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)	変動風力を受ける多質点弾塑性建物のエネルギー吸収分担の分析
Title	
著者(和文)	池上昌志, 吉江慶祐, 佐藤大樹, 小川諒, 北村春幸
Authors	Keisuke Yoshie, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-1, , pp. 201-202
Citation(English)	, vol. B-1, , pp. 201-202
発行日 / Pub. date	2013, 8
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf:http://ci.nii.ac.jp/naid/110009683133

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

Architectural Institute of Japan

20101

日本建築学会大会学術講演梗概集
（北海道） 2013 年 8 月

変動風力を受ける多質点弾塑性建物のエネルギー吸収分担の分析

正会員 ○池上昌志*1 同 吉江慶祐*2 同 佐藤大樹*1
同 小川諒*1 同 北村春幸*1

風外力 超高層制振建物 履歴型ダンパー
多質点系 構造減衰 エネルギー分担

1. はじめに

エネルギーの釣合を利用した弾塑性風応答予測に関して，吉江ら [1]は，風応答は 1 次モードが支配的として，1 質点系の風応答予測手法を研究しており，その有効性を示している。さらに平井ら [2]は，吉江らの手法を多質点系へ拡張するために，多質点系での風外力に対して，損傷に寄与するエネルギーE_D [3]を配分する手法を示した。E_D は入力エネルギーから建物の構造減衰による吸収エネルギー${}_f W_h$ を除いた値である。風荷重によるダンパーの塑性化の程度は地震荷重のそれと比べて小さいため，構造減衰による吸収エネルギーの評価が重要である。しかし，風応答時の構造減衰による吸収エネルギーについて行われた研究はほとんどなく，不明な点が多い。

そこで本研究では，多質点系でのエネルギーの釣合に基づく弾塑性風応答予測手法を構築するための基礎研究として，風外力に対する構造減衰による吸収エネルギーの分担を時刻歴応答解析結果より評価する。

2. 解析対象モデルと風外力の概要

検討対象建物の諸元と想定立地条件，解析モデルを図 1 に示す。解析モデルは超高層制振建物を対象とした 10 質点せん断型モデルとした。フレームは，1 次固有周期 ${}_f T_1$ = 5.0 秒,総質量は 56000 ton とし，質量は高さ方向に一様であると想定した。なお，本研究では辺長比 D/B = 1.0, 3.0（図 2）においても平面積（B（幅）× D（奥行き））を全層で等しく 1600m^2 と設定しているため，辺長比ごとにそれぞれ B, D が異なる。構造減衰はフレームのみの 1 次固有周期 ${}_f T_1$ に対して減衰定数 h_1 = 0.01, 0.02 の 2 パターンの剛性比例型とした。各層のフレーム剛性 ${}_f k_i$ は，建物の 1 次固有モードが直線となるように決定した [4]。本報では履歴型ダンパーを用いた。各層のダンパー剛性 ${}_d k_i$ とフレーム剛性 ${}_f k_i$ の比率を，各層一定で，${}_d k_i / {}_f k_i$ = 1.0 とした。フレームとダンパーを合わせた状態をシステムとすると，システムの固有周期は ${}_s T_1$ = 3.58 秒となる。ダンパーの降伏層せん断力比分布を既往研究 [2] にならい，3 段階に分割するモデルを用いた。

構造物に作用する風外力は風洞実験結果 [5] を用いた。本研究では，30 組の応答のアンサンブル平均結果により応答を評価した。解析開始時の過渡応答の影響を避けるため，各風力波形の先頭 50 秒にエンベロープを設けた後，50 ～ 650 秒の 10 分間で各応答を評価した。検討用風向は平均成分を含まない変動成分のみの風方向風力，風直交方向風力とし，風方向，風直交方向と表記する。

表 1 解析パラメーター

	解析パラメーター
風向	風方向, 風直交方向
ダンパー量 ${}_d\alpha_{y1}$	0,0.003,0.005,0.007,0.01,0.012, 0.015,0.017,0.02,0.022,0.025,0.027,0.03
辺長比 D/B	1.0，3.0
減衰定数 h_1	0.01，0.02

