

광탄성 위상이동법에 의한 사각형 구멍주위의 응력해석

이춘태, 박태근, 정걸, 헨리 팡가니반(군산대 대학원 기계공학과),
정태진, 백태현*(군산대 기계공학부)

Stress Measurement of a Squarely Perforated Plate by Photoelastic Phase Shifting Method

C. T. Lee, T. G. Park, J. Jung, H. Panganiban(Mech. Eng. Dept., Grad. School, KNU)
T. J. Chung, T. H. Baek(School of Mech. Eng., KNU)

ABSTRACT

Photoelasticity is widely and conveniently used methods for whole field stress analysis. In this paper, 8-step photoelastic phase shifting method was performed by using a multi-purpose polariscope to measure the fringe orders along a specified line on the specimen containing a square hole. The material of the specimen is made of Polycarbonate. The measurement results by 8-step phase shifting method were compared with the those calculated by ABAQUS.

Key Words : Photoelasticity(광탄성), Circular polariscope(원형 편광기), Isochromatics(등색선), Photoelastic fringe shifting method(광탄성 프린지 이동법), Fringe analysis(프린지 차수)

1. 서론

광탄성 위상 이동법에 의한 실험법은 광탄성 프린지 측정을 통하여 물체에 작용하는 응력을 측정하는 방법이다. 본 실험에서는 유한 폭의 사각형공판 인장시편으로부터 특정 선상의 응력분포를 알기 위해 8단계 위상 이동법을 적용, 광탄성 프린지를 측정하였다. 본 연구에서는 사각형공판 인장시편의 구멍 중심으로부터 일정선상에 대한 응력분포를 측정하였으며, 측정된 결과와 상용 유한요소 프로그램인 ABAQUS를 이용한 해석 결과를 서로 비교하였다.

2. 이론

2.1 광학 이론

원형편광기의 암시야배열(dark-field setup)에서 검광판을 임의의 각도 β 로 회전시켰을 때 광강도(light intensity) I_β 는

$$I_\beta = K(1 - \cos 2\beta \cos \Delta - \sin 2\beta \cos 2\alpha \sin \Delta) \quad (1)$$

위의 식에서 K =비례상수, β =암시야 배열로부터 검광자의 회전각, α =등경각(isoclinic angle), Δ =상대지연(relative retardation)으로 $\Delta = 2\pi N$ 이며, N 은 등색선프린지 차수(isochromatic fringe order)를 의미한다.

2.2 8단계 위상이동법

8단계 위상이동법(8-step phase shifting method)은 선형 편광판과 4분파판을 특정 각도로 회전하여 프린지패턴을 얻는다. 각각의 편광판 배열에 따른 광강도에 관한 식으로부터 등경선의 각, 즉 주응력 방향에 대한 각도는

$$\alpha = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{I_5 - I_6}{I_1 - I_2} \right) \quad (2)$$

또한, 등색 프린지 차수는

$$N = \frac{1}{2\pi} \tan^{-1} \left\{ \frac{(I_1 - I_2) \cos 2\alpha + (I_5 - I_6) \sin 2\alpha}{\frac{1}{2} [(I_1 - I_3) + (I_4 - I_7)]} \right\} \quad (3)$$

8단계 위상이동법은 식 (2)와 같이 4개의 프린지 패턴으로부터 얻은 등경각 α 와 식 (3)과 같이 등색 프린지 차수 N 에 관한 위상맵을 계산할 수 있다. 8 단계 위상이동법을 이용하면 각각의 지점에서 주응력각(α)과 주응력차이($\sigma_1 - \sigma_2$)에 관한 데이터를 분리하여 측정할 수 있다[1].

3. 광탄성 실험

3.1 사각형공판 인장시편

본 실험에서 사용한 시편의 형상은 Fig. 2와 같다. 인장 시편의 재질은 폴리카보네이트(polycarbonate)계열인 PSM-1을 사용하였다. 시편의

길이는 234mm이고 폭은38.1mm이며,두께(t)는 3.175mm(0.125in)이다. 사각구멍의 크기는 가로 x 세로= 6.175mm × 6.175mm이고, 재료의 프린지 상수 (fringe constant)는 7005N/m이다. 영탄성계수(E)는 2483MPa, 푸와송비(ν)는 0.38이다.

