

ADMI ASSOCIAZIONE NAZIONALE
DISEGNO DI MACCHINE



ATTI DEL CONVEGNO

PRIMO VOLUME

7^o CONVEGNO NAZIONALE ADM
TRENTO 2, 3, 4, OTTOBRE '91

7° CONVEGNO NAZIONALE ASSOCIAZIONE DISEGNO DI MACCHINE
Trento, 2 - 4 Ottobre 1991

ANALISI NUMERICA E RESTITUZIONE 3D
DI
SISTEMI DI FRANGE INTERFEROMETRICHE

Filippo Bertolino (*), Francesco Ginesu (**)

(*) Ecole Polytechnique de Lausanne - Svizzera

(**) DI.ME.CA. Università di Cagliari

RIASSUNTO

Si prendono in esame alcuni sistemi di frange olo-interferometriche che vengono trattati per via digitale, utilizzando un codice di calcolo modulare interamente scritto in linguaggio Fortran da uno degli autori. Il trattamento semiautomatico delle frange interferometriche e la restituzione tridimensionale hanno consentito un'analisi più completa del fenomeno.

ABSTRACT

Different types of interferometric fringe patterns, which are processed by means of a software code entirely written in Fortran standard language, are taken into account. Both the semiautomatic processing and the 3D restitution allow a complete analysis of the phenomenon.

1. INTRODUZIONE

L'interferometria olografica, come altre tecniche ottiche, ha consentito nel passato la verifica sperimentale di molti componenti strutturali, tipici dell'ingegneria industriale [1,2]. Il grosso vantaggio di questa tecnica consiste nell'alta sensibilità del metodo di misura, mentre uno dei grossi difetti è dato dal notevole tempo necessario per l'interpretazione quantitativa dei risultati.

Recentemente le tecniche di trattamento e analisi delle immagini si sono diffuse sia per lo sviluppo di alcuni componenti hardware, come per esempio gli scanner, i digitalizzatori e le telecamere, sia per lo sviluppo di alcuni programmi-software specializzati [3,4].

Il presente lavoro riporta i risultati ottenuti con l'applicazione di alcuni algoritmi di trattamento delle immagini e di restituzione tridimensionale all'analisi di quadri di frange olointerferometriche.

Tali algoritmi sono stati implementati in un codice di calcolo modulare DIP, interamente scritto in linguaggio convenzionale Fortran da uno degli autori e già impiegato nel passato nella soluzione di alcuni problemi di ricostruzione di superfici [5,6].

Il problema dell'acquisizione automatica di sistemi di frange si trova sempre più frequentemente trattato in letteratura [7] e gli algoritmi, automatici o semiautomatici, impiegati sono generalmente di tre tipi [8]: il primo, il più semplice, prevede inizialmente una binarizzazione del quadro di frange e una conseguente ricerca dei centri delle frange che viene fatta lungo linee o lungo colonne calcolando il massimo dei valori di livello di grigio [9,10,11].

Il secondo tipo prevede la conoscenza a priori della geometria spaziale dell'oggetto esaminato [12]. Vengono quindi trattate solo frange circolari concentriche o rettilinee parallele e vengono impiegate correlazioni di immagini o tecniche simili.

La terza categoria di algoritmi, di cui quello qui utilizzato è un esempio, prevede il riconoscimento di ogni singola frangia attraverso un processo interattivo operatore-programma [13-16].

La restituzione realistica in tre dimensioni della struttura deformata viene realizzata mediante la rappresentazione per triangolazione di punti, tenendo conto che le frange, nel caso qui esaminato, sono strettamente correlate a un'altezza z . In letteratura si trovano diversi significativi esempi in cui questa tecnica viene impiegata e sviluppata [17,18].

Si descrivono, inoltre, in modo schematico alcune delle principali funzioni del programma DIP e in particolare il trattamento e il riconoscimento semiautomatico dei sistemi

2.4. Rappresentazione realistica della superficie

Esistono attualmente due versioni del programma, una su Apollo 3550 l'altra su Silicon Graphics. Quest'ultimo calcolatore dispone di una ricca libreria di routines per la rappresentazione realistica delle superfici: la sua straordinaria velocità consente la realizzazione di programmi di animazione, per l'analisi rapida dell'oggetto da diverse angolazioni. I dati necessari sono la lista dei poligoni (nel nostro caso triangoli), la lista delle coordinate e delle normali nodali. Queste ultime sono state stimate, come media delle normali dei triangoli incidenti nel punto.

La versione su Apollo ha richiesto la realizzazione del software per la rappresentazione realistica delle superfici. L'esecuzione risulta evidentemente molto più lenta e più povera di opzioni.

3. APPLICAZIONI

Il caso qui riportato è quello relativo a un modello circolare avente otto rinforzi radiali, simulante una flangia cieca. I quadri di frange digitalizzati e interpretati sono stati ottenuti mediante l'interferometria olografica in tempo reale o in doppia esposizione [19].

