

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	変形増幅機構を有する粘性制振壁を設置した鋼構造物の地震応答 - 周辺架構の部材性能が制振効果に及ぼす影響 -
Title(English)	Seismic Response of Steel Structure with Deformation Amplification Mechanism- Influence of Surrounding Structure 's Member Performance -
著者(和文)	菅原惇, 佐藤大樹, 北村春幸, 小川晋平, 松田頼征, 石井正人, 佐々木和彦, 吉江慶祐
Authors(English)	Atsushi Sugawara, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura, Ogawa Shinpei, Yoriyuki Matsuda, Masato Ishii, Kazuhiko Sasaki, Keisuke Yoshie
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 373-374
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 373-374
発行日 / Pub. date	2018, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

変形増幅機構を有する粘性制振壁を設置した鋼構造物の地震応答

—周辺架構の部材性能が制振効果に及ぼす影響—

正会員○菅原 惇\*1 同 佐藤 大樹\*2 同 北村 春幸\*3  
同 小川 晋平\*4 同 松田 頼征\*3 同 石井 正人\*5  
同 佐々木 和彦\*6 同 吉江 慶佑\*5

制振構造 粘性制震壁 実効変形  
変形増幅機構 時刻歴応答解析

1. はじめに

制振構造では、制振部材に作用する変形に応じたエネルギーを吸収するため、その有効な変形を示す実効変形を増やすことで耐震性能の向上に結びつく。著者ら<sup>1)</sup>は、実効変形を増幅させる変形増幅機構を提案し、その有効性を応答解析、実験で示してきた。本報では、文献<sup>1)</sup>で提案された変形増幅機構を有する鋼構造物の地震応答に、跳ね出し梁の長さや断面性能及び柱の断面性能が及ぼす影響を時刻歴応答解析によって確認するとともに最適架構について考察する。

2. 検討モデルの設定

2.1 変形増幅機構概要

既報<sup>1)</sup>で提案している変形増幅機構は、ダンパーを設置する中央梁の左右にピン接合を設けることで、強制的に回転させ、ダンパーの実効変形を増幅させる機構である。図1(a)に変形増幅機構の変形図を示し、柱からピンまでの梁を跳ね出し梁とする。また、ピン位置と実効変形比 $\alpha_e$ の関係は幾何学的に下式により表わされる。

$$\alpha_e = \frac{\delta_d}{\delta_A} = h\theta_A \frac{L}{l_c} \times \frac{1}{h \cdot \theta_A} = \frac{L}{l_c} \quad (1)$$

ここで  $h$ : 階高,  $\theta_A$ : 層間変形角,  $L$ : スパン長さ,  $l$ : 跳ね出し梁長さ,  $l_c$ : 中央梁長さである。(1)式による $\alpha_e$ とピン位置の関係を図1(b)に示す。図1(b)には、後述する建物モデルでの理論的な実効変形比をで示す。

2.2 検討対象建物概要

図2に検討建物モデルの伏図、軸組図を示す。建物モデルは、地上5階、高さ33.5mの5層鋼構建造物とする。建物モデルは、剛床を仮定し、全部材を弾性とする。表1にモデルの部材断面を示し、表2に各モデルの跳ね出し梁長さや各モデルの跳ね出し梁の曲げ剛性の最大値を示す。また表1の部材断面を基準とし、その部材の曲げ剛性に対して1.5, 2, 3倍となる部材断面でモデル化する。64-1モデルと同様の部材断面を用いて、部材のヤング係数と剛性率を1000倍で設定し、変形を極端に抑えたモデルを剛モデルとする。各モデルは固有周期を同一にするために吹き抜けを設けて重量を調整する。また、ダンパーの左右の柱の断面積を2倍にしたモデルをAcモデルとする。

2.3 粘性制振壁概要

粘性制振壁の粘性係数は、以下の式より、第1層の1基あたりダンパーの粘性係数 $C_{d1}$ を算出する。

$$C_{f1} = \frac{2h_d K_f}{\omega_f}, C_{d1} = \frac{C_{f1}}{N_1} \quad (2), (3)$$

ここで  $C_{f1}$ : 第1層の粘性係数,  $N_1$ : 第1層のダンパー基数,  $h_d$ : 付加粘性減衰定数,  $\omega_f$ : 主架構の弾性1次固有円振動数,  $K_f$ : 第1層の主架構の水平剛性である。各層の粘性減衰量 $C_f$ は、 $A_i$ 分布に基づく設計用層せん断力より算出される地震力の係数比に沿うように分布させる。また本論文では $h_d$ をダンパー量と称する。

3. 時刻歴応答解析

3.1 入力地震動概要

時刻歴応答解析による検討に用いる地震波は、擬似速度応答スペクトル $\rho S_v = 0.8\text{m/s}$  ( $h=0.05$ ) を目標応答スペクトルとする告示波とする。位相特性は、観測地震動Hachinohe (1968年

