

Dual Beam Shearography를 이용한 금속평판의 Strain 측정을 위한 계측 프로그램 개발

A Development of Measurement Program for Strain of Aluminum Plate using the Dual Beam Shearography

*최인영¹, #강영준², 홍경민¹, 김성종¹, 김안드레이¹

*I. Y. Choi¹, #Y. J. Kang(yjkang@jbnu.ac.kr)², K. M. Hong¹, S. J. Kim¹, Andrey. Kim¹

¹전북대학교 대학원 기계설계과, ²전북대학교 기계설계공학부

Key words : Dual Beam Shearography, Strain, Out-of-plane, In-plane, Deformation

1. 서론

전단간섭법은 레이저를 이용하여 물체의 변형의 미분 값인 변형 구배를 측정하는 방법으로서, 결함과 물체에 가해지는 응력 영역을 쉽게 판단할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 전단간섭계는 물체의 면내 변위와 면외 변위가 동시에 계측되는 특성을 갖고 있다. 따라서 계측된 물체의 변형이 복합적으로 일어날 경우, 본래의 물체의 변형 값과 전단간섭계를 이용하여 측정된 물체의 변형 값에 오차가 발생하게 된다. 본 논문은 이러한 현상을 방지하기 위하여 면내 변위 성분과 면외 변위 성분을 완전히 분리할 수 있는 Dual Beam Shearography의 계측 및 해석 프로그램의 개발에 관한 논문으로서, NI(National Instrument)사의 LabVIEW 2010을 이용하여 계측부분과 계측 Data를 해석할 수 있는 Image Processing 부분으로 나눠 개발하였다.

2. 이론

2.1 Dual Beam Shearography

Dual Beam Shearography는 기존의 Single Beam Shearography와 비교하여 간섭계의 구성 및 측정 방법에 있어 상당한 차이점을 갖고 있다. Fig. 1은 Dual Beam Shearography의 시스템 구성도를 나타내는 그림으로서, 기존의 Single Beam Shearography를 나타내는 Fig. 2와 달리, 레이저의 조사하는 부분이 CCD 카메라를 기준으로 좌, 우 대칭구조를 갖고 있는 특징을 갖고 있다. 또한 측정 방식에 있어 각각 좌, 우측의 조사되는 빛의 위상 변화를 연산하여 위상도(Phase Map)을 생성하여 각각의 위상도에 포함된 면내 변위성분과 면외 변위 성분을 분리하는 과정을 거치게 된다.

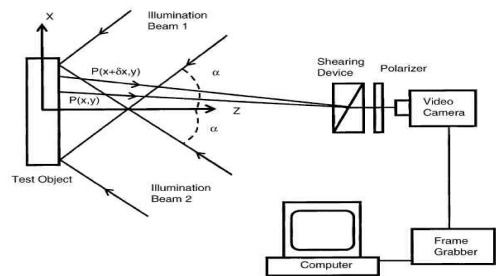


Fig. 1 Schematic diagram of Dual Beam Shearography

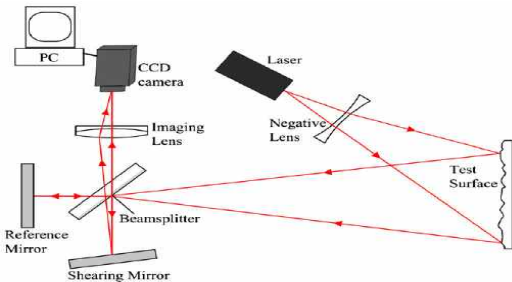


Fig. 2 Schematic diagram of Single Beam Shearography

2.2 Dual Beam Shearography의 Strain 측정

Dual Beam Shearography를 통하여 좌측과 우측으로 분리하여 측정한 각각의 위상도의 경우, 면내 변위성분과 면외 변위성분이 동시에 측정되어 있다. 따라서 좌측과 우측의 위상도의 연산을 통하여 면내 변위성분과 면외 변위성분을 분리하게 된다. 식 (1)은 좌측과 우측의 위상값을 나타낸 식이며, 식(2)은 좌, 우측의 위상도로부터 면내 변위성분과 면외 변위성분의 위상을 분리하여 Strain을 구하는 수식이다.

$$\Delta_r = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \left[(\sin\alpha) \frac{\partial u}{\partial x} + (1 + \cos\alpha) \frac{\partial w}{\partial x} \right] \delta x \quad (1)$$

$$\Delta_l = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \left[(-\sin\alpha) \frac{\partial u}{\partial x} + (1 + \cos\alpha) \frac{\partial w}{\partial x} \right] \delta x$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = (\Delta_r - \Delta_l) \left[\frac{\lambda}{4\pi(\sin\alpha)(\delta x)} \right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} = (\Delta_r + \Delta_l) \left[\frac{\lambda}{4\pi(\cos\alpha)(\delta x)} \right]$$

2.2 Dual Beam Shearography의 계측 프로그램

Dual Beam Shearography는 좌, 우측으로 분리된 각각의 Single Beam Shearography를 변형여기 한번에 동시에 측정하는 것이 가장 중요하다. 따라서 좌, 우측으로 분리하여 CCD 카메라를 구동할 수 있도록 하였으며, 각각의 위상도에서 각 성분을 분리할 수 있도록 프로그램을 구성하였다.

