T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ Science Tokyo Research Repository

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)				
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 9.12×10⁵ mm², 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情況および試験体の 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 ξ_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 σ_u = 4.0 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:風直交方向、L:低減衰(ξ_0 = 2%)、H:高減衰(ξ_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)、 PF.: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

		置換正弦波					
Case	u_d Max	u_d Min	σ_u	N_0^+	P.F.	A_r	f_r
	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)	(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	5.00	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 8 5	5.00	0.143



- 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_u ,継続時間 t_a 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⁾。

$$A_r = \sqrt{2\sigma_D} \quad , \qquad f_r = N_0^+ / t_a \tag{1a,b}$$

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±1°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℃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,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

- 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

