

有限要素法解析ソフトANSYSを用いたTMT望遠鏡本体構造の免震性能解析

白田知史、楠本弘、杉本正宏、稲谷順司、寺田宏、齋藤正雄（国立天文台TMT推進室）

利用カテゴリ XC-B

1. 目的

主鏡口径 30m の超大型光学赤外線望遠鏡を国際協力で建設する TMT (Thirty Meter Telescope) 計画が平成 26 年度より開始された。国立天文台は望遠鏡本体構造の開発に日本単独で責任を持ち、大きな国際的役割を果たす。TMT の画期的な天文観測性能を保証する望遠鏡本体構造を製作するためには、軽量かつ高剛性で 1,000 年に一度の規模の地震にも耐える高度の構造設計等、難易度が高く多岐にわたる先端技術の結集が必要とされる。その中でとりわけ大きな課題は様々な性能仕様や各種のインターフェース条件に対応して詳細化された構造モデルについて耐震設計の効果を検証することである。TMT の要求仕様では 1,000 年に一度と想定される規模の地震について 7 パターンの時系列の地震波形が定義されており望遠鏡架台のすべての部材はこの振動に耐えることを証明しなければならない。これを市販の有限要素法解析ソフトウェア (ANSYS Mechanical) を使って実施する。計算手法および評価手法は確立した技術であるが計算対象とする構造は方位軸 (AZ) と高度軸 (EL) 両軸で回転する構造だけでも総重量約 2,600 トンの巨大システムであり、構造モデル 1 ケース、地震波形 1 パターンの計算だけでも膨大な計算量になる。TMT 推進室では、三菱電機の技術協力を得、またスパコンの運用に熟知した CfCA と協力し、アテルイを用いた有限要素法を用いた TMT 望遠鏡本体構造の免震性能解析を平成 27 年度より本格的に開始した。

1,000 年規模の地震に対する計算は平成 27 年度に完了し、アテルイ使用による計算速度改善と各インターフェース点での加速度が要求仕様を満たすことを確認した。一方、その結果を受けて新たな課題として、主鏡制御安定性を考慮した上で第三鏡重心位置での加速度を低減する必要性について問題提起があり、平成 28 年度には主鏡と第三鏡支持構造の最適化検討を実施した。平成 29 年度は免震ダンパーに関連した解析を実施した。これは望遠鏡取り付け部 (ピア部) のアンカーボルトへの荷重とダンパー可動範囲を最適化し、望遠鏡構造本体とのインターフェース仕様を確定することを目的としたもので、その結果については CfCA ユーザーズミーティング (2017 年 11 月) でポスター発表した。

2. 結果

(1) 解析のパラメータ (表 1)、望遠鏡本体構造の CAD モデル (図 1)、および有限要素解析モデル (FEM : 図 2)

要素数	305, 531
節点数	331, 356
地震秒数	15-50 秒 (7 波形の平均 : 23 秒)
時刻刻み	0.005 秒 (5msec)
計算ステップ	3,000-10,000 (平均 4,600)
望遠鏡の高度角	0, 25, 60, 90 度
構造材料	鉄、アルミ、CFRP、コンクリート

表 1

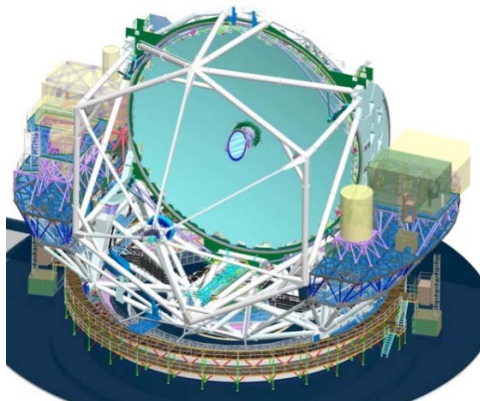


図 1 : CAD モデル (高度角 0 度)

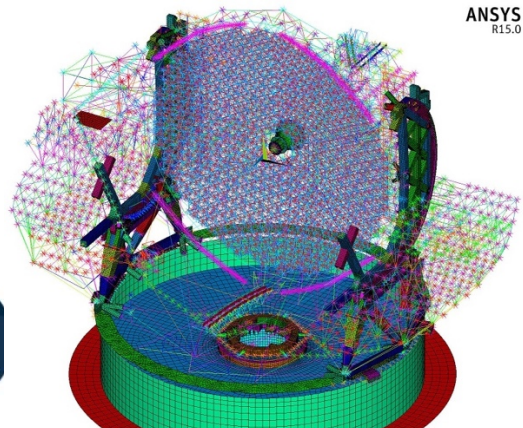


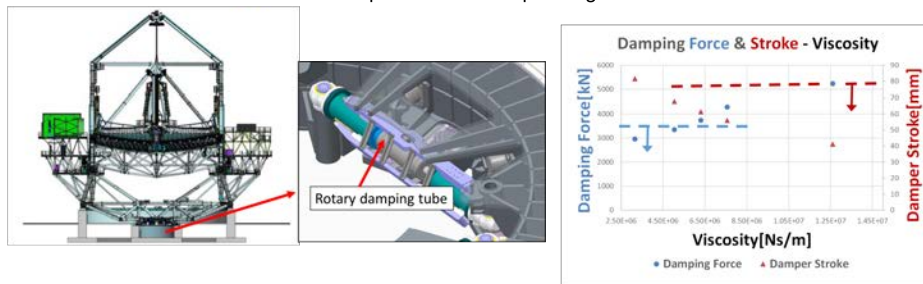
図 2 : 有限要素解析モデル

(2) 免震機構 (Rotary Damping Tube) 最適化

望遠鏡取付け部のアンカーボルトへの荷重およびダンパー可動範囲を最適化するために実施した解析結果の例を示す。構造設計上の制約からはダンパーの可動範囲を小さくしたいが、一方ではアンカーボルトの応力を制限強度内に抑える必要がある。以下は、ダンパーの粘性の値を変えた場合の両者の関係を示したものである。

Seismic Isolation System(Rotary Damping Tube) optimization

- Lower damping force to reduce the stress to anchor bolts and concrete.
- Shorter damper stroke to keep enough mechanical clearances of the structure



(3) 研究会、会議での報告と技術紹介

- ① SPIE 国際研究会 (2016 年 6 月、英国エジンバラ)
“Ezaki, Y., Kato, A., Hattori, T., ..., Kusumoto, H., Usuda, T. 2016 Proceeding of SPIE, Volume 9906, id. 99060Y 16pp”
- ② ANSYS Convergence 2016 (2016 年 9 月)
“Sugimoto, M., et al. 2016 ANSYS Convergence, B-5”
- ③ CfCA ユーザーズミーティング (2016 年 11 月)
“Kusumoto, H., et al. CfCA Users’ Meeting 2016, Poster 09”
- ④ CfCA ユーザーズミーティング (2017 年 11 月)
“Kusumoto, H., et al. CfCA Users’ Meeting 2017, Poster 07”
- ⑤ 国立天文台ニュース No. 291 (2017 年 10 月)
“アテルイと TMT のコラボレーション”

3. 今後の予定

1,000 年地震については完了したが、10 年地震の解析が残っている。10 年地震を受けても、観測に支障がない程度のダメージで済むことが要求されており、1,000 年地震とは異なる判断基準を設定する必要がある。山頂工事の遅れに伴い、プロジェクト全体の工程が遅れているが、平成 30 年度も引き続き解析を継続し、全ての要求仕様について確認を完了させる予定である。