

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	観測記録に基づく超高層免震建物の時刻歴応答解析モデルの構築 その2 時刻歴応答解析モデルを用いた地震および風応答解析
Title(English)	Construction of Time-History Response Analysis Models of High-Rise Base-Isolated Building Based on Observation Records Part2 Earthquake and Wind Induced Response on Time-History Response Analysis
著者(和文)	中井亜里沙, 佐藤大樹, 普後良之, 田村哲郎
Authors(English)	Arisa Nakai, Daiki Sato, Yoshiyuki Fugo, Tetsuro Tamura
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 907-908
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 907-908
発行日 / Pub. date	2018, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

観測記録に基づく超高層免震建物の時刻歴応答解析モデルの構築

その2 時刻歴応答解析モデルを用いた地震および風応答解析

正会員 ○ 中井 亜里沙*1 同 佐藤 大樹*2
同 普後 良之*3 同 田村 哲郎*2

超高層免震建物 層剛性 加速度
多質点系等価せん断型モデル 風外力

1. はじめに

本報その1では、超高層免震建物 J2 棟の再現期間 1 年レベル(台風 T0720)における風応答現象を精度よく再現できる構造モデルを作成することを目的として検討を行った。風応答時は上部構造の全階に外力が作用している状況であり、各層剛性の同定が困難であることから、同レベルの応答を示す地震観測記録を用いた構造特性同定を行った。同定に用いた地震は、T0720 における最大瞬間風速を記録した時刻の 10 分間における免震層の最大変動幅と同程度の最大変動幅を記録した地震である。

本報その2では、本報その1の分析結果に基づき時刻歴応答解析モデルを構築し、観測値と解析値を比較することで同定手法の妥当性を検討する。

2. モデルの概要および解析結果の応答比較

2.1 多質点系等価せん断型モデルの概要

本報で使用する解析モデルは図1に示すように、J2 棟を再現した 22 質点等価せん断型モデルである。なお、設計図書に基づくモデル(以下、設計モデル)と実観測記録の分析結果に基づくモデル(以下、同定モデル)の2ケースを構築し、両者の応答の違いについても検討する。設計モデルの減衰は免震層で 0%、上部構造で 2.0%、レーリー減衰とする(同定モデルの減衰は本報その1、参照)。同定モデルの層剛性は、設計値に対して免震層で 1.44 倍(X方向)、1.36 倍(Y方向)、上部構造では各層で設定した。免震層における摩擦要素の分析より、免震層にせん断力係数 $F\alpha_y$ が 1.11×10^{-2} % (X方向)、 8.75×10^{-3} % (Y方向)の

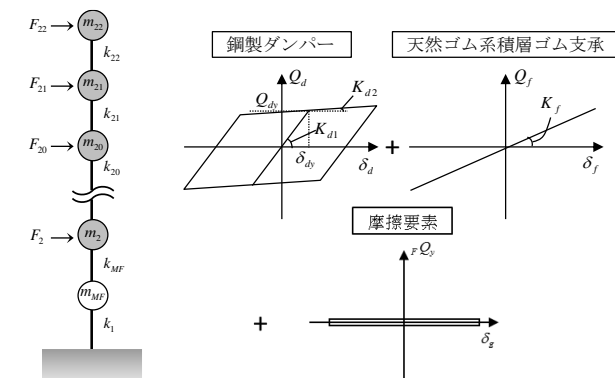


図1 解析モデル概要

図2 免震層復元力特性の概要

摩擦要素を付加する。なお、質量は設計モデルおよび同定モデルともに設計図書に基づく。図2に免震層復元力特性の概要を示す。免震材料の振動モデルとして、復元力特性は鋼製ダンパーにはノーマルバイリニアを採用し、天然ゴム系積層ゴムを線形弾性としている。なお、X方向にはオイルダンパーが設置されているが、本論で用いる応答は微小変形でありオイルダンパーの効果が極めて小さいと考えられるため⁵⁾、モデル化をせずに検討を行った。

2.2 地震観測記録および解析結果の応答比較

本節では、東海道南方沖地震波を用いて J2 棟の同定モデルにおける解析結果と観測値を比較し、精度評価を行う。図3に、観測値および解析値における最大加速度 Acc_{max} の高さ方向分布を示す。図3より、観測値と解析値の応答は良く一致することが確認できる。