Tutte le immagini che seguono sono state realizzate col programma DIP implementato su Silicon Graphic. Le immagini di partenza sono state fotografate e digitalizzate su una macchina Sharp JX450 che consente una risoluzione di 300 punti per pollice, quindi trasferite su Iris attraverso la rete Ethernet. L'estrazione delle frange non è stata preceduta da alcun pretrattamento di miglioramento. Il tempo complessivo per l'analisi di ogni immagine è inferiore ai 10 minuti.

Riguardo al modello e al carico applicato si può evidenziare con riferimento alla fig. 4 quanto segue:

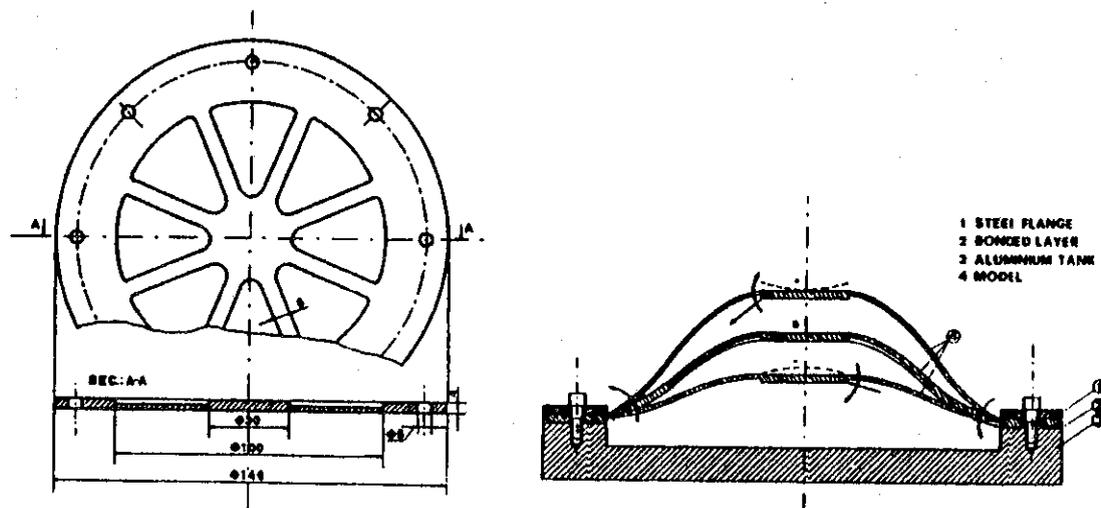
- a. il carico è stato realizzato con una pressione uniforme ottenuta idrostaticamente;
- b. l'ologramma di riferimento è stato fatto con una pressione iniziale, assunta come pressione nulla;
- c. la pressione è stata sempre applicata dalla stessa parte e la curvatura del disco era sempre dello stesso tipo;
- d. il disco era incollato e imbullonato a una piccola vasca in alluminio. Teoricamente il contorno poteva essere schematizzato come un incastro ma in realtà si è comportato in modo più complesso.

Dall'esame dei sistemi di frange, ma ancor più dalla loro

ricostruzione e derivazione in 3D, si può chiaramente vedere l'effetto dei rinforzi e soprattutto si può notare un comportamento differente nel meccanismo di deformazione del modello fra pressioni positive e negative. Ciò è dovuto ad un comportamento non lineare del vincolo e ad un effetto di puntamento dei rinforzi. Tralasciando un'analisi dettagliata di questo meccanismo di deformazione, che non è lo scopo del presente lavoro, si vuole invece evidenziare (vedi fig. 5) il notevole contributo interpretativo fornito dalle ricostruzioni tridimensionali.

4. CONCLUSIONI

L'uso del programma DIP ha messo in luce la sua grande utilità e semplicità d'uso. In pochi minuti è possibile la ricostruzione 3D di immagini anche di scarsa qualità e ciò permette un'analisi più precisa dei risultati. Le immagini particolarmente disturbate dal rumore o mal illuminate possono essere pre-trattate con gli algoritmi classici dell'immagine processing, contenuti nel DIP. Si è potuto verificare su numerose immagini che l'algoritmo per la ricerca automatica delle frange si comporta meglio sulle frange scure che su quelle chiare in quanto queste sembrano essere più disturbate.



Rappresentazione schematica

Schema delle deformate

Fig. 4 Modello circolare rinforzato di una flangia



Fig. 5a - Frange, ricostruzione e derivata per $p=30$ mm H₂O

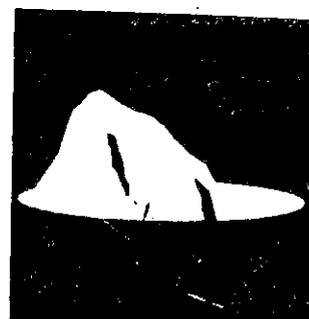
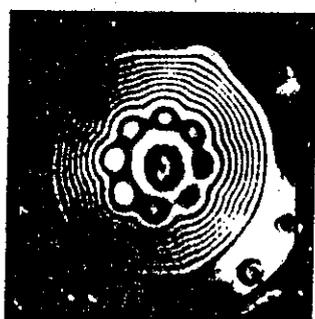


