou“ $y(x) = c_\alpha + d_\alpha x$ definována jako přímkou, jejíž posunutí c_α a směrnice d_α jsou takové hodnoty c a d , které minimalizují výraz

$$\alpha \sum_{i=1}^n r_i^+ + (1 - \alpha) \sum_{i=1}^n r_i^-$$

za podmínky $r_i^+ \geq 0$, $r_i^- \geq 0$, $r_i^+ - r_i^- = Y_i - c - d \cdot x_i$.

Regresní kvantilová přímkou $y(x) = c_\alpha + d_\alpha x$ (počítaná z dat) není obecně rovnoběžná s přímkou, kterou získáme metodou nejmenších čtverců. Naopak vždy platí, že prochází aspoň dvěma body, přičemž pod ní nebo na ní leží $\alpha \cdot 100\%$ dat.

Za velmi obecných předpokladů je hodnota regresní kvantilové funkce v bodě x_0 , to je $c_\alpha + d_\alpha \cdot x_0$, konzistentním odhadem $\alpha \cdot 100\%$ kvantilu $a + b \cdot x_0 + F^{-1}(\alpha)$.

K rozšíření „regresní kvantilové přímkou“ v aplikacích velmi přispělo, že se uvedená optimalizační úloha dá dnes velmi rychle řešit pomocí metod lineárního programování; v rámci softwaru Matlab (toolbox Optimization) např. pomocí příkazu `linprog`. Příslušné makro může například vypadat následovně:

```
% INPUT
% x      hodnoty nezávisle promenne
% y      hodnoty závisle promenne
% alpha  pst, pro kterou chceme kvantil
%        pocitat
% OUTPUT
% c,d    parametry kvantilove regresni
% primky
%
function [c,d] = regrqv(x,y,alpha)
n = length(x);
nn = 2*n+4;
X = [ones(n,1) x];
A = [X -X eye(n) -eye(n)];
f = [zeros(1,4) alpha*ones(1,n) ...
(1-alpha)*ones(1,n)'];
vys = linprog(f,[ ],[ ], ...
A,y,zeros(nn,1),[ ]);
c = vys(1,1) - vys(3,1);
d = vys(2,1) - vys(4,1);
```

Obě uvedené metody se dají zobecnit pro model lineární regrese s více vysvětlujícími proměnnými X_1, \dots, X_p a závislou proměnnou Y . Pokud při i -tém opakování měření ($i = 1, \dots, n$) vysvětlující proměnné (X_1, \dots, X_p) nabyly hodnot (x_{i1}, \dots, x_{ip}), budeme uvažovat model

$$Y_i = b_0 + b_1 \cdot x_{i1} + \dots + b_p \cdot x_{ip} + e_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Úlohou je odhadnout $\alpha \cdot 100\%$ kvantil veličiny Y , jestliže veličina X_1 nabyla hodnoty x_{01} , veličina X_2 hodnoty x_{02} atd., až veličina X_p nabyla hodnoty x_{0p} . Jsou-li $\{e_i\}$ nezávislé stejně normálně rozdělené náhodné veličiny, tj. $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, a má-li při zjištěných hodnotách $X_1 = x_{01}, \dots, X_p = x_{0p}$ veličina Y normální rozdělení $N(b_0 + b_1 \cdot x_{01} + \dots + b_p \cdot x_{0p}, \sigma^2)$, můžeme k odhadu $\alpha \cdot 100\%$ kvantilu tohoto rozdělení použít $\hat{b}_0 + \hat{b}_1 \cdot x_{01} + \dots + \hat{b}_p \cdot x_{0p} + \hat{\sigma} \Phi^{-1}(\alpha)$, kde $\hat{b}_0, \dots, \hat{b}_p$ jsou odhady b_0, \dots, b_p vypočtené metodou nejmenších čtverců a $\hat{\sigma}^2 = \sum r_i^2 / n$, kde $r_i = Y_i - \hat{b}_0 - \hat{b}_1 \cdot x_{i1} - \dots - \hat{b}_p \cdot x_{ip}$.

Pokud rozdělení $\{e_i\}$ neznáme, můžeme opět použít metodu regresní kvantilové funkce. Označme X matici plá-

nu experimentu, tj.

$$X = \begin{pmatrix} 1 & \dots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & x_{np} \end{pmatrix}.$$

Makro k výpočtu koeficientů regresní kvantilové funkce $y(x) = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \dots + \beta_p \cdot x_p$ vypadá například následovně:

```
% INPUT
% X      matice planu experimentu
%       o rozměrech n a r=p+1
% y      hodnoty závisle promenne
% alpha  pst, pro kterou chceme kvantil
%       pocitát
% OUTPUT
% beta   parametry kvantilove regresni
%       funkce
%
function beta = regrmvqv(X,y,alpha)
[n,r] = size(X);
r2    = 2*r;
rp1   = r+1;
nn    = 2*(n+r);
A     = [X -X eye(n) -eye(n)];
f     = [zeros(1,r2) alpha*ones(1,n) ...
        (1-alpha)*ones(1,n) ]';
vys   = linprog(f, [], [], ...
               A,y,zeros(nn,1), []);
beta  = vys(1:r,1) - vys(rp1:r2,1);
```

Při napozorovaných hodnotách $X_1 = x_{01}, \dots, X_p = x_{0p}$ pak odhadneme α -100% kvantil veličiny Y pomocí $\beta_0 + \beta_1 \cdot x_{01} + \dots + \beta_p \cdot x_{0p}$.

Příklad 1

Při zjišťování pevnosti dřevěných trámů, viz [3], byla změřena pevnost 128 trámů, čímž byly získány hodnoty y_1, \dots, y_{128} [MPa] společně s odpovídající hustotou dřeva x_1, \dots, x_{128} [kg/m³]. Úlohou je parametricky i neparametricky odhadnout 5% kvantil pevnosti základního souboru.

Budeme-li předpokládat, že pevnost trámu je náhodná veličina řídící se normálním rozdělením $N(\mu, \sigma^2)$, můžeme odhadnout $\hat{\mu} = \bar{y} = 50,32$ MPa, $\hat{\sigma} = \sigma_n = 10,46$ MPa, a 5% kvantil pak parametricky hodnotou $\hat{\mu} - 1,6449 \cdot \hat{\sigma} = 33,11$ MPa. Použijeme-li způsob podle normy [5], pak odhadneme 5% kvantil hodnotou $\hat{\mu} - 1,76 \cdot \hat{\sigma} = 31,91$ MPa.

