EAN '95

33rd Conference of Experimental Stress Analysis
33. konference o experimentální analýze napětí
5. - 8.6.1995, Třešť, Czech Republic

EXPERT CONSIDERATION OF CRANE RUNWAY STEEL CONSTRUCTION BY METHODS OF EXPERIMENTAL ELASTICITY
EXPERTÍZNE POSÚDENIE OCEĽOVEJ KONŠTRUKCIE ŽERIAVOVÝCH DRÁH METÓDAMI EXPERIMENTÁLNEJ PRUŽNOSTI

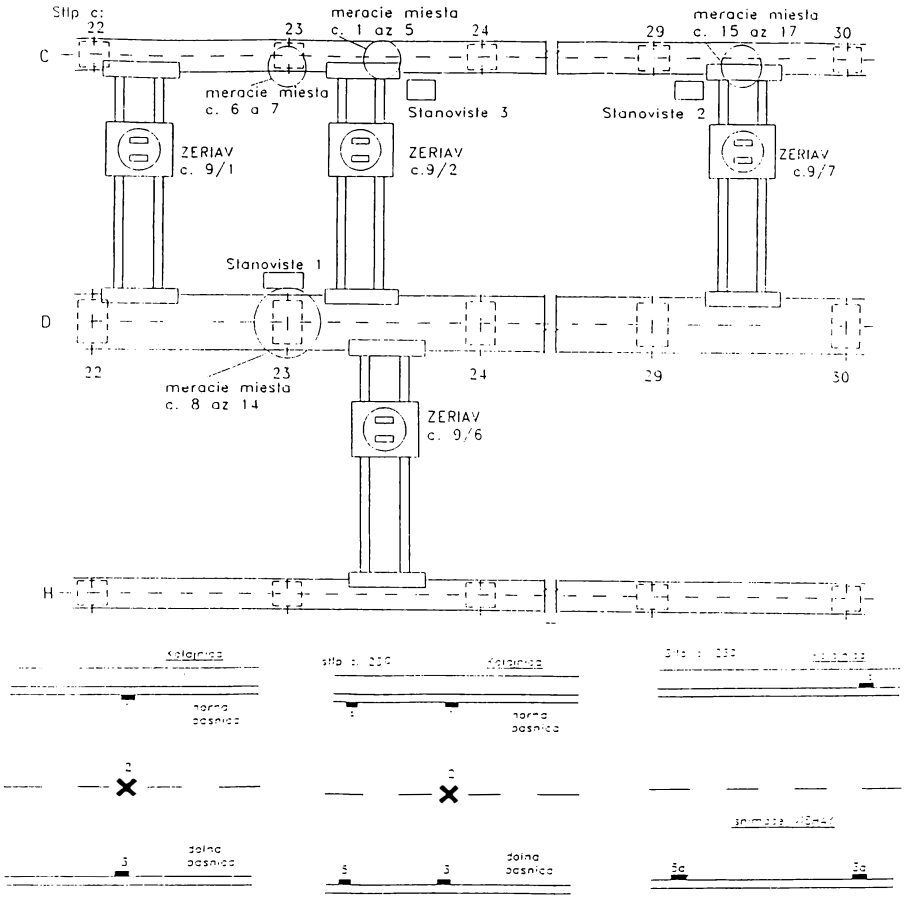
Bigoš P., Trebuňa F., Jurica V., Bugár T., Ritók J.

This contribution contains the expert consideration of steel construction state based on a tensometric measuring of crane runway beams and columns. Measuring was made under simulated operation conditions including heat effect influence.

Kolektív riešiteľov úlohy obdržal od objednávateľa úlohy statický výpočet oceľovej konštrukcie žeriavových dráh v závere ktorého bolo uvedené, že oceľovú konštrukciu dráh treba vymeniť. Toto konštatovanie so zreteľom na cca.100mil. Sk investičných nákladov bolo dôvodom pre vypracovanie posúdenia statického výpočtu a vypracovanie expertízy na základe tenzometrického merania. Pre meranie boli vybrané miesta aplikácie tenzometrických snímačov odpovedajúce extrémne namáhaným prierezom. Tenzometrické meranie bolo vykonané v miestach podľa obr.1.