Fig. 5b - Frange, ricostruzione e derivata per $p=14$ mm H₂O

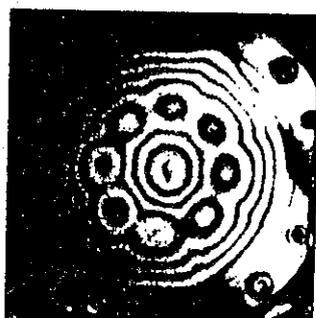


Fig. 5c - Frange, ricostruzione e derivata per $p=-8$ mm H₂O

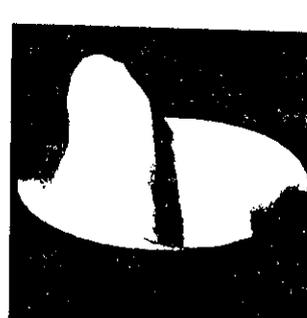
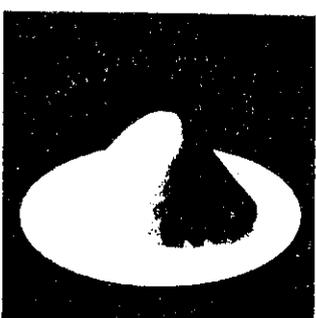


Fig. 5d - Frange, ricostruzione e derivata per $p=-42$ mm H₂O

Il programma può essere facilmente interfacciato con un programma agli elementi finiti per il calcolo degli sforzi: ciò consentirà di prendere meglio in considerazione le vere condizioni al contorno della struttura. Un ulteriore passo avanti nella ricerca automatica delle frange potrà essere prodotto dall'integrazione di un sistema esperto capace di sfruttare delle conoscenze globali sull'immagine.

5. RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato realizzato grazie al contributo finanziario del MURST (Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica).

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] R. K. Erf (Ed.), "Holographic Non-destructive Testing", Academic Press, New York, 1974.
- [2] C. M. Vest, "Holographic Interferometry", J. Wiley and Sons, New York, 1979.
- [3] R. C. Gonzalez, P. Wintz, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, Reading (MA) 1987.
- [4] E. L. Hall, "Computer Image Processing and Recognition", Academic Press, New York 1979.
- [5] F. Bertolino - "Rappresentazione realistica delle superfici: Applicazione alla restituzione 3D del viso umano", Il Progettista Industriale, febbraio 1991.
- [6] F. Bertolino - "Determinazione e rappresentazione di una superficie per triangolazione di punti", Il Progettista Industriale, marzo 1991.
- [7] G. T. Reid "Automatic Fringe Pattern Analysis: A Review", Optics and Lasers in Engineering, 7, 1986/7, pp. 37-68.
- [8] S. Krishnaswamy, "Algorithm for Computer Tracing of Interference Fringes", Applied Optics, vol. 30, no. 13, 1 May 1991.

- [9] F. Ginesu, "Holographic - Interferometric Analysis by Image-Processing System", International Congress on Advanced Experimental Mechanics, Tianjin, May 1988.
- [10] F. Ginesu, R. Rossi: "Analisi automatica di frange olografiche e moiré". XVI Convegno Nazionale AIAS. L'Aquila, Sett. 1988.
- [11] V.Parthiban, R.S.Sirohi - "Interactive Fringe Processing Algorithm for Interferogram Analysis", Optics and Lasers in Engineering 11 (1989) pp.103-113.
- [12] D.W.Robinson - "Automatic fringe analysis with a computer image-processing system", Applied Optics vol.22, No.14,15 July 1983.
- [13] J.B.Schemm, C.M.Vest - "Fringe pattern recognition and interpolation using non-linear regression analysis", Applied Optics, vol.22 (1983), pp.2850-3.
- [14] M.P.Grishin, Sh.M.Kurbanov, V.P.Markelov, V.A.Sokolov "Some Aspects in the Analysis of Interference Patterns using Digital Computers", J.Appl.Spectros. (USA), 20, 682 (1974).
- [15] W. R. J. Funnell - "Image processing applied to the interactive analysis of interferometric fringes", Applied Optics vol.20, No.18,15 September 1981.
- [16] T.Yatagai - "Automated Fringe Analysis Techniques in Japan", Optics and Lasers in Engineering 15 (1991) pp.79-91.
- [17] G.M.Nielson, R.Franke, "Surface construction based upon triangulations", Surfaces in computer aided geometric design edited by R.E.Barnhill and W.Boehm, 1983.
- [18] H.Gouraud, "Continuous Shading of curved surfaces", IEEE Trans. Computers, C-20:6, 1971, pp.623-629.
- [19] F. Ginesu, R. Rossi, "Structural Analysis of Reinforced Discs by Numerical Processing of Fringe Patterns", SEM Spring Conference on Experimental Mechanics, Boston 1989.
- [20] F.Ginesu, F.Bertolino - "Numerical Analysis of Fringe Patterns for Structural Engineering Problem", SPIE's Proceedings, SanDiego, 1991.