Přejdeme nyní k neparametrickému odhadu. Uveďme sedm nejmenších naměřených hodnot pevnosti [MPa]: 24,33; 27,32; 28,23; 28,45; 31,23; 32,24; 32,44. Použijeme-li zjednodušenou metodu, pak je 5% výběrový kvantil roven $y_{(6)} = 32,24$ MPa vzhledem k tomu, že $[128 \cdot 0,05] = 6$. Příkazem v Matlabu, který používá složitější metodu, získáme hodnotu $\text{prctile}(y, 5) = 32,42$ MPa. Povšimněme si, že parametrický i neparametrický odhad dává velmi blízké hodnoty. Poznamenejme ještě, že norma [6] by odhadla 5% kvantil hodnotou $32,44 \cdot 0,88 = 27,55$ MPa.

Dále předpokládejme, že chceme najít 5% kvantil pevnosti trámů s hustotou dřeva rovnou hodnotě x_0 . Za předpokladu, že rozdělení pevnosti trámu při dané hustotě x_0 je normální $N(a + bx_0, \sigma^2)$, odhadneme nejprve metodou nejmenších čtverců parametry regresní přímky $\hat{a} = -22,4$, $\hat{b} = 0,1567$, a poté směrodatnou odchylku σ pomocí odmocniny z reziduálního rozptylu, tj. pomocí $\hat{\sigma} = 8,2824$. Odhad

5% kvantilu pevnosti trámů s hustotou dřeva x se rovná

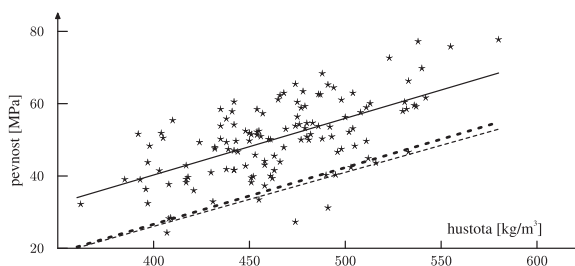
$$y(x) = -22,4 + 0,1567 \cdot x - 1,6449 \cdot 8,2824 = -36,02 + 0,1567 \cdot x.$$

Jako příklad uveďme, že odhad 5% kvantilu pevnosti trámů s hustotou dřeva $x_0 = 500$ kg/m³ je roven 41,5 MPa.

Pro porovnání spočtěme také 5% regresní kvantilovou funkci. Použitím již uvedeného makra z Matlabu získáme přímkou

$$y(x) = -29,88 + 0,1428 \cdot x.$$

Z tohoto vztahu lze například odhadnout 5% kvantil pevnosti trámu s hustotou 500 kg/m³ hodnotou 42,3 MPa. Obrázek 2 ukazuje data společně s odhady 5% kvantilů. Opět si můžeme povšimnout velmi dobré shody, která je především způsobena „normalitou“ dat.



Obr. 2. Dřevěné trámy – data, regresní přímka získaná metodou nejmenších čtverců (pevná čára), odhad 5% kvantilové přímky za předpokladu normality (tečkovaná čára) a bez předpokladu normality (čárkovaná čára)

Příklad 2

Obrázek 3 ukazuje závislost ročních průměrných průtoků [m³/s] řeky Otavy na úhrnu srážek [mm] v povodí této řeky po dobu 60 let. Odhadneme-li metodou nejmenších čtverců parametry a a b v lineárním regresním modelu

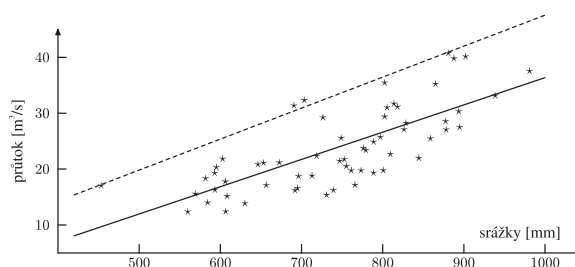
$$Y_i = a + bx_i + e_i, \quad i = 1, \dots, 60,$$

získáme odhad regresní přímky ve tvaru

$$y(x) = -12,435 + 0,0488 \text{ 01} \cdot x.$$

Z jejího zobrazení je patrné, že rozdělení veličiny Y , jestliže veličina X nabývá hodnoty x , je výrazně kladně šikmý. Na druhé straně se zdá, že model, který předpokládá, že se rozdělení Y při různých hodnotách x liší pouze posunutím o $a + bx$, není nerealistický.

Předpokládejme, že nás například zajímá 5% horní kvantil (95% kvantil) průměrných ročních průtoků v roce, kdy roční úhrn srážek X byl roven x_0 . V této situaci je snadnější použít druhý přístup, který nepředpokládá, že známe typ distribuční funkce $F(\cdot)$. Určit typ rozdělení zde může být totiž dost obtížné.



Obr. 3. Otava – data, regresní přímka získaná metodou nejmenších čtverců (pevná čára) a odhad 95% kvantilové přímky (čárkovaná čára)

Obrázek 3 ukazuje 95% regresní kvantilovou přímku, která má rovnici

$$y(x) = -7,8869 + 0,055419 \cdot x.$$

Uvažujeme-li například jen roky, kdy úhrn srážek činí 800 mm, pak odhadujeme, že v 5 % takových let bude průměrný roční průtok vyšší než 36,45 m³/s.

Příklad 3

Vraťme se ještě k příkladu 1. Předpokládejme, že kromě hustoty dřeva zjišťujeme pro každý trám ještě „sukovitost“, která odpovídá množství suků ve dřevě. Lze očekávat, že čím bude sukovitost větší, tím bude pevnost trámu menší. Předpokládejme opět, že vztah mezi pevností trámu Y , hustotou dřeva X_1 a sukovitostí X_2 je následující

$$Y = a + b \cdot X_2 + cX_2 + e,$$

kde e je náhodná veličina. Za předpokladu, že rozdělení pevnosti trámu při dané hustotě dřeva x_{01} a sukovitosti x_{02} je normální $N(a + b \cdot x_{01} + c \cdot x_{02}, \sigma^2)$, odhadneme metodou nejmenších čtverců parametry regresní funkce $\hat{a} = 7,28329$, $\hat{b} = 0,147474$, $\hat{c} = -45,3944$ a směrodatnou odchylku σ pomocí odmocniny z reziduálního rozptylu $\hat{\sigma} = 7,4555$. Odhad 5% kvantilu pevnosti trámů s hustotou dřeva x_1 a sukovitostí x_2 se rovná

$$\begin{aligned} y(x_1, x_2) &= -7,28329 + 0,147474 \cdot x_1 - 45,3944 \cdot x_2 - \\ &\quad - 1,6449 \cdot 7,4555 = \\ &= -19,5468 + 0,147474 \cdot x_1 - 45,3944 \cdot x_2. \end{aligned}$$

