

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	実大粘弾性ダンパーの風応答時における簡易性能評価実験
Title(English)	Simplified Performance Evaluation Tests of Full-scale Viscoelastic Damper under Wind-induced Response
著者(和文)	佐藤大樹, 笠井和彦, 杉山暢方, 松田和浩
Authors(English)	Daiki Sato, KAZUHIKO KASAI, Nobumasa Sugiyama, Kazuhiro Matsuda
出典(和文)	日本風工学会誌, Vol. 40, No. 143, pp. 189-190
Citation(English)	, Vol. 40, No. 143, pp. 189-190
発行日 / Pub. date	2015, 4

実大粘弾性ダンパーの風応答時における簡易性能評価実験

Simplified Performance Evaluation Tests of Full-scale Viscoelastic Damper under Wind-induced Response

○佐藤大樹¹⁾ 笠井和彦²⁾ 杉山暢方³⁾ 松田和浩⁴⁾Daiki SATO¹⁾ Kazuhiko KASAI²⁾ Nobumasa SUGIYAMA³⁾ Kazuhiro MATSUDA⁴⁾

1. はじめに

粘弾性ダンパーは振動時に吸収した振動エネルギーを熱へと変換する際に発熱し、粘弾性体温度が上昇する¹⁾。その温度上昇に伴いダンパー性能が低下する特性(温度依存性)を有している。さらに、発熱量は振動数に依存する特性(振動数依存性)も有する。そのため、継続時間が長い風応答の制振に粘弾性ダンパーを用いる場合には、長時間のランダム振動によるダンパー温度および動的特性の変化を、実大ダンパーを用いた動的加振実験により検証を行なう必要がある。しかし、実験に使用するランダム波を作成・選定することは非常に煩雑であることに加え、実験装置の性能上困難な場合が多い。そのため、筆者らは文献1において、正弦波を用いて風応答時におけるダンパー特性と変化を等価に評価できる手法(正弦波置換法)を提案したが、2面せん断型の小型の粘弾性ダンパー模型による検証に留まっている²⁾。そこで本報では、実大の粘弾性ダンパーを対象とした加振実験を行い、風応答時におけるダンパーの温度上昇および動的特性を検討するとともに、正弦波置換法の実大粘弾性ダンパーに対する適用性を検証することを目的とする。

2. 実大粘弾性ダンパー試験体の概要

本研究では、ダンパー長さ 4024.5 mm、層せん断面積 $9.12 \times 10^5 \text{ mm}^2$ 、粘弾性体の1層分の厚さ 8 mm で6面せん断型の実大粘弾性ダンパーを試験体として用いる。図1に本実験の試験体の加振状況および試験体の B-B' 断面における温度計測位置および番号を示す。本実験におい

て、ダンパー温度を23箇所計測しているが、本報ではその中で、B-B' 断面に設置された1~3chの温度について結果を示す。

3. ダンパー変形波形の作成方法

本報では、固有周期 $T_0 = 3$ 秒で減衰定数 $\xi_0 = 2\%$ および10%の建物を対象とし^{1),3)}、風方向および風直角方向の風力時刻歴による歴応答解析を行い、得られた変形波形を標準偏差 $\sigma_u = 4.0 \text{ mm}$ となるようにそれぞれを基準化したものを、ダンパーの変形波形として用いた(以降、風応答波と呼ぶ)。実験装置の記憶性能の都合により1区間の波形を750秒として、50秒間の風応答波を連続で繰り返す加振を行なった。風応答波の諸元を表1に示す。ここで、表中のA:風方向, C:風直角方向, L:低減衰($\xi_0 = 2\%$), H:高減衰($\xi_0 = 10\%$)、 N_0^+ :750秒間で変形波形がゼロ軸を正の傾きで超える数(以下、繰返し数)、P.F.:ピークファクターである。図2に、A-3L および C-3L のダンパー変形波形を示す。

表1 ダンパー変形の諸元

Case	風応答波					置換正弦波	
	u_d Max (mm)	u_d Min (mm)	σ_u (mm)	N_0^+	P.F.	A_r (mm)	f_r (Hz)
A-3L	17.7	-14.1	4.0	208	4.42	5.66	0.277
A-3H	18.5	-12.7	4.0	107	4.64		0.142
C-3L	17.2	-15.9	4.0	173	4.29	5.66	0.230
C-3H	15.4	-15.2	4.0	108	3.85		0.143

