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)	風速・風向変化を考慮した免震ダンパーの疲労損傷度評価手法
Title(English)	Proposal of Fatigue Damage Estimation Method for Dampers in Base Isolated Story using Typhoon Simulation
著者(和文)	馬橋聖生, 佐藤大樹
Authors(English)	Sei Mabashi, Daiki Sato
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 259-260
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 259-260
発行日 / Pub. date	2019, 9
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
（北陸） 2019 年 9 月

風速・風向変化を考慮した免震ダンパーの疲労損傷度評価手法

正会員 ○馬橋聖生[*1] 同 佐藤大樹[*1]

免震構造　疲労損傷度　頂部平均風速
台風シミュレーション　風応答解析　風速・風向変化

1. はじめに

1995 年に発生した阪神・淡路大震災以降，大地震時においても主架構が損傷しない免震構造の需要が高まった．近年，免震構造に関する技術的進歩に伴い，集合住宅や事務所ビルに免震構造が積極的に採用され，超高層建物への適用も拡大しており [1]，今後もさらに増加する事が予想される [1]．

建物が高層化すると地震力に対して相対的に風外力が大きくなる傾向があり，風外力に対し特に免震部材を弾性限界近くか，それ以上の領域での検討が必要となってきている．また，風外力は継続時間が非常に長いので，風外力時の最大応答だけでなく，継続時間中の繰返しに対する評価，つまり免震ダンパーの疲労損傷度（以下，D 値）の評価が必要となる．また，既往の研究において，風荷重の風速・風向の時刻歴変化が D 値にもたらす影響も確認され [2]，適切に評価することが求められている．

現状，強風イベントの継続時間や風速・風速の変化を考慮した D 値の評価に必要とされる時刻歴応答解析に要する時間は膨大であり，時間的な制約の厳しい設計実務において，時刻歴風応答解析による時間的負担を軽減する方法が望まれる．

そこで本報では，免震ダンパーの D 値と風外力の平均風速 U_H の関係性に着目し，設計段階において風速・風向の時刻歴変化を考慮した D 値を比較的簡易に評価する方法の提案を目的とする．

2. 解析概要

2.1 解析モデル概要

解析モデルは，超高層免震建物を対象とした高さ $H = 100$ m の 11 質点せん断型モデルとし，辺長比 $B / D = 1$ とした正方形の面積を有している．上部構造は，1 次固有周期 ${}_uT_0 = 2.5$ s，建物密度 ${}_u\rho = 250$ kg / m^3 の総重量 ${}_uW = 98000$ kN とし，重量は高さ方向に一様であると仮定した．Fig. 1 に示される灰色の矢印は風外力を表しており，建物幅 B に対して正対する方向を風向 0°としている．免震層は免震周期 ${}_1T_0 = 5.0, 6.0$ s，ダンパー降伏せん断力係数 $\alpha_{dy} = 0.02, 0.03, 0.04$ とし，その他の上部構造特性，免震層の諸元については文献 3) を参照されたい．

2.2 風外力概要

Fig. 2, 3 に台風シミュレーション [4] より算出した強風イベントの風速, 風向の時刻歴変化を示す. 風外力の作成には，風速・風向変化の情報と風洞実験結果 [5] を用いて 1 つの強風イベント毎に 5 波ずつの計 50 波の風外力を作成する [2]．

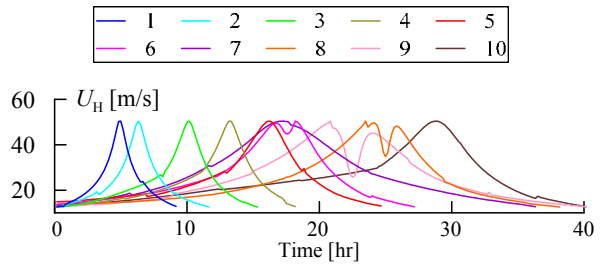


Fig. 2　Time-history of wind speed

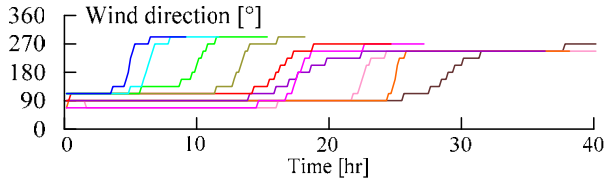
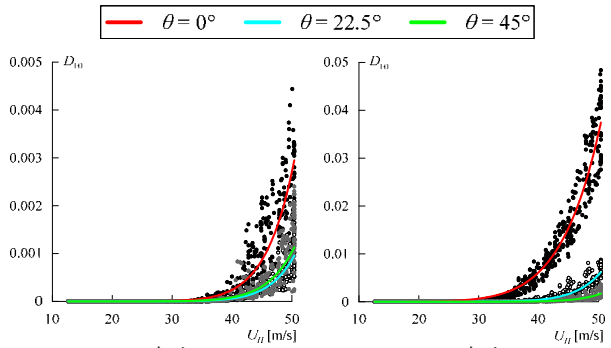