Pre určenie namáhania nosníkov žeriavových dráh od vplyvu teploty boli použité tenzometrické snímače od fy. VISHAY z USA typu EA-06-125VB-120. Snímače a tenzometrický tmel umožňujú podľa údajov výrobcu dlhodobé statické merania pri teplotách až do 120°C. Snímače sú teplotne kompenzované a ich charakteristiky v kombinácii s uvedeným tmelom boli overené laboratórne. Snímače boli zapojené do polmostíka, pričom kompenzačný snímač bol na tom istom nosnom prvku ako snímač aktívny, preto pri vyhodnotení merania bolo potrebné brať zreteľ na deformáciu v priečnom smere.

Pre určenie namáhania nosníka žeriavovej dráhy s poľom dĺžky 24m (medzi stĺpami 29,30 radu C) boli tenzometrické snímače fy. MIKROTECHNA Praha, typ KM 120 aplikované v miestach podľa obr.1.



obr.1

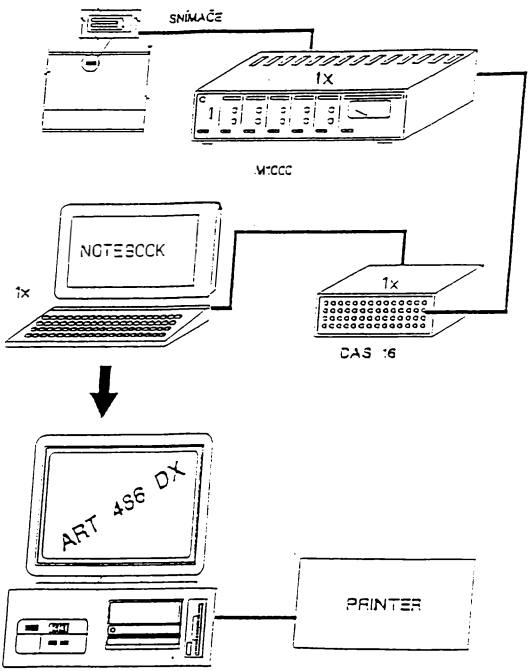
Pre aplikáciu bol použitý tenzometrický tmel X60 fy. HBM. Pre určenie namáhania nosníka žeriavovej dráhy s rozpätím 18m, boli tenzometrické snímače umiestnené na nosníku medzi stĺpami 23 a 23 radu C.

V miestach 1, 3 a 5 boli aj snímače na zisťovanie zmeny napätosti od teploty, čo umožnilo separovať zložky napätosti spôsobené zmenou teploty a zložky napätí od kolesových tlakov.

Pre overenie napätosti v stĺpoch od pojazdu žeriavov boli na prvkoch, podľa výpočtu extrémne namáhaných, umiestnené tenzometrické snímače na stĺpe C23, na prednom drieku S1.

Na stĺpe D23 boli snímače na prednom drieku S1 v dvoch prierezoch, na zadnom drieku S2 v jednom priereze a na diagonále D3 . Pre meranie na stĺpoch boli

použité snímače KM 120 a tenzometrický tmel X60.



obr.2

Tenzometrické meranie bolo vykonané vo vybraných prierezoch nosníkov žeriavovej dráhy a konštrukčných prvkoch stĺpov pri nasledujúcich zaťažovacích režimoch.

Režim 1: Pojazd jedného žeriava cez dve polia žeriavovej dráhy (tri stĺpy) s pohybom mačky nad väzbou 23 a odjazd žeriavu za ďalší úsek žeriavovej dráhy.

Režim 2: Pohyb dvoch spriahnutých mostových žeriavov s mačkami v krajnej polohe po žeriavovej dráhe ako v prípade režimu 1.

Režim 3: Tri spriahnuté žeriavy s pohybom ako pri režime 1.

Režim 4: Súčasný pohyb dvoch žeriavov v susedných lodiach.

Merania boli vykonané pri jednotlivých režimoch bez bremena a s bremenami umiestnenými na žeriavoch s hmotnosťami približne 48 000 kg.

Pre meranie napätosti od pohybu žeriavov bol merací reťazec tvorený tenzometrickou aparatúrou, prevodníkom a notebookom (pozri obr.2).Pre meranie napätosti od vplyvu teploty merací reťazec tvorila tenzometrická

aparatúra a prepínacia skriňa. Každej odčítavanej hodnote napätia bol priradený údaj o teplote konštrukcie v mieste snímača registrovaný v tom istom čase kontaktným teplomerom EUROTHERM.

Hodnoty napätí pri jednotlivých zaťažovacích stavoch a režimoch boli vypočítané z nameraných pomerných deformácií.

