T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	超高層免震建物の風応答観測記録に基づく鋼材ダンパーの疲労損傷評価
Title(English)	Fatigue Damage Evaluation for Steel Dampers of High-Rise Seismic Isolated Building Based on Wind-Induced Response Observation Data
著者(和文)	佐藤大樹
Authors(English)	Daiki Sato
出典(和文)	日本風工学会誌, Vol. 43, No. 1, pp. 17-18
Citation(English)	, Vol. 43, No. 1, pp. 17-18
発行日 / Pub. date	2018, 1

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

Wind Engineers, JAWE
Vol.43, No.1(No.154), January 2018

日本風工学会誌
第 43 巻第 1 号（通号第 154 号）平成 30 年 1 月

特　集　風による繰り返し荷重効果，累積疲労損傷評価

超高層免震建物の風応答観測記録に基づく鋼材ダンパーの疲労損傷評価

Fatigue Damage Evaluation for Steel Dampers of High-Rise Seismic Isolated Building Based on Wind-Induced Response Observation Data

佐藤大樹*
Daiki SATO

１．はじめに

近年，免震建物においても高層化が進み，それに伴い建物に作用する風荷重も増大している。そのため再現期間 500 年のような強風時において，免震層に設置されている鋼材ダンパーの塑性化を許容する設計も出てきている。その場合，鋼材ダンパーの風に対する疲労を評価する必要がある。しかし，一般の建築に比べると免震構造の歴史はまだ浅く，実観測記録による検討が殆どなされていない。そこで本報では 20 階建ての超高層免震建物で風応答観測記録から免震層の鋼材ダンパーの疲労損傷度の検討を行った例を紹介する。また，設計時おいて有用な疲労損傷度の簡易評価手法についても紹介する。

２．建築物概要および計測概要 [1~3)]

検討対象建築物は図 1 に示す，東京工業大学すずかけ台キャンパス（横浜市緑区）の総合研究棟 2 号館（以降，J2 棟）である。地上 20 階，塔屋 2 階，高さ 91.85 m であり，平面形状 15.8 m × 46.2 m の扁平な形状を有する超高層免震建物である。免震層は直径 1100 mm，1200 mm の天然ゴム系積層ゴム計 16 基，鋼材ダンパー計 14 基，オイルダンパー 2 基から構成されている。そのうち直径 1100 mm のものは，鋼材ダンパーと一体型の積層ゴムとして用いられている。なお，この建築物の短辺方向を X 方向，長辺方向を Y 方向と定義する。免震層には計 13 ch の変位計が設置されている.J2 棟内には計 27 ch の加速度計，建築物頂部には 2 つの風速計が設置されている。

図 1　J2 棟の外観

３．免震ダンパーの疲労損傷度の分析 [4)]

表 1 に T0709（2007 年 9 月 6 日 ～ 2007 年 9 月 7 日）および T0720（2007 年 10 月 27 日 ）における台風全体と最大変位発生時 10 分間に対する D 値を示す。表 1 より各台風の D 値を比較すると台風全体，最大変位発生時 10 分間共に最大全変位振幅の大きい T0709 の方が大きいことが分かる。台風全体の D 値の対する最大変位発生時 10 分間の割合は, T0709 の X 方向で約 23%, Y 方向で約 0.2%, T0720 の X 方向で約 13%，Y 方向で約 2%と各台風全体と最大変位発生時 10 分間の D 値の比率に大きな違いがあり，その違いは各台風，各方向で異なる。

表 1　免震ダンパーの疲労損傷度

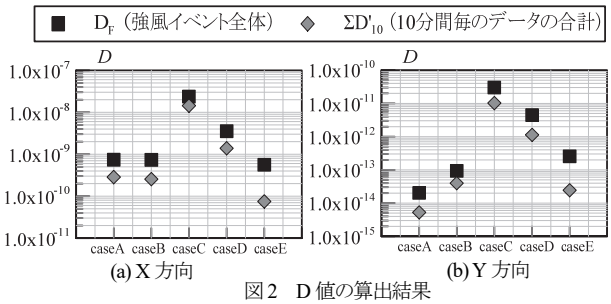
名称	方向	D値 (全体)	D値 (10分間)
T0709	X	6.77×10^{-8}	1.57×10^{-8}
	Y	1.42×10^{-8}	2.38×10^{-11}
T0720	X	3.30×10^{-8}	4.33×10^{-9}
	Y	5.35×10^{-10}	1.24×10^{-11}

