

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	超高層建物における実効変形比に着目した制振性能評価 その3 制振部材の塑性化を考慮した実効変形比の予測手法の提案
Title	
著者(和文)	古谷慶, 佐藤大樹, 添田幸平, 北村春幸, 石井正人, 吉江慶祐, 宮崎充, 佐々木和彦, 岩崎雄一
Authors	daiki sato, Kohei Soeta, Haruyuki Kitamura, Mitsuru MIYAZAKI, Kazuhiko Sasaki, IWASAKI Yuichi
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 959-960
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 959-960
発行日 / Pub. date	2012, 9
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: http://ci.nii.ac.jp/naid/110009654857

超高層建物における実効変形比に着目した制振性能評価

その3 制振部材の塑性化を考慮した実効変形比の予測手法の提案

正会員 ○古谷 慶^{*1} 同 佐藤 大樹^{*1} 同 添田 幸平^{*2}
同 北村 春幸^{*1} 同 石井 正人^{*3} 同 吉江 慶祐^{*3}
同 宮崎 充^{*4} 同 佐々木 和彦^{*4} 同 岩崎 雄一^{*4}

超高層建物 制振構造 履歴ダンパー
部材モデル 1 質点系モデル 実効変形比

1. はじめに

既報 (その 1, 2)¹⁾では, 静的解析のみから得られる骨組特性値²⁾を用いた制振部材が弾性時の実効変形比 (構造体の各層に生じる層間変形のうち制振部材に有効に働く変形成分の層間変形に対する割合) の予測式を示した。しかし, 既報¹⁾の予測式は制振部材の塑性化および地震動の影響を考慮することが出来ていなかった。そこで, 本報 (その 3) では, 時刻歴応答解析を行わずに制振部材の塑性化および地震動の影響を考慮した実効変形比を予測する手法を示し, その精度を確認する。

2. 制振部材の塑性化を考慮した実効変形比の予測手法

2.1 多質点系弾塑性せん断型モデルの置換法²⁾

立体部材モデルから多質点系弾塑性せん断型モデルへの置換法には, 骨組特性値を用いた手法²⁾を採用する。せん断型モデルは図 1 のように主架構を表す擬似フレームと付加系部を表す擬似ダンパーおよび擬似ブレースで構成される。骨組特性値 α_{Ni} , K_{bs} の算出方法は既報¹⁾を参照されたい。以降, 2.2 節において, せん断型モデルに作用する層せん断力を算出し, 2.3 節で実効変形比の算出を行う。

2.2 変位一定則を用いた最大層せん断力の算出

(1) 1 質点弾塑性系モデルへの置換方法

図 2 に 1 質点弾塑性系モデルのモデル図および復元力特性を示す。以下に, 多質点系弾塑性せん断型モデルから 1 質点弾塑性系モデルへの置換方法の手順について述べる。ダンパーには履歴ダンパーを使用し, 復元力特性を完全弾塑性型とする。

まず, 1 質点弾塑性系モデルの剛性設定を行う。図 2(b) に示すように, 1 質点弾塑性系モデルの 1 次剛性, 2 次剛性をそれぞれ $K'_f + K'_{as}$, K'_f とする。 $K'_f + K'_{as}$ はダンパー設置時の剛性であり, K'_f は主架構の剛性である。それぞれの剛性は, 1 次の等価質量と弾性 1 次固有周期を用いて, 次式より設定される。

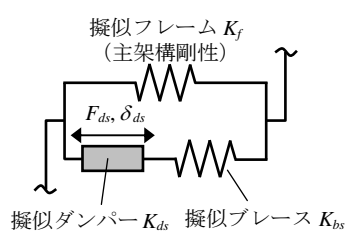
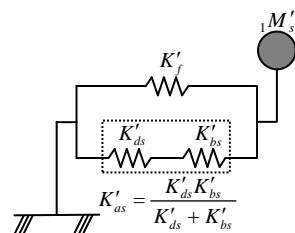
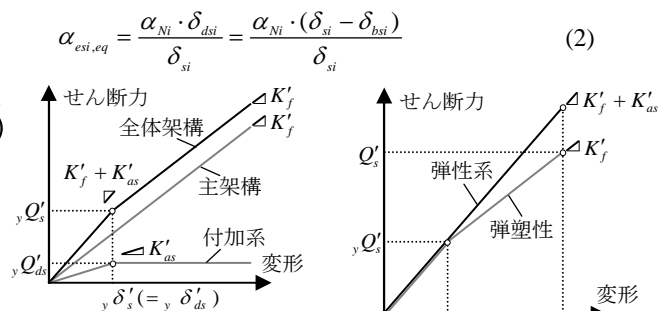


図 1 せん断型モデル



(a) モデル図



(b) 復元力特性

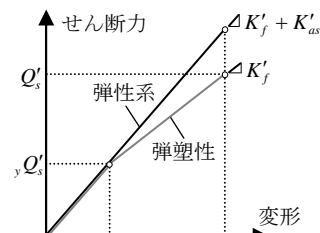


図 3 変位一定則

$$K'_f + K'_{as} = \frac{4\pi^2 {}_1M'_s}{T_s^2} \quad K'_f = \frac{4\pi^2 {}_1M'_{fs}}{T_{fs}^2} \quad (1a,b)$$

