

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	減衰機構に粘弾性ダンパーを用いた高層建築模型の風応答特性
Title	
著者(和文)	佐藤大樹, 笠井和彦, 田村哲郎
Authors	Daiki Sato, KAZUHIKO KASAI, TETSURO TAMURA
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-1, No. , pp. 133-134
Citation(English)	, Vol. B-1, No. , pp. 133-134
発行日 / Pub. date	2004, 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/110007060641

減衰機構に粘弾性ダンパーを用いた高層建築模型の風応答特性

制振構造 粘弾性ダンパー 履歴特性
自由振動試験 風洞実験 振動特性

正会員○佐藤 大樹* 同 笠井 和彦**
同 田村 哲郎***

1. はじめに

前報¹⁾において、風洞実験用の粘性および粘弾性ダンパーを作成し、ダンパー力を計測できる計測システムを構築した。また、自由振動試験から両ダンパーの履歴特性の違いを述べ、ダンパーおよびダンパー設置した試験体(システム)の特性を算出する方法を提案した。さらに、一様流中での粘性ダンパーを用いた風洞実験を行い、渦励振時の風直角方向振動時のシステム特性について述べた。

本報では、粘弾性ダンパーを用いた風洞実験を行い、風洞実験時のダンパーおよびシステム特性を検討する。

2. 試験装置概要

建物模型は一辺50mm、アスペクト比6の正方形角柱であり、風直角方向にのみロッキング振動をする。粘弾性体(住友スリーエム: ISD112)は3mm×5mm×8mmのサイズのものを使用した(図1)。発生するダンパー力はダンパーに締結したロードセルによって計測する。これにより、風洞実験時においてもダンパー履歴を得ることができる。詳細は文献1を参照されたい。

3. 自由振動試験

自由振動試験は各減衰ケースの風洞実験の前に行われ、システムの減衰定数の設定、ダンパー特性の取得およびダンパーの損傷の有無を確認することが目的である。

ダンパーを設置しない状態での自由振動変位波形より求めた、固有振動数 f_0 および減衰定数 ξ_0 は、それぞれ17.80Hz、0.2%であった。その際、ダンパーを設置することによる重量の増加が無いように、上板(図1)のみを設置した状態でおこなった。

粘弾性ダンパーを設置した状態(以下、粘弾性システム)の減衰定数 ξ_{eq} の設定は、粘弾性体は温度が高温になるほど柔らかくなりエネルギー吸収能力が低下するという特性を利用し、粘弾性体の温度を調節することによって行う。粘弾性体は変形に伴い仕事を熱へと変換するため、内部温度を計測する必要があるが、本試験で用いた粘弾性体は非常に小さく(図1)熱伝対による粘弾性体内部温度の計測は不可能であるため、サーモセ

ンサーによって粘弾性体の表面温度(以下、表面温度)を計測した(図1)。粘弾性体の温度はダンパー周辺温度を試験装置内に設置した電球の出力をコントロールすることで調節する。周辺温度は熱伝対により計測を行った。粘弾性体の内部と表面の温度が均一となるよう、少なくとも5分間は表面温度を一定に保持した後、自由振動試験を行った。

図2に自由振動試験より得られた履歴の例を示す。図中の破線は自由振動時の履歴から求めた¹⁾、ダンパーの貯蔵剛性 $K_{d,if}$ であり、プロットは履歴の変位が最大、最小となる位置で、 $K_{d,if}$ は精度良く評価されていることが分かる。また、表面温度の上昇により $K_{d,if}$ が低下しており、前述したような粘弾性体の特性が捉えられている。

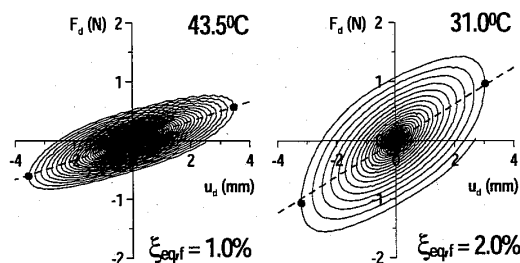


図2 ダンパー履歴 (自由振動実験時)

