

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	骨組特性値の異なる粘性制震壁を設置した鋼構造建物の制震性能評価
Title	
著者(和文)	酒井悠太, 佐藤大樹, 北村春幸, 戸張涼太, 古谷慶, 石井正人, 吉江慶祐, 宮崎充, 佐々木和彦, 岩崎雄一
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura, Ryota Tobar, Mitsuru MIYAZAKI, Kazuhiko Sasaki, IWASAKI Yuichi
出典 / Citation	日本建築学会関東支部研究報告集, Vol. 83, , 2049
Citation(English)	, Vol. 83, , 2049
発行日 / Pub. date	2013, 3
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/110009769772

骨組特性値の異なる粘性制震壁を設置した鋼構造建物の制震性能評価

構造—振動

準会員 ○ 酒井悠太^{*1} 正会員 佐藤大樹^{*1} 同 北村春幸^{*1}同 戸張涼太^{*1} 同 古谷 慶^{*1} 同 石井正人^{*2}

制震構造 粘性制震壁 骨組特性値

同 吉江慶祐^{*2} 同 宮崎 充^{*3} 同 佐々木和彦^{*3}

時刻歴解析 立体部材モデル

同 岩崎雄一^{*3}

1. はじめに

制震構造は地震動に対する主架構の応答低減に有効であり、近年広く普及している。制震建物の制震性能はダンパー設置状況やダンパー投入量により変化することが知られている。制震性能を評価する方法として、古谷ら¹⁾により静的解析結果から得られる骨組特性値^{2,3)}および実効変形比に基づく制震性能評価方法が提案されている。この方法は、骨組特性値により、ダンパー設置状況別の実効変形比（層間変形に対する実効変形の割合）の上下限値を定め、これを制震性能評価指標として最適なダンパー設置状況を判断するものである。古谷らの報告は履歴ダンパーを設置した超高層建物を対象としていたため、渡邊ら⁴⁾は粘性制震壁を設置した超高層建物に対し骨組特性値に着目した制震性能評価方法を適用し、時刻歴応答解析結果と比較することで、その有用性を示した。しかし、渡邊らは30層の超高層建物1棟のみを対象とした検討であり他の建物については検討を行っていない。様々な建物に対してもこれらの検討を行う必要があり、傾向を把握することは重要である。

本報では粘性制震壁を設置した中低層から超高層までの建物に対して骨組特性値に着目した検討を行うことにより、フレームの特性を把握するとともに、時刻歴解析値と比較することで、フレームの特性が制震壁の性能に与える影響を検討する。

2. 解析概要

2.1 解析モデル概要

検討対象建物は5階、8階、21階、35階建ての鋼構造建物（以降5層モデル、8層モデル、21層モデル、35層モデルと呼ぶ）であり、平面図・軸組図を図1に諸元を表1に示す。解析はX方向のみを対象とし、剛床を仮定した立体仮定部材モデルで行う。なお、主架構は弾性状態を保つものとする。また、構造減衰は主架構の1次固有周期 ${}_1T_f$ に対して $h=2\%$ となる剛性比例型とする。

