

중력 보상 기구를 탑재한 3 자유도 병렬 메커니즘의 반작용력 측정 Measurement of reaction force on 3-DOF parallel mechanism with gravity compensation

*#최준명¹, 이찬희¹, 이원기¹, 김호상¹, 이경돈¹, 김영수²

*#J.M. Choi(jm5901@iae.re.kr)¹, C. H. Lee¹, W. G. Lee¹, H. S. Kim¹, K. D. Lee¹, Y. S. Kim²

¹고등기술연구원, ²한국천문연구원

Key words : Gravity Compensation, Reaction Force, Fast Steering Mirror, Giant Magellan Telescope

1. 서론

한국천문연구원에서는 차세대 세계 최대급인 구경 25m의 Giant Magellan Telescope (GMT) 거대망원경을 미국, 호주 등의 국가들과 국제 공동협력을 통해 개발하고 있다. 그 일환으로 부경(Secondary mirror) 중의 하나인 Fast Steering Mirror(FSM)의 제작을 위한 시험모델 개발이 진행되고 있다. 본 논문에서는 제작된 FSM의 시험모델에 중력 보상이 적용된 상태에서 Tip-tilt 모션을 발생시켰을 때, 그에 대한 반작용으로 발생하는 힘을 측정하고, 반작용력이 FSM의 구조물의 진동 발생, 또는 압전 액추에이터의 대역폭을 제한하는 등의 문제에 대해 기술한다.

2. FSMP 팁틸트 시험장치

Fig. 1과 같이 GMT에 사용될 FSM의 7개 segment는 각각 뒷면에 구멍을 내어 경량화한 반사경과 반사경의 뒤에 설치되는 Tip-tilt 시스템으로 이루어져 있다.

GMT에 사용될 FSMP용 Tip-tilt system의 성능평가를 위한 시험장치를 Fig. 2와 같은 형태로 설계, 제작하였다[1]. 본 시스템은 3개의 액추에이터에 의해 구동되는 형태로서 반사경의 고속, 정밀운동의 구현을 위해 압전 액추에이터와 같은 위치형 구동기와 관련 부속 부품들을 사용하고 있다. Tip-tilt 시스템의 요구사항으로는 $\pm 10\text{arcsec}$ 의 틸팅 각도와 외부 흔들림의 대역폭을 고려한 고속 스티어링 능력, 그리고 매우 미세한 분해능을 들 수 있다[2]. 또한, 공기압을 이용한 자중 보상을

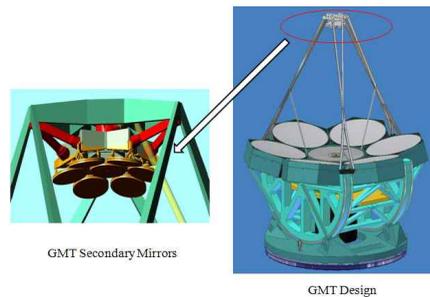


Fig. 1 Giant Magellan Telescope (GMT) and the tip-tilt system for FSMP

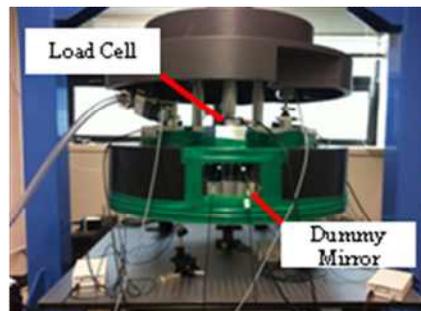


Fig. 2 Photograph of manufactured tip-tilt test bed with gravity compensation mechanism

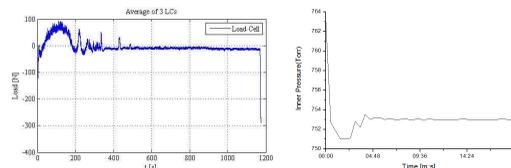


Fig. 3 Measuring load cell value and inner pressure during gravity compensation

구현하기 위해 더미 미러와 어댑터 사이에 차폐용 셸링 용기를 부착하였다.

