

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	間柱型粘弾性ダンパーの初期温度と性能低下を考慮した超高層建物の応答評価 その3 高振動数載荷による長時間加振実験
Title(English)	Response evaluation of high rise building considering initial temperature and performance degradation of Stud-type VE damper (Part3 Long-term vibration experiment of high frequency)
著者(和文)	安永隼平, 樹下亮佑, 佐藤大樹, Alex Shegay, 戸張涼太, 植木卓也, 金城陽介
Authors(English)	Jumpei Yasunaga, Ryosuke Kinoshita, Daiki Sato, Alex Shegay, Ryota Tobar, Takuya Ueki, Yosuke Kaneshiro
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 479-480
Citation(English)	, , , pp. 479-480
発行日 / Pub. date	2022, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

間柱型粘弾性ダンパーの初期温度と性能低下を考慮した超高層建物の応答評価

その3 高振動数载荷による長時間加振実験

正会員	○安永隼平*1	同	樹下亮佑*2	同	佐藤大樹*3
同	Alex Shegay *3	同	戸張涼太*4	同	植木卓也*1
同	金城陽介*1				

間柱型粘弾性ダンパー	長時間加振実験	性能低下
温度依存性	振動数依存性	長周期地震動

1. 序

前報¹⁾では、長周期地震動に対する繰り返し加振による粘弾性ダンパーの性能低下の評価を目的として、粘弾性ダンパーの正弦波加振実験を実施した。しかし、0.1, 0.33 Hz と比較的振動数での検討にとどまっている。そこで、本報その3では1.0 Hz 载荷の実験を実施し、繰り返し加振による粘弾性ダンパーの性能低下を、前報¹⁾の実験結果と合わせて評価する。

2. 実験概要

Table1 に前報¹⁾の実験を含めた载荷パラメータを、Fig.1 に試験体を示す。本報その3では、新たに1.0 Hz 载荷の実験5 ケースを実施する。計測箇所は水平変位 (変位計 x1, x2), 鉛直変位 (変位計 y1, y2, y3, y4) に加え、粘弾性パネル内部の温度 (熱電対 T1f, T1b, T2Uf, T2Ub, T2Df, T2Db) および雰囲気温度 (熱電対 T4L, T4R) とする。ダンパー特性値である等価せん断弾性率 G_{eq} および等価減衰定数 H_{eq} の算出方法については前報¹⁾を参照されたい。

3. 実験結果

前報¹⁾では、等価せん断弾性率の低下率 $g_{\lambda_{\Omega}}$ には温度基準化エネルギー密度 Ω_{θ} , 等価減衰定数の低下率 $h_{\lambda_{\Omega}}$ にはエネルギー密度 Ω を用いて評価することで、载荷条件によらず粘弾性ダンパーの性能低下を一律に評価可能であることを示した。そこで、Fig.2 に等価せん断弾性率の低下率 $g_{\lambda_{\Omega}}$ と温度基準化エネルギー密度 Ω_{θ} の関係、等価減衰定数の低下率 $h_{\lambda_{\Omega}}$ とエネルギー密度 Ω の関係を、前報¹⁾の実験結果と併せて示す。 $g_{\lambda_{\Omega}}$ および $h_{\lambda_{\Omega}}$ は、各サイクルの G_{eq} および H_{eq} を3 サイクル目の G_{eq} , H_{eq} で基準化しており、3 サイクル目以降の値を10 サイクルごとにプロットしている。また、载荷条件の名称は、左から振動数 f , 最大せん断ひずみ γ_{dmax} , 初期温度 θ_0 を表す。Fig.2 より、 $h_{\lambda_{\Omega}}$ は Ω を用いることで低下の傾向を一律に評価可能であるが、 $g_{\lambda_{\Omega}}$ は1.0Hz 载荷時に前報¹⁾の実験結果よりも大きく低下することがわかる。そこで、ランダム振動時に振動数を評価するのは困難であるという点、長周期地震動時

Table1 Experiment parameters

Frequency [Hz]	Strain [%]	Cycle [-]	Cumulative deformation [m]	Total Time [s]	Initial temperature [°C]
0.1	50	200	10	2000	19
	100	100	10	1000	28
	200	50	10	500	30
	300	34	10.2	340	18
0.33	50	200	10	600	7.4
	50	200	10	600	20
	50	1000	50	3000	12
	100	100	10	300	30
	100	200	20	600	13
	100	500	50	1500	11
	200	50	10	150	6.6
	200	50	10	150	31
1.0	300	34	10.2	102	30
	50	200	10	200	18
	50	1000	50	1000	16
	100	100	10	100	25
	200	50	10	50	27
	300	34	10.2	34	27

