

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	耐震ブレースの軸剛性が変形増幅機構の実効変形増幅効果に与える影響
Title(English)	Effect of axial stiffness of seismic brace on effect of deformation amplification of amplification mechanism
著者(和文)	細谷佳雅, 佐藤大樹, 石井正人, 北村春幸, 佐々木和彦, 岩崎雄一, 松田頼征, 佐藤利昭, 吉江慶祐
Authors(English)	Yoshimasa Hosoya, Daiki Sato, Masato Ishii, Haruyuki Kitamura, Kazuhiko SASAKI, IWASAKI Yuichi, Yoriyuki MATSUDA, Toshiaki Sato, Keisuke Yoshie
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 725-726
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 725-726
発行日 / Pub. date	2017, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

耐震ブレースの軸剛性が変形増幅機構の実効変形増幅効果に与える影響

正会員○細谷 佳雅*1 同 佐藤 大樹*2 同 石井 正人*3

制振構造 粘性制振壁 実効変形 同 北村 春幸*4 同 佐々木 和彦*5 同 岩崎 雄一*5

変形増幅機構 骨組特性値 時刻歴応答解析 同 松田 頼征*4 同 佐藤 利昭*6 同 吉江 慶祐*3

1. はじめに

制振構造に用いられるダンパーが高い制振性能を発揮するためには、ダンパーに作用する変形（以下、実効変形）を大きく確保することが重要となる。著者らは、制振部材の設置梁にピン接合を設けることで、層間変形を上回る実効変形を確保する変形増幅機構を提案している¹⁾。また、この機構をより有効に活用する手法として、耐震ブレースを併用する手法を提案し、時刻歴応答解析と骨組特性値に基づく制振性能評価手法によりその有用性を評価している²⁾。

本報では、耐震ブレースの軸剛性が変形増幅機構の実効変形増幅効果に与える影響を、骨組特性値に基づく制振性能評価手法と時刻歴応答解析を用いて検討する。

2. 検討モデルの設定と解析条件

2.1 検討対象建物概要

本報では、全体曲げ変形が卓越しやすい超高層建物を想定した地上35階、高さ141mの35層鋼構建造物に、粘性制振壁、変形増幅機構および耐震ブレースを設置したモデルを対象とする。図2に軸組図と粘性制振壁、ピン接合および耐震ブレースの配置箇所を示す。解析は、X方向を対象とし、剛床を仮定した立体部材モデルで行う。

2.2 粘性制振壁概要

各層の粘性制振壁の粘性係数 C_{di} は、各層の粘性制振壁の設計用粘性抵抗力 F_{di} を用いて式(1)より算出される。

$$C_{di} = \frac{F_{di}}{V_d^\alpha} \tag{1}$$

本報では、指数 α を1.00とした線形のダンパーを対象とし、ダッシュポット速度 $V_d = 0.15 \text{ m/s}$ を基準として粘性係数 C_{di} を定めた。設計用粘性抵抗力 F_{di} は、第1層の粘性抵抗力 F_{d1} を基準として図4に示すように7層ごとの5段階分布とする。第1層の粘性抵抗力 F_{d1} は第1層の層せん断力係数 α_{d1} を用いて式(2)より算出される。本報では α_{d1} をダンパー量と称する。

$$F_{d1} = \alpha_{d1} \sum_{i=1}^n m_i g \tag{2}$$

上式で、 n : 層数、 m_i : i 層の質量、 g : 重力加速度である。

2.3 耐震ブレース概要

耐震ブレースは、塑性化を認めない座屈拘束ブレースとする。耐震ブレースの軸剛性は全層で一様とする。耐震ブレースの軸剛性は $\beta_b \cdot K_{bi}$ と表し、変形増幅機構を設置していない純ラーメンの架構と1次固有周期が一致するものが $\beta_b = 1.0$ である。 β_b は0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0

の7通りである。なお、 $\beta_b = 0.0$ は耐震ブレースを設置していないモデルであり、便宜的にこのように表す。以降では、この β_b を軸剛性倍率と呼ぶ。表1に各 β_b における主架構の1次固有周期を示す。

2.4 入力地震動概要

入力地震動は、擬似速度応答スペクトル $\rho S_v = 0.8 \text{ m/s}$ ($h = 5\%$) を目標応答スペクトルとする模擬波 ART HACHI (位相特性: Hachinohe 1968) を用いる。図5に擬似速度応答スペクトル ($h = 5\%$) を示す。

3. 変形増幅機構の実効変形増幅効果に与える影響

3.1 実効変形比と骨組特性値による検討

本報では、状態N解析および状態T解析により求められる骨組特性値 α_N ³⁾と、 α_N を用いて文献4)の手法により求められる実効変形比の下限値 α_{es} を制振性能評価指標として用いる。