Jako příklad uveďme, že odhad 5% kvantilu pevnosti trámů s hustotou dřeva $x_1 = 500 \text{ kg/m}^3$ a sukovitostí $x_2 = 0,04$ je roven 52,37 MPa, zatímco stejný odhad při hustotě dřeva $x_1 = 500 \text{ kg/m}^3$ a sukovitosti $x_2 = 0,55$ je roven 29,22 MPa. Pro porovnání opět spočítáme 5% regresní kvantilovou funkci

$$y(x_1, x_2) = -28,1257 + 0,1692857 \cdot x_1 - 45,1429 \cdot x_2.$$

Odsud odhadneme, že 5% kvantil pevnosti trámů s hustotou dřeva $x_1 = 500 \text{ kg/m}^3$ a sukovitostí $x_2 = 0,04$ je roven 54,71 MPa, zatímco 5% kvantil pevnosti trámů s hustotou dřeva $x_1 = 500 \text{ kg/m}^3$ a sukovitostí $x_2 = 0,55$ je roven 31,69 MPa. Opět si povšimněme velmi dobré shody odhadů pořízených dvěma odlišnými metodami.

Závěr

Uvedené příklady ukazují, že pokud mezi závislou proměnnou a nezávislými proměnnými existuje vztah, který lze popsat lineární regresí, informace o hodnotách nezávisle proměnných výrazně ovlivňují odhad kvantilů závisle proměnné. Popsané metody dávají návod, jak odhadovat regresní kvantily na základě naměřených dat.

Příspěvek vznikl v rámci záměru MSM 210000001.

Literatura

- [1] Jarušková, D.: Pravděpodobnost a matematická statistika 12. ČVUT Praha, 2002.
- [2] Koenker, R. – Bassett, G.: Regression Quantiles, *Econometrica* 46, 1978, 33–50.
- [3] Kuklík, P. – Dolejš, J.: Nondestructive Evaluation of Structural Timber. In: 5th world conference on timber engineering, Montreux, 1998, 692–699.
- [4] ISO 12491 Statistical Methods for Quality Control of Building Materials and Components. Geneva, 1997.
- [5] Eurocode – Basis of Structural Design 1990, CEN, April 2002.
- [6] ČSN EN 384 Konstrukční dřevo – Zjišťování charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty. ČSN, 1996.

Jarušková, D. – Kuklíková, A.: Methods for Quantiles Estimation

This paper shows how to generalize methods for quantiles estimation of random variable Y for the case when variable Y is dependent on some other variables X_1, \dots, X_p . The suggested methods are applied to several examples concerning reliability of constructions and hydrology.

Jarušková, D. – Kuklíková, A.: Verfahren zur Schätzung von Quantilen

Der Beitrag zeigt, wie die Verfahren zur Schätzung der Quantilen der Zufallsvariablen Y für den Fall verallgemeinert werden können, wenn die Variable Y von weiteren Variablen X_1, \dots, X_p abhängig ist. Die Anwendung der Verfahren werden an einigen Anwendungen aus der Zuverlässigkeitstheorie bei Konstruktionen und der Hydrologie illustriert.

• dizertace



Podpora manažerských rozhodnutí hodnotovým inženýrstvím

Ing. František Šperl

Práce je studií nástrojů podpory manažerského rozhodování s přihlédnutím ke specifice stavebních podniků. Upozorňuje na potřebu zpřístupnění a pořízení dat v reálném čase pro specifické rozhodovací úlohy v různých funkčních postavebních. Jmenovitě se zabývá využitím hodnotové analýzy při rozhodování v úlohách nabídkového, rozpočtového a kalkulačního charakteru.

Virtuální systém v podmínkách organizačních soustav

Ing. Miroslav Kunt

Dizertace se zabývá teorií virtuálních soustav se dvěma základními atributy. Prvním je dočasné uskupení prvků, resp. subsystémů, které se po splnění úkolu rozpadá, druhým zjištění, že jednotlivé prvky mohou plnit alternativní funkce. Přínosem práce je rozvinutí atributů v abstraktní rovině za použití nástrojů systémové analýzy. Součástí práce jsou i dvě praktické aplikace v podniku Škoda Holding.

Analýza rizik při řízení výstavbových projektů – RiskControl

Ing. Petr CHMEL
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Riziko je přirozenou součástí projektu. RiskControl je program, který pracuje na bázi fuzzy logické analýzy rizik s následnou simulací Monte Carlo. Umožňuje pravděpodobnostně vyhodnocovat průběh výstavbového projektu od doby trvání nebo velikosti nákladů u jednotlivé činnosti i celého výstavbového projektu.

Projekt je organizované plnění jednorázového úkolu využívající lidské a materiální zdroje k dosažení stanoveného cíle. Projekty mají trojrozměrný cíl, což znamená současné splnění požadavků na věcné provedení, časový plán a rozpočtové náklady [3]. Řídit projekty znamená řídit lidi, aby byly využity dostupné materiální zdroje. Projektové řízení se stává užitečným při zvládání změn v nejrůznějších oblastech lidské činnosti [2].

Analýza rizik

Riziko je přirozenou součástí projektu. Je nutno je rozpoznat, snížit na možnou nebo únosnou míru a zbývající riziko zvládnout [7]. Zjišťování rizik projektu obsahuje procesy, které se vztahují k jejich stanovení a analyzování i reagování na ně. Dále zahrnuje maximalizaci výsledků příznivých a minimalizaci následků nepříznivých událostí. Rozlišujeme stanovení rizik, hodnocení rizik, tvorbu protirizikových opatření a jejich operativní řízení [11]. Stanovení rizik spočívá v určení, jaká nebezpečí mohou proces ovlivnit, přičemž lze postupovat od příčin k následkům, či obráceně. Výsledkem je kromě jiného pravděpodobnost, že dojde k rizikové události a rozsah možných následků či dopadů. Cílem vyhodnocení rizik a jejich vazeb je posouzení možných výsledků projektu. Tvorba protirizikových opatření definuje postupy k využití příležitostí a odezvy na hrozby. Reakcí na hrozbu může být její předcházení, zmírňování nebo přijetí. Rezervu lze chápat jako protíváhu rizika. Operativní řízení realizuje plány protirizikových opatření s cílem reagovat na rizikové události během projektu.

V průběhu vyhodnocování rizik musíme věnovat pozornost nebezpečí souvisejícím:

- s výsledkem projektu (stavba, letoun, jaderná elektrárna apod.),
- s managementem projektu (termíny, náklady, zdroje apod.) [10].

