

台風時における風向・風速変化を考慮した免震ダンパーの疲労損傷評価 Effects of Varying Wind Speed and Direction under Typhoon Event on Cumulative Damage to Isolated Building Damper

○佐藤大樹・西嶋一欽・吉敷祥一

○Daiki SATO, Kazuyoshi NISHIJIMA, Shoichi KISHIKI

The number of the seismic isolated high-rise building has been gradually increasing in Japan. However, the research of cumulative damage of steel damper due to wind-induced response is not sufficient. In the high-rise seismic isolated building with the low natural frequency, the seismic isolation layer may become plasticity against the strong wind. Therefore, it is important to investigate the cumulative damage of steel damper under typhoon event in wind resistant design and the maintenance of the steel dampers. This paper presents the evaluation method for cumulative damage of steel dampers that considers effects of varying wind speed and direction.

1. はじめに

近年、超高層建物にも免震構造が積極的に採用されるようになってきた。建物が高層化すると地震力に対して相対的に風荷重が大きくなるのに加え、風荷重は地震に比べ継続時間が長いといった特徴があるため、免震ダンパーの疲労損傷の評価が重要になってきている。現行の日本の耐風設計は、評価時間 10 分間として構築されている。しかし、疲労損傷等の累積的な荷重効果を考える場合には、風の作用時間や 10 分を超える変動に関する情報が必要になる。

そこで本報では、実観測記録に基づき検討を行い、10 分間毎に分割した免震層変位の時刻歴波形を用いて、平均成分を有する強風イベント全体における免震ダンパーの疲労損傷評価が出来る手法¹⁾について紹介し、時刻歴風応答解析結果を用いて本手法の妥当性を示す。

2. 簡易疲労評価手法¹⁾の概要

平均成分を有する強風イベント内に存在する周期が 10 分以上の波形による D 値を $\tilde{D}$ と定義し、評価手法の D 値 (D_E) を、10 分間毎のデータの D 値の合計 ($\sum D'_{10}$) を用いて式(1)で算出する。

$$D_E = \tilde{D} + \sum_{j=1}^{n'} D'_{10} \quad (1)$$

ここで、 j : 10 分間のステップ、 n' : 10 分間毎のデータ数である。 $\tilde{D}$ は、10 分間毎の最大値 ($\delta_{\max}$)

と最小値 ($\delta_{\min}$) をつなげて作成した波形を用いて算出できる¹⁾。免震層変位の 10 分間毎の最大値、最小値およびその発生時刻が既知であるとし、10 分間毎のデータを用いて全体の D 値を算出する手法を提案手法 1 と呼び、その D 値を D_{E1} とする。最大値最小値は観測記録の値を使用するが、発生時刻を規定せず必ず最大値が先に発生するものを提案手法 2 と呼びその D 値を D_{E2} とする。なお、全波形に対して直接 Rainflow 法を用いて評価した D 値を D_F とする。

3. 解析モデルおよび風力の概要

解析モデルは、超高層免震建物を対象とした高さ 120m 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 2.4 s、重量は高さ方向に一様であると想定した。免震周期 fT を 4.0 s、5.0 s の 2 通り設定した。

10 分間相当の風力データから台風 (図 1) のように長時間の風外力を作成する場合、風洞実験に基づいた異なる時間、風向の風力波形を繋げる必要が生じる。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付近の波形と始まりの部分には三角関数を用いて重ね合わせることで²⁾、徐々に変化させながら繋いでいる (図 2)。

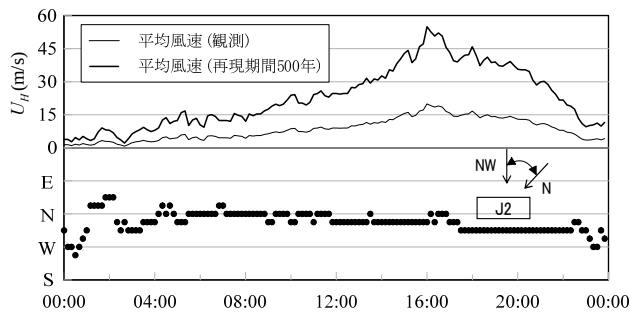


図1 風速風向および再現期間 500 年の風速

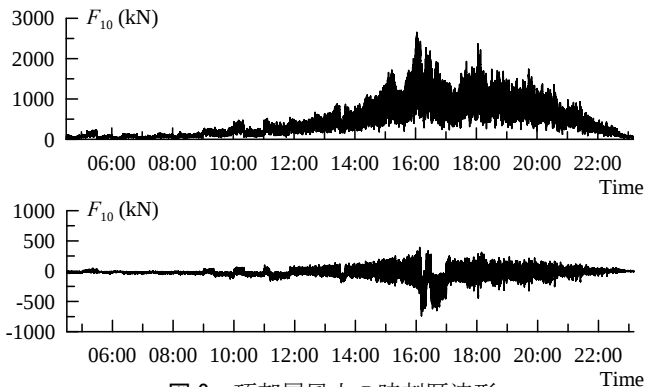


図2 頂部層風力の時刻歴波形

4. 疲労損傷評価

図3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3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。