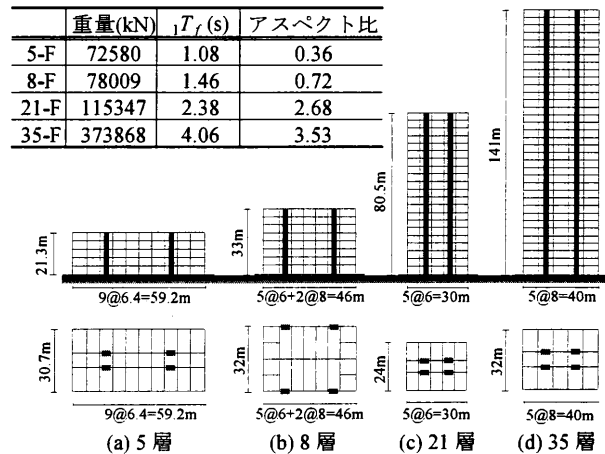


図1 建物概要

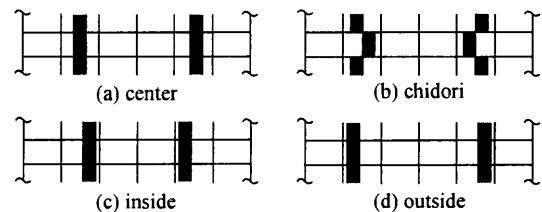


図2 制震壁配置タイプ

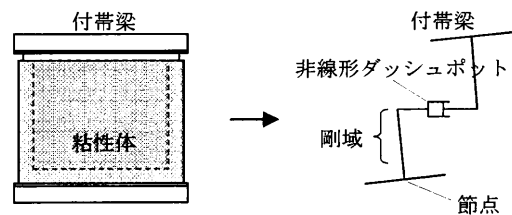


図3 制震壁のモデル化

2.2 粘性制震壁概要

粘性制震壁は各モデルにおいて図1に示すように配置し、1スパン内設置パターンとして図2に示す4種類を用いる。図3のように制震壁は非線形ダッシュポットのみで構成し、減衰力の発生位置が各層の高さの中央になるようにモデル化する。

設計用粘性抵抗力 F_d は1次粘性係数 C_{d1} 、2次粘性係数 C_{d2} 、ダンパー速度 V_d 、せん断隙間 $d(=0.004\text{m})$ を用いて(1)式により算出される⁵⁾。

$$F_d = C_{d1} V_d^{0.59} \quad |V_d| < 10d \quad (1a)$$

$$F_d = C_{d2} V_d^{0.4} \quad |V_d| \geq 10d \quad (1b)$$

F_d と V_d の関係を図 4 に示す。図中の F_{dy} は折れ点降伏力である。 C_{d1} , C_{d2} はせん断面積 S を用いて(2)式で算出される。

$$C_{d1} = 41.16e^{-0.043t} (S/d^{0.59}) \quad (2a)$$

$$C_{d2} = 41.16e^{-0.043t} (S/10^{-0.19} d^{0.4}) \quad (2b)$$

ここで t : 粘性体温度(=20°C)である。

図 5 に示すように各層の制震壁のせん断力 Q_{di} は、5 層モデル、8 層モデルでは第 1 層のせん断力 Q_{d1} と同じ一律分布とする。21 層モデル、35 層モデルでは Q_{d1} を基準とし、Ai 分布に基づくせん断力分布を 4 段階に分けたものに従い決定する。縦軸は層数を各モデルの全層数で除して基準化した値である。 Q_{d1} と第 1 層のせん断力係数 α_{d1} の関係は、 m_i : i 層の質量、 g : 重力加速度を用いて(3)式により算出される。

$$Q_{d1} = \alpha_{d1} \sum_{i=1}^n m_i g \quad (3)$$

固有周期が異なる建物で検討を行う際、(4)式に従い α_{d1} を周期で基準化し α'_{d1} とする。以降この α'_{d1} をダンパー量と呼ぶ。

$$\alpha'_{d1} = \alpha_{d1} \cdot T_f \quad (4)$$

本報では、 i 層の制震壁設置基数 N を用いた

$$F_d (V_d = 0.15m/s) = Q_{d1} / N \quad (5)$$

(5)式の関係より C_{d1} , C_{d2} , F_{dy} を算出した。

制震壁の取り付け大梁は付帯梁の影響を考慮し、有効断面を増大させる。図 6 に示すように付帯梁は上下取付梁で再現し、等価な大梁と考える。このとき、曲げは断面全体で負担するものとし、断面 2 次モーメントを増加させ、せん断力はウェブのみで負担するものとして断面積を増加させる。増大率を表 2 に示し、ここで R 階以外は全層の平均値とする。

2.3 入力地震動概要

解析用入力地震動は、 $S_{pIV}(h=5\%)$ を 0.8m/s で基準化した模擬波 ART-HACHINOHE (位相特性: HACHINOHE 1968 EW) を採用する。図 7 に S_{pIV} スペクトル($h=5\%$)、及び V_E スペクトル($h=10\%$)を示す。

