

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	実大粘性ダンパーの長周期地震動に対する性能評価
Title(English)	Performance Evaluation of Real-size viscous damper under Longperiod Grand Motion
著者(和文)	劉 錫媛, 佐藤大樹, Alex SHEGAY
Authors(English)	Xiyuan Liu, Daiki Sato, Alex Shegay
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 463-464
Citation(English)	, , , pp. 463-464
発行日 / Pub. date	2022, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

実大粘性ダンパーの長周期地震動に対する性能評価

長周期地震動 超高層建物 粘性ダンパー
温度上昇 正弦波置換法

正会員 ○Xiyuan LIU*
同 佐藤大樹**
同 Alex SHEGAY**

1. はじめに

南海トラフによる長周期地震動が超高層建物に作用した場合、これまで想定していた何倍ものエネルギーが、建物に入力される可能性があると予想されている。このような地震動に対し、超高層建物の耐震性を確保するためには、十分なエネルギー吸収性能を有する制振ダンパーによる制振補強が有効であると思われる。本報で対象とする粘性ダンパーは、正弦波加振実験による粘性ダンパーの性能低下が確認されている^[1]。しかし、実際の地震波はランダム波である。長時間のランダム振動で加振実験を行うことは、加振試験装置の性能上、困難な場合が多い。そのようなランダム波によるダンパーの特性を把握したい場合、正弦波置換法が有効である^[2]。文献[2]~[5]より、粘弾性ダンパーやオイルダンパーでは、正弦波置換法の有効性が確認されている。しかし、本報で用いる粘性ダンパーは正弦波置換法の有効性であるかまだ確認されていない。

そこで本報では、粘性ダンパーは長周期地震動のようなランダム振動時のダンパーの温度上昇と性能変化を、正弦波加振試験（正弦波置換法）によって再現する実験手法の有効性を確認する。

2. 粘性ダンパーおよび計測概要

実験用粘性ダンパーに封入した粘性体の容量 V_V が 8.34 mm^3 、速度べき乗指数 α が 0.38 、軸方向粘性係数 C_d が $98 \text{ kN} \cdot (\text{s/mm})^\alpha$ である^[6]。

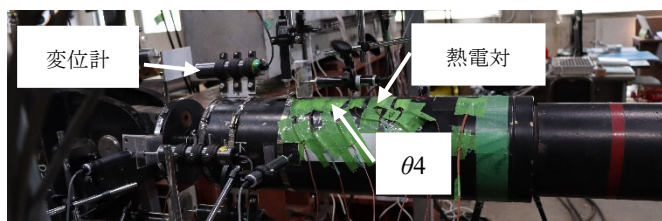


Fig.1 Setup of the viscous damper

ダンパー変位は Fig.1 に示す変位計で計測した。プレースに貼った 12 枚の歪ゲージの値からダンパー荷重を求める。熱伝対を用いてダンパーの表面温度を計測する (Fig.1)。シリンダー中央の温度 (θ_4) 上昇が一番高いので、本報では、 θ_4 の値を用いる。

3. ランダム波加振試験

本報で OS1^[7]および CH2^[7]の長周期地震動を入力した時

刻歴解析より得られたダンパーの変位波形を用いて、ランダム波加振を行う。Fig.2, 3(a)には、実験時にランダム波加振で計測した変位波形を示す。

4. 置換正弦波加振実験

正弦波置換法とは、ランダム波に内在する様々なパラメータを、共通の振幅と振動数で表される正弦波に置換することで、様々なランダム波を用いることなく、正弦波のみでダンパーの特性を包括的に把握できる手法である^[2]。さらに、本手法は、正弦波に置換することで実験が非常に簡便となるだけでなく、ランダム振動時の特性を、定常状態の理想化された理論や計算法などに接続するのに非常に有用である。

