

링형 압전 원판의 면내 방사 진동 측정

Measurement of Radial In-Plane Vibration of Piezoelectric Hollow-Disks

박춘광* · 김진오†

Chunguang Piao, Jin Oh Kim

1. 서 론

초음파 센서 또는 초음파 액추에이터의 변환기(transducer)에 원형 압전변환기가 많이 사용된다.⁽¹⁾ 원형 압전변환기에는 원판형이 많지만 중앙이 비어 있는 링형도 있다. 압전 원판에 대한 진동특성은 해석적으로 이미 연구되어 있다.^(2,3) 해석 결과의 정확도를 확인하기 위해서는 실험을 하여 비교해야 한다. 반경방향 면내 진동을 측정하기 위해서는 특별한 장비가 필요하다.

앞선 연구에서 레이저 면내 진동 측정기(in-plane laser vibrometer)를 사용하여 압전 원판의 면내 방사 진동을 측정한 사례가 있다.⁽⁴⁾ 본 논문은 중앙이 비어있는 링형 압전 원판의 반경방향 면내 진동을 측정을 다룬다. 실험에 의해 링형 압전 원판의 반경방향 진동모드를 확인하고, 이론적 예측과 비교한다.

2. 면내 진동 측정 방법

본 논문의 연구에는 Polytec사의 레이저 진동 측정기를 사용하였다. 이 장치는 센서 헤드(LSV-065-306F)와 컨트롤러(OFV-3320) 등 두 개의 핵심 요소로 구성되어 있다. 레이저 진동 측정기는 레이저 도플러 원리에 의해 작동한다.

Fig. 1에 보인 바와 같이 센서 헤드의 다이오드에서 레이저 빔이 발생한다. 이는 두개의 작은 빔으로 나누어지고, 두 레이저 빔은 측정이 이뤄질 표면에 경사각 ϕ 로 입사하고 겹쳐져, 밝고 어두운 줄무늬가 평행하게 구성된 간섭 패턴을 형성한다. 측정

대상 표면 상의 지점에서 반사된 레이저 빔은 탐지기에 의해 감지된다. 간섭무늬의 줄무늬 간격 Δs 는 식 (1)과 같이 레이저의 파장 λ 와 레이저 빔의 입사각 ϕ 에 의해 결정되는 시스템 상수이다.

$$\Delta s = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin\phi} \tag{1}$$

표면 입자가 Fig. 1에서와 같이 간섭무늬를 가로지르는 방향으로 v_p 의 속도로 이동할 때 빛의 산란에 의해 도플러 진동수가 f_D 인 신호를 발생한다. 입자 운동속도 v_p 는 식 (2)와 같이 도플러 진동수와 줄무늬 간격 Δs 의 곱이다.

$$v_p = f_D \cdot \Delta s \tag{2}$$

컨트롤러에서 도플러 진동수 f_D 가 측정되고 줄무늬 간격 Δs 와 곱해진 신호가 출력된다. 출력된 신호는 오실로스코프 등의 장치로 관찰되어 입자의 진동속도가 얻어진다.

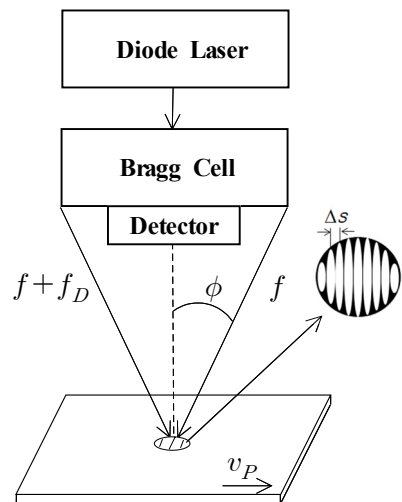


Fig. 1 Schematic diagram of the laser Doppler method

† 정희원, 숭실대학교 공과대학 기계공학과
E-mail : jokim@ssu.ac.kr

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

* 정희원, 숭실대학교 대학원 기계공학과

3. 면내 진동 측정 결과

본 논문의 계산과 측정에는 Table 1에 나타낸 4 가지 링형 압전 원판을 대상으로 하였다. 재질은 PZT4이고 원주면이 자유로우며 양면의 전극에 의해 두께 방향으로 교류 전기장이 형성된다.

