

EXPERIMENTÁLNA ANALÝZA STAVU NAPÄTOSTI MONOLYTICKÉHO PRED- PÄTÉHO BETÓNOVÉHO ZAVESENÉHO MOSTA CEZ JORDÁN V TÁBORE

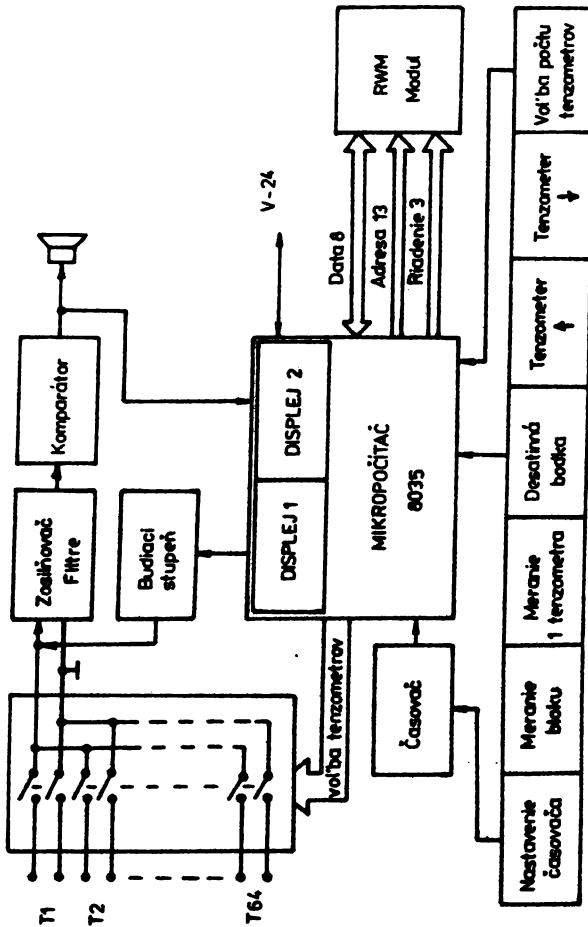
Doc. Ing. Tibor JÁVOR, DrSc., Výskumný ústav inžinierskych
stavieb, Bratislava

1. Úvodom

Cieľom navrhnutých a požadovaných meraní na zavesenom moste v Táboře v priebehu jeho výstavby je konfrontácia predpokladov projektu so skutočnými priebehmi stavu pretvorenia mostnej nosnej konštrukcie i pylónu mosta, kontrola síl v závesoch, analýza stavu napätosti v návaznosti na objemové zmeny a teplotné vplyvy pri zavedení automatizácie registrácie deformačných zmien vrátane vývoja novej registračnej aparatury pre strunovú tenzometriu s umožnením počítačového spracovania získaných dát.

2. Experimentálne metódy

Okrem všeobecne používaných metód kontroly kvality betónov, ultrazvukovej nedeštruktívnej kontroly kvality, geodetických meraní nivelety sme použili na merania pretvorenia zásadne strunovú tenzometriu osvedčenú pri dlhodobých meraniach na betónových stavbách, najmä mostoch. Automatizácia registrácie deformačných zmien bola prvoradou podmienkou sústavného sledovania budovanej konštrukcie a spôsobila nutnosť inovácie existujúcej meracej techniky. Pre okamžité odčítavanie snímačov ihneď po zabetónovaní, t.j. keď ešte nebolo možno sňatoviť sústredené meracie panely, sme vyvinuli malú prenosnú aparaturu batériovou hmotnosti 4 kg. Po sústredení vývodov tenzometrov ca po 50 ks do tzv. prepínaných skriniek umiestnených v dutinách mosta sme použili zariadenie pracujúce podľa blokovej schémy na obr. č. 1 s prototypom kufříkovej aparatury pre strunové tenzometre na automatické meranie so zabudovaným registračným kazetovým magnetofónom /autor Ing. J. Trenčína, CSc./ Záznam frekvencií sa pripojuje na vstup meracieho zariadenia prostredníctvom 25-pólových konektorov, a to pre 1 až 64 strunových tenzometrov. Systém umožňuje aj ich ručnú voľbu, ich



Blokové schéma číslicového meracieho informačného systému pre strunovú tenzometriu

Obr.1.

