

EXPERIMENTAL METHODS LIKE MEANS OF QUALITY CONTROL AND RELIABILITY OF PRESTRESSED CONCRETE STRUCTURES

EXPERIMENTÁLNE METÓDY AKO PROSRIEDOK PRE KONTACLU KVALITY A SPOLAHLIVOSTI KONSTRUKCII Z PREDPÄTEHO BETÖNU

Jávor I.

Summary

The assessment of the behaviour of prestressed concrete structures is possible by various short quality checks and tests in situ or by long-term observation and analysis of the durability of the materials of the structural elements. This paper points out some problems and results of the quality control of large cable stayed prestressed concrete bridges as well as nuclear power plants. The methodology and instrumentation of the observation is the second important part of this paper.

Keywords: Creep, shrinkage, vibrating-wire gauge, photostress

1 Úvodom

Spolahlivost, resp. pätých betónových konštrukcií charakterizujeme ich bezproblémovou prevádzkou, trvanlivostou, opraviteľnosťou a vyhovujúcou učenosťou. Kontrola kvality materiálov, a stavu pretvorenia resp. stavu napätosti už v priebehu vystavby u inžinierskych stavieb sa stala nevyhnutnosťou a dlhodobé sledovanie týchto konštrukcií je zárukou bezpečnosti. Experimentálne metódy rôznych druhov sa stali trvalým prostriedkom týchto kontrol, či skusok a pozorovaní. Takto sa získavajú i trvalé podklady pre prípadnú opravu, či rekonštrukciu objektov. Pomocou týchto pozorovaní vrátane posobu korozie vystuže, prípadne karbonizácie betónov získavame podklady i pre rozbor zatážiteľnosti a výpočet životnosti sledovaných stavieb. Prípadne opakované statické i dynamické zatážovacie skusky iba dopĺňajú nutnú informovanosť o chovaní sa najmä mostov pri dlhodobej premávke. Zmena dynamických charakteristík, môže upozorniť na určité závady, ktorých lokalizácia sa následne robí lokálnymi kontrolami kvality materiálov, či príslušnosti konštrukcií, ako napr. izolácie a stavu dilatácií a ložísk u mostov je podstatná. Zvláštnu pozornosť si zasluži analýza stavu pretvorenia v dosledku teplotných zmien u chladicích veží či ošľok jadrových elektrární, kde pomerná veľká teplotný spád v priereze konštrukcií môže mať nebezpečné dosledky. Teplotný gradient u silnostenných prierezov komorových mostov z betónu v dôsledku nýgratečného tepla vznikajúceho pri tvrdnutí betónu taktiez vedie ku vzniku trhlin. Atmosférické účinky su príčinou veľkých deformácií konštrukcií.

2 Metodológia kontroly kvality a experimentálnej analýzy

Experimentálne metódy a prístrojovú techniku používanú pre určovanie príslušných statických dát a materialových charakteristík môžeme členiť podľa sledovaných javov na:

- metódy merania priebehov a sklonov /mechanické a indukčné priehybomery, silonomery, kyvadlá a geodetické metódy/,
 - metódy merania pretvoreni /príložne deformometre, strunové akustické tenzometre, pri kratkodobých pozorovaní i induktyvne a odporové snímace/,
 - metódy určenia lokálneho stavu napätosti /fotostres/,
 - metódy určenia síl v kabloch a lanách /magnetoelastické a strunové akustické dynamometre, metóda merania frekvencií/,
 - kontroly kvality materialov, určenie modulu pružnosti betónov /nedestruktívne kontroly kvality ultrazvukom alebo sklerometricky/,
 - určovanie stupňa korózie výstuží i betónov ako aj karbonizácie a vplyvu chloridov či soli,
 - určovanie polohy výstuží a stavu ich zainjektovania /röntgenografia, radiografia, pachometry/,
 - meranie teplotných zmien a vlhkosti v betónoch i ovzdušia.
- Samozrejme, pri určovaní materialových charakteristík je nutné sledovať priebeh zmršťovania a dotvarovania betónov tak in situ ako aj v klimatizačných komorách pri konštantných teplotách a vlhkostiach. Zvláštnu skupinu metód tvoria postupy určovania dynamických charakteristík napr. mostov či základov strojov alebo sledovanie chvenia sa budov.