Pro podporu kvalitní realizace procesu slouží řada metod, které usnadňují projektovým týmům činnost [9]. Zvládání projektového řízení napomáhá řada softwarových nástrojů, např. Microsoft Project, Primavera, IDEALOG, CONTEC, PowerProject, Process Continuum, SureTrak Project Manager. Tyto programy pracují vesměs na principech analýzy síťového grafu, zahrnují metody CPM, PERT, umožňují vy-

rovnávání zdrojů, někdy obsahují tzv. integrované riziko spojené s některým ukazatelem finanční úspěšnosti projektu [5]. Vyspělejší nástroje pro řízení rizik pracují převážně na základě simulací metodou Monte Carlo. Jejich rozšíření však není tak početné. Jmenujme alespoň @RISK, Crystal Ball [1].

Expertní systémy

Při analýze rizik se zpočátku setkáváme s mnoha neurčitými informacemi, které chceme vyhodnotit a následně ty podstatné zapracovat do plánu projektu. Jako první se o to pokusila statistika a teorie pravděpodobnosti. Zavedení pojmu pravděpodobnosti umožnilo zkoumat a matematicky popsat jevy, jejichž výskyt je nejistý. Další způsob, jak se vypořádat s neurčitostí, bylo použití vícehodnotové logiky. Kromě zavedených pravdivostních hodnot 0 – nepravda a 1 – pravda se pracovalo nejprve s 1 – nevím. Později pracovala vícehodnotová logika s libovolným počtem hodnot z intervalu 0 až 1. Z vícehodnotové logiky se vyvinula **fuzzy logika**. Vyhodnocování informací a logické odvozování nových faktů je doménou expertních systémů.

Expertní systém je druh aplikačního programu, který rozhoduje nebo řeší problémy ve specializovaných oblastech s použitím poznatků a analytických pravidel definovaných experty určité oblasti. Báze poznatků obsahuje informace, které jsou důležité pro oblast, jíž je znalostní systém určen. Poznatky a heuristiky (nealgoritmické postupy vedoucí většinou ke správnému řešení dané úlohy) jsou převzaty od specialistů kompetentních k řešení problémů v dané oblasti. **Inferenční mechanismus** je soustava spolupracujících algoritmů, které zajišťují činnost znalostního systému. Na úrovni symbolických výpočtů se napodobuje schopnost specialisty uvažovat. Nejpoužívanější třídou znalostních systémů jsou **pravidlové systémy**. Použití pravidel se zakládá na logickém principu pro odvozování: když fakt A je pravdivý a platí pravidlo, pak fakt B je odvozen jako pravdivý [6].

Fuzzy expertní systém se skládá z kolekce funkcí příslušností a z **fuzzy pravidel**. Funkce příslušnosti nabývá pro každý prvek množiny hodnoty z uzavřeného intervalu 0 až 1. Všechny prvky, pro které je hodnota funkce příslušnosti do množiny rovna jedné, budeme považovat za prvky množiny. Fuzzy pravidla slouží k **fuzzy usuzování** neboli **inferenci o příslušných datech**, tedy faktech o realitě. Základní operace fuzzy expertního systému tvoří fuzzifikace, inference, agregace a defuzzifikace. **Fuzzifikací** se převádějí vstupní data zatížená neurčitostí na fuzzy množiny charakterizované konkrétními funkcemi příslušnosti. Pomocí **inference** jsou odvozovány důsledky v podobě fuzzy množin, které jsou charakterizovány odpovídajícími funkcemi příslušnosti. **Agregací** dochází ke skládání několika fuzzy množin důsledků aktivovaných pravidel pro zkoumanou vstupní veličinu. **Defuzzifikace** je transformace agregované plochy fuzzy množiny na jedinou hodnotu, kterou je možno použít pro další rozhodování.

RiskControl

Fuzzy logika poskytuje ohromné možnosti využití právě v oblasti stanovení a ohodnocení rizik. Konkretizací a určitým zúžením problematiky vznikl program, který jsem pojmenoval **RiskControl**. Spočívá ve fuzzy analýze rizik, jejíž výsledky se promítají do simulací metodou Monte Carlo v rámci síťového grafu výstavbového projektu s následným vyhodnocením finančních ukazatelů úspěšnosti projektu. Princip činnosti programu si vysvětlíme na příkladu výstavby polyfunkčního centra.

Síťová analýza začíná sestavením přehledu disponibilních zdrojů. Projekt výstavby polyfunkčního centra je rozčleněn na menší celky, fáze, úkoly a činnosti. Tyto činnosti spolu nesouvisí pouze hierarchicky v rámci stromové struktury, ale jsou navázány v logickém sledu. Pro jednotlivé činnosti určujeme jejich předpokládanou dobu trvání, zdroje, které je třeba vynaložit na vykonání dané činnosti. Na základě hodinové sazby a denního časového fondu se počítají denní náklady spojené s nasazením zdrojů. Další typ nákladů, např. na materiál, je pevně spojen s danou činností. Po stanovení začátku celého projektu dojde prostřednictvím definovaných vazeb a doby trvání k určení termínu zahájení a termínu dokončení pro všechny činnosti [12].

Jednotlivé činnosti mohou být ohrožovány celou řadou nebezpečí a hrozeb. Tato nebezpečí se mohou reálně vyskytovat s různou pravděpodobností [14]. Výskyt rizikové události může mít na danou činnost různý vliv, který spočívá v překročení plánovaných nákladů či v prodloužení doby trvání. Pro analýzu rizik jsou největším úskalím nebezpečí s vysokou pravděpodobností výskytu, která výrazně ovlivní průběh dané činnosti [4]. Z pravděpodobnosti výskytu nebezpečí a z jeho dopadu se odvozuje velikost rizika, které je s tímto nebezpečím spojeno. Zároveň může být velmi nesnadné až už pravděpodobnost výskytu, nebo dopad na danou činnost, exaktně vyjádřit. K formulaci neurčitých výroků se nabízí zavedení **fuzzy proměnných** [13].

V rámci programu RiskControl byla definována devítistupňová škála pravděpodobnosti výskytu nebezpečí a šestistupňová škála pro uvažovaný vliv nebezpečí na činnost. Velikost rizika definují inferenční pravidla v závislosti na pravděpodobnosti výskytu nebezpečí a jeho možném vlivu na činnost. Pro velikost rizika je opět definována devítistupňová škála. Takto jsme definovali strukturu fuzzy proměnných a **fuzzy relací**, se kterými pracuje expertní systém.

Do systému nyní postupně vkládáme pravděpodobnost výskytu jednotlivých nebezpečí a jejich vliv na vybranou činnost. Systém odvozuje velikost rizika, které je porovnáváno s limitním rizikem dané činnosti. Rizika větší než limitní se promítají do frekvenční funkce příslušné činnosti.

