

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

建築構造学研究室 利根川純平

1. はじめに

1995年阪神淡路大震災では、1981年以前の旧耐震基準により設計され耐震性能に劣る既存建築物を中心に甚大な被害が生じ、多くの人命と財産が失われた。さらに近年、宮城県沖・東海・東南海・南海沖地震等大地震の再来の逼迫性が指摘され、また直下型地震の襲来も危惧されており、耐震改修は緊急の課題であるが、経済面、施行面から改修の進捗率は極めて小さい。そこで本研究では、ポリエステル繊維織物を用いた安価かつ高信頼性の新しい耐震補強工法の開発を目的とする。

2. 実験計画

2.1 試験体概要

試験体は、在来軸組工法の木造住宅を想定した半間の軸組で、柱間 910 mm、高さ 3000 mm である。本研究で対象とする補強工法は既存柱・壁表面にポリエステル補強材を接着剤で貼り付け補強を行うものである。

軸組直接接着工法は、内外装仕上げ材を撤去し、直接軸組にポリエステルベルトを貼り付け補強する工法で、図 1(a), (b)の試験体である。

外壁残存工法は、外壁を残してその上から補強する工法で、図 1(d), (e)の試験体である。モルタル外壁表面にポリエステルシートを桁上面から基礎まで貼り付け、壁と柱の接合部の補強を行い、ベルトを貼り付けさらに耐力・剛性の向上を図るものである。また、試験体はホールダウン金物を用いて再実験を行った。

これらの試験体において載荷実験を行い、ポリエステル繊維織物による補強工法の補強性能の検証を行った。

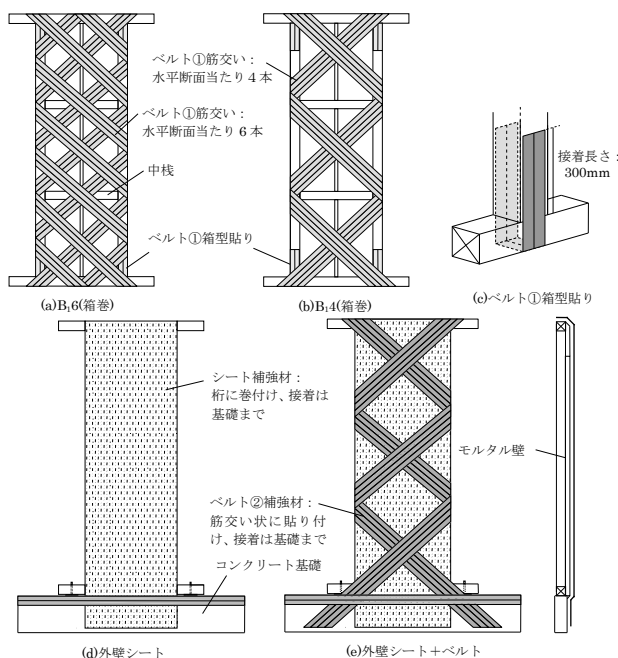


図 1 試験体概要

表 1 試験体一覧

試験体名	耐力要素	柱(筋交い)接合部
両筋・HD	両筋交い	HD 金物(2倍プレート)
B _{1,6} ・HD	ベルト①6本	HD 金物
B _{1,6} ・箱巻	ベルト①6本	箱型貼り
B _{1,4} ・箱巻	ベルト①4本	箱型貼り
外壁	モルタル壁	釘打ち
外壁・HD	モルタル壁+	HD 金物
外壁シート	モルタル壁+	シート補強
外壁シート・HD	シート	HD 金物+シート補強
外壁シート+ベルト	モルタル壁+	シート補強
外壁シート+ベルト・HD	シート+ベルト	HD 金物+シート補強

※HD 金物はホールダウン金物(25kN 用)の略
 ※「両筋・HD」、「B_{1,6}・HD」は1方向単調載荷

2.2 使用材料

本研究で使用した補強材の特性を表 2 に示す。補強材はポリエステル製の材料で引張力のみ抵抗し、ヤング係数は鋼材の 3%程度、木材の 50%程度だが、破断時まで線形の荷重-変形関係を示す高弾性の材料である。

