

### 1. 研究の背景と目的

現在、地震防災対策として既存木造住宅の耐震改修が進められているが、経済的課題や耐震改修に対する知識や地震への危機感の欠如などの理由から改修の進捗率は極めて低いのが現状である。そのような現状を打破するため既往の研究<sup>1),2)</sup>でポリエステル繊維の補強材を用いた耐震補強工法が開発され、高い補強効果が期待できることが明らかになりつつある。本研究では既往の研究で残された以下の2つの課題について静的実験による検討を行い、ポリエステル繊維補強による木造架構の力学性能を評価することを目的とする。

ベルト補強による木造軸組接合部の基本的な力学性能

シート補強による実大木造架構試験体の耐震補強効果

中間発表で報告した<sup>3)</sup>については、ベルト補強による接合部の強度にはベルト厚さや接着長さの影響があること、帯状にベルトを巻くことにより高い補強効果が得られること、などが明らかになった。ここではこのシート補強試験体の静的加力実験結果を中心にシート補強の有効性について検討した。

### 2. シート補強工法の概要

シート補強工法とはシート状のポリエステル繊維補強材を接着剤により壁全体に接着して補強する工法のことを指し、次の2種類の補強方法について、その耐震性能を検討した。

**外壁残存工法:**モルタル外壁表面に基礎から桁梁までシート補強材を接着して外壁全体を耐震補強する。

**内壁残存工法:**内壁石膏ボードに壁紙と同じ範囲にシート補強材を接着して内壁全体を耐震補強する。

外壁残存工法は壁以外の要素である桁梁と基礎にもシートを接着しているのに対して、内壁残存工法は内壁である石膏ボード部分のみに接着する点が大きく異なっている。これらの工法は外壁仕上げ材又は内壁仕上げ材を撤去することなく補強工事を行うことができるので、補強費用の削減、施工時間の短縮、廃棄物の削減などが期待できる工法である。

図1に工法の概要を示す。

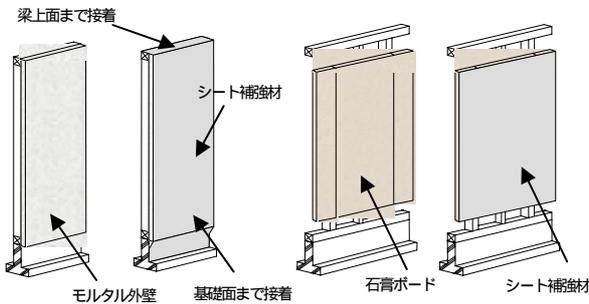
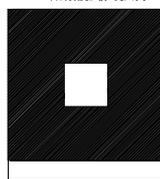
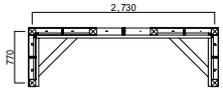
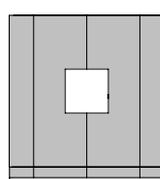
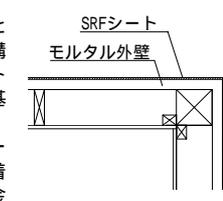
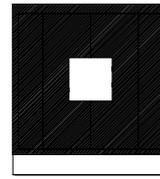
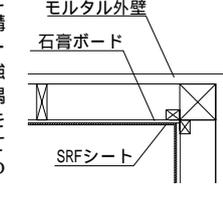


図1 工法の概要(左:外壁残存工法 右:内壁残存工法)

### 3. シート補強された実大木造架構の静的加力実験

既往の振動実験で大きな補強効果が得られた外壁残存工法と施工が容易な内壁残存工法についてそれぞれの耐震性能を把握するため、実大スケールの木造架構を用いた正負交番荷重による静的加力実験を行った。比較のために、シート補強を行っていない無補強試験体についても実験を行っている。

表1 試験体概要

試験体概要	補足事項
 <p>無補強試験体</p>	 <p>外壁は木摺り下地モルタル外壁で、内壁には厚さ9mm石膏ボードを施工している。軸組には筋かいが入っていない。軸組の接合部には基本的に補強は行っていないが、試験体の回転変形を抑えるために、出隅部分にHD金物(25kN)を施工している。</p>
 <p>外壁シート補強試験体</p>	 <p>無補強試験体と同じ仕様の架構の外壁にシート補強材を接着(基礎部分200mm)。出隅部分はシートを通して接着している。HD金物は用いていない。</p>
 <p>内壁シート補強試験体</p>	 <p>無補強試験体と同じ仕様の架構の内壁石膏ボードにシート補強材を接着。入隅部分はシートを通して接着している。出隅にHD金物を施工。</p>