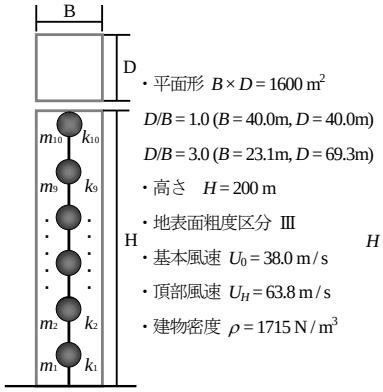
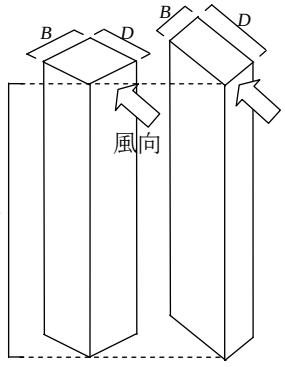


図 1 弾塑性解析モデル概要



(a) D/B = 1.0 (b) D/B = 3.0

図 2 辺長比 D/B

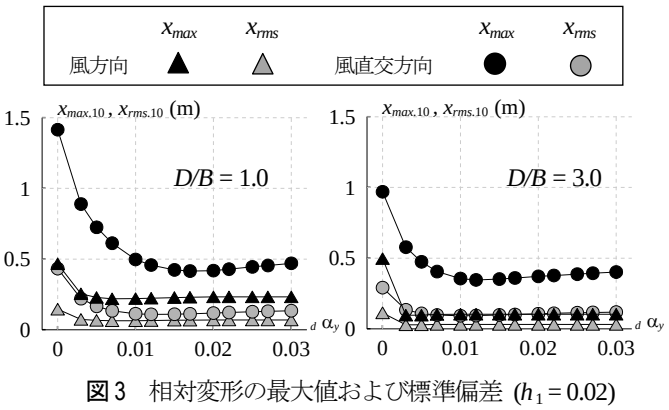


図 3 相対変形の最大値および標準偏差 (h_1 = 0.02)

3. 時刻歴応答解析を用いたエネルギー吸収分担の検討

3.1 ダンパー量による応答結果の傾向

表 1 に示すパラメーターを用いて，時刻歴解析を行い，風力方向およびダンパー量，辺長比の違いによる応答を確認した。図 3 に風力方向別，第 10 層における相対変形の最大値 x_{max} および標準偏差 x_{rms} を示す(h_1 = 0.02)。D/B = 1.0 に着目すると，相対変形の最大値および標準偏差は，風直交方向の方が風方向より大きいことが確認できた。風直交方向では，相対変形の最大値および標準偏差はダンパー量が増加すると減少し，ダンパー量 2%程度で頭を打ち，以降増加していることが確認できた。この傾向は風方向でも同様に見られる。D/B = 3.0 に着目すると，D/B = 1.0 と同様の傾向が見られ，風力方向によらず，相対変形の最大値および標準偏差はダンパー量が増加すると減少するが，ダンパー量 1%程度で頭を打ち，以降増加していることが確認できた。相対変形の最大値および標準偏差は D/B = 1.0 の方が D/B = 3.0 より大きかった。

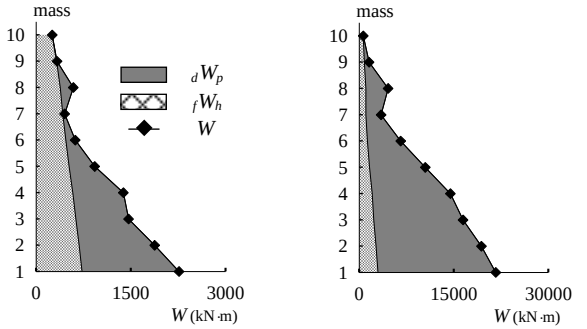
3.2 エネルギー吸収分担の検討

図 4 にダンパー量 1%における，風力方向別，高さ方向におけるエネルギー吸収分担を示す(h_1 = 0.02，B/D = 1.0)。ここで，

Energy Evaluation for Passive Controlled High-Rise Building with Hysteretic Damper to Fluctuating Wind Force

