

# 剛性偏心した木造戸建住宅の制振部材による振れ応答制御と地震応答評価法

東京工業大学 山崎義弘

## 1. 序論

近年、木造戸建住宅を対象として、地震時のエネルギー吸収能力を高めた制振壁の開発や、性能検証などの研究<sup>1)</sup>が活発に行われている。しかし、これらの研究の多くは、部材を平面的に均等に配置した建物を想定することが多い。元来、日本の家屋は南面に開口が多く、剛性偏心が生じていることを考慮すれば、損傷が集中する開口部に制振部材を設置することで、より効果的な制振補強が可能であると考えられる。

本研究は、剛性偏心した木造戸建住宅を制振部材によって効果的に振れ応答制御を行う手法を提案することを目的とする。図1に提案する手法の概念を示すが、振れが大きい非制振の構造に対して、方杖型ダンパーによる開口部の補強で、剛性と粘性を付加し、振れを抑制する。提案手法の有効性を調べるため、1層の木造戸建住宅を模擬した実大架構に、当研究室で開発した制振壁を開口部等の様々な配置で組み込んだ計6体の試験体の振動台実験を行った。また、紙面の都合上割愛するが、制振部材を用いて振れ応答制御を行なった構造を対象としたスペクトル応答予測法の提案も行なった。

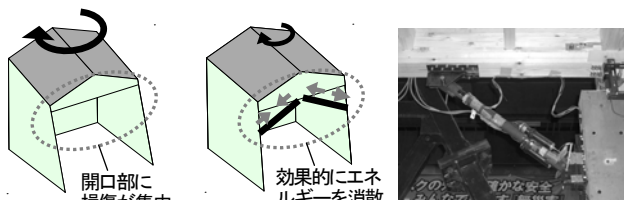


図1 本研究で提案する振れ応答制御手法の概念  
(a), (b) はそれぞれ図4の試験体 No.1, No.2 で再現

## 2. 木質制振架構振れ応答実験 -概要-

### 2.1 試験体概要

図2に示すように、試験体は短辺(x方向)が1820 mm、長辺(y方向)が2730 mm、階高が2730 mmの1層で、y方向正側に剛性中心が偏心した一軸偏心建物であり、x方向にのみ地震入力を与えた。質量には偏りがなく、過去の実験<sup>1)</sup>と同様の概念に基づき、12 kNの錘を積載した。

実験に用いる耐力壁および制振壁は建物の四周に配置し、それぞれの構面の変形とせん断力を計測した。加振方向の1構面は全試験体とも開口を設け、これを剛性が低い「柔側」、反対の構面を剛性が高い「剛側」と定義する。また、基礎的

な研究として水平構面は剛床仮定が成立するものとした。

### 2.2 耐力壁および制振壁の仕様

図3に実験に用いた耐力壁と制振壁の仕様を示す。耐力壁は構造用合板を釘で接合したもので、柔側には垂れ壁(以下、H)を、剛側と直交方向には全面壁(以下、W)を用いた。制振壁はアクリル系粘弾性ダンパーを付加したもので、柔側には、開口を設けた方杖型制振壁(以下、VB)を、剛側と直交方向にはK型制振壁(以下、VK)を用いた。

### 2.3 試験体パラメータ

図4に試験体一覧を示し、以下に設計意図を述べる。No.1 は全ての構面が耐力壁で構成された非制振試験体で、剛性偏心の指標である偏心率  $R_{ex} = 0.56$  である。No.2 は VB を用い、建物の構造的弱点である開口部に剛性と粘性を付加した試験体である。質量中心と剛性中心を近付け、さらに柔側の粘性力によって振れを効果的に制御する。No.3 は No.2 の剛側に VK を付加した試験体である。No.4, No.5, No.6 は

