

쌍안정성 특성을 갖는 이온성 금속 복합체 작동기

Bi-stable Ionic Polymer-Metal Composite Actuator

성태홍* · 박중우** · 전진한* · 오일권†

Tai-Hong Cheng, Joong-Woo Park, Jin-Han Jeon and Il-Kwon Oh

1. 서론

최근 생체모방공학에 대한 관심의 증가로 인공근육의 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 이러한 작동기로 각광을 받고 있는 전기활성 고분자 중, 낮은 구동전압에서 대변형을 하는 이온성 고분자 금속 복합체와 같은 굽힘형 고분자 작동기가 활발히 연구되고 있으나 straightening back 현상, 낮은 성능 재현성 및 굽힘력, 비선형 특성 등으로 인해 실제 응용에 있어 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해 IPMC 외팔보의 동적 스냅-스루 현상에 대한 선행연구를 수행하였으며, 본 연구에서는 양단 지지 형태에서 빔의 형상 및 초기변형에 따른 IPMC 작동기의 쌍안정성 동적 스냅-스루 현상을 평가하였다.

2. 제작

크기가 10*40mm 인 IPMC 작동기를 제작한 후, Fig. 1 과 같이 빔의 중심 형상을 사각(square), 볼록(convex), 오목(concave) 형태로 작동기 부분의 표면적을 같게 하여 제작하였다.

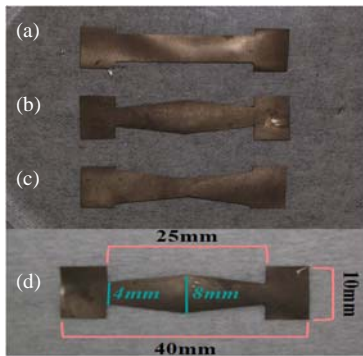


Fig. 1 Clamped-Clamped IPMCs (a) square, (b) convex, (c) concave, (d) dimension of beam.

실험 장치는 Fig. 2 와 같이 꾸며, 빔의 초기 길이 (25mm)를 줄임으로써 즉, end-shortening 함으로써,

† 교신저자; 전남대학교 기계시스템공학부
E-mail : ikoh@chonnam.ac.kr
Tel : (062) 530-1685, Fax : (062) 530-1689s
* 전남대학교 기계공학과
** 전남대학교 기계시스템공학부

초기 빔의 중심에서 처짐 양에 따른 스냅-스루 좌굴 현상을 파악하였다.

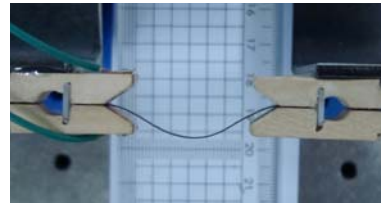


Fig 2. Initial deformation according to end-shortening.

3. 성능 실험

3.1 DC 응답 특성

빔의 길이 조절 즉, 빔 중심의 처짐 양에 따라 Fig. 3 와 같이 DC 응답에 차이를 살펴 보았다. 0.25mm 의 end-shortening 의 작은 처짐량에서는 사각과 오목에서 갑자기 점핑하는 스냅-스루 현상을 발견된 반면, 처짐량이 큰 0.5mm 의 end-shortening 에서는 오목 형상에서만 발생하였다. 이를 통해, 빔의 중심 형상 및 적정 처짐량이 스냅-스루 성능에 영향이 있음을 알 수 있다. Fig. 4 은 오목 형상의 인가 전압이 커짐에 따라 post-buckling 에서 하나의 정적평형점에서 동적으로 안정하던 거동에 두개의 정적평형점을 서로 이동하는 동적 스냅스루 현상이 발생하였다.

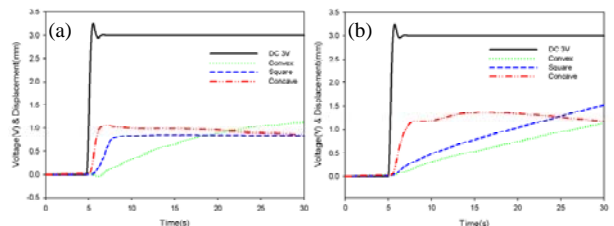


Fig. 3 Step responses of lamped-Clamped IPMCs (a) at end-shortening 0.25mm, (b) at end-shortening 0.5mm.

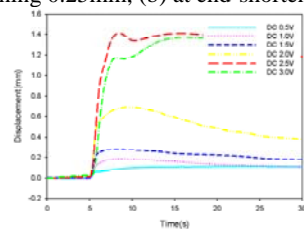


Fig. 4 Step responses of concave IPMC at end-shortening 0.5mm according to different voltages.

