

# 자기력이 보 구조물의 진동 특성에 미치는 영향에 관한 실험적 고찰

## Experimental Study on the Effect of Magnetic Force on the Vibration Characteristics of a Beam Structure

이호철†

Ho-Cheol Lee

### 1. 서 론

자기력(magnetic force)은 전기적인 에너지를 기계적인 에너지로 전환할 수 있는 물리적인 현상으로 영구자석의 형태로 시작하여 최근 복잡한 메카트로닉스 장치까지 지속적으로 연구되고 있는 주제다.<sup>(1)</sup>

예를 들어 Fig.1에 보인 광 픽업용 구동기의 경우 대물렌즈를 정확한 위치로 이동 시키는 방법으로 소위 'Voice Coil Motor'라고 불리는 전자기력을 사용하고 있다. 전자기력의 효율적인 구동을 위해서 요크(yoke)를 사용하게 되는데 Fig.1에 보인 형태의 구조에서는 원래 이러한 구조를 채택하였던 목적과는 관계없는 불필요한 자기력이 문제가 된다. 즉, Fig.1에 보인 트래킹 방향의 운동의 강성이 요크와 자석 사이에 존재하는 흡인력에 의해서 변화하는 현상을 보임을 확인하였다. 당연히 이 강성의 변화는 고유진동수의 변화를 불러일으키게 되어 정확한 위

치 제어를 생명으로 하는 광 픽업 구동기의 성능을 떨어뜨리는 요인이 될 수 있다.<sup>(2)</sup>

그럼에도 불구하고 자기력이 원인이 되어 강성을 강화하는 현상에 대한 체계적인 연구는 아직 진행되지 않고 있다. 이 연구에서는 그 시작 단계로 다양한 조건에서 진동 실험을 실시하여 고유진동수가 자기력의 다양한 조건에 따라서 어떻게 변화하는지 살펴 이후에 이어질 이론적인 모델에 필요한 물리계의 특징에 대한 이해를 돕고 모델 검증을 위한 데이터를 확보하고자 한다.

### 2. 본 론

Fig.2는 다양한 조건 아래서 진동실험을 진행하기 위하여 제작된 실험 장치를 보여주고 있다. 2종류의 Nd를 기반으로 만들어진 영구자석이 마주보고 있되 하나는 보의 끝단에 다른 하나는 외부에 고정되어있다. 외부에 고정된 영구자석은 물론이고 보의 끝단에 장착된 자석도 그 개수를 조절할 수 있도록 하여 자기력의 크기가 강성 강화에 미치는 영향을 확인할 수 있도록 하였다. 특히 고정부에 장착된 영구자석

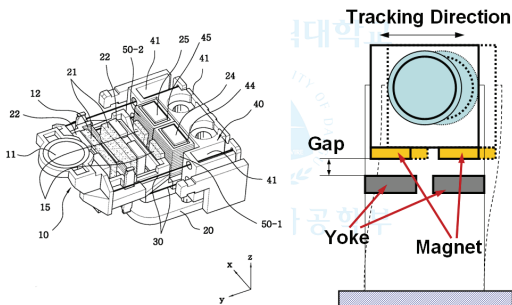


Fig. 1 Optical pick-up(left) and its enforced stiffness problem(right)

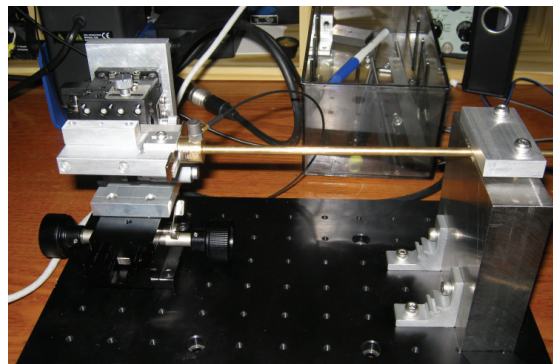


Fig. 2 Experimental setup in order to investigate the change of vibration characteristics

† 교신저자; 정회원, 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부  
E-mail : hclee21@cu.ac.kr  
Tel : 053-850-2712, Fax : 053-850-2710

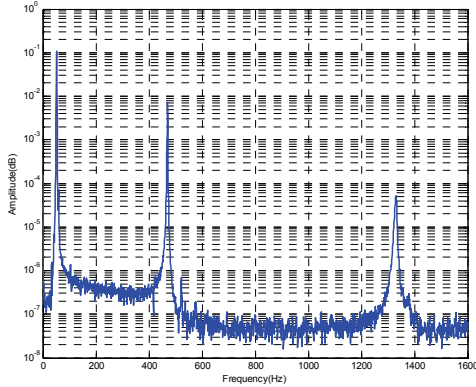


Fig. 3 Frequency response function for the configuration of no magnetic force

은 마이크로 스테이지를 이용하여 그 위치를 변화시킬 수 있도록 하였다. 이는 2자석의 간격이 강성의 변화에 미치는 영향을 조사하기 위함이다.

