

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	長時間ランダム振動実験に基づく粘弾性ダンパーの特性変化に関する研究
Title	
著者(和文)	田上高行, 佐藤大樹, 所健, 北村春幸, 笠井和彦
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura, KAZUHIKO KASAI
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, No. , pp. 539-540
Citation(English)	, Vol. B-2, No. , pp. 539-540
発行日 / Pub. date	2010, 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: <a href="http://ci.nii.ac.jp/naid/110008123987">http://ci.nii.ac.jp/naid/110008123987</a>

長時間ランダム振動実験に基づく粘弾性ダンパーの特性変化に関する研究

正会員 ○田上高行\*1 同 佐藤大樹\*1  
同 所 健\*2 同 北村春幸\*1  
同 笠井和彦\*3

粘弾性ダンパー 風応答 継続時間  
熱伝導 熱伝達 正弦波置換法

1. はじめに

温度・振動数依存性を有する粘弾性ダンパーは、エネルギー吸収によって温度が上昇するため、長時間加振時には、ダンパー特性の変化が顕著となる<sup>1), 2)</sup>。そのため、粘弾性ダンパーを継続時間の長い風応答の制振に用いる場合には注意が必要である。前報<sup>3)</sup>では、粘弾性ダンパーが風応答のような長時間ランダム振動時においても熱伝導・熱伝達などにより熱が外に発散することで内部温度が定常となることを確認した。本報では、前報に加えて、特性の異なるランダム波を用いて実験を行い、ランダム振動時のダンパーの温度上昇による特性の変化と、正弦波により簡便にダンパー特性を評価する実験法(正弦波置換法)<sup>2)</sup>の精度を確認する。また、笠井らは<sup>1)</sup>、長時間振動時の粘弾性ダンパーの特性を熱伝導、熱伝達を考慮することで高精度に再現する長時間応答解析法を提案している。解析に用いる熱伝達係数 $\alpha_c$ の違いが、温度の定常到達時間に影響を与えることが予想されるため、熱伝達係数の決定には十分に注意し、粘弾性体の厚さや速度について考慮する必要があると思われる。本報では、各ランダム波での熱伝達係数について基本的な検討を行う。

2. 正弦波置換法

正弦波置換法<sup>2)</sup>は、ランダム波加振と等価なダンパー特性が得られる正弦波(以下、置換正弦波)を決める方法である。置換正弦波の振幅 $A_r$ および振動数 $\omega_r$ ( $=2\pi f_r$ )は、ランダム振動時のダンパー変形の標準偏差 $\sigma_D$ 、繰返し数 $N_0^+$ (変形波形がゼロ軸を正の傾きで超える回数)およびランダム波の継続時間 $T_a$ を用いて、次式よりそれぞれ求めることができる。

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

3. 粘弾性ダンパーおよび計測概要

本実験に用いるダンパーの粘弾性体材料はアクリル系(住友3M製ISD111)とし、せん断面積 $A_s = 256 \text{ cm}^2$ 、厚さ $d = 1.6 \text{ cm}$ である。図1に示すように、粘弾性体の温度は、外板の外気側(A点)、粘弾性体上側の厚さ方向1/4(B, F点)と1/2(C, E点)の位置、そして中板厚さの中心(D点)の計測を行う。また、治具(G点)、外気(H点)も測定する。温度の測定には熱電対を用いた。ダンパーの荷

重と変位の測定も行う。計測の時間刻みは、温度を $\Delta t = 1.0 \text{ sec}$ で加振開始から終了まで測定し、変位、荷重を $\Delta t = 0.01 \text{ sec}$ で200秒ごとに5cycle測定する。外気温による影響を極力避けるため、外気温は加振終了までの間、常に一定の温度となるよう維持する。

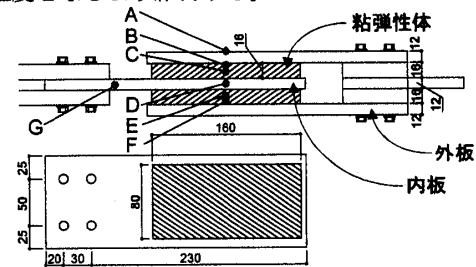


図1 試験体詳細 (単位: mm)

4. ランダム波加振と置換正弦波加振実験

4.1 加振計画

ランダム波加振時のダンパー温度や剛性の変化を考察する。また、ランダム波加振と置換正弦波加振における温度時刻歴変化とダンパー特性の実験値を比較し、正弦波置換法の精度を検証する。いずれの実験においてもダンパー初期温度は $24^\circ\text{C}$ とした。

