

ROZVOJ OPTICKÝCH METÓD EXPERIMENTÁLNEJ MECHANIKY NA ÚSTAVE STAVEBNÍCTVA A ARCHITEKTÚRY SAV

Milan Držík, Ústav stavebníctva a architektúry SAV
842 20 Bratislava, Dúbravská cesta 9

Úloha experimentálnej mechaniky spočíva v meraní materiálových parametrov a fyzikálne-mechanických charakteristík, v defektoskopických skúškach a vo vypracovávaní prípadne upresňovaní výpočtových modelov projektovania konštrukcií. Medzi metodami experimentálnej mechaniky dôležité miesto patrí optickým metódam, ktorých rozvoj bol podmienený aj vývojom optiky koherentného svetla. V tejto oblasti, s aplikačným zameraním na analýzu napätí a deformácií, sa pracuje v Oddelení mechaniky Ústavu stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave. V posledných dvadsiatich rokoch sa tu technicky realizovalo viacero metód a meracích postupov, pričom niektoré boli rozpracované ako pôvodné.

Po období využívania fotoelasticimetrie na účely experimentálnej analýzy napätí začiatkom 70-tých rokov bola väčšinou svojpomocne vyrobená základná aparatúra a vybudovaná laboratórium umožňujúce robiť holografické experimenty. Zvládli sa základné princípy holograficko-interferenčnej metódy [1]. Klasická optická zostava pre záznam Fresnelových hologramov sa využila na získanie interferogramov prieťahov na priečne ohýbaných doskách. Ďalšou fázou, ktorá logicky nadväzovala na fotoelasticimetrické experimenty, bol záznam izopachických kriviek na transparentnom materiáli /modely z PMMA/ a použitím fotoelastických materiálov aj ich využitie na separáciu hlavných napätí pri rovinnom stave napätosti.

Z hľadiska riešenia pružnostných rovinných úloh sa ukázalo efektívnym využitie izopách pri meraní základného parametra v lomovej mechanike - koeficienta intenzity napätí [2]. S úspechom sa tu použila technika záznamu hologramov v obrazovej rovine, ktorej možnosti boli podrobne preskúmané z hľadiska dosiahnutia maximálneho kontrastu interferenčných čiar a možnosti zväčšenia detailov obrazu. Analogická technika holografického záznamu sa realizovala pri výskume trhlín rýchlo sa šíriacich v polymérnom materiáli. Interferometer pracoval s rubínovým impulzným laserom. Technická náročnosť takýchto experimentov je veľká, napriek tomu sa podarilo nasnímať detailné zábery interferogramov v bezprostrednom okolí špičky bežiacej trhliny Obr.1 [3].

V úsilí o zefektívnenie vyhodnotenia koeficienta intenzity napätí aplikovali sme tiež techniku zdvihového interferometra v holografickom variante [4,5]. Tento spôsob holograficko-interferenčného záznamu sa ukázal byť vhodný nielen na konštrukčné prvky doskového typu, ale má svoje prednosti aj pri výskume trhlín, ako o tom svedčia aj novšie publikácie v zahraničí [6]. Príklad interferogramu získaného touto technikou ukazuje Obr.2.

Do tejto kategórie - sledovania rovinných napätostí v okolí špičky trhliny, môžeme zaradiť aj tzv. metódu kaustík,

ktorá nie je interferenčnou technikou. Jej realizácia je veľmi jednoduchá, preto bola táto metóda využitá i u nás [7] .

Schopnosť merať pole premiestnení na difúzne odrážajúcom povrchu telies je jednou z najdôležitejších vlastností holografickej interferometrie. Vzhľadom k tomu, že pri klasickej schéme záznamu sa komplikuje vyhodnotenie interferogramov, sústredili sme sa na využívanie optických schém s priamou optickou separáciou troch ortogonálnych zložiek vektora premiestnenia. Špeciálnym prípadom takýchto schém sú speckle interferometrické metódy. Klasický spôsob má veľa nedostatkov, preto sme realizovali rôzne modifikácie. Jednou z nich bol aj tzv. dvojapertúrny speckle interferometer [8] . Jeho rozvojom vznikol optický systém, v ktorom sa súčasne zaznamenávali a pri rekonštrukcii priamo separovali všetky tri zložky premiestnenia. Oba interferometre sa využívali napr. pri meraní experimentálnych vstupných dát v hybridnej experimentálne-výpočtovej metóde [9,10] .