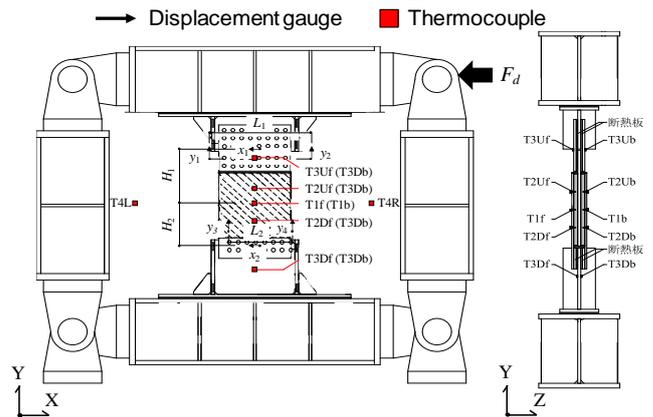


Fig.1 Specimen and measurement positions

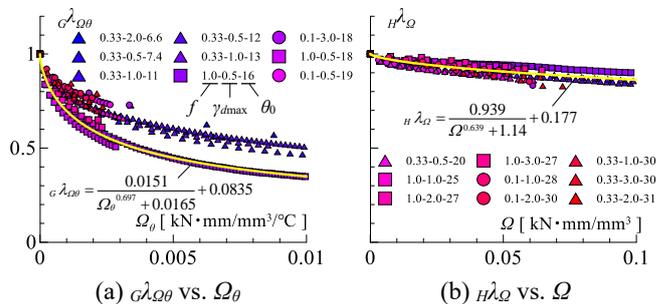


Fig.2 Deterioration of G_{eq} and H_{eq} (experiment)

に入力エネルギーが増大するのは周期1.0秒以上であるという点から、 $g_{\lambda_{\Omega}}$ は下限である1.0 Hz, $h_{\lambda_{\Omega}}$ は全実験結果

に対応する近似式を作成し、繰り返し加振による粘弾性ダンパーの性能低下を評価することとする。Fig.2 に作成した近似式を黄色線で示す。近似式は実験より得られた $G_{\lambda_{Q\theta}}$ の下限値および $H_{\lambda_{Q}}$ の中央値付近と対応しており、それぞれの低下傾向をよく捉えられていることがわかる。

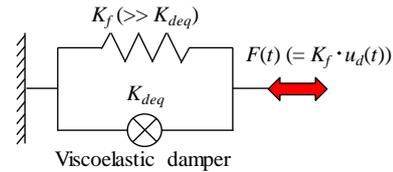


Fig.3 Element vibration analysis model

4. 強制変位加振解析による解析モデルの妥当性の検証

実験より得られた粘弾性ダンパーの変位波形を粘弾性ダンパーの解析モデルに与える解析（以降、強制変位加振解析）を行い、解析結果と実験結果と比較することで、解析モデルの妥当性を検証する。粘弾性ダンパーの解析モデルは、文献 2)の塑性項を簡略化し、非線形ばねと Maxwell 要素を加えた文献3)のモデルを用いる。Fig.3に強制変位加振解析の概念図を示し、以下にその概要を示す。

まず、粘弾性ダンパーと並列に設置された弾性ばねの剛性 K_f を粘弾性ダンパーの等価剛性 K_{deq} に対して十分大きく取る ($K_f \gg K_{deq}$)。次に、実験より得られた粘弾性ダンパーの変位時刻歴 $u_d(t)$ を粘弾性ダンパーの解析モデルに与えるための荷重 $F(t)$ を次式で算出する。

$$F(t) = (K_f + K_{deq}) \cdot u_d(t) \tag{1}$$

ここに、 (t) は時間 t によって変化する値であることを示す。 $K_f \gg K_{deq}$ であるため、式(1)は次式のように近似できる。

$$F(t) \approx K_f \cdot u_d(t) \tag{2}$$

式(2)より得られた荷重の時刻歴波形を与えることで、実験より得られた粘弾性ダンパーの変位時刻歴 $u_d(t)$ を粘弾性ダンパーの解析モデルにも与える。また、粘弾性ダンパーの解析モデルは、ステップごとに算出されるエネルギー吸収量をもとに、3章で作成した近似式より $G_{\lambda_{Q\theta}}$, $H_{\lambda_{Q}}$ を算出し、等価せん断弾性率 G_{eq} , 等価減衰定数 H_{eq} を低下させながら解析を行うことで、繰り返し加振による性能低下を再現する。