高さ200m、幅・奥行きが等しく50mの建物を想定し、再現期間500年、粗度区分をⅢとしてパワースペクトル密度(PSD)をもとに、風方向および風直角方向の定常ランダム時刻歴波形を作成した。継続時間 $T_a$ は風方向、風直角方向ともに12,000秒とした。文献3の検討で用いたモデルに加えて固有周期 $T_0 = 3, 6$ 秒( $f_0 = 0.33, 0.17 \text{ Hz}$ )で減衰定数を2, 5%の1質点モデルを用いて風方向および風直角方向の風力時刻歴波形で時刻歴応答解析を行い、得られた変形波形を、 $\sigma_D = 0.5 \text{ cm}$ となるようにそれぞれを規準化し、その波形をダンパーに強制変位 $u_d$ として与える。

表1 入力用変形の統計値

Case	ランダム波				置換正弦波			
	最大値 (cm)	最小値 (cm)	標準偏差 (cm)	$N_0^+$	$T_a$ (s)	$A_r$ (cm)	$f_r$ (Hz)	最大速度 (cm/s)
A-3L	2.096	-2.055	0.500	3452	12000	0.707	0.288	1.278
A-3H	2.441	-1.685		2018			0.168	0.747
A-6L	1.786	-1.661		1728			0.144	0.640
A-6H	2.334	-1.624		1296			0.108	0.480
C-3L	1.791	-1.744		3460			0.288	1.281
C-3H	1.992	-1.964		1820			0.152	0.674
C-6L	1.466	-1.601	0.500	1780	12000	0.707	0.148	0.659
C-6H	1.714	-2.043		1580			0.132	0.585

Study on change in Characteristics of Viscoelastic Damper Based on long duration random vibration Experiment

Takayuki TANOUÉ, Daiki SATO  
Ken TOKORO, Haruyuki KITAMURA  
Kazuhiko KASAI

表 1 に入力用ランダム波と置換正弦波の実験名とパラメータを示す。A = 風方向, C = 風直角方向を意味する。

4.2 実験結果

図 2 に、ランダム波と置換正弦波による実験より計測された C, H 点 (図 1) における温度時刻歴を示す。いずれのランダム波においても、長時間加振で温度が一定となることが確認できる。また、置換正弦波加振での温度は、ランダム波での温度を精度よく表現していることが確認できる。

図 3 にランダム波と置換正弦波による実験における、貯蔵剛性  $K'_d$  と粘性係数  $C'_d$  の時間変化を示す。 $K'_d$  は履歴ループの傾きを式(2a)の最小二乗法によって求めた。また、風応答時のダンパーの等価な粘性係数  $C'_d$  はダンパー速度  $\dot{u}_d$  - ダンパー力  $F_d$  の履歴より、式(2b)の最小二乗法を用いて算出した<sup>2)</sup>。Σ は総和記号で、履歴の  $n$  個の  $u_{d,i}$ ,  $\dot{u}_{d,i}$ ,

$F_{d,i}$  を対象とする。

$$K'_d = \frac{n \sum u_{d,i} F_{d,i} - \sum u_{d,i} \sum F_{d,i}}{n \sum u_{d,i}^2 - (\sum u_{d,i})^2}, C'_d = \frac{n \sum \dot{u}_{d,i} F_{d,i} - \sum \dot{u}_{d,i} \sum F_{d,i}}{n \sum \dot{u}_{d,i}^2 - (\sum \dot{u}_{d,i})^2} \quad (2a,b)$$

図 3 より、ランダム波による長時間の加振においても  $K'_d$ ,  $C'_d$  は大きく低下することなく、定常状態になっていることが確認できる。また、 $K'_d$ ,  $C'_d$  においても置換正弦波は、ランダム波と良い対応を示していることから、長時間のランダム振動時におけるダンパー特性を、置換正弦波によって簡便に評価できることが確認できた。

5. 熱伝達係数の検討

一般に、熱伝達係数  $\alpha_c$  は物体周りの対流の有無や材料の表面状態など様々な要因により変化<sup>4)</sup> するため決定が難しい。そこで、笠井らは<sup>1)</sup> 3次元モデルから1次元モデルでの熱伝達係数  $\alpha_c$  の導出方法を提案している。本報では、置換正弦波での実験の温度時刻歴が、正弦波での解析<sup>1)</sup>での温度時刻歴と一致するような、熱伝達係数を試行錯誤的に決定し( $\alpha_{c,out}$  は外板、 $\alpha_{c,in}$  は内板の熱伝達係数を意味する<sup>1)</sup>)、最大速度との関係について検討を行った。

