

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	履歴ダンパーを有する制振建物の実効変形比に着目した性能評価 その2 塑性率に着目した評価
Title(English)	Performance evaluation of passively controlled structure building with hysteretic damper based on effective damper deformation (Part 2:Evaluation based on plasticity factor)
著者(和文)	澤侑弥, 佐藤大樹, 戸張涼太, 吉永光寿, 安永隼平, 金城陽介
Authors(English)	Yuya Sawa, Daiki Sato, Ryota Tobari, Mitsutoshi Yoshinaga, Jumpei Yasunaga, Yosuke Kaneshiro
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 927-928
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 927-928
発行日 / Pub. date	2020, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

履歴ダンパーを有する制振建物の実効変形比に着目した性能評価

その2 塑性率に着目した評価

正会員 澤侑弥\*1 同 佐藤大樹\*1 同 戸張涼太\*2  
同 吉永光寿\*2 同 安永隼平\*3 同 金城陽介\*3

超高層建物 鉄骨構造建物 制振構造  
履歴ダンパー 実効変形比 塑性率

1. はじめに

本報その1では部材構成モデル(以下、Mモデル)とせん断モデル(以下、S<sup>(NR)</sup>モデル)の応答比較を行い、実効変形比の精度を確認した。

文献3,4)より最適ダンパー量時の実効変形比 $\alpha_e$ は上限値 $\alpha_N$ と下限値 $\alpha_{es}$ の中間に位置することがわかっている。一方、ダンパーの設計において塑性率を用いることがしばしばある<sup>1)</sup>。そこで、本報その2では最適ダンパー量時の $\alpha_e$ と塑性率の関係性を明らかにすることを目的とする。また、文献3)で示された実効変形比の下限予測式に誤りがあるため再定義し、予測式としての精度確認をする。

2. 制振性能評価

2.1 エネルギー吸収率と塑性率の関係

以下に付加系の塑性率の算出方法を記す。本報で扱う座屈拘束ブレースは弾性部と塑性化部で構成されるが、等価な1本バネとしてモデル化したものを付加系と呼び、本報においては付加系で考察を行う。S<sup>(NR)</sup>モデルの付加系

塑性率( $\mu_{as,i}$ )の算出方法を以下に記す。第*i*層の付加系最大変位 $\delta_{as,max,i}$ 、降伏変位 $\delta_{ay,i}$ とすると、式(1)よりS<sup>(NR)</sup>モデルにおける付加系塑性率( $\mu_{as,i}$ )を得られる。

$$\mu_{as,i} = \frac{\delta_{as,max,i}}{\delta_{ay,i}} = \frac{\delta_{as,max,i}}{\delta_{ay,i}/\alpha_{N,i}} \quad (1)$$

ここで式(1)に示す $\alpha_{N,i}$ は本報その1式(1)を用いる。

Fig.1にS<sup>(NR)</sup>モデルにおけるダンパーのエネルギー吸収率 $\Sigma W_{dp}/E$ と付加系塑性率 $\mu_{as,i}$ の関係を示す。0.2~0.6倍波では $d\alpha_{y1} = 0.005$ 、0.8~1.0倍波では $d\alpha_{y1} = 0.010$ 、1.2~1.6倍波では $d\alpha_{y1} = 0.015$ 、1.8~2.0倍波では $d\alpha_{y1} = 0.020$ で $\Sigma W_{dp}/E$ が最大であった。ここで、各地震波において $\Sigma W_{dp}/E$ が最大となる時のダンパー量を最適ダンパー量と定義する。ダンパーは全体の2/3層(23層)までに90%程度のエネルギー吸収をしているため、 $\mu_{as,i}$ の平均値は全体の2/3層までで平均化を行った。0.6倍波以降で最適ダンパー量るとき、 $\mu_{as,i}$ の平均値がおおむね極値となる関係を示した。また、ダンパーのエネルギー吸収に大きく寄

