

LCD 및 전사 장비용 대형 벨로우즈의 동적/정적 거동 측정

Measurement of dynamic and static behavior of bellows with a large diameter for LCD and transfer assembly machines

**김재현¹, 김경식¹, 최병익¹, 전상현², 김준호²

*J.-H. Kim(jaehkim@kimm.re.kr)¹, K.-S. Kim¹, B.-I. Choi¹, S.-H. Jun¹, J.-H. Kim¹

¹ 한국기계연구원 나노융합생산시스템 연구본부 나노역학 연구실

² 한국셀마스타 주식회사

Key words : Transfer assembly, bellows, telemetry, dynamic, static

1. 서론

벨로우즈는 반도체 장비 및 자동차 부품 등과 같이 밀폐가 필요하면서, 대변형이 요구되는 기계 장치에 널리 사용되는 핵심 부품이다. 벨로우즈는 크게 소성 가공을 통해 만들어지는 것과 박막을 성형한 후에 용접을 통하여 만들어지는 것의 두 종류로 대변된다. 용접을 통하여 제작된 벨로우즈는 welded metal bellows 로 불리우며, 소성 가공을 통하여 제작된 벨로우즈보다 매우 큰 변형을 흡수할 수 있는 장점이 있어서 최근에 널리 사용되고 있다.

LCD 산업에서도 조립용 로봇의 경우, 벨로우즈가 사용되고 있다. LCD 의 기관 크기가 점차 대형화됨에 따라 사용되는 조립 로봇과 벨로우즈의 크기도 계속적으로 증가하는 추세에 있다. Fig. 1 에는 이러한 LCD 산업에서 사용되는 로봇의 예가 나타나 있으며, 이러한 로봇의 주 구동부에 외경이 500 mm 이상인 대형 벨로우즈가 사용되고 있다. 본 연구에서는 외경이 640 mm 인 대형 벨로우즈를 다루고 있으며, 이러한 벨로우즈는 그 신뢰성이 확보되어야 성공적으로 LCD 로봇에 적용될 수 있다.

현재 대형 벨로우즈의 신뢰성에 대한 연구는 많이 이루어지지 못한 상태에 있으며, 벨로우즈 1 개 제작에 수천만 원이상의 비용이 들기 때문에 많은 수의 테스트를 거칠 수 없다는 문제점이 있다. 실제로 제작된 테스트용 대형 벨로우즈의 경우, 요구되는 수명보다 매우 짧은 수명에서 파손이 발생하는 문제가 보고 되고 있다. 대형 벨로우즈의 수명에서는 여러 가지 요인이 작용될 수 있지만, 대형 벨로우즈의 특성상 작은 강성과 큰 질량으로 인한 동적 거동의 문제와 대형화에 따른 원주 방향 균일성의 부족이 주요 원인으로 생각되고 있다.

본 연구에서는 대형 벨로우즈의 동적 거동과 원주 방향 균일성을 평가할 수 있는 실험적인 시스템을 구축하고 이를 이용하여 대형 벨로우즈의 동적 및 정적 특성을 평가한 결과를 보고 한다.

2. 대형 벨로우즈의 동적 거동 측정

Fig. 1 에 사용되는 대형 벨로우즈의 경우 압축과 인장을 반복하게 되며, 최대 stroke 는 1m 에 달한다. 이러한 벨로우즈에는 유선으로 연결되는 센서를 부착하기가 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 telemetry 를 적용하여 무선으로 가속도 신호를 측정하는 방식을 사용하였다. 측정 장치에 사용된 시스템은 Fig. 2 와 같다. 3 축 가속도를 측정할 수 있는 Microstrain 사의 무선 가속도 센서를 사용하였으며, RF 노드를 이용하여 실시간으로 또는 버퍼에 저장하는 방식으로 3 축의 가속도 신호를 측정하였다. 벨로우즈의 동적 거동을 개선하기 위하여 벨로우즈의 중력 방향 변형을 균일하게 유지하는 pantograph 이 사용되었으며, 이 pantograph 의 유무에 따라 벨로우즈의 동적 거동의 차이를 평가하였다.

측정된 결과를 Fig. 3 에 도시하였다. 이 결과로부터 pantograph 이 없을 때에는 매우 낮은 4Hz 이하에서 벨로우즈의 공진이 발생할 수 있음을 알 수 있다. pantograph 이 있는 경우에는 보다 높은 공진 주파수를 지니며, 전형적인 tube 의 공진을 보임을 알 수 있다.

3. 대형 벨로우즈의 정적 거동 측정

대형 벨로우즈는 그 원주 방향 길이 매우 길기 때문에, 제조 공정 상 원주 방향으로 불균일도가 발생할 수 있다. 이러한 불균일도는 원주 방향으로의 응력 불균일도 및 예상치 못한 응력 집중을 유발하여 수명을 단축시킬 수 있다. 이를 평가하기 위하여 Fig. 4 와 같은 측정 장치를 구성하였다. 원주 방향으로 90 도의 원주각 간격으로 4 개의 3 축 rosette strain gage 를 부착하였으며, 서로 다른 2 개의 지점에서 측정하였다. 결국 8 개의 3 축 rosette strain gage 를 부착하였다. 벨로우즈가 압축될 때에 strain 변화를 측정하기 위하여 MTS 사의 압축/인장 시험기를 사용하였으며, Fig. 4 와 같이 구성하여 시험하였다. 압축 및 제하를 반복하며 8 개의 rosette strain gage 신호를 동시에 측정하였다.

