



CAE - COMPUTER AIDED EXPERIMENT CAE - POČÍTAČEM PODPOROVANÝ EXPERIMENT

Řezníček Jan

This paper contains my own experiences with CAE - Computer Aided Experiment. The first part describes the prepreparing phase of the experiment, when by means of computer is with more precision given arrangement of the real experiment. In the second part I'm explaining block's schema of the measuring programs used in our department for different real situation of measurement. The last part of this paper deals with a process of experimental data presentation, including comparison of experimental data to the numerical (FEM) analysis.

Keywords: CAE, Computer Control, Comparing Data, Measuring

V tomto příspěvku chci seznámit s vlastními zkušenostmi, které jsem získal několikaletou prací v oblasti počítačové podpory experimentu a ne jen vyjmenovávat, co všechno by měl obsahovat ideální program řešení CAE. V následujících odstavcích se soustředím zejména na popis počítačové podpory experimentu tak, jak je realizována na našem pracovišti při maximálním využití vybavení katedry, kterým je tenzometrická ústředna UPM 60 ve spojení přes HP-IB/IEEE-488 převodník s počítačem třídy PC a jeho periferiemi (tiskárny, plottery,...).

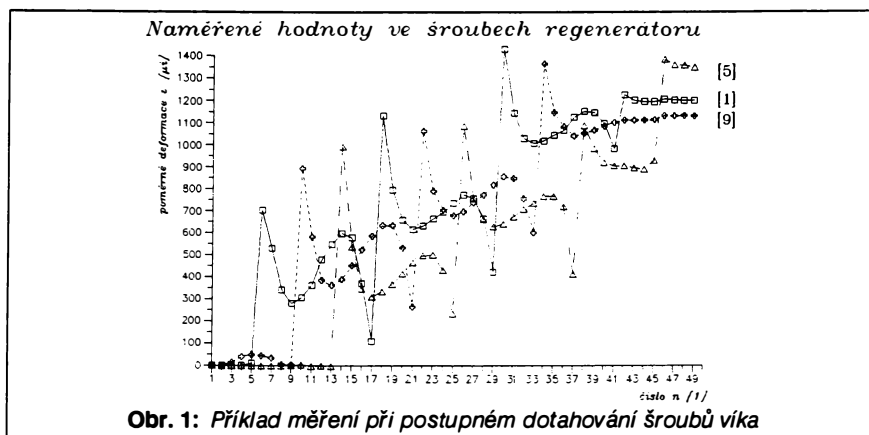
Již při přípravě experimentu hrají výpočty a výpočetní technika významnou úlohu. Na základě formulace zadání je připraveno primární zadání pro nejjednodušší analytické nebo numerické řešení (nejčastěji MKP). Získané výsledky pak slouží jako podklad pro přípravu vlastního experimentu. Jsou vybírána měřená místa a také způsob, jakým bude celé měření realizováno. Podle předběžných výsledků jsou také voleny měřicí elementy s ohledem na jejich funkční rozsah. Po definitivní konkretizaci provedení experimentu dochází k modifikaci měřicího a následného vyhodnocovacího programu. Stavba vlastního měřicího programu je plně modulární umožňující vzájemnou kombinovatelnost jednotlivých modulů podle konkrétní specifikace úlohy.

Úvodní modul je u všech konfigurací stejný a má definiční charakter. V něm jsou obsluhou zadány tyto základní informace:

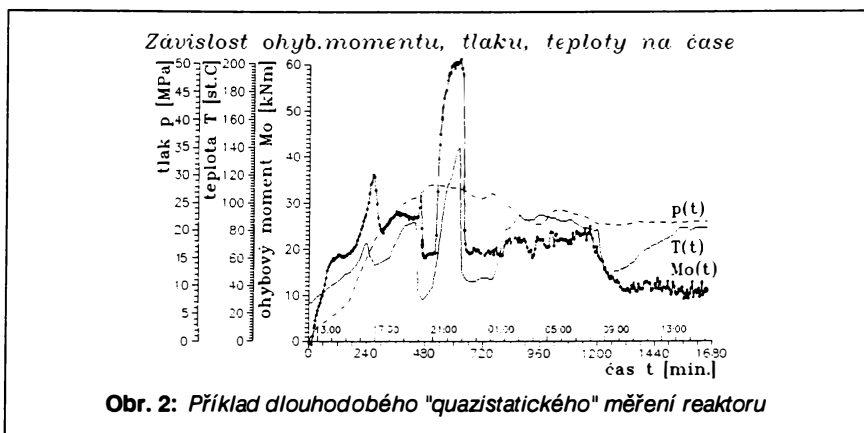
- název měření - pod tímto názvem bude vytvořen adresář na disku počítače, do kterého budou ukládána naměřená data,
- celkový počet měřících prvků - jsou uváděny počty růžic, křížů a samostatných měřících elementů,
- přiřazení míst tenzometrické ústředny jednotlivým měřícím prvkům,

