

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性能評価：その2 骨組特性値に基づく制振性能評価
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	Shigehito Watanabe, 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, , 2008
Citation(English)	, Vol. 82, , 2008
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/110009571494

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性能評価 その2 骨組特性値に基づく制振性能評価

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

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、ダンパー投入量、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及ぼす影響を示した。

本報その2では、粘性壁ダンパーを設置した超高層建物のダンパー設置状況が制振性能に及ぼす影響について、骨組特性値¹⁾に基づく制振性能評価指標²⁾とその1で示した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。

2. 実効変形比 α_N と制振性能との関係

本報では、実効変形比の上下限値を制振性能評価指標とするため、その1で得られた時刻歴応答解析結果について、実効変形比と制振性能との関係を示す(図1)。なお、入力地震波はART-HACHI、ダンパー量は $\beta=0.75$ とする。横軸に示す実効変形比 $\bar{\alpha}_e$ は、ダンパーのエネルギー吸収量の総和が概ね90%を占める1~20層の平均値とする。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 、ダンパーのエネルギー吸収量の総和 W_d とする。

R_{max} に着目すると、 $\bar{\alpha}_e$ が大きな値を示すダンパー設置状況ほど層間変形角は低減する傾向が確認できる。ダンパー配置別に比較すると、 $\bar{\alpha}_e$ が大きな値を示すダンパー配置ほど層間変形角は低減している。ダンパー設置タイプ別に比較すると、 $\bar{\alpha}_e$ が大きな値を示す設置タイプほど層間変形角は低減していることが確認できる。 C_B 、 W_d に着目しても R_{max} と同様の傾向を示している。以上より、実効変形比 $\bar{\alpha}_e$ の大小関係よりダンパー設置状況別の制振性能の優劣を捉えることができるといえる。ここでは $\beta=0.75$ のときの実効変形比と制振性能の関係を示したが、本研究では β にかかわらず同様の傾向を示すことを確認している。

3. 骨組特性値に基づく制振性能評価指標の算出

3.1 骨組特性値 α_N および擬似ブレース剛性 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} 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

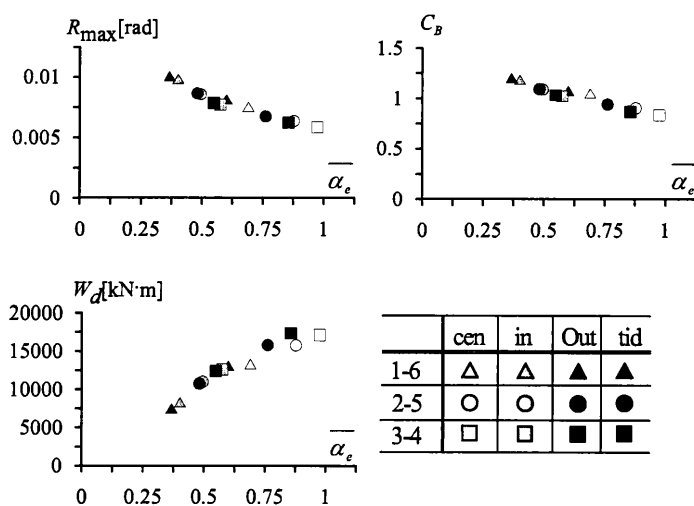


図1 α_e と応答の関係 ($\beta=0.75$)

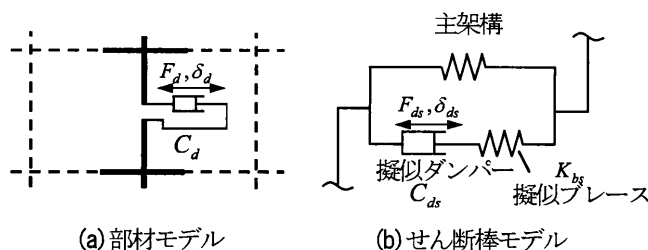


図2 部材モデルとせん断棒モデルの対応

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(1a,b,c)により算出される¹⁾。

$$\alpha_N = \frac{i \delta_{2N}}{i \delta_N}, K_{bs} = \alpha_N^2 \cdot K_{ar}, K_{ar} = \frac{i F_d}{i \delta_{ar}} \quad (1a,b,c)$$