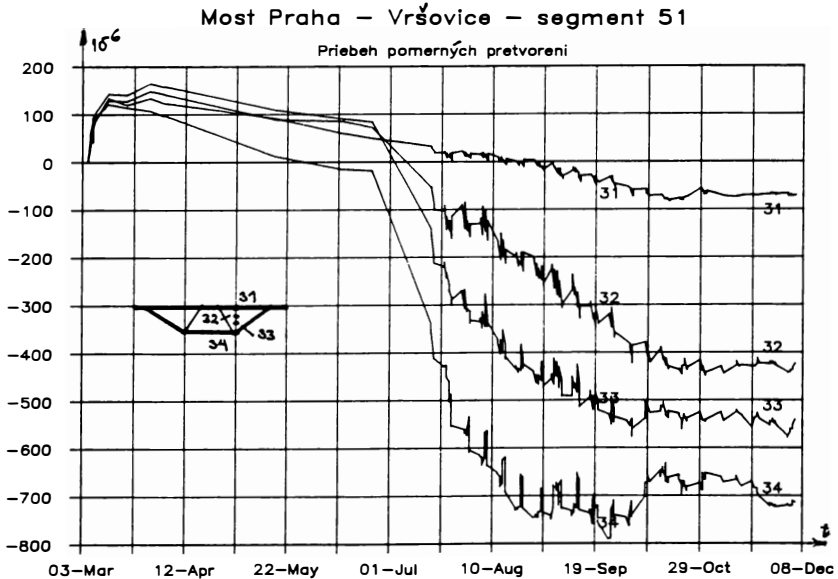
Dôležitým dôsledkom modernizácie uvedených metód je ich automatizácia, digitalizácia s prepojením na výpočtovú techniku s automatizovaným spracovaním výsledkov meraní v tabularnej či grafickej forme. Perenne merania však sú často ovplyvnené nedostatkom stabilizovaného elektrického prúdu. U väčšiny terénnych meraní je nutná príslušná kompenzácia teplotných a vlhkostných zmien ovzdušia a ich vplyvu na sledované javy. Zvláštnu pozornosť u mnohých metód venujeme obvykle aj ich čiachovaniu alebo cverčovaniu čiachovacích konštant, príslušných snímacov. Presnosť výsledkov pozorovaní závisí v prvom rade na správnosti uloženia snímacov a rutínnej obsluhy prístrojovej techniky, ktorá pri nedostatočných skúsenostiach pri terénnych meraniach v porovnaní s prácou v laboratóriu môže skresliť získané výsledky.

3 Kontrola stavu pretvorenia zaveseného mosta z predpätého betónu v Prahe vo Vršoviciach v priebehu výstavby

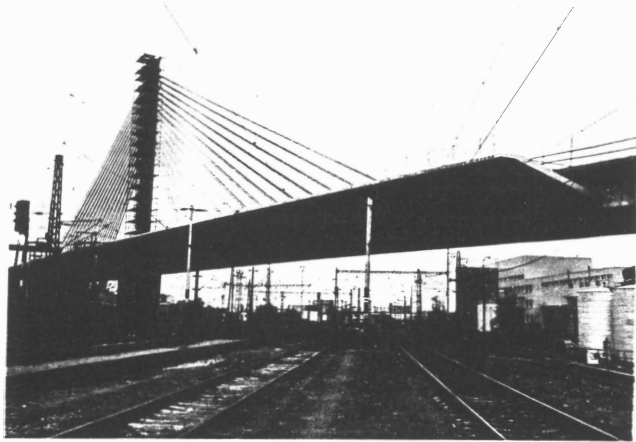
Predpätý betónový most v Prahe vo Vršoviciach má 9 polí o celkovej dĺžke 400,40 m. Konštrukcia je plne prefabrikovaná z komorových segmentov a hlavná časť objektu je zavesený most s maximálnym rozpätím 101,20 m, ktoré bolo predmetom experimentálnej analýzy v priebehu výstavby. Pylon mostu o výške 35,29 m betonovaný na mieste do oceleového tubusu bol sledovaný najmä v dôsledku extrémneho hydratačného tepla pri tvrdnutí betónu. Vybrané charakteristické prierezy, v ktorých boli zaokrúžené najdlhšie a najkratšie zavesy boli podrobne skýmané zabudovanými strunovými tenzometrami a zabetonovanými tenzotermami. Stav pretvorenia bol sle-

