

**EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STRESS ANALYSIS
OF A PIPE BRIDGE****EXPERIMENTÁLNA A NUMERICKÁ ANALÝZA
NAPÄTOSTI POTRUBNÉHO MOSTA**

Ivančo V., Kubín K., Kostolný K.

Comparison of results of experimental and numerical stress analysis of the large span gas transport pipe bridge showed differences between computed and measured stresses. Further analysis and evaluation of geometric imperfections of the pipe cross section gave explanation of the source of these differences. Importance of taking imperfections into account is explained in the paper.

Predmetom tenzometrického merania bol samonosný potrubný most a cieľom merania bolo určenie napätosti na potrubí a závislosti veľkosti napätí na tlaku plynu v potrubí. Podnetom pre meranie bolo defektoskopicky zistené rozvrstvenie steny potrubia na veľkej oblasti potrubného mosta. V závislosti od miest výskytu defektov bol s uvážením výsledkov výpočtov urobený výber meraných miest, ktoré boli lokalizované predovšetkým v oblasti podpory mostu. Dve kontrolné miesta boli na vrchole oblúka, ako je znázornené na obr. 1. Tento výber bol determinovaný aj prístupnosťou k vybraným miestam a možnostiam prípravy a realizácie merania počas plnej prevádzky potrubia.

Meranie sa realizovalo za takmer ideálnych klimatických podmienok, takže ťažko zahrnuť ďalšie vplyvy, ako napr. rozdiel teplôt na povrchu potrubia, vplyv zaťaženia vetrom a pod. boli prakticky zanedbateľné. Počas merania trvajúceho 8 hodín sa uskutočnilo celkovo 20 záznamov z meracej aparatury v intervaloch 30 minút a celkový interval zmeny tlaku bol 0.653 MPa.

Na základe regresnej analýzy zaznamenaných prírastkov napätí možno konštatovať, že:

- smery hlavných napätí zodpovedajú tangente a normále prierezu potrubia,
- u nameraných prírastkov napätí nad 10 MPa je výrazná ich závislosť na tlaku v potrubí, ďalšie vplyvy boli nepodstatné
- zodpovedajúce hodnoty koeficientov korelácie, koeficientov determinácie a odhadov smerodajnej odchýlky náhodnej zložky dokazujú lineárnu závislosť prírastkov napätí na prírastku tlaku v rozsahu tlakov zaznamenaných počas merania.

Pre ilustráciu sú v tabuľke 1 uvedené vypočítané parametre lineárnej regresie. V tabuľke je symbolom a označená lokujúca konštanta, symbolom b smernica regresnej priamky,

Tabuľka 1: Parametre lineárnej regresie

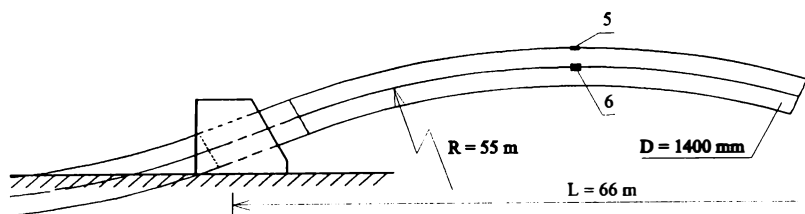
ružica číslo	napätie	a [MPa]	b	r	c [%]	d [MPa]
5	σ_x	-0,898	61,430	0,971	94,45	3,066
	σ_y	-0,695	46,155	0,962	92,59	2,688
	τ_{xy}	-0,410	-2,387	0,847	71,88	0,307
6	σ_x	-0,056	18,503	0,963	92,86	1,056
	σ_y	-0,262	13,128	0,951	90,46	0,878
	τ_{xy}	0,289	0,292	0,350	12,27	0,160

symbody r , c , a d označujú korelačný koeficient, koeficient determinácie a odhad smerodatnej odchýlky. Normálové napätie v rovine prierezu je označené ako σ_y .

V štádiu prípravy merania bola vykonaná analýza potrubného mosta metódou konečných prvkov. Cieľom tejto analýzy bolo okrem určenia vhodného umiestnenia tenzometrov stanoviť očakávané zmeny napätí so zreteľom na avizovaný malý rozdiel tlakov a posúdenie vplyvu klimatických zmien možných v rámci časovo rozsiahleho merania.

Pri vyhodnocovaní meraní boli zistené výrazné rozdiely medzi nameranými a vypočítanými hodnotami napätí u tenzometrických snímačov na najvyššom mieste oblúka mosta, t.j. v miestach 5 a 6 podľa obr. 1.

