

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	風応答観測記録に基づく超高層免震建物の免震ダンパーの疲労損傷評価 その3 弾塑性風応答解析モデルを用いた提案手法の妥当性の検討
Title(English)	Fatigue Damage Evaluation of Steel Damper of the High-Rise Seismic Isolated Building based on Wind-induced Response Observation Data Part3 Study of Fatigue Damage Evaluation Method of Steel Damper Using Nonlinear Wind Response Analysis
著者(和文)	村上智一, 佐藤大樹, 吉江慶祐, 田村哲郎, 普後良之, 笠井和彦, 北村春幸
Authors(English)	Tomokazu Murakami, Daiki Sato, Keisuke Yoshie, TETSURO TAMURA, Yoshiyuki Fugo, KAZUHIKO KASAI, Haruyuki Kitamura
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 1019-1020
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 1019-1020
発行日 / Pub. date	2017, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

風応答観測記録に基づく超高層免震建物の免震ダンパーの疲労損傷評価
その3 弾塑性風応答解析モデルを用いた提案手法の妥当性の検討

正会員 ○村上 智一*1

免震ダンパー 疲労損傷評価手法 台風イベント
弾塑性風応答解析

同 佐藤 大樹*2 同 吉江 慶祐*3
同 田村 哲郎*2 同 普後 良之*4
同 笠井 和彦*2 同 北村 春幸*5

1. はじめに

本報その1, その2では, 強風イベント全体の免震層変位波形における, 10分を超える周期をもつ振幅の存在を明らかにし, 実観測記録に基づき10分間毎に分離した時刻歴波形のみを用いて強風イベント全体の免震ダンパーの疲労損傷を簡易に評価できる実用的な方法を提案した¹⁾。しかし, 免震層が弾塑性挙動をする風速は観測されておらず, 提案手法の検証は弾性範囲のみに留まっているという課題が残った。

そこで本報その3では平均風速も複雑に上下する実際の台風イベントの風観測データを元に, 免震層が弾塑性挙動する風速として最大風速が再現期間500年になるような模擬波形を作成する。また解析モデルに対しても固有周期および鋼材ダンパーの降伏せん断力係数を变化させたパラメータスタディを行なう。

2. 解析モデルおよび風外力の概要

2.1 解析モデルの概要

本報ではその1, その2とは別の超高層免震建物を検討する。検討対象建物の解析モデルを図1に示す。解析モデルは, 超高層免震建物を対象とした高さ $H=120\text{m}$ の11質点せん断型モデルとした。上部構造は, 1次固有周期 $uT_0=2.4\text{s}$, 建物密度 $u\rho=1715\text{N/m}^3$ の総重量246960kNとし, 重量は高さ方向に一様であると想定した。図2に上部構造の刺激関数を示す。上部構造の各層の剛性 $u k_i$ は, 1次固有モードが直線となるように式(1)により決定した²⁾。

$$u k_i = \frac{u s \omega^2 \cdot m_i \cdot u s \phi_i + u k_{i+1} (u s \phi_{i+1} - u s \phi_i)}{u s \phi_i - u s \phi_{i-1}} \quad \{i=1 \sim n\} \quad (1)$$

ここで, $u s \omega$: 上部構造のみの s 次固有円振動数 ($=2\pi / u s T$), m_i : i 層の質量, $u s \phi_i$: 上部構造 i 層の s 次モードベクトルを表す。ただし, $u k_{i+1}=0$, $u s \phi_0=0$ とする。上部構造の構造減衰は上部構造の1次固有周期に対して $h=1\%$ の剛性比例型とし, 免震層には内部粘性を考慮しない。図3にダンパー, アイソレータ, およびそれらを組み合わせた免震層の復元力特性を示している。ここで, 免震層の諸元は式(2)~(4)を用いて決定する。なお, ダンパーの2次剛性比は0としている。

$$d Q_y = (u W + b W) \cdot d \alpha_y \quad (2)$$

$$d k_1 = d Q_y \cdot d \delta_y \quad (3)$$

$$j k = \frac{4\pi^2 (u W + b W)}{j T \cdot g} \quad (4)$$

ここで, $d Q_y$: 免震層ダンパーの降伏耐力, $u W$: 上部構造の重量, $b W$: 免震層の重量, $d k_1$: ダンパーの初期剛性, $d \delta_y$: ダン

