

伝統的木造建築物の水平構面要素のせん断性能に関する研究

Study on shear performance of structural horizontal element for traditional wooden building

香川大学工学部 講師 宮本 慎宏

(研究計画ないし研究手法の概略)

1. はじめに

文化財建造物は一般の建造物とは異なり建築基準法の適用外である。従来の工事は保存修理のみを目的としていたが、1995年の阪神淡路大震災をきっかけに文化財建造物にも耐震補強が徐々に浸透してきた。しかし、耐震補強の工法は建物ごとに決定され、建築基準法の適用外であるため補強工法の有効性の検証も行われていない。既往の研究では、社寺や民家を対象とした実大試験や解析が数多く行われているが、実大実験は鉛直構面を対象とした実験が多く、水平構面を対象とした研究例は少ない。

これらを踏まえ、本研究では過去10年間に竣工した木造文化財に関する耐震補強事例の傾向を把握し、補強工法の有効性の検証を行うことを目的としている。まず各建物の修理工事報告書から耐震補強工法の傾向の把握をした。次に、文献調査結果における代表的な水平構面の補強工法を対象に実大実験を行い、有効性の検証を行った。

2. 文献調査による文化財建造物の補強工法

2.1 調査方法

「重要文化財建造物耐震基礎診断実施要領」によって耐震補強が浸透した頃の傾向を見るため、文化財建造物保存技術協会のホームページを参照し、平成16年から平成25年までの10年間に竣工した木造の国宝・重要文化財のリストを作成した。この時点で全国420棟存在した。さらに、建物用途を寺院、神社、民家に限定し、全国137棟を対象として文献調査を行った。工事内容の内訳は、解体・半解体修理が51棟、屋根葺替・部分・塗装修理が86棟となった。図1に耐震診断を行った割合を示す。解体・半解体修理では全体で約75%、屋根葺替・部分修理では全体で約5%が耐震診断を行っていた。建物用途に着目すると、神社は耐震診断を行った建物が全体で約6%であることから、以下では診断棟数が多い解体・半解体修理を行った民家と寺院について詳細に検討することとし、各建物の修理工事報告書から耐震補強工法を調

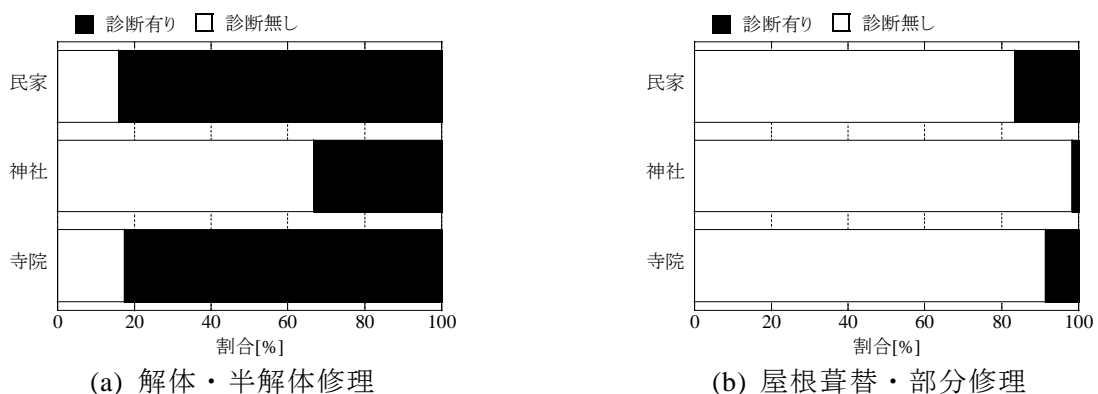


図1 耐震診断の有無

査し、その傾向を把握した。

2.2 調査結果

解体・半解体修理を行った民家と寺院の耐震補強工法の統計データを図2に示す。鉛直構面では、寺院は木材フレームと仕口ダンパーが一番多く、それぞれ全体の約30%を占めている。民家は構造用合板が全体の約45%を占めている。水平構面では、寺院は鋼材のブレースが全体の約40%を占めている。民家は鉛直構面と同様の傾向が見られ、構造用合板が全体の約33%を占めている。解体・半解体修理における耐震補強工法について材料別で見ると、鉛直構面では木材が寺院で50%、民家で65%、鋼材が寺院で50%、民家で35%である。水平構面では木材が寺院で37%、民家で75%、鋼材は寺院で50%、民家で25%である。重量の大きい寺院では鋼材を用いた補強が多く、重量の小さい民家では木材を用いた補強が多いと言える。

