

압전 원판의 면내 방사 진동 측정

Measurement of Radial In-Plane Vibration of Piezoelectric Disks

김대중* · 김진오†

Dae Jong Kim, Jin Oh Kim

1. 서 론

초음파 센서 또는 액추에이터의 변환기(transducer)에 압전 원판이 많이 사용된다.⁽¹⁾ 압전 변환기를 설계하기 위해서 진동특성 해석을 한다. 원판형 압전소자와 원판 링형 압전소자의 진동특성 해석은 이미 보고되어 있다.^(2,3) 해석 결과를 검증하기 위하여 실험을 해야 되는데, 압전 원판의 두께방향 진동과 달리 반경방향 면내 진동을 측정하기 위해서는 특별한 방법이 필요하다.

앞선 연구에서 레이저 면내 진동 측정기(in-plane vibrometer)를 사용하여 봉의 비틀림 진동을 측정한 사례가 있다.⁽⁴⁾ 본 논문은 압전 원판의 반경방향 면내 진동 측정을 다룬다.

2. 레이저 면내 진동 측정기

본 연구에 사용된 레이저 면내 진동 측정기는 독일 Polytec사의 컨트롤러(OFV-3320)과 센서 헤드(LSV-065-306F)로 구성되어 있다. 이 장치는 2개의 집광 레이저 프로브의 이동분선에 수직인 면의 표면 이동속도를 측정하도록 설계되었다. 이 장치의 원리는 레이저 간섭 방식으로서, 후방 산란 레이저 빛의 진동수 변화인 도플러 효과가 속도를 결정하는데 사용된다.⁽⁴⁾

Fig. 1에 보인 바와 같이 다이오드 레이저의 출력은 두 개의 빔으로 분할된다. 이 두 개의 빔은 경사각 ϕ 로 진행되어 측정대상 표면에 겹쳐져, 평행한

빛과 어두운 줄무늬로 구성된 간섭 패턴을 야기한다. 줄무늬 간격 Δs 는 경사각 ϕ 와 레이저 파장 λ 에 의해 다음과 같이 결정되는 시스템 상수이다.

$$\Delta s = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin\phi} \quad (1)$$

표면 입자가 간섭무늬를 가로지르는 방향으로 v_p 의 속도로 이동할 때, 간섭무늬의 주기적인 특성과 빛의 산란특성의 변화로 인해, 센서 헤드의 광 감지기(photo detector)가 v_p 에 비례한 도플러 진동수 f_D 를 만들어낸다. 입자 운동속도와 도플러 진동수는 다음과 같은 관계를 가진다.

$$v_p = f_D \cdot \Delta s \quad (2)$$

컨트롤러에서 도플러 진동수 f_D 가 측정되고, Δs 가 곱해진 신호가 출력된다. 출력된 신호는 디지털 오실로스코프 등을 통하여 관찰될 수 있다.

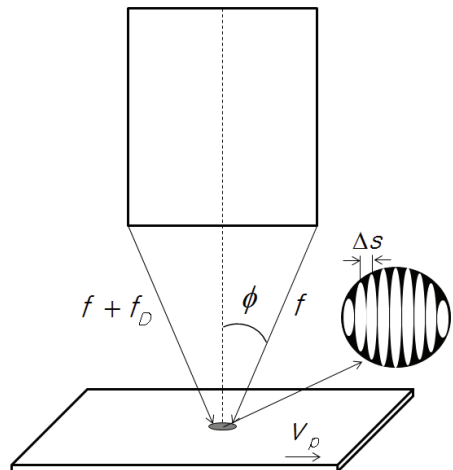


Fig. 1 Schematic diagram of the laser Doppler method

† 교신저자; 정회원, 숭실대학교 공과대학 기계공학과
E-mail : jokim@ssu.ac.kr

Tel : 02 - 820 - 0662, Fax : 02 - 820 - 0668

* 정회원, 숭실대학교 대학원 기계공학과

3. 면내 방사 진동 측정

실험에 사용된 압전 원판의 재질은 PZT5A이다. 크기는 2종류로서 하나는 지름 40mm, 두께 4.4mm 이고, 다른 하나는 지름 50mm, 두께 5.0mm이다. 원판의 모든 경계면은 자유롭다.