Pri výskume napätosti v okolí priestorových trhlín sme použili i klasickú schému speckle interferometrie, ktorá slúžila ako nedeštruktívna metóda merania premiestnení vnútorných bodov v transparentnom telese [11] . Metóda je založená na fotografickom zaznamenaní svetla rozptýleného na nehomogenitách materiálu pozdĺž dráhy svetelného lúča a vyhodnotení takéhoto dvojexpozíčného specklegramu pomocou Youngových čiar. Na meranie rovinných zložiek premiestnení sa tiež využil spôsob záznamu speckle poľa bez zobrazujúcej optiky, upevnením fotoplatne priamo na povrch objektu [12] . Výhodou tohoto spôsobu je veľká citlivosť merania premiestnení.

Problém zvýšenia citlivosti merania zložiek premiestnení v rovine kolmej na smer pozorovania je jedným z kľúčových problémov najmä pri riešení úloh experimentálnej analýzy napätí. Predovšetkým z týchto dôvodov bola rozpracovaná pôvodná schéma holografického /speckle/ interferometra /tzv. dvojkanálového/ [13] , ktorá si zachováva výhodné exploatačné vlastnosti speckle interferometrie pri niekoľkonásobne vyššej citlivosti a presnosti merania povrchových premiestnení, schopnosti obmedzenia dekorelácie záznamov a vplyvu nekontrolovateľného premiestnenia objektu ako celku pri zázname. V súčasnosti sa rozpracováva variant tohoto interferometra s vizualizačným systémom CCD kamera - počítač. Snaha po zvýšení citlivosti merania pri zachovaní jednoduchosti a "odolnosti" metódy viedla aj k realizácii tzv. sendvičovej speckle schémy [14] .

Napriek tomu, že metódy založené na zobrazovaní v koherentnom svetle obsiahnu širokú škálu aplikácií, často je výhodné použiť i ďalšie optické meracie metódy. So zameraním na riešenie biomechanických problémov spojených s respiračnou činnosťou človeka bola napr. vyvinutá ľahká prenosná aparatúra využívajúca princíp projekčného moiré na snímanie vrstevnicových kriviek na hrudníku človeka pri dýchaní [15]. Kontrast zaznamenaných čiar sa zlepšuje pomocou optickej filtrácie /Obr.3/. Vyvíja sa variant so snímaním CCD kamerou s vylúčením fotografického procesu.

Nekoherentný zdroj svetla sa používa aj v optickej

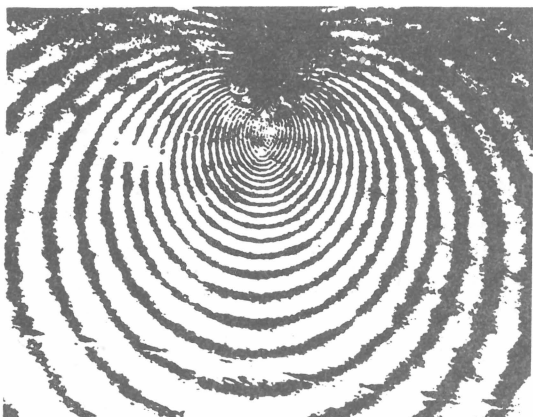
metóde merania povrchových pootočení. Teoretickou analýzou jej možností [16] sme zdôvodnili vhodnosť použitia pre meranie deformácie kremíkových substrátov. Jednoduchý optický princíp premietania rozhrania svetlo - tieň a vykreslenia týmto spôsobom reliéfu nerovného povrchu slúži ako základný princíp v zariadení na bezkontaktné meranie drsnosti povrchov [17] .