#### 3.1 試験体概要

実験に用いる軸組は、加力方向1.5間(2730mm)高さ2730mmで、実際の木造住宅により近い形として、加力直交方向に770mmの壁を伸ばした出隅を設けた架構である。軸組部材には105mm×105mmの角材を用い、外壁は一般的な木摺り下地モルタル仕上げ(厚さ約15mm)で、内壁には石膏ボード(厚さ9mm)を施している。表1に試験体概要を示す。

#### 3.2 実験方法

図2に示すように、試験体上部の鋼製治具にワイヤーロープ及びPC鋼棒を取り付け、センターホールジャッキで水平力を載荷した。試験体の面外へのねじれを防止するため、予め左右のワイヤーロープに10kNの引張力を維持した状態で載荷を行った。

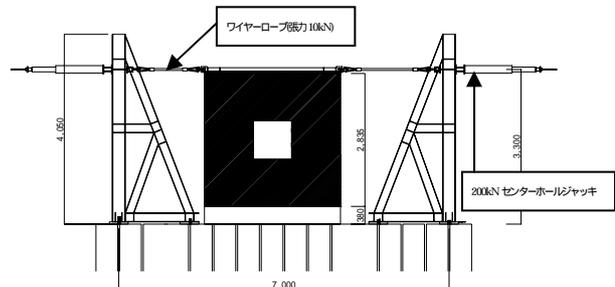


図2 加力装置

加力は、変位制御による正負交番荷重で変形角 $\pm 1/400, \pm 1/200, \pm 1/120, \pm 1/60, \pm 1/30$ をそれぞれ2サイクル載荷した後、破壊状況に応じて $\pm 1/20, \pm 1/15$ を1~2サイクル載荷し、その後、正側に押し切った(層間変形角約 $1/6$ )

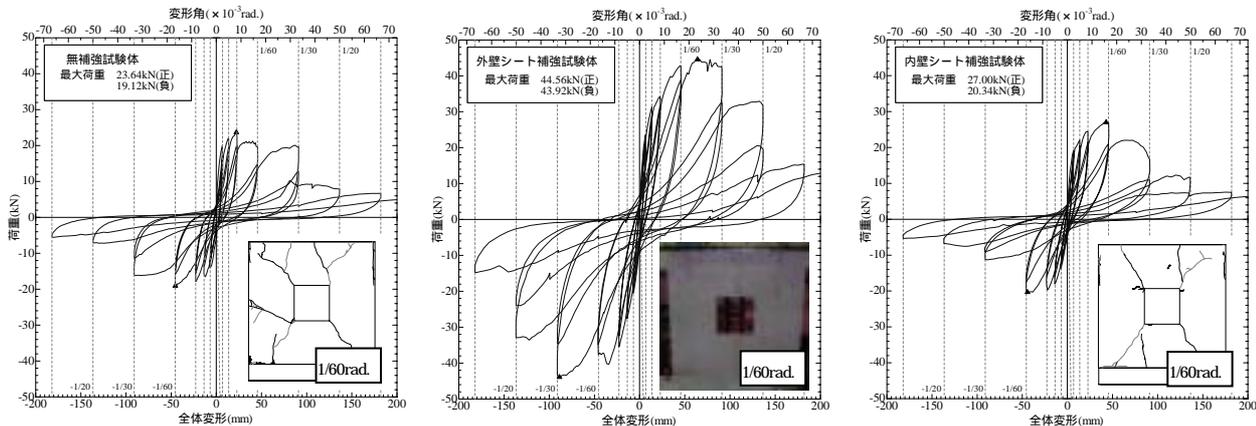


図3 荷重-変形関係

### 3.3 実験結果

#### 3.3.1 荷重-変形関係の比較

図3に3体の荷重-変形関係を示す。無補強試験体は層間変形角 1/120rad.で最大耐力 23.6kN を発揮したが、1/30rad.で外壁のモルタルが剥離し急激に耐力が低下した。出隅部分の外壁モルタルに上下方向のひび割れが走り生じ、内壁の石膏ボードも著しく損傷した。外壁シート補強試験体は層間変形角で約 1/41rad.まで耐力低下せず、最大耐力は無補強の約 2 倍の 44.6kN と大きく向上した。また、シート補強材が基礎から桁梁まで通して接着されているため、外壁のモルタルが剥離してもシートの拘束でその剥落が抑制された。内壁シート補強試験体の最大耐力は 27.0kN であり 無補強の 1 割程度しか向上しなかったものの、無補強に比べ出隅部分のひび割れが抑制され、変形角 1/60rad.まで耐力が低下しなかった。また比較的変形の小さい領域ではシートのよれや破れ、石膏ボードのずれがほとんどなく、内壁外観の目視による損傷は他の試験体よりも抑制された。これより内壁シート補強は中小地震時の内壁の損傷防止に有効であると考えられる。

