

광섬유 ESPI를 이용한 진동물체의 공진 주파수 검출

The Resonance Frequency Detection of vibration object using Fiber Optic ESPI

*오정윤¹, #강영준², 유원재³, 김진수⁴

*J. Y. OH¹, # Y. J. Kang(yjkang@chonbuk.ac.kr)², W. J. Ryu³, J. S. Kim⁴

¹ 전북대학교 기계설계대학원, ² 전북대학교 기계설계공학과, ³ 전주기계산업리서치센터, ⁴ 한국원자력연구원,

Key words : Fiber-optics ESPI, Vibration mode shape, Resonance Frequency

1. 서론

산업에서 진동은 정밀 공작 기계와 같은 정밀 산업 기계에 수반되며, 가공 정밀도에 영향을 줄 뿐만 아니라 기계 수명과 안전 가동에도 영향을 줄 수 있다. 진동하는 물체의 진동·진폭이나 전역적인 진동 패턴을 관찰하고자 할 때 여러 가지 방법들이 사용되고 있다.

광학적 도구를 이용한 ESPI(Electronic Speckle Pattern Interferometry)는 비접촉·비파괴 방식으로 측정 대상체의 진동이나 변형에 따른 3차원 형상정보의 취득에 효과적으로 사용되어 왔다.

측정 대상체와 측정 환경에 따라 In-plane, Out-of-plane, Shearography 등으로 구분할 수 있으며, 간섭계를 구성하는 광소자의 형태에 따라 벌크형(Bulk type)과 광섬유형(Fiber-optic type)으로 나뉘어 진다. 광섬유형 시스템은 크기가 작고 휴대하기 편하여 시스템 구성 및 정렬이 매우 용이하며, 신호 취득이 쉬운 장점이 있다.

본 연구에서는 광섬유 ESPI를 이용한 광학계를 구성하였고, Function generator와 Amplifier를 이용하여 대상 체에 공진 주파수를 변화시켜 물체의 진동의 흐름을 가시화 하였다.

2. 시스템 구성

본 실험에서 구성된 광섬유 ESPI 시스템을 Fig.1과 같이 구성하였고, Fig.2은 실험실상에서 구성한 시스템의 실제 사진이다. 시편을 진동시키기 위해 시편 뒤쪽에 가진기(Exciter)를 부착하여 증폭기(Amplifier)와 함수 발생기(Function generator)에 연결하였다.

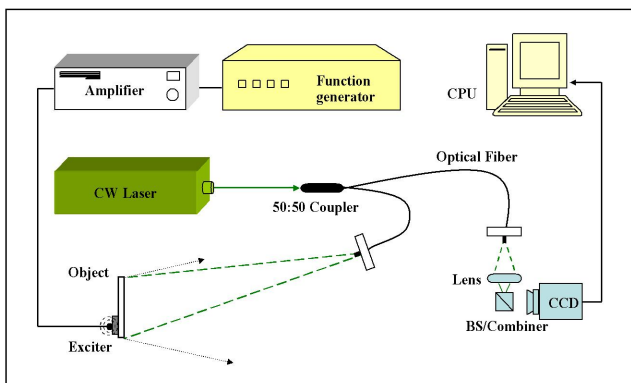


Fig.1 Configuration of Fiber Optic ESPI

함수 발생기를 조작하여 원하는 주파수만큼 시편을 진동 시킬 수 있다. 광섬유 ESPI의 광경로를 살펴보면 레이저에서 나온 빛은 50:50의 분리비율을 갖는 광섬유 커플러에 의해서 기준광(Reference beam)과 물체(Object beam)에 조사되는 대상체 광으로 나뉘어 진다. 대상체 광은 시편의 크기만큼 레이저 빛을 확산시켜 시편에 조사시키고, 기준 광은 fiber에서 조사되어 렌즈를 통과하게 한다. 여기서 대상체 광과 기준 광은 Combiner를 통해 CCD 카메라로 들어오게 된다. 이때 기준광은 Combiner 앞에 놓인 Lens로 초점을 맞추어 CCD카메라로 들어오게 된다.