図4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値と提案手法のD値を示す。図4より、強風イベント全体のD値は同一の風力波形において $fT = 5.0s$ の解析モデルのほうが大きくなっていることが分かる。また、 $d\alpha_y = 0.03$ のほうがD値は小さくなった。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全波形に対して直接 Rainflow 法で評価したD値 (D_F) 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。

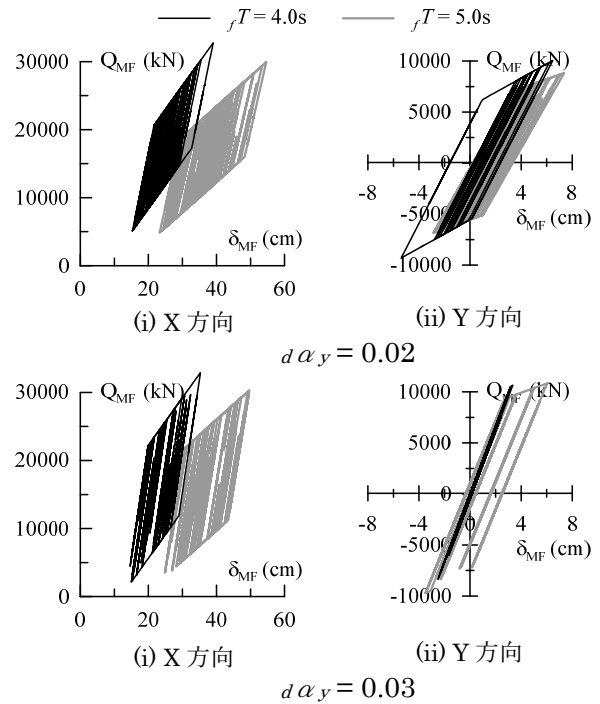


図3 最大平均風速発生時 10 分間の免震層履歴曲線

5. まとめ

本報では、10 分間毎のデータのみ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について紹介するとともに、弾塑性風応答解析結果を用いて本手法の妥当性を示した。

参考文献

- 1) 村上智一, 佐藤大樹, 吉江慶祐, 田村哲郎, 普後良之, 佐藤利昭, 北村春幸, 笠井和彦: 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 2 10 分間毎のデータを用いた疲労損傷評価手法の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-1, pp.271-272, 2016.8
- 2) 鈴木雅靖, 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

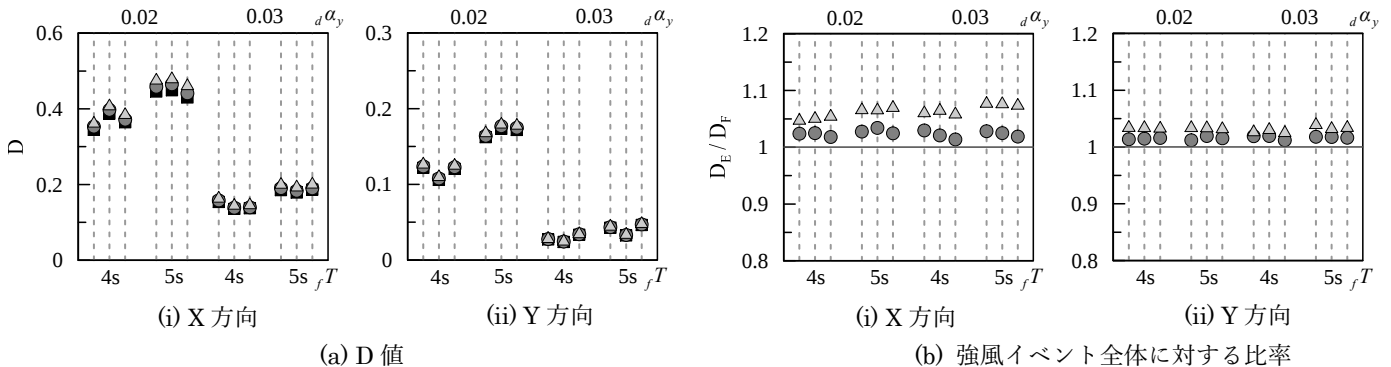


図4 再現期間 500 年の強風イベントによる D 値と提案手法による D 値

■ D_F ● D_{E1} ▲ D_{E2}