

유정압 레일의 탄성변형에 관한 실험적 연구 Experimental Study on the Elastic Deformation of Hydrostatic Guideway

*오정수¹, 정지훈¹, 박천홍^{1,2}, 김경호², #오정석²

*J. Oh¹, J. H. Jeong¹, G. Khim², C. H. Park², #J. S. Oh(ojs6114@kimm.re.kr)²

¹과학기술연합대학원대학교 나노메카트로닉스학과, ²한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Key words : Hydrostatic guideway, Elastic deformation

1. 서론

유정압베어링의 경우 대형장비용을 제외한 대부분의 안내면에 있어 양면패드 방식 베어링이 적용되고 있으며 안내면 구조는 대부분 ‘C’자형의 구조로 설계된다. 유정압베어링에 유압을 공급하면 유정압 포켓에서 발생하는 포켓압력에 의해 레일이 탄성변형을 일으키고 이는 실제 베어링 간극의 확대로 이어져 설계 강성에 비해 실제 강성이 약화되는 것이 일반적이다.

이러한 구조적 요인 외에도 베어링 패드의 가공 오차와 안내면 형상오차, 레일의 평행도 오차 등으로 인한 간극의 변화 또한 베어링내 각 포켓간의 압력의 불균형을 유발하며 이에 따른 안내면의 국부적인 변형은 이송계의 정밀도를 변화시킨다.

본 연구에서는 유압공급에 따른 유정압 레일의 탄성변형에 대해 기초적인 측정을 수행하였으며 그 경향을 분석하였다.

Fig 1은 유정압 레일의 수직방향 탄성변형 측정 장치 셋업을 보여 준다. 본 실험에 사용된 유정압베어링은 수직, 수평방향으로 양면지지형 패드방식을 적용하고 있으며 길이 방향으로 3개의 패드가 160 mm간격으로 배치되었다.

탄성변형량 측정에 있어 고분해능 정전용량형 센서(ADE 6810, C23-C)를 사용했다. 측정에 사용된 센서 중 3개의 프로브는 베어링 패드 위치에 설치하였으며 나머지는 베어링 패드 영역 밖에 설치하여 유압공급에 따른 안내면의 직, 간접적인 변형을 살펴보았다.

실험은 Fig. 2와 같이 테이블을 레일의 처음, 중간, 끝에 위치하여 진행되었으며 각각 좌, 우 안내면의 측면과 상면을 측정하였다. 유정압 베어링의 공급압력은 10 kgf/cm²로 설정하였다.

2. 실험장치 및 측정방법

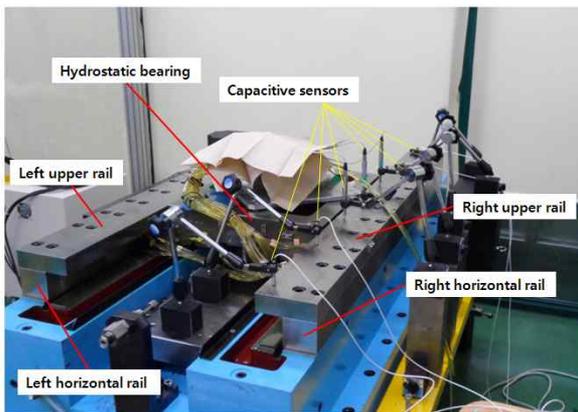


Fig.1 Picture of the measurement setup for elastic deformation of rail in the vertical direction

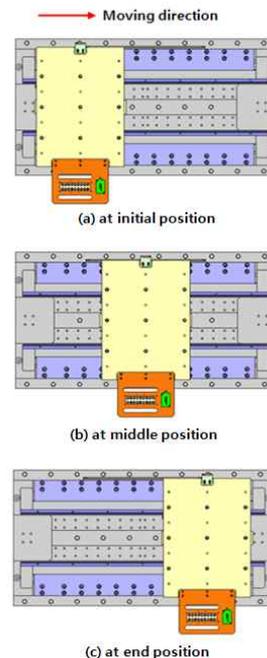


Fig.2 Measurements according to the table position

3. 유압에 따른 탄성변형

Fig. 3과 Fig. 4에 테이블 위치에 따른 수직/수평 방향 안내면 탄성변형 측정결과를 나타내었다. 수직방향의 경우 최대변형량 δ_v 는 $4.13 \mu\text{m}$, 수평방향의 경우 δ_H 는 $2.07 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 전반적으로 수평안내면 보다 수직안내면의 변형이 크게 나타나고 있으며, 이는 π 자형 안내면 구조의 특성상 상면 레일이 변형에 더 취약한 것으로 이해할 수 있다.