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2に示すようにせん断棒モデルで K_{bs} はダンパーと直列に配置される。ここで、図中の添字sはバネ系の要素であることを示す。

3.2 定常振動時のせん断モデルの実効変形比 α_{es} の算出

円振動数 ω の定常振動時のせん断モデルの実効変形比 α_{es} は式(2)および(3)を用いて算出される。

$$\alpha_{es} = \frac{\delta_{d,max}}{\delta_{max}} = \frac{\alpha_N \cdot \delta_{ds,max}}{\delta_{max}} = \frac{\alpha_N}{\sqrt{1 + (C_{ds} \cdot \omega / K_{bs})^2}} \quad (2)$$

$$C_{ds} = \alpha_N^2 \cdot C_d \quad (3)$$

ここで、 C_{ds} はバネ系でのダンパーの1次粘性係数、 C_d はダンパーの1次粘性係数とする。 ω は主架構の1次固有円振動数とする。

式(2)を用いて K_{bs} および C_d が α_{es} に及ぼす影響について示す。検討する条件は $\alpha_N=0.8$ 、 $\omega=1.47 \text{ rad/s}$ とし、 $K_{bs}=1000, 2000, 3000, 4000 \text{ kN/cm}$ の4ケースについて $C_d=0 \sim 3000 \text{ kNs/cm}$ に変化させたときの様子を図3に示す。図3より、 $C_d=0$ のとき K_{bs} の値にかかわらず $\alpha_{es} = \alpha_N$ となる。つまり、 α_N が大きいほど α_{es} を増加させることができるといえる。また、 α_{es} は C_d の増加に伴い単調減少している。 K_{bs} が大きいほど、 C_d の増加に伴う α_{es} の減少は鈍くなるのが分かる。以上より、 α_{es} を増加させるためには、 α_N および K_{bs} が大きな値を示すようダンパーを設置することが重要である。

4. 制振性能評価指標と応答解析結果との関係

図4にダンパー設置タイプごとの α_e と α_{es} および α_N の関係について示す。ダンパー量 β は0.25~2.0の結果を示す。図4(a)より、Centerにおいて、概ね全層で α_N は α_e の上限値を示している。また、 α_e が小さい範囲では分布に広がりを持ち、明らかに α_N が α_e を上回っている。Inside, Outside および Tidori において概ね全層で α_N は α_e の上限値を示していることが確認できる。図4(b)より、Center および Tidori において上層(O)では α_{es} が α_e を上回っているが1~20層(●)では概ね α_{es} は α_e の下限値を示している。また、Center において他の設置タイプと比べて分布の広がりが大きいことが確認できる。Inside および Outside では、1~20層において α_{es} が α_e を上回っている点はあるが、大部分で α_{es} が α_e の下限値を示している。