링형 압전 원판에 전압을 인가하기 위해 신호발생기(Agilent 333220A)를 이용하였다. 레이저 면내 진동 측정기의 출력 신호는 오실로스코프(Tektronix TDS3032)로 관찰하였다. 신호발생기에서 주파수를 변화시켜 가며 링형 압전 원판의 최대 출력이 되는 진동수인 고유진동수를 찾아내었다. 고유진동수와 동일한 주파수의 전기 신호를 인가하며 레이저 측정기로 면내 진동을 측정하였다. 측정 위치는 안쪽 반지름에서 바깥 반지름까지 1 mm 간격으로 설정하였다. 각 위치에서 측정된 면내 진동 변위 진폭을 정규화하여 Fig. 2에 나타냈다.

이론적 해석으로부터 얻어진 1차 고유진동수에 Table 1에서 측정 결과와 비교하였다. 1차 고유진동수에 대한 이론적 해석 결과와 측정 결과가 거의 일치한다. 바깥 반지름이 15 mm, 안쪽 반지름이 7.5 mm, 두께가 5 mm인 링형 압전 원판에 대해 이론적 해석으로부터 얻어진 진동 모드를 Fig. 2에 실선으로 나타내어 측정 결과와 비교하였다. 1차 모드의 진동 변위 진폭은 안쪽에서 바깥쪽으로 갈수록 점차 작아진다.

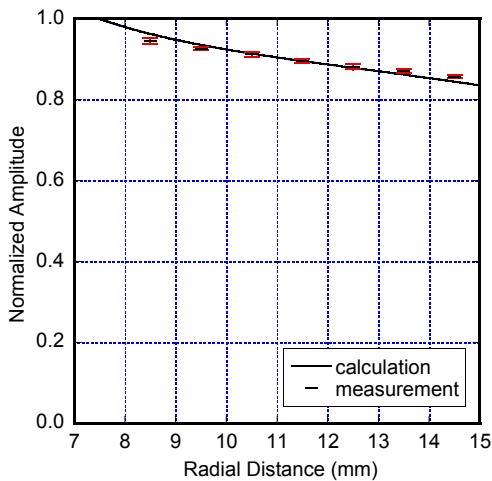


Fig. 2 Vibration displacement distribution of the fundamental mode

Table 1 Fundamental frequency of piezoelectric hollow-disks

Radius (mm)		frequency (kHz)		error (%)
Inner	Outer	calculation	measurement	
15.0	7.5	48.4	47.9±0.06	1.0
17.5	7.5	43.0	43.3±0.16	0.7
19.0	7.5	42.1	41.4±0.27	1.7
25.0	10.5	31.2	31.1±0.18	0.3

4. 결론

본 논문은 레이저 면내 진동 측정기로 측정한 링형 압전 원판의 면내 방사 진동을 다루었다. 원주면이 자유로운 경우에 고유진동수와 진동모드를 측정하여 이론적 해석 결과와 비교하였다.

1차 고유진동수에 대해 이론적 해석 결과와 측정 결과는 거의 일치하다는 것을 확인하였다. 진동 모드 측정 결과 안쪽에서 바깥쪽으로 갈수록 방사 진동 변위가 점차 감소하였다. 이는 이론적 해석 결과와 일치한다.

후 기

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

참 고 문 헌

- (1) Busch-Vishniac, I. J., 1999, Electromechanical Sensors and Actuators, Springer, New York, Ch. 5.
- (2) Oh, S. H., Yang, S. J., Kim, J. O., Lee, S. H., 2012, Coupled Vibration Characteristics of Piezoelectric Disk Transducers, Proceedings of the KSNVE Fall Conference, pp. 663~664.
- (3) Piao, C., Kim, D. J., Jeon, B. H., Shin, J. H., Kim, J. O., Kim, Y., 2013, Radial Vibration Characteristics of Piezoelectric Ring-type Transducers, Proceedings of the Spring Conference of KSME IT Convergence Division, pp. 83~84.
- (4) Kim, D. J., Kim, J. O., 2013, Measurement of Radial In-Plane Vibration of Piezoelectric Disks, Proceedings of the KSNVE Fall Conference, pp. 275~276.