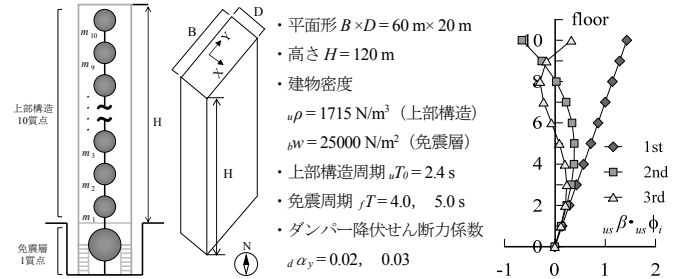


図1 弾塑性解析モデル概要

図2 刺激関数

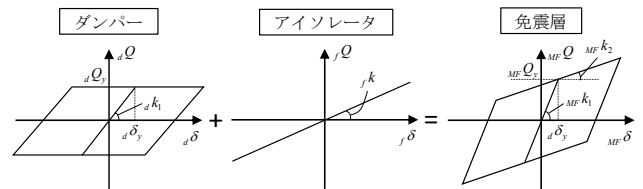


図3 免震層復元力特性の作成

パーの降伏変位 ($=3.17\text{cm}$), $d \alpha_y$: ダンパー降伏せん断力係数 ($=0.02, 0.03$) $j k$: 免震層におけるアイソレータの1次剛性, g : 重力加速度を表す。

2.2 風外力の概要

強風イベントの風外力は, 台風の観測値を用いて平均風速のイベント全体の時刻歴を作成し, 10分毎の変動風力に風洞実験結果を用いた。

平均風速のイベント全体の時刻歴は caseD¹⁾の風速を増幅させたものを使用する。風向は caseD と同じとする。図4に caseD の観測記録および再現期間500年レベルに増幅した風速と風向を示す。なお, 図中の矢印は建物に対する風向を示している。風速は, 「建築物の荷重指針・同解説」³⁾の神奈川県における地表面粗度区分Ⅲに則し, 再現期間500年相当の頂部風速 $U_H=54.9\text{m/s}$ が caseD の最大平均風速になるように全体の風速を一律に増幅した。

10分毎の変動風力は10分毎に風洞実験の相似則に基づき風洞実験結果を換算した時刻歴を用いるが, 10分毎のデータをつなぎ目において不連続な接続により特異な応答が生じないように, 10分間の風力波形の最後尾と始まりの部分に三角関数を50秒間分(2500ステップ)乗じて重ね合わせることで, それぞれの風力波形の負担率を徐々に変化させながら繋いでいる⁴⁾。また, 解析開始時および終了時においての過渡応答を避けるため, 強風イベントの各風力波形の先頭および後尾50秒間に三角関数のエンベロープを設けた²⁾。

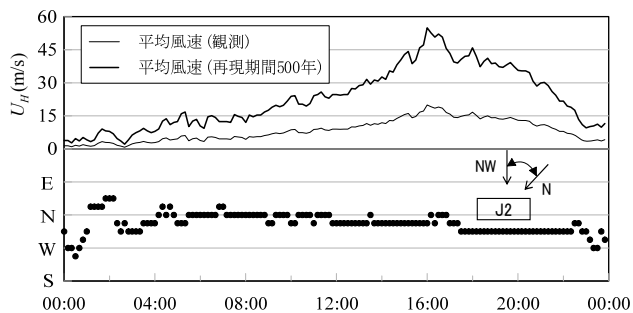


図4 caseD (T0720) の風速風向および再現期間500年の風速

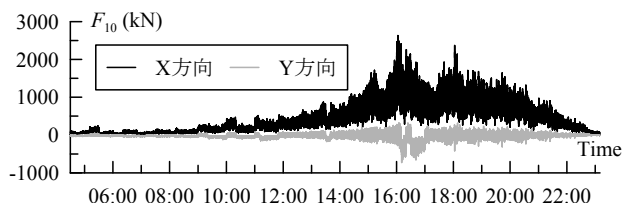


図5 頂部層風力の時刻歴波形例 (第1波)

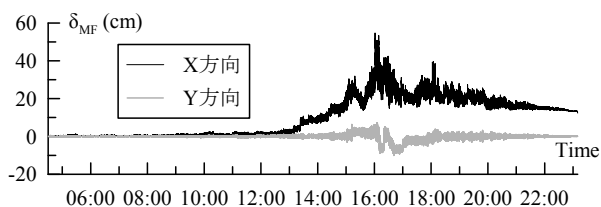


図6 免震層変位の時刻歴波形例 ($d\alpha_y=0.02$, $fT=5.0s$, 第1波)