3. 骨組特性値を用いた制震性能評価

3.1 α_N 及び K_{bs} の算出

骨組特性値 α_N は付加系設置箇所における相対変形の水平成分の層間変形に対する比であり、擬似ブレース剛性 K_{bs}

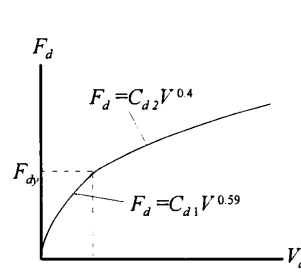


図 4 粘性抵抗力

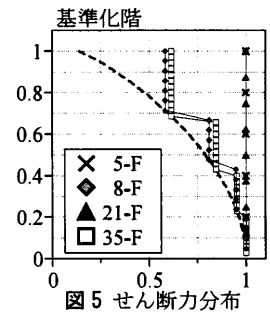


図 5 せん断力分布

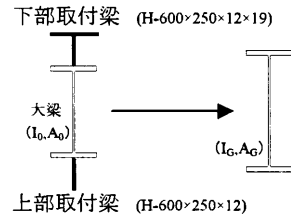


図 6 付帯梁の等価

表 2 断面増大率

	断面2次		断面積	
	R階	他階	R階	他階
5-F	6.6	12.6	1.6	2.5
8-F	5.01	17.3	1.8	2.8
21-F	3.14	9.63	1.4	2.1
35-F	2.88	5.74	1.5	1.8

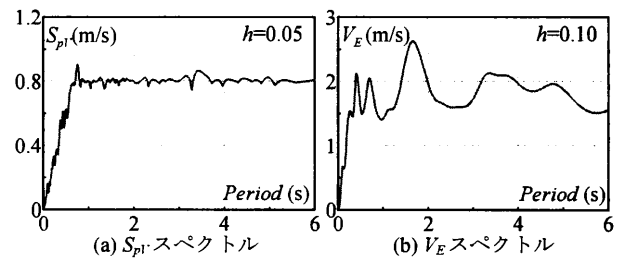


図 7 入力地震動

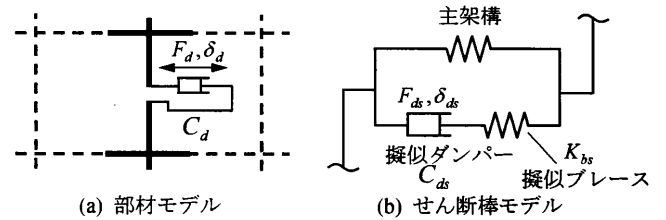


図 8 部材モデルとせん断棒モデルの対応

はダンパー設置箇所の架構の曲げ剛性を表現する。 α_N および K_{bs} は、主架構のみの弾性部材モデル(状態 N)と主架構のみの弾性部材モデルの各接点の水平変位を固定して、ダンパー設置位置に外力を作用させる(状態 T)の 2 ケースの静的解析結果から得られ、式(6)により算出される。

$$\alpha_N = \frac{\delta_{dN}}{\delta_{dN}}, \quad K_{bs} = \alpha_N^2 \cdot K_{dT}, \quad K_{dT} = \frac{F_d}{\delta_{dT}} \quad (6)$$

ここで、 δ_d : ダンパー設置箇所の相対変形の水平成分、 δ : 層間変形、 F_d : ダンパー設置箇所の弾性バネが負担する軸力の水平成分、右下の添字 N および T は、状態 N および状態 T の計算値であることを示す。図 8 に示すようにせん断モデルで K_{bs} はダンパーと直列に配置される。