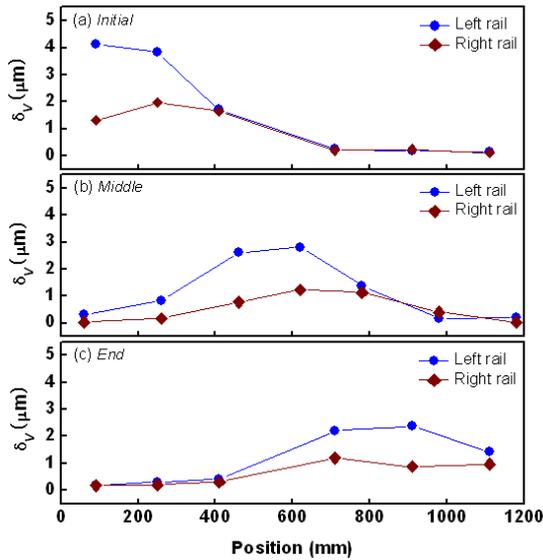


Fig.3 Deformation in the vertical deformation

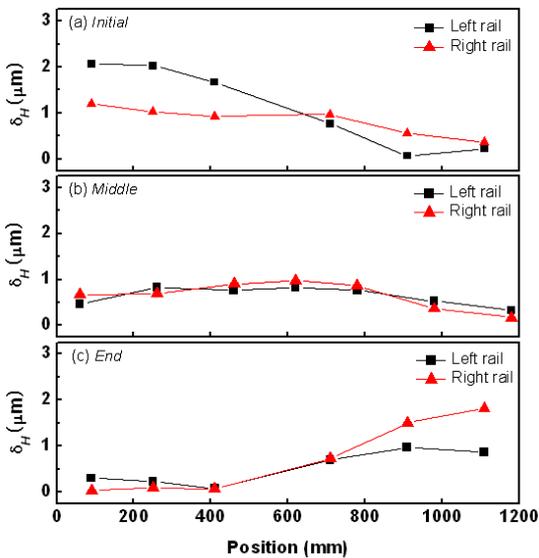


Fig.4 Deformation in the horizontal deformation

또한 왼쪽 수직 안내면의 변형이 오른쪽 수직 안내면에 비해 약 2배 정도 크게 나타남을 볼 수 있다. 이는 좌/우 레일의 상하방향 베어링 안내면 높이가 다름에 따라 베어링 간극이 달라져서 포켓 압력이 달라지는 것에 의해 발생하는 것이다. 실제 게이지 블록으로 측정된 좌측 레일의 평균 높이는 우측 레일의 높이에 비해 약 $14 \mu\text{m}$ 정도 작았다.

한편, Fig. 3(c)에서 알 수 있듯이 왼쪽 레일의 경우 테이블 위치가 레일의 뒤쪽에 위치할 때 변형량이 큰 폭으로 감소하였으며 이는 좌측 레일의 상하방향 평행도 오차에 의해 간극이 약 $12 \mu\text{m}$ 정도 확대됨에 따라 발생하는 현상으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 유정압 레일의 탄성변형량을 실제 측정하고 그 경향을 분석하였다. 탄성변형의 경우 구조적 요인에 의해 수직방향 탄성변형이 수평방향에 비해 큰 것을 확인하였고 베어링 간 높이 편차 및 평행도 오차에 의한 베어링 간극의 변화 역시 탄성변형량에 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다. 이와 같은 레일의 탄성변화는 강성뿐만 아니라 이송계의 정밀도에도 영향을 줄 수 있으며 향후 이송계의 운동정밀도 예측^{1,2} 시에도 탄성변형이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 “직선운동유닛 정밀도 예측 및 통합 시뮬레이터 개발” 과제의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 오정석, 김경호, 박천홍, 정성종, 이선규, 김수진, “직선운동 시스템의 정밀도 시뮬레이션 기술,” 한국정밀공학회지, 28, 275-284, 2011
- 박천홍, 정재훈, 이후상, 김수태, “FEM을 이용한 유정압테이블의 운동정밀도 해석,” 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp.658~662, 2000