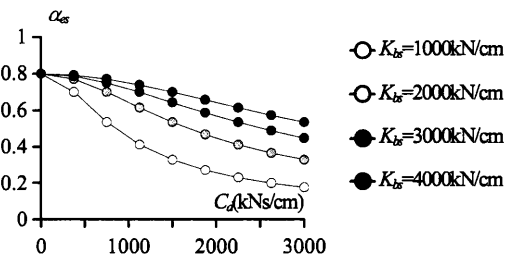
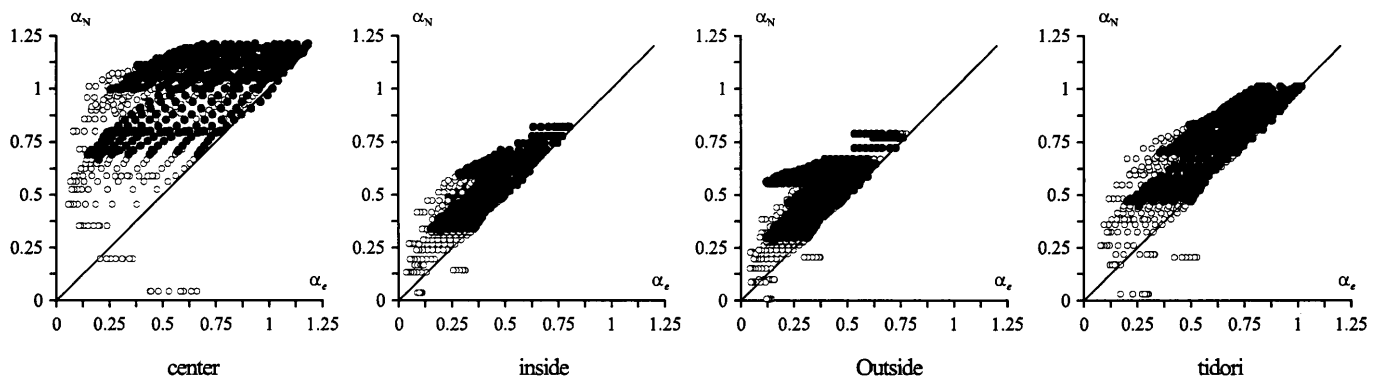
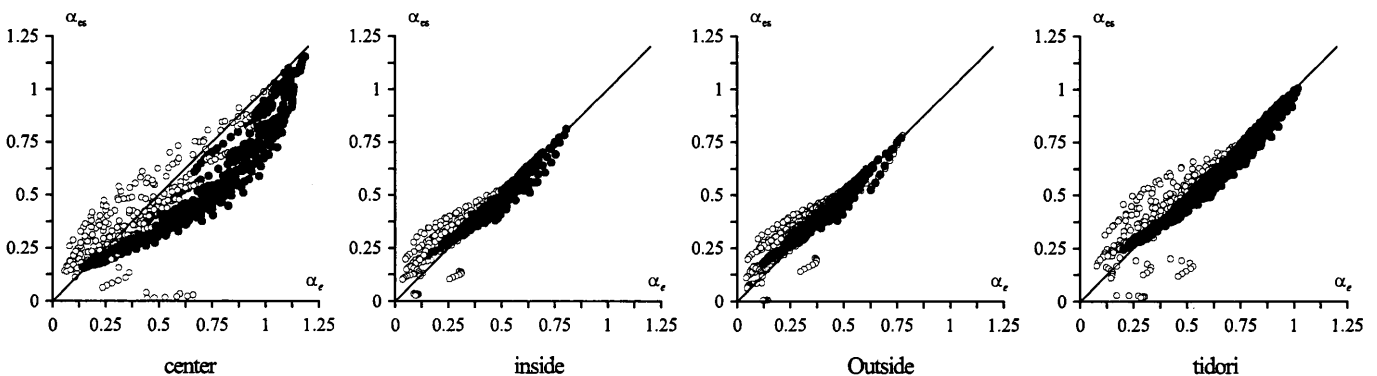


図3 α_{es} の性状



(a) α_N と α_e との関係



(b) α_{es} と α_e との関係

図4 α_N および α_{es} と α_e との関係 ● 1~20層 ○ 21~30層

図5にダンパー量 β を変化させたときのダンパー設置タイプごとの α_e , α_{es} および α_N の変化について示す。 β は0.25~2.0に変化させる。縦軸は α_e , α_{es} および α_N それぞれの1~20層の平均値 $\bar{\alpha}_e$, $\bar{\alpha}_N$ および $\bar{\alpha}_{es}$ とする。 $\bar{\alpha}_e$ に着目すると、Centerにおいて $\bar{\alpha}_e$ は β が小さい範囲では $\bar{\alpha}_N$ に近づき、 β が大きい範囲では $\bar{\alpha}_{es}$ に近づくことが確認できる。Inside および Outside においては β にかかわらず $\bar{\alpha}_e$ は $\bar{\alpha}_{es}$ と重なっている。TidoriにおいてはCenter

