

B-31

アルミニウム合金製制振ダンパーを付加した木造軸組架構の構造特性に関する実験的研究

Experimental Study on Structural Characteristics of Timber Frame Structures Added Aluminum Alloy Damper

○根本光<sup>3</sup>, 岡田章<sup>1</sup>, 宮里直也<sup>1</sup>, 廣石秀造<sup>2</sup>

\*Hikaru Nemoto<sup>3</sup>, Akira Okada<sup>1</sup>, Naoya Miyasato<sup>1</sup>, Shuzo Hiroishi<sup>2</sup>

Abstract : In order to prepare for large-scale earthquakes, the demand for vibration control devices for wooden frame structures is increasing, and many devices have been developed. On the other hand, “wall quantity” calculation based on wall magnification of seismic elements is widely used, and damping devices are similarly evaluated by wall magnification from the viewpoint of simplification of design. However, there are still many unclear points regarding the structural performance when using conventional seismic elements in combination with damping devices. Based on the above, in order to understand the behavior of timber frame using conventional seismic elements for aluminum alloy damping dampers, static loading experiments were performed.

1. はじめに

大規模地震に対する備えから、住宅など小規模な木造軸組架構を対象とする制振装置の需要が高まっており、多くの装置が開発されている。一方、在来軸組工法の設計では、耐震要素の壁倍率に基づく壁量計算が広く利用されており、設計の簡易化の観点から制振装置も同様に壁倍率による評価が行われている。しかし、在来の耐震要素と制振装置を併用した際の構造性能や、終局時の挙動などにはいまだ不明な点も多く、制振装置を付加した架構の壁倍率評価には疑問が残る。

以上を踏まえ、本報ではアルミニウム合金製制振ダンパーを対象に、筋交いや面材壁などの在来工法の耐震要素と併用した場合の挙動の把握を目的として、壁倍率評価に基づく静的载荷実験を行った。

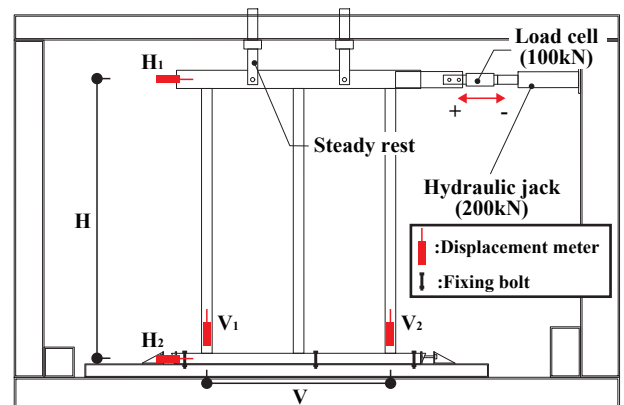
2. 静的载荷実験

2-1. 実験概要

アルミニウム合金製制振ダンパー（以下、「制振ダンパー」と称す）を付加した木造軸組架構を対象とした、静的载荷実験を行った。実験概要を Fig. 1 に示す。本報で対象とする制振ダンパーは、アルミニウム合金の弾塑性変形を利用した履歴系ダンパーで、ブレース型の装置である。実験は、文献 [1] の鉛直構面の面内せん断試験を参考にして、柱脚固定式の試験方法に準じて行った。加力は架構頂部の横架材に取りつけた油圧ジャッキにより、正負交番载荷とし、1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30(rad) の各変形角につき 3 回の繰り返し载荷を行った後、1/7.5(rad) まで片側に単調载荷を行った。また、载荷速度の影響をできるだけ排除するため、一定の加力速度となるように配慮した。

2-2. 試験体概要

試験体は幅 1,820 mm (スパン 910 mm × 2), 最高高さ



Test method... Static cyclic loading test  
 Number of test specimens... One for each specimen  
 Loading history... 1/450-1/30(rad) After loading 3 times, do monotonous loading to 1/7.5(rad)  
 Measurement points... Horizontal displacement of top and base H1, H2  
 vertical displacement of column base V1, V2  
 Calculation of true shear deformation angle...  

$$\theta = \frac{\delta_1 - \delta_2}{H} - \frac{\delta_3 - \delta_4}{V}$$
  
 δ1 : Horizontal displacement of beam(H1)  
 δ2 : Horizontal displacement of base(H2)  
 H : Distance between displacement meters H1 and H2  
 δ3 : Vertical displacement of column base(V1)  
 δ4 : Vertical displacement of column base(V2)  
 V : Distance between displacement meters V1 and V2  
 θ : True shear deformation angle