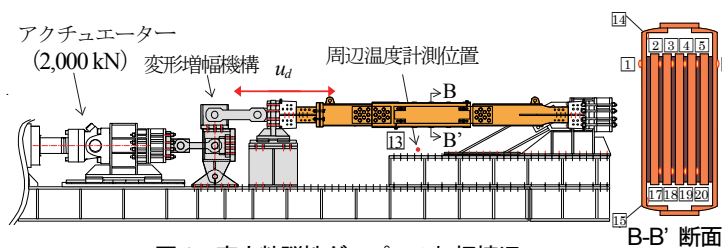


図1 実大粘弾性ダンパーの加振状況

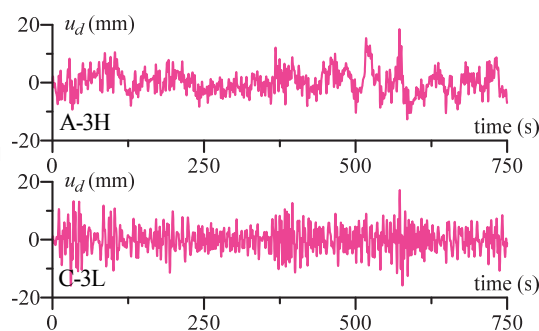


図2 風応答波の変位時刻歴(1区間分)

- 1) 東京工業大学建築物理研究センター 准教授・博士(工学)
Assoc. Prof., Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Dr.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 大学院生
Graduate Student, Tokyo Institute of Technology
- 4) 東京工業大学建築物理研究センター 助教・博士(工学)
Assist. Prof., Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.

正弦波置換法¹⁾により、ランダム振動時と等価なダンパー特性を得るための置換振幅 A_r および置換振動数 f_r は、風応答の標準偏差 σ_d 、継続時間 t_d および t_a における繰返し数 N_0^+ を設定することで、次式より計算される¹⁾。

$$A_r = \sqrt{2}\sigma_d, \quad f_r = N_0^+/t_a \quad (1a,b)$$

表 1 に、それぞれの風応答波に対応する置換正弦波の諸元を示す。

4. 実験結果

図 3 に置換正弦波による実験により得られた B-B'断面左側上段の温度時刻歴を風応答波実験の結果に重ねて示す。本実験では、ダンパー周辺温度 θ_c を 24, 26, 28, 30°C の 4 種類で実験を行った。なお、 θ_c の変化の幅が $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内となるように周辺温度をコントロールして実験を行なった。

はじめに、風応答波での結果について述べる。図 3 より、加振開始直後は、エネルギー吸収による粘弾性体内部での発熱によって急激に温度が上昇していることが分かる。その後、熱伝導・伝達の効果によって温度上昇が鈍くなり、一定値に漸近する様子が確認できる。温度上昇や最高温度は入力波形や周辺温度といった実験条件によって異なることも分かる。

次に、正弦波置換結果との比較を行なう。図 3 より、置換正弦波実験の結果は風応答波実験での温度上昇の特性を概ね再現できていると言えるが、風方向での実験(A-3L, A-3H)で、置換正弦波実験は風応答波実験に比べ約 2°C 高い結果となった。風方向の風応答波は広帯域の周波数成分を有するため、温度上昇に影響を及ぼさない範囲の高振動数成分を排除した、式(1b)による置換振動数 f_r の評価が必要であると思われる。