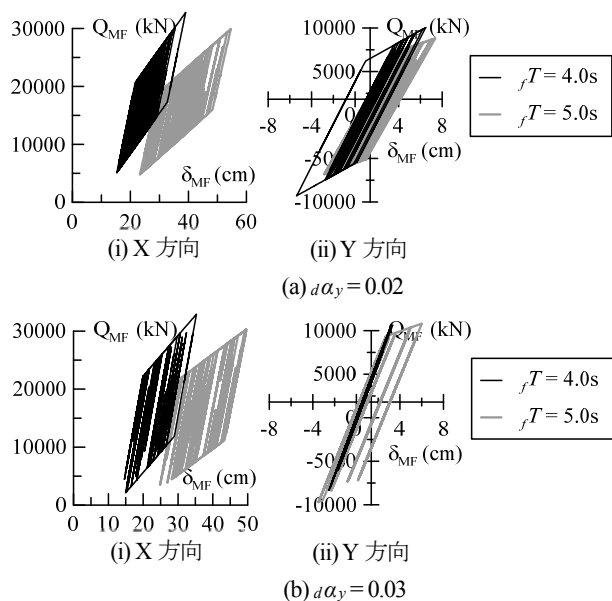


図7 最大平均風速発生時10分間の免震層履歴曲線(第1波)

強風イベントは、10分間において使用するユニットを入れ替えることでX方向、Y方向ともに3波を作成した。図5に解析モデルの頂部層風力の時刻歴波形の一例を示す。X方向においては、強風イベント全体を通して概ね建物の風方向の風力のため(図4)平均風力が時々刻々と変化している様子が分かる。

一方で、Y方向は平均風力を殆どもたないことが分かる。

3. 免震層変位波形の作成

図6に免震層変位の時刻歴波形の一例を、図7に最大平均風速発生時の10分間の免震層履歴曲線をダンパー降伏せん断力係数 $d\alpha_y$ ごとに示す。図6より、X方向においては、平均風力の影響(図5)を受け、平均変位が時々刻々と変化していることが分かる。図7より、Y方向においては殆ど0点を中心に履歴を描いているが、X方向においては $d\alpha_y$ によらず平均風力の影響で $fT=5.0s$ のとき約35cmほどオフセットした状態で免震層が履歴を描いていることが分かる。

4. 提案手法の妥当性の検討

図8に解析により算出した再現期間500年の強風イベントによる免震ダンパーのD値(D_F)と提案手法¹⁾のD値(D_{E1} , D_{E2})を示す。提案手法1のD値(D_{E1})は解析ケース、方向により違いが見られるが強風イベント全体のD値に対して約1.01~1.03倍と安全側を示していることが分かる。また、提案手法2(D_{E2})においても約1.03~1.08倍を示していることが分かる。以上より、本報で検討した範囲では、免震層が弾塑性挙動を示す変位波形においても、提案手法が妥当であることを示した。

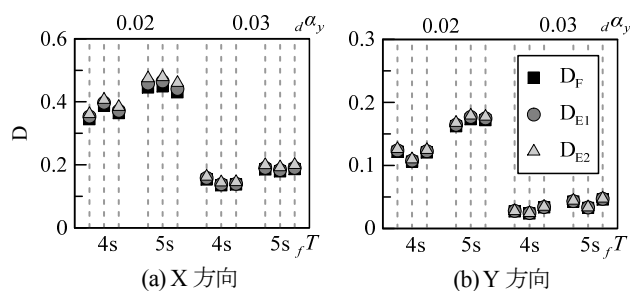


図8 再現期間500年の強風イベントによるD値と提案手法によるD値(左から第1, 2, 3波)

5. まとめ

本報その1, その2で提案を行なった10分間毎のデータを用いた強風イベント全体の免震ダンパーの疲労損傷評価手法を弾塑性解析モデルを用いて、免震層が塑性化するレベルの風応答に対しても検討を行い提案手法が妥当であることを示した。

参考文献

- 1) 村上智一, 佐藤大樹, 田村哲郎, 普後良之, 吉江慶祐, 笠井和彦, 佐藤利昭, 北村春幸: 風応答観測記録に基づく超高層免震建物の免震ダンパーの疲労損傷評価 その1, その2, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), pp.269-272, 2016.8
- 2) 佐藤大樹, 笠井和彦, 田村哲郎: 粘弾性ダンパーの振動数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
- 3) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説, 2015
- 4) 鈴木雅晴, 竹中康雄, 近藤明洋, 飯場正紀, 大熊武司, 松井正宏: 高層免震建築物の風応答時刻歴解析による検討(その3 風向変化を伴う3方向風力時刻歴波形の作成), 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.613-614, 2011.8

*1 JFE エンジニアリング

*1 JFE Engineering

*2 東京工業大学

*2 Tokyo Institute of Technology

*3 日建設

*3 Nikken Sekkei Ltd.

*4 風工学研究所

*4 Wind Engineering Institute

*5 東京理科大学

*5 Tokyo University of Science