

무늬 반송법과 디지털 영상처리를 이용한 홀로그래피 간섭무늬의 정량적 해석

Quantitative Interpretation of Holographic Interferometry using Carrier Fringe and Digital Image Processing Technique

고영욱, 권영하, 박승욱, 정병세

한 국 표 준 연 구 소

홀로그래피 간섭무늬로부터 변형의 요철방향을 구하기 위하여 무늬반송법을 응용하였다.
변형에 의해 형성된 간섭무늬의 차수가 기준무늬를 따라 한 방향으로 증가하도록 하였으며,
디지털 영상처리 기술을 이용하여 간섭무늬 해석을 자동화 하였다.

1. 서론

홀로그래피 간섭법을 변형과 비파괴검사의 연구에 응용하는데 부딪히는 문제중의 하나가 변형의 요철방향을 결정하는 것이다. 즉, 변위의 방향과 크기를 정량적으로 측정하는데는 간섭무늬의 차수를 결정하여야 하는데, 변형의 요철이 복잡하게 이루어지는 경우 차수 결정에 있어 모호함(ambiguity)을 피할 수 없게 된다.

이와같은 홀로그래피 간섭법의 문제점을 해결하기 위하여 위상변이법 (Phase Shifting Method), 차수변화법 (Fringe Order Number Variation), 무늬반송법 (Carrier Fringe Method)등이 연구되어 왔다. 여기서 위상 변이법은 PZT를 구동하여 필요한 위상변화를 정확히 얻는데 있어 많은 오차가 유발되기 쉬운 반면에, 무늬 반송법은 최소한의 시스템의 변화로 오차의 발생요인이 훨씬 줄어드는 장점을 지니고 있다.

본 연구에서는 홀로그래피 간섭계에 이러한 무늬반송법을 응용하여 변형에 의해 형성된 간섭무늬의 차수가 기준무늬를 따라 한방향으로 증가하도록 하였으며, 디지털 영상처리 기술을 이용하여 간섭무늬 해석을 자동화, 고속화시켰다. 실시간 홀로그래피 간섭장치에서 물체파 방향의 거울을 미소한 각도로 기울여 형성시킨 기준무늬와 물체에 변형을 가하여 형성시킨 간섭무늬의 차수를 각각 해석하여, 그 차를 구함으로써 물체의 변형을 측정하였다.

2. 무늬 반송법의 원리와 방법

본 방법의 홀로그래피 간섭계의 광학적 배치는 Fig.1과 같다. 우선 물체의 변형이 있기전 물체파 방향의 거울 M2를 미소 회전시켜 광로차를 가함으로써 기준무늬가 생기게 한다. 간섭무늬에 의한

공간주파수를 변조한 개념으로 생각할 수 있으며 이러한 무늬 패턴은 물체의 변형만 주어진 간섭무늬에 비하여 무늬의 간격이 좁고 단위면적당 간섭무늬의 갯수가 많아짐으로써 입력되는 data수가 늘어나 계산처리를 더욱 용이하게 한다.

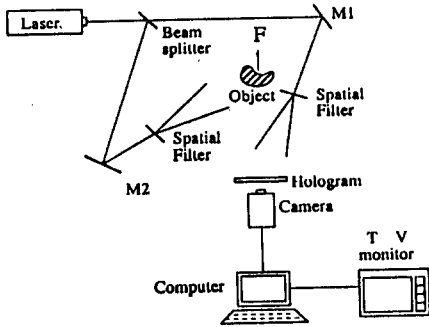


Fig.1. Optical arrangement for using carrier fringe in real time holographic interferometry.

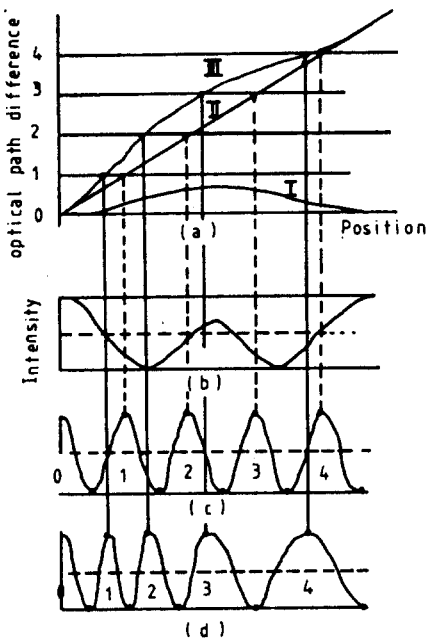


Fig.2. Changes of optical path difference generated by tilting mirror M2. Distribution of the interferometry fringes.

