T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

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2 10分間毎のデータを用いた疲労損傷評価手法の提案
Title(English)	Fatigue Damage Evaluation of Steel Damper of the High-Rise Seismic Isolated Building based on Wind-induced Response Observation Data Part2 Proposal of Fatigue Damage Evaluation Using every 10-minute data
著者(和文)	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
Authors(English)	Tomokazu Murakami, Daiki Sato, Keisuke Yoshie, TETSURO TAMURA, Yoshiyuki Fugo, Toshiaki Sato, Haruyuki Kitamura, KAZUHIKO KASAI
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-1, , pp. 271-272
Citation(English)	, vol. B-1, , pp. 271-272
発行日 / Pub. date	2016, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（九州） 2016 年 8 月

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

正会員　○村上　智一*1　　同　佐藤　大樹*1
同　吉江　慶祐*2　　同　田村　哲郎*1
同　普後　良之*3　　同　佐藤　利昭*4
同　北村　春幸*5　　同　笠井　和彦*1

風応答観測　超高層免震建物　免震ダンパー
平均成分　疲労損傷評価手法　10 分間

1.　はじめに

その 1 では，強風イベント全体の疲労損傷度（以後，D 値）と 10 分間毎のデータの疲労損傷度の合計を比較した。10 分間毎のデータの D 値の合計は強風イベント全体の D 値に対してイベント，方向により異なるが約 0.1 倍～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をしていることを確認した。

以上の結果を踏まえてその 2 では，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を行なう。

2.　10 分間毎のデータを用いた疲労損傷度評価手法

ここ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 $\tilde{D}$ 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（$\Sigma D'_{10}$）を用いて式(1)で算出する [5]。

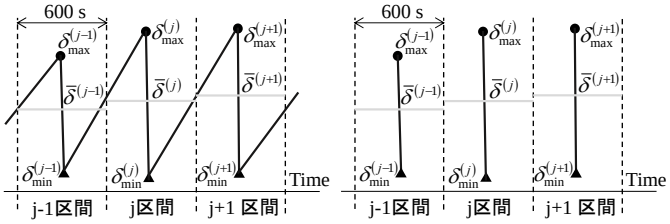
$$D_E = \tilde{D} + \sum_{j=1}^{n'} D'_{10} \tag{1}$$

ここで，j：10 分間のステップ数

$\tilde{D}$ は，10 分間毎の最大値（δ_{max}）と最小値（δ_{min}）をつなげて作成した波形（図 1(a)）を用いて算出される。なお，ここで用いる δ_{max} と δ_{min} は平均成分を含んだ値である。まず，図 1(a)の波形に対して Rainflow 法 [9,10]で評価した全振幅を用いて算出した D 値を $\hat{D}$ と定義する。この $\hat{D}$ には，式(1)の $\Sigma D'_{10}$ を算出する際にすでにカウントしている部分が図 1(b)に示すように，10 分間毎に 1/2 サイクルずつ含まれる。この重複部分の D 値を D''_{10} と定義し，$\tilde{D}$ を式(2)により算出する。

表 1　10 分間における最大値最小値波形の算出方法

	最大値・最小値	発生時刻
手法1	観測記録	観測記録
手法2	観測記録	必ず最大値が最初に発生する



(a)波形の作成方法($\hat{D}$)　(b) 重複している振幅(D''_{10})

図 1　評価手法の概要（$\tilde{D}$）

$$\tilde{D} = \hat{D} - \sum_{j=1}^{n'} D''_{10} \tag{2}$$

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（表 1）。具体的には 10 分間における発生時刻を考慮し，作成した波形（図 2）を用いて $\hat{D}$ を求める。図 3 に手法 1 の最大値最小値波形の一例として caseD の X 方向における最大変位発生時周辺の 50 分間の結果を示す。

図 4 に強風イベント全体の D 値（D_F）に対する手法 1 による D 値（D_{E1}）の割合を示す。図 4 より，D_{E1} は D_F に比べ，強風イベント，方向で異なっているが，約 1～約 1.1 倍と大きく評価できていることが分かる。

