

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 論題(和文) | 粘性壁ダンパーを設置した超高層制振建物の骨組特性値に基づく制振性能評価：その1 部材モデルを用いた時刻歴応答解析による制振性能評価 |
| Title | |
| 著者(和文) | 渡邊 重仁, 添田幸平, 佐藤 大樹, 北村春幸, 吉江慶祐, 石井正人, 宮崎充, 佐々木和彦, 岩崎雄一 |
| Authors | Kohei Soeta, daiki sato, Haruyuki Kitamura, 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. 82, , 2007 |
| Citation(English) | , Vol. 82, , 2007 |
| 発行日 / Pub. date | 2012, 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/110009571493 |

粘性壁ダンパーを設置した超高層制振建物の骨組特性値に基づく制振性能評価 その1 部材モデルを用いた時刻歴応答解析による制振性能評価

構造—振動

準会員 ○ 渡邊重仁^{*1} 正会員 添田幸平^{*1} 同 佐藤大樹^{*1}
同 北村春幸^{*1} 同 吉江慶祐^{*2} 同 石井正人^{*2}
同 宮崎 充^{*3} 同 佐々木和彦^{*3} 同 岩崎雄一^{*3}

超高層建物 制振構造 粘性壁ダンパー
ダンパー配置 部材レベル 時刻歴応答解析

1. はじめに

制振構造は地震力によ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。制振部材の種別、構造形式は様々であるが、本報で扱う粘性壁ダンパーは建物に大きな粘性抵抗力を付加することができる。履歴型、粘性型にかかわらず、制振壁の特徴として、上下の大梁間に設置されるため大梁の回転が実効変形（骨組に生じる変形のうち制振部材に有効に働く変形）を増減させる点が挙げられる¹⁾。

制振構造の制振性能はダンパー設置状況、ダンパー投入量により変化することが知られており^{例えば1, 2)}、最適なダンパー設置状況、ダンパー投入量は経験的あるいは時刻歴応答解析を用いたパラメトリックスタディにより判断されている。一方で、古谷ら³⁾により静的解析結果から得られる骨組特性値⁴⁾および実効変形比に基づく制振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、これを制振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。しかし、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おり、粘性壁ダンパーを設置した超高層建物に対してはまだ報告がない。

本報の目的は、粘性壁ダンパーを設置した超高層建物に対し骨組特性値に着目した制振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、その有用性を示すことである。まず、本報その1では、部材モデルによる時刻歴応答解析から粘性壁ダンパーを設置した超高層建物のダンパー配置、1 スパン内のダンパー設置位置およびダンパー投入量が制振性能に与える影響を示す。本報その2では、制振性能評価指標とその1で得られた応答解析結果との関係を示す。

2. 解析概要

2.1 解析モデル概要

検討対象建物の平面図と軸組図を図1に示す。主架構は地上30階、高さ121.5mの鋼構造建物とし、階高は1階のみが5.5m、他の階は4mであり、平面形状は各階同一とする。検討対象建物の部材断面を表1に示す。解析はX方向を対象とし、剛床を

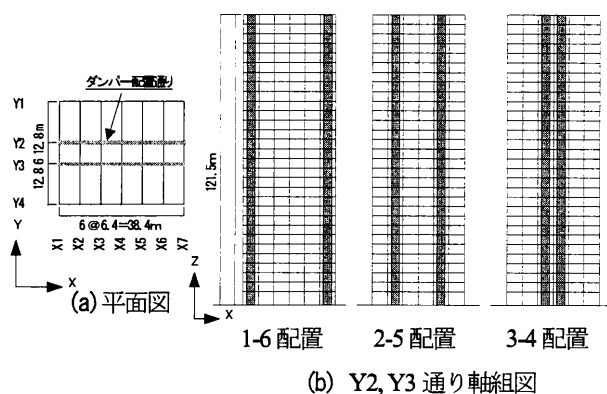


図1 検討対象建物の平面図と軸組図

表1 検討対象建物の部材断面一覧

| | |
|----|-------------------------------------|
| 内柱 | □-600x600x22 ~ □-600x600x50 |
| 外柱 | □-550x550x22 ~ □-550x550x50 |
| 大梁 | WH-600x200x12x19 ~ WH6006x250x12x25 |

