

FSMP 용 틸트 테스트 베드를 위한 3 자유도 병렬 메커니즘의 동특성에 관한 연구

A study on dynamic characteristics of tip-tilt test bed for Fast Steering Mirror Prototype with 3 DOF parallel mechanism

*이원기¹, #김호상¹, 이찬희¹, 최준명¹, 이경돈¹, 김영수²

*Won Gi Lee¹, #H. S. Kim(hoskim@ajou.co.kr)¹, C. H. Lee¹, J. M. Choi¹, K. D. Lee¹, Y. S. Kim²
¹고등기술연구원, ²한국천문연구원

Key words : Frequency response, Parallel mechanism, Tip-tilt test bed, Fast Steering Mirror Prototype

1. 서론

한국천문연구원에서는 미국, 호주 등의 국가들과 국제 공동협력을 통해 세계 최대급인 구경 25 m 의 Giant Magellan Telescope(GMT)을 개발하고 있다. 그 일환으로 부경(Secondary mirror)의 주요 부품 중의 하나인 Fast Steering Mirror를 제작하기 위한 시험모델(Prototype)이 진행되고 있으며, 그 성능을 성공적으로 확보하고 조립 및 제작상의 절차들을 검증하기 위하여 Tip-tilt test bed가 개발되었다[1]. 본 논문에서는 개발된 Tip-tilt test bed에 대한 주파수 응답 실험을 통하여 동적 특성을 알아보았다.

2. 3 자유도 병렬형 기구

개발된 Tip-tilt test bed는 Fig. 1과 같이 고정된 Mirror cell($P_1P_2P_3$), Dummy mirror($P'_1P'_2P'_3$), 3 개의 Axial support(ABC)로 구성된다. 각 Axial support에는 2 개의 Flexure tip(또는 Revolute joint)가 4 자유도를 가지는 Universal joint를 구성하며, Flexure tip 사이에는 압전 구동기가 구비되어 Prismatic joint 역할을 한다. 이와 같은 기구는 3-UPU 병렬형 기구라고 부르며, Grubler의 식에 의해 3 자유도를 갖는다[2].

Dummy mirror에는 xyz 좌표계가 있고 Mirror cell에는 XYZ 좌표계가 있으며, 각 좌표계의 원점은 O' 와 O 이다. Dummy mirror의 3점 $P'_1P'_2P'_3$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P'_i = TP_i \quad i = 1, 2, 3$$

$$T = \begin{bmatrix} \cos a & 0 & \sin b & Z \sin b \\ \sin a \sin b & \cos a - \sin a \cos b & -Z \sin a \cos b \\ -\cos a \sin b & \sin a & \cos a \cos b & Z \cos a \cos b \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

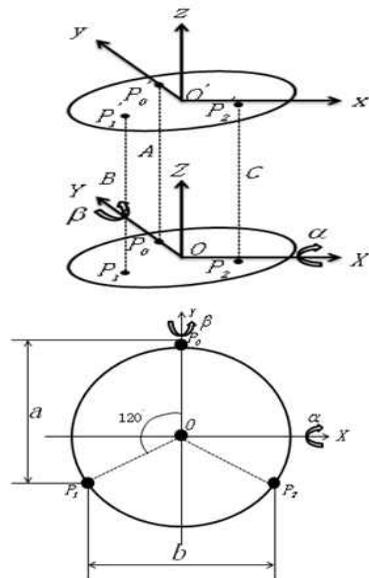


Fig. 1 Geometric configuration of tip-tilt test bed

역기구학 해석은 아래의 식에 의하여

$$\vec{P_iO} + \vec{OP'_i} = \vec{P_0P'_i} \quad i = 1, 2, 3$$

다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} A &= \frac{2a}{3}\alpha + Z \\ B &= -\frac{a}{3}\alpha + \frac{b}{2}\beta + Z \\ C &= -\frac{a}{3}\alpha - \frac{b}{2}\beta + Z \end{aligned}$$