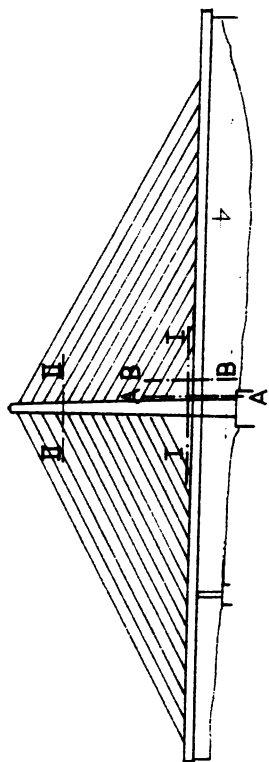
automatické impulzné budenie do stavu kmitania a zmeranie i zobrazenie rezonančnej frekvencie na displayi LCD a to spolu s údajom čísla meraného snímača. Systém je riadený jednopočítačovým mikropočítačom TESLA-MHB 8035 s prídavnou pamäťou, ktorá má kapacitu 2 kB. Namerané údaje sa vkladajú do zálohovej pamäte s kapacitou 8 kB vyvinutej z prvkov technológií C-MOS, ktorá je napájaná zo vstavanej batérie Ni-Cd o napätí 3 V. Merací systém je vybavený sériovou linkou V-24 pre zabezpečovanie spojenia s použitým výpočtovým systémom PMD-85/2. Rozmery vlastnej kufríkovej odčítacej aparatury sú 43x31x8 cm vrátane zabudovaného magnetofónu. Spojenie meracieho systému s väčším výpočtovým komplexom je zabezpečené prenosom programu a dátového bloku do počítača SM-52/11-M1 a to prostredníctvom obslužného programu.

Ďalšou novodobou experimentálnou metódou použitou na tejto stavbe bolo určovanie síl v závesoch mosta, čo je i podmienkou správnej rektifikácie síl v závesoch pre ich konečný stav. Vychádzajúc z približného riešenia kmitajúcej struny dostaneme hodnotu pre silu v závese $F = 4 \cdot U \cdot l^2 \cdot f^2$, kde U je hmotnosť závesu, l jeho dĺžka a f frekvencia kmitania snímaná akcelerometrom a analyzovaná frekvenčným analyzátorom ONO-SOKKI. Výsledky v konfrontácii s meraniami na hydraulických lisoch boli presné do $\pm 5\%$ a táto pre prax nepatrná chyba sa rieši alebo úpravou uvedenej rovnice alebo ociachovaním kotvenia závesov, keďže sú na nich zabudované tlmiče kmitania a ďalšie konštrukčné úpravy.

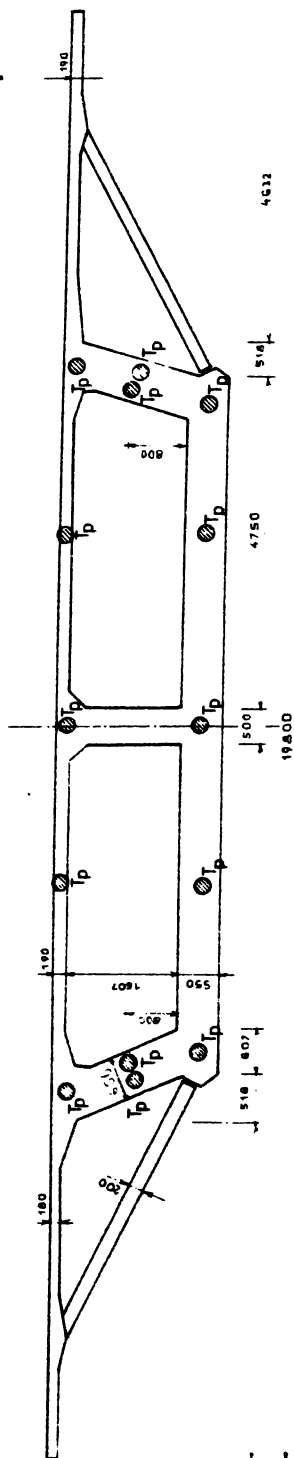
3. Pretvorenia v nosnej konštrukcii a v pylóne

Pozorovania pretvorení i teplotných zmien vrátane objemových zmien na trámoch 15x15x70 cm umiestnených v dutine mosta sa vykonávajú v priebehu výstavby mosta pri postupnej letnej betonáži a to v 4 fázach výstavby: po vysunutí betónovacieho zariadenia, po betonáži segmentu, po predpínaní segmentu a po napínaní závesov, prípadne podľa potreby i v ďalších etapách výstavby. Pozorovania sa konajú vo vybraných prierezoch nosnej konštrukcie, t.j. v zárodku 2,50 m a 6,10 m od osi pylónu a v dvoch rezoch pylónom, t.j. 2 a 34 m nad povrchom nosnej konštrukcie. Schéma rozmiestnenia snímačov je na obr. 2.