図6に β_b に対する α_N と α_{es} の関係を示す。図6では、横軸は β_b 、縦軸は α_N 、 α_{es} それぞれの1~30層の平均値

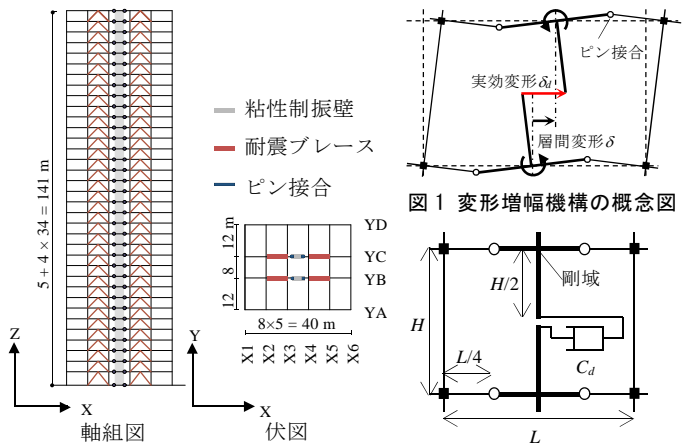


図1 変形増幅機構の概念図

図2 検討建物概要

図3 制振壁のモデル概要

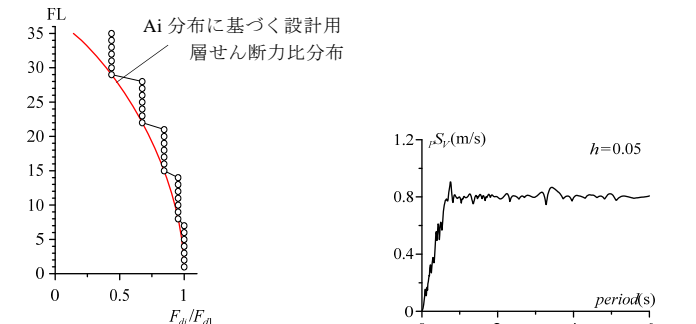


図4 粘性制振壁の粘性抵抗力の分布

図5 擬似速度応答スペクトル

表1 各軸剛性倍率の固有周期

軸剛性倍率 β_b	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0
1次固有周期 (s)	4.61	4.35	4.21	4.12	4.06	3.99	3.91

Effect of axial stiffness of seismic brace on effect of deformation amplification of amplification mechanism

HOSOYA Yoshimasa, SATO Daiki, ISHII Masato
KITAMURA Haruyuki, SASAKI Kazuhiko, IWASAKI Yuichi
MATSUDA Yoriyuki, SATO Toshiaki, YOSHIE Keisuke

$\bar{\alpha}_N, \bar{\alpha}_{es}$ とする。

$\bar{\alpha}_N$ に着目すると、 β_b の増大に伴って増大しているが、一定以上の β_b で増大が頭打ちとなることが確認できる。 $\bar{\alpha}_{es}$ についてもダンパー量に関わらず、 $\bar{\alpha}_N$ と同様に、 β_b の増大に伴って増大しているが、一定以上の β_b で増大が頭打ちとなる傾向を示した。以上より、耐震ブレースの軸剛性を増大させた場合には、軸剛性の増大に伴って骨組特性値が増大するが、一定の軸剛性で架構特性による制振性能の向上が頭打ちとなることを確認した。

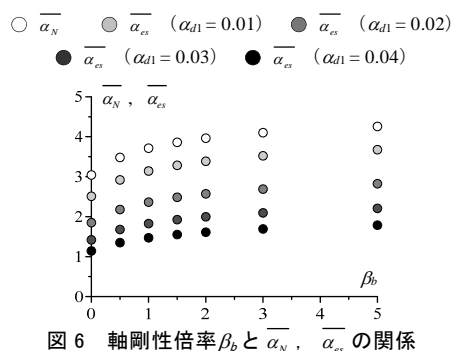


図6 軸剛性倍率 β_b と $\bar{\alpha}_N, \bar{\alpha}_{es}$ の関係

3.2 時刻歴応答解析結果による検討

本節では、耐震ブレースの軸剛性を変化させた場合において時刻歴応答解析を行い、前節の検討により得られた傾向と同様の結果が得られるかを確認する。

図7に各軸剛性倍率 β_b に対する実効変形比 α_e の平均値 $\bar{\alpha}_e$ 、入力エネルギー E に対する全体の粘性制振壁のエネルギー吸収量 W_d の割合（エネルギー吸収率） W_d/E 、層間変形角の最大値 R_{max} および頂部の応答加速度の最大値 A_{max} の関係についてそれぞれ示す。ここでは、 $\alpha_{d1} = 0.01, 0.02, 0.03, 0.04$ における $\beta_b = 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0$ の値を代表して示す。