- měřicí elementy se speciálním režimem nebo určením - snímače tlaku nebo řídící snímače deformací případně teploty,
- nutná konfigurace použité tenzometrické aparatury - místa přeskoků kanálů nebo naopak místa s trvalým monitorováním.

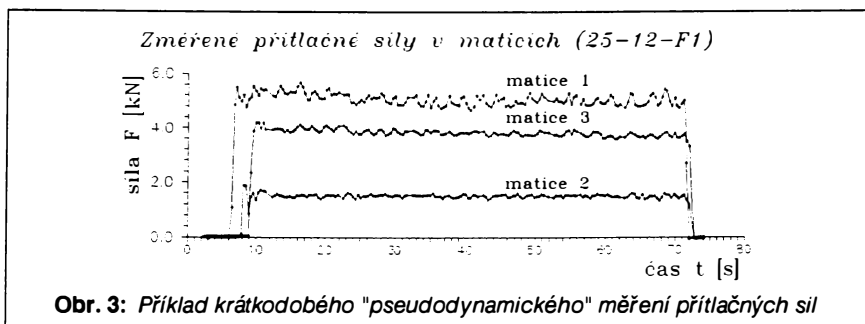
Na úvodní modul navazuje "quazistatický" nebo "pseudodynamický" měřicí modul. Quazistatický měřicí modul je určen pro pomalé děje, resp. pro děje, kdy je možno v okamžiku měření zastavit zatěžování. Příkladem těchto měření mohou být tlakové



testy silnostěnných nádob v chemickém průmyslu^[1] nebo destrukční zkoušky plynovodních potrubí^[2] nebo měření, kdy je odečet prováděn po dokončení určité technologické operace jako je například dotažení šroubu^[3] (viz obr. 1). V případě extrémně dlouhodobých měření je možno navíc zvolit pevný časový interval automatického odečtu s možností individuálního zásahu obsluhy. Jako příklad bych uvedl měření na vysokotlakém reaktoru při jeho najíždění do provozu^[4], kdy celý děj dosažení provozního tlaku a teploty trval zhruba 28 hodin (viz obrázek 2).



Při všech těchto měřeních program nejprve podle úvodního modulu otevře a naformátuje výstupní soubory na disku a uspořádá monitor tak, aby záhy po provedeném měření byla obsluha informována o naměřených veličinách. Z monitoru jsou pak patrné i další veličiny počítané programem jako jsou hlavní přetvoření a napětí včetně jejich orientace a redukované napětí spolu s bezpečností ke zvolené hodnotě dovoleného napětí. Veškeré výpočty tohoto modulu předpokládají platnost Hooke-ova zákona. O dosažení počátku elasticko-plastického stavu podle zvolené teorie je obsluha výrazně informována a další výpočty se vzhledem k rozsahu, který by mohl brzdit měření, neprovádějí. Zobrazovány a zapisovány na disk jsou pouze naměřené veličiny určené pro následné zpracování. Ovládání tohoto modulu je poloautomatické s využíváním funkčních kláves s ochranou proti nevhodné volbě. Na závěr měření jsou všechny vstupní i výstupní soubory uzavřeny a program přejde do rozhodovacího modulu. Pseudodynamický modul při své práci maximálně využívá rychlosti odečtu statické tenzometrické ústředny a přenosu dat mezi ústřednou a počítačem. Jeho využití je vhodné zejména při sledování rychlejších dějů, jakým bylo např. průběžné měření přítláčných sil při rovnání bezešvých trub^[5] (viz obr. 3). Na začátku tohoto modulu je obsluhou zadáván interval odečtu a v případě zadání nulového intervalu se rychlost řídí pouze rychlostí ústředny, přenosu a zápisu dat. Tento modul při měření neprovádí žádné výpočty, pouze zapisuje naměřená data v předem definovaném tvaru do souborů



rů určených úvodním modulem. Obsluha je jen průběžně informována o počtu provedených měření. Veškeré výpočty a zpracování výsledků se provádí až po skončení vlastního měření s použitím dat na disku. Tato fáze je pak již prakticky shodná s quazistatickým modulem a končí opět přechodem do rozhodovacího modulu.