3.2 高さ方向分布

図 9 に設置タイプ別の骨組特性値高さ方向分布を示す。横軸は K_{bs} を等価剛性 K_{eq} で除した値である。 K_{eq} は式(7)か

ら求める。

$$K_{eq} = \frac{4\pi^2 \sum_{i=1}^n m_i}{1 T_f^2} \quad (7)$$

いずれの配置においても α_N は5層、8層モデルでは全層1.0以上となったのに対し、21層、35層モデルでは全層1.0以下となり上層に向かうにつれ低下して行くことが確認できる。本報で用いた建物においてはアスペクト比が大きいほど低下し、21層、35層モデルでは5層、8層モデルに比べて上層において実効変形比を確保しづらく、制震効果が劣ることがわかる。 K_{bs}/K_{eq} では α_N のように建物高さの影響を受けるという傾向はなく、どの配置においても21層、35層、5層、8層モデルの順に大きい値を取り、制震効果が高くなることがわかる。21層、35層モデルの値は近く、5層、8層モデルの約2倍の値をとっている。chidoriでは他の配置よりも K_{bs}/K_{eq} の値は大きく、制震性能が良い配置であることが確認できる。

4. 時刻歴解析による応答評価

図10に時刻歴解析結果を示す。図中の R_{max} は最大層間変形角である。 $\alpha'_{d1}=0$ は制震壁非設置時の状態を示す。どのモデルにおいてもダンパー量の少ない範囲ではcenterで、ダンパー量の多い範囲ではchidoriで層間変形角が小さくなるのがわかる。centerはダンパー量の少ない範囲で頭打ちを迎えた後上昇していくが、chidoriはダンパー量の多い範囲でも層間変形角を低減させるか横ばいとなる傾向がある。アスペクト比の小さいモデルではinsideよりoutsideの方がわずかに層間変形角は小さく、アスペクト比の大きいモデルではinsideよりoutsideの方が大きくなる。