V oblasti analýzy rizik se setkáváme s náhodnými jevy a procesy, jejichž matematické modely bývají často komplikované. Proto často provádíme s modelem síťového grafu experimenty, které jsou založeny na náhodě. Jejich výsledky pak statisticky vyhodnocujeme. Dobu trvání dané činnosti nebo velikost nákladů potřebných k její realizaci uvažujeme dále jako náhodnou veličinu. Funkci hustoty neboli frekvence už máme připravenou na základě analýzy rizik a agregací získáváme distribuční funkci. Metodou inverzní transformace generujeme jednotlivé experimenty se shodným rozdělením jako měla původní frekvenční funkce [8]. Následuje opakovaný přepočítání síťového grafu. Roční kumulativní výkaz cash flow dává nahlédnout jednak na finanční bilanci v jednotlivých letech a jednak na návratnost celého projektu. Další analýzou se dostáváme k vnitřnímu výnos-

vému procentu či k čisté současné hodnotě. Tento postup se opakuje, a zároveň se zjišťuje citlivost modelu síťového grafu na počet simulačních kroků. Na závěr se provádí statistické vyhodnocení klíčových charakteristik a ukazatelů výstavbového projektu.

Závěr

V oboru stavebnictví byla vypracována dosud nepublikovaná teorie pro stanovení a ohodnocení rizik, nazvaná RiskControl. Relevance nové teorie byla ověřena rozбором výstupů a jejich porovnáním s dosud používanými metodami. Analýza silných a slabých stránek dané metodiky vedla ke stanovení optimální oblasti použití pro výstavbové projekty. Fuzzy logická analýza rizik s následnou simulací Monte Carlo skýtá komplexní přístup i pro nejsložitější typy projektů. Zároveň umožňuje zvládnout náročné případy zatížené velkou nejistotou v oblasti analýzy rizik. Vestavěný rozhodovací aparát, pracující na principech fuzzy logiky, umožňuje diferencovaný přístup ke stanovení a hodnocení rizik u jednotlivých typů činností výstavbového projektu.

Literatura

- [1] Adamec, F.: MS Project – řízení projektů. Praha, Grada Publishing 1997.
- [2] Grey, S.: Practical Risk Assessment for Project Management. Amherst, HRD Press 1992.
- [3] Hačková, L.: Projektové řízení veřejných zakázek. Stavební obzor, 2000/1.
- [4] Hájek, V.: Management rizika stavebního podnikání, Stavební obzor, 1993/6.
- [5] Jarský, Č.: Automatizovaná příprava a řízení realizace staveb. Kralupy n. Vltavou, Jarský-CONTEC 2000.
- [6] Kelemen, J. – Kubík, A. – Lenharčík, I. – Mikulecký, P.: Tvorba expertních systémů v prostředí CLIPS. Praha, Grada Publishing 1999.
- [7] Kliem, R. – Ludin, I. – Robertson, K.: Project Management Methodology, A Practical Guide for the Next Millennium. New York-Basel-Hongkong, Marcel Dekker, Inc. 1996.
- [8] Klvaňa, J.: Modelování 20, Operační výzkum 2. Vydavatelství ČVUT, Praha 1999.
- [9] Lacko, B.: Aplikace metody RIPRAN v softwarovém inženýrství. [Sborník], konference „Tvorba software“, VŠB Ostrava, 2001.
- [10] Management jakosti – směrnice jakosti v managementu projektu. Praha, ČSN 1998.
- [11] Project Management – Body of Knowledge (PMI). Praha, Team Technologies 1996.
- [12] Projektmanagement – Fachmann, Band 1, 2, Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft e. V. Eschborn 1996.
- [13] Štěpánek, M.: A Contribution to the Fuzzy Approach in the Risk Management: Zpravodaj Společnosti pro projektové řízení, 3/1999.
- [14] Tichý, M.: Rizikové inženýrství 1 - Riziko a jeho odhad. Stavební obzor, 1994/9.



Chmel, P.: Risk Analysis in Construction Projects Management – RiskControl

Risk is an integral component of any building project. RiskControl is a program which works with fuzzy sets and Monte Carlo consequential simulation. RiskControl enables probability evaluation of building project development in dependence on negative phenomena. RiskControl facilitates monitoring of a building project, including the duration and cost of any activity, and even the internal rate of return of the whole project.

Chmel, P.: Risikoanalyse bei der Leitung von Bauprojekten

Risiken sind natürliche Bestandteile eines Bauprojekts. RiskControl ist ein Programm, das auf der Basis von fuzzy Sets mit nachfolgender Monte-Carlo-Simulation arbeitet. RiskControl ermöglicht, den Verlauf eines Bauprojekts vom Gesichtspunkt der Wahrscheinlichkeit angefangen von der Zeitdauer oder der Bestimmung der Größe der Aufwände für die einzelnen Leistungen bis zu ihrer Amortisierung zu bewerten.

● recenze

Meister, J.

Nachweispraxis Biegeknicken und Biegedrillknicken

Einführung. Bemessungshilfen.

42 Beispiele für Studium und Praxis

Ernst & Sohn, A. Wiley Company, 2002, 1. vydanie, 420 strán, mäkký obal, 55 EUR

Ide o veľmi užitočnú knihu, v ktorej sa autor zaoberá stabilitou prútov namáhaných tlakom a ohybom. Stabilita je často rozhodujúcim faktorom pri návrhu tenkostenných oceľových konštrukcií, hlavne pri prútoch s otvoreným prierezom. Ako vyplýva z názvu knihy, vyšetované sú prípady rovinného i priestorového vzperu.

Kniha pozostáva z troch častí. Časť A je úvodom do problematiky. Sú tu v súlade s nemeckou DIN 18 800, časť 1 a 2, názorne vysvetlené obidve možnosti overovania stability tlačenej a ohybaných prútov: a) metóda náhradného prúta využívajúca jednoduché normové vzorce, hodnoty kritických síl N_{cr} , kritických momentov M_{cr} , súčinitele vzperu a klopenia, b) teória II. rádu pri uvažovaní imperfekcií prútov, pomocou ktorej dnes môžu projektanti s využitím dostupných výpočtových programov riešiť aj náročnejšie úlohy, pravda za predpokladu, že jej dokonale rozumejú. Časť B obsahuje množstvo veľmi užitočných výpočtových pomôcok: vzorce, tabuľky, diagramy. V časti C možno nájsť 42 podrobných výpočtov v praxi často sa vyskytujúcich prípadoch. Znamená to, že nie sú riešené idealizované jednoduché základné prípady, ale berú sa do úvahy všetky vplyvy, tak ako sa v praxi vyskytujú (napr. vplyv diskretného alebo spojitého pružného bočného podopretia prútov – v dôsledku pripojenia trapézových plechov atď.).