図 4 に風応答波と置換正弦波による実験により得られた、

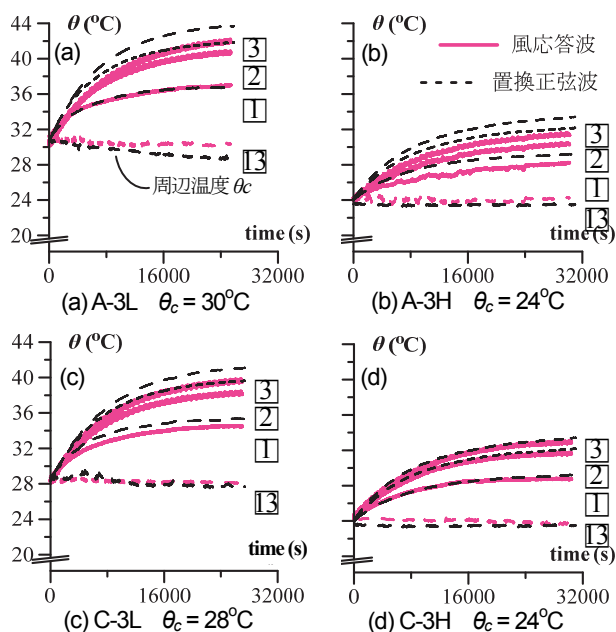


図 3 B-B'断面左側上段 風応答波と置換正弦波の温度時刻歴

貯蔵剛性 K'_d と粘性係数 C_d の時間変化を重ねて示す(算出方法については文献 2 を参照されたい)。図 5 より、風応答波において、加振直後は温度上昇に伴い、 K'_d と C_d は急激に低下するが、温度上昇が鈍くなるに従って一定値に漸近することが確認できる。

図 5(a), (c), (d)から、A-3L C-3L, C-3H において、風応答波実験と置換正弦波実験で K'_d と C_d の差は最大でも 1 割程度となっており、概ね一致している。一方、図 5(b)より、A-3H 実験において置換正弦波実験での K'_d の値がランダム波実験より最大で約 1.2 倍、 C_d で約 1.3 倍と A-3L 実験に比べて高いことが確認できる。これは、風応答波には準静的成分の影響が含まれているのに対して、置換正弦波にはその影響が加味されていないことが理由と考えられる。

5. まとめ

本報では、実大粘弾性ダンパーを対象とした加振実験を行い、正弦波置換法の実大粘弾性ダンパーに対する適用性を検証した。風方向かつ建物の減衰が大きい場合において、置換正弦波と風応答波実験で誤差が生じるものの、温度上昇やダンパー特性値の変化は概ね良い対応を示していることが確認できた。広帯域の周波数成分や準静的成分の影響を考慮することで風方向における正弦波置換法の精度は向上するものと思われる。これについては今後の課題とする。

参考文献

- 1) 佐藤大樹, 笠井和彦: 長時間ランダム振動時の粘弾性ダンパーの特性および正弦波による評価手法, 構造工学論文集, Vol.53B, pp.67-74, 2007.3
- 2) 佐藤大樹, 所健, 笠井和彦, 北村春幸: 風応答振動時における粘弾性ダンパーの特性および正弦波による簡易評価手法, 日本建築学会構造系論文集, 第 80 巻, 第 710 号, pp.571-581, 2015.4
- 3) 佐藤大樹, 笠井和彦, 田村哲郎: 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, 第 635 号, pp.75-82, 2009.1

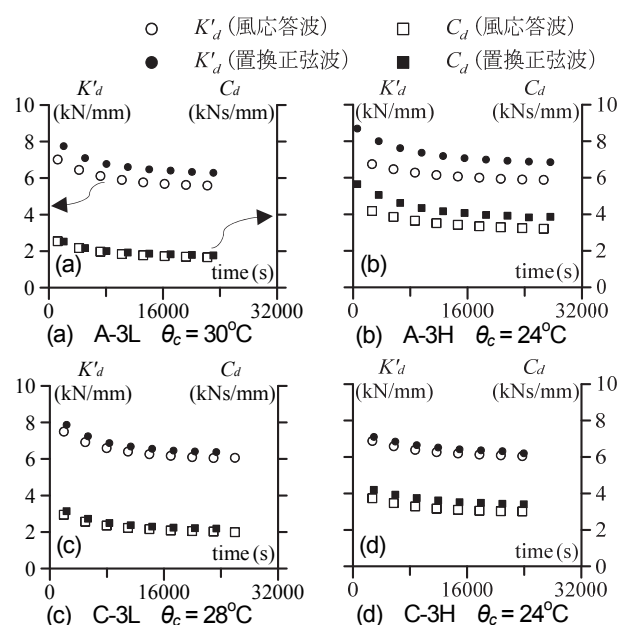


図 4 風応答波と置換正弦波での K'_d , C_d の変化