Pre porovnanie uvádzame, že výpočtové napätia σ_x v oboch sledovaných miestach pri tlaku v potrubí 1 MPa vyšli $\sigma_x = 37,6$ MPa. Podľa hodnôt v stĺpci b tabuľky 1, ktoré možno interpretovať ako prírastky napätí zodpovedajúce zvýšeniu tlaku o 1 MPa, sú zreteľné výrazné rozdiely nameraných a vypočítaných hodnôt.



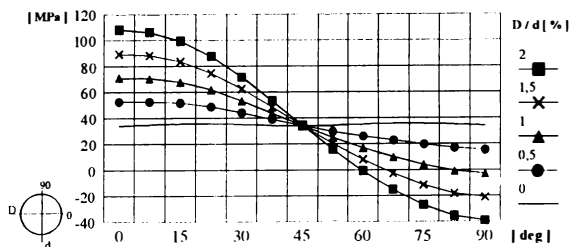
Obr. 1: Schéma potrubného mosta

Poznamenávame, že ultrazvukovou defektoskopickou kontrolou, vykonanou bezprostredne pred tenzometrickým meraním, nebolo zistené rozdvojenie materiálu v miestach uvedených snímačov.

V ďalšom boli vykonané viaceré analýzy s cieľom zistenia príčin uvedených rozdielov. Vysvetlenie neposkytlo ani modelovanie rôznych okrajových podmienok uloženia potrubného mosta v mieste základovej pätky. Nelineárna analýza preukázala, že v rozsahu povoleného prevádzkového tlaku plynu je takmer lineárna závislosť napätí na tlaku a v skúmanej oblasti sú napätia určené podľa geometricky nelineárnej analýzy prakticky

zhodné s riešením lineárnym, t.j., že zistená anomália má inú príčinu.

Pretože významnejšie rozdiely v hrúbke steny boli vylúčené ultrazvukovou kontrolou, ako ďalšia možnosť pre vysvetlenie rozdielov nameraných a vypočítaných napätí prichádzala do úvahy nekruhovitost' prierezu potrubia. Skúmanie tohto vplyvu ukázalo veľkú citlivosť vypočítaných napätí na tvar prierezu. Analýzou modelu s eliptickým prierezom s veľmi malou excentricitou v oblasti horného oblúka potrubného mosta boli zistené výrazne odlišné výsledky ako na modeli s ideálnym prierezom. Štúdiom podrobnejšej dokumentácie o potrubnom moste sme zistili, že na potrubí boli v minulosti namerané odchýlky geometrického tvaru prierehu a v sledovanom mieste je rozdiel priemerov v horizontálnej a vertikálnej rovine 12 mm. Po zavedení tejto geometrickej imperfekcie do výpočtu sa dosiahli výsledky korešpondujúce s nameranými hodnotami.



Obr. 2: Priebeh obvodových napätí v závislosti na parametroch geometrie prierezu

Pre ilustráciu vplyvu odchýlky tvaru prierezu na napätia uvádzame výsledky výpočtov pre potrubie s eliptickým prierezom s dĺžkou obvodu rovnakou ako u kruhového prierezu. Výsledky pre rozdiely dĺžok polosí v rozsahu 0 až 2 % zodpovedajúce vnútornému pretlaku 1 MPa sú znázornené grafom na obr. 2.

So zreteľom na prevádzkový tlak plynu v potrubí cca 7 Mpa možno konštatovať, že v dôsledku tvarovej imperfekcie potrubia môžu vznikať výrazné prírastky napätia.

Literatúra

- [1] Ivančo, V., Eggenberger, G., Kubín, K. a kol.: *Tenzometrické meranie napätosti na potrubnom prechode DN 1400*. SJF TU, Košice 1994
- [2] Partýk, K., Dotčel, J.: *Výpočet pevnosti potrubí plynovodu DN 1400*, ARPO, Praha 1993
- [3] Ágocs, Z., Chladný, E., Belica, A. a kol.: *Expertízne posúdenie prevádzkovej bezpečnosti IV. línie TP DN 1400, PN 75*. Stavebná fakulta STU, Bratislava 1994

Doc. Ing. Vladimír Ivančo, CSc., Ing. Karol Kostolný, Katedra technickej mechaniky a pružnosti, Strojnícka fakulta TU Košice, Letná 9, 041 87 Košice, Tel.: 095-35312, Fax.: 095 34738, e-mail: vlivaco@ccsun.tuke.sk

Doc. Ing. Karol Kubín, CSc., Katedra dopravy a manipulačnej techniky, Strojnícka fakulta TU Košice, Letná 9, 041 87 Košice, Tel.: 095-37249, Fax.: 095 34738, e-mail: kubkar@ccsun.tuke.sk