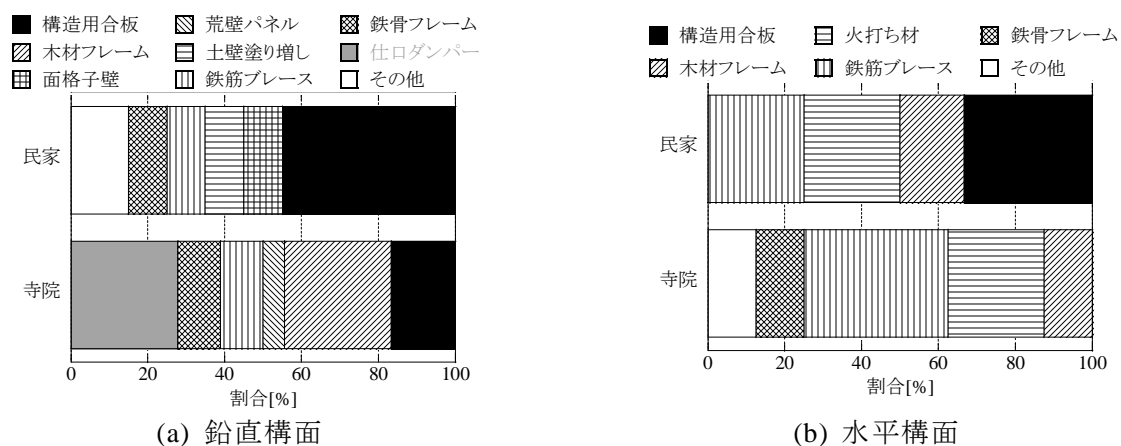


図2 耐震補強工法

3. 水平構面の補強効果検証のための実大屋根実験

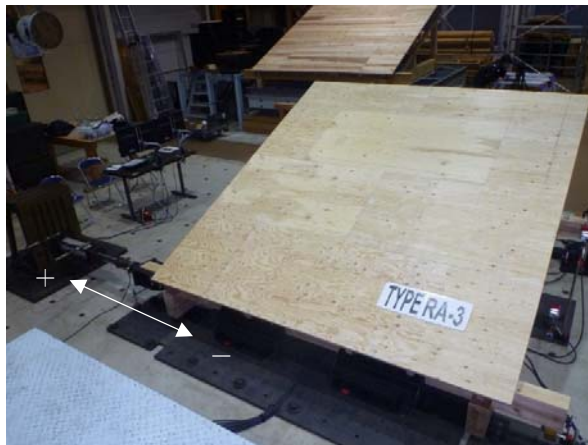
3.1 実験概要

前章では、各建物の修理工事報告書から文化財建造物の代表的な補強工法を把握した。本章では、屋根構面の代表的な補強工法である構造用合板を対象として実大実験を行う。

実験は高知県立森林技術センターの水平せん断試験装置を用いて行った。屋根構面の静的水平載荷実験に用いる載荷装置を図3に示す。加力側の桁を桁2、その反対側を桁1とする。桁2に沿ってローラーを設置し、水平方向に可動するが面外方向は拘束する仕様とし、桁1は固定仕様とした、また、梁と束の下の計6箇所にはベアリングを設置した。加力スケジュールは真のせん断変形角 γ_0 が1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30、1/15radで正負1回ずつの正負交番加力とした。終局は1/10radまでの片引き加力とした。加力装置側を+方向、加力装置と反対側を-方向とした。

図4に示すように実大屋根試験体は、垂木のみRA-1、垂木に野地板を貼ったRA-2、垂木と野地板の上に構造用合板を貼ったRA-3、RA-3の試験体に雲筋交いを配し、束と母屋、束と桁の接合部の計12箇所には山形プレートで補強を施したRA-4の計4体である。各試験体の寸法は2730mm×2730mmである。部材寸法は、梁は120×240mm、桁は120×180mm、束と母屋は120×120mm、垂木は45×60mm、野地板は150×15mm、構造用合板は910×9mm、雲筋交いは13×104mmである。妻面には120×30mmの面外止めを設置し、部材の回転を拘束した。屋根勾

