

곡률을 갖는 캔틸레버 IPMC 작동기의 스냅-스루 동적 특성 Snap-through Dynamics of Curved Cantilever IPMC Actuator

전진한*·박중우*·염성원*·오일권†
Jeon Jin Han, Park Joong Woo, Yeom Seong Won, Oh Il Kwon

Key Words : Curved IPMC(곡률을 갖는 이온성 금속 복합체), Snap-through(스냅-스루)

ABSTRACT

The snap-through phenomena of the curved IPMC actuators were investigated according to the initial curvature of the actuators. The curved actuators were fabricated by long time thermal treatments. Cantilevered IPMCs have a constant curvature and their initial tip-displacements are 0, 8, and 16mm, respectively. These actuators were tested in terms of DC response, AC response, FRF test for evaluating the effect of initial shape. The hysteresis and instant speed of tip point were measured for observation of the snap-through. Present results show that initial deformation strongly affects the snap-through phenomena, resulting in much larger tip-displacements.

1. 서론

최근 들어, 이온성 금속 복합체(IPMC)와 같은 고풍형 고분자 작동기가 인공 근육, 의료 장비, 초소형 로봇, 생체모방공학 등의 분야에서 널리 연구되어 오고 있다 [1, 2]. 그러나 IPMC 작동기는 DC 응답 시 straightening back 현상, 낮은 성능 재현성 및 굽힘력 등으로 인해 실제 응용에 있어서 한계점이 드러나고 있다. 이를 극복하기 위해 본 연구는 압전 적층구조물의 대변형에 발생하는 동적 스냅-스루[3] 현상을 곡률을 갖는 IPMC 작동기에 적용코자 한다. 이렇게 되면 기존의 평평한 형태의 IPMC 와 달리 방향성 및 급격한 대변형을 이루어 작동 특성이 우수해지는 동적 스냅-스루 현상을 발견하였고, 그 성능을 평가하였다.

2. 제작

2.1 곡률을 갖는 IPMC 제작

무전해 도금과정을 통해, 크기가 10*40mm 인 IPMC 작동기를 제작한 후, 열처리 과정을 통해 Fig. 1 과 같이 곡률을 갖는 IPMC 를 제작하였다.

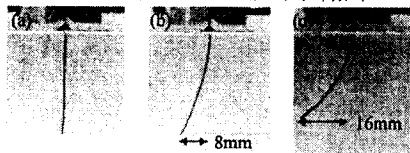


Fig. 1 Three specimens, flat (a), curved 1 (b), curved 2 (c)

3. 성능 실험

3.1 주파수 응답 함수

FRF test 결과 각 시편의 공진주파수는 13.5, 13.5, 14Hz 로써 기계적 물성치는 유사하였고, 이를 바탕으로 구조적 변화에 따른 작동기의 동적 스냅-스루 현상을 관측하였다.

3.2 DC 응답

작동기는 곡률에 따라 (+), (-) 방향으로 Fig. 2 와 같이 DC 응답에 차이를 보였다. 그 결과 굽힘 반대 방향(+)으로 curved 1 과 2 의 변위가 flat 보다 크게 나타났다. 특히 curved 1 의 변위가 2 보다 크게 나타난 것으로 보아 대변형 성능에 있어 적정곡률이 있을 것으로 판단된다. 반면, 굽힘 방향(-)에서는 curved 1,2 가 flat 보다 작은 변형량을 보였다.

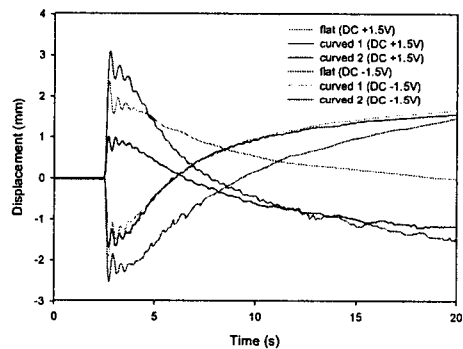


Fig. 2 DC ±1.5V response of three specimens under water

† 책임저자 : 전남대학교 기계시스템공학부 부교수
E-mail : ikoh@chonnam.ac.kr
Tel : (062) 530-1685, Fax : (062) 530-1689
· 정희원, 전남대학교 기계공학과

3.2 AC 응답

AC 응답은 DC 응답 특성과 같은 경향성을 보였으며 Fig. 3의 조화 응답 특성을 보였다.