Určitým nedostatkom je, že publikácia sa opiera iba o výsledky nemeckých odborníkov, o čom najlepšie svedčia zoznamy literatúry a použité výpočtové programy. Je tam 50 položiek a 4 výpočtové programy, pričom všetko sú to diela výlučne nemeckých autorov. Nemecká stabilitná škola je vo svete vysoko hodnotená a recenzovaná publikácia predstavuje i napriek uvedenej skutočnosti veľmi užitočnú pomôcku pri praktickom navrhovaní oceľových prútových konštrukcií podľa predpisov akejkoľvek normy, nielen podľa DIN 18 800.

Publikáciu možno odporučiť inžinierom v praxi ako aj študentom na technických univerzitách.

prof. Ing. Ivan Baláž, PhD.

Ustavena Česká společnost stavebních koordinátorů

Dne 1.7.2003 byla po předchozí zhruba roční práci přípravného výboru a na základě zveřejněné „Výzvy“ ustavena na členské schůzi Česká společnost stavebních koordinátorů (ČSSK) jako odborná společnost Českého svazu stavebních inženýrů s právní subjektivitou. Společnost je tvůrčím neziskovým sdružením inženýrů, techniků a stavitelů činných ve výstavbě a v oblasti bezpečnosti práce v Čechách, na Moravě a ve Slezsku, které sdružuje své členy na základě dobrovolnosti.

Cílem a posláním ČSSK je využití duševního potenciálu členů ke shromáždění, analýze a rozšiřování nejnovějších poznatků k výkonu povolání koordinátora bezpečnosti a ochrany zdraví na staveništích tak, jak je to obvyklé ve státech Evropské unie a jak to předpokládá i v naší republice připravovaný zákon o koordinátorech. Společnost chce spolupracovat při tvorbě legislativy pro činnost koordinátorů a aktivně pomáhat při přípravě kvalifikovaných způsobilých koordinátorů pro české stavebnictví. Zajišťuje kontakty se stavovskými zahraničními organizacemi stejného zaměření a poskytuje odbornou, expertizní a poradenskou pomoc orgánům státní správy a samosprávy. Své poslání uskutečňuje pořádáním odborných akcí, nabídkou komplexního programu vzdělávání způsobilých koordinátorů, přednášek a seminářů. Společnost považuje za nezbytné vytvořit podmínky a zaručovat výkon funkce koordinátora tak, aby se všichni účastníci investičního procesu, jichž se výkon funkce koordinátora nutně dotkne, počínaje investorem, projektantem, dozorovacími orgány a konče zhotovitelem stavby včetně jeho pracovníků na stavbách, setkávali a kooperovali s kvalifikovanými a způsobilými osobami. Prostřednictvím své členské základny sdružuje zájemce o výkon povolání koordinátora bezpečnosti a ochrany zdraví na staveništích a jejich zapojení do konkrétní stavební praxe.

Česká společnost stavebních koordinátorů ČSSI přijala na ustavující členské schůzi „Prohlášení“ k současnému stavu projednávání zákona o koordinátorech a nabídla komplexní a koncepční vzdělávací program a doporučený standard výkonu funkce koordinátora ve veřejném zájmu a v souladu s Národní politikou bezpečnosti práce.

Zájemci o činnost a členství ve společnosti se mohou obracet na adresu: Česká společnost stavebních koordinátorů ČSSI, Sokolská 15, 120 00 Praha 2, tel.: 227090411, sklenar@cssi-cr.cz

*Dr. Ing. Vladimír Sklenář, CSc.
předseda společnosti*

● recenze

Beran, V. a kol.

Dynamický harmonogram

elektronické rozvrhování technicko-ekonomických procesů

Academia, 2002, Praha, 177 s.

Publikace je napsána moderním způsobem. Jejím cílem je jednak stát se učebním pomůckou posluchačů FSV, KEŘ, jednak být přehledným kompendiem poznatků uspořádaných s cítem pro současnost a schopností předvídání budoucího vývoje o managementu výroby, projektovém řízení, investicích, cenových nabídkách, ale i o výzkumných projektech a strategických marketingových úvahách a ekonomice času.

Vstupní kapitoly popisují jednoduché možnosti jak řešit základní otázku většiny ekonomických procesů – ekonomiku spotřeby výrobního času. Tato část má charakter ukázek aplikací a návodů řešení doplněných příklady v plně zdrojové verzi na příloženém CD. Uživatel si je může prohlédnout, upravit a přizpůsobit vlastním potřebám. Čtenář tak dostává do ruky nejen černobílou verzi obrázků otištěných v publikaci, ale i barevné verze obrázků v širším kontextu zpracování. Navíc jsou veškeré obrázky uvedeny na CD v samostatné složce a někdy nejasný černobílý obrázek v tisku je v barvě zajímavější a názornější. Dá se říci, že vlastní náplní je CD obsažnější a pro zasvěceného čtenáře často zcela novou dimenzí výkladu a odborného sdělení.

Předkládaná problematika je orientována na otázky rozvrhování výroby, na časové plánování – harmonogramy, cyklogramy a síťové grafy. Je skutečností, že dimenze metodiky dosud praktikovaného a často komerčně drahého software tak dostává nový, konkurenční rys. Publikace ukazuje uživateli, že informace získávané často na základě náročného software mají jednodušeji zvládnutelná řešení na bázi běžného kancelářského software, kterým je tabulkový procesor (např. Excel a příbuzné procesory).

Není obtížné pro kvalifikovaného čtenáře zjistit, že problematika je velmi blízká také evidenci a správě zakázek (knihy zakázek) v malých a středních organizacích zaměřených na výrobu nebo služby. Další, ne příliš vzdálenou aplikací, jsou plány údržby, sledování plateb, výkonů a podobných, v čase rozprostřených, agend. Setkáváme se zde s otázkou základních modelů použitelných v projektovém řízení.

Vedoucí autorského kolektivu aplikuje řadu nových teoretických představ z mikroekonomiky. Jejich zdrojem je pátá kapitola. Zdánlivě jednoduché aplikační příklady jsou ve druhé úrovni výkladu prostoupeny teoretickými novinkami, jejichž centrální osou jsou virtuální řídicí momenty.

Konkrétní aplikace pro poměrně rozsáhlé stavby je popsána v šesté kapitole. Na ni navazují praktické příklady a návody dovedené do detailů (formuláře výkazů pracovníků, strojů, výkonů apod.). Příklady na CD jsou udivující zejména možnostmi, které běžnému uživateli tabulkového procesoru zůstávají skryty. Tato část vděčí za pečlivé zpracování Ing. J. Moslerovi, který čerpá z praxe a využívá myšlenek z úvodu práce.

