

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	履歴型ダンパーを有する制振構造物の変動風力に対する応答特性
Title	
著者(和文)	鈴木悠也, 吉江慶祐, 佐藤大樹, 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-2, , pp. 523-524
Citation(English)	, Vol. B-2, , pp. 523-524
発行日 / Pub. date	2008, 9
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/110007066243

履歴型ダンパーを有する制振構造物の変動風力に対する応答特性

正会員
同○鈴木悠也*¹
佐藤大樹*³同
同吉江慶祐*²
北村春幸*⁴

制振構造物	風外力	弾塑性応答
平均風力	多質点系	高次モード

1. はじめに

一般的に建築物は、風外力に対して弾性設計が行われている。しかし、建物の高層化、また、履歴型ダンパーを有する制振構造物の普及により、風荷重によってダンパーが降伏するケースも考えられ、風荷重に対する弾塑性応答の評価の必要性が生じてきている。弾性の風応答は1次モードが卓越し、塑性化による振動形の変化は小さいと仮定した1質点系による検討が行われてきた¹⁾が、弾塑性応答時において、その妥当性は明らかではない。

そこで本研究では、弾塑性ダンパーを有する高層建築物の多質点系風応答特性を把握するとともに、風応答予測を行うための基礎研究として、風応答時の高次モードの影響を明らかにすることを目的とする。

2. 解析概要

本研究で用いる解析対象は、50層フレームモデルから置換した10質点せん断型モデルとする。10質点せん断型モデルは以下の手順で作成した。図1にモデル作成手順の概略を示す。まず、フレームモデルを作成する(図1(a))。対象とする建物は、平面形状32m×38.4m、頂部高さ201.5mで、純ラーメン架構の地上50階鋼構造とする。現実的な建物を想定するため、許容応力度計算におけるルート3、幅厚比FAランク、柱・梁曲げ耐力比1.5を満たし、かつ、標準せん断力係数が一次設計で $C_0 = 0.2$ 、二次設計で $C_0 = 0.45$ を目指して設計した(1次固有周期 $T_1 = 6.95$ (秒))。図2に対象建物伏図および想定立地条件を示す。次に、フレームモデルをもとに50質点せん断型モデルを作成する(図1(b))。各質点の質量 M はフレームモデルの各層質量とする。フレームモデルの A_i 分布による静的解析結果をフレーム層剛性 K_f とし、 $K_d/K_f = 1$ となるダンパー弾性剛性 K_d を想定して、各層バネ剛性 K は、 $K_f + K_d = K$ より得る。さらに、50質点せん断型モデルの5質点ずつを1質点に縮約し、10質点せん断型モデルに置換する(図1(c))。1次固有周期はダンパーの弾性剛性を加えた50質点せん断型モデルと同じ($T_1 = 4.91$ (秒))とし、各質点の質量 m はその質点に相当する50質点せん断型モデルの5質点分の質量 M を足し合わせたものを用いる。各質点の1次モード ϕ は、5質点の中央の質点の値 ϕ と等しくする。各層剛性 k_j は次式より求められる。

$$k_j = \frac{\omega_s^2 m_j \phi_{j,s} + k_{j+1} (\phi_{j+1,s} - \phi_{j,s})}{\phi_j - \phi_{j-1}} \quad : j=1 \sim n \quad (1)$$

ここで、 k_j : j 層の剛性、 ω_s : s 次固有円振動数、 m_j : j 層の質量、 $\phi_{j,s}$: j 層 s 次のモードベクトル、 n : 層数を表す。ただし、 $j+1 > n$ の場合は $k_{j+1} = 0$ とする。

図3に10質点せん断型モデル($T_1 = 4.91$ (秒))におけるダンパー弾性時の1~3次の刺激関数を示す。また、10

質点せん断型モデルの1~3次固有周期は、4.91, 1.94, 1.23秒となった。

弾塑性時刻歴応答解析の解析パラメータは、第一・第二剛性の比 $\alpha = 0.50$ 、ダンパーの降伏層間変形角 $R_y = 1/333, 1/500, 1/1000$ とする。弾塑性時刻歴応答解析では、ダンパーの復元力特性はNormal Bi-Linear型とし、フレームは弾性、構造減衰は無しとした。

風外力は文献2による風方向(Aタイプ)、風直交方向(Cタイプ)の変動風力のパワースペクトル密度をもとに、三角級数モデル³⁾により模擬風力波形をシミュレートして用いた。風外力は各タイプにつき0.01秒刻み65531ステップで10波作成し、応答は、10分間における10波それぞれの値のアンサンブル平均により評価する。図4に作成した風力波形の例として、9層での風力時刻歴を示す。Aタイプに比べ、Cタイプは、周期が短く、鋭い波形であることがわかる。

