



30th Conference of Experimental Stress Analysis
30. konference o experimentální analýze napětí
2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

Stress measurements of aircraft structures and verifying of its results

Měření napjatosti leteckých konstrukcí a ověřování výsledků měření

Petr Váradi

Contents: - This article summarizes new knowledges on nonlinear data processing of experimental stress analysis of aircraft structures. New view of this problem includes influence of time factor and tests succession in experimental results evaluation.

Keywords: - aircraft structures, experimental stress analysis

Při vyhodnocení údajů získaných měřeními staticky zatěžovaných leteckých konstrukcí se objevují dva charakteristické typy závislosti hodnot poměrné deformace na vnějším zatížení konstrukce. První, "klasický", typ je charakteristický lineárním průběhem výše uvedené závislosti, kdy po odlehčení konstrukce není patrný vznik trvalých deformací. V těchto případech je ověření fyzikální reálnosti naměřených dat poměrně jednoduché, obzvláště u nosníkových konstrukcí. V nejjednodušším případě lze výsledky ověřit aplikací vztahu:

$$\sigma = \frac{M_0}{w_0}$$

Ve složitějších případech například panelových (poloskořepinových) konstrukcí je problém komplikován složitějším určením w_0 s respektováním nosných šířek potahů v okolí podélných členů konstrukce.

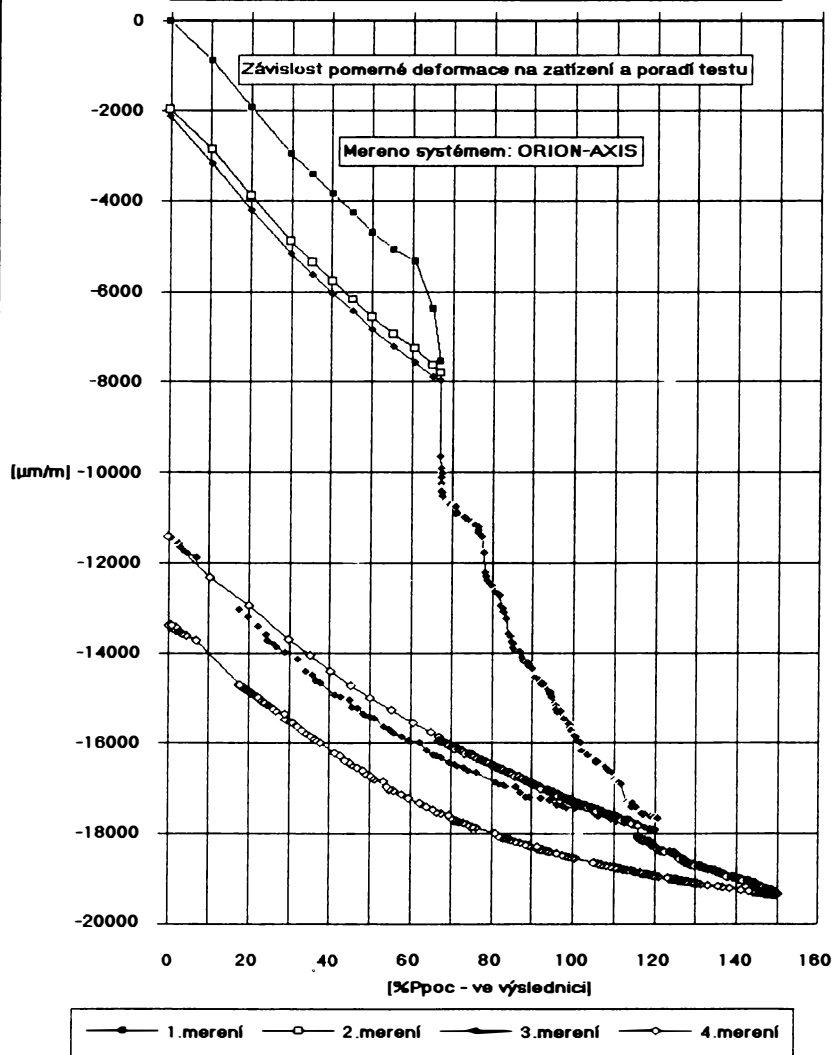
V této situaci je výhodné znát předem zpracované výsledky teoretického výpočtu konstrukce, získaného např. metodou konečných prvků. Ve výše uvedených případech spočívá kontrola naměřených výsledků v porovnání teoretického modelu chování zatížené konstrukce a reálné naměřených údajů, získaných experimentem. Jiné pojetí, jehož aplikaci předpokládáme ve statické zkušebně VZLÚ, je porovnání dvou nezávislých souborů měření obecně odlišných fyzikálních veličin, které jsou snímány ze zkoušené konstrukci při totožném zatížení a ve stejném čase. Za tyto dva fyzikální modely volíme odezvu konstrukce na zatížení měřenou tenzometrickými snímači poměrné deformace a velké deformace konstrukce měřené systémem inkrementálních optických snímačů, které snímají posuvy konstrukce vůči souřadnému systému upevňovacího roštu konstrukce. V současné době jsme získali první vzorek údajů pro výše uvedenou analýzu a pracujeme na stanovení vazby mezi velkými deformacemi a poměrnými deformacemi pro typickou nosníkovou leteckou konstrukci (křídlo letounu L 410).