Zajímavá, a nikoli nepodstatná, je část zabývající se riziky termínů, nabídkových cen a nabídkových rozpočtů. Jde o rozpracování, které spoluautoři dovedli do aplikovatelné úrovně.

Závěr páté kapitoly je věnován příkladům simulace strategií ve výrobních jednotkách. Tento relativně malý příklad využívá programové vybavení MDM založené opět na dostupné aplikaci tabulkového procesoru. Jde o velmi zhuštěný výklad aplikace, která je dominantní pro všechna strategická manažerská rozhodnutí. Význam příkladu je jednoznačně širší než jeho popis uvedený v publikaci. Autoři zřejmě pouze signalizují možnost řešení úloh moderním způsobem v záležitosti, kterou chtějí dále rozvíjet nebo rozvíjejí. Obsahově je zde potenciál k využití v další publikaci. Částečně je kompenzována stručnost této části tím, že je využívají i některé další příklady na CD. Zejména pak částí „Dynamika chování prvků“, v níž nezavěšený čtenář teprve získává některé souvislosti o možnostech simulace a jejího uplatnění v dynamických modelech.

Autorský kolektiv nepřehledným způsobem žádá od čtenáře, aby pracoval s textem a CD jak v úrovni praktické, tak teoretické či abstraktní. Teprve po přečtení je s určitým odstupem patrné, že název publikace je určitým synonymem pro dynamickou představu v praktikující mikroekonomice.

Náplň CD včetně příkladů je řazena od zdánlivě jednoduchých k praktickým příkladům. Ty obsahují kromě jiného i cenný materiál k určité variantě nabídky ČMS Praha, a. s., k akci Obecní dům Praha. Vedou tak čtenáře k úvaze o nutnosti změny některých zažitých postupů. Rozbor příkladů z praxe a příkladů zpracovaných studenty (samostatná složka na CD) představuje potenciál, který by si zasloužil širší výklad v textu.

Stručných 177 stran textu je jistě dílem ekonomického využití prostředků, které byly k dispozici. Věcný obsah si nicméně zaslouhuje, aby byl dále rozvíjen.

Závěrem lze jen potvrdit slova vydavatele ze shrnutí na zadní straně publikace, že jde o publikaci, která je potřebným technickým průvodcem rozvrhování technicko-ekonomických úloh do času a zjišťování potřeb zdrojů. Text nabízí v ucelené a přehledné formě vedle teoretické části i praktické návody a řešené příklady s podporou běžně dostupných projektových procesorů. Výpočetní tabulky Excel poslouží projektantům, investorům, pracovníkům dodavatelských firem, zadavatelům veřejných zakázek i ostatním zájemcům odpovědně rozvrhnout nabízené kapacity.

Praktické aplikace jsou využitelné v praxi. Teoretická část, z níž práce vychází, je určena studentům vysokých škol, doktorandům, učitelům vysokých škol, vývojovým softwarovým pracovníkům.

doc. Ing. Ludmila Hačková, CSc.

● recenze

Stiglat, K. **Brücken am Weg**

Frühe Brücken aus Eisen und Beton in Deutschland und Frankreich

Ernst & Sohn, 2003, 179 strán, mäkký obal, 2. dotlač 1. vydania, 37,90 EUR

Kniha obsahuje množstvo čiernobielych fotografií a kresieb mostov postavených na území Nemecka a Francúzska v dávnejšej minulosti. Mnohé z nich odborník ocení ako vzácné rarity (napr. jeden z prvých zavesených mostov z obdobia ich oživenia: most pri Lézardrieux z roku 1924). V prílohe možno nájsť prehľadnú tabuľku, v ktorej je chronologický zoznam mostov zatriedených podľa materiálu: a) mosty kamenné, b) železné (správnejšie: liatinové a oceľové), c) betónové (správnejšie: betónové a železobetónové). V tabuľke sú uvedené mosty postavené v rokoch 1776 až 1928. Súčasťou prílohy je mapa Nemecka a Francúzska s vyznačením lokalizácie jednotlivých mostov. Množstvo podrobnejších mapiek sa nachádza v samotnom texte pri konkrétnych mostoch. Zoznam literatúry obsahuje 139 položiek.

Čítanie o jednotlivých mostoch je veľmi zaujímavé aj pre laikov, pretože okrem odborných údajov nájdeme v knihe

množstvo zaujímavostí z histórie, ktoré autor získal priamo od úradných činiteľov (starostov miest, kronikárov apod.), „miestnych kronikárov“, ako aj od radových miestnych obyvateľov.

Kniha umožňuje sledovať vývoj v mostnom staviteľstve a je súčasne aj svedectvom o vzdelanosti, odvahe a umení predchádzajúcich generácií inžinierov. Určite môže poslúžiť aj ako pracovná pomôcka pri údržbe a záchrane mostov, z ktorých väčšina predstavuje významné technické pamiatky slúžiace svojmu účelu desiatky rokov. Motto publikácie je „byť človekom znamená, zamýšľať sa nad minulosťou na ceste do budúcnosti.“ (Erwin Chargaff).

Recenzovanú knihu odporúčame stavebným inžinierom, architektom, študentom ako aj laickej verejnosti.

prof. Ing. Ivan Baláž, PhD.

● literatúra

Trajer, V. **Katastr nemovitostí / 40 otázek a odpovědí z praxe**

ASPI Publishing, 2003, 116 s., formát A4, brož. 199 Kč

Autor v knize shromáždil najčastejšie dotazy a problémy, se ktorými sa stretáva ve svojej praxi na katastrálnom úrade. Odpovedá na daný konkrétny problém a rozvádí riešenie do obecnější roviny. Dotazy a odpovedi se netýkajú a neřeší složité výkladové problémy či kontroverzní názory, ale jde o výběr otázek, které vytanou na mysli běžnému člověku, který přichází do styku s katastrálním úřadem jako klient. Jde tedy o jakousi „kuchařku“, která radí, jak si počínat ve styku s katastrálními úřady – jak mají vypadat některá podání, jak se orientovat v průběhu řízení, jak z katastru nemovitostí získávat informace.

Otázky a odpovědi jsou členěny do několika oblastí, a to předmět katastru, návrh na vklad, vkladové řízení, opravy chyby v katastrálním aparátu a poskytování informací. Zvláštní důraz je kladen na řízení před katastrálním úřadem, a to pro jeho závažnost, složitost a fakt, že je to nejběžnější a nejčastější důvod, proč se katastrem nemovitostí zabývat.