물체의 변형에 의한 광로차를 Fig.2(a)의 곡선 I에 표시하고, 거울 M2의 회전에 의한 광로차를 직선 II에 표시한다. I, II를 합성한 광로차를 III의 형태로 나타나게 되어 요철방향의 변형이 일정한 증가 방향의 변형으로 나타나게 된다. Fig.2(b)와 같이 변형이 작을때, 무늬반송을 하지 않았을때는 간섭무늬의 갯수가 작지만, 본 방법에 의하면 Fig.2(d)와 같이 많은수의 간섭무늬가 생겨난다. 그 간섭무늬는 물체 변형만에 의한 광로차에 거울 M2를 미소회전에 의한 광로차를 가하여 공간적인 주파수를 변조한 것이다. 그 간섭무늬를 기준무늬 (Carrier Fringe)라 부른다. 기준무늬에 의하여 얻어진 광로차로부터 거울 M2의 미소회전에 의한 광로차를 뺌으로써 다음과 같이 물체 변형만의 광로차를 구할 수 있다.

거울 M2의 회전에 의한 광로차만 있을때는 광로차의 증가가 일정한 등간격의 직선 간섭무늬가 생긴다. (Fig.2(c)) 직선 간섭무늬의 강도분포를 CCD 카메라로 검출하여 컴퓨터에 직선 간섭무늬의 최소점 (또는 최대점) 위치를 구한다. 간섭무늬의 차수와 최소점 위치를 컴퓨터에 기억시킨다. 한편 물체의 변형과 거울 M2의 회전으로 얻어진 공간주파수 변조 간섭무늬의 강도분포 (Fig.2(d))를 CCD 카메라로 검출하여 간섭무늬의 최소점 위치가 차수를 컴퓨터에 기억시킨다.

각각의 data를 간섭무늬 차수 매김법에 의하여 zernike 다항식으로 curve fitting하여 물체의 변형량을 구한다면 그차를 계산하면 얻어질 수 있다.

3. 실험장치 및 결과

홀로그래피 실험은 실시간 간섭법으로 하였으며, 대상물체에 변형이 일어나기 전의 물체파와 기준파의 간섭을 필름에 기록하여 제 자리에 놓고, Fig.1의 F방향으로 힘을 가하였으며 홀로그래프는 F방향과 일직선상에 직각이 되게 놓았다. 대상물체로써

외팔보를 제작하여 Fig.3(a)와 같이 힘을 가하여 변형을 발생시켰다. 실제로 가해진 변형은 이론적으로 Fig.3(c)와 같은 곡선을 이루게 되며, Fig.3(b)는 이에 대한 홀로그래피 간섭무늬를 나타낸다. 이러한 간섭무늬 하나만으로는 이 경우와 같이 변형의 요철이 존재하는 경우 간섭무늬 차수의 부호를 아는 것이 불가능하다.

따라서 무늬 반송법을 적용하여 변형으로 생겨난 간섭무늬의 차수가 기준무늬를 따라 한방향으로 증가하도록 하였다. 기준무늬를 주기 위하여 물체파 방향의 거울을 중앙 수평선을 기준으로 0.029 기울여서 Fig.4(a)와 같은 간섭무늬 패턴을 얻었다. Fig.4(b)는 디지털 영상처리를 하여 간섭무늬의 명암대비를 향상시켰으며, Fig.4(c)는 그 강도분포를 나타내고 있다. 여기에다 Fig.3과 같은 변형을 주어 Fig.5(a)와 같은 간섭무늬 패턴을 얻었으며, Fig.5(b)와 (c)는 영상처리 결과와 그 강도분포를 나타내고 있다.