Dosud jsme hovořili odezvě konstrukce na zatížení v rámci platnosti Hookova zákona, tj. v oblasti elastického chování konstrukce. Dalším problémem, na který jsme narazili v průběhu poslední série zkoušek letounu L610, je takový stav konstrukce, kdy je překročena mez pružnosti a měřené údaje z tenzometrických snímačů signalizují vznik trvalých deformací. V tomto případě je klasické zpracování výsledků měření metodou lineární regrese měřených údajů zavádějící a vede k chybám, které budeme dále specifikovat při presentaci referátu. Jako příklad si zvolíme tenzometrické měření sedačky palubního instruktora, umístěné v prostoru za pilotními křesly v trupu letounu L610 a zakotvené do stěn vstupní uličky pilotní kabiny. Pro ilustraci jsou uvedeny průběhy čtyř měření opakovaného zatěžování výše uvedené konstrukce, zpracované s respektováním časového sledu zkoušek (obr. 1.). Při standardním dosavadním zpracování je každé měření považováno za nezávislý případ a vyhodnoceno z počátečního "nulového" stavu. V ilustrovaném případě vede takové vyhodnocení ke špatné interpretaci výsledků a k možnosti závažných omylů. Tyto jsou způsobeny nerespektováním stavu, který zachycuje tenzometrické čidlo po odlehčení konstrukce, která byla zatížena nad mez úměrnosti. Nový způsob zpracování je založen na

Obr. 1

Zkouška sedadky letového instruktora - L610

Případ A. 1/2 mustek 91.10.1M - VZLU - EP 2220 - 6. az 13.8.1991



předpokladu, že tenzometrický snímač v sobě trvale nese informaci o kumulované trvalé deformaci, vznikající v průběhu zkušebního programu, kterému je konstrukce podrobena. V praxi to znamená, že při vyhodnocení každé další zkoušky konstrukce by měl být do výpočtu zahrnut předchozí stav snímačů na odlehčené konstrukci. Na obrázku je zřetelně vidět, že zvolený snímač, jehož signál byl vyhodnocen dle výše uvedených zásad, přesně zachytil pokračující trvalou deformaci při úrovni zatížení, při které došlo v minulé zkoušce k zahájení odlehčování. Stejný charakter mají i další dvě měření uvedená na obrázku. Závěr plynoucí z této praktické ukázky říká, že kumulovaná hodnota trvalé deformace zachycená tenzometrickým snímačem je závislá na pořadí zkoušek a neposkytuje informaci o trvalé deformaci vzniklé realizací jednotlivých případů zatížení konstrukce, vyjma prvního případu zatížení. Aplikací získaných poznatků lze však dosáhnout trvalé znalosti velikosti kumulované trvalé deformace, která umožňuje vyhodnocení sledovaného místa na konstrukci, i v případě poškození původního tenzometrického snímače a jeho náhrady novým, s přijatelnou chybou. Další poznatky z posledních měření leteckých konstrukcí ve statické zkušebně budou presentovány přímo v průběhu konference EAN 92.

Petr Váradi, Ing.,

Výzkumný a zkušební letecký ústav, Beranových 130, 199 05 Praha 9