前節にて、正弦波置換法によりランダム波に内在するパラメータを、共通の振幅と振動数で表される正弦波に置換出来ることを確認した。そこで、置換正弦波の振幅と振動数から求まる最大速度を用いて、熱伝達係数  $\alpha_c$  と各 Case の最大速度の関係を図 4 に示す。速度が 0.7cm/s 以上では、速度に比例して  $\alpha_c$  の値も大きくなっていることが、0.7cm/s 以下の場合には  $\alpha_c$  の値は速度に反比例している傾向がみられた。

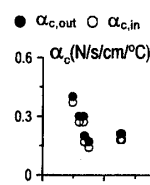


図 4 最大速度と熱伝達係数

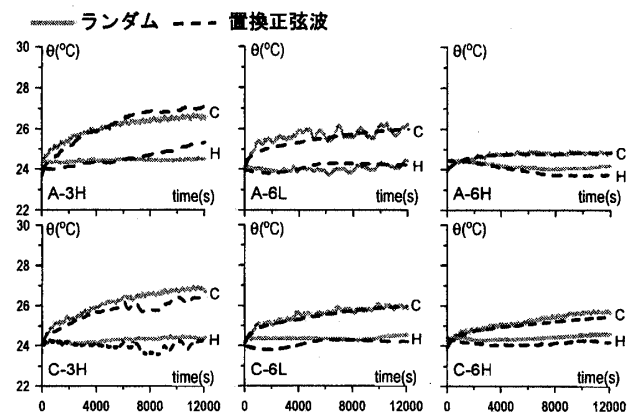


図 2 ランダム波と置換正弦波での温度時刻歴

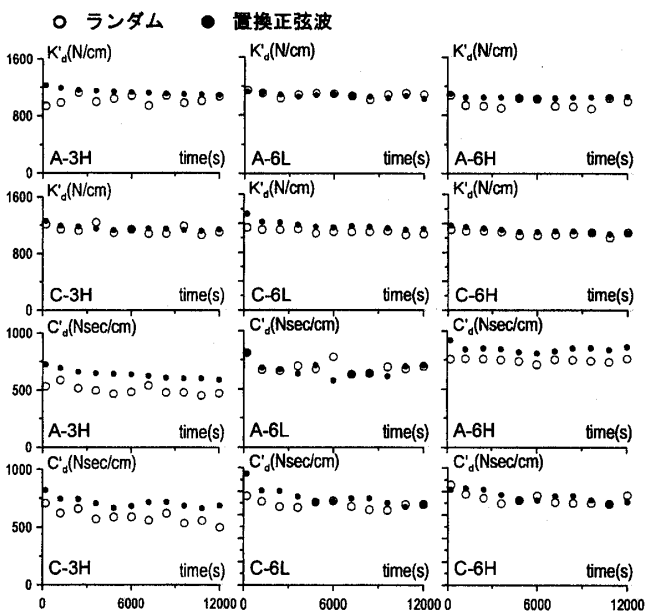


図 3 ランダム波と置換正弦波での  $K'_d$ ,  $C'_d$  の変化

6. まとめ

実験により長時間のランダム振動時のダンパー特性を明らかにした。また、正弦波による簡易評価手法の精度を実験から証明し、その有用性を示した。さらに、熱伝達係数について速度との関連性の検討を行った。

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金・若手研究(B) (19760383, 代表研究者: 佐藤大樹) の援助の下、実施いたしました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 笠井和彦, 佐藤大樹, 黄一華: 継続時間が長い外乱での温度上昇と熱伝導・伝達を考慮した粘弾性ダンパーの解析手法, 日本建築学会構造系論文集, 第 599 号, pp.61-69, 2006.1
- 2) 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
- 3) 田上高行, 佐藤大樹, 所健, 笠井和彦, 北村春幸: 粘弾性ダンパーの長時間風応答時の特性および簡易評価手法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol.B-2, pp.435-436, 2009.8
- 4) J.P.ホールマン: 伝熱工学 (上), プレイン図書出版, 1993

\*東京理科大学理工学部建築学科

\*\*住友スリーエム (株)

\*\*\*東京工業大学建築物理研究センター

\* Department of Architecture, Tokyo University of Science.

\*\* SUMITOMO 3M Limited.

\*\*\* Structural Eng. Research Center, Tokyo Inst. of Tech.