IKEGAMI Masashi, YOSHIE Keisuke, SATO Daiki
Ryo Ogawa, KITAMURA Haruyuki

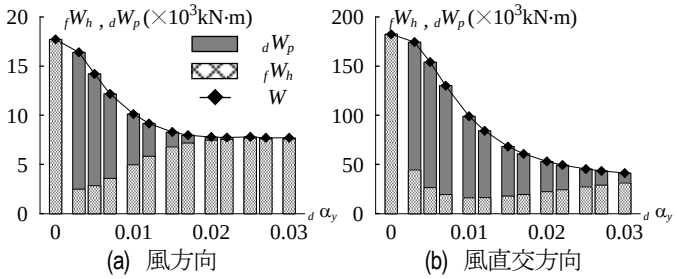
NII-Electronic Library Service



(a) 風方向　　(b) 風直交方向

図 4 エネルギー吸収分担 ($_d\alpha_{y.1}$= 0.01, D/B = 1.0, h_1 = 0.02)

$_dW_p$ はダンパーが吸収したエネルギー，$_fW_h$ は構造減衰による吸収エネルギー，W は建物全体の吸収エネルギーとする。図 4(a)に着目すると，W は下層ほど大きくなっていることがわかった。$_fW_h$ も W 同様，下層ほど大きくなっていることが確認できた。吸収エネルギーに占める構造減衰による吸収エネルギーの割合に着目すると，上層では大きく，下層では小さくなる傾向がわかった。図 4(b)に着目すると，図 4(a)と同様の傾向を示し，W および $_fW_h$ は下層ほど大きくなっていることがわかった。図 4 に着目すると，各層での W は風直交方向の方が風方向よりも大きいことを確認した。吸収エネルギーに占める構造減衰による吸収エネルギーの割合は，風直交方向の方が風方向よりも小さいことがわかった。図 5 に，縦軸を各エネルギー，横軸をダンパー量とし，各風力方向で，ダンパー量の違いによるエネルギー吸収分担を示す（D/B = 1.0，h_1 = 0.02）。図 5(a)に着目すると，ダンパー量が増加するにつれて W は減少したが，$_fW_h$ は増加した。ダンパー量 2%を超えるとダンパーの塑性化は小さいため，W は一定となった。図 5(b)に着目すると，図 5.(a)と同様に，ダンパー量が増加するにつれて W は減少した。図 5(a)と異なる点として $_fW_h$ はダンパー量が増加するにつれて減少し，ダンパー量 1%程度で頭を打ち，その後は増加した。



(a) 風方向　　(b) 風直交方向

図 5 ダンパー量別エネルギー吸収分担 (D/B = 1.0, h_1 = 0.02)

3.3 構造減衰による吸収エネルギーの評価

表 1 に示すパラメーターを用いて，時刻歴解析を行い，各層で構造減衰による吸収エネルギー $_fW_{h.i}$ を評価した。なお，ダンパー量については代表として $_d\alpha_{y.1}$= 0.005, 0.01, 0.02 とした。評価には i 層における入力エネルギーに占める構造減衰による吸収エネルギーの割合 $\alpha_{h.i}$ を用いた。$\alpha_{h.i}$ は次式で表される。

$$\alpha_{h.i} = \frac{_fW_{h.i}}{W_i} = \frac{_fW_{h.i}}{_fW_{h.i} + _dW_{p.i}} \tag{2}$$

ここで，W_i ：i 層における吸収エネルギー($_dW_p$ + $_fW_h$)，$_dW_{p.i}$ ：i 層におけるダンパーによる吸収エネルギーである。