V rozhodovacím modulu záleží na obsluze, kterou z dalších možností postupu zvolí:

- vykreslení naměřených dat v závislosti na zatěžovacím parametru nebo na čase případně teplotě,
- elasticko-plastický výpočet napjatosti na základě předem zvolené obecné teorie plasticity,
- vykreslení všech vypočtených hodnot v závislosti na libovolném parametru,
- srovnání experimentálních dat s daty získanými numerickým nebo analytickým výpočtem.

Kreslící moduly využívají jak vlastní programovou podporu, tak je možno používat i výstup do konkrétního komerčního grafického programu podle potřeby výstupního formátu (nejčastěji HPG nebo PCX).

Výpočtové moduly jsou dva hlavní. První je založen na teorii malých pružně-plastických deformací a druhý na teorii přírůstku plastické deformace. Oba tyto moduly je možno používat jednotlivě nebo současně pro spolehlivou kontrolu výsledků. Vypočtené hodnoty jsou opět zapisovány ve zvoleném formátu do výstupních souborů. Formáty všech souborů používaných jednotlivými bloky jsou si velice podobné pro snadnou zaměnitelnost všech modulů. Veškeré vstupní a výstupní soubory jsou ve formě ASCII, tedy snadno dostupné a přehledné v běžných editorech. Při ukončení práce se soubory je jim možno přiřadit atribut "Read only" a chránit je tak proti náhodnému přepisu nebo vymazání.

Závěrečný programový modul je srovnávací, kdy experimentálně stanovené hodnoty jsou konfrontovány s hodnotami získanými teoretickým výpočtem. V tomto případě jsou již používány výsledky výpočtu na zpřesněném modelu, který maximálně odpovídá realitě prováděného experimentu. Rozdíl mezi tímto a primárním modelem používaným v přípravné fázi může být značný, protože ne vždy se podaří při experimentu splnit všechny parametry definované při zadání (rozdílné tloušťky stěn na výkrese a ve skutečnosti, nemožnost dodržet požadované uložení, rozdílný způsob zatěžování, nedodržení stanovených teplotních stupňů a jejich ustálený stav, ...). Výstup ze srovnávacího modulu je možno opět volit do kreslícího resp. tabelárního modulu podle požadovaného tvaru výsledků.

Celý systém je stavebnicový a dále otevřený jakýmkoliv úpravám a doplněním. Tím je dosaženo maximální flexibility a je tak možno do systému vkládat další a další moduly a rozšířit tak využitelnost pro další typy měření. Systém je v jeho dnešní podobě používán při všech tenzometrických měřeních realizovaných na našem pracovišti tak, jak se o nich zmiňují některé další příspěvky.

Literatura:

- | | |
|---|---|
| <p>[1] Michalec, Valenta, Řezníček, Kuliš</p> <p>[2] Valenta, Michalec, Řezníček, Sochor, Konrád</p> <p>[3] Michalec, Valenta, Řezníček, Konvičková, Šíma, Čermák, Koutník</p> <p>[4] Michalec, Valenta, Řezníček, Konvičková, Šíma, Čermák, Koutník</p> <p>[5] Konvičková, Michalec, Růžička, Řezníček</p> | <p>Experimentální analýza stavu napjatosti vysokotlakového potrubí hydrogmacce, VZ 211-89-22, ČVUT FS, Praha 1989</p> <p>Tlaková zkouška na trubce s plošnými determinovanými vadami, VZ 211-89-36, ČVUT FS, Praha 1989</p> <p>EAN víka a přírubových šroubů a měření AE na regenerátoru č.618/99, VZ 211-92-04, ČVUT FS, Praha 1992</p> <p>EAN a měření signálů AE na reaktoru R-101 a vysokotlakové potrubní větvi, VZ 211-91-10, ČVUT FS, Praha 1991</p> <p>Měření přítačných sil na rovnacím stroji VRM 35/45 VZ 211-91-02, ČVUT FS, Praha 1991</p> |
|---|---|

Ing. Jan Řezníček, CSc. - od roku 1981 asistent na katedře pružnosti a pevnosti

Zaměstnavatel:

České vysoké učení technické v Praze
strojní fakulta, katedra pružnosti a pevnosti
Technická 4

166 07 Praha 6 - Dejvice

Telefon:

(02) 332 25 17, (02) 332 25 09

Telefax:

(02) 311 27 68