

POROVNÁNÍ MĚŘENÍ DEFORMACÍ POMOCÍ TENZOMETRICKÝCH SNÍMAČŮ A LINEÁRNÍ OPTOELEKTRONICKÉ MĚŘÍCÍ SONDY

COMPARE OF THE DEFORMATION BY TENSOMETRIC GAUGES AND BY INCREMENTAL LINEAR OPTOELECTRONIC MEASURING PROBE

Pavel PADEVĚT, Petr BITTNAR¹

Abstrakt

Príspevok je zaměřen na porovnání vlastností zařízení pro měření deformací a přírůstků deformací. Pro měření deformací betonových těles nebo těles z cementové pasty jsou s oblibou používány příložené nebo nalepovací tenzometrické snímače. Ty dovolují přesné měření a obzvláště příložené tenzometrické snímače je možné použít k měření mnohokrát. Nicméně citlivost snímačů a tím i jejich použitelnost je ovlivněna jejich rozsahem a velikostí snímačů. Z hlediska citlivosti se jeví pro účely měření deformací na malých betonových vzorcích velmi vhodné lineární optoelektronické měřicí sondy, jejichž citlivost je vyšší než běžně používané tenzometrické snímače. Snímače je možné pro měření použít velmi jednoduše a sběr dat je prováděn pomocí USB sběrnice přímo do PC.

Klíčová slova: tenzometrický snímač, lineární optoelektronická sonda, beton, cementová pasta, deformace.

Abstract

Paper is focused on the compare of properties of equipment for measuring of the deformation. Stick-on tensometric gauges are usually used for measuring of deformation of concrete specimens or specimens from cement paste. by tensometric gauges is possible measure a small deformations. Try tensometric gauges are usefull many times. However, sensitivity of gauges depend on the range of gauges. Incremental linear optoelectronic probe are very usefull for measuring on the concrete specimens. Sensitivity of the optoelectronic probes is higher than ordinary tensometric gauges sensitivity. Use of the optoelectronic probe is very friendly and connecting of the data is realized by USB directly into the PC.

Keywords: Tensometric gauge, incremental linear optoelectronic measuring probe, concrete, cement paste, deformation.

ÚVOD

Motivací pro porovnání měření mezi tenzometrickými snímači a optoelektronickými měřicími sondami (dále inkrementálními snímači) bylo získání vhodného, cenově dostupného měřicího zařízení, které by mohlo měřit dlouhodobě deformace. Současný výzkum se intenzivně věnuje problematice mikromechanických vlastností materiálů. Ve stavební praxi je významným materiálem beton. Ten je složen jakožto kompozitní materiál z několika základních složek, k nimž mohou být přidávány nejrůznější přísady (plastifikátory) nebo příměsi, jako např. další plniva ve

¹ Ing. Pavel PADEVĚT, PhD., Petr BITTNAR, Bc., SvF, CVUT v Praze, pavel.padevet@fsv.cvut.cz, petr.bittnar@fsv.cvut.cz

Lektoroval: prof. Ing. Juraj SMRČEK, PhD., KVTaR, Sjf TU v Košiciach, juraj.smrcek@tuke.sk

formě rozptýlené výztuže. Nicméně tři základní složky betonu jsou obsaženy vždy (cement, voda a kamenivo definované čáry zrnitosti). Cement s vodou tvoří tzv. matici, jejíž pozornosti se těší dnešní výzkum v oblasti mikromechanických vlastností. Vzhledem k různým vlastnostem cementů jsou výsledné vlastnosti cementových matic různé. Z pohledu dlouhodobých vlastností cementové matrice je velmi důležitým parametrem dotvarování betonu. V současné době probíhá na stavební fakultě ČVUT intenzivní výzkum vlastností dotvarování cementové matrice.

V čase lze dotvarování popsat jako změnu délky rozměrově daného prvku (tělesa) při neměnné se úrovni zatížení. Se změnou času a při konstantním zatížení dochází ke změně délky tělesa – převážně ke zkracování.

TENZOMETRICKÉ SNÍMAČE

Pro účely měření jsou používány nejčastěji příložné tenzometrické snímače. Jejich nespornou výhodou oproti nalepovacím tenzometrům je jejich mnohonásobné použití, aniž by došlo k jejich poškození. Princip fungování příložného tenzometrického snímače vychází z činnosti nalepovacího tenzometru. Pro měření materiálových vlastností betonu a cementových past používáme příložné tenzometrické snímače (extenzometry) MTS typu 634.11F.



Obr.1 Příložný tenzometrický snímač deformace s odměrnou délkou 25 mm

Extenzometry mají základní odměrnou délku 25 mm. Pomocí nástavců je možné odměrnou délku zvýšit až na 100 mm. Pro měření na tělesech výšky 70 mm je dostatečná odměrná délka 25 mm pro stanovení modulu pružnosti ze střední části testovaného tělesa. V extenzometru se nachází Whetstoneův můstek. Ten slouží k vlastnímu měření deformace vlivem změny délky jednotlivých tenzometrů, z nichž je můstek složen. Rozsah tohoto extenzometru je od -2,5 mm do 5 mm. Extenzometr má teplotní pracovní oblast od -85°C do +120°C.