Jedným zo smerov, ktorými sa bude zrejme uberať experimentálna mechanika v blízkej budúcnosti sú nové spôsoby merania mechanických veličín založené na optoelektronických princípoch. V optickom laboratóriu na Ústave stavebníctva a architektúry sa v posledných rokoch pracuje i v tejto oblasti. Fotoelektrické snímanie svetelného signálu sme napr. uplatnili pri vývoji nových spôsobov merania mechanických parametrov konštrukčných prvkov s trhlinami pri veľmi rýchlych dynamických dejoch. Vyvinuli sa metódy merania dynamického koeficientu intenzity napätí na princípe optickej filtrácie [18] , ako aj na princípe difrakcie svetla na štrbine [19] . Tieto zariadenia dovoľujú merať dôležité parametre, akými sú priečna deformácia a rozovretie stien v blízkosti špičky trhliny, prakticky pri neobmedzených rýchlostiach zatažovania a získať tak predstavu o vplyve šíriacich sa napätových vln v tejto oblasti. Fotoelektrickým snímaním svetelného signálu sa vyznačuje aj bezkontaktné snímanie rýchlych mechanických kmitov telies, ktoré je založené na princípe triangulácie svetelnej laserovej stopy na povrchu telesa /Obr.4/ [20] . Niektoré výhodné vlastnosti optoelektronického prevodníka využíva aj konštrukcia snímača mechanického kmitania veľmi nízkych frekvencií.

Ako je vidieť aj s tu uvedených oblastí aplikácií, optické experimentálne metódy sú dôležitou súčasťou meracích metód v mechanike. Využitie ich možností najmä v spojení s elektronikou názorne potvrdzuje perspektívu ich rozvoja.

Literatúra

- 1 Záverečná správa III-6-2/2, ÚSTARCH SAV Bratislava 1975
- 2 Držík M., Staveb. Čas. 30, 913-927, 1982
- 3 Záverečná správa III-3-1/10, ÚSTARCH SAV Bratislava 1988
- 4 Držík M., Zb. 19. konf. EAN 81, Štrbské Pleso 1981
- 5 Balaš J., Držík M., Staveb. Čas. 31, 447-460, 1983
- 6 Tippur H., Rosakis A., Int. J. Fract. 1991 /bude publ./
- 7 Záverečná správa III-8-2/15, ÚSTARCH SAV Bratislava 1980
- 8 Držík M., Staveb. Čas. 30, 703-718, 1982
- 9 Balaš J., Sládek J., Držík M., Exp. Mech. 23, 196-202, 1983
- 10 Balaš J., Držík M., Sládek J., Proc. Int. Conf. Washington
- 11 Balaš J., Držík M., Sládek J., Zb. 21. konf. EAN 83, Luhačovice
- 12 Balaš J., Držík M., Mech. Teor. Stos., 23, 555-562, 1985
- 13 Držík M., Autorské osvedčenie č. 272 641
- 14 Držík M., Zb. 28. konf. EAN 90, Svratka 1990
- 15 Držík M. et al., Zb. konf. Biomech. člov., Liblice 1988
- 16 Záverečná správa III-3-1/10, ÚSTARCH SAV Bratislava 1990
- 17 Držík M., Macháč I., Prihláška vynálezu PV-6222-90
- 18 Balaš M., Držík M., Autorské osvedčenie č. 242 168
- 19 Držík M., Measurement - J. of IMEKO, 6, 161-163, 1988
- 20 Držík M., 6. konf. Lasery vo výskume, Račkova dolina 1988



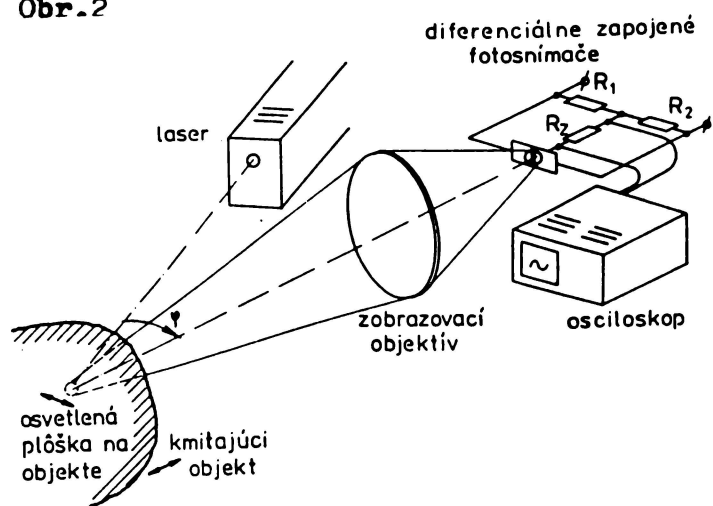
Obr.1



Obr.3



Obr.2



Obr.4