Fig. 5 의 측정 결과로부터 반경 방향 strain 이 가장 큰 것을 알 수 있으며, 반경 방향 strain 은 원주 상의 서로 다른 지점에서 최대 30%까지 불균일도를 지니며 알 수 있다. 이것은 예상된 응력보다 30%까지 큰 응력이 발생할 수 있다는 것을 의미하므로, 이를 반영하여 대형 벨로우즈의 수명 설계가 이루어져야 한다.

4. 요약 및 결론

대형 벨로우즈의 동적 및 정적 거동을 측정할 수 있는 측정 시스템을 구현하였으며, 이로부터 대형 벨로우즈의 수명에 큰 영향을 미칠 수 있는 인자들을 분석하였다. 측정 결과로부터 pantograph 을 사용함으로써, 대형 벨로우즈의 동적 거동을 크게 개선할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 정적 시험 결과로부터 원주 방향으로 반경 방향 strain 또는 응력이 최대 30%수준까지 불균일하게 발생할 수 있음을 알았다. 이러한 원인들을 고찰하고 개선하는 것은 벨로우즈의 수명을 향상하는 데에 큰 도움이 될 것으로 예상된다.



Fig. 1 Photograph of a LCD manufacturing machine with a bellows of a large diameter.

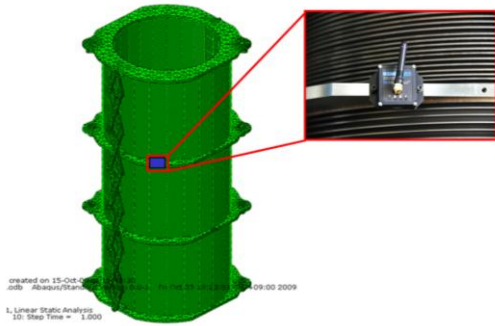
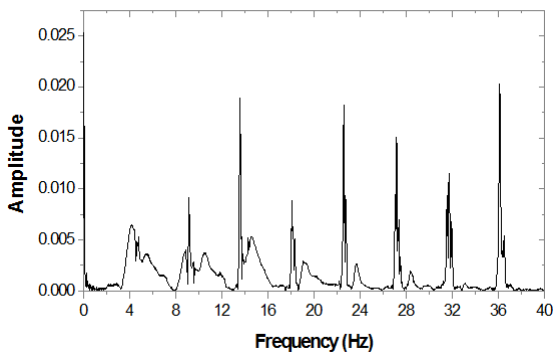
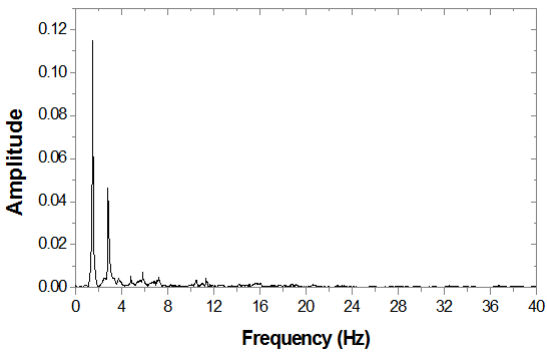


Fig. 2 Schematics of a bellows assembly with a telemetric system of measurement, and a triaxial accelerometer for wireless measurement.



(a)



(b)

Fig. 3 (a) Measured acceleration data for a bellows assembly with pantographs in the frequency domain, (b) for a bellows assembly without any pantograph.



(a)



(b)

Fig. 4 Photographs of a testing system for static behavior of a bellows unit: (a) a bellows unit with 3-axes rosette strain gages (8 strain gages are used.), (b) a test machine for static behavior of a bellows.

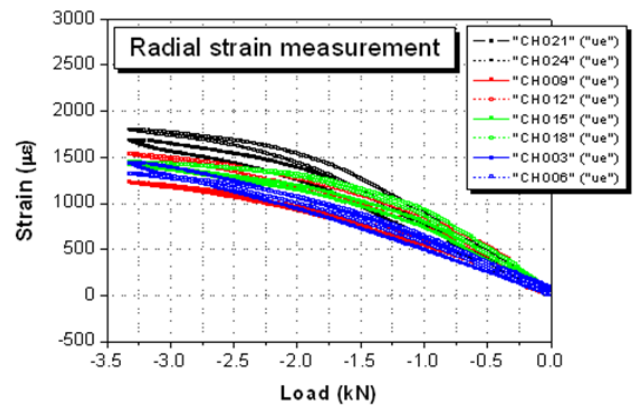


Fig. 5 Measurement results of radial strain during static compression of a bellows unit.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발(과제번호: 10033309)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Takuo Nagamachi, Takashi Mishiba and Katsuhiro Katsuki, "Deformation and fatigue characteristics of large-sized welded bellows with inclined external edge," Journal of the JSTP Vol. 47, 591-595, 2006.
2. Igor Raskin, "Stiffness and stability of deployable pantographic columns," Ph.D. Thesis, University of Waterloo, 1998.
3. www.microstrain.com
4. Jae-Hyun Kim, Bongkyun Jang, Kyung-Shik Kim, Jung-Yup Kim, Byung-Ik Choi, and Sang-Hyun Jun, and Jun-Ho Kim, "3-dimensional finite element analysis of a vibrating bellows with a large diameter," Proceedings of FDM2010, 2010.