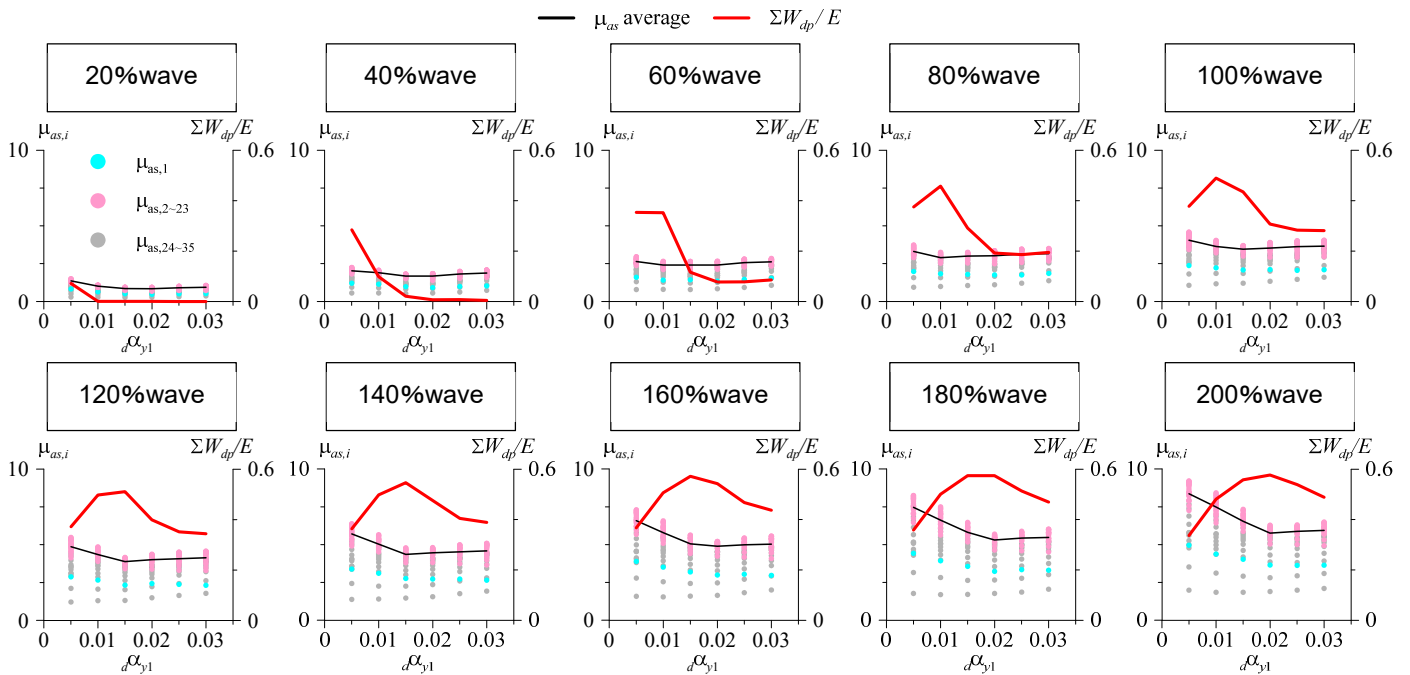


Fig.1 Relationship between  $\mu_{as,i}$  and Energy absorption rate

与する 2~23 層の  $\mu_{as,i}$  は他のダンパー量と比べばらつきが小さく、偏りなく塑性化している。なお、ダンパー塑性化部塑性率は付加系塑性率に対し概ね 1.6~2.0 倍程度であった。

## 2.2 実効変形比の下限值予測式

文献 3) で示された実効変形比の下限予測式 ( $\alpha_{es}$ ) において誤りがあるため本報で再定義を行う。

以下に、M モデルと S<sup>(NR)</sup>モデルの対応関係を式(2a-c)に示す。M モデルのダンパーの軸変形の水平成分  $\delta_d$ 、軸力の水平成分  $F_d$  および剛性の水平成分  $K_d$  とし、S<sup>(NR)</sup>モデルのダンパーの軸変形水平成分  $\delta_{ds}$ 、軸力  $F_{ds}$  および剛性  $K_{ds}$  に変換することができる。

$$\delta_d = \alpha_N \times \delta_{ds}, \quad F_d = F_{ds} / \alpha_N, \quad K_d = K_{ds} / (\alpha_N^2) \quad (2a-c)$$

M モデルの層間変形  $\delta$  は、状態 N/R 解析に基づく S<sup>(NR)</sup>モデルにおける層間変形  $\delta$  (=  $\delta_{ds} + \delta_{bs}$ ) と同様である。 $\delta_{bs}$  は擬似ブレース変位を示す。式(2a-c)よりダンパー弾性時における実効変形比  $\alpha_{es}$  は式(3)で表せられる。

$$\alpha_{es} = \frac{\delta_d}{\delta} = \frac{\alpha_N \times \delta_{ds}}{\delta_{ds} + \delta_{bs}} = \frac{\alpha_N}{1 + (F_{ds}/K_{bs}) / (F_{ds}/K_{ds})} \\ = \frac{\alpha_N}{1 + K_{ds}/K_{bs}} \quad (3)$$

