



MONITORING TUNEL

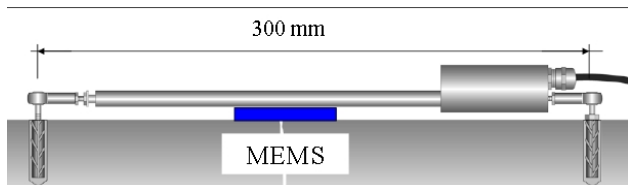
Zpracoval: doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební VUT v Praze); doc. Ing. Lumír Miš, Ph.D., Ing. Martin Závacký (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Vzhledem k závažnosti problému určení spolehlivosti nosných konstrukcí tunelů během jejich celé životnosti (tj. zajištění teoretických předpokladů v celém uvažovaném úseku tunelu jak v horninovém prostředí, tak i v konstrukci) je nutné teoretické řešení chování ostění tunelu vase ověřit vhodnými metodami monitoringu stávajících tunelových konstrukcí. Tato měření by umožnila vyhodnocovat průběh stárnutí ostění (rozvoj trhlin, nástup deformace apod.) při snaze o minimalizaci narušení provozu podzemních děl.

Oblast použití

Inženýrské konstrukce vyžadují sledování, odborné prohlídky a pravidelnou údržbu. Určení stavu, kdy je výhodné provádět opravy a dokdy mají opravy místo finančních nárokových rekonstrukcí spojených s odstávkou provozu smysl je založeno na ocenění procesu stárnutí a rozvoje poruch konstrukce. Sledování procesu stárnutí u podzemních staveb má zásadní význam, protože jeho projevy jsou hůře identifikovatelné pro fyzickou dostupnost a proto, že každá porucha zůstává skryta. Sledování stárnutí podzemních staveb pomocí využití stávajících prvků geomonitoringu i nových technologií (např. MEMS - (Micro Electro Mechanical Systems – Obr. 1) je nutné jak z hlediska zajištění bezpečnosti podzemních staveb, tak i potvrzení analýzy nákladů po dobu životnosti (LCC).



Obr. 1 Crackmeter 4420 doplněný o prvek MEMS [6]

Metodika a postup řešení

Metodika a postup řešení odpovídal prvnímu roku řešení daného úkolu – tj. provedla se rešeršinnost o monitoringu podzemních staveb ve světovém z hlediska časového i prostorového. Při zpracování

se využívaly podklady získané na webu, z elektronických databází systému EIZ VUT, osobních kontaktů a podkladů získaných přes CzTA ITA-AITES a PIARC.

Výsledky

V prvním roce řešení daného úkolu byla na základě rozsáhlé innosti zhotovena zpráva Přehled geotechnického monitoringu pro tunely.

Tato zpráva uvádí přehled metod geotechnického monitoringu pro tunelové stavby. Je nutno však poznamenat, že i když se jedná pouze o jeden typ staveb, problematika jejich monitoringu zůstává poměrně rozsáhlým tématem. Tunely totiž mohou ovlivňovat daleko širší okolí než jen rozměry samotné stavby, což vyplývá z jejich umístění – osazení do horninového masivu. Dochází tedy ke vzájemné interakci umělé konstrukce, nebo stavební innosti a přirozeného přírodního prostředí. Dále je třeba respektovat fakt, že proces výstavby, zejména u velkých projektů, obvykle trvá delší dobu. Po dokončení a uvedení do provozu však nezůstává konstantní stav. Nadále mohou probíhat změny ve spolupůsobení konstrukce a prostředí, zapříčiněné různými faktory.

Lze tedy konstatovat, že tunelové stavby jsou často projekty rozsáhlé jak z prostorového, tak z časového, nebo i technického hlediska. Proto nemusí být zcela jednoznačné, jak rozdělit prvky geomonitoringu. Ve zprávě je uvedeno rozdělení podle vícero hledisek. Struktura dokumentu je koncipována následovně:

- nejprve jsou uvedena obecnější rozdělení podle času (monitoring před začátkem výstavby, při výstavbě a po dokončení stavby) a umístění (monitoring samotného tunelu, portálových oblastí, povrchu),
- následuje kapitola s podrobnějším popisem jednotlivých typů měření:
 - deformace (geodetické metody, konvergenční měření, extenzometrická, inklinometrická a deformetrická měření ve vrtech, monitoring porušení dna tunelu, hydrostatická nivelace, měření náklonu, dilatometrická měření)

- napětí (napětí v ostnících, síly v kotvách, napětí v horninovém masivu, pórové tlaky)
- ostatní měření (teplota, seismičita)
- na závěr je přiložen v tabulce přehledný souhrn sepsaných poznatků pro jednoduchou a rychlou orientaci v problematice – Obr. 2.

