

1. はじめに

甚大な被害となった 1995 年阪神淡路大震災では、木造住宅の倒壊が多く、死傷者を出す原因となった。また近年、宮城県沖・東海・東南海・南海地震等の大地震発生の可能性が高まっている状況において、木造住宅の耐震性の確保・向上は、重要かつ急務な課題となっている。しかし住宅の耐震化には各種の新しい構法が開発されているが、必ずしも性能が十分に明らかでないものや、施工性や高額な工事費など様々な理由から十分には行われておらず、安価でかつ高い信頼性の新しい耐震工法の開発が望まれている。そこで本研究では、エネルギー吸収能力の高い粘弾性体テープを用いた安価でかつ有効な制振工法の開発を目的とし、実験的研究を行った。

2. 木造架構の定常波加振実験

2.1 粘弾性体テープを用いた補強方法

本研究で使用する材料は厚さ 1mm のブチルゴム系の粘弾性体である。粘弾性体テープを用いた補強方法は、柱・間柱にテープを貼り付け、その上から面材を取り付け、釘打ちし留める。テープを軸組と面材の間に介在させることによって、建物の振動により生じる軸組と面材の間の相対変形によって粘弾性体テープは変形し、地震エネルギーを吸収し建物の応答変位を低減させることを目的としたものである。

2.2 試験体概要

表 1 に試験体の一覧を示す。本研究では在来軸組構法の木造住宅を想定して、試験体の仕様は実情に合わせた現実的なものとし、軸組寸法はすべて共通で幅 2P×高さ 3P (P=910mm) の一間の壁とした。試験体は、軸組内に各種耐力要素を組み込み、粘弾性体テープによる補強の有無をパラメーターとして実験を行った。また、釘打ちせずに面外拘束するためにみぞ型鋼で面材をおさえた、粘弾性体テープのみの効果を評価するための試験体、軸組のみの試験体も含めて定常波加振実験を行った。

2.3 実験方法

実験は加振形式をタイロッド式に準じた柱脚拘束方式であるパンタグラフ式、柱の浮き上がりを考慮したキ

ャンティレバー式の 2 通りで行う。加振形式をキャンティレバー式としたものは、壁部分に先立って柱脚接合部が破壊しないように、柱接合部をホールダウン金物により補強し下部治具と固定した。図 1 にキャンティレバー式の実験装置を示す。加振には正弦波を用い、目標変形角を 1/480、1/240、1/200、1/120、1/60、1/30、1/15rad. とし繰返し加振を行った。入力正弦波の振動数は、実際の建物の挙動に近いように 1/120rad. の時を 3Hz とし、その他の目標変形角については表 2 のように定めた。それぞれの加振では、振幅を目標変形角まで漸増させ、安定化ループが得られるまで加振し、その後振幅を漸減する方法で行った。なおパンタグラフ式の実験は夏(気温 30℃前後)に、キャンティレバー式の実験は冬(気温 10℃前後)に行った。

3. 実験結果

3.1 セン断力-変位曲線

代表的な変形角の安定化ループにおけるせん断力-変位曲線を図 2 に示す。図 2 のせん断力-変位曲線からテープ補強した試験体では、せん断力、履歴吸収エネルギーの増加を確認でき、層間変形角が小さい時では剛性の上昇が、変形が進むと履歴吸収エネルギーの増加が顕著となる。また、石膏ボード+テープと石膏ボード+テープ HD を比較すると、石膏ボード+テープ HD ではせん断力が

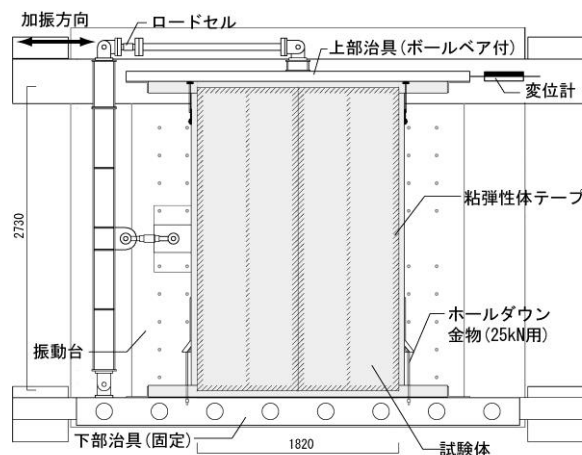


図 1 キャンティレバー式実験装置
(試験体：合板+テープ HD)

