T2R2東京工業大学リサーチリポジトリ Tokyo Tech Research Repository

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)	
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

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		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^(NR)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α。は上限値 α_N と下限値α_{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¹⁾。そこで,本報その2では最適ダンパー量時の α_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^(NR)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 $\delta_{asy,i}$ とすると,式(1)より S^(NR)モ デルにおける付加系塑性率 ($\mu_{as,i}$)を得られる。

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

ここで式(1)に示す*a*_{N,i}は本報その1式(1)を用いる。

Fig.1 に S^(NR)モデルにおけるダンパーのエネルギー吸収 率Σ 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 ンパー量のとき、 $\mu_{as,i}$ 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



Performance evaluation of passively controlled structure building with hysteretic damper based on effective damper deformation (Part 2:Evaluation based on plasticity factor) Yuya SAWA, Daiki SATO Ryota TOBARI, Mitsutoshi YOSHINAGA Jumpei YASUNAGA, Yosuke KANESHIRO 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 実効変形比の下限値予測式

文献 3)で示された実効変形比の下限予測式(*a*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^(NR)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 δ_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^(NR)モデルの ダンパーの軸変形水平成分 δ_{ds} 、軸力 F_{ds} および剛性 K_{ds} に 変換することができる。

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

M モデルの層間変形 δ は、状態 N/R 解析に基づく S^(NR)モ デルにおける層間変形 δ (= $\delta_{ds}+\delta_{bs}$) と同様である。 δ_{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 α_{es} は式(3)で表せられる。

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

なお、式(3)の Kbs 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^(NR)モデルの α_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 α_e の 上限値 α_N 、下限値 α_e s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 α_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 α_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 α_e は α_N と α_{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 α_e は α_N と α_{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。

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 下限値予測式の再定義,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。

- 最適ダンパー量のとき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。
- 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