레이저 스페클 간섭법을 이용한 면내 및 면외 변위 측정과 결함 검사의 통합 측정 장비 개발

김현준*(서울대 대학원 기계설계학과), 박희재(서울대 기계항공공학부)

주제어 : Speckle Interferometry(스페클 간섭법), Shearography(전단 간섭법), ESPI(전자 스페클 패턴 간섭법), 응력 측정, 결함검사, 통합센서, 광위상 간섭법

물체의 변형, 결함을 관찰하기 위한 광학적인 계측기법으로서 레이저 스페클 간섭법(Speckle Interferometry)은 1960년대 후반에 개발되었다. 기존의 구조물의 응력 측정 방법으로 많이 사용되어 오는 스트레인 게이지는 포인트 측정 방법으로서 특정 부위의 변형만을 계측이 가능했을 뿐 아니라, 온도와 구조적인 문제를 가진 대상체의 측정에는 한계를 보여왔다. 레이저 스페클 간섭법을 이용한 측정 방법은 이와 같은 스트레인 게이지와 같은 여타의 접촉식 응력 측정 방법과 비교해 볼 때, 레이저 파장을 단위로 하기 때문에 측정 민감도가 우수하고, 비접촉식으로 검사 대상에 전혀 영향을 주지 않으며, 높은 온도의 구조물과 같은 접촉식 측정으로는 할 수 없는 측정이 가능할 뿐 아니라, 실시간 측정이 가능하고 레이저가 조사되는 부분의 전 면적에 대한 측정이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 레이저 스페클을 이용한 계측기법에는 대상체의 면내 및 면외 변형 측정 기법인 전자 스페클 패턴 간섭법(ESPI, Electronic Speckle Pattern Interferometry)과 결함 검사 기술인 전단 간섭법(Shearography)이 있다.

이 기술들을 현장에 응용하기 위한 상용화가 1970년대 후반부터 이루어지고 있지만, 부피가 크고 무거울 뿐만 아니라 조작하기도 힘들다는 단점 때문에 별 성과를 거두지 못했다. 그리고 국내의 레이저 응용기술은 레이저에 의한 가공이나 광통신 등에 맞추어져 있어 고정밀도의 계측기술의 개발속도가 상대적으로 느린 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 레이저 스페클 간섭법을 이용한 두 측정 기법을 통합하여 면내 및 면외 변위의 측정과 결함 검사를 동시에 수행할 수 있는 통합 센서를 개발 제작하였다.

아직 기술 선진국에서도 센서의 광학계 구성에 있어서의 구조적인 문제점 등으로 인하여 구조물의 면내 및 면외 변위의 계측과 결함검사를 동시에 수행할 수 있는 계측센서가 개발되어 있지 않은 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서 수행하였던 통합 계측 장비의 제작은 레이저 응용의 계측 기술에서의 한 단계 발전을 이룰 수 있을 것이라 사료된다. 또한 본 연구는 통합 계측 장비를 이용하여 구조물의 변형 및 결함을 동시에 측정이 가능하고, 측정된 결과를 실시간으로 정량적으로 해석할 수 있는 줄무늬 해석 자동화 알고리즘을 개발하여 구조물 계측 후 사후처리를 편하게 하였고, 구조물의 변형을 가시화 정량적 디지털화하여 문제 해결의 속도를 높일 수 있는 센서를 제작하는 것을 목적으로 하였다.

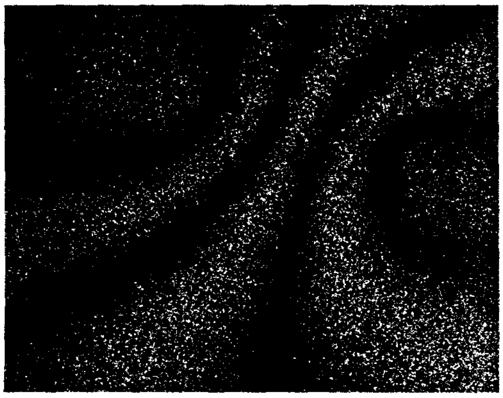

Fig. 1 2차원 결함계측 스페클 이미지

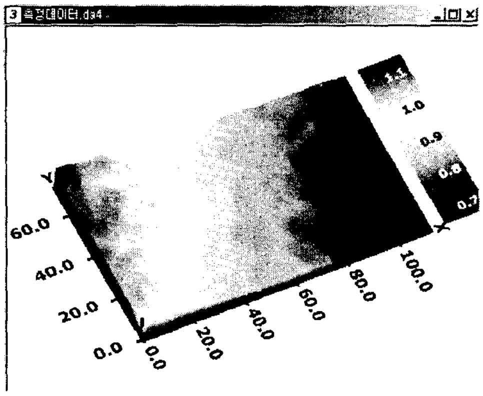

Fig. 2 1차원 면내 변위 측정데이터