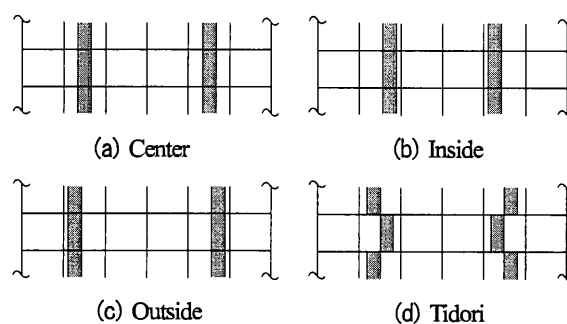


図2 ダンパー設置タイプ

仮定した立体部材モデルで行う。また、主架構は弾性状態を保つものとし、構造減衰は T_d に対して2%となり剛性比例型とする。主架構のみの状態における弾性1次固有周期 T_1 は4.47sとなる。

2.2 ダンパー概要

ダンパーはY2およびY3通りに配置し、配置パターンとして3種を用いる(図1)。外側の通りにダンパーを配置するものから、1-6、2-5、3-4配置とする。図2に示すように、1スパン内の付帯梁の位置を考慮したダンパーの設置位置をダンパー設置タイ

ブとして4種を用いる。本報では、大梁間の中央にダンパーを設置するモデルをCenter, 大梁間において内柱, 外柱の近くにダンパーを設置するモデルをそれぞれInside, Outside, 大梁間に千鳥配置したものをTidoriと呼ぶ。

図3に示すように、粘性壁ダンパー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位置になるようにモデル化する⁹⁾。非線形粘性ダンパーの粘性抵抗力 F_d , F_{d2} は1次粘性係数 C_{d1} , 2次粘性係数 C_{d2} およびダッシュポットの変形速度 V を用いて、(1a,b)式で表現する。

$$F_{d1} = C_{d1} \cdot V \quad |V| < D$$

$$F_{d2} = C_{d2} \cdot V^{0.59} \quad |V| \geq D \quad (1a,b)$$

ここで、 D : せん断隙間(=0.004m), t : 粘性体温度(=20°C)
さらに、粘性係数 C_{d1} , C_{d2} はせん断面積 S (m²)を用いて、(2a,b)式によりそれぞれ表せる。

$$C_{d1} = 41.16e^{-0.043t} (S/D)$$

$$C_{d2} = 41.16e^{-0.043t} (S/D^{0.59}) \quad (2a,b)$$

本報では、ダンパー量として各層のせん断面積は A_i 分布に基づくせん断力分布に対して5層毎の6段階に分布させる(図5)。設定値として第1層のダンパー1基当たりのせん断面積 S を12.58m²とする。設定値におけるダンパーの寸法を付録Aに示す。

ダンパー付帯梁の影響を考慮し大梁の有効断面を増大させる。断面2次モーメントおよび断面積の増大率を表2に示す。なお、増大率は全層の平均値を用いる。

2.3 入力地震波

解析用入力地震波は、建物周期のばらつきに対する影響の少ない解放工学的基盤における告示波を用いることにし、その位相特性として、設計で用いられていることが多いHACHINOHE 1968 EWを採用する(以下ART-HACHIと呼ぶ)。図6に入力地震波の加速度時刻歴波形、図7に速度応答スペクトル S_v ($h=5\%$)およびエネルギースペクトル V_E ($h=10\%$)を示す。