表 1 試験体一覧

加振形式	試験体名	耐力要素	釘	粘弾性体 テープ補強	テープ接着面 積 (×10 ³ mm ²)
パンタグラフ式	軸組	-	-	-	-
	石膏ボード	石膏ボード	GNF40	無	-
	石膏ボード+テープ	12mm厚	Ø150	有	624
	合板	構造用合板	N50	無	-
	合板+テープ	12mm厚	Ø150	有	709.8
キャンティレバー式	合板+テープ(釘無し)	-	-	有	624
	石膏ボードHD	石膏ボード	GNF40	無	-
	石膏ボード+テープHD	12mm厚	Ø150	有	624
	石膏ボード+テープ(釘無し)HD	-	-	有	624
	合板HD	構造用合板	N50	無	-
	合板+テープHD	12mm厚	Ø150	有	891.8
	合板+テープ(釘無し)HD	-	-	有	891.8

表 2 加振サイクル

層間変形角 (rad)	層間変形 (mm)	振動数 (Hz)
1/480	5.71	6.00
1/240	11.42	4.24
1/200	13.70	3.87
1/120	22.83	3.00
1/60	45.67	2.12
1/30	91.33	1.50
1/15	182.67	1.06

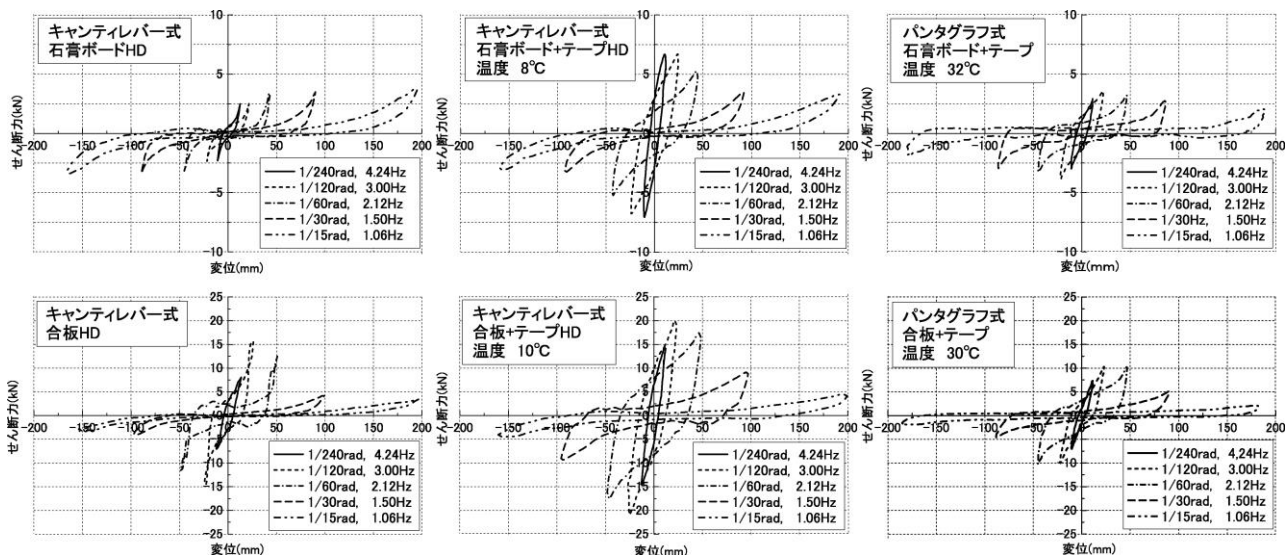


図2 セン断力-変位曲線

大きくなっている。これは粘弾性体テープが温度依存性をもっており、低温なほど剛性が高くなる傾向を示すためである。試験体の破壊性状は、面材に石膏ボードを用いたものは変形角 1/120rad. 以降から釘周りのボードの削れや釘の抜け、合板を用いたものでは変形角が 1/60rad. 以降から釘の抜けが目立ち始める。