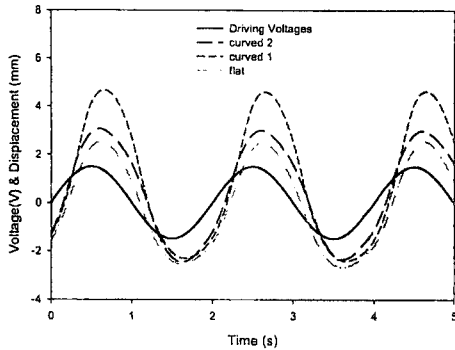


Fig. 3 Harmonic response of three specimens in air, $1.5 \cdot \sin(2\pi \cdot 0.5 \cdot t)$

3.4 동적 스냅-스루

곡률을 갖는 작동기를 고전압($\geq 2.5V$)으로 가질 시 초기 변형량을 극복하는 순간에 비선형 특성이 나타났으며 동적 스냅-스루 현상이 나타났다. Fig. 4는 2.5V의 고전압 AC 응답으로 Fig. 3의 저전압 응답과 달리 한 주기 동안 두 번의 급격한 응답 변화를 보였다. 이 현상을 Fig. 5에서 시간에 따른 작동기 끝점의 순간 속도로 살펴본 결과, flat을 기준으로 비교하였을 때, curved 1과 2는 스냅-스루 현상시 급격한 속도를 보이고 방향에 따라 속도가 달랐다. 이는 기존 DC와 AD 응답 경향성과 같았다.

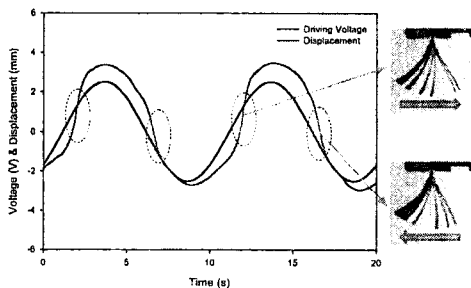


Fig. 4 Driving voltage and displacement signals, $2.5 \cdot \sin(2\pi \cdot 0.1 \cdot t)$

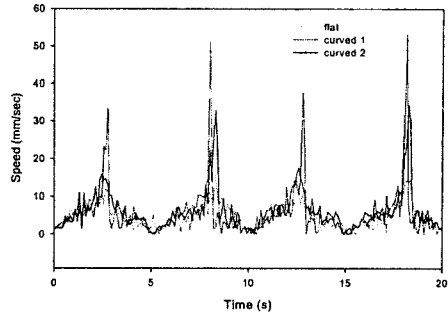


Fig. 5 Instant speed of tip point according to time under water, $3.0 \cdot \sin(2\pi \cdot 0.1 \cdot t)$

4. 결론

본 연구를 통해서 구조적으로 곡률이 다른 외팔보 형태의 IPMC 작동기를 제작하여 동적 스냅-스루 특성을 평가하였다. 곡률을 갖는 작동기는 초기 변형량을 극복하는 방향으로 좀더 큰 변형을 보였고, 고전압으로 가질 시 스냅-스루 현상을 보이며 순간 대 변형 하였다. 이때 curved 1이 2보다 작은 곡률에도 불구하고 큰 변형량 보이는 것으로 보아 작동기가 대 변형하는데 있어서 적정곡률이 있을 것으로 판단된다.

후기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가지정연구실사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. R0A-2008-000-20012-0)

참고 문헌

- (1) Lu, J., Kim, S. G., Lee, S. and Oh, I. K., 2008, "A Biomimetic Actuator Based on an Ionic Networking Membrane of Poly(styrene-alt-maleimide)-Incorporated Poly(vinylidene fluoride)", *Adv. Funct. Mater.*, Vol. 18, pp.1290-1298.
- (2) Jeon, J. H., Yeom, S. W. and Oh, I. K., 2008, "Fabrication and actuation of ionic polymer metal composites patterned by combining electroplating with electroless plating", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Vol. 39, No. 4, pp. 588-596.
- (3) Oh, I. K., Han, J. H. and Lee, I., 2000, "Postbuckling and vibration characteristics of piezolaminated composite plate subject to thermopieoelectric loads", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 233, pp. 19-40.