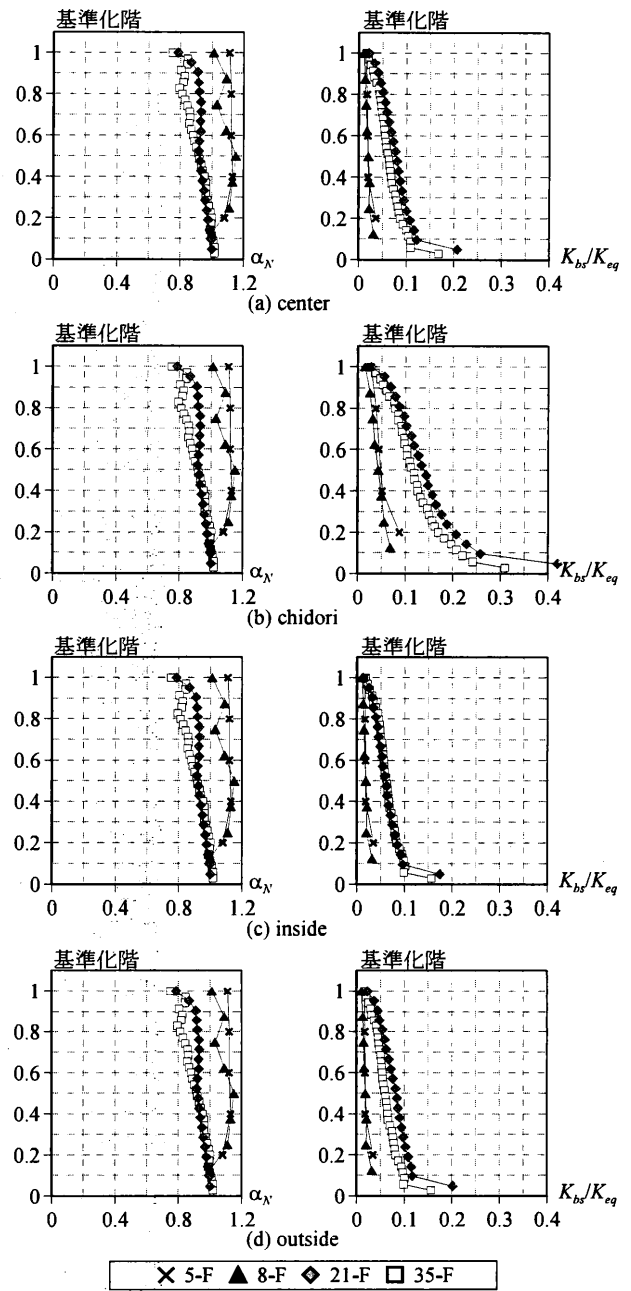


図9 骨組特性値高さ方向分布

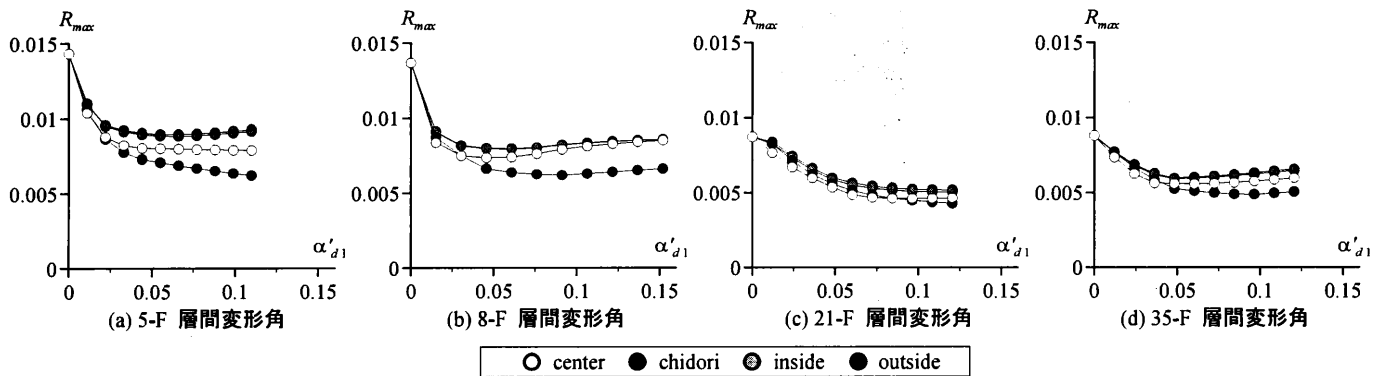


図10 時刻歴解析結果

5. フレームの特性が制震性能に与える影響

本章では骨組特性値により算出されたフレームの特性と、時刻歴解析の結果を比較しながら考察することにより、建物形状及び制震壁の配置タイプが制震性能に与える影響を検討する。図 11 に時刻歴解析により算出された制震壁のエネルギー吸収量 dW 、入力エネルギー E を用いた制震壁の総エネルギー吸収率 dW/E 、実効変形比 α_e の全層の平均 α_e を示す。エネルギー吸収率ではいずれの配置、モデルでも最大値のピークをとった後に減少する傾向がある。5 層、8 層モデルは 21 層、35 層モデルに比べ少ないダンパー量で最大を迎え、ダンパー量増加に伴う吸収率の低下も大きい。実効変形比に着目すると、21 層、35 層モデルはダンパー量増加に伴う実効変形比の低下が 5 層、8 層モデルに比べ鈍くなることを確認できる。骨組特性値の K_{bs} は曲げ剛性を表しており、これを基準化した K_{bs}/K_{eq} の値が大きいと、ダンパー量の多い範囲でエネルギー吸収率はピークを迎え、ダンパー量を増加させても実効変形比、エネルギー吸収率の低下が鈍くなる。すなわち K_{bs}/K_{eq} の値が大きいフレーム特性の建物は、ダンパー量の多い範囲でも制震性能が低下しにくいと言える。設置タイプ別では chidori において K_{bs}/K_{eq} が他配置より約 2 倍と大きいいため実効変形比の低下が鈍く、ダンパー量の多い範囲では制震性能は他配置よりも良くなる。

