

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7 時刻歴応答解析結果に基づく等価減衰定数の検討例
Title(English)	Response evaluation of high rise building considering initial temperature and performance degradation of Stud-type VE damper (Part7 Example of evaluation of equivalent damping constants based on the results of time history response analysis)
著者(和文)	西海 隼, 佐藤大樹, Alex Shegay, 戸張涼太, 安永隼平, 植木卓也, 森岡宙光
Authors(English)	Hayato Nishiumi, Daiki Sato, Alex Shegay, Ryota Tobar, Jumpei Yasunaga, Takuya Ueki, Hiromitsu Morioka
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 367-368
Citation(English)	, , , pp. 367-368
発行日 / Pub. date	2023, 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7 時刻歴応答解析結果に基づく等価減衰定数の検討例

正会員	○西海 隼*1	同	佐藤大樹*1	同	Alex Shegay*1
同	戸張涼太*2	同	安永隼平*3	同	植木卓也*3
同	森岡宙光*3				

間柱型粘弾性ダンパー 長周期地震動 超高層建物
性能低下 時刻歴応答解析 等価減衰定数

1. はじめに

本報その6では、時刻歴応答解析結果に基づく性能低下を考慮した等価減衰定数の評価手法を示した。本報その7では、実際に建物モデルを用いた検討例を示す。

2. 建物モデルおよび入力地震動の概要

検討対象建物は、鉄骨造 20 階建て¹⁾の事務所ビルとし、間柱型粘弾性ダンパーの設置数が異なる 2 つの建物モデルを用いる。Fig.1 に軸組図と基準階伏図を示し、Table1 に各モデルのダンパー数、Table2 に主架構の部材断面を示す。軸組図と基準階伏図の赤線、赤丸は粘弾性ダンパーの設置箇所を表す。Fig.1, Table1 より、ダンパー数はモデル1よりモデル2が多いことがわかる。X 方向を解析対象とし、主架構は弾性とする。主架構の 1 次固有周期 T_1 は 2.46 秒であり、構造減衰は T_1 に対して $\zeta_0 = 2\%$ となる剛性比例型とする。なお、時刻歴応答解析には構造計算プログラムである RESP-D, RESP-F3T を用いる。Fig.2 に検討に用いる地震動の擬似速度応答スペクトルおよびエネルギースペクトルを示す。入力地震動は、告示波である ART HACHI と基盤促波である OS1, OS2, SZ1, SZ2²⁾とする。

3. 性能低下を考慮した時刻歴応答解析

本報では、性能低下を考慮しない場合（以降、低下なし）の時刻歴応答解析と低下なしの地震入力終了時 $t = t_0$ の各層の粘弾性ダンパーのエネルギー吸収量 $W_{di}(t_0)$ を用いて、式(1), (2)¹⁾より等価せん断弾性率 G_{eqi} の低下率 $g_{\lambda_{\Omega_i}}$ 、等価減衰定数 H_{eqi} の低下率 $h_{\lambda_{\Omega_i}}$ を算出し、 G_{eqi} , H_{eqi} を初期値から低下させて再度解析を行う簡易手法の 2 種類を行う。

$$g_{\lambda_{\Omega_i}} = \frac{0.0151}{\Omega_{\theta_i}^{0.697} + 0.0165} + 0.0835 \quad (1)$$

$$h_{\lambda_{\Omega_i}} = \frac{0.939}{\Omega_i^{0.639} + 1.14} + 0.177 \quad (2)$$

ここで、 Ω_{θ_i} は各層の温度基準化エネルギー密度 ($= \Omega_i /$ 初期温度 θ)、 Ω_i は各層のエネルギー密度 ($= W_{di}(t_0) /$ 粘弾性体の体積 V_i) である。なお、 $g_{\lambda_{\Omega_i}}$, $h_{\lambda_{\Omega_i}}$ は最小層の値を全層一律つまり $g_{\lambda_{\Omega_i}} = |g_{\lambda_{\Omega_i}}(t_0)|_{\min}$, $h_{\lambda_{\Omega_i}} = |h_{\lambda_{\Omega_i}}(t_0)|_{\min}$ とした。Table3, Table4 に簡易手法で用いる $g_{\lambda_{\Omega_i}}$, $h_{\lambda_{\Omega_i}}$ を示す。