Fig. 3　Time-history of wind direction

3. 時刻歴応答解析結果

3.1 疲労損傷度と頂部平均風速の関係式の作成

時刻歴風応答解析の結果を用いて，平均風速が一定である 10 分間の D 値 D_{10} とその時の頂部平均風速の関係式 U_H を作成する．Fig. 4 に，D_{10} と U_H の関係図を示す．図中に示される実線は，散布するデータより最小二乗法を用いて導出された D - U_H 関係式を示している．本報では，22.5° 刻みで 45 度までの範囲において D - U_H 関係式を作成しており，凡例に示される各風向は 10 分間の時刻歴応答解析時の風荷重の入力方向を示している．



(a) x 方向　(b) y 方向

Fig. 4　D_{10} と U_H の関係図（${}_1T_b = 6$ s，$\alpha_{dy} = 4$ %，風向 0°）

Fig. 4 より，風荷重の入力風向により D - U_H 関係式の形状は異なっていることが確認できる．x 方向では，$\theta = 0°$ においてもっとも勾配を持つ曲線となり，$\theta = 22.5°$ において，最も勾配が小さくなる．y 方向では $\theta = 0°$ においてもっとも勾配を持つ曲線となり，$\theta = 45°$ において，最も勾配が小さくなる．

最小二乗法を用いて D - U_H 関係式を導出する際，1 つの強

風イベント全体における D 値に対し累積値が 90%以上を占める風速となるように，$\alpha_{dy}=0.02$ では，$U_H=35$ m/s，$\alpha_{dy}=0.03$, 0.04 では，$U_H=40$ m/s における D_{10} の値のみを用いている．

3.2 D - U_H 関係式の精度評価

本節では，3.1 節の方法により導出した D - U_H 関係式による予測値 ${}_pD$ と時刻歴応答解析により得られた精解値 ${}_FD$ を比較し，関係式の精度を評価する．式 (1), (2)に，関係式より算出した 10 分間予測値 ${}_pD_{10}$ と強風イベント全体の予測値 ${}_pD$ を示す．

$$ {}_pD_{10} = CU_H{}^{\alpha} \tag{1} $$

$$ {}_pD = \sum_{j=1}^{N} {}_pD_{10}\left(U_H{}^{(j)}, \theta^{(j)}\right) \tag{2} $$

ここで，C，α：解析値よりもとめた係数，θ：風向を表す．

Fig. 5 に，予測値，精解値それぞれの各強風イベントにおける D_{10} の累積値ΣD_{10} の時刻歴波形を示し，Table 1 に，精解値 ${}_FD$ に対する予測値 ${}_pD$ の倍率を示す．時刻歴風応答解析の風向条件は，台風シミュレーションより算出した風向変化条件を考慮し時々刻々と変化している [2]．

Fig. 5 より，時刻歴応答解析より算出した精解値 ${}_FD$ と D - U_H 関係式より算出した予測式 ${}_pD$ は，強風イベントの任意の時刻までの累積値，強風イベント終了時の D 値ともに良好な対応を示している．これは，強風イベントや最大風速時における風向に関わらず良好な精度を示している．

Table 1 より，精解値 ${}_FD$ と予測値 ${}_pD$ の大小関係は強風イベントや風向条件により異なる．しかし，${}_FD$ と ${}_pD$ の差は最大でも 1 割未満である．

4. まとめ

本報では，設計実務における時間的負担の軽減を目的として，時刻歴応答解析を行なうことなく免震ダンパーの疲労損傷度評価を行なう方法を示した．提案した D - U_H 関係式による予測値は，時々刻々と変化する風向を考慮した強風イベントにおいても D 値を高い精度で評価することができた．