配は4寸勾配、木材の樹種は全てスギである。垂木と母屋はN75を1本、野地板と垂木はN50を2本、構造用合板と野地板はN50@150、雲筋交いと束はN50を2本、面外止めはN75を4本釘打ちしている。桁と梁の接合部は渡りあご仕様、束と母屋、束と桁、束と梁の接合部は90×50mm、厚さ30mmの短ほぞのみで金物は使用していない。また、桁と梁を緊結するために深さ30mm、φ60mmの座掘りをした上に長さ240mmのM12ショウワボルトを用いている。

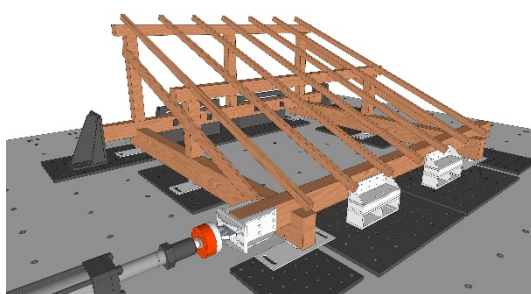


(a) 正面

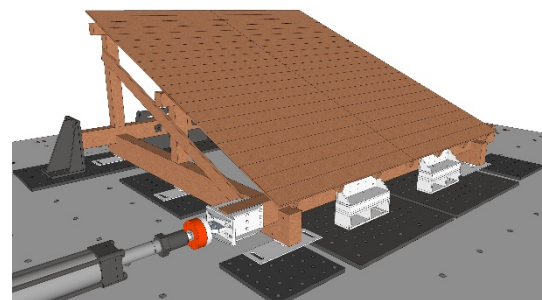


(b) 背面

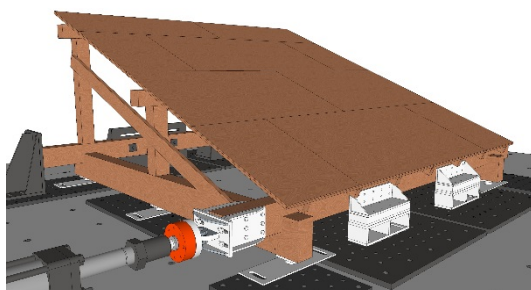
図3 载荷装置



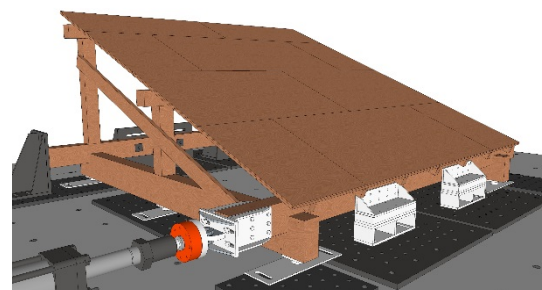
(a) RA-1



(b) RA-2



(c) RA-3



(d) RA-4

図4 試験体概要

3.2 実験結果

図5に各試験体の真のせん断変形角と荷重の関係、図6に屋根面のせん断変形角と荷重の関係、図7に小屋束のせん断変形角と荷重の関係をそれぞれ示す。試験体RA-1、RA-2、RA-3の荷重変形関係はほぼ同じであるが、要素での変形に差があることがわかる。試験体RA-1は小屋束の変形が小さく、屋根面の変形が大きい。一方、試験体RA-2とRA-3は野地板や構造用合

板の影響により屋根面の剛性が大きくなるため、屋根面の変形が小さく、小屋束の変形が大きくなる。試験体RA-4の耐力は他の三体よりも大きい、雲筋交いの座屈が外れた+1/20rad以降の勾配が緩やかになり、小屋束の変形が進んでいることがわかる。