3. 時刻歴応答解析による応答評価

3.1 ダンパー量の違いによる応答変化

図8にダンパー量の倍率 β と応答値との関係を示す。 β は設定値を1.0とし0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0に変化させる。検討する応答は、最大層間変形角 R_{max} , ベースシア係数 C_B , 各層におけるダンパーのエネルギー吸収量の総和 W_d , 実効変形比 α_e を用いる。

図8(a)に配置別のダンパー量の違いによる応答変化を示す。ダンパー設置タイプはCenterとする。 R_{max} と C_B に着目すると、ダンパー量にかかわらず概ね3-4配置で応答低減効果が大きくなり、いずれのダンパー配置においても応答低減効果は極値を示すことが確認できる。 W_d に着目すると、ダンパー量にかかわらず3-4配置で最も高く、ダンパー配置を内側にするほど大き

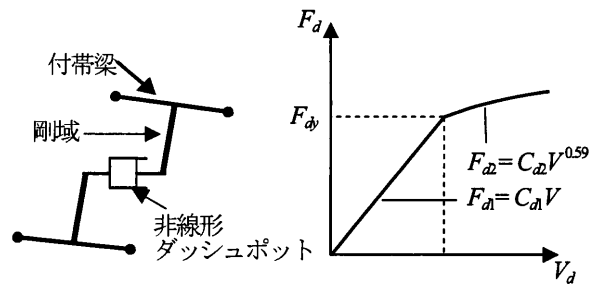


図3 ダンパーのモデル化

図4 粘性抵抗力

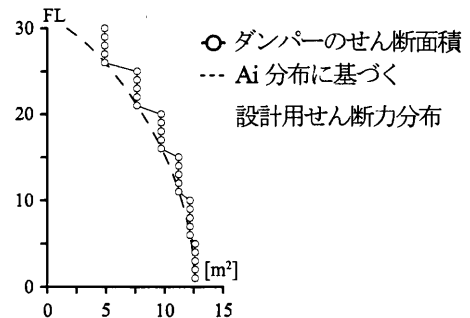


図5 ダンパーのせん断面積分布

表2 付帯梁の断面増大率

| | 断面2次モーメント | 断面積 |
|-------|-----------|-----|
| R階 | 2.6 | 2.2 |
| 2~30階 | 14.8 | 3.4 |

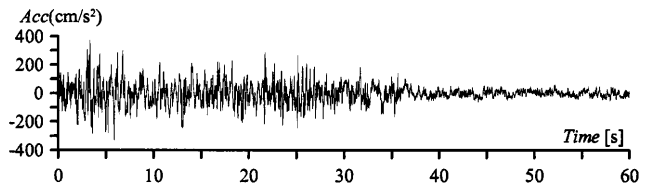
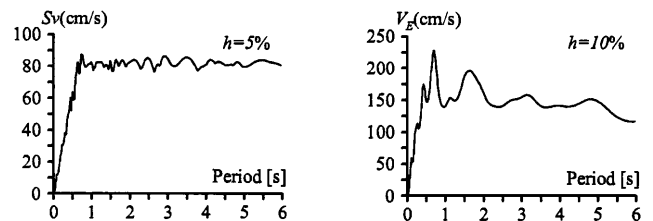