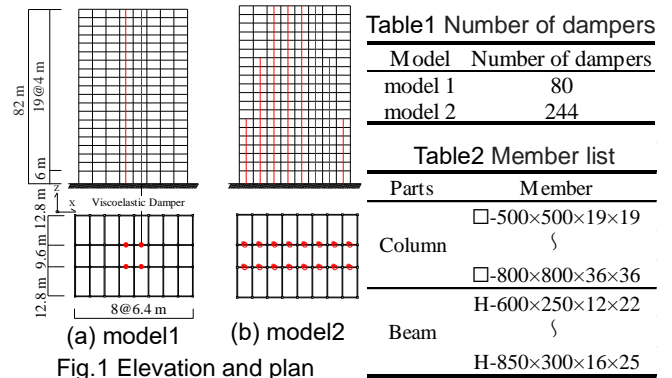


Fig.1 Elevation and plan

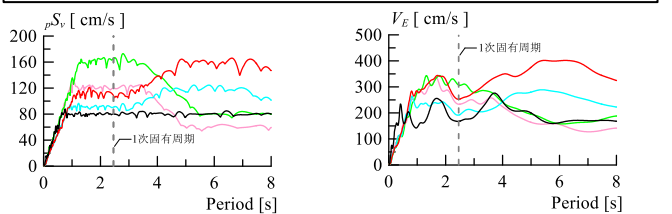
Table1 Number of dampers

Model	Number of dampers
model 1	80
model 2	244

Table2 Member list

Parts	Member
Column	□-500×500×19×19 □-800×800×36×36
Beam	H-600×250×12×22 H-850×300×16×25

ART HACHI OS1 OS2 SZ1 SZ2



(a) Pseudo-velocity response spectra ($\xi = 5\%$) (b) Energy spectra ($\xi = 10\%$)

Fig.2 Response spectra

Table3 $g_{\lambda_{\Omega_i}}$ (Rate of decrease in G_{eqi})

Model	Temperature	ART HACHI	OS1	OS2	SZ1	SZ2
model 1	10°C	0.70	0.63	0.72	0.55	0.65
	20°C	0.79	0.73	0.8	0.68	0.75
	30°C	0.84	0.79	0.85	0.76	0.81
model 2	10°C	0.78	0.63	0.71	0.57	0.62
	20°C	0.85	0.74	0.8	0.68	0.74
	30°C	0.89	0.81	0.85	0.76	0.81

Table4 $h_{\lambda_{\Omega_i}}$ (Rate of decrease in H_{eqi})

Model	Temperature	ART HACHI	OS1	OS2	SZ1	SZ2
model 1	10°C	0.96	0.95	0.97	0.94	0.96
	20°C	0.97	0.95	0.97	0.94	0.96
	30°C	0.97	0.96	0.97	0.95	0.96
model 2	10°C	0.98	0.95	0.97	0.94	0.95
	20°C	0.98	0.95	0.97	0.94	0.95
	30°C	0.98	0.96	0.97	0.95	0.96

Response evaluation of high rise building considering initial temperature and performance degradation of Stud-type VE damper (Part7 Example of evaluation of equivalent damping constants based on the results of time history response analysis)

NISHIUMI Hayato, SATO Daiki, Alex SHEGAY, TOBARI Ryota, YASUNAGA Jumpei, UEKI Takuya, MORIOKA Hiromitsu

4. 性能低下を考慮した等価減衰定数の妥当性と評価

本報その6の手順で算出した建物全体の1次等価減衰定数 $i_1 \zeta_{eq}$ を Table5 に示す。また、 $i_1 \zeta_{eq}$ の妥当性を確認するために、Fig.3 に低下なし、簡易手法（粘弾性ダンパーの温度：10℃）と減衰定数を変動させた主架構のみの建物モデル（以下、非制振モデル）の最大層間変形角の高さ方向分布の比較を示す。Table5 より、粘弾性ダンパーの初期温度が 10℃の場合のモデル 1 は性能低下の有無によらず $i_1 \zeta_{eq} = 3\%$ 程度であることがわかる。そして、Fig.3(a)からモデル 1 の最大層間変形角は性能低下の有無や入力地震動によらず、非制振モデルの減衰定数 2~4%の応答と同程度であることを踏まえると、Table5 の $i_1 \zeta_{eq}$ は妥当な結果であると考えられる。モデル 2 では、SZ1 入力時に性能低下によって大きく応答が増大するが、Table5 のモデル 2 (10℃, SZ1) の低下なしは $i_1 \zeta_{eq} = 6.75\%$ 、簡易手法は 5.00%となっており、それぞれ Fig.3(b)の SZ1 入力時の非制振モデルの 6~8%、4~6%の応答と同程度であることをふまえるとモデル 2 も妥当な結果だと考える。

Table5 の $i_1 \zeta_{eq}$ を各モデルで比較すると、ダンパー数の多いモデル 2 の方が性能低下によって $i_1 \zeta_{eq}$ が減少しやすいことがわかる。また、Table5 の $i_1 \zeta_{eq}$ を性能低下の有無で比較すると、 $i_1 \zeta_{eq}$ は性能低下の考慮により、低下なし>簡易手法となる傾向を確認できる。これらの傾向は、特に応答が大きくなる入力地震動で顕著であり、Fig.3 の最大応答の増大と対応していることから性能低下を考慮した場合の応答の増大を $i_1 \zeta_{eq}$ の変化で評価できることがわかる。

5. まとめ

本報その7では、実際に建物モデルを用いて粘弾性ダンパーの性能低下を考慮した建物の等価減衰定数を時刻歴応答解析結果に基づいて評価した。本報その6で示した手法を用いて、粘弾性ダンパーの性能低下による応答の増大を等価減衰定数の変化で評価できることを確認した。