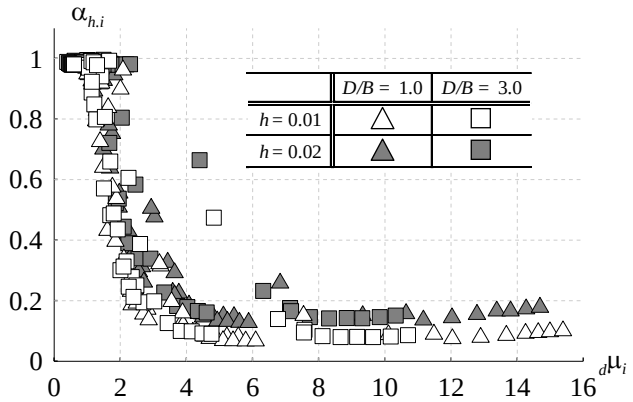


図 6 $\alpha_{h.i}$ の減衰定数と辺長比による影響

図 6 に表 1 のパラメーターより求まる解析結果を示す。横軸を各層におけるダンパーの塑性率 $_d\mu_i$，縦軸に各層における構造減衰による吸収エネルギーの割合 $\alpha_{h.i}$ とする。なお，$_d\mu_i$ は次式で表される。

$$_d\mu_i = \frac{_d\delta_i}{_d\delta_{yi}} \tag{3}$$

ここで，$_d\delta_i$ ：i 層におけるダンパーの最大変形，$_d\delta_{yi}$ ：i 層におけるダンパーの降伏変形である。

h_1 = 0.02 の D/B = 1.0（▲印）に着目すると，$\alpha_{h.i}$ は $_d\mu_i$ が増加すると減少した。また，$\alpha_{h.i}$ は，風力方向およびダンパー量の違いによらず，ダンパーの塑性率により影響を受けることを確認した。h_1 = 0.02（▲,■印）に着目すると，D/B の違いによらず，同程度の $_d\mu_i$ ならば $\alpha_{h.i}$ は等しくなることがわかった。これは h_1 = 0.01（△,□印）としても同様の傾向を示した。

4. まとめ

風外力に対する構造減衰による吸収エネルギーの特性を時刻歴応答解析結果より評価した。入力エネルギーに占める構造減衰による吸収エネルギーの割合 $\alpha_{h.}$ は高さ方向に着目すると，下層ほど小さくなり，ダンパー量に着目すると，ダンパー量が増加するほど大きくなることがわかった。ダンパーの塑性率に着目すると，ダンパーの塑性率が増加すると，$\alpha_{h.}$ は減少することを確認した。$\alpha_{h.i}$ は風力，ダンパー量，辺長比の違いによらず，ダンパーの塑性率により影響を受けることがわかった。

謝辞

本研究は，神奈川大学大熊武司教授，（株）泉創建エンジニアリング，（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の成果の一部です。特に，本研究を進めるにあたり，大熊武司教授，（株）泉創建エンジニアリングの丸川比佐夫博士，片桐純治博士，鶴見俊雄氏からご指導を賜りました．ここに記して，感謝の意を表します．

参考文献

1) 吉江慶祐，北村春幸，大熊武司，和田章：エネルギーの釣合に基づく平均成分を有する広帯域性変動風力を受ける弾塑性構造物の応答予測手法，日本建築学会構造系論文集，pp.21-28, 2006. 10
2) 平井宏幸，吉江慶祐，佐藤大樹，北村春幸：エネルギーの釣合いに基づく変動風力を受ける超高層制振建物の損傷分配評価，日本建築学会関東支部研究報告, 2011, 3,
3) 秋山宏：エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計, 1997
4) 佐藤大樹，笠井和彦，田村哲朗：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, pp.75-82, 2009.1
5) 片桐純治，大熊武司，鶴見俊雄 ：高層免震建築物の一般化風力特性，日本建築学会学術講演梗概, B-2, pp.139 - 140, 2010.9

*1 東京理科大学
*2 株式会社　日建設計

*1 Tokyo University of Science.
*2 Nikken Sekkei Ltd.

NII-Electronic Library Service