ここで, ${}_1M'_s, T_s$: ダンパー設置時の 1 次の等価質量, 弾性 1 次固有周期, ${}_1M'_{fs}, T_{fs}$: 主架構のみにおける 1 次の等価質量, 弾性 1 次固有周期である。1 質点系モデルの諸元および応答値には「 $'$ 」を, せん断型モデルの諸元および応答値には「 s 」を付けて表記する。

次に, 1 質点弾塑性系モデルの降伏せん断力 ${}_yQ'_s$ を設定する。 ${}_yQ'_s$ は付加系の降伏せん断力 ${}_yQ'_{ds}$ を設定することで定めることが出来る (図 2(b))。なお, ${}_yQ'_{ds}$ は, 多質点系弾塑性せん断型モデルに対して, A_i 分布に基づく層せん断力を作用させた際に, いずれかの層の層せん断力が, その層の降伏せん断力に達した時の第 1 層のダンパーが負担するせん断力とする。

(2) 1 質点弾塑性系モデルの最大層せん断力の算出

次に, (1) でモデル化した 1 質点弾塑性系モデルと入力地震動の変位応答スペクトルを用いて, 変位一定則より 1 質点弾塑性系モデルに作用する層せん断力を求める。

応答スペクトルを使用するには, 1 質点弾塑性系モデルでなく 1 質点弾性系モデルを用いる必要がある。そこで, 1 質点弾塑性系モデルの最大変形を求めるためには変位一定則を用いる³⁾ (図 3)。 ${}_1T_s$ と変位応答スペクトルから最大変位 δ'_s を求め, 変位一定則より, δ'_s 時の 1 質点弾塑性系モデルの最大層せん断力 Q'_s を算出する。得られた Q'_s は, 多質点系弾塑性せん断型モデルの第 1 層に作用するものに相当するものとする。なお, δ'_s 算出時の減衰には, 主架構の構造減衰を用いる。

2.3 実効変形比の算出

立体部材モデルと多質点系弾塑性せん断型モデルとの実効変形比の対応関係は既報¹⁾で示した。多質点系弾塑性せん断型モデルの実効変形比 $\alpha_{es,eq}$ は(2)式で表される。

$$\alpha_{es,eq} = \frac{\alpha_{Ni} \cdot \delta_{dsi}}{\delta_{si}} = \frac{\alpha_{Ni} \cdot (\delta_{si} - \delta_{bsi})}{\delta_{si}} \quad (2)$$

ここで、 δ_{bsi} : i 層の擬似ブレースの変形である。 i 層の諸元および応答値には「 i 」を付けて表記する。

(2)式における層間変形 δ_{si} および擬似ブレースの変形 δ_{bsi} は、多質点系弾塑性せん断型モデルの各層に対して、以下に示す層せん断力 Q_{si} を作用させ算出を行う。 Q_{si} の高さ方向の分布形状はAi分布に基づく層せん断力比分布を仮定し、第1層の層せん断力を2.2節の1質点弾塑性系モデルから得られる Q'_s となるようにする。

上述した層せん断力 Q_{si} を各層に作用させた際に、図4(a), (b)のように層間変形 δ_{si} が降伏変形 $y\delta_{si}$ に達しない場合(図4(a)), 達する場合(図4(b))がある。図4(a)の場合では弾性域のみの変形を、図4(b)の場合では弾性域および塑性域の変形を考える必要があり、それぞれで層間変形 δ_{si} および擬似ブレースの変形 δ_{bsi} を算出する方法が異なる。以下に、 $y\delta_{si} \geq \delta_{si}$ および $\delta_{si} > y\delta_{si}$ の場合における δ_{si} および δ_{bsi} の算出式を示す。

① $y\delta_{si} \geq \delta_{si}$ の場合

$$\delta_{si} = \frac{Q_{si}}{K_{fi} + K_{asi}} \quad \delta_{bsi} = \frac{K_{asi} \cdot \delta_{si}}{K_{bsi}} \quad (3a,b)$$

② $\delta_{si} > y\delta_{si}$ の場合

$$\delta_{si} = \frac{yQ_{si}}{K_{fi} + K_{asi}} + \frac{Q_{si} - yQ_{si}}{K_{fi}} \quad \delta_{bsi} = \frac{yQ_{dsi}}{K_{bsi}} \quad (4a,b)$$

①および②の場合における δ_{si} および δ_{bsi} を(2)式に代入し、実効変形比 $\alpha_{es,eq}$ の算出を行う。

3. 実効変形比の予測値の精度検証

精度検証用の検討建物には、既報¹⁾で用いた履歴ダンパーを有する鋼構造超高層建物(図5)を用いる。主架構は弾性とし、主架構の弾性1次固有周期は4.47秒である。構造減衰は剛性比例の2%とする。解析用入力地震動には、コーナー周期0.64s以上において S_V が概ね0.8 m/s($h=5\%$)となる模擬波ART KOBE, S_V を概ね0.8 m/s($h=5\%$)とした模擬波ART HACHINOHE(位相特性:HACHINOHE 1968 EW)を用いる。

