

一般共同研究（ 課題番号：28G-03 ）

課題名：免震装置の交換を考慮した超高層免震建物の維持管理計画手法の確立

研究代表者：佐藤 大樹

所属機関名：東京工業大学 科学技術創成研究院

所内担当者名：西嶋 一欽

研究期間：平成 28 年 4 月 1 日 ～ 平成 30 年 3 月 31 日

共同研究参加者数：8 名（所外 6 名，所内 2 名）

- ・大学院生の参加状況：2 名（修士 2 名 博士 0 名）（内数）
- ・大学院生の参加形態【実験・解析の実施】

研究及び教育への波及効果について

風応答による免震ダンパーの疲労評価を考慮した免震設計を実現するための基礎データとして、風外力の評価，解析および実験に基づくダンパーの疲労評価について示した。今後これらの知見を蓄積していくことで風疲労を考慮した免震建物の設計手法が確立され，免震建物の高性能化へ貢献できる。

研究報告

(1) 目的・趣旨

本研究課題では，超高層免震建物の設置されたダンパーの風応答による疲労損傷の程度を把握し，適切な取替時期を設計段階から盛り込むことできる維持管理計画を構築するための基礎データを，確率論的アプローチ，解析的アプローチおよび実験的アプローチを複合・統合して収集することが目的である。

(2) 研究経過の概要

確率論的アプローチとして，ある再現期間の風速をもたらす台風群の中で最も発生する可能性の高い台風（ハザード適合最尤台風）を決定する手法を提案するとともに，ハザード適合最尤台風のパラメータの変化が尤度にどの程度影響を与えるのかを検討した。解析的アプローチとして，シミュレーション結果の中から東京で再現期間 500 年に相当する特徴的な台風を 10 パターン抽出し，時刻歴応答解析に用いる風力波形を作成した。作成した風力波形を用いて超高層免震建物の風応答解析を実施し，風向変化が免震ダンパーの疲労損傷に与える影響について検討を行った⁴⁾。実験的アプローチとして，免震ダンパーの繰返し実験を実施し，ダンパーの形状変化に着目した損傷度評価について確認した⁵⁾。

(3) 研究成果の概要

初年度において超高層免震建物に設置されているダンパーの風疲労評価を行うための風速や風向変化を得るために，台風シミュレーションを実施し，東京では風速変化や風向変化にある傾向を有することを明らかにし，耐風疲労設計用風荷重のためのモデル化の可能性を確認した¹⁾。ハザード適合最尤台風（ある再現期間の風速をもたらす台風群の中で最も発生する可能性の高い台風）を決定する手法を提案し，領域限定直線モデルを用いて，具体的にハザード適合最尤台風およびそれによってもたらされる風向風速時刻歴を求めた。また，ハザード適合最尤台風のパラメータの変化が尤度にどの程度影響を与えるのかを検討し，中心気圧が小さくなり，最大風速半径が大きくなるような現象は起こりにくく，中心気圧が変わらない場合は，尤度がほとんど変わらないことが分かった^{2),3)}。

シミュレーション結果の中から東京で再現期間 500 年に相当する特徴的な台風を 10 パターン抽出し，時刻歴応答解析に用いる風力波形を作成した。その風力波形を用いて超高層免震建物の風応答解析を実施し，風向変化を考慮した場合と一定風向からの解析結果を比較することで，風向変化が免震ダンパーの疲労損傷に与える影響について検討を行った⁴⁾。その結果，設計的には最も不利な風向を一定とした風外力を用いることで安全側の評価が得られるが，バラツキを有するため時刻歴解析で評価を行う場合は，十分なアンサンブル数が必要であることを確認した。

免震ダンパーの繰返し実験を実施し、ダンパーの形状変化に着目した損傷度評価について確認した⁵⁾。実験結果より、載荷履歴が異なる場合には全振幅に対して形状変化率を評価すれば、損傷度を判断できることが確認できた。ただし、小振幅の場合、形状変化を通じて損傷度を判断できず、損傷度を判断するためには別の方法が必要であることが分かった。

(4) 研究成果の公表

- 1) 団栗直希, 西嶋一欽, 佐藤大樹: 免震部材の疲労損傷に対する設計手法の提案 - 信頼性設計からのアプローチ -, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.123-124, 2017.8
- 2) 団栗直希, 西嶋一欽: 確率台風モデルに基づくハザード適合最尤台風の決定方法, 平成 29 年度京都大学防災研究所研究講演発表会, B19, 2018.3
- 3) 団栗直希, 西嶋一欽: 免震装置の風疲労設計に資するハザード適合最尤台風の抽出方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2018.9
- 4) 馬橋聖生, 佐藤大樹: 台風シミュレーションを用いた風応答解析による免震ダンパーの疲労損傷度評価—風向変化が疲労損傷度に与える影響—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2018.9
- 5) 鄭皓文, 巽信彦, 団栗直希, 石田孝徳, 吉敷祥一, 西嶋一欽, 小西克尚, 渡辺厚: U 字形鋼材ダンパーの形状変化に基づく損傷度評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2018.9