表1に自由振動試験結果を示す。ここで、Temp.=表面温度、 $f_{eq,if}$ 、 $\xi_{eq,if}$ =自由振動変位波形から求めたシステムの固有振動数、減衰定数、 $K_{d,if}$ 、 $\eta_{d,if}$ =自由振動時の履歴から求めた¹⁾ダンパーの貯蔵剛性、損失係数、 $f_{eq,if}$ 、 $\xi_{eq,if}$ = $K_{d,if}$ および $\eta_{d,if}$ と理論式を組み合わせて得た¹⁾システムの固有振動数、減衰定数、 δ =質量減衰パラメータ¹⁾である。表1より、粘弾性ダンパーは剛性を有するため、システムの固有振動数 $f_{eq,if}$ はダンパー無での固有振動数 f_0 (17.80Hz)に比べ、高振動数側に推移していることが分かる。表面温度が低下すると $K_{d,if}$ は増加し、それに伴い $f_{eq,if}$ が上昇する。 $f_{eq,if}$ と f_0 および $\xi_{eq,if}$ と ξ_0 の誤差は小さく、ダンパー特性が精度良く評価されていることが確認できた。

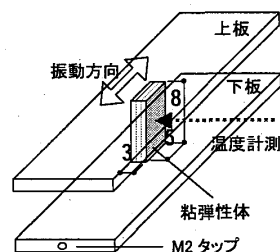


図1 粘弾性ダンパー (単位:mm)

表1 自由振動試験結果

Temp. (°C)	52.2	50.0	43.5	41.5	39.0	38.0	36.2	34.0	32.0	31.0
$f_{eq,if}$ (Hz)	17.95	17.95	17.95	18.00	18.01	18.01	18.01	18.02	18.05	18.10
$\xi_{eq,if}$ (%)	0.80	0.89	1.00	1.11	1.20	1.29	1.40	1.59	1.80	2.00
$K_{d,if}$ (N/mm)	0.15	0.16	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.25	0.28	0.31
$\eta_{d,if}$	0.86	0.86	0.94	0.98	1.01	1.02	1.06	1.10	1.12	1.15
$f_{eq,if}' / f_{eq,if}$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$\xi_{eq,if}' / \xi_{eq,if}$	1.10	1.04	1.01	1.03	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01
δ	0.64	0.72	0.80	0.88	0.96	1.04	1.12	1.28	1.44	1.60

Wind Vibration Response of a Tall Building Model with Viscoelastic Damper

SATO Daiki, KASAI Kazuhiko and TAMURA Tetsuro

4. 風洞実験

風洞実験は前報¹⁾と同様に一樣流で行った。図3(a)に振動応答曲線を示す。横軸は無次元風速 V_r ¹⁾、縦軸は回転角の標準偏差である。図3(b)に風洞実験から得られた履歴の例を示す。図3(b)中の破線は風洞実験時の履歴から求めた貯蔵剛性 $K_{d,rw}$ であり、プロットは変形が最大、最小となる位置で、両者は精度良く一致していることが確認できた。

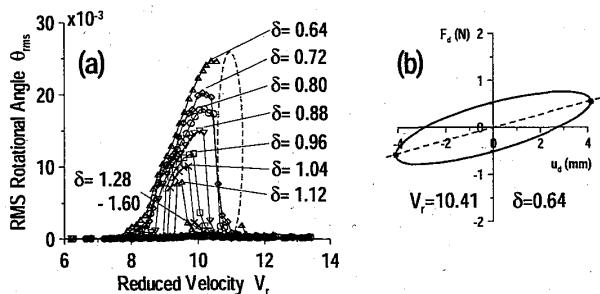


図3 風洞実験結果：(a) 振動応答曲線 (b) ダンパー履歴

前述したように、本試験での粘弾性システムの減衰定数は表面温度によって決定した。図4に風洞実験時の周辺温度と表面温度の変化を示す。 $\delta = 0.64$ のケースにおいて、ダンパー変形が大きくなる $V_r = 9 \sim 11$ の範囲(図3(a))では、振幅が大きくなるにつれて粘弾性体内部の熱発生も著しくなる。そのため、周辺温度を下げて表面温度が自由振動試験で決定した温度(52.2°C)となるように調節する。また、その誤差は0.5%以内であった。本試験のように、一定の δ における応答曲線(図3(a))を完成させるためには、振幅あるいは V_r の大小に関わらず粘弾性体の動的特性が一定でなければならず、そのためには表面温度が常に一定である必要がある。図3(a)および図4の破線で囲まれた部分は、ピークを過ぎ応答が減少する範囲であるが、周辺温度が表面温度に対し約15°C低い(図4)ため、①応答の減少、②粘弾性体の温度低下、③システムの減衰定数の増加、そのことでさらに応答が低減するというように、①、②、③が連鎖的に繰り返されることで、ロックインの領域をはずれ、応答は急激に減少する。そのため表面温度を一定に保持することが出来ず、計測を行うことができなかった。図4の $\delta = 1.60$ のケースでは応答が小さい(図3(a))ため、粘弾性体の温度上昇はさほどなく、 V_r の変化に関わらず周辺温度もほぼ一定である。