3. 중력 보상 기구

압전 액추에이터로 구동되는 Tip-tilt 시스템이 최적의 성능을 발휘하기 위해서는 약 100kg 의 비교적 큰 부하를 가진 더미 미러를 수직방향으로 지탱하고 있는 Axial Support 가 Tip-tilt 구동시 중력의 영향을 받지 않도록 중력 보상이 이루어져야 한다. Fig. 3 은 진공 펌프를 이용하여 더미 미러와 어댑터 사이의 공간 내부의 압력을 낮추었을 때 측정된 Load Cell 3 개의 평균값과 내부 압력을 나타낸다. 내압의 초기값 764Torr 에 대해 약 12Torr 낮아진 762Torr 에서 Load Cell 의 평균값은 인장력을 의미하는 음의 값에서 압축력인 양의 값으로 전환되며 최종적으로 0N 에 근접하여 안정되었음을 확인하였다. 이로부터 공기압에 의한 중력 보상 기구를 통해 미러의 무게가 상쇄 가능함을 알게 되었다.

4. 반작용력 측정

제작된 시험장치에서, 반사경의 Tip-tilt 구동시 발생하는 반작용력 및 부하를 측정하기 위한 Load Cell 이 각 액추에이터를 구성하는 Axial Support 의 상단부에 직접 체결되어 있으며, 인장력 및 압축력이 측정 가능하다.

중력 보상이 적용된 상태에서 Tip-tilt system 의 정현파 특성을 확인하기 위해 Fig. 4 와 같이 배치된 각각의 액추에이터에 X 축을 중심으로 회전하는 Tip-tilt 운동을 주파수 1 Hz 의 정현파와 프로파일로 생성하여 입력하였다. 측정 결과 각 액추에이터의 내부 센서(Strain Gauge)는 10 초간 10 번의 정현파 모션을 취하는 것을 확인하였다. 최종적으로 본 연구

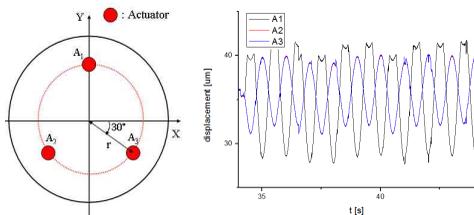


Fig. 4 Three actuators and their displacement profiles

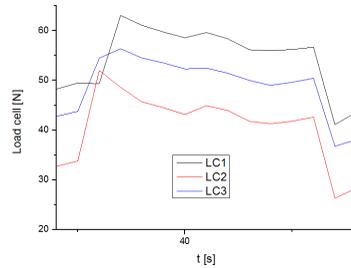


Fig. 5 Measuring result of reaction force on tip-tilt motion with gravity compensation

의 목적인 반작용력 측정을 위해 각 축에 작용하는 부하를 Load Cell 을 통해 동시에 측정하였다. 측정 결과를 Fig. 5 에 나타내었다. Tip-tilt 모션에 의해 발생한 반작용력은 각 Load Cell 값에 주목하면 약 15~20N 의 변동이 발생하였음을 알 수 있다. Load Cell 을 통해 측정된 값들의 절대값은 시험장치의 조립 상태나 초기 균형이 어긋나는 등의 문제로 Offset 이 존재하지만, 압전 액추에이터의 모션에 대해 동일한 경향을 띤다. 더미 미러의 자중의 영향이 중력 보상에 의해 상쇄되었다는 점을 고려하면 Tip-tilt 운동 중 Load Cell 에 측정된 부하는 Axial Support 를 연직 위 방향으로 밀어내는 반작용력이라 판단된다.

5. 결론

Giant Magellan Telescope(GMT)에 사용될 부경의 시험모델의 일부로서 제작된 Tip-tilt 시험장치에 대해 공기압을 이용한 중력 보상 기구를 탑재하였다. 반사경의 자중 상쇄 효과를 확인하였으며, Tip-tilt 구동시 발생하는 반작용력을 Load Cell 을 이용하여 측정하였다. 향후, 반작용력이 시험장치의 구동 성능에 미치는 영향에 대한 대책 및 테스트 프로시저의 개발을 진행할 예정이다.

참고문헌

1. 이찬희, 최준명, 김호상, 허덕재, 이경돈, 김영수, "FSMP 용 틸틸트 시스템의 성능시험장치 개발", 한국정밀공학회 추계 학술대회, 2012, pp35-36