3.2 セン断力、等価減衰定数及び等価耐力

キャンティレバー式で行った実験の各目標変形角のせん断力、等価耐力を図 3、4 に示す。せん断力についてみると、各試験体とも層間変形角 1/120rad まではせん断力が増加し、粘弾性体テープによる補強効果も上昇する。それ以降では釘の抜けが顕著になるため、せん断力、テープの補強効果ともに弱まる。変形がすすみ変形角が 1/15rad 程度になると、各試験体のせん断力は軸組のせん断力と同等になった。等価減衰定数 h_{eq} は、石膏ボード HD では変形角によらず 5~10%程度であるのに対して、石膏ボード+テープ HD では変形角が 1/60rad. まで 20%程度となり高い値を示し、合板+テープ HD でも、1/15rad. まで 15~20%と安定して高い値を示した。

図 4 の等価耐力は式 (1) から算出したものであり、図 3 のせん断力に減衰による応答低減効果を考慮したものである。粘弾性体テープはエネルギー吸収性能が高いため、テープを用いて補強した試験体は、テープなしの試験体に比べて 2 倍以上の値となった。

$$\text{等価耐力} = \text{せん断力} / Fh \quad (1)$$

$$Fh = 1.5 / (1 + 10h_{eq}) \quad h_{eq}: \text{等価減衰定数}$$

3.3 粘弾性体テープの性能

粘弾性体テープのみの効果を面外拘束した試験体から定量的に求める。面外拘束した試験体のせん断力から、軸組のせん断力を引いた値をテープのみのせん断抵抗力とし石膏ボード HD、合板 HD にその値を足し合わせる。図 3 の点線が計算値であり、石膏ボード+テープ HD、合板+テープ HD と比較するとだいたい一致しており、在来

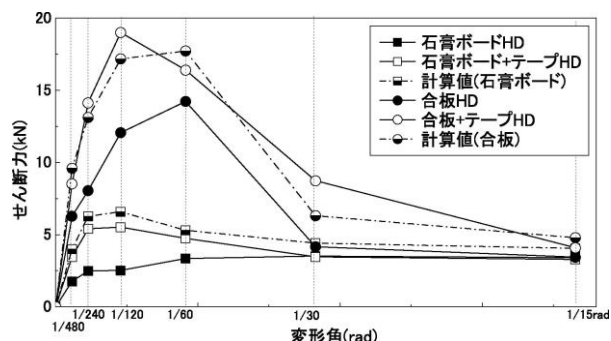


図3 セン断力-変形角関係

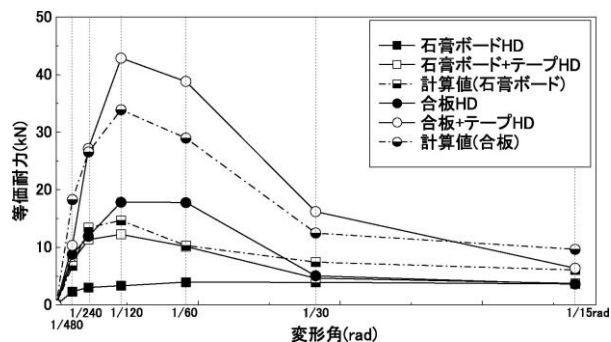


図4 等価耐力-変形角関係

壁に粘弾性体テープで補強した時のせん断力は、面外拘束した試験体から得られた値を足すことで求められることが分かる。同様にして面外拘束した試験体から等価減衰定数 h_{eq} を求め、等価耐力を求めた。図 4 の点線が計算値であり、等価耐力では石膏ボードではほぼ一致するが、合板では計算値が少し小さい値として求められた。

4. まとめ

本研究では、木造架構に粘弾性体テープを用いることで、等価耐力の大きな向上が確認できた。また面材を面外拘束した試験体から粘弾性体テープのみの補強性能を把握できた。

【参考文献】

- 財団法人日本建築防災協会：木造住宅の耐震診断と補強方法、木造住宅の耐震診断の耐震精密診断と補強方法(改訂版)