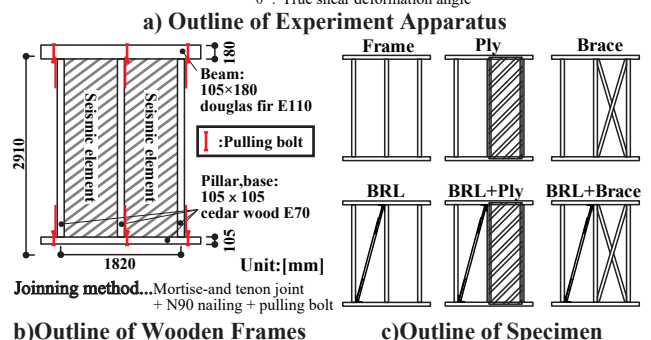


Fig.1 Outline of Experiment

2,910mmの軸組架構（以下、「Frame」と称す）を基準とし、耐震要素を付加した（Fig1-b）。軸組架構は横架材が105×180 mmのベイマツ E110、柱及び土台は 105×105 mmのスギ E70とした。また、耐震要素は制振ダンパー（BRL）の他、面材張り大壁（Ply）、たすき掛け筋交い（Brace）の

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院（前）・建築

3 ケースとした。面材張り大壁 (Ply) は、壁倍率 2.5 倍 (針葉樹構造用合板  $t=12\text{ mm}$ ,  $N50@150$ , 縁端距離  $12\text{ mm}$ ), たすき掛け筋交い (Brace) は、壁倍率 3.0 倍 ( $90\times 30\text{ mm}$  スギ材) に相当する。また、これら耐震要素を併用した BRL+Ply, BLR+Brace の 2 ケースを設定し、制振ダンパー (BRL) と在来工法 (Ply, Brace) の耐震要素の併用による構造性能の評価を行った。以上の 5 ケースに、Frame のみを含めた計 6 ケースを検討対象とした (Fig. 1-c)。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3-1. 履歴性状及び包絡線の比較

各試験体の履歴曲線及び包絡線を Fig. 2 に示す。履歴曲線に着目すると、Ply, Brace では除荷時に原点指向型の履歴性状を示した。一方、BRL は履歴面積が大きく、エネルギー吸収性能が高いことが確認された。

$\theta=1/30\text{ rad}$  時に着目すると、Ply 及び Brace は荷重低下を生じる一方、BRL は高い靱性を維持している。また、BRL+Ply, BRL+Brace は各単体の結果より大きな初期剛性を示したが、 $\theta=1/30\text{ rad}$  を境に在来の耐震要素が破壊し、荷重が急激に低下した。以上より、制振ダンパーは高い靱性を有するが、在来工法と併用した場合の限界耐力計算の適応の際には、他の耐震要素により安全限界を設定する必要があることが示唆された。

#### 3-2. 加算則の検証

各耐震要素の結果の和 (以下、「加算モデル」と称する) と、制振ダンパーを併用した試験体の結果との比較を Fig. 3 に示す。なお、図は、Frame の復元力特性を差し引いた耐震要素のみの結果を示している。図より、BRL+Ply 及び BRL+Brace はともに加算モデルとよく対応している。よって、制振ダンパー BRL を含む架構の復元力特性は、各耐震要素の加算により算出可能であることが示唆された。

各試験体の壁倍率の算出結果を Table. 1 に、各耐震要素の和 (加算値) と、併用試験体の実験結果 (実験値) との比較を Fig. 4 にそれぞれ示す。なお、表の短期許容せん断耐力は文献 [1] に掲げる 4 つの数値の最小値を示している。ここで、Frame の復元力特性を差し引いた包絡線をもとに算定している。表及び図より、Ply は加算値と実験値がそれぞれ 4.52, 4.67 と概ね同等の結果が得られた。一方、Brace は、加算値と実験値がそれぞれ 4.78, 3.27 と 1.51 の差を生じた。これは、短期許容せん断耐力の算定の過程に要因があると推察される。