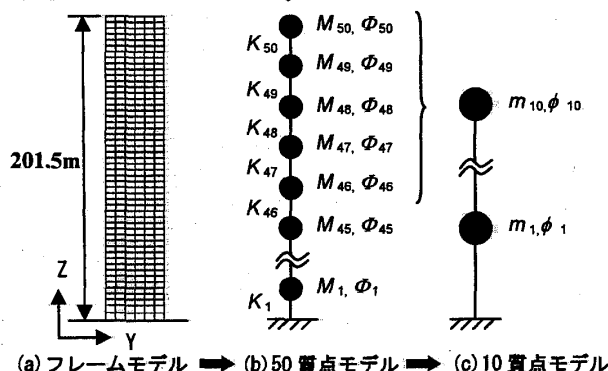


図1 解析モデル作成概略

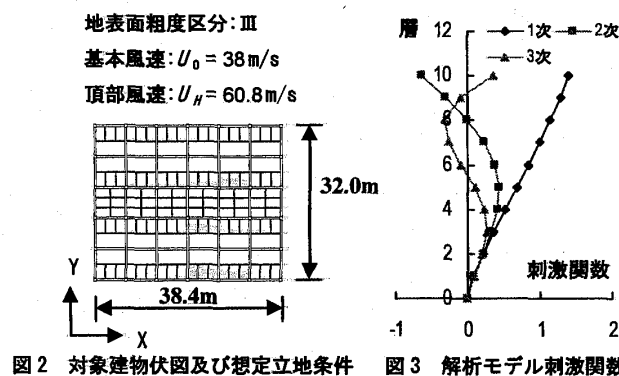


図2 対象建物伏図及び想定立地条件 図3 解析モデル刺激関数

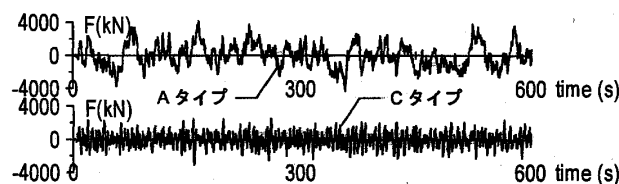


図4 9層風外力の時刻歴波形例

Response of Building with Hysteretic Dumper
Subjected to Fluctuating Wind Force

SUZUKI Yuya, YOSHIE Keisuke
SATO Daiki, KITAMURA Haruyuki

3. 時刻歴応答解析による弾塑性モデルの応答特性

図5に応答変位、応答速度、応答加速度の最大値を示す。各応答ともに、Aタイプに比べCタイプの応答は大きい。また、各応答とも上層ほど応答が大きくなる傾向がある。

図6にAタイプ、Cタイプにおける各層で吸収したエネルギー量 W_d 、図7にCタイプにおける2および5層の応答変位—せん断力関係を示す。Aタイプの場合、 W_d は2層で最大となり、各層で R_y が小さいほど W_d は大きくなる傾向がある。また、Aタイプでは、 R_y が変化しても、同様のエネルギー吸収の分布を示す。一方、Cタイプの場合、 $R_y = 1/333$, $1/500$ では W_d は5層で最大となり、4~7層においては R_y が大きいほど W_d は大きい。各層で吸収するエネルギー量の分布が R_y によって異なり、かつ、ばらつきも大きいので、多質点系での評価が必要であると思われる。また、Cタイプでは、Aタイプに比べて各層の W_d は大きいことがわかる。

4. 弾性モデルの高次モードの影響の評価

弾性モデルを用いてモーダルアナリシスを行い、高次モードの影響を評価する。多自由度系をモード分解し、それぞれモードでの解を求めた後、それらを任意の次数まで合成し、どの次数までで足し合わせれば多質点系と誤差2%以内の解が得られるのかを検討する。

図8にAタイプにおけるRayleigh減衰2%での各応答の最大値および標準偏差からみた考慮したモード次数の影響を示す。応答加速度は、上層では3次まで考慮すれば精解を得られるが、下層では高次モードまで考慮する必要がある。応答変位は、応答加速度ほど高次モードの影響はみられないものの、下層ほどその影響は大きい。これらの理由として、図3にみられるように、10層では1次モードの刺激関数が支配的であるのに対し、下層では2, 3次モードの刺激関数が1次モードとほぼ同等であることが考えられる。なお、Rayleigh減衰と剛性比例減衰の応答に大きな違いは確認されなかった。

5. 結論

弾塑性ダンパーを有する高層建物の風応答特性を把握するとともに、風応答予測を行うための基礎研究として、風応答時の高次モードの影響を明らかにするため、10質点系および1質点系での時刻歴応答解析を行い、以下の結論を得た。

10質点系時刻歴応答解析より、異なる風力タイプによる応答の違いがわかった。また、各層で吸収するエネルギー量の分布は、降伏層間変形角によって異なるため、多質点系での評価の必要性が確認できた。モーダルアナリシスより、多質点モデルにおいては下層になるほど高次モードの影響が大きくなる傾向があり、応答加速度は応答変位に比べて高次モードの影響が大きいことがわかった。