LINEÁRNÍ OPTOELEKTRONICKÁ MĚŘÍCÍ SONDA

Je vhodná pro měření deformací v řádu od μm až do cm. Princip měření vzdálenosti vychází z optického měření vzdálenosti. Například typ SM 12.61 -3,0 - CA9 měří do délky až 12mm. Přesnost inkrementálního snímače je $\pm 1\mu\text{m}$ na délce 12 mm. Při kalibraci snímače byla dosažena odchylka $0,2\mu\text{m}$. Princip měření sondy je odlišný od tenzometrie. V případě optoelektronických sond je měření délky uskutečňováno pomocí skleněného pravítka, které je osazeno referenční značkou. Na skleněném pravítku nebo podložce je fotochemickým způsobem

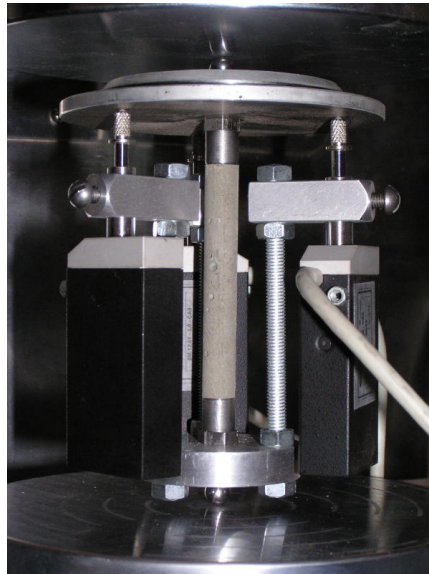
napařena vrstva materiálu (obvykle vrstva chromu). Ve vrstvě chromu jsou vyleptány v přesných vzdálenostech rysky, které tvoří rastr pro měření. U sondy SM 12.61 je odměřovací délka 0,1 μm . Signál měření není plynulý, ale mění se skokem oproti plynulé změně odporu extenzometru.



Obr.2 Lineární optoelektronická sonda SM 13.61

TĚLESA Z CEMENTOVÝCH PAST

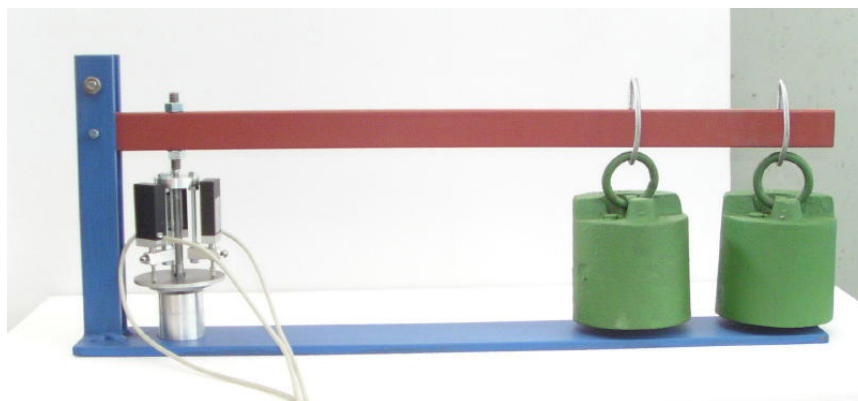
Pro účely měření deformací v dlouhodobém pohledu se jeví použití optoelektronických snímačů jako nanejvýš vhodné. Jistou výhodou oproti tenzometrickým snímačům, které vyžadují zesílení signálu je vyloučení tohoto článku z měřicího řetězce. Byla uskutečněna zkušební měření pomocí tenzometrických snímačů na tělesech zvolených pro dotvarování. Cílem bylo měření velmi malých deformací v dlouhodobém pohledu, které nebude ovlivněné prostředím, kde tělesa a měřící zařízení bude umístěno. Na obrázku je sestava inkrementálních snímačů, které měří deformaci tělesa při dlouhodobém zatížení. Použitím 3 inkrementálních snímačů je zajištěna kontrola a vyloučení excentrického zatěžování tělesa.



Obr.3 Sestava 3 lineárně optoelektronických sond pro měření deformací cementových těles

ZÁVĚR

Vzájemné porovnání parametrů obou druhů snímačů přináší výhody na obou stranách. Porovnáním rozsahu používaného extenzometru s používanými inkrementálními snímači vychází pracovní měřicí oblast výhodněji pro inkrementální snímač (12mm oproti 7,5mm). Při použití 3 kusů inkrementálních snímačů na jedno zkušební zařízení je celková potřeba pro 10 zařízení, 30 snímačů. Spojením 3 snímačů přes sběrnici, je použit pouze 1 USB konektor. Pro celý měřicí systém je třeba počítače s 10 USB sběrnici.



Obr.4 Zkušební pákový mechanizmus s lineárními optoelektronickými sondami pro měření dotvarování

Inkrementální optoelektronické sondy dostatečně zachycují deformace vznikající i na tělese z cementové pasty a výšky 70mm. Měřená data nejsou ovlivněna šumy, které vznikají v zesilovačích nutných pro zesílení signálů z tenzometrických snímačů. Z tohoto pohledu nejsou pro velmi jemná a dlouhodobá měření vhodné ani induktivní snímače, u nichž vzniká a byl naměřen podobný jev zastření signálu vlivem zesilovačích můstků. Konstrukce inkrementální sondy je vhodná pro dotykové měření vzdálenosti. Použití extenzometru vyžaduje odměrnou konstrukci pro měření deformace, protože snímač obvykle nemívá stejnou odměrnou délku jako zkušební vzorek.

Tento článek vznikl za podpory projektu MŠM č. 6840770003 Rozvoj algoritmů počítačových simulací a jejich aplikací v inženýrství.

LITERATURA

- [1] MTS, Axial Extensometers Product Information.
- [2] Technické informace o lineárních měřicích sondách, <http://essapraha.cz>
- [3] MAIER, V., JAN, G.M.: *Fracture Processes of Concrete*. CRC Press, 1997, ISBN 0849391237