＊　東京工業大学未来産業技術研究所　准教授
Associate Professor, FIRST, Tokyo Institute of Technology

4．10 分間毎のデータを用いた疲労損傷度評価手法[4)]

現行の耐風設計は最大応答値の評価が主目的であるため評価時間 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，当然ながら風の作用時間や10分を超える変動に関する情報が必要になる。ここでは，筆者等が提案した 10 分間毎のデータを用いた疲労損傷度評価手法について紹介する。

図 2 に 4 種類の観測された強風イベント（ここでは caseA～D とよぶ）における。強風イベント全体の D 値（D_F）と 10 分間毎のデータの D 値の合計（$\Sigma D'_{10}$）を示す。図 2 より，強風イベント，方向で異なるが，$\Sigma D'_{10}$ が，D_F に対して約 0.1～約 0.6 倍と小さい値を示した。つまり，10 分間の時刻歴波形に基づき算定した D 値を足し合わせる手法では，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 値を評価出来ておらず，過小評価となる。



(a) X 方向　(b) Y 方向

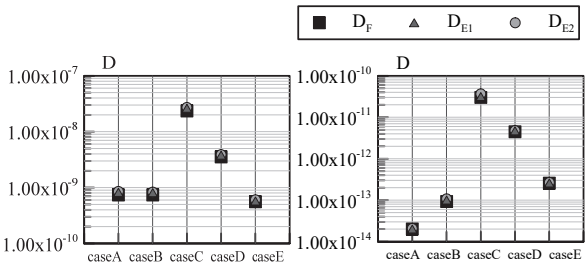
図 2　D 値の算出結果

そこで筆者等は，10 分間毎のデータを用いて周期が 10 分以上の波形の影響を考慮した平均成分を有する強風イベント全体の疲労損傷評価手法の提案した（式(1)）[4)]

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

ここで，j : 10 分間のステップ数，$\widetilde{D}$ 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される D 値である。詳細については文献 4) を参照されたい。ここでは免震層変位の観測記録において，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手法 1 と呼ぶ。また，観測記録における最大値，最小値の発生時刻を無視し，必ず最大値が先に発生すると仮定した評価手法を手法 2 とする。

図 3 に各強風イベントの全体の D 値（D_F）と手法 1 の D 値（D_{E1}），手法 2 の D 値（D_{E2}）を示す。図 3 より，D_{E2} は強風イベント，方向によらず D_F より大きく評価できていることが分かる。また，その値は D_F に対して約 1 倍～約 1.2 倍になることが確認できた。以上のことから，10 分間毎のデータの最大値，最小値の発生時刻が不明な場合においても 10 分間毎のデータから強風イベント全体の D 値が評価できることが分かった。なお，免震層を含む 11 質点モデルによる弾塑性風応答解析を行い，本手法の妥当性を確認していることを追記しておく[4)]。



(a) X 方向　(b) Y 方向

図 3　D 値の算出結果

5．まとめ

本報では，超高層免震建物の風応答観測記録を用いて免震層に設置されている鋼製ダンパーの累積疲労損傷度 D 値の評価を行った例を示した。風速が低いため D 値は小さい値となった。また，10 分間毎のデータを用いた疲労損傷度評価手法について紹介した。

免震建物の高層化による設計用風荷重は増大しており，超高層免震建物の風疲労評価は必要不可欠となってきてる。今後このような風応答の実観測記録を蓄積し，風荷重による疲労損傷度を評価できる手法を確立することで，疲労損傷評価の信頼性を高めていくことが重要である。

参考文献

1) 菊地ほか，「メガブレースを用いた超高層免震鋼構造建築物の設計」，日本建築学会技術報告集, pp.217-222, (2005.12)

2) 大木ほか，「超高層免震建物の長期観測システム構築に関する具体的取り組み」，日本建築学会技術報告集, pp.73-77，(2005.6)

3) 村上，佐藤ほか，「強風時の観測記録に基づく超高層免震建物の実挙動の分析」，構造工学論文集，pp.329-337，(2016.3)

4) 村上，佐藤ほか，「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 1～3」，日本建築学会大会学術講演梗概集，(2016.8, 2017.8)