謝辞

本研究を行うにあたり、日建設計開発解析プログラムおよび東京工業大学笠井研究室の解析プログラムPC-ANSRを使用しました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 辻田修, 早部安弘, 大熊武司, 和田章: 弾塑性構造物の風応答特性ならびにその予測に関する研究 その1 風直角方向振動の場合, 日本建築学会構造系論文集第481号, pp.9-16, 1996.3
- 2) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説(2004), 2004.
- 3) 星谷勝: 確率論手法による構造解析, 鹿島出版会, 1973

*1 東京理科大学 大学院生
*2 (株) 日建設計 構造設計室 主管 博士 (工学)
*3 東京理科大学 助教 博士 (工学)
*4 東京理科大学 教授 博士 (工学)

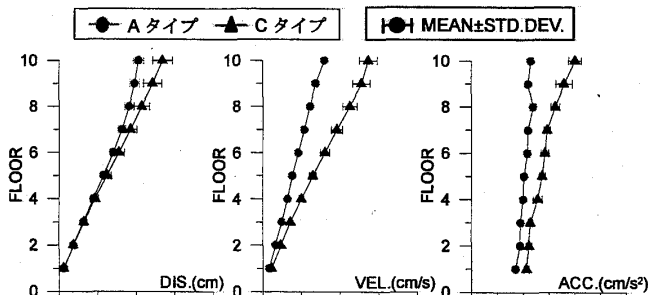


図5 風力タイプによる最大応答比較 ($R_y = 1/500$)

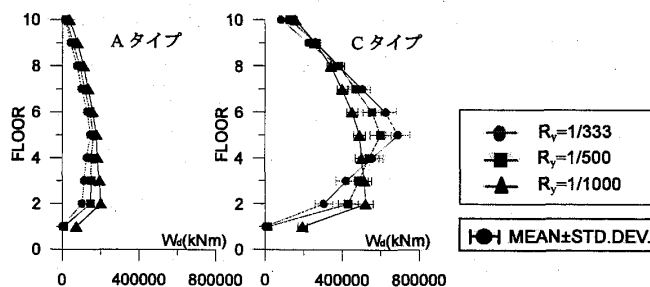


図6 風力タイプによる W_d 比較

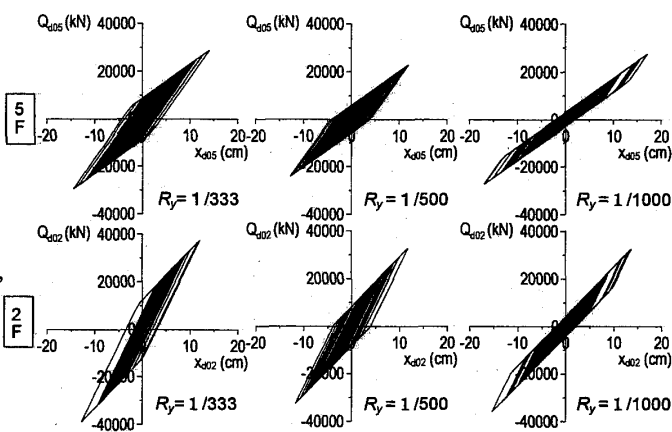


図7 降伏層間変形角による応答変位—せん断力関係比較 (Cタイプ)

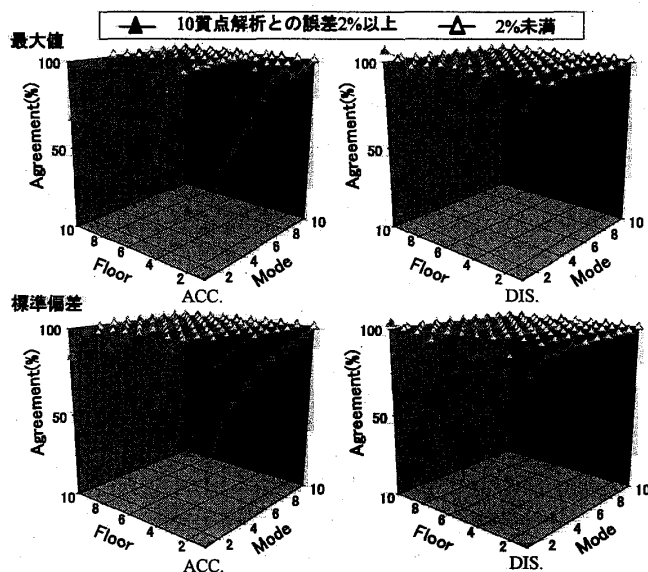


図8 弾性10質点モデル高次モード影響

*1 Graduate Student, Tokyo University of Science
*2 Senior Structural Engineer, Nikken Sekkei Ltd., Dr.Eng.
*3 Assistant Professor, Tokyo University of Science, Dr.Eng.
*4 Professor, Tokyo University of Science, Dr.Eng.