ランダム波を正弦波に置換した場合の振幅 A_r および振動数 f_r はランダム振動時、使用したダンパーの変位の実効継続時間 $e t_0$ (ダンパー変位波形 u_{ac} の二乗累加値が全体の 5~95% となる時間) における標準偏差 σ_d および繰返し数 N_0^+ (変位波形が 0 軸を正の傾きで超える回数) を用いて Eq.(1)よりそれぞれ求めることができる^[2]。

$$A_r = \sqrt{2} \cdot \sigma_d \quad f_r = N_0^+ / e t_0 \quad (1a, b)$$

本報では Eq.(1)を用いて、OS1 のダンパーの変位波形 (Fig.2(a)) より、 $A_r = 6.30 \text{ mm}$, $f_r = 0.46 \text{ Hz}$ 、CH2 のダンパーの変位波形 (Fig.3(a)) より、 $A_r = 7.74 \text{ mm}$, $f_r = 0.51 \text{ Hz}$ となった。Fig.2,3(b)には、正弦波置換法によって求めたダンパー変位波形を示す。

4.1 置換正弦波加振実験の有効性

Fig.4,5(a)にランダム波および置換正弦波加振する時、ダンパーのエネルギー吸収量 w_d 、(b)に θ_4 の時刻歴を示す。Fig.4,5 より正弦波置換法による正弦波加振試験は、ランダム加振試験結果と同等のエネルギー吸収や温度上昇を示しており、本手法の有効性が確認できる。

4.2 ダンパーの性能評価

本節では、置換正弦波加振実験での結果で、ダンパーの性能変化を評価する。 n サイクルの最大ダンパー力 $F_d^{[n]}$ は、計測直後の 1 つ目の半波を除いた半波 $2n$ と半波 $2n+1$ の絶対値の平均より算出している (Eq.(2))。ここに、 ${}_h F_{d,max}$ は半波ごとの最大ダンパー力である。()はステップ、 $\langle \rangle$ は半波、[]はサイクルを意味する。

$$F_d^{[n]} = \frac{|{}_h F_{d,max}^{(2n)}| + |{}_h F_{d,max}^{(2n+1)}|}{2} \quad (2)$$

Fig.6,7(a)に置換正弦波を受けた場合、最初のサイクル、最後サイクルのループを示す。Fig.6,7(a)より、ダンパーの性能が低下していることがわかる。Fig.6,7(b)に各サイクルより算出したダンパーの性能低下 ($F_d^{[n]}/F_d^{[1]}$) とサイクルの関係を示す。Fig.6,7(b)、置換正弦波加振でダンパーの性能低下が評価できる。

5.まとめ

本報では、時刻歴解析より得られた粘性ダンパーの変位波形から正弦波置換法を用いて置換正弦波を作成し、ランダム波加振および置換正弦波加振実験を行った。ダンパーのエネルギー吸収量およびダンパー温度を確認したところ、ダンパーの変位波形と置換正弦波で概ね同等の値を示しており、正弦波置換法の有効性を確認できた。また、ダンパーの性能低下とサイクルの関係より、置換正弦波でダンパーの性能低下が評価できた。

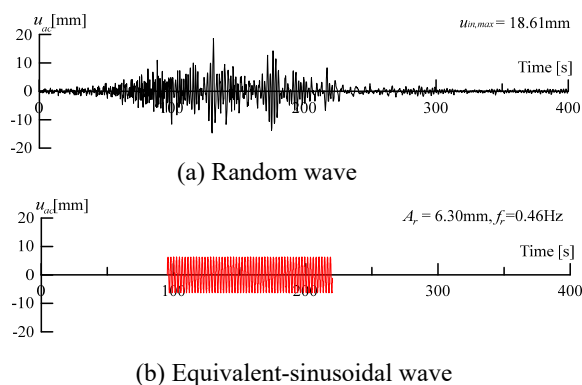
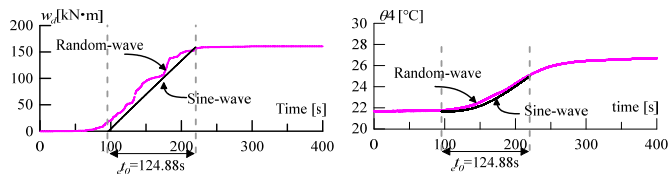


Fig.2 Displacement of viscous damper(OS1)



(a) Absorbed energy of damper (b) Temperature of θ

Fig.4 Compare of absorbed energy and temperature (OS1)

