

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 論題(和文) | 粘弾性ダンパーを有する高層建築模型の一様流中での振動応答特性 |
| Title(English) | |
| 著者(和文) | 佐藤大樹, 笠井和彦, 田村哲郎 |
| Authors(English) | daiki sato, KAZUHIKO KASAI, TETSURO TAMURA |
| 出典(和文) | 日本風工学会誌, Vol. , No. 99, pp. 169-170 |
| Citation(English) | , Vol. , No. 99, pp. 169-170 |
| 発行日 / Pub. date | 2004, 4 |

粘弾性ダンパーを有する高層建築模型の一様流中での振動応答特性

Vibration Response of a Tall Building Model with Viscoelastic Damper in Uniform Flow

○佐藤大樹¹⁾ 笠井和彦²⁾ 田村哲郎³⁾
Daiki SATO¹⁾ Kazuhiko KASAI²⁾ Tetsuro TAMURA³⁾

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組み込んだ試験体(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は、自由振動から得られた値により、十分な精度で把握できることを示した。

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。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。詳細は文献1を参照されたい。

3. 自由振動試験

自由振動試験は風洞実験の前後に行われ、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 ζ_0 はそれぞれ 17.80Hz, 0.20%であった。

粘弾性システムの減衰定数 ξ_{eq} は、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もつ。粘弾性体は非常に小さく(2章)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)を計測する。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。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、自由振動試験を行う。

図1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 $K_{d,f}$ 、プロットは、履歴の変位が最大、最小となる位置であり、 $K_{d,f}$ は精度良く評価されている。

表1に自由振動試験結果を示す。ここで、 $Temp.$ =表面温度、 $f_{eq,f}$ 、 $\xi_{eq,f}$ =自由振動変位波形から求めたシステム

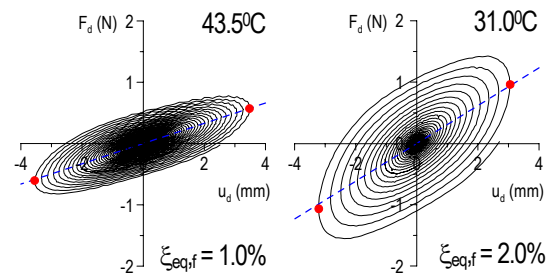


Figure 1 Damper hysteresis loops
(Free vibration tests)

Table 1 Results of free vibration tests.

| Temp. (°C) | 52.2 | 50.0 | 43.5 | 41.5 | 39.0 | 38.0 | 36.2 | 34.0 | 32.0 | 31.0 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $f_{eq,f}$ (Hz) | 17.95 | 17.95 | 17.95 | 18.00 | 18.01 | 18.01 | 18.01 | 18.02 | 18.05 | 18.10 |
| $\xi_{eq,f}$ (%) | 0.80 | 0.89 | 1.00 | 1.11 | 1.20 | 1.29 | 1.40 | 1.59 | 1.80 | 2.00 |
| $K_{d,f}$ (N/mm) | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.25 | 0.28 | 0.31 |
| $\eta_{d,f}$ | 0.86 | 0.86 | 0.94 | 0.98 | 1.01 | 1.02 | 1.06 | 1.10 | 1.12 | 1.15 |
| $f_{eq,f} / f_0$ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| $\xi_{eq,f} / \xi_0$ | 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 |

1) 東京工業大学 大学院生 工修

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

2) 東京工業大学建築物理研究センター 教授・Ph.D

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

3) 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.

の固有振動数、減衰定数、 $K_{d,f}$ 、 $\eta_{d,f}$ =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、 $f_{eq,f}$ 、 $\xi_{eq,f}$ = $K_{d,f}$ および $\eta_{d,f}$ と理論式を組み合わせ得た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 $f_{eq,f}$ 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 $K_{d,f}$ は増加し、それに伴い f_{eq} が上昇する。 $f_{eq,f}$ と f_{eq} および $\xi_{eq,f}$ と ξ_{eq} 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る。

4. 風洞実験

風洞実験は前報¹⁾と同様に一様流で行った。図2(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2(b)に風洞実験から得られた履歴の例を示す。図中の破線は風洞実験時の履歴から求めた貯蔵剛性 $K_{d,w}$ 、プロットは変形が最大、最小となる位置であり、精度良く一致していることが確認できる。