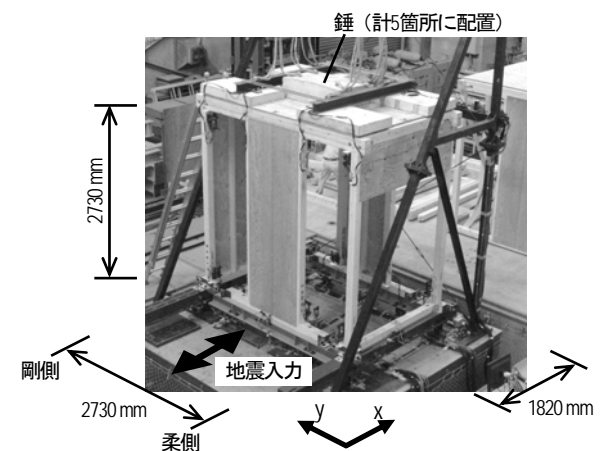


図2 試験体のセットアップ

	開口有り	開口無し
耐力壁	<p>垂れ壁 (Hanging Wall) 構造用合板 9mm厚 N50@150mm</p>	<p>全面壁 (Wood Panel) 構造用合板 9mm厚 N50@100mm</p>
制振壁	<p>方杖型制振壁 (Viscoelastic Brace) アクリル系粘弾性ダンパー 添え柱+補強鋼板</p>	<p>K型制振壁 (Viscoelastic K-brace) アクリル系粘弾性ダンパー K型ブレース</p>

図3 実験に用いた耐力壁・制振壁

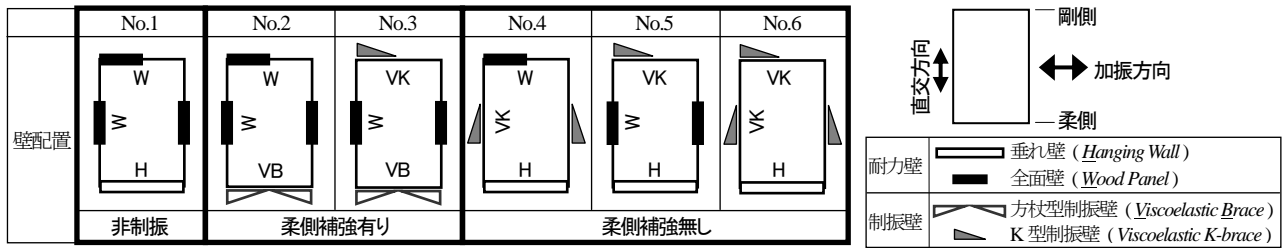


図4 試験体一覧

柔側の補強を行わず、他の構面のみ補強した試験体である。No.4 は直交方向に VK を付加し、直交方向の粘性力で振れを抑制する。No.5 は剛側に VK を付加し、No.6 は No.4 と No.5 を組み合わせた試験体である。

### 3. 木質制振架構振れ応答実験 - 実験結果と考察 -

#### 3.1 最大変位の比較

図5に JMA Kobe NS 波の原波を入力した時の柔側および剛側の最大変位を示す。また、図6に No.1, No.2, No.5 の柔側および剛側のせん断力-変形関係を示す。

No.1 の耐力壁はスリップ型の履歴になり(図6(a))、柔側の変形角は  $1/20 \text{ rad}$  に達した。No.2, No.3 における柔側の最大変位は、それぞれ No.1 の 0.24 倍、0.19 倍となり大きく低減された。柔側の履歴を比較すると、No.1 の H(図6(a))に対して、No.2 の VB(図6(b))は剛性が高く、かつエネルギー吸収に優れた楕円型の履歴形状となった。No.5 は剛側の VK(図6(c))により、剛側だけでなく柔側の変位も No.1 に比べて 0.6 倍程度に低下したが、