시편에 조사되어 산란된 대상체 광과 기준 광이 만나 간섭을 일으키게 되어 물체의 변형에 따른 정보가 빛의 강도 분포의 형태로 기록된다.

기록된 상은 화상 처리 장치를 통하여 컴퓨터의 저장되어 계산을 거쳐 모니터에 간섭무늬가 나타나게 된다.

주파수를 변경시켜가며 각각의 고유진동수에 대한 물체의 변형을 실시간으로 관찰 할 수 있다.

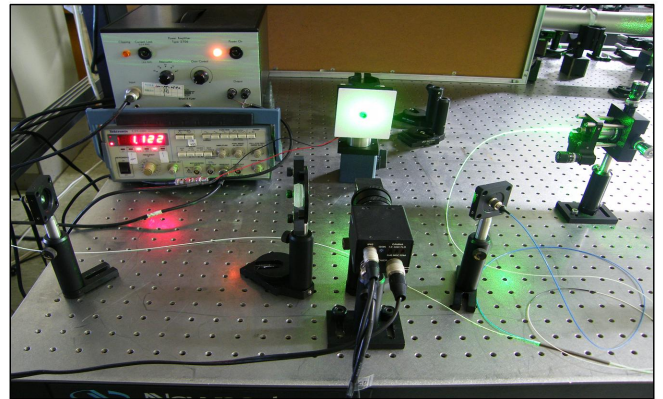


Fig. 2 Photograph of Fiber Optic ESPI

2. 실험 시편

본 연구에서 사용된 시편은 Fig.3에 나타나 있고, 가로 80mm, 세로 80mm, 두께 2mm,의 알루미늄 금속판이며, 레이저 빛이 물체면에 조사되어 반사될 때 반사율을 향상시키기 위해 무광택 백색도료로 도색 하였다. 레이저는 최대 출력이 320mW의 CW레이저를 사용하였다.

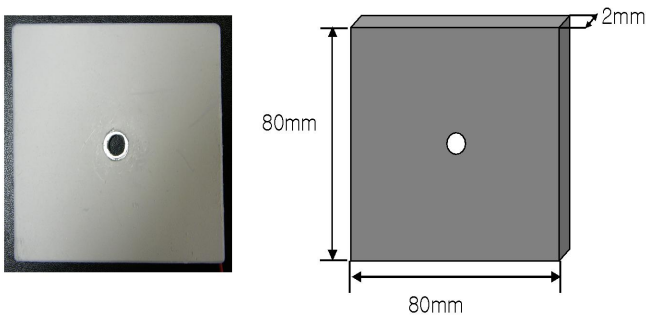


Fig.3 Photograph of specimen

4. 실험 결과

Fig4는 가진기를 부착시켜 진동 실험을 하여 나온 간섭무늬의 형태이다. 여기서 검출된 시편의 공진 주파수는 610Hz, 1,074.12Hz, 1,386.96Hz 이다.

본 실험에서는 실시간으로 물체의 전면적인 진동 진폭 분포를 쉽게 확인할 수 있다. 가진기를 이용하여 0~2,000Hz 범위만큼 진동을 주다가 시편의 고유 진동수와 일치하게 되면 Fig4에서 볼 수 있듯이 누구나 쉽게 알아볼 수 있는 무늬가 형성이 된다.