Po vyvážení tenzometrickej aparatúry s pripojenými teplotne kompenzovanými tenzometrickými snímačmi v miestach 1a, 3a, 5a, boli odčítané údaje teploty meranej na povrchu OK v bezprostrednej blízkosti snímačov.

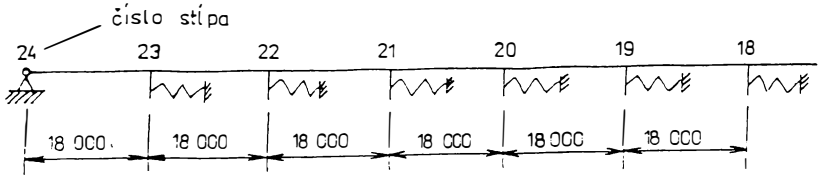
Hodnotám údajov tenzometrickej aparatúry v tab.1 odpovedajú napätia uvedené v závislosti na teplotnom rozdieli.

Závislosť medzi napätiami v jednotlivých miestach a teplotným rozdielom, ako vyplýva z tab.1, nie je lineárna. Preto bol vypracovaný model pre skúmanie vplyvu zmeny teploty na napätosť pri rovnomernom a pri nerovnomernom rozdelení teploty po priereze. Do výpočtu bola zahrnutá ohybová tuhosť stĺpov v smere žeriavovej dráhy. Výpočtový model je na obr.3.

Tab.1

Snímač 1a		Snímač 3a		Snímač 5a	
T[C]	[MPa]	T[C]	[MPa]	T[C]	[MPa]
0	0	0	0	0	0
5,9	-9,7	13,1	-22,6	9,9	-17,7
13,4	-16,1	22	-46,8	18,7	-33,9
19,1	-30,7	22,8	-46	22,1	-32,9
19,9	-31,8	19,3	-43,6	19,7	-27,4
24,4	-27,9	24,3	-34,7	26,8	-42
29,7	-40,4	26,6	-51,6	29,4	-51,6
29,3	-42	25,6	-48,7	28,9	-46,8

Tuhosti pružín vo výpočtovom modeli odpovedajú deformácii stĺpa v smere žeriavovej dráhy od jednotkovej sily v mieste uchytenia nosníka žeriavovej dráhy.Pre výpočtový model a zmenu teploty o $\Delta T=30°C$ po celom priereze nosníka žeriavovej dráhy bolo zistené najvyššie napätie $\sigma = -5,4$ MPa.



obr.3

So zreteľom na veľký rozdiel medzi nameranými a vypočítanými hodnotami napätí boli skúmané tiež vplyvy od nerovnomerného ohrevu po šírke pásnice. Pri meraní teploty na pásnici po jej šírke v blízkosti snímačov 5 bolo zistené lineárne rozdelenie teploty po šírke pásnice. Na základe všeobecne platných predpokladov pre odvodenie vzťahov pri ohybe, uplatnených vo výpočte, bolo zistené napätie od nerovnomerného rozloženia teploty po šírke pásnice pre teplotný rozdiel $\Delta T=30°C$ vo výške $\sigma = - 39,4$ MPa.Z uvedeného vyplýva, že determinujúcim faktorom pre namáhanie od teploty nie je teplotný rozdiel rovnomerne ohriateho prierezu, ale nerovnomerne rozložená teplota v pasniciach a stojine. Vypočítaná hodnota napätí v mieste snímačov 3 a 5 pre teplotný rozdiel 30°C je nižšia ako nameraná, čo je spôsobené tým, že vo výpočtovom modeli bola uplatnená len tuhosť stĺpov.

Pretože v kontrolnom statickom výpočte nie sú oddelené zložky od vlastnej tiaže a náhodilých zaťažení jednotlivých účinkov, nebolo možné konfrontovať namerané hodnoty s vypočítanými. Jednako však možno konštatovať, že namerané hodnoty sú podstatne nižšie ako vypočítané a nemožno očakávať, že stále zaťaženie, zaťaženie od vodorovných účinkov a vetra môžu spôsobiť rozdiel 218 MPa.

Hodnotenie životnosti bolo vykonané na úseku nosníka žeriavovej dráhy medzi stĺpami C29 a C30, v strede na dolnej pásnici, ktorá je namáhaná striedavým ťahom od ohybu. Vychádzalo sa z časového priebehu namáhania, ktorý zodpovedá najnepriaznivejšiemu zaťažovaciemu stavu pri žeriave s nosnosťou 63 000 kg. Bola vybraná Wöhlerova krivka pre normové zaťaženie, pre kategóriu zvarovaného detailu 125, z návrhu normy ČSN 73 1401, ktorá má nahradiť ČSN 73 1401 z 05.04.1984.

