

# 진동모드 분석을 위한 2차원 연속 스캐닝 레이저 도플러 진동 측정기 개발

## Development of a Continuous Scanning Laser Doppler Vibrometer for Mode Shape Analysis

박기환, 윤상열, 라종필, 김석민  
광주과학기술원 기전공학과  
khpark@kjist.ac.kr

### 1. 서론

현재, 구조체의 진동테스트에서 많이 사용되는 방식은 가속도계를 사용하는 방법인데 이것은 접촉식 센서로 큰 구조물이나 기계류 등에 대해서 어느 정도 수용 가능한 동적 성능 데이터를 제공한다. 그러나 작은 센서의 하중도 시스템의 주파수 응답특성에 상당한 변화를 주는 것으로 알려져 있어 소형, 경량의 구조물에 대해서는 접촉식 센서의 사용이 더욱 어렵거나 불가능하다고 볼 수 있다. 또한, 구조체의 고장 진단 시 접근이 어려운 곳이나 전력계통의 예방 진단 시 전자 유도 장애(Electro-Magnetic Interference)의 문제로 인하여 기존의 가속도계를 사용한 구조체의 고장진단이 어렵다<sup>(1)</sup>. 이와 같이 기존의 구조물 진동측정 방식에 있어서 접촉식 센서의 사용으로 인한 문제점과 전자 유도 장애에 의한 제한은 광학적 진동측정 방법을 사용하여 비접촉식 측정을 함으로써 해결되며, 구조체의 모드 형상 분석 시 여러 개의 센서 부착으로 인한 불편함은 스캐닝 시스템을 사용하여 해결될 수 있다<sup>(2)(3)(4)</sup>.

본 연구에서는 기존의 스캐닝 시스템을 개선하기 위하여 포인트 측정에 의한 불연속 스캐닝이 아닌 연속 스캐닝에 의한 진동 모드 분석법을 제시하여 빠른 진동 모드 분석을 수행할 수 있도록 하였다.

### 2. 정현 스캐닝을 이용한 진동모드 분석

정현 가진되는 진동체의 속도분포는 다음과 같이 시간과 공간의 개념으로 표현된다.

$$v(x, y, t) = \phi(x, y) \sin(\omega t) \quad (1)$$

이 때 x,y 방향으로 정현 스캐닝이 된다고 하면 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$x(t) = \cos(\Omega_x t) \quad (2)$$

$$y(t) = \cos(\Omega_y t) \quad (3)$$

식 (2),(3)을 (1)식에 대입하면 진동체의 속도는 시간 영역에서 푸리에 시리즈로 표현될 수 있다.

$$v(t) = A_{00} \sin(\omega t) + \sum_{m=0}^{\infty} A_{m0} \sin((\omega \pm m\Omega_x)t) + \sum_{n=1}^{\infty} A_{0n} \sin((\omega \pm n\Omega_y)t) \\ + \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \sin((\omega + m\Omega_x \pm n\Omega_y)t) + \sin((\omega - m\Omega_x \pm n\Omega_y)t) \quad (4)$$

진동 측정기로부터 위 식의 계수를 측정할 수 있다. 측정된 계수를 다음 식과 같이 공간 좌표에서 표현되는 진동 모드 함수에 대입하게되면 진동 모드를 구할 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} \psi(x, y) = & A_{00} + \sum_{m=1} 2A_{m0} \cos(m \cos^{-1} x) + \sum_{n=1} 2A_{0n} \cos(n \cos^{-1} y) \\ & + \sum_{m=1} \sum_{n=1} 4A_{mn} \cos(m \cos^{-1} x) \cos(n \cos^{-1} y) \end{aligned} \quad (5)$$



### 3. 실험 결과

아래 그림은 x 축으로 15 Hz, y 축으로 2 Hz 로 정현 스캐닝을 하여 구한 평판의 8 차 진동모드를 보여주고 있다.

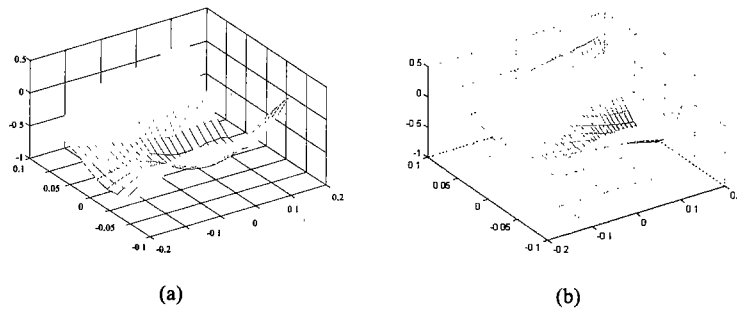


그림 1 (a) FEM 해석 결과, (b) 실험 결과

### 4. 결 론

레이저 빔의 정현 스캐닝을 이용하여 평판의 진동 모드 해석을 수행하였다. 이를 위하여 마흐-젠더 간섭계를 사용하였고 스캐닝 구동부로 2 개의 DC 모터를 정밀 구동하여 사용하였다. 이 때 2 Hz 와 15 Hz 로 모터가 구동되었고 평판의 8 차 진동 모드 해석이 수행되었다. 실험 수행 결과 FEM 해석치와 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 본 연구로 레이저 도플러 효과를 이용한 2 차원 연속 스캐닝 진동 측정기 개발의 가능성을 확인할 수 있었다.

### 5. 참 고 문 헌

- (1). Daniel J. Inman, "Engineering Vibration", Prentice Hall, 1994.
- (2). E.Wagner and K.Spennner, Sensors, "Optical sensor." Vol. 6, pp. 318~331, pp. 557~582, 1992.
- (3). 임태봉, 서호성, 3차원 측정 및 레이저 응용 측정, 한국표준과학연구원 1992.
- (4). 김정호, "전자광학 홀로그래피법을 이용한 진동특성 분석", 석사학위논문, 조선대학교, 1995.