#### 3-3. 等価粘性減衰定数の比較

各変形角における等価粘性減衰定数 (以下、「減衰定数」と称す) を Table. 2 に示す。BRL, BRL+Ply, BRL+Brace は初期変形時に減衰定数が小さく、変形の進行に伴い増加する傾向を示した。これは、耐震要素の併用による初期剛性の増加が要因と推察される。

### 4. まとめ

本報は、アルミニウム合金製制振ダンパーと在来の耐震要素を併用した場合の挙動の把握を目的に静的載

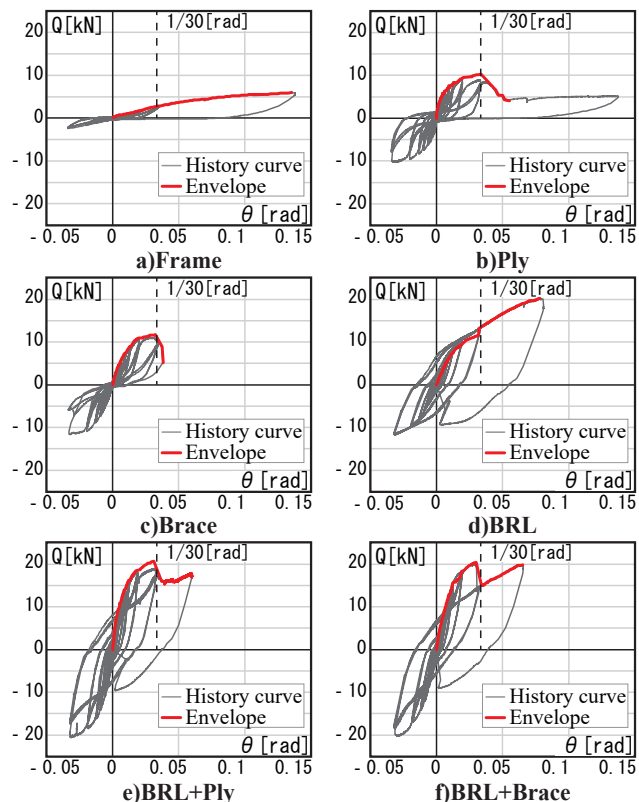


Fig.2 Hysteresis Curves and Envelope Curves

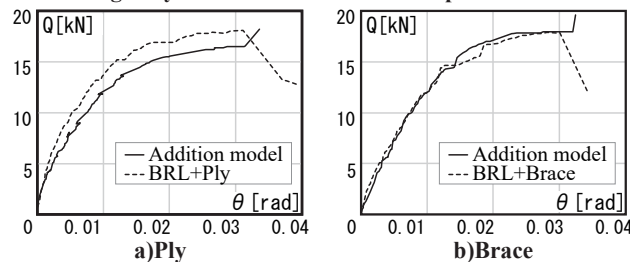


Fig.3 Verification of Summational Rule

Table.1 Wall Magnification

	Short-term allowable shear strength		Wall Magnification
	Minimum value of (1)-(4)	$P_0$ [kN]	
Frame	④ $P_r$	0.85	0.43
Ply	① $P_r$	4.16	2.12
Brace	② $P_w \times (0.2/D)$	4.66	2.38
BRL	④ $P_r$	4.70	2.40
BRL+Ply	② $P_w \times (0.2/D)$	9.16	4.67
BRL+Brace	② $P_w \times (0.2/D)$	6.41	3.27

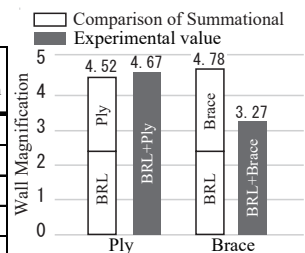


Fig.4 Comparison of Summational and Experimental Value

Table.2 Equivalent Viscous Damping of Each Deformation Angle

	Frame	Ply	Brace	BRL	BRL+Ply	BRL+Brace
1/300	0.12	0.10	0.11	0.08	0.09	0.07
1/150	0.15	0.10	0.06	0.06	0.14	0.06
1/75	0.14	0.08	0.05	0.10	0.11	0.07
1/30	0.08	0.13	0.08	0.22	0.21	0.23

荷実験を行った。今後、動的载荷試験を行い、本報の結果との比較を行う予定である。

### 謝辞

本研究は、日軽金アクト株式会社の試験体提供により実施した。

### 参考文献

- [1] (財)日本住宅・木材技術センター:「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」, 2008