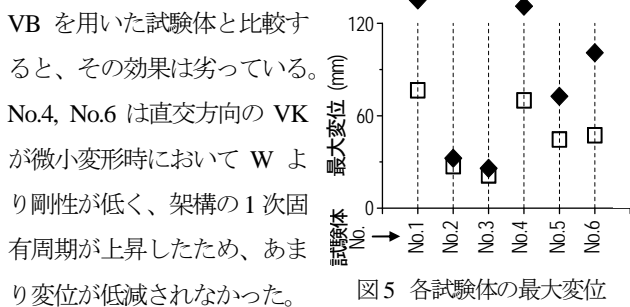


図5 各試験体の最大変位

#### 3.2 振れが建物最外端部の変位に与える影響

本節では図7に示すように、質量中心位置での並進変位 ( $u_x$ ) と、振れ変位 ( $\Delta u_x$ ) の比を、振れが建物最外端部の変位に与える影響の指標とする。ここで、振れ変位とは建物の振れ角  $\theta$  によって生じる最外端部での変位増分と定義する。図8に代表的な試験体に最大加速度を 0.2g と 0.82g に基準化した JMA Kobe NS 波 (以下、神戸波 0.2g, 神戸波原波) を入力した時の最大変形時における  $\Delta u_x / u_x$  を示し、弾性域から塑性域にかけての振れ挙動の変化を分析する。

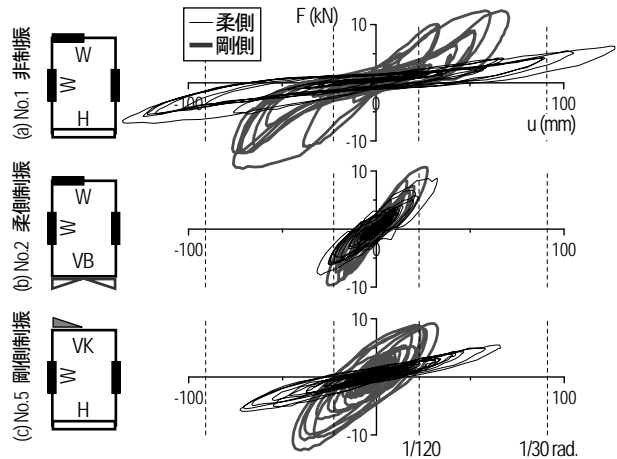


図6 神戸波原波入力時におけるせん断力-変形関係

No.1 は塑性域に移行することで、柔側・剛側ともに塑性化したことで並進が卓越し、 $\Delta u_x / u_x$  が小さくなったものと考えられる。No.4 も同様であるが、No.1 は神戸波原波入力時に直交壁が塑性化していたのに対し、No.4 は直交方向の VK が線形性を保ち、振れ剛性の低下を防ぐことが出来ていたため、No.1 よりも No.4 の方が  $\Delta u_x / u_x$  が著しく低下した。No.2 は神戸波原波入力時に柔側の VB は線形性を保ち、剛側の W が塑性化したことで、剛性偏心が解消され、 $\Delta u_x / u_x$  が低下した。No.5 は他の試験体と傾向が異なり、塑性域に移行することで  $\Delta u_x / u_x = 0.25$  となり、やや上昇した。

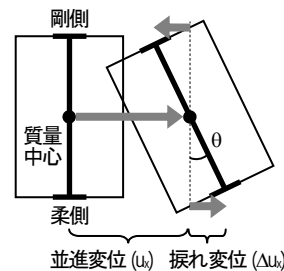


図7 検討手法

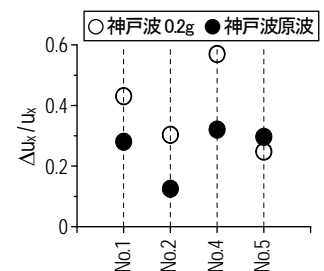


図8 振れ挙動の比較

### 4. 結論

剛性偏心した木質制振架構の振れ応答実験を行い、様々な配置で制振壁を組み込んだ試験体の実験結果の比較から、それぞれの得られる応答低減効果とそのメカニズムを考察した。

#### 参考文献

- 1) 坂田弘安, 笠井和彦他 5 名: 速度依存ダンパーをもつ木質架構の振動台実験, 日本建築学会構造系論文集, 第 615 号, 161-168, 2007 年 5 月