

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1 粘弾性ダンパーの正弦波加振実験
Title(English)	Response evaluation of high rise building considering initial temperature and performance degradation of Stud-type VE damper (Part1 Sinusoidal loading experiment of VE damper)
著者(和文)	安永隼平, 佐藤大樹, 樹下亮佑, 戸張涼太, 植木卓也, 金城陽介
Authors(English)	Jumpei Yasunaga, Daiki Sato, Ryosuke Kinoshita, Ryota Tobari, Takuya Ueki, Yosuke Kaneshiro
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 703-704
Citation(English)	, , , pp. 703-704
発行日 / Pub. date	2021, 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1 粘弾性ダンパーの正弦波加振実験

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

制振構造 間柱型 粘弾性ダンパー
長周期地震動 超高層建物 温度依存性

1. はじめに

近年、南海トラフ地震等の長周期地震動の発生が予測されている。その対策として主架構の損傷を抑える制振構造の需要が高まっている。本研究で対象とする間柱型粘弾性ダンパーは長時間の繰返し加振によりその性能が低下することが懸念される。そのため、建物の応答を評価する場合、ダンパーの性能低下を考慮した検討が必要となる。文献 1)にて、繰返し加振による粘弾性ダンパーの性能低下はエネルギー密度を用いて整理することで、載荷条件によらず一様に評価できることが確認されている。しかし、それらは粘弾性ダンパーの初期温度が約 20~30℃である場合の検討にとどまっている。そこで、本報その 1 では粘弾性ダンパーの初期温度が 10℃前後である試験体を用いて正弦波加振実験を行い、繰返し加振によるダンパーの性能低下と初期温度の関係を文献 1)の実験結果と合わせてまとめる。

2. 実験概要

試験体および計測箇所を Fig.1 に示す。試験体である粘弾性体のサイズは面積 $A = 484 \times 484 \text{ mm}^2$ 、厚さ $d = 25 \text{ mm}$ とする。周囲の治具に熱が移動しないように、粘弾性パネルと上下取付具との接合部に 9 mm の断熱板を介して高力ボルト接合している。計測箇所は水平、鉛直変位に加え、粘弾性パネル内部の温度および雰囲気温度とする。

粘弾性パネル内部の温度 (T1~T2) は、粘弾性パネルを上下に 4 等分する位置を 3 点 (パネル中央部とその±121 mm の点) 計測する。Table1 に載荷パラメータを示す。また、粘弾性ダンパーの初期温度は代表温度として T1b の値を用いることとする。

3. ダンパー特性値の算出方法

粘弾性ダンパーのストローク (パネルのせん断変形) u_d は式(1)より求める。

$$u_d = x_1 - x_2 - \frac{y_2 - y_1}{850} \cdot 405 - \frac{y_4 - y_3}{440} \cdot 330 \quad (1)$$

ダンパー力 F_d はアクチュエータの荷重とする。ダンパーのせん断応力度 τ_d は F_d を $2A$ で除して求める (式(2))。ダンパーのひずみ γ_d は u_d を d で除して求める (式(3))。ダンパーのエネルギー吸収量 w_d をダンパーの体積 V で除したものをエネルギー密度 Ω と呼び、式(4)のように定義する。

$$\tau_d = \frac{F_d}{2A}, \quad \gamma_d = \frac{u_d}{d}, \quad \Omega = \frac{w_d}{V} \quad (2), (3), (4)$$

1 サイクルごとのダンパーのせん断応力度の最大値 $\tau_{d,max}$ およびエネルギー密度 Ω を式(5), (6)より求める。なお、() はステップ、〈 〉 は半波、[] はサイクルを意味する。

$$\tau_{d,max}^{[n]} = \frac{|\tau_{d,max}^{\langle 2n \rangle}| + |\tau_{d,max}^{\langle 2n+1 \rangle}|}{2} \quad (5)$$