図3に風洞実験時の周辺温度と粘弾性体表面温度の変化を示す。 $\delta=0.64$ のケースにおいて、渦励振が発生している $V_r=10$ 周辺では、ダンパーが変形することで粘弾性体の温度が上昇するため、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)となるように調節している。図2(a)および図3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、周辺温度は表面温度に対し約15°C低いため、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3の $\delta=1.60$ のケースでは、応答が小さいため、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(a),(b)は、風洞実験時での値($K_{d,w}$ 、 $\eta_{d,w}$)を自由実験時の値($K_{d,f}$ 、 $\eta_{d,f}$;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3)、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 $\xi_{eq,w}$ と、自由振動変位波形から求めた $\xi_{eq,f}$ (表1)との比をプロットした結果である。 $\xi_{eq,w}$ が $\xi_{eq,f}$ 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された。

5. まとめ

粘弾性ダンパーを用いた一様流中での風洞実験を行い、

振動時における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: 粘性および粘弾性ダンパー有する3次元角柱の振動応答特性, 日本風工学会誌, No95, 2003.4, pp.139-140

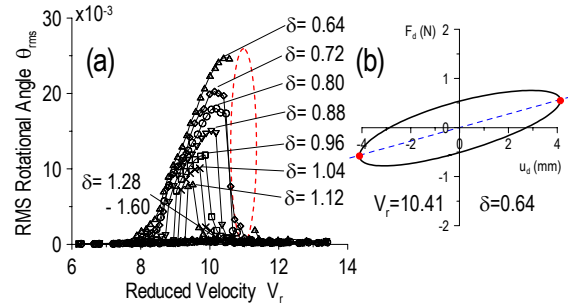


Figure 2 Results of wind tunnel tests :

(a) V_r -curve, (b) Damper hysteresis loop

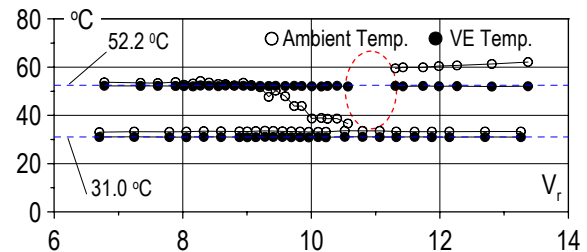


Figure 3 Change in temperatures

(Upper : $\delta=0.64$, Lower : $\delta=1.60$)

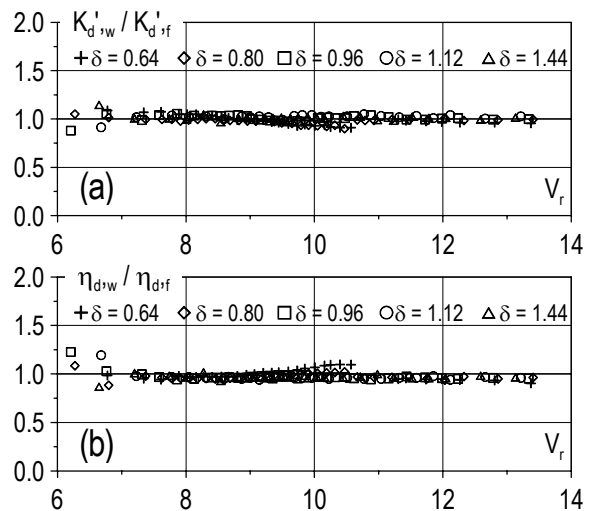


Figure 4 Characteristic of dampers in wind

tunnel tests : (a) K_d' , (b) η_d

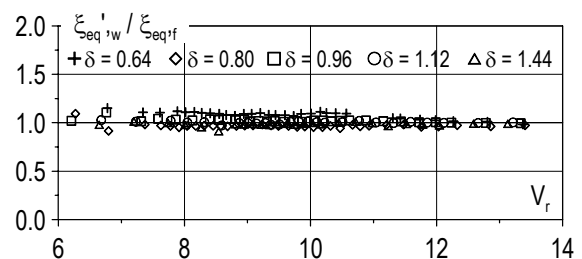


Figure 5 ξ_{eq} in wind tunnel tests