と同様に $\bar{\alpha}_e$ は β が小さい範囲では $\bar{\alpha}_N$ に近づき、 β が大きい範囲では $\bar{\alpha}_{es}$ と近い値を示す。また、 $\bar{\alpha}_N$ と $\bar{\alpha}_{es}$ の幅に着目すると、Outside, Inside, Tidori, Centerの順に大きくなっている。 $\bar{\alpha}_N$ と $\bar{\alpha}_{es}$ の幅が最も大きなCenterは β の増加に伴い $\bar{\alpha}_{es}$ が大きく減少し、 $\bar{\alpha}_{es}$ が β の変化に敏感であるといえる。 $\bar{\alpha}_N$ と $\bar{\alpha}_{es}$ の幅が小さいInside, Outside および Tidoriは、 β の増加に伴う $\bar{\alpha}_{es}$ の減少傾向がCenterに比べて鈍いことが分かる。Centerでは β を増加させ

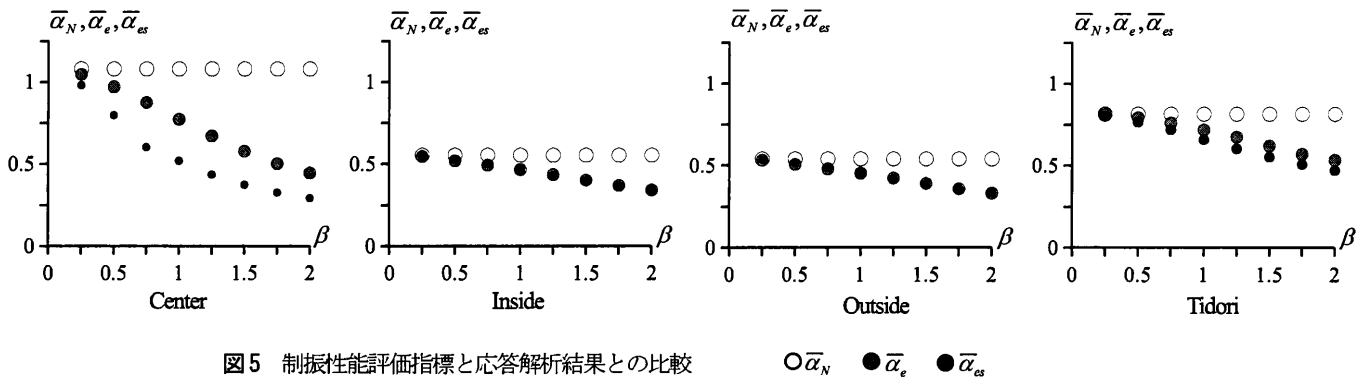
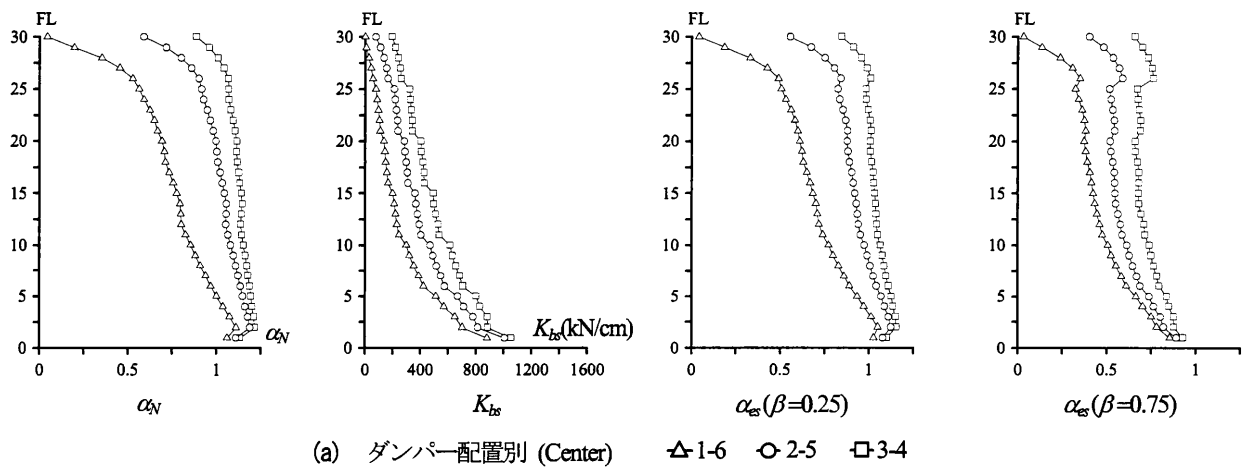
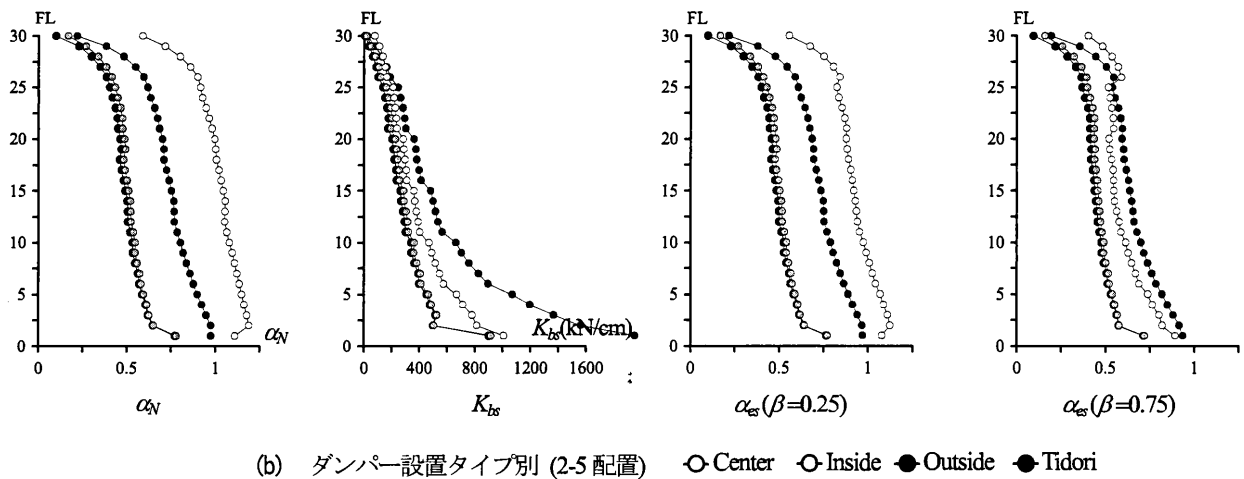


図5 制振性能評価指標と応答解析結果との比較



(a) ダンパー配置別 (Center)



(b) ダンパー設置タイプ別 (2-5 配置)

図6 α_N および α_{es} の高さ方向分布

たとき1スパン内に集中的にダンパーを投入するよりも、複数のスパンにダンパーを分散させ投入すると β の増加に伴う $\bar{\alpha}_e$ 実効変形比の減少が鈍くなると考えられる。1スパン内に集中的にダンパーを設置するときは、 β の増加に伴う $\bar{\alpha}_e$ が減少の小さなTidoriとすると高い制振性能が得られると考えられる。