なお、式(3)の  $K_{bs}$  は擬似ブレース剛性を示す。

## 2.3 実効変形比と塑性率の関係

本報その 1 式(5b)より算出した S<sup>(NR)</sup>モデルの  $\alpha_e$  とダンパー塑性化部の  $\mu_{as,i}$  の関係を Fig.2 に示す。また、同図に  $\alpha_e$  の上限値  $\alpha_N$ 、下限値  $\alpha_{es}$  も示す。枠線黒丸は各地震波の最適ダンパー量時における  $\alpha_e$  を示している。Fig.2 において、左から 0.2, 0.4...2.0 倍波であり、地震動レベルの増加に伴い  $\alpha_e$  は大きくなる傾向を示す。また、全ての地震波およびダンパー量で  $\alpha_e$  は  $\alpha_N$  と  $\alpha_{es}$  の間に収まることがわかる。本報でも最適ダンパー量時の  $\alpha_e$  は  $\alpha_N$  と  $\alpha_{es}$  の中間に位置することが確認できる。最適ダンパー量で、0.2~0.8 倍波は 1~3, 1.0~1.4 倍波は 3~5, 1.6~2.0 倍波は 5~7 の塑性率を多く示した。以上より、最適ダンパー量ではある一定の範囲に塑性率が収まることがわかる。

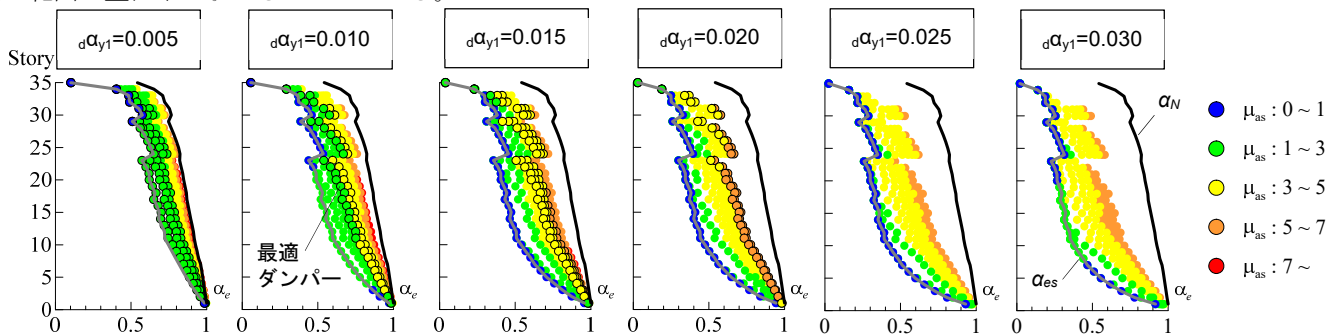


Fig.2 Relationship between  $\alpha_e$  and  $\mu_{as}$  (0.2,0.4...2.0 times wave from left)

## 3. まとめ

本報では複数の地震動レベルにおいて部材構成モデルとせん断モデルの応答比較をした。また、実効変形比の下限值予測式の再定義、ダンパーの塑性率に着目した制振性能評価を行った。以下に得られた知見を記す。

- 1) 最適ダンパー量の際に付加系塑性率の平均値はおおむね極値になる。
- 2) 実効変形比は上限・下限予測値の間に必ず収まり、ダンパー弾性時における実効変形比の下限予測としての妥当性を確認した。また、最適ダンパー量の実効変形比は上限・下限値の概ね中間に位置する。
- 3) 各地震動レベルにおける最適ダンパー量では、ある一定の範囲に塑性率が収まる。本報の検討では 0.2~0.8 倍波は塑性率 1~3, 1.0~1.4 倍波は 3~5, 1.6~2.0 倍波は 5~7 を示した。

本報は 35 層モデルにおける 1 種の配置形式および 1 つの地震波の知見であるため、他の建物モデルおよび配置形式、地震波での検討を行う予定である。

## 謝辞

本報は JFE シビル株式会社、JFE スチール株式会社、東京工業大学佐藤研究室の成果を一部まとめたものです。JFE スチール株式会社の植木卓也氏には本報を執筆する上で貴重なご意見を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。本研究の一部は JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラムによるものです。

## 参考文献

- 1) パッシブ制振構造設計・施工マニュアル 第二版, (社) 日本免震構造協会(JSSI), 2005.9
- 2) 石井正人, 笠井和彦: 多層制振構造の時刻歴応答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
- 3) 古谷慶, 添田幸平, 佐藤大樹, 北村春幸, 石井正人, 吉江慶祐, 宮崎充, 佐々木和彦, 岩崎雄一: 履歴ダンパーを有する超高層弾性架構の実効変形比に着目した制振性能評価, 構造工学論文集, Vol.58B, pp.197-207, 2012.3
- 4) 戸張涼太, 佐藤大樹, 古谷慶, 北村春幸, 石井正人, 吉江慶祐, 宮崎充, 佐々木和彦, 岩崎雄一: 骨組特性値を用いた履歴型ダンパーを有する建物の制振性能評価, 構造工学論文集, Vol.59B, pp.321-327, 2013.3

\*1 東京工業大学

\*2 JFE シビル株式会社

\*3 JFE スチール株式会社

\*1 Tokyo Institute of Technology

\*2 JFE Civil Engineering & Construction Corporation

\*3 JFE Steel Corporation