接着剤は、ウレタン系の 1 液性・無溶剤タイプで無臭、接着強度 1N/mm² である。

表 2 材料特性

	ベルト①	ベルト②	シート
厚さ(mm)	2.0	4.0	1.1
幅(mm)	50.0	45.0	—
ヤング係数(N/mm ²)	8300	6278	1659
破断強度(N/mm ²)	654.8	478.6	293.8
破断時歪度(%)	12.4	11.3	14.7

※厚さ、幅は規格値、ヤング係数、破断強度・歪度は材料試験の平均値

2.3 加力装置

本研究で使用した加力装置を図 2 に示す。試験体は、土台をΦ16 ボルト4本でスペーサーを挟み鋼製の下部治具に固定し、試験体頂部に水平力を作用させた。ただし、外壁残存工法の試験体は下部の鋼製治具の代わりにコンクリートの布基礎を用いた。水平力は、桁に固定した鋼製上部治具にワイヤーロープ及び PC 鋼棒にセンターホールジャッキで載荷し、正負繰返し載荷を行った。(「両筋・HD」と「B_{1,6}(箱巻)・単」は1方向単調載荷)

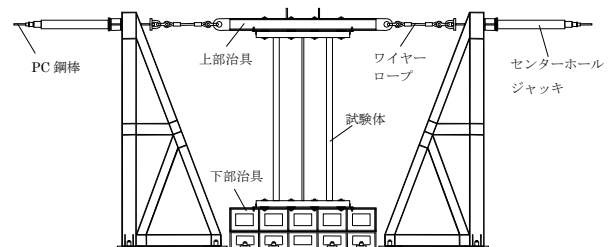


図 2 加力装置

3. 実験結果

3.1 ポリエステル繊維織物による補強性能

(1) 軸組直接接着工法

軸組に直接ベルトを貼り付けて補強した場合、理想的には軸組がせん断変形するに伴ってベルトに歪が生じ

るため、線形の荷重－変形関係を示すが、実際実験においては、ベルトを貼り付けた際にたわみが生じるために小変形時の剛性が低くなるが、変形に伴ってベルトに引張力がかかり始めると剛性が上昇し直線的に変化する。その後接着が剥がれ始め剛性が低下していき、接着が完全に剥がれ耐力が低下するという特徴がある。

在来木造筋交い工法（両筋・HD）と比較すると、剛性は低い、大変形まで耐力の増加が続き、耐力は高い値をとる。そのため、中小変形時には、在来木造筋交い工法に性能は劣るが、大変形時にも耐えられる工法であると思われる。

ベルトの貼り付け簡略化するため、水平断面当たりのベルトの本数を減らすと、1本のベルトが負担する力を大きくなるため早い段階で剥がれてしまうが、それまでの性能はほぼ変わらず、ベルトの接着が剥れないような接着方法の工夫がこれからの課題であると思われる。

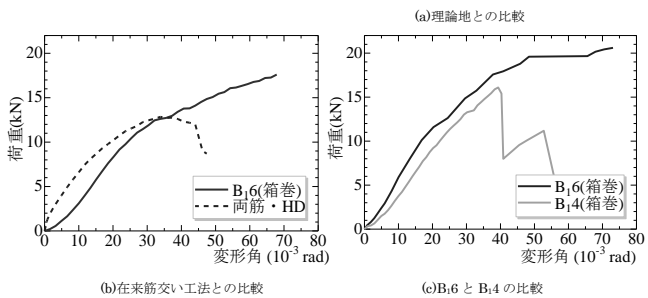


図3 軸組直接接着工法の荷重－変形関係

※正負繰返し载荷における荷重－変形関係は、包絡線を示している。

(2) 外壁残存工法

外壁を残して補強を行った場合、無補強の場合は軸組がせん断変形するのに対し、モルタル壁は形状を保ったまま回転変形しようとするため部材とのずれが生じていき、徐々に耐力が低下していくが、シート補強によりモルタル壁の回転を抑える効果が見られ、最大耐力・剛性を大きく向上させることができる。ホールダウン金物による補強と同程度の効果があり、ホールダウン金物による補強では変形角 0.02rad で耐力が低下するのに対し、最終的には基礎との接着が剥がれ耐力が低下したが、変形角 0.07rad の大変形時まで耐力の増加させるという補強効果が見られた。