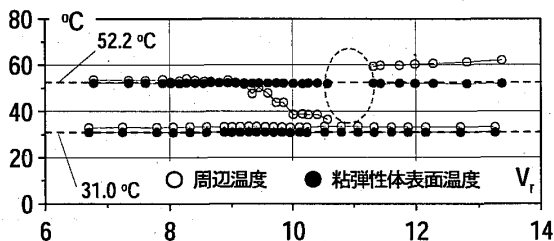


図4 粘弾性体と周辺温度の変化(上段： $\delta=0.62$ 、下段： $\delta=1.60$)

図5(a), (b)は、風洞実験時での値($K_{d,rw}$, $\eta_{d,rw}$)を自由振動試験時の値($K_{d,rf}$, $\eta_{d,rf}$; 表1)で除した結果である。表面温度を自由振動時と等しくすることで(図4)、風洞実験時のダンパー特性と自由振動時のものは精度良く一致していることが確認できる。しかし、粘弾性体の内部温度と表面温度の関係については更なる検討が必要である。

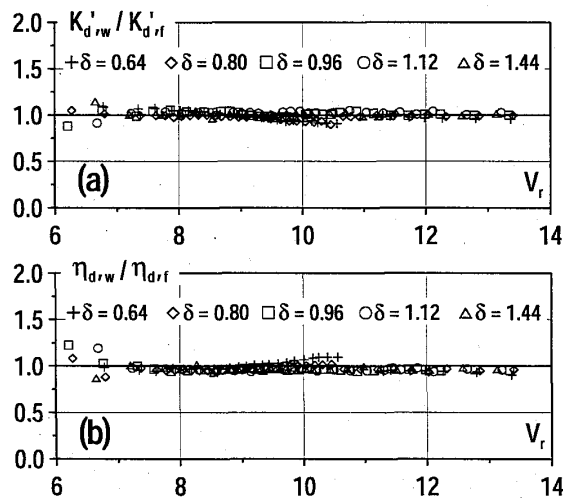


図5 風洞実験時のダンパー特性：(a) K_d' , (b) η_d

図6は、風洞実験時における履歴およびシステムが共振振動数で定常振動している場合の理論式から求めた¹⁾減衰定数 $\xi_{eq,rw}$ と、自由振動変位波形から求めた $\xi_{eq,rf}$ (表1) との比をプロットした結果である。 $\xi_{eq,rw}$ が $\xi_{eq,rf}$ と良く一致していることから、風洞実験時のシステムの減衰定数は、自由振動時のものと同等の値であることが確認できた。

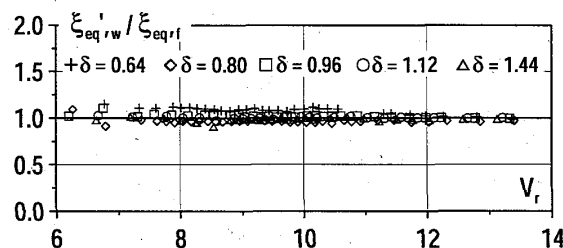


図6 風洞実験時のシステムの減衰定数 ξ_{eq}

5. まとめ

粘弾性ダンパーを用いた一樣流中での風洞実験を行い、風直角方向振動時のダンパーおよびシステムの特性は、自由振動時のものと精度良く一致していることが確認された。

参考文献

1) 佐藤大樹, 笠井和彦, 田村哲郎 粘性・粘弾性ダンパーを有する高層建築に関する風洞実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-1, pp.199-200, 2003

* 東京工業大学 大学院生・工修

** 東京工業大学建築物理研究センター 教授・Ph.D.

*** 東京工業大学環境理工学創造専攻 教授・工博 Prof. Dept. of Environmental Science and Technology, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

Graduate Student, Tokyo Institute of Technology, M.Eng.

Prof., Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Ph.D.

Prof., Dept. of Environmental Science and Technology, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.