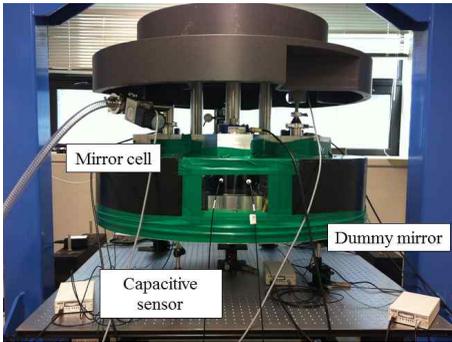


Fig. 2 Photograph of manufactured tip-tilt test bed

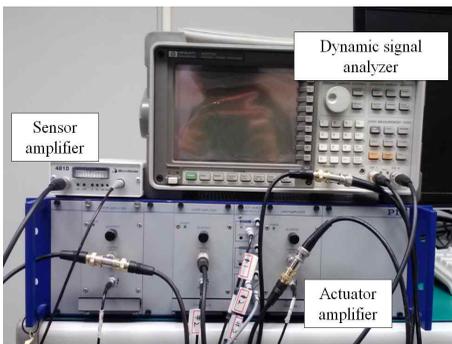


Fig. 3 Experiment setup

3. 실험 장치 및 방법

Fig. 2와 같이 제작된 Tip-tilt test bed의 동적 특성을 알아보기 위하여 Fig. 3과 같이 실험 장비를 구성하였다. 주파수 응답을 구하기 위하여 Dynamic Signal Analyzer (35670A, Agilent)를 사용하여 3개의 압전 구동기에 동일하게 신호를 입력하였으며, Dummy mirror 중앙 하부에 위치한 정전용량 센서(Capacitive sensor)를 통하여 변위량을 측정하였다.

4. 주파수 응답

본 주파수 응답 실험에 앞서 입력 신호에 대한 Tip-tilt test bed의 구동 성능을 확인하기 위하여 5 Hz, 0.5 V의 정현파를 입력하였으며, 실험 결과는 Fig. 4에 나타났다. 다음으로 Fig. 5와 같이 0 Hz ~ 200 Hz 구간에서 주파수 응답 실험을 진행하였으며, 그 결과 약 98 Hz가 공진주파수(Resonant frequency)임을 확인할 수 있다.

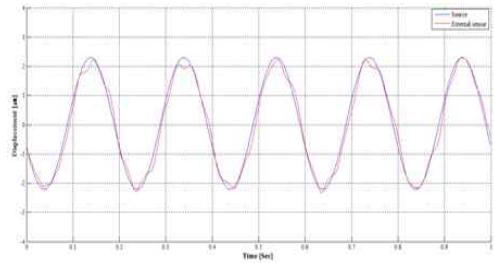


Fig. 4 Displacement of tip-tilt test bed

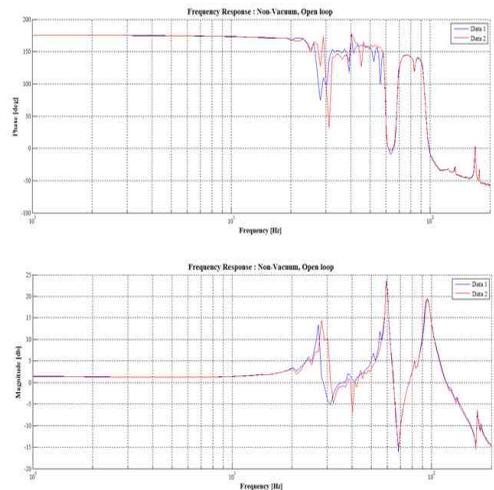


Fig. 5 Frequency response of tip-tilt test bed

4. 결론

본 논문을 통하여 제작된 Tip-tilt test bed의 공진 주파수를 확인할 수 있었으며, 향후 중력보상 및 제어 알고리즘 적용을 통하여 공진주파수 영역을 높일 예정이다.

참고문헌

1. 이찬희, 최준명, 김호상, 허덕재, 이경돈, 김영수, "FSMP용 틸트 시스템의 성능시험장치 개발", 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 35-36, 2012.
2. Tsai, L. W., "Kinematics of a three-DOF platform with three extensible limbs", Recent Advances in Robot Kinematics, J. Lenarcic and V. Parenti-Castelli(eds.), Kluwer Academic Publishers, pp. 401-410, 1996.