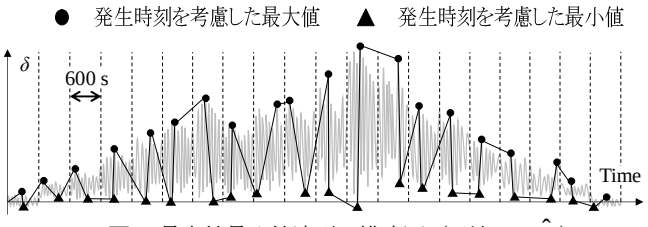


図 2　最大値最小値波形の模式図（手法 1，$\hat{D}$）

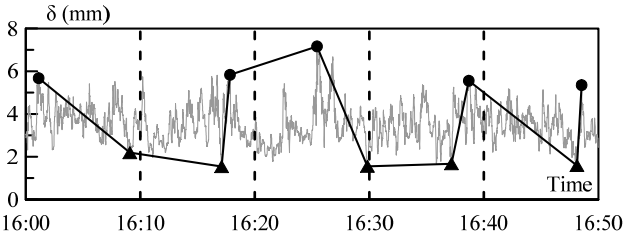


図 3　手法 1 の最大変位発生時周辺 50 分間の最大値最小値波形

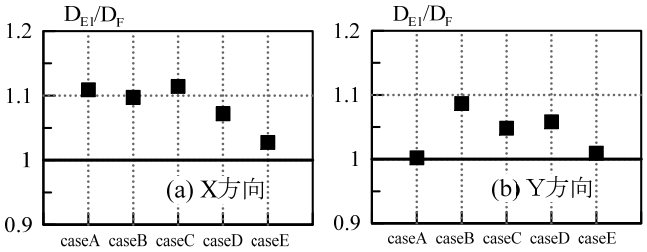


図 4　強風イベント全体と手法 1 の比較

3.　耐風設計法に準じた評価手法

2 章では，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場合において，10 分間毎のデータを用いて強風イベント全体の D 値を算出する手法を示した。しかし，スペク

Fatigue Damage Evaluation of Steel Damper of the High-Rise Seismic Isolated Building based on Wind-induced Response Observation Data
Part2 Proposal of Fatigue Damage Evaluation Using every 10-minute data

MURAKAMI Tomokazu, SATO Daiki, YOSHIE Keisuke, TAMURA Tetsuro, FUGO Yoshiyuki, SATO Toshiaki, KITAMURA Haruyuki, KASAI Kazuhiko

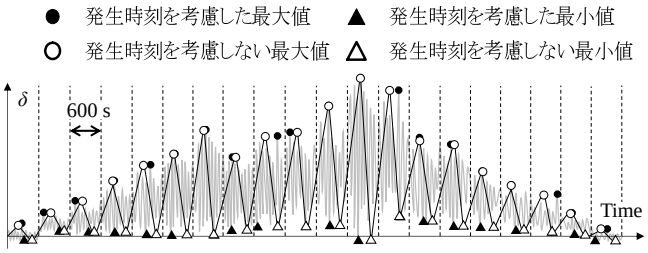


図 5 最大値最小値波形の模式図（手法 2, $\hat{D}$）

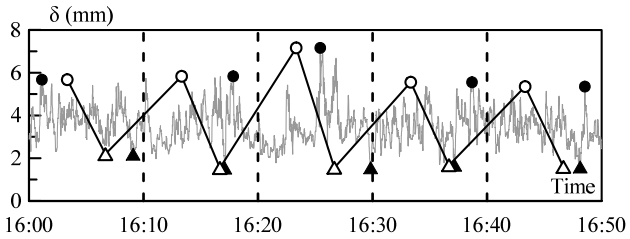
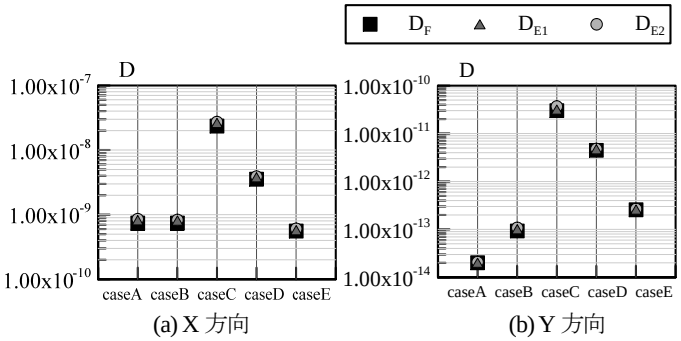