参考文献

- 1) 安永隼平, 他 6 名: 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, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造-II, pp.479-480, 2022
- 2) 西海集, 他 7 名: 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 4 時刻歴応答解析を用いた建物応答の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造-II, pp.481-482, 2022
- 3) 森隆浩, 他 5 名: 高減衰ゴムを用いた間柱型粘弾性ダンパー~その 2 時刻歴応答解析用履歴モデル~, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造-II, pp.597-598, 2017
- 4) 樹下亮佑, 他 5 名: 振幅依存性を有する間柱型粘弾性ダンパーの等価線形化に基づく地震応答予測, 日本建築学会構造系論文集, Vol.88, No.803, pp.47-58, 2023.1
- 5) 樹下亮佑, 他 6 名: 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 5 応答予測を用いた建物応答の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造-II, pp.483-484, 2022
- 6) 石井正人, 他: 多層制振構造の時刻歴解析に用いるせん断棒モデルの提案, 日本建築学会構造系論文集, Vol.75, No.647, pp.103-112, 2010.1
- 7) 樹下亮佑, 他 5 名: 間柱型粘弾性ダンパーと履歴ダンパーを並列配置した超高層制振建物のせん断棒モデル化手法, 日本建築学会技術報告集,

Table5 Equivalent damping constants $i_1 \zeta_{eq}$ [unit : %]

Temperature	Ground motion	model 1		model 2	
		低下なし	簡易手法	低下なし	簡易手法
10℃	ARTHACHI	3.25	3.05	7.09	6.31
	OS1	3.28	3.02	7.10	5.80
	OS2	3.28	3.09	7.23	6.35
	SZ1	3.24	2.89	6.75	5.00
	SZ2	3.28	3.03	6.99	5.60
20℃	ARTHACHI	3.25	3.19	7.06	6.82
	OS1	3.24	3.08	6.84	5.95
	OS2	3.28	3.20	7.16	6.61
	SZ1	3.17	2.95	6.23	5.06
	SZ2	3.24	3.09	6.67	5.84
30℃	ARTHACHI	3.18	3.20	6.65	6.71
	OS1	3.12	3.05	6.15	5.63
	OS2	3.19	3.20	6.54	6.20
	SZ1	3.03	2.91	5.44	4.80
	SZ2	3.11	3.04	5.98	5.48

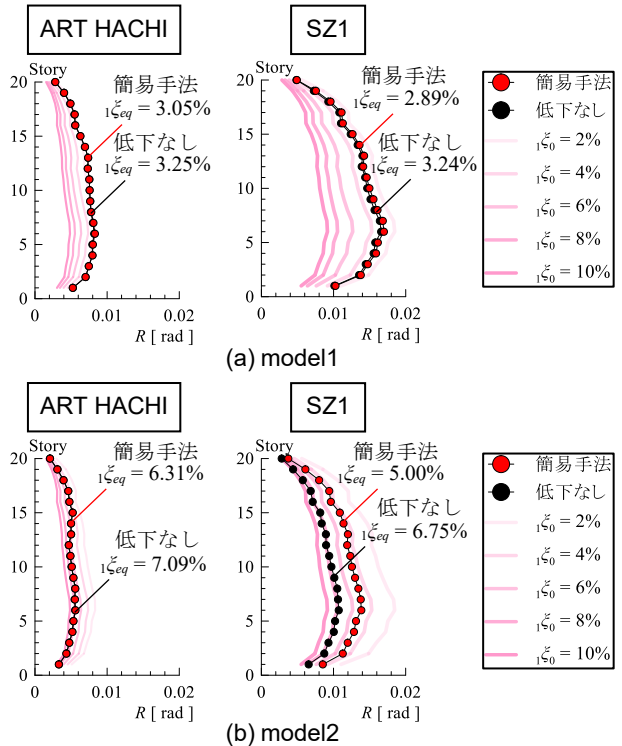


Fig.3 Comparison of the maximum drift angle for each model and a no-damper model with varying damping constants (Temperature : 10℃)

Vol.28, No.68, pp.103-108, 2022.2

- 8) 金城陽介, 他 5 名: 高減衰ゴムを用いた間柱型粘弾性ダンパー~その 1 実大試験による性能評価~, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造-II, pp.595-596, 2017
- 9) 戸張涼太, 他: 非線形粘弾性ダンパーを有する制振構造のエネルギー応答予測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造-II, pp.697-698, 2021
- 10) 櫻井祐, 他 5 名: 高減衰ゴムを用いた間柱型粘弾性ダンパー~その 5 性能変動を考慮できる履歴モデル~, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造-II, pp.271-272, 2018
- 11) 日本建築学会: 鋼構造制振設計指針第 1 版, 2014.11
- 12) 国土交通省: 超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策について (技術的助言), 国住指 1111 号, 2016.6

*1 東京工業大学
 *2 JFE シビル
 *3 JFE スチール

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