POLOHA REZU MOSTOM



REZ A-A



Obr.2. Schéma rozmístění snímačů v nosné konstrukci mostu v Táboře

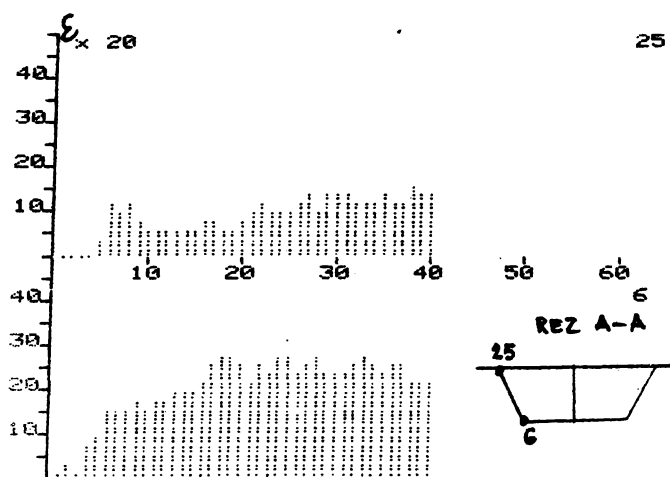
Za účelom vyhodnotenia pretvorení sa za nulové čítanie snímačov považoval stav tesne pred betonážou zárodku, t.j. u dolnej dosky zárodku 15.11.86, u hornej dosky zárodku 13.4.87 a u tenzometrov dolnej časti pylónu 28.4.87. K týmto dátumom do zahájenia prvého predpínania bolo treba merania samostatne spracovať. Pretvorenia dosiahli k 1.11.87 v dolnej doske hodnoty -168.10^{-6} , v doske hornej -128.10^{-6} , pri čom maximálne pretvorenie trémkov za toto obdobie od zmrašťovania bolo -47.10^{-6} a moduly pružnosti betónov po 26 dňoch od 26 700 MPa do 28 800 MPa. V roku 1988 pokračovala betonáž tak pylónu ako aj sa zahájilo letmé betonovanie s predpínaním káblov i závesov. Prvé závesy boli napnuté v auguste 1988. Tieto merania sú už automaticky uvedeným meracím systémom spracované a vyhodnocované. Ukážka takéhoto záznamu z počítača ku dňu po vysunutí betonovacieho zariadenia na miesto štvrtého segmentu je na obr. 3, t.j. po skončení predpínania závesov tretieho segmentu. Jedná sa tu o pretvorenia v mieste snímačov 6, a 26, pri čom horizontálne je registrovaný čas, resp. poradie merania a vertikálne pretvorenia.

Pomerne pretvorenia kompenzačných trémkov za toto obdobie sú už pomerne ustálené, ako to ukazujú automatizované spracované diagramy na obr. 4, a to horný pre zmrašťovanie a dolný pre dotvarovanie betónov segmentu toho istého zárodkového rezu nosnej konštrukcie.

4. Analýza napätí pri jednotlivých fázach výstavby

Vzhľadom k tomu, že pomerne pretvorenia boli zmerané v krátkom čase po jednotlivých fázach výstavby, je možno priamo určiť za pomoci modulov pružnosti hodnoty dielčích prírastkov napätí. V prípade väčších čakacích dób a mladých betónov účinky zmrašťovania, dotvarovania, prípadne objemových zmien od vplyvov vlhkosti a zmien teplôt treba analyzovať samostatne. Preukázalo sa tiež, že účinnosť závesov v prvých štádiách výstavby na stav napätosti segmentov je pravidelný. Prírastky napätí napr. v zárodočnej lamele v horných vláknoch boli vždy tlakové, v dolných ťahové, podobne i v prvom segmente. Hodnoty sa pohybovali v projektovaných predpokladoch, do -2MPa .

Priebeh pomerných pretvorení od zahájenia betónáže
do skončenia montáže prvej dvojice závesov 3. segmentu



Obr. 3.