6. まとめ

本報では粘性制震壁を設置した中低層から超高層までの建物に対して骨組特性値に着目した検討を行うことにより、フレームの特性を把握するとともに、時刻歴解析値と比較することで、フレームの特性が制震壁の性能に与える影響を検討した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 本報で用いた粘性制震壁設置建物においては、 α_N は 5 層モデルでは $\alpha_N=1.1$ と大きな値をとり、35 層モデルでは $\alpha_N=0.8$ と小さく、高層建物では上層に向かうほど α_N は小さくなり、実効変形比が確保しづらい。
- (2) ダンパー量の増加に伴い実効変形比は低下していく。
- (3) 骨組特性値の K_{bs} は曲げ剛性を表しているため、これを基準化した K_{bs}/K_{eq} が大きい建物ほどダンパー量の増加に伴う実効変形比の低下は鈍くなり、制震壁のエネルギー吸収率も低下しにくいことを確認した。配置別では千鳥配置で約 2 倍他配置より K_{bs}/K_{eq} が大きいいため、

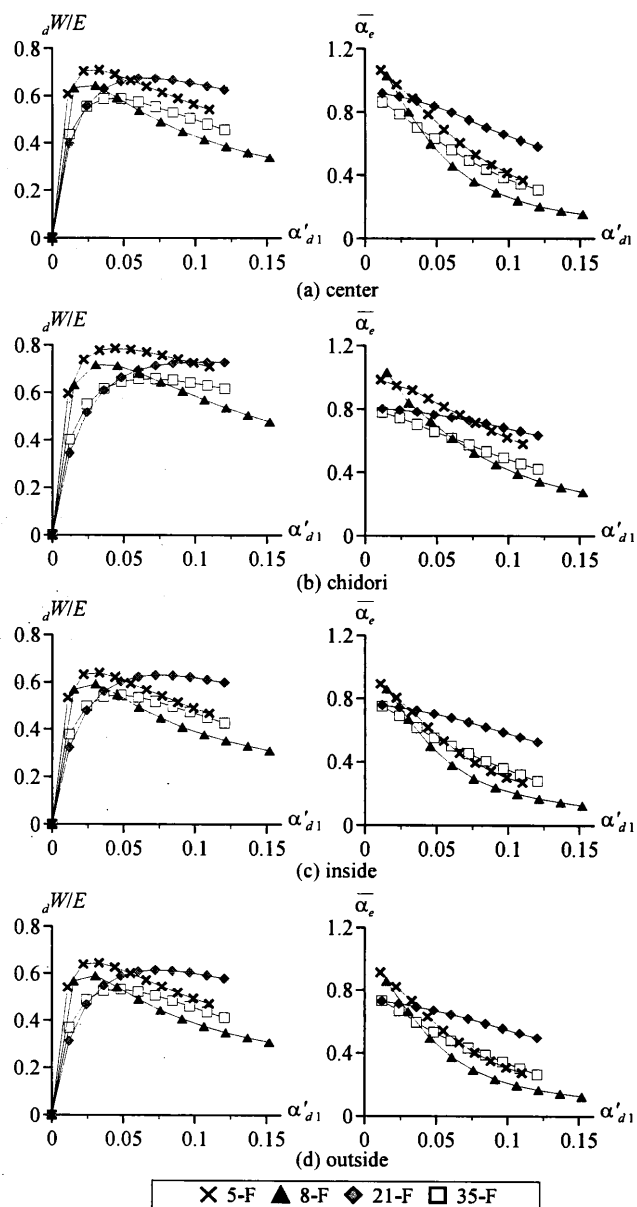


図 11 フレームの特性が制震性能に与える影響

ダンパー量を多くしても実効変形比の低下は小さく、本報で用いた 4 種類の配置のうち最も制震性能が高い配置であると言える。

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による共同研究の成果の一部を用いたものです。

参考文献

- 1) 古谷慶^他: 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
- 2) 笠井和彦, 岩崎啓介: 様々な形式の制振構造における自由度縮約法と水平バネ系への変換法, 日本建築学会構造系論文集, 第 605 号, pp37-46, 2006.7
- 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, pp751-754, 2007.8
- 4) 渡邊重仁^他: 粘性制振壁の架構及びスパン内設置位置を考慮した超高層建物の骨組特性値に基づく性能評価
- 5) 沖村明彦^他: 鋼管粘性せん断ダンパー(CVD), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp101-102, 2004.8

*1 東京理科大学 *2 (株) 日建設計 *3 オイレス工業 (株)