신호발생기(Agilent 33220A)를 이용하여, 압전체에 일정 전압을 인가하고 진동수를 변화시켜가며 컨트롤러의 출력값을 측정한다. 오실로스코프(Tektronix TDS3032)를 통하여, 최대 출력이 되는 진동수, 즉 고유진동수를 알아낸다. 그 결과를 Table 1에 기재하였다. 고유진동수일 때 진동 변위는 신호분석기(B&K 2035)를 이용하여 측정한다. 측정값은 압전 원판의 면내 반경방향 진동에 비례하는 RMS 전압(V)이다. 원판면의 중심부터 1mm 간격으로 측정위치를 설정했다. 측정 진폭을 정규화하여 Fig. 2에 나타내었다.

앞서 보고된 이론적 해석⁽²⁾의 식으로부터 1차 고유진동수와 모드형상을 계산하여 Table 1과 Fig. 2에 나타내어 측정 결과와 비교하였다. Table 1을 보

Table 1 Fundamental frequency of piezoelectric disks

diameter (mm)	frequency (kHz)		error (%)
	calculation	measurement	
40	49.7	47.9 ± 0.24	3.8
50	39.8	38.0 ± 0.36	4.7

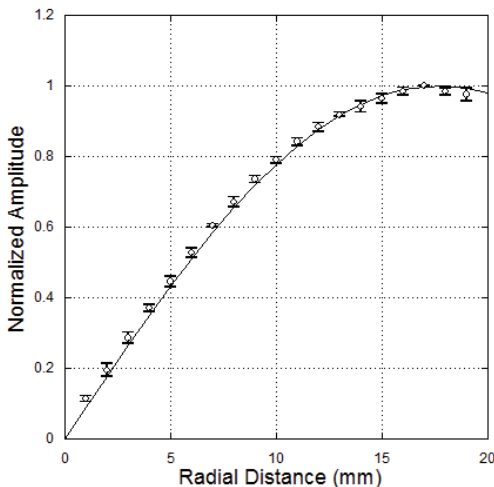


Fig. 2 Vibration displacement distribution

면 측정된 고유진동수가 이론적 계산 결과와 거의 일치한다. 그리고 Fig. 2를 보면 진폭이 중심으로부터 멀어질수록 커지다가 끝부분에서 작아진다. 이러한 경향은 측정 결과와 이론적 결과가 일치한다.

4. 결 론

레이저 면내 진동 측정기를 이용하여 압전 원판의 반경방향 면내 진동을 측정하였다. 재질이 PZT5A인 압전 원판의 모든 경계면이 자유로운 상태에서 1차 고유진동수와 모드형상을 측정하고 계산 결과와 비교하였다.

1차 모드형상은 중심으로부터 멀어질수록 진폭이 증가하다가 끝부분에서 감소한다. 이러한 경향은 측정결과와 계산결과가 일치하게 나타난다. 레이저 면내 진동 측정기를 사용하면 압전 원판의 반경방향 면내 진동이 타당하게 측정됨을 확인하였다.

후 기

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 "IT융합 고급인력과정 지원사업"의 지원으로 수행되었음 (NIPA-2013-H0401-13-1004).

참고문헌

- (1) Busch-Vishniac, I. J., 1999, *Electro-mechanical Sensors and Actuators*, Springer, New York, Ch. 5.
- (2) Oh, S. H., Kim, J. O., 2012, *Coupled Vibration Characteristics of Piezoelectric Disk Transducers*, Proceedings of the KSNVE Fall Conference, pp. 663~664.
- (3) Piao, C., Kim, J. O., 2013, *Radial Vibration Characteristics of Piezoelectric Ring-type Transducers*, Proceedings of the Spring Conference of KSME IT Convergence Division, pp. 83~84.
- (4) Jeong, H. G., Kim, J. O., 2004, *Measurement of the Torsional Vibrations in Nonuniform Waveguides by Using an In-plane Laser Vibrometer*, Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 24, No. 3, pp. 240-245.