#### 3.3.2 等価減衰定数 $h_{eq}$ の比較

図4に各試験体の等価減衰定数  $h_{eq}$  を示す。層間変形角 1/60rad.までの変形の比較的小さい領域では、無補強に比べ外壁・内壁シート補強試験体の減衰が小さくなっている。これはシート補強材が弾性的な挙動を示すことが原因と考えられる。無補強、補強試験体とも終局時の等価減衰係数  $h_{eq}$  は 10% 前後で、木造住宅の耐震診断<sup>3)</sup>による既往の工法の実験から得られた数値とほぼ同程度であった。1/30 ~ 1/20rad.と変形が大きくなると 3 体の  $h_{eq}$  がほぼ一致しており、外壁や内壁の損傷が進みエネルギー吸収がほぼ木造フレームで行われていることが考えられる。

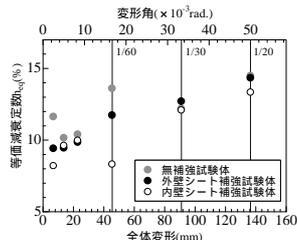


図4 等価減衰定数  $h_{eq}$

#### 3.3.3 基準剛性・壁倍率・耐力の比較

荷重-変形関係から基準剛性<sup>3)</sup>、建築基準法上の壁倍率<sup>4)</sup>を算定する際の 4 つの指標(降伏耐力  $P_y$ 、1/120rad.変形時耐力  $P_{120}$ 、最大耐力の 2/3 耐力  $2/3 P_{max}$ 、大変形時性能を表す  $0.2(P_u/D_s)$ )と壁倍率について結果を図5に示す。

基準剛性は荷重-変形関係について層間変形角 1/200rad.時の

割線剛性であり、外壁シート補強はHD金物を設けていないのにも関わらず正負両側で最も高く無補強を大幅に上回った。内壁シート補強はシートが軸組に接着されていないことから無補強とほぼ差は見られなかった。また耐震診断で用いる基準耐力は、4つの指標のうちの  $0.2(P_u/D_s)$  から定めているため、耐震改修を対象とする本工法にとっては最も重要な指標となる。外壁シート補強は  $0.2(P_u/D_s)$  が無

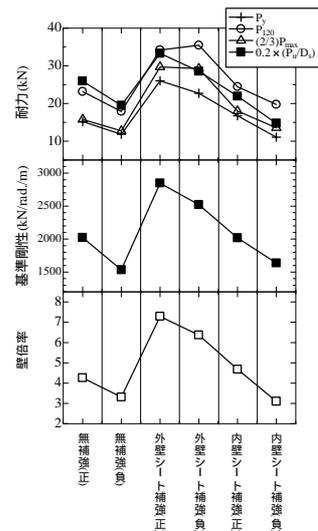


図5 耐力・剛性・壁倍率

補強を大きく上回ったことから、外壁をシート補強することで大きな補強効果が得られることが分かる。壁倍率は、上記の4つの指標の最小値と基準耐力 1.96kN/m.壁長から算出される壁の水平耐力を示す指標であり、外壁シート補強は正側加力では 7.29 と非常に大きな値であった。内壁シート補強は正側加力では無補強を上回ったが、負側加力ではそれを下回る結果となった。また本実験では耐力、壁倍率、基準剛性は、基準法や耐震診断で用いられる基準値よりも大きな値が得られている。本実験の試験体が出隅を設けており、平面的な壁の場合に対して、直交壁が耐力向上に貢献しているものと考えられる。今後、出隅の影響や、筋かみや構造用合板などの既往の工法との比較・検討を行っていく予定である。

## 4. 結論

### 【接合部引張実験】

・ベルト厚さや接着長さはベルト補強した接合部の強度に影響を与え帯状にベルトを巻くことで高い補強効果が得られる。

### 【実大木造架構静的加力実験】

・出隅を考慮した外壁シート補強により、実大木造架構試験体の耐震性能は向上した。また内壁シート補強は中小地震に対する内壁や内装材の破損防止には効果が期待できる。

### 参考文献

- 1) 佐藤晃章：ポリエステル繊維織物を用いた木造住宅の新しい耐震補強工法の開発、平成 17 年度東北大学修士論文
- 2) 小原 学：ポリエステル繊維織物を用いた既存木造住宅の耐震補強工法の開発、平成 18 年度東北大学修士論文
- 3) 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 (改訂版)
- 4) 日本建築センター：建築物の構造規定-建築基準法施行令第 3 章の解説と運用