5. ダンパー設置状況が α_N および α_e に及ぼす影響

5.1 α_N , K_b および α_e の高さ方向分布

図6に α_N , K_b および α_e の高さ方向分布を示す。図6(a)にはCenterにおける配置別の分布を、図6(b)に2-5配置における設置タイプ別の分布を示す。なお、 α_e のダンパー量は $\beta=0.25, 0.75$ の2ケースとする。図6(a)より、 α_N は1-6,2-5,3-4配置の順に大きくなっている。 α_N は上層ほど減少しその傾向はダンパーを外側の通りに配置するほど顕著である。 K_b は、 α_N と同様に1-6,2-5,3-4配置の順に大きくなっている。 α_e は β にかかわらず α_N , K_b と同様に1-6,2-5,3-4配置の順に大きな値を示す。図5(b)より、 α_N はOutside, Inside, Tidori, Centerの順に大きくなっている。 α_N はいずれの設置タイプにおいても上層ほど減少し、25層以上で大きく減少している。 K_b は、Outside, Inside, Center, Tidoriの順に大きくなっていることが分かる。 $\alpha_e(\beta=0.25)$ は α_N と同様にOutside, Inside, Tidori, Centerの順に大きくなっており、 $\alpha_e(\beta=0.75)$ は K_b と同様にOutside, Inside, Center, Tidoriの順に大きくなっていることが確認できる。設置タイプ別において α_N はCenterで最大値を、 K_b はTidoriで最大値を示すため α_e の優劣はダンパー量に依存する様子が確認できる。

5.2 ダンパー量が α_e に及ぼす影響

図7にダンパー設置タイプごとにダンパー量 β と α_e の1~20層までの平均値 $\bar{\alpha}_e$ との関係を示す。ダンパー量を増加させるといずれのダンパー設置タイプにおいても $\bar{\alpha}_e$ は減少していることが確認できる。Inside, Outside, Tidoriにおいて $\bar{\alpha}_e$ は β にかかわらずOutside, Inside, Tidoriの順に大きくなっている。Centerにおいて $\bar{\alpha}_e$ は β が小さい範囲で、各設置タイプの中で最大の値を示すが、 β を増加させると急激に低下し $\beta=1.5$ 以上では最小の値を示す。以上より、 α_N が大きな値を示すようダンパーを設

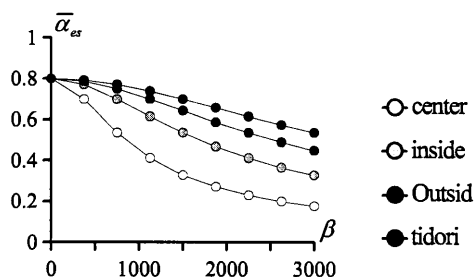


図7 ダンパー量と α_e の関係

置すると、ダンパー量の少ない範囲で α_e は大きくなる。さらに、 K_b が大きな値を示すようダンパーを設置すると β の増加に伴う α_e の減少傾向は鈍くなることが確認できる。

6. おわりに

本報その2では、粘性壁ダンパーを設置した超高層建物に対して、ダンパー設置状況が制振性能に及ぼす影響について、実効変形比の上下限値を制振性能評価指標とし、時刻歴応答解析結果との関係を示すことで、その有用性を示した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 実効変形比の大小関係よりダンパー設置状況別の制振性能の優劣を評価できる。
- (2) 骨組特性値 α_N および定常振動時のせん断棒モデルの実効変形比 α_e はそれぞれ部材モデルの実効変形比の上限値および下限値を示す。
- (3) 実効変形比の上限値は、ダンパー配置が内側で、ダンパー設置タイプが大梁間の中央で大きな値を示す。
- (4) 実効変形比の下限値は、ダンパー配置が内側ほど大きい。また、ダンパー投入量が少ない範囲ではダンパー設置タイプが大梁間の中央で、ダンパー投入量が多い範囲ではダンパー設置タイプが千鳥配置で実効変形比の下限値は大きな値を示す。

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) 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
- 2) 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

*1 東京理科大学 *2 (株)日建設計 *3 オイレス工業(株)