図6に、ダンパー量 $d\alpha_{y1} = 0.015, 0.025, 0.035$ における時刻歴応答解析より求めた実効変形比 α_e (精解値)と既報¹⁾で提案した制振部材が弾性時の実効変形比の予測値 α_{es} 、本報で提案した制振部材の塑性化を考慮した実効変形比の予測値 $\alpha_{es,eq}$ とを比較し、予測値の精度を示す。図6より、 $d\alpha_{y1}$ に関らず、予測値 $\alpha_{es,eq}$ は、上層で精解値 α_e より小さい値をとるが、およそ1~20層では α_e と概ね一致する。本予測手法は、高次モードを考慮していないため上層での誤差が生じるが、ダンパーのエネルギー吸収量の大部分を占める下層および中層に対する予測精度は十分であり、有用な手法と言える。既報¹⁾で提案した α_{es} に比べ、 $\alpha_{es,eq}$ は α_e の傾向を捉えるのに有効である。

4. おわりに

本報(その3)では、既報(その1, 2)で示すことが出来なかった制振部材の塑性化および地震動の影響を考慮した実効変形比の予測手法の提案および精度検証を行

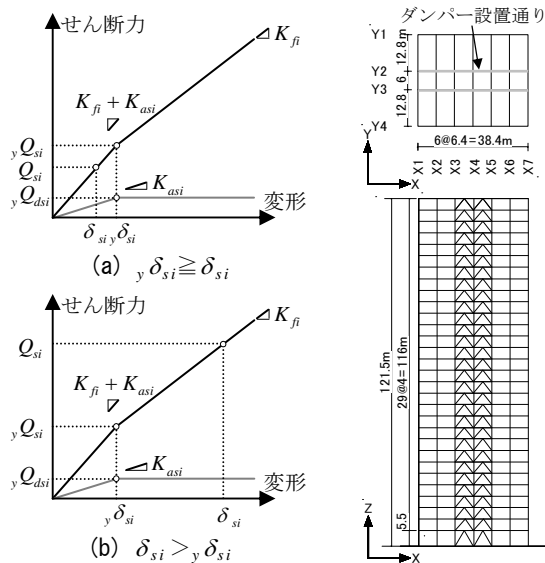
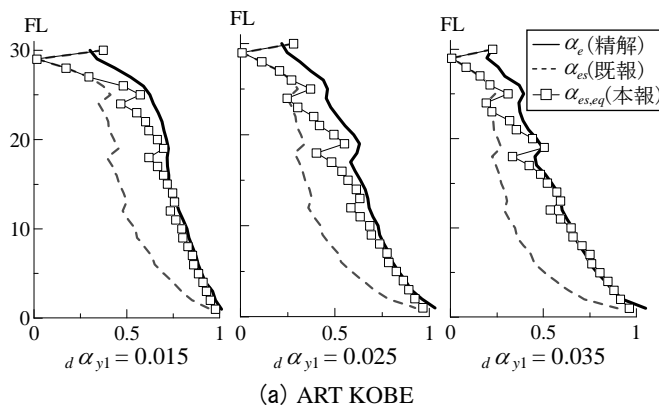
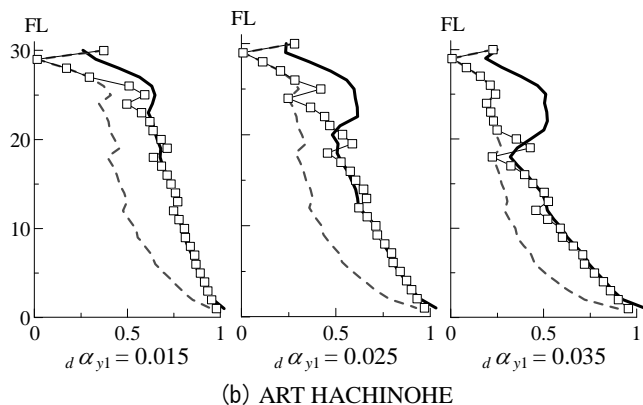


図4 復元力特性

図5 検討建物



(a) ART KOBE



(b) ART HACHINOHE

図6 実効変形比 α_e の予測値 $\alpha_{es}, \alpha_{es,eq}$ の精度検証

った。本予測手法は上層を除き、十分な精度を有した。

参考文献

- 古谷慶, ほか: 超高層建物における実効変形比に着目した制振性能評価(その1, 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.773-776, 2011.8
- 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, No.647, pp103-112, 2010.1
- 柴田明徳: 最新 耐震構造解析 第2版, 森北出版株式会社, 2009.2

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による共同研究の成果の一部を用いたものです。

*¹ 東京理科大学 *² 株式会社設計(元東京理科大学)
*³ 株式会社日建設計 *⁴ オイレス工業(株)

*¹ Tokyo Univ. of Science *² Kume Sekkei
*³ NIKKEN SEKKEI *⁴ Oiles Corporation