Pre odhad pomerného únavového poškodenia z priebehu napätia podľa bol použitý interaktívny merací systém DAS16-D, pomocou ktorého bol záznam spracovaný metódou "Rain-flow". Z vyhodnoteného spektra namáhania použitím hypotéz kumulácie únavového poškodenia podľa Palmgren-Minera, Haibacha, Corten-Dolana a ČSN 73 6205 boli vypočítané hodnoty pomerného únavového poškodenia.

Vzhľadom na dosiahnuté výsledky nosník žeriavovej dráhy aj po doterajšej prevádzke má ešte dostatočnú zvyškovú únavovú životnosť. Napríklad podľa Haibacha, čo zodpovedá ČSN 73 1401, za dobu života žeriavovej dráhy je možné vykonať 1,64 milióna pracovných cyklov podľa režimu 2. Pri simulovaní prírastku napätia vo výške 50 MPa z titulu nevhodného stykovania koľajníc dôjde k zvýšeniu kumulácie únavového poškodenia pri režime s dvoma žeriavmi (režim 2) približne o 30 %.

Podobne sa vykonala kontrola na únavu na najnepriaznivejšie namáhanej

diagonále na stĺpe D23.

Z rozboru vyplýva, že podľa Haibacha životnosť diagonály podľa režimu 3 je 303 000 cyklov. Početnosť výskytu takého režimu počas celkovej životnosti prvku (diagonály) je nižšia.

Na základe tenzometrického merania, po pretransformovaní nameraných hodnôt napätí na žeriavy s nosnosťou 63t možno konštatovať, že napätia od náhodilého zaťaženia žeriavmi na nosníkoch žeriavových dráh a vytypovaných prvkoch stĺpov radu 23 sú nižšie ako vypočítané hodnoty v kontrolnom statickom výpočte.

So zreteľom na napätia od teploty, ktoré boli získané tenzometrickým meraním a dokladované modelovým výpočtom i laboratórnym meraním možno konštatovať, že výsledné napätia neprekračujú výpočtovú pevnosť určenú normou. Pri meraní bolo tiež zistené, že nevhodné spoje koľajníc na žeriavových dráhach sú v niektorých miestach príčinou prírastkov napätí až 50 MPa.

Po odstránení týchto nedostatkov, po výmene mechanicky zdeformovaných prvkov na stĺpoch a na brzdných portáloch, po vyčistení miest pripojenia koľajníc k stĺpom, vyčistení dilatačných medzier a po kontrole technického stavu spojov, nie je ani po transformácii výsledkov na žeriavy s nosnosťou 63 000 kg, a so zreteľom na únavu (zbytkovú životnosť), dôvod na výmenu žeriavových dráh. Uchytenia jednoduchých a spojitých nosníkov žeriavových dráh na stĺpy musia byť v súlade s projektom. Dilatačné medzery musia umožňovať voľnú deformáciu, ktorá zodpovedá hodnote 100 $\mu m.m^{-1}$ pre teplotný rozdiel 80°C. Pre správnu funkciu žeriavovej dráhy musí byť v plnom rozsahu zabezpečená geometria žeriavovej dráhy a podvozkov žeriavov.

LITERATÚRA

[1] Bigoš,P., Trebuňa, F. a kol.: Expertíza stavu oceľových konštrukcií žeriavových dráh. SjF TU Košice, február 1995, 105 strán.

[2] Bigoš,P., Trebuňa, F., Faltinová, E.: Posúdenie expertízy č. RE-071/94 a kontrolného statického výpočtu. SjF TU Košice, november 1994, 15 strán.

[3] Pavlík,M.: Niektoré poznatky z merania na modeli visutej celomontovateľnej strešnej konštrukcie. In: Zborník EAN Šírava, 1985.

Adresy autorov:

Prof. Ing. Peter Bigoš,CSc., Doc.Ing.Tibor Bugár,CSc., Ing.Juraj Ritók
Katedra dopravy a manipulačnej techniky,SjF TU Košice, Letná 9,040 01 Košice

Doc.Ing.František Trebuňa,CSc., Doc.Ing.Vladimír Jurica,CSc.
Katedra technickej mechaniky, SjF TU Košice, Letná 9,040 01 Košice