3.2 AC 응답 특성

Fig. 5 는 빔의 세가지 중심 형상에 따른 조화 응답을 보여준다. 0.25mm 의 end-shortening 효과에 의해 초기 빔의 중심 처짐량이 약 1mm 정도 발생하였는데, DC 응답과 마찬가지로 오목형태에서 이를 극복하는 쌍안정성의 조화 응답 특성을 볼 수 있다.

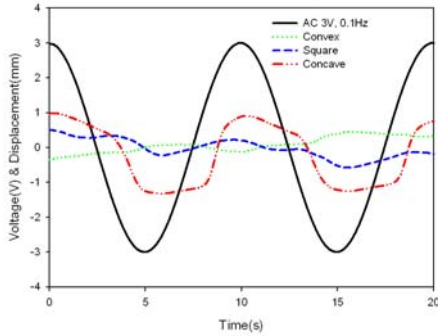


Fig. 5 Harmonic responses according to beam shape at $\pm 3V$, 0.1Hz, 0.25mm end-shortening.

또한 동적 응답을 살펴보기 위해 인가 주파수에 따른 AC 응답 특성을 Fig. 6 과 같이 살펴보았다. 0.1Hz 의 비교적 낮은 주파수에서 쌍안정성 특성을 지닌 응답을 보였으며, 높은 주파수에서는 0.2mm 의 변형량을 보여 향후 0.2mm 이하의 미소 초기 변형량에서는 동적 스냅-스루현상이 발생할 것으로 예측된다.

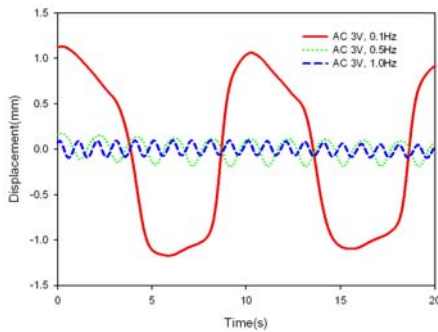


Fig. 6 Harmonic responses according to driving frequency at 0.25mm end-shortening.

Fig. 7 은 빔의 end-shortening 즉, 초기 변형량에 따른 AC 응답 특성으로, 오목형상의 경우 전체적으로 안정적인 쌍안정 특성을 지닌 스냅-스루 현상이 나왔다. 응답의 비대칭성은 IPMC 작동기 제작 과정에서 발생하는 전극층의 초기 응력 집중 문제와 구동 중에 공기 중에서 내부의 수분의 유출 등에 그 원인이 있다.

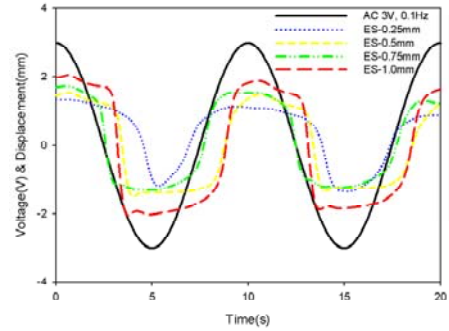


Fig. 7. Harmonic responses according to different end-shortening at $\pm 3V$, 0.1Hz.

Fig. 8 은 오목형상에서 인가 전압이 증가함에 따른 응답이다. DC 응답과 마찬가지로, 0.5mm 의 end-shortening 에서 초기 변형량은 약 1.5mm 인데 전압이 커짐에 따라 post-buckling 에서 이를 극복하는 buckling 으로 넘어가는 쌍안정성 응답을 보인다.

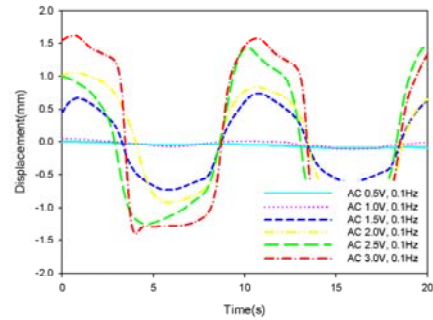


Fig 8. Bistable responses according to different driving voltages at 0.5mm end-shortening.

4. 결론

본 연구를 통해서 IPMC 작동기의 양단 지지 형태에서 구조적인 초기 변형량을 극복하는 스냅-스루 특성을 평가하였다. 또한 빔의 중심 형상에 따라 좀더 쉽고 원활하게 스냅-스루 현상이 발생할 수 있는 점에 착안하여 형상을 바꾸어가면서 실험적으로 동적 스냅-스루를 살펴보았다. 오목(concave) 형태에서 전반적으로 스냅-스루 현상이 잘 발생하였으며, 다양한 초기 변형량에서도 이를 극복하는 큰 쌍안정성 특성을 보였다. 낮은 주파수에서, 인가 전압이 높으면 양단 지지 IPMC 가 주기적으로 쌍안정 정적평형점들을 오가는 현상과 인가 전압이 낮으면 하나의 정적 평형점에서 동적 미소변형하는 현상이 발생할 수 있음을 보였다.

후 기

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