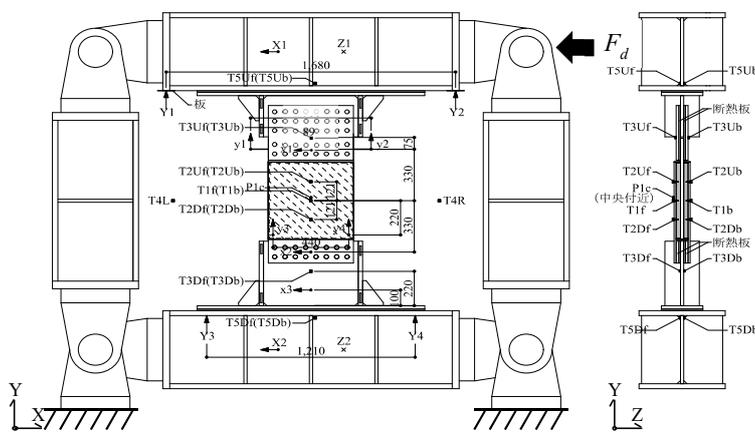


Fig.1 Measurement positions [unit : mm]

Table1 Experiment parameters

Frequency [Hz]	Strain [%]	Cycle [-]	Cumulative deformation [m]	Total Time [s]	Initial temperature [°C]	Reference
0.1	50	200	10	2000	19	Ref1)
	100	100	10	1000	28	Ref1)
	200	50	10	500	30	Ref1)
	300	34	10.2	340	18	Ref1)
0.33	50	200	10	600	7.4	-
	50	200	10	600	20	Ref1)
	50	1000	50	3000	12	-
	100	100	10	300	30	Ref1)
	100	200	20	600	13	-
	100	500	50	1500	11	-
	200	50	10	150	6.6	-
	200	50	10	150	31	Ref1)
300	34	10.2	102	30	Ref1)	

Response evaluation of high rise building considering initial temperature and performance degradation of Stud-type VE damper (Part I Sinusoidal loading experiment of VE damper)

Jumpei Yasunaga, Daiki Sato, Ryosuke Kinoshita
Ryota Tobar, Takuya Ueki, Yosuke Kaneshiro

$$\Omega[n] = \sum_{i=1}^{N_D} \frac{(\tau_d^{(i)} + \tau_d^{(i+1)}) \cdot (\gamma_d^{(i+1)} - \gamma_d^{(i)})}{2} \quad (6)$$

ここで、 N_D は 1 サイクルのデータ数である。

n サイクルの $\tau_{d, \max}$ は Fig.2 のように計測直後の 1 つ目の半波を除いた半波 $2n$ と半波 $2n+1$ の絶対値の平均値より

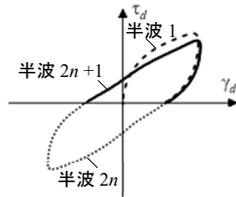


Fig.2 Definition of half wave

算出している ($n \geq 1$)。また、 Ω は 1 サイクルごとの $\tau_d - \gamma_d$ 関係の履歴の面積より算出しており、半波 1 および各载荷条件の最後の 1 サイクルは含まない。等価せん断弾性率 G_{eq} 、等価減衰定数 H_{eq} をそれぞれ式(7)、(8)より求める。

$$G_{eq}^{[n]} = \frac{|\tau_{d, \max}^{(2n)}| + |\tau_{d, \max}^{(2n+1)}|}{|\gamma_{d, \max}^{(2n)}| + |\gamma_{d, \max}^{(2n+1)}|} \quad (7)$$

$$H_{eq}^{[n]} = \frac{2\Omega^{[n]}}{\pi \cdot G_{eq}^{[n]} \left(|\gamma_{d, \max}^{(2n)}| + |\gamma_{d, \max}^{(2n+1)}| \right)^2} \quad (8)$$

4. 実験結果

長時間正弦波加振実験結果を示す。Fig.3 にエネルギー密度 Ω に対する G_{eq} の低下率 $g\lambda_\Omega$ 、 H_{eq} の低下率 $h\lambda_\Omega$ とエネルギー密度 Ω の関係を示す。凡例は振動数、せん断ひずみ、初期温度で区別しており、例えば、0.33_2.0_31 は振動数 0.33 Hz、せん断ひずみ 200%、初期温度 31 °C である。Fig.3 より、 $h\lambda_\Omega$ は载荷条件によらず低下の傾向は概ね一致するが、 $g\lambda_\Omega$ は载荷条件によって低下の傾向が大きく異なる。文献 1) では横軸を Ω とすることで载荷条件によらず $g\lambda_\Omega$ の低下の傾向は一致していたが、本報では粘弾性ダンパーの初期温度 θ_0 が小さいほど $g\lambda_\Omega$ が小さくなる傾向を示す。そこで、Fig.4 に $\Omega = 0.050 \text{ kN} \cdot \text{mm}/\text{mm}^3$ のときの $g\lambda_\Omega$ 、 $h\lambda_\Omega$ と θ_0 の関係を示し、粘弾性ダンパーの性能低下と初期温度の関係について考察する。Fig.4 より、 $g\lambda_\Omega$ と θ_0 は正の相関があるが、 $h\lambda_\Omega$ は θ_0 の大小に関わらず概ね同等の値となった。このことから、初期温度が低いほど G_{eq} は減少しやすいが、 H_{eq} は初期温度に関わらず概ね同様の低下傾向を示すことが分かる。そこで、温度基準化エネルギー密度 Ω_θ を式(9)に定義し、 Ω_θ を用いて性能低下を評価する。