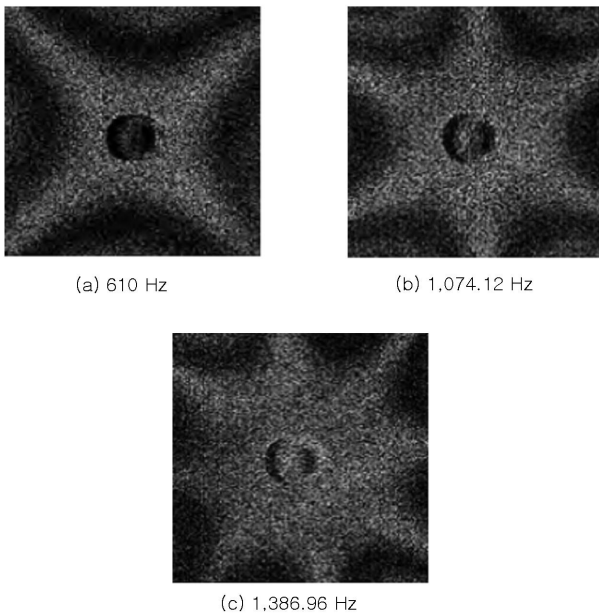


Fig.4 The Phase maps of specimen at resonant

Fig5는 유한요소 프로그램 중 하나인 Nastran을 사용하여 시편의 형상을 모델링하여 적당한 형태로 Mesh 한 후 진동 해석을 한 것이다.

Nastran에서 검출된 공진 주파수는 609.88Hz, 1107.6Hz, 1466.96Hz이다. 눈으로 쉽게 알아 볼 수 있게 각각의 공진 주파수에서의 형상을 3D 형태로 나타냈다.

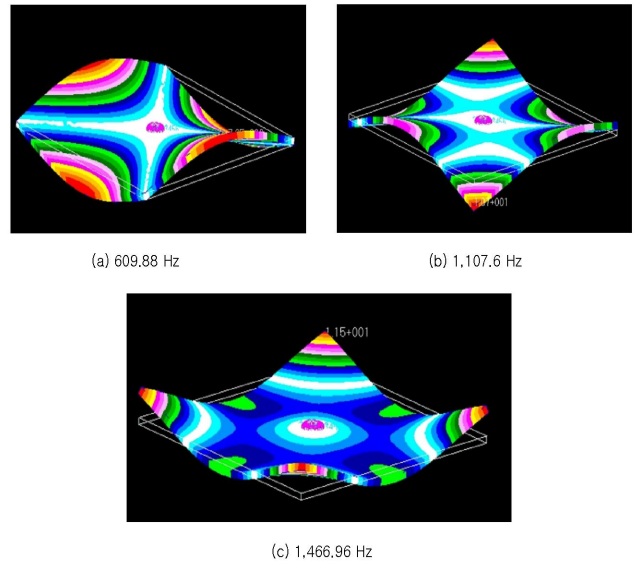


Fig.5 The Mode shape using Nastran at resonant

5. 결론

본 연구에서 사용한 광섬유 ESPI 시스템을 이용하여 진동하는 물체의 모드 형태를 실시간 모니터를 통하여 관찰할 수 있었으며 검출된 시편의 공진 주파수를 Nastran의 결과 값과 비교하여 시스템의 신뢰도를 검증할 수 있었다.

참고문헌

- Schwarz, R. B. and Vuorinen, J. F., "Resonant Ultrasound Spectroscopy; Current Status and Limitation", Journal of Alloys and Compounds, Vol. 310, Nos. 1-2, pp.243-250, 2000
- C.Joelathan and B.M.Khorana "Phase Measuring Fiver Optic ESPI System: Phase step Calibration and Error sources", Proc. SPIE vol 1554B, pp56-63,1991
- J.D. Valera, F. Harvey, and J. D. C. Jones, "Fiber Optic electronic speckle pattern interferometry: Path length stabilized automatic phase stepping," Holographic systems, Components and Applications, Third international conference on vol. 342, pp. 180-184, 1991
- C.R.Mercer and G. Beheim, "fiber optic phase stepping system for interferometry," Appl. Opt., vol.30, pp.729-734, 1991
- D.Parisi, M.Facchini and G. Martini, "Automatic Phase stepping in Fiber optic ESPI by Closed-loop Gain switching," Transaction on instrumentation and measurement, vol. 49, pp.823-828, 2000
- 홍경민, 강영준, 유원재, 이동환. "시간 평균 ESPI를 이용한 디스크 브레이크의 진동 모드 측정에 관한 연구" 한국공작기계학회, 한국공작기계학회지, 제8권, 제4호, pp. 79~86, 1999