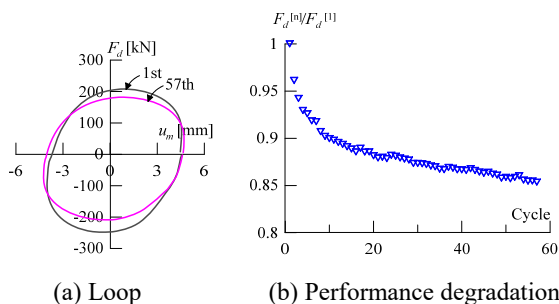


Fig.6 Performance degradation vs cycle(OS1)

参考文献

- [1] 笠井和彦, 佐藤大樹, 松田和浩, 長山祥: 長時間正弦波加振実験による4種の実大制振ダンパーの動的特性の変化および簡易評価手法の提案, 構造工学論文集, Vol.63B, pp.275-283, 2017.3
- [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] 佐藤大樹, 長江拓也, 北村春幸, 梶原浩一: 長周期地震動をうける超高層建物のオイルダンパーによる制振補強効果, 日本建築学会技術報告集, 24(58), 969-974, 2018.10
- [4] 長山祥, 佐藤大樹, 笠井和彦, 杉山暢方, 松田和浩: 長周期・長時間地震動における実大粘弾性ダンパーの特性評価実験, 日本地震工学会第11回年次大会梗概集, pp.2-10, 2015.11
- [5] 太木本仁志, 佐藤大樹, 戸張涼太, 安永隼平, 植木卓也: 間柱型粘弾性ダンパーを組み込んだ超高層建物の長周期地震動に対する応答性状および性能評価実験, 構造工学論文集, Vol.66B, pp. 345-352, 2020.3
- [6] 佐藤大樹, 長山祥, 笠井和彦, 松田和浩: 長周期地震動時における粘性ダンパーの性能低下を考慮した制振構造建物の応答評価, 日本建築学会大会技術報告集, 24(56), 59-62, 2018.2
- [7] 建築研究所: 長周期地震動対策に関わる技術資料・データ公開特設ページ, <http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/lpe/index.html> (2017.6.30)

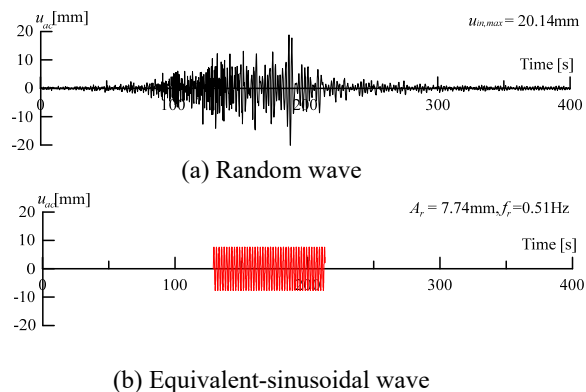
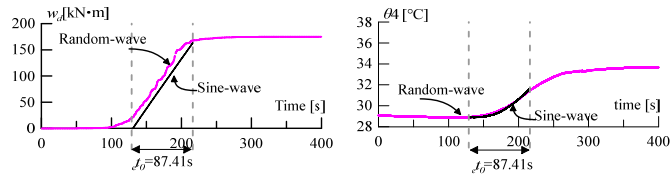


Fig.3 Displacement of viscous damper(CH2)



(a) Absorbed energy of damper (b) Temperature of θ

Fig.5 Compare of absorbed energy and temperature (CH2)

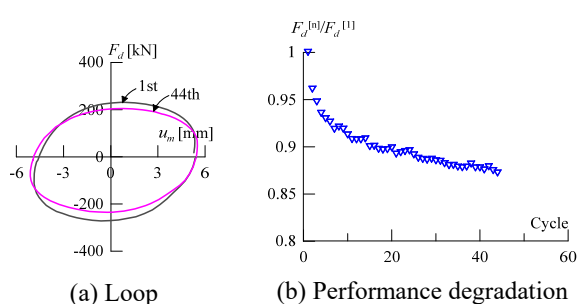


Fig.7 Performance degradation vs cycle (CH2)

*東京工業大学大学院

**東京工業大学 准教授・博士(工学)

***東京工業大学 助教・Ph.D

* Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

** Associate Prof., FIRST, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng

*** Assistant Prof., FIRST, Tokyo Institute of Technology, Ph.D