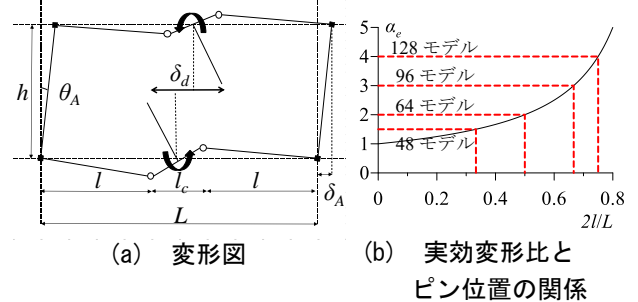


図1 変形増幅機構概要

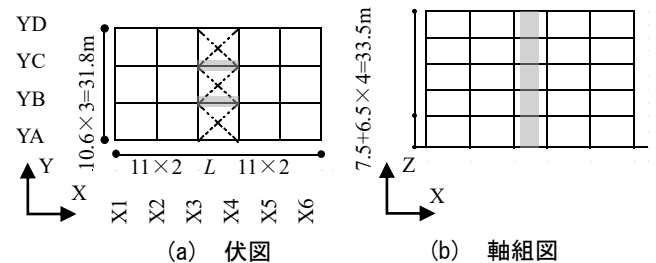


図2 建物モデルの伏図・軸組図

表1 64-1モデルの部材断面

	断面 (mm)
内柱	□-500×500×19~
	□-600×600×32
外柱	□-500×500×19~
	□-600×600×28
大梁	H-588×300×12×25~
	H-750×350×14×28

表2 各モデルの概要

モデル名	L [m]	l [m]	曲げ剛性 ×10 <sup>3</sup> 3EI/I <sup>3</sup> [kN/m]
48	4.8	0.8	-1
			-2
			-3
			-4
64	6.4	1.6	-1
			-2
			-3
			-4
96	9.6	3.2	-1
			-2
			-3
			-4
128	12.8	4.8	-1
			-2
			-3
			-4

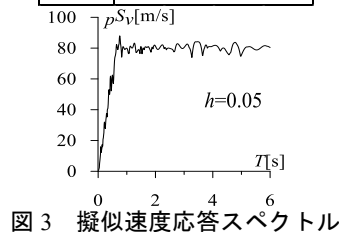


図3 擬似速度応答スペクトル

十勝沖地震)のEW成分としている。図3に入力地震動の擬似速度応答スペクトルを示す。

### 3.2 エネルギー吸収率に関する検討

図4に各モデルにおけるダンパー量毎のエネルギー吸収率  $W_d/E$  を示す。エネルギー吸収率はダンパーの最大吸収エネルギー  $W_d$  を入力エネルギー  $E$  で除したものである。図5より、 $W_d/E$  は全てのモデルにおいて、 $h_d = 0.01$  の時に大きく増加し、それ以降は滑らかに増加することより、少ないダンパー量で高い制振効果が得られることがわかる。48, 64モデルでは  $h_d$  が増えるごとに  $W_d/E$  も増加するが、 $h_d = 0.02$  で概ね最大となる。96, 128モデルでは、 $h_d$  が増えるとそれぞれ  $h_d = 0.02, 0.01$  で  $W_d/E$  は最大をとり、その後徐々に減少していく。また部材断面性能ごとの比較より、48, 64モデルでは変化はないが、96, 128モデルでは大きく変化している。