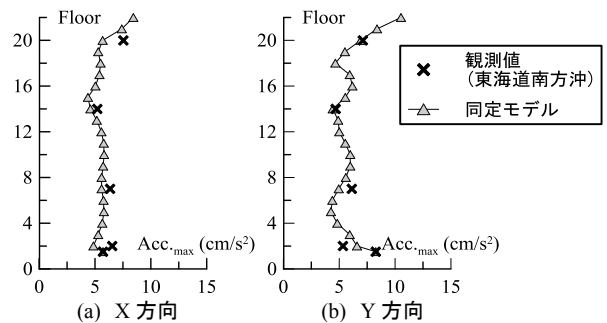


図3 加速度最大値の高さ方向分布

3. 風観測記録および解析結果の応答比較

3.1 風外力の概要

解析モデルに作用させる風外力は風洞実験結果を用いた。解析対象とする台風 T0720 において、最大瞬間風速を記録した時刻における 10 分間平均風速は 18.5m/s であり、風向は NNW である。応答解析はこの 10 分間を対象として行った。ここで、観測データは J2 棟頂部における風速のみであり、風外力の観測データはないため、風外力には風洞実験結果⁸⁾を用いた。文献⁸⁾では周辺状況を変化させたいくつかのケースを実験しているが、観測結果との比較のため、周辺建物および地形を詳細に再現したケースを用いた。層風力は 2 質点または 3 質点に対応する 8 層が計測されており、これを J2 棟の上部構造の 21 質点に対して作用させた。解析開始時において過渡応答を避けるため、層風力の時刻歴波形のはじめの 50 秒間にはエンベ

ロープを設け、応答評価を行う 10 分間と合わせて 650 秒間の時刻歴波形を 30 波作成したり。図 4 に風洞内状況を示す。図 5 に時刻歴波形の一例として、22 階の質点に作用させた層風力 F_{X22}, F_{Y22} の時刻歴波形を示す。X 方向は風方向風力であり平均成分を有する。



図 4 風洞内状況 (J2+地形+周辺建物)

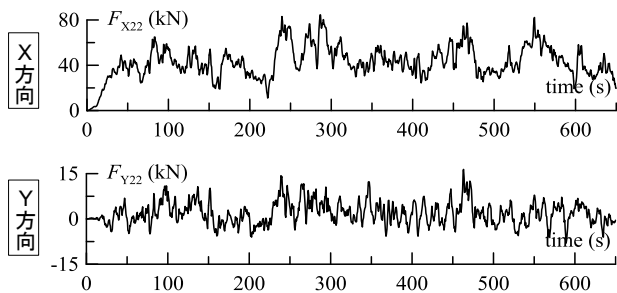


図 5 層風力時刻歴波形 (22 階)

3.2 免震層変形の比較

本節では、T0720 における観測値および解析値における免震層の変形 δ_{MX}, δ_{MY} を比較する。図 6 に T0720 で観測された X, Y 方向の免震層の X, Y 方向変位における、最大瞬間風速発生時 10 分間のオービットと、設計モデルおよび同定モデルの免震層変位オービットそれらの一例を示す。図 6 より、X 方向における観測値の最大変位に対して、設計モデルの最大変位の方が応答を大きく評価している。また、同定モデルの X 方向の最大変位は観測値と概ね同等であることが確認できる。次に、10 分間の免震層変位の平均値を比較する。図 7 に、X 方向の設計モデルおよび同定モデルにおける平均変位の高さ方向分布と、観測より得られた免震層平均変位 μ_g をプロット \times で示す。図 7 より、免震層の平均変位は、設計モデルでは観測値に対して約 1.4 倍応答を大きく評価するが、同定モデルでは観測値と概ね一致することが確認できる。

