

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、寺田宏、斎藤正雄（国立天文台TMTプロジェクト）

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 2014 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も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 2500 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の計算量になる。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 2015 年度より本格的に開始した。

これまでに 1000 年、10 年規模の地震に対する解析を実施した。その後も免震性能確保に重要な役割を果たす免震ダンパーの改良検討を継続し、プロトタイプテストとシミュレーション結果から最適構成として、リニアダンパーと BMR (Bingham Material Restored) を組み合わせた免震ダンパーを採用し、観測装置への加速度、望遠鏡固定部への負荷、地震発生時のダンパー可動範囲、構造部材の強度について最適化を実施した。2019 年度は解析用モデルの免震ダンパー部分を最新構成に基づいて詳細化して計算を実施し、要求仕様を満足することを確認した。さらに一部のサブシステムとの I/F に必要となる計算も実施した。

以下に免震ダンパー部分の解析モデル詳細化と、そのモデルを用いた計算結果を示す。

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

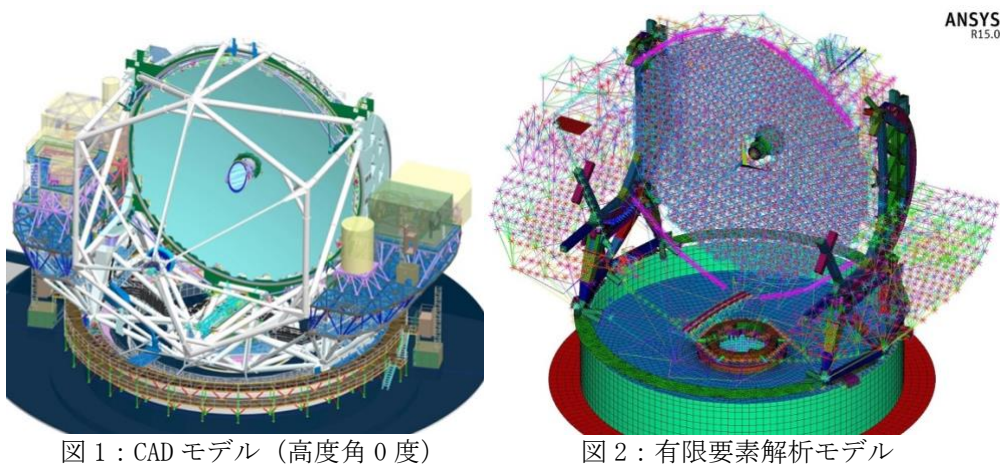
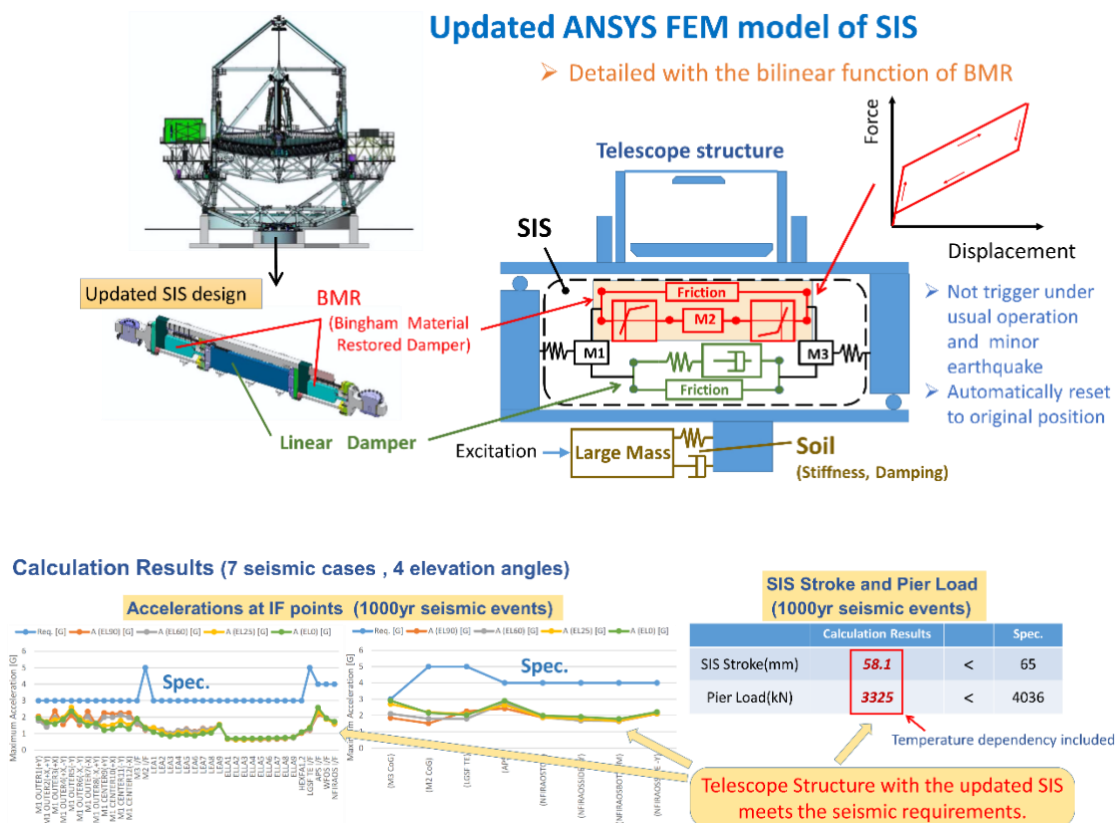


図 1 : CAD モデル (高度角 0 度)

図 2 : 有限要素解析モデル

(2) 最新構成の免震ダンパーのモデルと計算結果



(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”
- ④CfCA 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”
- ⑥CfCA ユーザーズミーティング(2019 年 1 月)
- “Kusumoto, H., et al. CfCA Users’ Meeting 2018,
- ⑦CfCA ユーザーズミーティング(2020 年 1 月)
- “Kusumoto, H., et al. CfCA Users’ Meeting 2019, Poster 25

3. 今後の予定

望遠鏡本体構造に対する要求仕様達成確認のための計算の大部分は終了したと判断しているが、今後も他のサブシステム、観測装置との I/F 調整作業は継続し、それらに関連する追加解析や設計変更反映モデルでの再計算が必要になる可能性が残っている。また建設サイト変更が決定された場合、新しい条件による解析が必要になることも想定しておく必要があり、引き続きアテルイを用いた免震性能解析が必須である。