実験結果から床倍率を求め、構造性能評価を行う。各試験体の床倍率を一覧にして表1に示す。床倍率を算出する際のばらつき係数は、通常は3体の試験結果の平均より求めるが、試験体数が1体のため考慮していない。また、低減係数も考慮していない。初期剛性、最大荷重ともに試験体RA-4が最も大きかったが、床倍率についても同様に試験体RA-4が0.89と一番大きい。試験体RA-1、RA-2、RA-3の荷重変形関係は概ね一致しているが、床倍率は試験体RA-1が0.17、試験体RA-2が0.22、試験体RA-3が0.27であった。これらの床倍率の値を仕様規定の値と比較すると、試験体RA-1、RA-2、RA-4は仕様規定の値よりも実験値から求めた床倍率の方が大きい、試験体RA-3は実験値から求めた床倍率の方が小さくなった。これは屋根面の補強だけでは十分な効果が得られないことを示している。

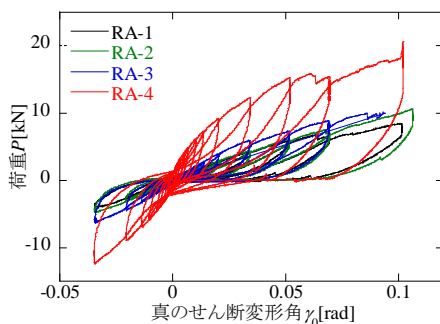


図5 真のせん断変形角と荷重の関係

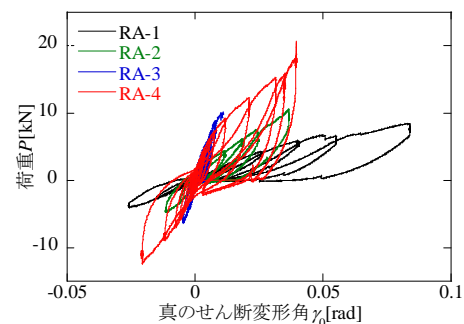


図6 屋根面のせん断変形角と荷重の関係

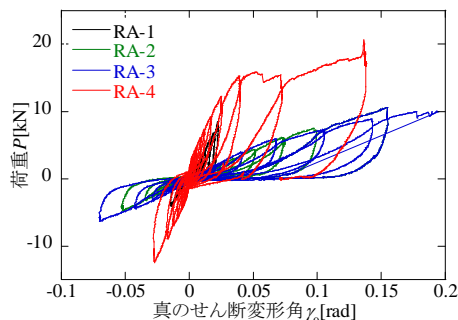


図7 小屋束のせん断変形角と荷重の関係

表1 床倍率

試験体名	短期基準せん断耐力 P_0 [kN]	短期許容せん断耐力 P_a [kN]	床倍率 N	仕様規定
RA-1	0.94	0.94	0.17	0.00
RA-2	1.18	1.18	0.22	0.20
RA-3	1.43	1.43	0.27	0.70
RA-4	4.76	4.76	0.89	0.70

(実験調査によって得られた新しい知見)

本研究では、過去10年間に修理を行った木造の国宝・重要文化財建造物の耐震補強工法の傾向を把握した。また、水平構面における代表的な補強を施した実大屋根実験を行い、補強工法の有効性の検証を行った。得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 解体・半解体修理では約75%、屋根葺替・部分修理では約5%の建物が耐震診断を行っていた。
- 2) 解体・半解体修理における寺院の耐震補強は鋼材を用いた工法が52%、民家の耐震補強は木材を用いた工法が約76%を占めていた。重量の大きい寺院では鋼材を用いた補強が多く、重量の小さい民家では木材を用いた補強が多いと言える。

3) 屋根面のみに構造用合板による補強を施した試験体では、屋根面の剛性が大きくなるため、屋根面の変形が小さくなり、小屋束の変形が大きくなった。また、実験値から求めた床倍率は仕様規定の値よりも小さく、屋根面のみの補強では十分な水平構面の補強効果が得られないことを示している。

(発 表 論 文)

[1] 奥廣晴香，森藤祥裕，宮本慎宏：文化財建造物の耐震補強事例調査，日本建築学会四国支部研究報告集，第16号，2016.5.（掲載予定）

[2] 奥廣晴香，森藤祥裕，宮本慎宏：文化財建造物の耐震補強工法に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），2016.8.（投稿中）