実効変形比 $\bar{\alpha}_e$ に着目すると、 $\alpha_{d1} = 0.01$ では、図6に示した $\bar{\alpha}_N, \bar{\alpha}_{es}$ と同様に、 β_b の増大に伴って実効変形比が増大しているが、一定以上の β_b で増大が頭打ちとなる傾向を示した。ただし、 $\alpha_{d1} = 0.03$ 以上では、一定以上の β_b で実効変形比が低下することを確認した。

粘性制振壁のエネルギー吸収率に着目すると、 $\beta_b = 1.0$ 程度の軸変形倍率で吸収率が頭打ちとなることを確認した。特に、 $\alpha_{d1} = 0.03$ 以上では、 β_b の大きい範囲ではエネルギー吸収率が低下している。

層間変形角は、ダンパー量を問わず軸剛性倍率の増大に伴って層間変形角が減少する傾向を示し、応答加速度は軸剛性倍率が大きくなるほど増大する結果を示した。

以上より、耐震ブレースの軸剛性を増大させることにより、実効変形比の増大によって制振性能が向上するが、一定の軸剛性で実効変形比の増大や粘性制振壁のエネルギー吸収率の増大が頭打ちとなること、軸剛性の増大に伴って応答加速度が増大することなどから、変形増幅機

構と耐震ブレースを併用する場合には、最適な軸剛性の耐震ブレースを用いる必要がある。

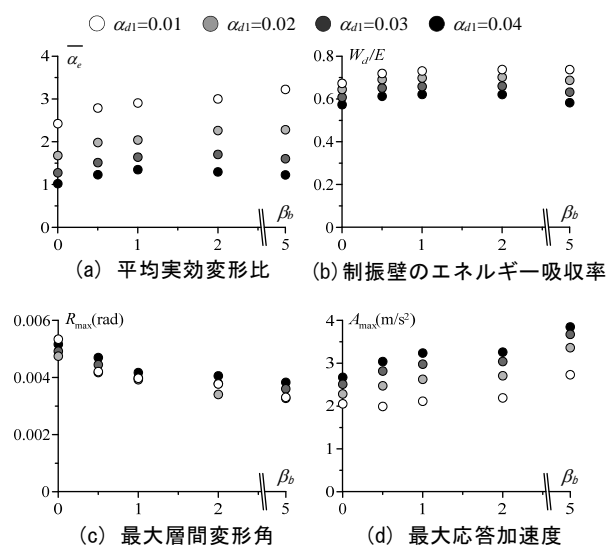


図7 各軸剛性倍率における解析結果の比較

4. まとめ

本報では、耐震ブレースの軸剛性が変形増幅機構の実効変形増幅効果に与える影響を、骨組特性値に基づく制振性能評価手法と時刻歴応答解析を用いて検討した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 耐震ブレースの軸剛性の増大に伴って骨組特性値が増大するが、一定の軸剛性で架構特性による制振性能の向上が頭打ちとなることを確認した。
- (2) 耐震ブレースの軸剛性を増大させることにより、実効変形比の増大によって制振性能が向上するが、一定の軸剛性で実効変形比の増大や粘性制振壁のエネルギー吸収率の増大が頭打ちとなること、軸剛性の増大に伴って応答加速度が増大することを確認した。
- (3) 変形増幅機構と耐震ブレースを併用する場合には、最適な軸剛性の耐震ブレースを用いる必要がある。

謝辞

本研究は、日建設計、オイレス工業、東京理科大学北村研究室、東京工業大学佐藤研究室による制振研究会の成果の一部を用いたものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 戸張涼太, 石井正人, 佐藤利昭, 北村春幸, 吉江慶祐, 宮崎充, 佐々木和彦, 岩崎雄一: 変形増幅機構を有する粘性制振壁を設置した制振システムの提案, 日本建築学会構造系論文集, 第79巻, 第706号, pp.1741-1750, 2014.12
- 2) 細谷佳雅, 佐藤大樹, 石井正人, 北村春幸, 佐々木和彦, 岩崎雄一, 佐藤利昭, 松田頼征, 吉江慶祐: 変形増幅機構に耐震ブレースを併用した制振構造の性能評価, 構造工学論文集, Vol.63B, pp.265-273, 2017.3
- 3) 石井正人, 笠井和彦: 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, 第75巻, 第647号, pp.103-112, 2010.1
- 4) 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

*1 株式会社フジタ (元東京理科大学)

*2 東京工業大学

*4 東京理科大学

*6 九州大学大学院

*3 (株)日建設計

*5 オイレス工業(株)

*1 Fujita Corporation (Former Tokyo Univ. of Science)

*2 Tokyo Inst. of Technology

*4 Tokyo Univ. of Science

*6 Kyushu Univ.

*3 NIKKEN SEKKEI

*5 Oiles Corporation