실험에 사용된 진동 측정용 계측 시스템은 B&K사의 Pulse Lapshop과 정전형 가속도계 및 충격 해머 그리고 신호처리를 위한 전처리용 앰프다. 보는 직경 5mm, 길이 150mm의 황동 봉을 사용하였으며 영구자석 3개를 기준으로 하였을 때 보 끝단에 장착되는 집중 질량의 크기는 16.77g임을 확인하였다.

Fig.3은 진동 실험을 통해서 얻어낸 주파수 응답 함수(Frequency Response Function) 중 하나(외부에서 자기력을 가하지 않았을 때)를 보여주고 있다. 첫 번째 고유진동수는 54Hz에서 나타나고 2번째 및 3번째 고유진동수는 각각 470Hz, 1330Hz에서 나타난다. Table.1은 양쪽 자석의 배치가 흡인력 또는 반발력(궤호 안의 값)을 발생하도록 한 뒤에 외부 자석을 가장 가까이 했을 때 및 멀리 했을 때의 고유진동수의 변화를 보여주고 있다. 여기서 가장 가까이 했을 때 자석간의 거리는 1mm이고 가장 멀리 했을 때 고유진동수는 10mm로 하였다. 강성의 변화가 있을 것이라 예상하였지만 3개의 모드에서 공통적으로 거의 변화가 나타나지 않거나 나타나도 미미한 것을 알 수 있다. 이 실험은 2개의 자석의 상대적인 크기 비율이 2인 경우에 해당하는 것이다.

Table 1 Results for the big aspect ratio

	1st Freq	2nd Freq	3rd Freq
Near	54(51)	473(476)	1318(1321)
Far	54(54)	473(473)	1330(1330)

Table 2 Results for the small aspect ratio

	1st Freq	2nd Freq	3rd Freq
Near	39(66)	470(476)	1306(1306)
Far	54(54)	473(473)	1330(1330)

자석의 크기의 비율이 1에 가까운 0.8인 경우의 결과를 Table.2에 보였다. 표에서 알 수 있듯이 이번에는 흡입력의 경우나 반발력의 경우나 모두 주파수의 변화가 매우 두드러지게 나타났으며 2번째 모드 이후에는 거의 변화가 없음을 확인하였다. 주파수의 변화는 약 27%(22%)로 상당히 크며 만일 흡입력과 압축력 사이를 비교하면 약 49%의 고유진동수 변화를 일으킬 수 있음을 알 수 있다.

### 3. 결론

자기력을 발생시키는 자석의 상대적인 크기의 차이가 비율이 진동을 발생시키는 방향에 대해서 클수록 자기력에 의한 강성의 변화는 줄어들고 이 비율이 1에 가까울수록 고유진동수의 변화는 커지게 된다. 이를 이용하면 기계적 진동 특성을 전기적으로 제어하는 것이 가능하게 되어 최근 각광을 받고 있는 에너지수확을 포함한 다양한 진동관련 응용에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.<sup>(3)</sup>

### 4. 후 기

본 연구는 한국연구재단(과제번호:2010-0028152)를 재원으로 하였으며 이에 감사드립니다.

### 5. 참고문헌

1. Furlani, E. P., 2001, Permanent Magnet and Electromagnetical Devices, Academic Press
2. Yoon, Y. B., Shin, K. S., Nam, D. and Yang Y., 2005, "Development of 3-Axis Slim Actuator Using Moving Magnet and PCB," Vol.15, No.2 pp.156~160
3. Ferrari, M., B며, M., Guizzetti, M. and Ferrari, V., 2011, "A Single-Magnet Nonlinear Piezoelectric Converter for Enhanced Energy Harvesting from Random Vibration", Vol.172, pp.287~292