図 6 手法 2 の最大変位発生時周辺 50 分間の最大値最小値波形



(a) X 方向　　(b) Y 方向

図 7 D 値の算出結果

トル法により最大値，最小値を推定する場合にはそれらの発生時刻を規定することは出来ない。そこで，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，つないだ波形（図 5）を用いる評価手法を手法 2 とする（表 1）。なお，作成する波形の形状より手法 2 の D 値は手法 1 の D 値に比べ必ず大きい値を示すことが分かる。

図 7 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 7 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。以上の結果より，耐風設計においても最大値，最小値を適切に予測することができると強風イベント全体のデータを用いずとも強風イベント全体の D 値を評価することが可能であるということが分かった。

4. まとめ

その 2 では，10 分間毎のデータ用いて周期が 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評価手法の提案を行なった。以下に知見を示す。

(1) 最大値および最小値の発生時刻が既知である場合において，本報での提案手法 1 による D 値は，全成分の D 値に比べ，強風イベント，方向により異なるが，約 1 倍～約 1.1 倍と安全側に評価できていることが分かった。

(2) 10 分間毎のデータの最大値および最小値の発生時刻が規定出来ない場合においても（手法 2），10 分間毎のデータから全成分の D 値が評価できることが分かった。

(3) 最大値，最小値を適切に予測することが出来ると強風イベント全体のデータを用いずとも強風イベント全体の D 値を評価することが可能であるということが分かった。

謝辞

本研究は，東京工業大学田村研究室，（株）風工学研究所，東京理科大学北村研究室，東京工業大学佐藤研究室による研究会の成果の一部です。本研究を進めるにあたり，神奈川大学工学研究所大熊武司客員教授，（株）泉創建エンジニアリング丸川比佐夫博士，片桐純治博士，（株）日建設計，東京理科大学北村研究室による新耐風設計法研究会および日本免震構造協会耐風設計部会から貴重なご意見をいただきました。ここに記して，感謝の意を表します。また，本研究で用いた J2 棟の変位観測データは，東京工業大学 GCOE プログラムから提供して頂いたものであります。厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 吉田正邦他，風振動による鋼製部材の疲労損傷評価（その 1～3），日本建築学会学術講演梗概集，pp.79～84，1992
2) 成原弘之，泉満，浅見豊：風荷重に対する高層鋼構造骨組みの疲労設計，日本建築学会構造系論文集，第 465 号，pp.129-137，1994.11
3) 島岡俊輔，安井八紀，大熊武司，北村春幸，LRB 免震建物の風による疲労損傷の試算，日本建築学会技術報告集，第 21 巻，第 49 号，pp. 961～966, 2015.10
4) 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：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，Vol.62B，pp.329-337，2016.3
5) 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：強風時の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法の分析―その 1～その 2，日本建築学会関東支部研究報告集(CD-ROM)，2044～2045，2016.3
6) 菊地岳志，藤森智，竹内徹，和田章：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，第 22 号，pp.217-222，2005.12
7) 大木洋司，山下忠道，盛川仁，山田哲，坂田弘安，山中浩明，笠井和彦，和田章：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，第 21 号，pp.73-77，2005.6
8) 市原義孝，佐藤大樹，大木洋司，盛川仁，山田哲，坂田弘安，山中浩明，笠井和彦，和田章，北村春幸：観測記録に基づく超高層免震建物の応答特性に関する研究　その 2　風応答特性および振動数の変化，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.311-312，2008.9
9) 遠藤達雄，安在弘幸：簡明にされたレインフローアルゴリズム「P/V 差法」について，材料，Vol.30，No.328，pp.89-93，1981.1
10) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説　2012 年改訂版，pp.95-98，技報堂，2012.6
11) 吉敷祥一，大河原勇太，山田哲，和田章：免震構造用 U 字形鋼材ダンパーの繰返し変形性能に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第 73 巻，第 624 号，pp.333-340，2008.2

*1 東京工業大学　*1 Tokyo Institute of Technology　*2 日建設計　*2 Nikken Sekkei Ltd
*3 風工学研究所　*3 Wind Engineering Institute　*4 九州大学　*4 Kyushu University
*5 東京理科大学　*5 Tokyo University of Science