dovaný vo všetkých charakteristických fázach výstavby, t.j. prístroje boli odčitávané po presune montážneho zariadenia so segmentom, po pripnutí segmentu k juž napájanej časti mosta, po napnutí príslušného závesu atd. Objemové zmeny segmentov boli sledované od ich vytetňovania vo výrobní spoločnosti s kompenzačnými tramkovými vzorkami. Segmenty boli skúšané v roznom časovom odstupe i negetruktívne ultrazvukom a sklerometricky Schmidtovým kladivkom. Ukážka priebehu pomerných pretvorení v stene segmentu v priebehu výstavby mosta je na obr. c.1. Pohľad na most pri výstavbe je na obr.2. Priebeh zmršťovania betónových tramkov z rovnakeho segmentu /obr.3/ preukázal neobvyčajny vplyv výstuže segmentov a v počiatku tvrdnutia i značné loženie betónu segmentov. Sily v závesoch boli taktiež kontrolované v rôznych fázach výstavby meraním frekvencie pri ich rozkmitaní ručne akcelerometrom BK 8206 za použitia analyzátora ČNC SCKKI CF 920, pričom sila v závesoch $F = 4 \cdot U \cdot l^2 \cdot f^2$, kde U je hmotnosť závesu, l jeho dĺžka a f frekvencia kmitania.

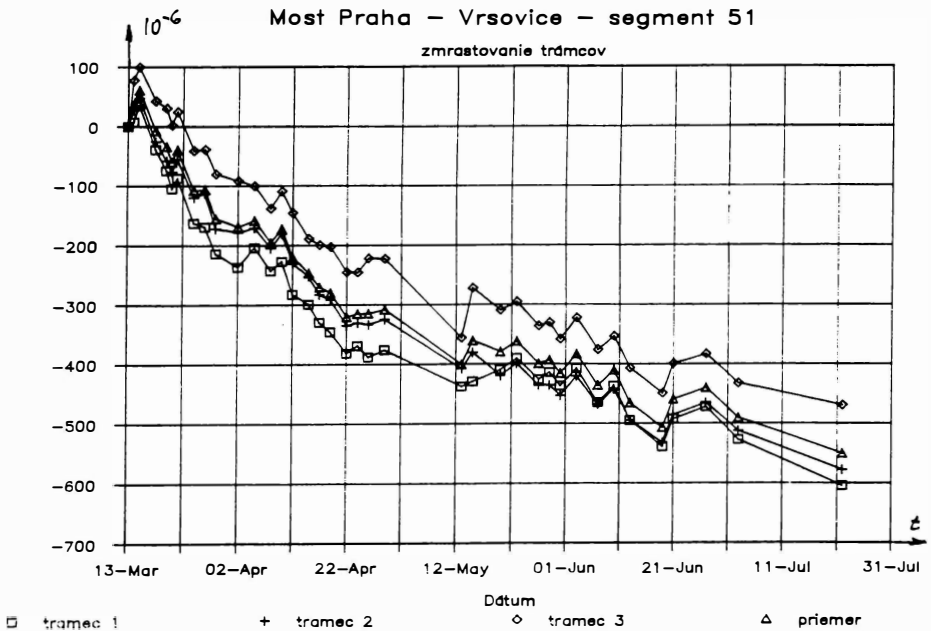
Presnosť výsledkov merania síl vzhľadom k pomerne krátkym závesom bola ± 2 až 3% hodnoty meranej dynamometriami. Na meranie teploty v betónoch sme použili zabetonované strunové tenzotermometry. Pomerne pretvorenia na povrchu pylónu sa merali priložnými deformometrami.