3.2 8단계 위상이동법에 의한 실험

8단계 위상이동법으로부터 얻은 8개의 프린지 패턴을 이용하여 Fig. 1과 같은 등색프린지에 관한 위상맵을 얻었다.

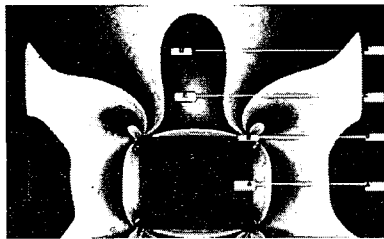
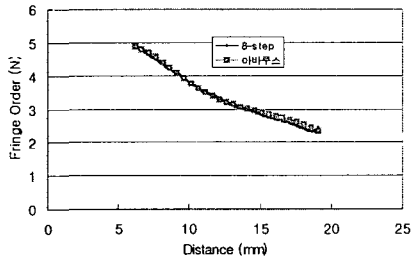


Fig. 1 Isochromatic fringe phase map obtained by 8-step phase shifting method

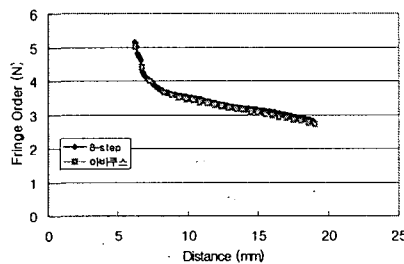
Fig.1에 나타난 선에서 중심으로부터 각각 0mm (Line: A-A'), 6.175mm (Line: B-B'), 11.175mm (Line: C-C'), 16.175mm (Line: D-D')거리에 따른 지점에서 측정된 프린지 차수를 측정 하였다.

4. 실험결과

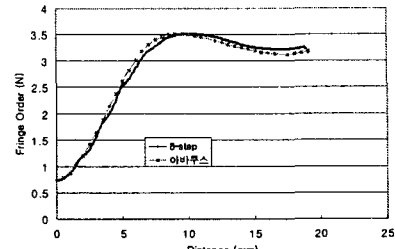
각각의 선에서 실험으로 측정된 프린지 차수와 ABAQUS에 의해 계산된 결과는 다음 Fig. 2의 그래프와 같다.



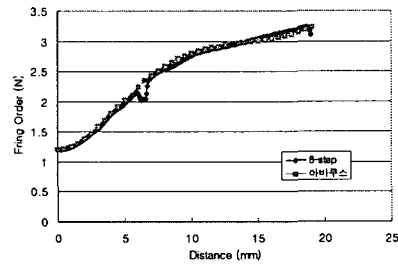
(a) Line A-A'



(a) Line B-B'



(c) Line C-C'



(d) Line D-D'

Fig. 2 Comparison of isochromatic fringe value distribution obtained by experimental measurements and ABAQUS along different horizontal line

8단계 위상이동법, 유한요소법으로 계산한 프린지 차수는 대체적으로 잘 일치 하였다. Fig. 2 (d)의 Line D-D'에서 중간 부분이 잘 일치하지 않는 이유는 시편의 스크래치에 의한 영향으로 추정 된다.

6. 결론

프린지 위상 이동법을 적용하여 인장 하중을 받는 사각 형태의 구멍을 가진 시편으로부터 구멍 주위의 등색 프린지를 측정된 결과, 실험에 의한 프린지 차수는 유한요소해석의 결과와 잘 일치하였다. 재래식 타디보정법은 육안과 수작업에 의한 측정이 이루어지므로 시간이 많이 소요되며, 정밀한 측정을 위해 숙련된 기능이 뒤따라야 한다. 그러나 본 논문 에 적용한 광탄성 프린지 위상이동법을 이용하면 숙련도에 관계없이 정확한 광탄성 프린지 분포 측정을 통하여 응력분포를 정밀하게 해석할 수 있는 장점이 있고, 측정 시간을 절약할 수 있다.

참고문헌

1. Baek, T. H. and Kim, M. S., "Computer Simulation of Photoelastic Fringe Patterns for Stress Analysis", Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3398, pp. 214-221, 2005.