U každé odpovědi je uvedeno klíčové slovo, které charakterizuje předmět dotazu. Za odpovědí je uveden závěr – tedy stručné shrnutí odpovědi. Dále je za každou odpověď uveden seznam ustanovení příslušných právních předpisů.

Ke zvýšení názornosti jsou do knihy zařazeny ukázky procesních podání a výstupů z katastru nemovitostí s popisem, např.:

- ukázky katastrálních map
- ukázka oznámení o zahájení řízení

- ukázka návrhu na vklad
- ukázka rozhodnutí o přerušení řízení o návrhu na vklad
- ukázka zpětvzetí návrhu na vklad
- ukázka rozhodnutí o zastavení řízení
- ukázka rozhodnutí o zamítnutí
- ukázka srovnávacího sestavení parcel
- přehled mapových značek
- přehled druhů pozemků a způsob jejich využití
- změna druhu pozemku
- seznam katastrálních úřadů

V závěru jsou uvedeny základní předpisy upravující problematiku katastru nemovitostí – zákon č. 265/1992 Sb., o zápisech vlastnických a jiných věcných práv k nemovitostem, v platném znění, a zákon č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon), v platném znění. Kniha obsahuje i podrobný věcný rejstřík.

Svým obsahem a způsobem zpracování se publikace zaměřuje na nejširší okruh čtenářů – řadového občana jako stávajícího či potenciálního účastníka řízení před katastrálním úřadem, představitele občanských sdružení a obcí, podnikatele v oblastech blízkých katastru nemovitostí (soudní znalce, geodety, pracovníky realitních kanceláří atd.), „podnikové právníky“, ale i advokáty, kteří se danou oblastí právních vztahů zabývají pouze příležitostně.

Tisková informace

• veletrhy

«Časy se mění ... a řemeslo také»

3. – 8. listopadu 2003

Paříž

Shora uvedené heslo je nosným tématem letošního veletrhu BATIMAT. Když v roce 1959 pořadatelé zahájili první ročník, jistě si nedokázali představit, v jak rozsáhlou akci se rozvine. Mezinárodní význam veletrhu podstatně vzrostl, o čemž svědčí zájem zahraničních vystavovatelů. Očekává se větší účast než na předchozím ročníku v roce 2001, kdy 2 500 vystavovatelů obsadilo plochu 134 tis. m² a zastoupeno bylo 3 400 značek. Kromě toho akce uvítala 456 820 návštěvníků, z toho 16,11 % byli odborníci ze 128 zemí.

V popředí zájmu letošního ročníku jsou lidé a proměny řemesel ve stavebním oboru. Kromě mimořádně přitažlivých akcí, jako je Inovační soutěž, Trofeje designu, Trofeje obkladačství, je ročník 2003 obohacen o iniciativní projekty zaměřené na stavební profesi, jejichž cílem je podpořit hlavní téma veletrhu konkrétními ukázkami.

Doprovodné akce

- **Křížovatka povolání**
 Fórum pracovních příležitostí
 Fórum školení a vzdělávání
 Praktické ukázky
 Workshopy – svědectví
- **Hlavní cíl: přístupnost**
 hodnotící kolokvium na téma Evropského roku invalidních osob
- **Kostra stavby a inteligentní technická zařízení: jak se mohou navzájem ovlivňovat?**
 konference ADDI (Asociace pro rozvoj domotiky a imotiky)
- **nové francouzské a evropské normy a jejich vliv na obory zastoupené v prostoru vyhrazeném pro inteligentní stavby**
 kulatý stůl – účastníci: veřejné subjekty, profesní organizace, specializovaní novináři
- **Sdružení novinářů v oboru stavebnictví**
 konference
- **Le Village de la Pierre (Kamenná vesnička)**
 ukázky nadčasovosti kamene v nepřetržitém vývoji řemesel
- **Prostor Trendy**
 vývoj v oblasti bydlení, používání nových řešení a nových technologií především z hlediska bezpečnosti, pohodlí a zdraví. V partnerství s FNSAI (Národní odborovou federací bytových architektů) bude v rámci akce Living Smart ukázána vizionářská představa o konceptech bytových prostor rozdělených do předem vytypovaných sociálně kulturních kategorií.

Informace: ACTIVE COMMUNICATION
 Anglická 28, 12000 Praha, tel.: 222 518 587
 active@telecom.cz, www.batimat.fr

BATIMAT
 DE LA CONSTRUCTION 2003

Nejlepší diplomové práce ve školním roce 2002/2003

Patnácti studentům ze tří technických vysokých škol byly předány diplomy a peněžitá odměna jako vítězům soutěže, kterou uspořádala největší česká stavební firma Skanska CZ ve spolupráci s ČVUT v Praze, VUT v Brně a VŠB-TU v Ostravě. Z mnoha desítek přihlášených prací vybírala ty nejlepší odborná porota složená ze zástupců společnosti SKANSKA CZ a zástupců jednotlivých škol.



FSV ČVUT Praha

Stavebně technická témata

- **Rudolf Vyhnálek** – Styčník dřevěného skeletu a jeho použití v praxi
- **Petra Kohoutová** – Rekonstrukce a dostavba statku v Miletíně
- **Antonín Šremer** – Optimalizace železniční tratě Benešov – Čerčany

Ekonomická a ostatní témata

- **Petr Veverka** – Aplikace projektového řízení ve výstavbové praxi
- **Jakub Skavroň** – Finanční analýza firem v ČR a v zahraničí
- **Eva Svatoňová** – Oceňování stavební produkce v ČR a v zahraničí



FAST VUT Brno

Stavebně technická témata

- **Petr Jeleček** – Reologické a únavové vlastnosti asfaltových směsí při zatěžování ohybem a jejich využití pro navrhování vozovek
- **Tomáš Malina** – The Grand Egyptian Museum – zastřešení objektu
- **Michal Jandásek** – Stáj pro výkrm prasat včetně technologie výroby bioplynu

Ekonomická a ostatní témata

- **Jiří Juřeník** – Měření svislých posunů katedrály sv. Petra a Pavla v Brně na Petrově a kostela v Brně Zábřevicích
- **Tomáš Achilles** – Organizace zakázky ve stavebním podniku a plánování průběhu zakázky výstavby ZŠ Hostovice
- **Ondřej Šimáček** – Cena stavby v průběhu jejího životního cyklu



FAST VŠB-TU Ostrava

Stavebně technická témata

- **Andrea Žiškova** – Historické krovy
- **Vít Křivý** – Posouzení spolehlivosti styčníků ocelových konstrukcí
- **Radek Himlar** – Centrum duchovní, kulturní a sociální činnosti osob tělesně postižených