

대형 망원경 거울의 지지구조 최적화

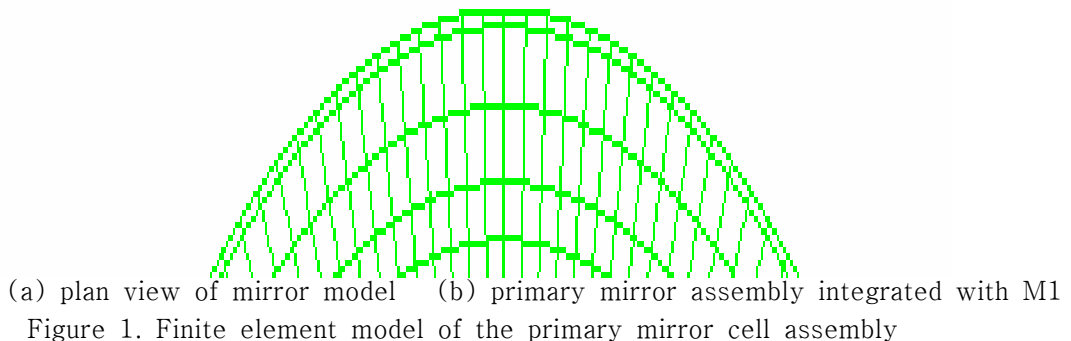
Optimization of Large Telescope Mirror Support System

문일권

한국광기술원, LED/반도체조명 연구부

imoon@kopti.re.kr

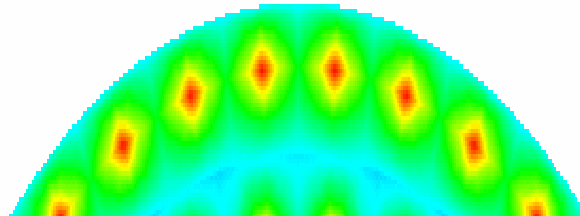
대형 망원경 주경의 지지구조는 망원경의 관측점을 기준으로 수직면(Zenith Pointing)과 수평면(Horizon Pointing)을 분리하여 최적화 하는 것이 일반적이다. 최근 제작이 추진중인 4m급 태양 망원경에 사용될 주경의 지지구조는 수평면을 지향하는 (horizon pointing) 관측점을 기준으로 최적화 되었다. 주경의 지지부는 두께 75mm, 직경 4.24m의 off-axis meniscus solid mirror 와 이 거울을 지지하기 위한 지지구조로 구성되어있다. ULE를 기본재질로 주경 지지 구조의 최적화는 horizon pointing에서 중력과 온도 그리고 support를 위한 seal force을 포함한 외력의 영향에서 30nm RMS(root mean square)이 내의 에러를 유지하도록 진행되었다. 다양한 외부 영향에 의한 광학면의 변형량을 계산하기 위하여 finite element analysis(FEA) 와 optical performance analysis를 수행하기위한 FE model은 Figure 1에 나타내었다.



주경의 axial support는 120개의 지지점들이 5개의 동심원상에 위치하여 22nm RMS값을 갖도록 최적화 되었다. 최적화된 지지점의 위치와 이에 따른 지지점의 개수는 Table 1에 정리하였다. 최적 지지점에 의한 axial support force는 125N에서 210N 두 개의 그룹으로 구성 되었으며 중력에 의한 변형량과 이에 의한 force 의 변화는 Figure 2에 나타내었다.

Table 1. The axial support system configuration

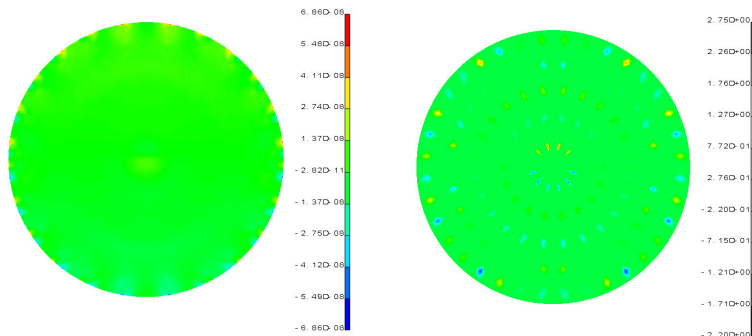
Ring	Radial Position (m)	No. of Supports	Azimuthal Spacing
1	0.332	12	30
2	0.774	18	20
3	1.193	24	15
4	1.584	30	12
5	1.967	36	10



(a) Surface error (b) Axial forces

Figure 2. Axial support print through and optimized axial forces

Lateral support는 lateral gravity와 평형을 이루며, 최소의 active force가 되도록 하여 extra force group이 더 이상 필요하지 않는 조건에서 최적화가 진행되었다. 최적화된 lateral support의 위치는 다양한 trade-off iteration을 통하여 주경의 mid-plane 원주상에 24개의 지지점이 같은 간격으로 설치되도록 하였으며 중력에 의한 변형량은 15nm RMS, 이에 따른 active force는 2.8N으로 계산되었다. 광학면에서 변형량과 active force를 Figure 3에 나타내었다.



(a) Surface error (b) Axial corrective forces

Figure 3. Lateral support print through and axial corrective forces

설계된 주경의 지지구조에 의하여 최종적으로 중력, 온도 그리고 seal force의 복합된 외력의 영향에 의한 주경면의 변형량은 16nm RMS error 로서 주어진 설계조건 (<30nm RMS) 을 만족함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. M. K. Cho and R. S. Price, "Optimization of Support Point Locations and Force Levels of the Primary Mirror Support System", RPT-O-G0017, Gemini Telescope Report, NOAO, (1993)
2. G. Schwesinger, "Lateral Support of Very Large Telescope Mirrors by Edge Forces Only", J. of Modern Optics, vol. 38, No.8 pp.1507 - 1517 (1991)