

EXPERIMENTÁLNA ANALÝZA NAPATÍ DLHODOBE SLEDOVANÝCH MOSTOV

Dqc.Ing.Tibor Jávqr,CSc

Vyskumny ustav inzinierskych stavieb,Bratislava

Dlhodobé sledovanie deformačného stavu predpätých betónových mostov novodobých druhov umožňuje získať podklady pre určenie stavu napätosti týchto mostov nevyhnutné pri projektovaní ďalších podobných konštrukcií.Jedným z rozhodujúcich vplyvov pôsobiacich na konštrukcie sú dlhodobé zmeny vlastností materiálov najmä v dôsledku atmosferických činiteľov,ako sú zmeny teploty,vlhkosti ale i ďalšie dôsledky strát predpätia,alebo následky sadania základov vyšetrovaných objektov.Vzhľadom ku časovej náročnosti týchto sledovaní bolo nutné zvoliť takých reprezentantov,o ktorých sme získali už v priebehu výstavby dostatok údajov.Vybrali sme preto 12 charakteristických mostov,z ktorých niektoré sledujeme už 25 rokov.Sú to mosty rámové-monolytické,ďalej sledujeme prvé čl.letmo betónované a letmo montované mosty,mosty segmentové nadjazdové,mosty z vopred predpätých betónových nosníkov a naše najväčšie diaľničné viadukty,ako sú Hviezdonice a Podtureň,ďalej i niektoré železničné predpäté betónové mosty.Pre dlhodobé sledovanie týchto mostov sme používali najmä strunovú akustickú tenzometriu a metódy geodetické,najmä niveláciu.Kontrolu kvality betónov sme robili ultrazvukom.

Strunové tenzometre /autor:Ing.M.Petrík,CSc zo SÚ ČVUT/sú u všetkých sledovaných mostov zabudované vždy v horných a dolných vláknach charakteristických prierezov nosnej konštrukcie.Teplotné zmeny sa pritom sledujú zabudovanými tenzoteploermi.Celkový počet zabudovaných tenzometrov a tenzoteplomerov bol od 50 do 100 kusov,u viaduktov vo Hviezdoniciach a v Podturni až 300 kusov.Tieto prístroje sú zapojené na príslušnom meracom stole do rozvodovej dosky a je ich možno odčítavať alebo strunovým batériovým prístrojom,prípadne elektrickým kmitočtomerom na 220 V alebo pomocou diaľkovej registrácie z meracieho vozu.Automatické,

diaľkové prepínanie, odčítanie a zapisovanie hodnôt meraných čisl. strunovými tenzometrami sme robili vhodne upraveným odčítacím a zapisovacím zariadením fy Maihak, ku ktorému bola vyrobená ovládacia aparátúra na diaľkové volenie jednotlivých snímačov. V poslednom období na tieto merania aplikujeme metódu impulznej strunovej tenzometrie, vyžadujúcu iba dvojvodičové zapojenie snímačov do meracích aparátúr. V tomto prípade sa struna tenzometra uvedie do tlmeného kmitania impulzom trvajúcim 0,4 ms. Po časovom oneskorení $T = 10$ ms sa odmeria sto periód kmitania. Zo vzťahu pre frekvenciu $f = 1/T$ môžeme určiť frekvenciu kmitania strún. Z tejto hodnoty určujeme využitím ciachovacej konštanty tenzometra príslušné pomerné pretvorenie betónu ϵ , ktoré je od frekvencie f kvadraticky závislé, t.j. $\epsilon = A f^2 = B f + C$, kde A, B, C sú určené pre každý tenzometer osobitne už pri ciachovaní. Prevod hodnot na mechanické napätia s prípadnými koreláciami účinkov teplotných zmien sa robí výpočtovým programom transformácie deformácií na napätia i s ohľadom na dotvarovanie, zmrašťovanie a modul pružnosti betónov. Na meranie sa používa merací autobus, v ktorom je zabudovaný IMS fy Hewlett-Packard typu HP 3050 B so zapojením na programovateľnú prepínanú jednotku, na hodiny určujúce čas merania, a x-y zapisovač, na kanálový vodič, digitálny voltmeter a vlastný frekvenčný čítač a riadiaci počítač HP 9825 SSystem je orientovaný na medzinárodne kodovanú zbernicu IEC-BUS. Meracie zariadenie umožňuje merať frekvenciu kmitania strunových tenzometrov rýchlosťou 3 kanály za sekundu. Namerané hodnoty ukladáme do magnetickej kazetovej jednotky, výsledky meraní sú viditeľné v reálnom čase, a to v grafickej alebo tabelárnej forme pomocou líniového zapisovača, či tlačiarne.

Zavedením automatizovaného merania sa odstránil i rad rušivých vplyvov pri meraní strunovými tenzometrami pri tzv. tlmenom kmitaní. Tenzometre boli v skupinách po 50 ks zapojené do samostatných skriniek a z týchto diaľkove odčítavané raz za dva mesiace a namerané hodnoty ihneď automaticky vyhodnotené a vykreslené voči tzv. nulovému meraniu, pričom teploty sa kontrolujú i odporovými teplomerami PT 100.

Transformácie nameraných pretvorení na napätia v konštrukcii vyplýva z obecné funkcionálne, nelineárneho zákona Hookea, pri ktorom zavádzame zmršťovací a dotvarovací proces v závislosti na čase, zmene kvality betónu, t.j. modulu pružnosti v čase a vzhľadom k napätiu, s ohľadom na tepelné zmeny, atď. Zvláštnym problémom je i zohľadnenie výztuže, resp. i vlastného strunového tenzometra, ktorý tenkostenný prierez do určitej miery i vyztužuje. Pre transformáciu pretvorení na napätia používame tri metódy: dotvarovaciu iteračnú metódu, relaxačnú metódu a metódu redukovaného modulu pružnosti s redukovaným dotvarovaním.

Pri dotvarovacej iteračnej metóde vo všeobecnej dobe n stanovíme zmenu napätia dľa vzťahu

$$\sigma'_n = \frac{\tilde{\epsilon} - \sum_{j=0}^{n-1} \sigma'_j \cdot \frac{1}{E_k} \cdot \frac{m+n-j}{2}}{\frac{1}{E_k} \cdot \frac{m+n}{2}}$$

$i = 0, a, b, \dots k, l.$
 $j = a, b, c, \dots l, m.$

Výsledné napätia dostaneme superpozíciou zložiek napätia.

Pri relaxačnej metóde pre vyhodnocovanie možno použiť vzťah

$$\sigma'_n = E_k \left(F \sum_0^k \frac{\Delta \sigma'_i}{E_k} + \sum_0^L \frac{\Delta \sigma'_i}{E_k} \cdot e^{-f \tau} \right)$$

kde F, G, f sú konštanty relaxačnej krivky, kde $F+G=1$,

$\Delta \sigma' = \Delta \epsilon' \tilde{E}$ prírastok napätia,

E modul pružnosti v uvažovanom čase,

E_k konečný modul pružnosti betónu.

Pri použití metódy redukovaného modulu pružnosti zavedieme do Hookeovho zákona modul pružnosti

$$E_r = \frac{N_x}{b \int_c^{\epsilon_x} \epsilon_x dy}$$

N_x je známa sila pôsobiaca v danom reze.

Pri použití metódy so zavedením redukovaného koeficientu dotvarovania v dôsledku výztuže či zabetónovaného tenzometru, vychádzame z deformačných podmienok v čase využívajúc vhodné Mohrove kružnice deformácií a napätí.