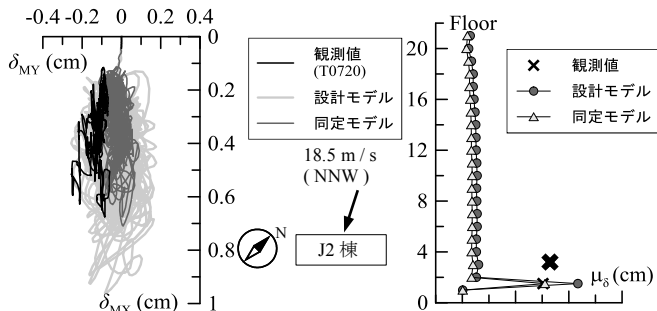


図 6 免震層変位オービット

図 7 平均層間変位の高さ方向分布

3.3 応答加速度標準偏差の高さ方向分布

前節において、同定モデルの免震層変位は観測値と良好対応を示すことを確認した。本節では、応答加速度の標準偏差に着目して、実建物と解析モデルの整合性を確認する。図 8 に X, Y 方向における観測値および解析値における加速度標準偏差 σ_{Acc} の高さ方向分布を示す。なお、解析値は 30 波の応答解析結果のアンサンブル平均値である。また、観測値の X 方向 14 階はデータが欠測していたためプロットを除外している。図 8 より、設計モデルの応答は観測値に対して X 方向で最大約 3.0 倍、Y 方向で最大約 7.0 倍と誤差が大きく、応答を過大に評価してしまうことが分かる。同定モデルの応答についても X 方向で最大約 1.8 倍、Y 方向で最大約 2.7 倍と、設計モデルよりは誤差が縮まるものの観測値に対する誤差が生じることを確認した。

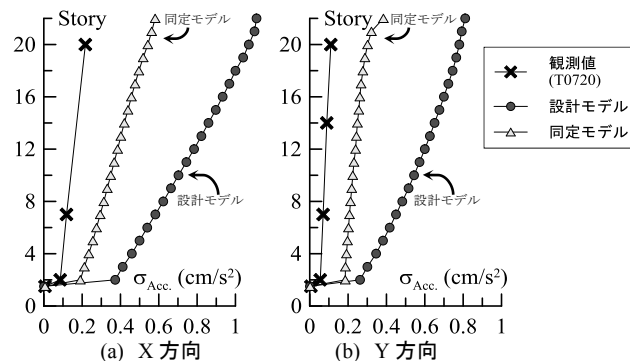


図 8 加速度標準偏差の高さ方向分布

4. まとめ

本報その 2 では、本報その 1 の分析結果に基づき時刻歴応答解析モデルを構築し、観測値と解析値を比較することで同定手法の妥当性を検討した。

- (1) 同定モデルにおける応答は、地震応答観測記録を精度良く再現できた。
- (2) 設計モデルにおける免震層変位および加速度標準偏差は、風応答観測値と比較して応答を約 3~7 倍過大評価した。同定モデルにおける免震層変位は観測値と概ね良好対応を示したが、免震層および上部構造の加速度標準偏差は、設計モデルよりは誤差が縮まるものの観測値の応答よりも約 2~3 倍大きくなることを確認した。

参考文献

- 1) 中井亜里沙, 佐藤大樹, 村上智一, 田村哲郎, 普後良之, 吉江慶祐, 笠井和彦: 強風時の観測記録に基づく超高層免震建物の揺れ振動特性の分析—その 1 加速度の揺れ成分および固有振動数の分析, 日本建築学会関東支部研究報告集(CD-ROM), 2038, pp.413-416, 2017.3
- 2) 中井亜里沙, 佐藤大樹, 村上智一, 笠井和彦: 超高層免震建物の地震動観測記録に基づく免震層および上部構造の剛性の評価, 日本建築学会技術報告集, 第 57 号, 2018.6
- 3) 笠井和彦, 村田真一郎, 加藤史人, 引野剛, 大木洋司: 震動台の回転を加味した建物試験体の周期・減衰・モード形の同定法, 日本建築学会構造系論文集, 第 670 号, pp.2031-2040, 2011.12
- 4) 長松昭男: モード解析, 培風館, 1985.7
- 5) 松田和浩, 笠井和彦: 東北地方太平洋沖地震における観測記録を用いた超高層免震建物の動的挙動に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 79 巻, 第 704 号, pp.1445-1455, 2014.10
- 6) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説, 2015
- 7) 佐藤大樹, 笠井和彦, 田村哲郎: 粘弾性ダンパーの振幅依存性が風応答に与える影響, 日本建築学会構造系論文集, 第 635 号, pp.75-82, 2009.1
- 8) 普後良之, 佐藤大樹, 田村哲郎, 勝村章: 実在する地形および周辺建物が高層建物の風力に与える影響に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集(CD-ROM), 2043, 2018.3

*1 元東京工業大学
*2 東京工業大学
*3 風工学研究所

*1 Former Tokyo Institute of Technology
*2 Tokyo Institute of Technology
*3 Wind Engineering Institute