Metoda a instrumentace	Využití	Fáze výst.			Pozice			Online*	Poznámka
		průřez	střecha	stěna	střecha	stěna	podlaha		
Deformace a náklony									
Invert probe (dnová sonda)	Monitoring porušení dna tunelů	X	X	X				ne	
Hydrostatická sonda	Svislé deformace – sedání	X	X	X	X	X	X	ano	Kontrola stavěb v poklesové kotlíně a tunelů v provozu.
Jednosměrný (uniaxial) náklonoměr	Náklony konstrukcí	X	X	X	X	X	X	ano	Law prodloužit měřicí základnu osazením na tyčový převod. Výrobce např. - Sigeeo
Měření náklonu	Náklony konstrukcí	X	X	X	X	X	X	ano	
Dvousměrný (biaxial) náklonoměr	Pozisky na tříhlinách, dilatacích	X	X	X	X	X	X	ne	
Mechanické ruční měřidlo	Pozisky na tříhlinách, dilatacích	X	X	X	X	X	X	ano	
Typový jevek se snímačem vibrátory	Pozisky na tříhlinách, dilatacích	X	X	X	X	X	X	ano	
Lineární posencometrickým snímačem	Pozisky na tříhlinách, dilatacích	X	X	X	X	X	X	ano	

* Měření lze provádět kontinuálně s dálkovým přenosem dat – (ano) znamená, že lze při použití speciálních přístrojů.

Obr. 2 Ukázka ze souhrnu instrumentace geomonitoringu pro tunelové stavby [5]

Závěr

Provedený přehled geotechnického monitoringu pro tunely popisuje časové a prostorové hledisko monitoringu v etn používaných metod. Přehled je doplněn o podrobný souhrn instrumentace geomonitoringu pro tunelové stavby.

V příštím roce se provede zhodnocení možnosti využití měření prováděných za účelem zajištění bezpečnosti provozu v tunelu a možné aplikace MEMS pro měření chování stávajících železobetonových ostnících. Na základě získaných poznatků se provede návrh dlouhodobého sledování konstrukcí s využitím stávajících měření, který se ke konci roku za nejdříve navrhovaná měření.

Nedílnou součástí bude i matematické modelování, protože jde o lokální snímače a je tedy nutné identifikovat místo, kde bude docházet k nadměrným deformacím popř. až poruše konstrukce. Na základě této identifikace se umístí snímače v konstrukci.

Literatura

- [1] Hánek, P., Pruška, J., Záleský, J.: *Návrh geotechnických úloh pomocí observačních měření*. Praha: VUT FSV, Katedra geotechniky, 2002.
- [2] Černý, V.: *Disertační práce: Optimalizace geotechnického průzkumu a monitoringu při navrhování a provádění podzemních staveb*. Brno: Ústav geotechniky, FAST VUT v Brně, 2014.
- [3] Schubert, W. a kolektiv. *Geotechnical Monitoring in Conventional Tunnelling - handbook*. Salzburg : Austrian society for geomechanics, 2014.
- [4] Geoexperts. [Online] [Citace: 31. 5. 2017.] <http://www.geoexperts.sk/>.
- [5] Závacký, M., Mišák, L. *Zpráva: Přehled geotechnického monitoringu pro tunely*, Brno, VUT v Brně, 2017
- [6] Záleský, J. *Tunnel Lining Instrumentation*, CTU in Prague, FCE, 2006 [Online] [Citace: 14. 12. 2017] <http://www-civ.eng.cam.ac.uk/underground/Praquepresen/PraqueMetro4.pdf>