Obr.1. Priebeh pomerných pretvorení v stene kamorového segmentu mosta Vršovice s najkratsim závesom



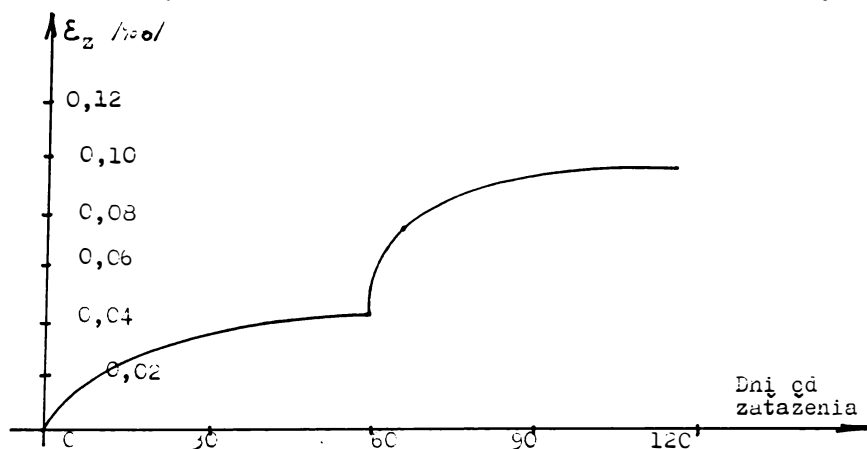
Obr.2. Pohľad na experimentálne sledovaný zavesený prefabrikovaný most Vrsovice z predpätého betónu



Obr.3. Priebeh zmršťovania betónov trémkov zabetónovanými strunovými tenzometrami v priebehu vystavby mosta

4. Experimentálny výskum betónov obálky jadrovej elektrárne

V obálke jadrovej elektrárne Temelín je osadených niekoľko sto strunových tenzometrov na meranie stavu pretvorenia najmä



Obr. 4. Priebeh dotvarovania v prostredí 60 % vlhkosti, pri zmene teploty zo 20°C na 40°C po 60 dnoch zatazenia

v priebehu prevádzky ako aj teplomery na určenie gradientu pri veľkých teplotných rozdieloch vo vnútri reaktorovej časti obálky a na voľnom ovzduší. Na obr. 4 je ukážka laboratorného merania vykonaného v klimatizačných komorách SAV-ÚSTARCH na vzorkoch tohto betonu pri prvom zatažení po 30 dnoch tvrdnutia betonu a pri zmene teplotného prostredia po 60 dnoch. Výsledky ukázali enormný vzrast ďalšieho dotvarovania, čo upozorňuje na možné dôsledky tohto stavu i v praxi.

5. Záverom

V príspevku sme enceli iba dokumentovať veľký význam rozporodých experimentálnych metód pri pozorovaní významných inžinierskych diel pri výstavbe. Ukážka pozorovaní zaveseného mosta a príklad meraní pretvorenia betónov obálky jadrovej elektrárne dokumentujú význam experimentálnej analýzy pre posúdenie kvality a spoľahlivosti týchto stavieb. Podrobnosti a ďalšie aplikácie pre stručnosť príspevku nekomentujeme.

Fibor JÁVOR, Prof. Ing. DrSc., EXPERIMENTUM Bratislava, Šulekova 8
Tel. a FAX: /CC-42-7/-311738