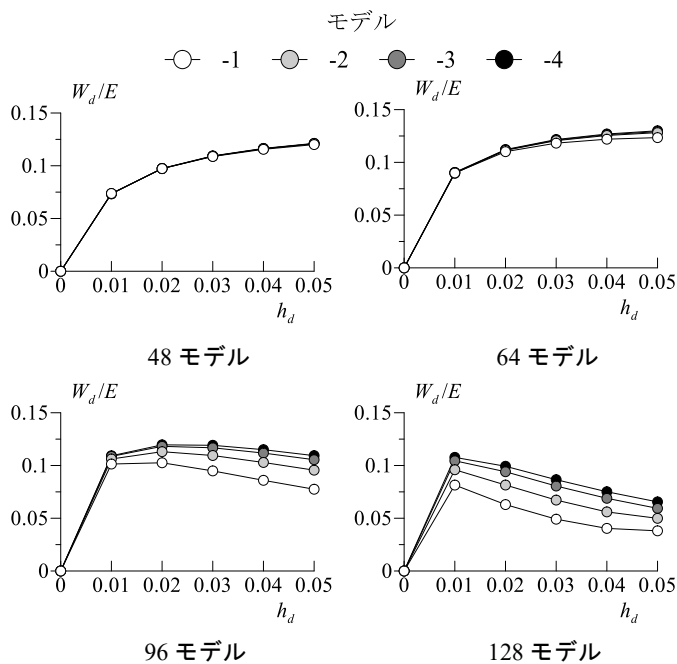


図5 各モデルのエネルギー吸収率

### 3.3 長さと断面性能に関する検討

図6に  $h_d = 0.02$  における跳ね出し梁長さごとの最大層間変形角  $R_{max}$ 、最大応答加速度  $A_{max}$ 、最大層せん断力  $Q_{max}$ 、実効変形比  $\alpha_e$  を示し、1フレーム1スパン時の理論的な実効変形比(式(1))を破線で示す。また、ピン接合を設けず粘性制振壁のみのモデルを従来モデルとして比較する。3.2節より、 $h_d = 0.02$  における建物モデルのエネルギー吸収率が概ね最も良いので、 $h_d = 0.02$  とした。図6より、 $l = 1.6$  以降、 $R_{max}$ 、 $A_{max}$ 、 $Q_{max}$  は増加していることがわかる。また  $\alpha_e$  は  $l$  が長くなるほどに理論値からの低下が大きくなる。これは、 $l$  が長くなることによって跳ね出し梁の変形が大きくなり、中央梁の回転角が小さくなるためである。 $\alpha_e$  が低下することにより、 $R_{max}$ 、 $A_{max}$ 、 $Q_{max}$  も増加している。剛モデルにおいて、 $\alpha_e$  の値が増大し、それに伴って  $R_{max}$ 、 $A_{max}$ 、 $Q_{max}$  も低減していることから跳ね出し梁の変形がダンパーの制振

性能に大きく影響していることが考えられる。従来モデルとの比較より、 $l = 1.6$  から  $3.2$  までの範囲で従来モデルより応答の低減が確認できるので、理論的な実効変形比(式(1))が2倍から3倍の梁長さで用いることが適切であると考えられる。Acモデルでは、理論的な実効変形比に近い値となり、それに伴って  $R_{max}$ 、 $A_{max}$ 、 $Q_{max}$  も低減されることが確認できる。これは実効変形比の低下が梁の変形だけでなく、柱の変形にもよること起因するためである。

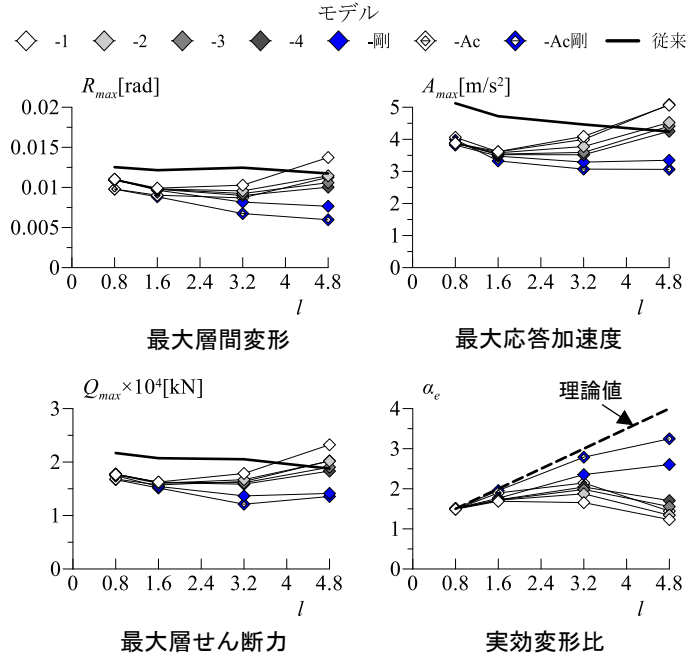


図6 各モデルの時刻歴解析応答値

## 4 まとめ

本報では、変形増幅機構を有する鋼構造物の制振性能を跳ね出し梁長さや部材断面性能及び柱の断面性能を変化させ、時刻歴応答解析を行い、以下の知見を得られた。

- (1) 粘性制振壁を用いた変形増幅機構は、少ないダンパー量で高い制振効果を得ることができる。
- (2) 跳ね出し梁長さが長くなると跳ね出し梁が変形によって、理論的な実効変形比から大きく低下し、それに伴い応答も増大する。そのため、実効変形比が2倍もしくは3倍となる梁長さが適切である。
- (3) 跳ね出し梁だけでなくダンパーの左右の柱の部材断面性能を上げることで、理論的な実効変形比と同程度の値を得ることができ、応答も低減する。

### 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, 吉江啓祐, 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考案, 日本建築学会構造系論文集, 第79巻, 第706号, pp.1741-1750, 2014.2

\*1 東京理科大学 (現東京工業大学) \*2 東京工業大学  
\*3 東京理科大学 \*4 元東京理科大学 \*5 日建設計 \*6 オイレス工業

\*1 Tokyo Univ. of Science \*2 Tokyo Inst. of Technology  
\*3 Tokyo Univ. of Science \*4 Tokyo Univ. of Science  
\*5 NIKKEN SEKKEI \*6 Oiles Corporation