図6 ART-HACHIの加速度時刻歴波形

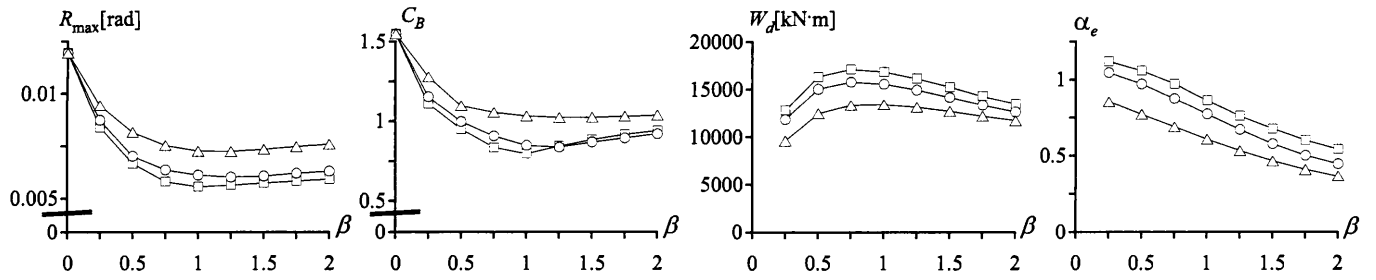


(a)速度応答スペクトル

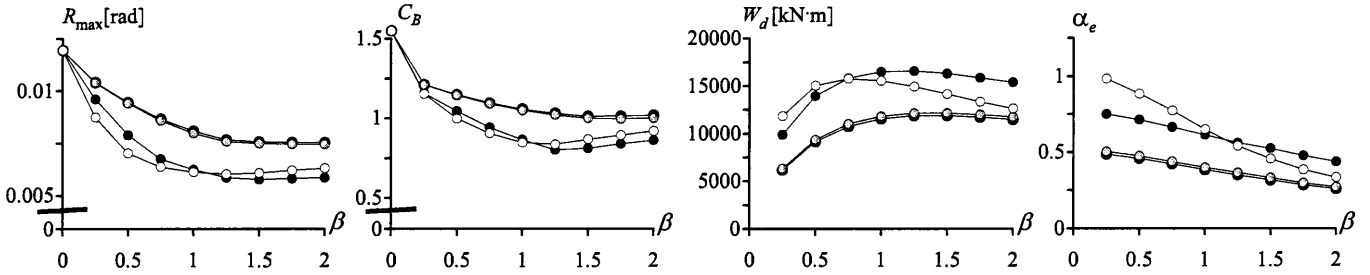
(b)エネルギースペクトル

図7 ART-HACHIの応答スペクトル

くなっていることが確認できる。また、いずれのダンパー配置においても W_d は極値を示し、ダンパー配置が外側に近い1-6配置において、2-5配置および3-4配置に比べダンパー量の多いときに極値を持つ。(d) α_e は W_d と同様の傾向を示し、ダンパー量にかかわらずダンパー配置を内側にするほど大きくなっていることが確認できる。また、 α_e はいずれのダンパー配置において