Fig.4 に粘弾性ダンパーの履歴ループの実験結果と解析結果の比較を、Fig.5 に等価せん断弾性率の低下率 $G_{\lambda_{Q\theta}}$ および等価減衰定数の低下率 $H_{\lambda_{Q}}$ の解析結果と近似式の対応関係を示す。Fig.4 より、解析結果は実験より得られた履歴ループを精度よく再現できており、解析モデルおよび近似式の妥当性がうかがえる。また、Fig.5 に示すように、等価せん断弾性率の低下率 $G_{\lambda_{Q\theta}}$ および等価減衰定数の低下率 $H_{\lambda_{Q}}$ は近似式に沿って低下していることがわかる。

5. まとめ

本報その3では、1.0 Hz 荷重の正弦波加振実験を実施し、繰り返し加振による粘弾性ダンパーの性能低下を前報¹⁾の実験結果と合わせて評価した。実験より、等価せん断弾

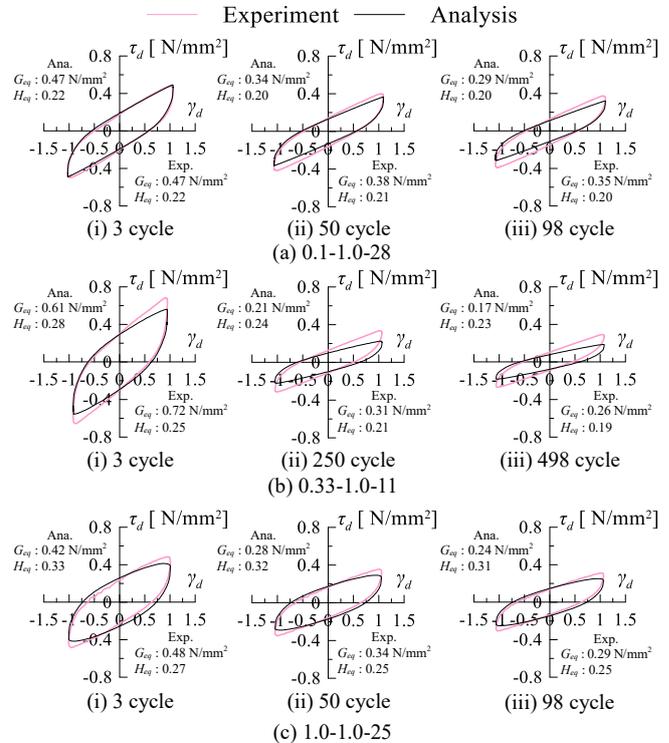


Fig.4 Hysteresis loop of viscoelastic damper

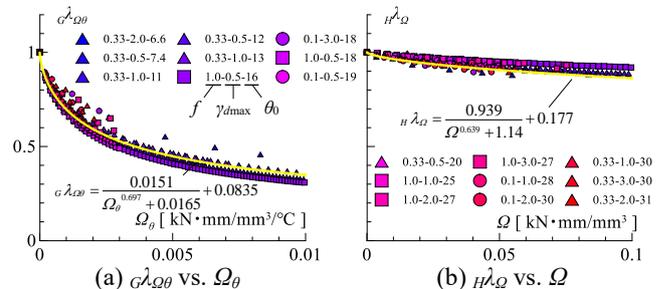


Fig.5 Deterioration of G_{eq} and H_{eq} (analysis)

性率 G_{eq} は高振動数であるほど大きく低下し、等価減衰定数 H_{eq} は荷重条件によらず概ね一様の低下傾向であった。そこで、等価せん断弾性率の低下率 $G_{\lambda_{Q\theta}}$ は下限である 1.0 Hz 荷重時、等価減衰定数の低下率 $H_{\lambda_{Q}}$ は全実験結果に適合する近似式を作成し、繰り返し加振による粘弾性ダンパーの性能低下を評価した。また、強制変位加振解析を行い、近似式に沿って性能を低下させることで、本報で用いる粘弾性ダンパーの解析モデルが、繰り返し加振による性能低下を精度よく再現可能であることを確認した。謝辞および参考文献はその4にまとめて示す。

*1 JFE スチール株式会社
 *2 元東京工業大学
 *3 東京工業大学
 *4 JFE シビル株式会社

*1 JFE Steel Corporation
 *2 Former Tokyo Institute of Technology
 *3 Tokyo Institute of Technology
 *4 JFE Civil Engineering & Construction Corporation