ベルト補強は、モルタル壁がほとんどせん断変形せず、ベルトに引張力が作用しないため、最大耐力が多少増加したが、基礎との接着が剥がれると、その後はシート補強と同様の挙動を示し、面材の上からの補強ではベルト筋交いの効果がほとんど見られなかった。

ホールダウン金物を用いた試験体では、耐力・剛性が増加し、また同様の傾向が見られた。変形の割に耐力が

高い分早い段階で補強材が剥がれたものの、その後も高い耐力を維持し続けた。

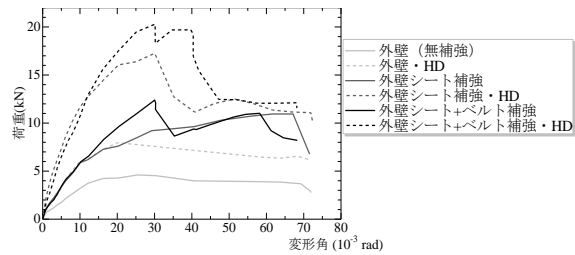


図4 外壁残存工法の荷重－変形角関係

3.2 補強工法の壁倍率

降伏点、終局点は日本建築センター木質系構造専門委員会の方法²⁾により求め、壁倍率の評価を行った。基準法における壁倍率は図(a)の最小値を壁倍率 1 に相当する 1.96kN/m と壁長で除した値である。耐震診断では④の値を用いる。

基準法の壁倍率は、中小地震時と大地震時の性能を同時に満たすために用いられるため、剛性の低い軸組直接工法は、在来筋

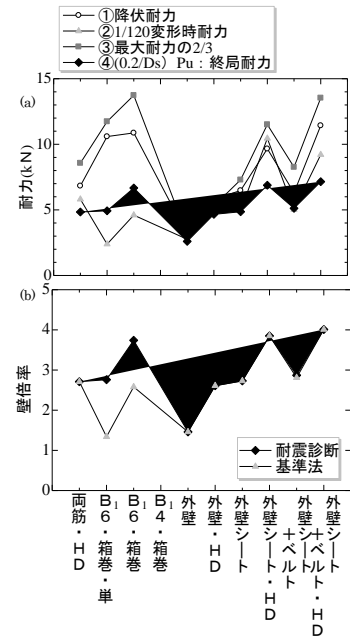


図5 壁倍率の比較

交い工法と比較すると小さくなるが、大地震時の倒壊の危険性のみを判断する耐震診断用の壁倍率では、在来工法よりもよい評価が得られた。

外壁残存工法においても、補強により壁倍率の増加が確認できた。

4. まとめ

ポリエステル繊維織物による補強を行い、本研究・実験により以下のような補強効果が確認できた。

軸組直接接着工法は、在来工法と比較すると、剛性が低い、接着が剥れるまで耐力の増加が続き、変形性能に富み高い耐力が得られた。中小地震時には耐震性能が劣るが、大地震時には強い工法である。

外壁残存工法においても、シート補強により耐力・剛性が増加し、ホールダウン金物による補強と同程度の補強効果が見られ、外壁を撤去することなく耐震補強を行うことができることが確認できた。

<参考文献>

- 1) 里川長生：わかりやすい木造設計の手引 構造計算のポイントと実践例，新日本法規出版，2004.3
- 2) 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 木造住宅の耐震精密診断と補強方法(改訂版)，2004.7