Table 1　${}_pD$ / ${}_FD$

	M_000	M_225	M_450
Sample 1	1.01	0.95	1.00
Sample 2	0.99	1.02	0.97
Sample 3	1.08	1.03	0.99
Sample 4	1.00	0.96	1.01
Sample 5	1.01	1.02	0.99
Sample 6	0.91	1.08	0.97
Sample 7	1.02	1.01	0.95
Sample 8	1.02	1.06	0.94
Sample 9	1.02	1.06	0.92
Sample 10	1.02	0.96	0.99

5. 今後の課題

本論で提案した D - U_H 関係式は，本解析条件においてのみ有効といえる式であるため，現状では汎用性の高い式とは言い難い．今後は，建物特性や風外力特性を考慮した場合の D - U_H 関係式の予測法を確立し，より汎用性の高い式を提案できる手段について検討を行なう必要がある．

謝辞

本報を作成するに当たり，日建設計株式会社，泉創建エンジニアリング，神奈川大学，東京工業大学佐藤研究室による新耐風設計法研究会の皆様，京都大学防災研究所共同研究に多大なる協力を得ました．また，台風シミュレーションは，京都大学防災研究所西嶋一欽准教授，団栗直希君にご提供いただきました．ここに感謝の意を表します．

参考文献

1) 一般社団法人日本免震構造協会：2016 年度免震建築物の計画推移，2018.6
2) 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－，日本建築学会学術講演梗概集，2018.9
3) 馬橋聖生，佐藤大樹：台風シミュレーションを用いた免震ダンパーの疲労損傷評価，第 25 回風工学会シンポジウム，pp.373-378，2018
4) 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
5) 丸川比佐夫，大熊武司，北村春幸，吉江慶祐，鶴見俊雄，佐藤大樹：風洞実験に基づく高層建物の多層層風力によるエネルギー入力性状（その 2　矩形高層建築物に作用する層風力特性），日本建築学会学術講演梗概集, B-1, pp.193-194, 2010.8

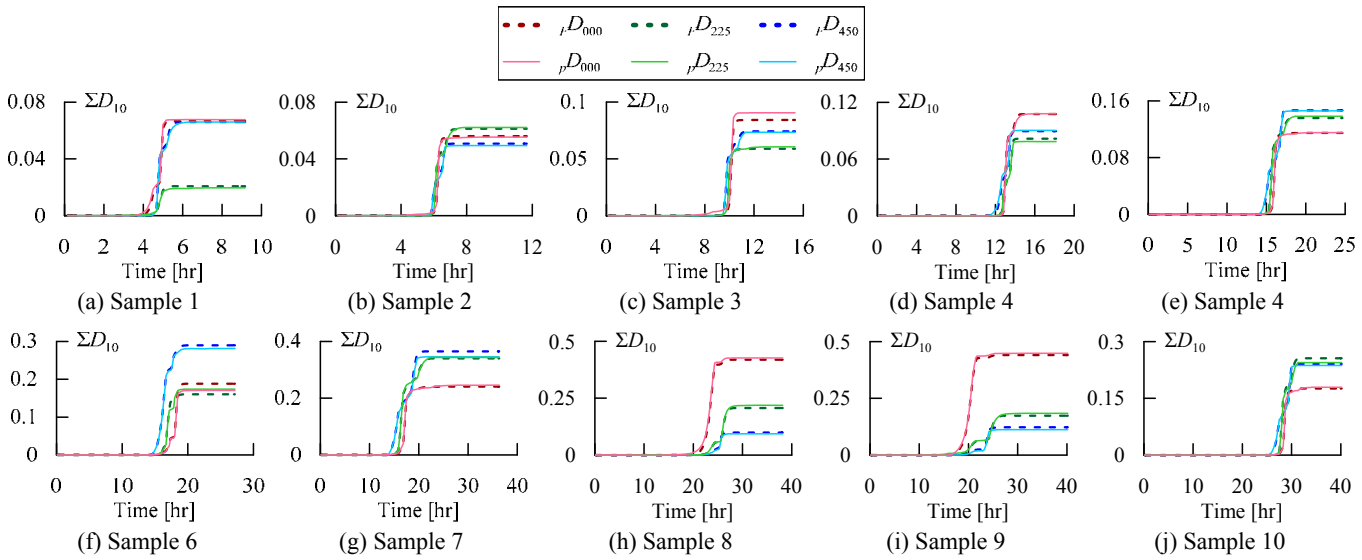


Fig. 5　Comparison of ${}_pD$ and ${}_FD$（${}_1T_b = 6$ s，$\alpha_{dy} = 4$ %）

*1 東京工業大学　　*1 Tokyo Institute of Technology