이렇게 해서 구한 자료는 간섭무늬의 명암이 반전된

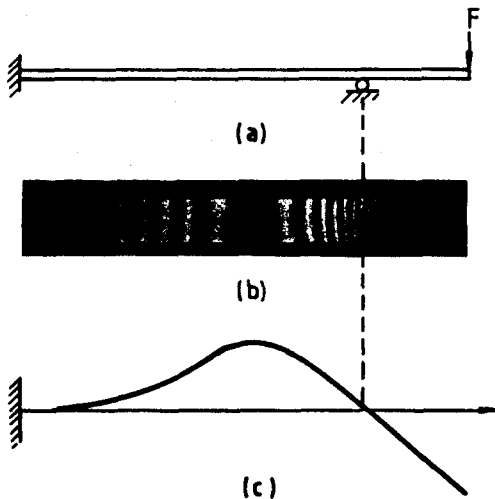


Fig.3. (a) The loading situation (b) the corresponding conventional double-exposure hologram (c) the resulting deformation curve.

형태를 나타낸다. 간섭무늬의 차수는 간섭무늬의 최대점(반전된 최소점)의 좌표를 알아낸후 그 점들의 상대적 차수를 매기는 방법을 사용하였다. 간섭무늬가 거의 세로이므로 가로로 한줄씩 스캐닝하면서 최대점의 좌표를 알아낸후 임의의 가로 한줄에서의 차수를 매겼다.

4. 결론

실시간 홀로그래피 간섭계에 무늬반송법을 응용하여 간섭무늬를 정량적으로 해석할때 발생하는 모호성을 해결할수 있는 새로운 방법을 제시하였다. 또한 이와같은 방법에 적절한 디지털 영상처리 기술을 사용하면 더욱더 간편하게 간섭무늬를 해석할수 있음을 보였다. 본 논문에서 제시된 방법은 변형측정 뿐만아니라 다른 여러가지 홀로그래피 응용에 용이하게 활용될수 있을 것이다.

참고문헌

1. D.R.Matthys, T.D.Dudderar and J.A.Gillbert, *Exp. Mech.* 28, 86-90 (1988).
2. K.Yoshkawa, T.Nomura, et al., *JSPE* 53, 390-394 (1987)
3. P.D.Plotkowski, Y.Y.Hung and G.Gerhart, *Opt. Eng.* 24, 754-756 (1985)
4. 정 명세의, KSRI-90-74-IR (1990)

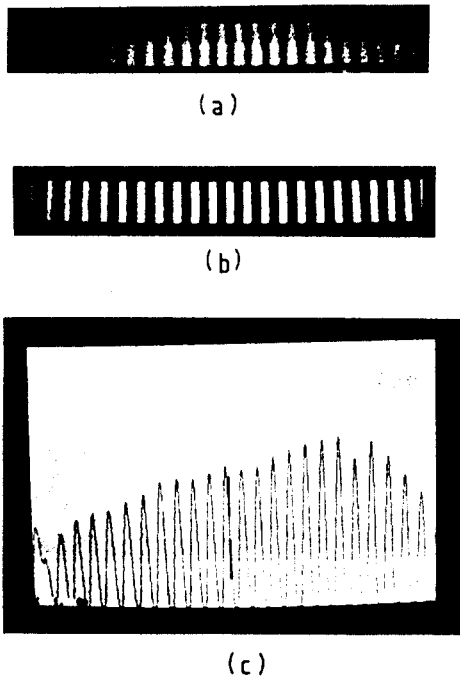


Fig.4. (a) holographic pattern with carrier fringe
(b) enhanced fringe pattern by digital image processing
(c) intensity profile of the center line.

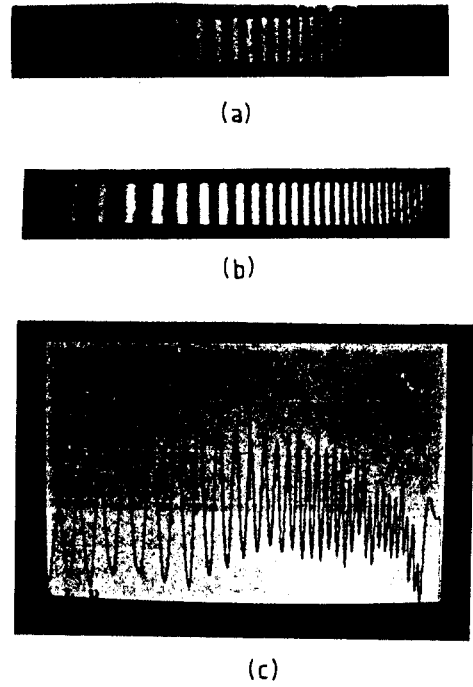


Fig.5. (a) holographic pattern with carrier fringe
and deformation (b) enhanced fringe pattern
by digital image processing (c) intensity
profile of the center line.