$$\Omega_\theta = \frac{\Omega}{\theta_0} \quad (9)$$

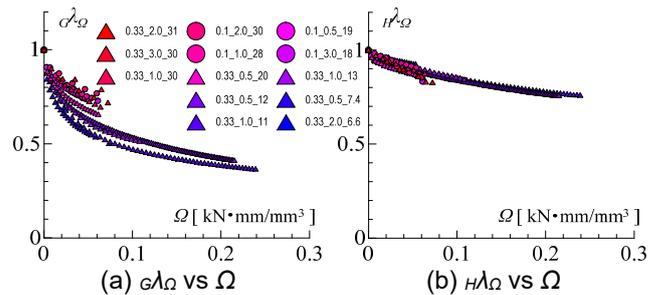


Fig.3 Relationships between characteristic of damper and Ω

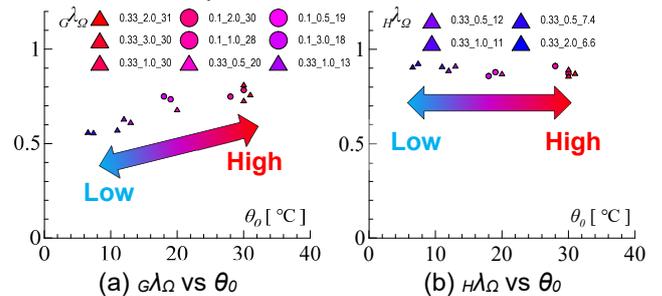


Fig.4 Relationships between characteristic of damper and initial temperature ($\Omega = 0.050$)

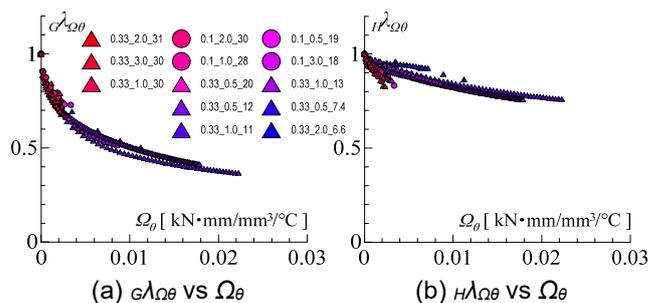


Fig.5 Relationships between characteristic of damper and Ω_θ

Fig.5 に Ω_θ に対する G_{eq} の低下率 $g\lambda_{\Omega_\theta}$ 、 H_{eq} の低下率 $h\lambda_{\Omega_\theta}$ と Ω_θ の関係を示す。Fig.5 より、 $g\lambda_{\Omega_\theta}$ は载荷条件によらず低下の傾向は概ね一致するが、 $h\lambda_{\Omega_\theta}$ は低下の傾向にばらつきが見られた。これは、Fig.4 に示すように $g\lambda_\Omega$ と θ_0 は正の相関があるが、 $h\lambda_\Omega$ は θ_0 によらず概ね同等の値であったためである。このことから、 G_{eq} の低下率は Ω_θ 、 H_{eq} の低下率は Ω を用いることで、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できることがわかる。

5. まとめ

本報その 1 では実大粘弾性ダンパーの正弦波加振実験を行い、性能低下の傾向を確認した。 G_{eq} の低下率は温度基準化エネルギー密度 Ω_θ 、 H_{eq} の低下率はエネルギー密度 Ω を用いて整理することで、载荷条件によらず低下の傾向は概ね一致することを確認した。

謝辞および参考文献はその 2 にまとめて示す。

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

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