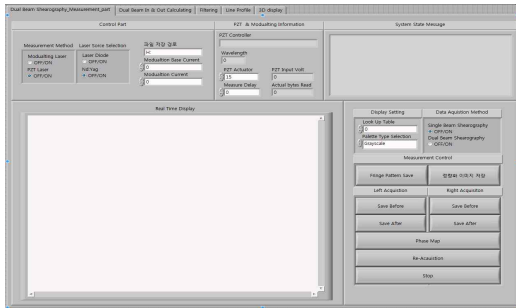


Fig. 3 Dual Beam Shearography program Interface

3. 실험 방법

3.1 시편 및 실험 방법

Dual Beam Shearography를 이용하여 물체의 In-plane과 Out-of-plane의 Strain을 측정하기 위하여 알루미늄 평판을 이용하였으며, 마이크로미터를 이용하여 평판의 뒷면의 중앙에서 변형을 가하였다. Fig. 4는 실제 Dual Beam Shearography를 구성한 사진으로서, 좌측과 우측이 대칭구조를 갖도록 구성하였다.

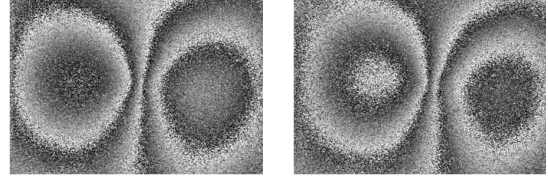


Fig. 4 Photography of Dual Beam Shearography setting

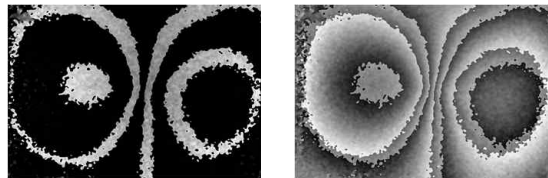
4. 실험 결과

Fig. 5(a)와 (b)는 마이크로미터를 통하여 20μm의 변형여기를 통하여 계측된 좌측과 우측의 위상도를 나타낸 그림이다. 또한 Fig. 6(a)와 (b)는 순수

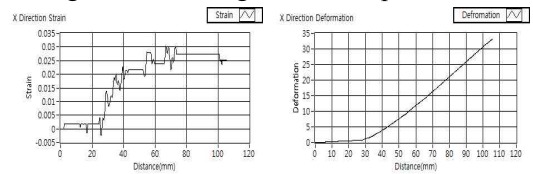
한 면내변위 성분과 면외 변위성분을 분리한 위상도를 이미지화하여 나타낸 그림이다. Fig. 7과 8은 분리된 각각의 성분의 변형율과 변위를 Line Profile을 이용하여 나타낸 그래프이다.



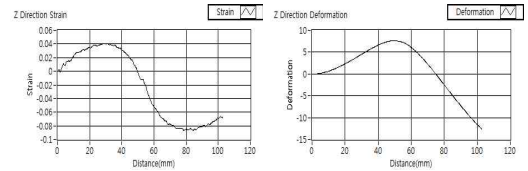
(a) Left Phase Map (b) Right Phase Map
Fig. 5 Dual Beam Shearography Phase Map



(a) In-Plane component (b) Out-of-plane Component
Fig. 6 Calculating each a components



(a) Strain (b) Deformation
Fig. 7 Strain & Deformation at X Direction



(a) Strain (b) Deformation
Fig. 8 Strain & Deformation at Z Direction

5. 결론

Dual Beam Shearography를 이용하여 면내변위 성분과 면외 변위성분을 동시에 계측하는 것이 가능하였다. 또한 각 성분을 적분을 통하여 측정된 결과 면내 변위의 경우 33.10μm를 나타냈으며, 면외 변위성분은 20.20μm의 변위 값이 측정되어 신뢰할 수 있는 결과를 획득하였다.

참고문헌

1. L. M. Lobanov, V. A. Pivtorak, I.V Kyyanets, and O. M. Savyts'ka, "Nondestructive Testing of composite and Metallic pipes By The Method of Electronic shearography" Materials Science, Vol. 43, No 4, pp. 522-527, 2007