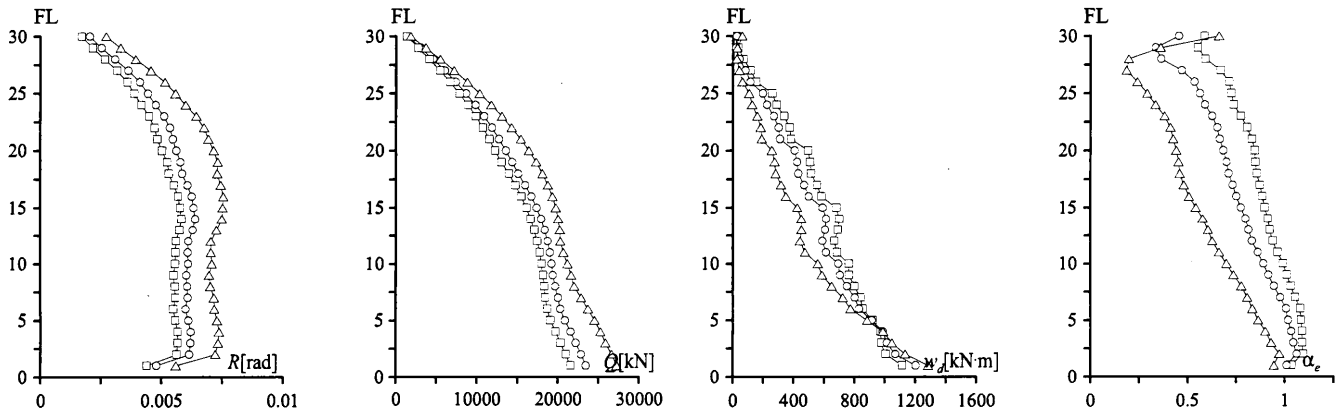


(a) ダンパー配置別 (Center) \triangle -1-6 \circ -2-5 \square -3-4

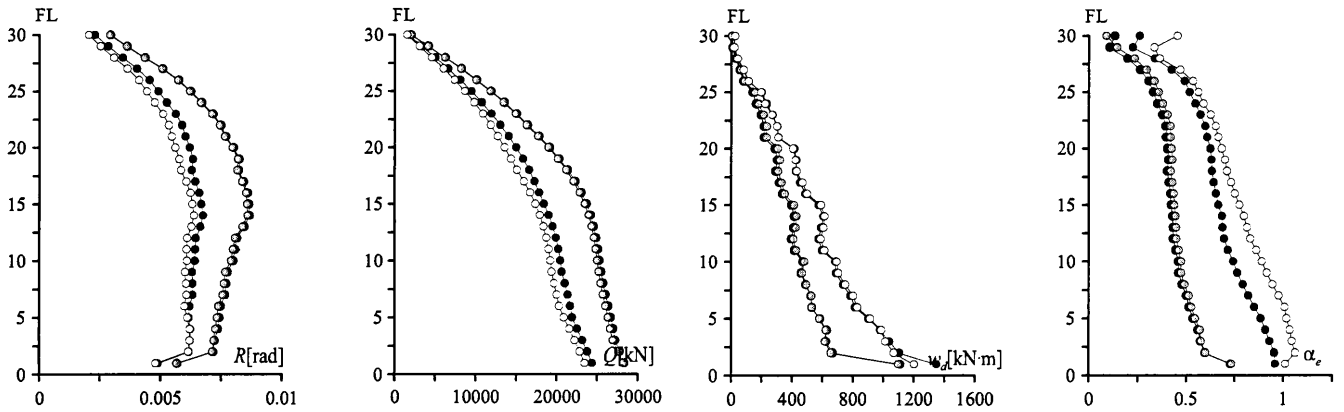


(b) ダンパー設置タイプ別 (2-5 配置) \circ -Center \circ -Inside \bullet -Outside \bullet -Tidori

図8 ダンパー量と応答の関係



(a) ダンパー配置別 (Center, $\beta=0.75$) \triangle -1-6 \circ -2-5 \square -3-4



(b) ダンパー設置タイプ別 (2-5 配置, $\beta=0.75$) \circ -Center \circ -Inside \bullet -Outside \bullet -Tidori

図9 応答の高さ方向分布

も単調減少する。

図 8(b)に設置タイプ別のダンパー量の違いによる応答変化を示す。ダンパー配置は 2-5 配置とする。 R_{max} と C_B に着目すると、ダンパー量の少ない範囲においては Center, ダンパー量の多い範囲においては Tidori で最も応答低減効果が大きいことが確認できる。また、いずれの設置タイプにおいても応答低減効果は極値を示す。 W_d に着目すると、ダンパー量の少ない範囲においては Center, ダンパー量の多い範囲においては Tidori で最も大きくなっていることが確認できる。また、 W_d は Center において $\beta=0.75$ で極値を持ち、Tidori において $\beta=1.25$ で極値を持ち、Inside, Outside において $\beta=1.5$ で極値を持つ。さらに、ダンパー量の増加に伴う W_d の減少傾向は Center で顕著である。 α_e は W_d と同様の傾向を示し、ダンパー量の少ない範囲においては Center, ダンパー量の多い範囲においては Tidori で最も大きな値を示す。また、 α_e はいずれの設置タイプにおいても単調減少の傾向を示し、その傾向は Center において最も顕著である。

以後の検討は、2-5配置, Center においてダンパーのエネルギー吸収量が極値を示す $\beta=0.75$ を 2-5配置, Center における最適ダンパー量と考え 2-5 配置, Center, $\beta=0.75$ を中心に進める。

3.2 応答の高さ方向分布

図 9(a)に、Center, $\beta=0.75$ における配置別、図9(b)に2-5配置, $\beta=0.75$ における設置タイプ別の応答の高さ方向分布を示す。

図9(a)より、 R と Q に着目すると、1-6, 2-5, 3-4 配置の順に応答低減効果が高いことが確認できる。 w_d に着目すると、下層を除き 1-6, 2-5, 3-4 配置の順に大きくなっている。また、いずれの配置においても、上層になるにつれ w_d は小さくなっていることが確認できる。 α_e に着目すると、他の応答と同様に 1-6, 2-5, 3-4 配置の順に大きくなっていることが確認できる。また、履歴ダンパーに比べて上層での α_e の低下は少なくなっている⁴⁾。

図 9(b)より、 R と Q に着目すると、Outside, Inside, Tidori, Center の順に応答低減効果が高くなっていることが確認できる。 w_d に着目すると、Center と Tidori の差は僅かであるが、Outside, Inside, Tidori, Center の順に大きくなっている。 α_e に着目すると、他の応答と同様に Outside, Inside, Tidori, Center の順に大きくなっていることが確認できる。

4. おわりに

本報その 1 では、時刻歴応答解析を用いて粘性壁ダンパーを設置した超高層建物について、ダンパー量、ダンパー配置、1 スパン内のダンパー設置タイプが制振性能に与える影響を示した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 粘性壁ダンパーの投入量を増加させるとダンパー設置状況にかかわらず、制振性能は極値を示す。
- (2) ダンパーを配置はダンパー投入量にかかわらず内側ほど制振性能は向上する。

- (3) 1 スパン内のダンパー設置タイプは、ダンパー投入量が少ない範囲では大梁間の中央で、ダンパー投入量が多い範囲では千鳥配置での制振性能が高い。

謝辞

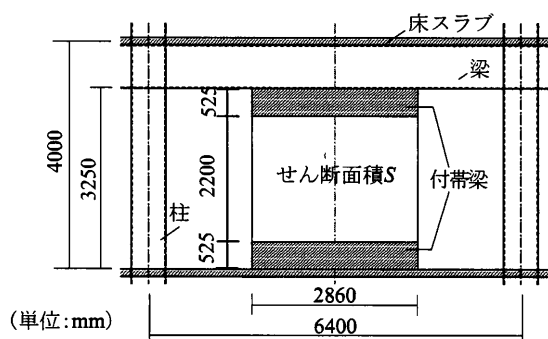
本研究は、オイレス工業、日建設計、東京理科大学北村研究室による共同研究の成果の一部を用いたものです。

参考文献

- 1) 倉本洋, 小平涉, 加藤清也, 松井智哉, 中村博志, 所健, 植松工, 笠井和彦, 和田章: 粘弾性ダンパー付き間柱を設置した鉄骨フレームの動的挙動, 日本建築学会構造系論文集, No.606, pp.97-104, 2008.8
- 2) 平田博子, 三浦晴史, 大宮幸, 石井正人, 寺本隆幸: 粘性壁ダンパーの制振効果に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.767-768, 2003.7
- 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: 骨組特性値に基づく超高層制振建物の性能評価 その 1, 2 骨組特性値と応答の関係について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, PP.775-776, 2011.8
- 4) 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, No.647, pp.103-112, 2010.1
- 5) 長田修一, 池永雅良, 澤田毅, 長島和央, 鈴木清香, 和田章: 制振壁を設置した 1/2 縮小フレーム動的加力試験(その 1, 2, 3) 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.507-512, 2009.8

付録 A 設定値における第 1 層のダンパーの寸法

付図 A に設定値における第 2 層のダンパーの寸法を示す。



付図 A ダンパーの寸法(第2層)

*1 東京理科大学 *2 (株)日建設計 *3 オイレス工業(株)