

## 耐震性能を有する木製建具の開発

### ～2013年度共同研究事業報告～

望月 孝則\* ・ 藤村 悦生\*

Development of the wooden fittings with have earthquake-proof performance

～ Joint research business reporting in the 2013 fiscal year ～

Takanori MOCHIZUKI\* and Etsuo FUJIMURA\*

#### 要約

「南海トラフ地震」は、過去の地震被害をも大きく上回る大災害になると考えられている。これらの対策として、建築業界では、既存木造住宅の倒壊を防ぐための耐震補強が急がれている。しかしながら、多大な費用が必要とされることなどから補強工事は思うように進んでいない。本報告は、耐震補強を比較的容易に、かつ安価に出来るものとして、和歌山県建具事業協同組合が考案した「建具を利用した耐震補強法の研究」であり、共同研究事業として近畿能開大が実施した結果を報告するものである。

### 1. はじめに

和歌山県建具事業協同組合は、和歌山県内の建具製造企業を傘下に置く事業主団体である。同組合は、2006年に建具を利用した木造住宅の耐震補強法を考案し、その性能を実証するために、近畿職業能力開発大学校において性能実験を行ってきた。

耐震性能を有する建具としての証明は、木造住宅の筋交い壁や面材を張った壁、『耐力壁』と同等の耐力を保持していることで確認し、“壁倍率”による評価を行っている。

### 2. 木造住宅の耐震補強の背景

在来軸組構法による木造住宅の欠点は、水平方向の外力により変形し、柱や梁で構成される『軸』がねじれる点にある。つまり地震に弱い構造である。変形を防ぐためには、軸を固定する『壁』の配置が求められるが、この考え方が認められたのは、昭和56年の建築基準法の改正以降であり、それ以前に建築された住宅は、日本家屋従来のスタイルである「開口部を多用し、襖により間仕切りを取る」という間取り設計となっており、耐震性能が極めて低い。

新耐震設計基準以前（昭和56年以前）に建築された住宅に関しては、耐震性能が大きく不足していることが予想されることから、開口部の一部を壁と

して塞ぎ、壁量を増やすことで耐震性能を上げる補強工事を主に行っている（図1）。高い耐震性能を保持するためには、「床面積に対するバランスのとれた適切な壁配置」が求められる。

国や地方自治体も耐震補強を推奨している。一般的には、昭和56年以前の住宅は、耐震診断を無料で受けることができ、その結果により耐震補強が必要と判断された場合は、その工事についても一部助成金を支給するという仕組みである。



図1 開口部の多い間取りと壁の増設工事例

### 3. 建具による耐震補強法

前述の通り、日本の木造家屋の間取りには、和室と和室の境を幅2間（約3,640mm）の開口部とし、4枚の襖で間仕切りをとる設計がよく見られる。この場合、壁量が少なくなり耐震診断でNGとなるケースが多い。当然補強が必要となってくる。

和歌山県建具事業協同組合では、4枚の襖のうち両端の2枚を強度の高い建具に取り付けることで

\* 建築施工システム技術科

『耐力壁の代用』と考えるものである(図2)。これは、壁や天井などの解体工事もなく建具を取り替えるだけの画期的な方法である。



図2 耐震建具の取り付けイメージ

最も効果的な耐震補強は、耐力壁を増やし、壁倍率を上げることである。耐震建具の性能評価としては、柱間3,640mm(2間)の開口部を作成し、開発する建具を取り付けた状態で、『鉛直構面の面内せん断試験』を実施し(図3)、得られたデータから壁倍率を算出する。その結果により、一般的な耐力壁(筋かい・面材)との比較を行い、建具による耐震補強が可能であるか検証する。せん断試験については、近畿能開大所有の「200t 静加力試験機」を使用する。



図3 鉛直構面の面内せん断試験

#### 4. 2012年までの耐震建具研究の成果

2006年より始まった実験は、2012年まで7年間行われてきた。実験の進め方は、まず2間の開口部に通常のふすまを入れた状態でせん断試験を行い、耐震建具取り付け前の壁倍率を取得した。得られたデータは『壁倍率0.2倍』である。これをベースに、考案した耐震建具に取り替えた状態の実験を行い、取り替えたことによる壁倍率の上昇と、その破壊性状から耐震建具として相応しい建具であるかを分析する手法である。

ここまで考案した建具は、合板を張ったフラッシュ戸や、組子を格子状に組み上げた格子戸など、取り付け方法も含め、数十種類の建具が試作され、実

験された。その結果、以下のような成果を得ることが出来た。

- 耐震建具は、柱や敷鴨居と固定しなければ、水平加力時に動いてしまい、耐力壁としての効果が無くなる。(建具固定は必須である。)
- 建具は、強度が高ければよいものではなく、高すぎる場合、柱や敷鴨居との強度バランスが崩れ、周辺部材を損傷させてしまう。建物全体の变形にある程度耐えながらも、建具自らも変形し、破壊される形状が求められる。(エネルギー吸収性能を有する構造)
- 壁倍率は、耐震建具取り付け前から約1.0倍の上昇に抑える。(取り付け時の壁倍率を1.5倍程度とする。)

#### 5. 耐震建具最終仕様

2012年度までの成果から、最終的に『二重菱斜め格子建具』(図4)が筋交いの効果を有しながらも変形性能に優れていると判断され、2013年度は、デザインや取り付け方法も含めた最終設計に入り、性能評価実験をすることとなった。(表1に仕様を示す)

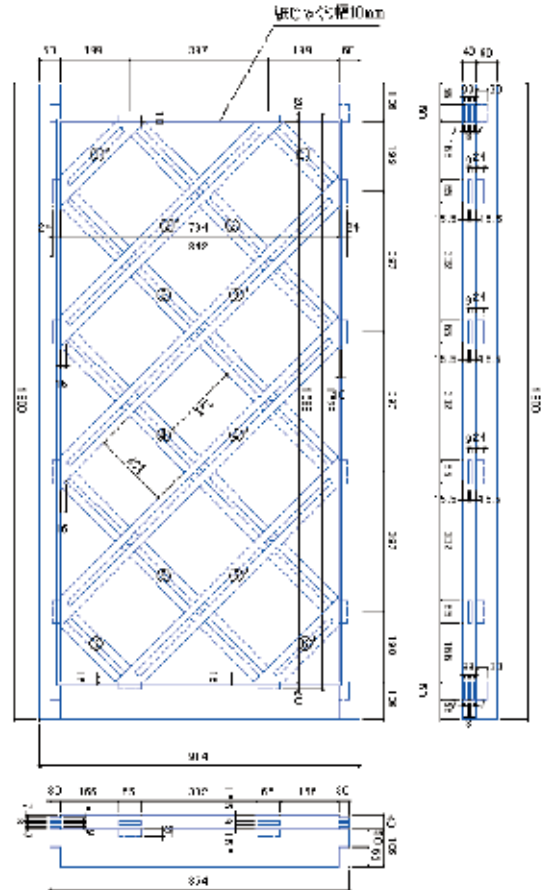


図4 二重菱斜め格子建具設計図

表 1 二重菱斜め格子建具仕様

建 具 寸 法	H1,800×W900×見込 40mm (寸法は開口部に合わせ調整可能)
二重菱材寸法	20mm(見付)×24mm
二重菱間隔	220mm(内～内)
仕 上 げ	片側裏面障子張り

建具の固定方法については、敷居と鴨居に対し、雇い実(やといざね)としている。通常の溝に対して建具をはめ込むのではなく、建具にも溝を掘り、敷鴨居に取り付けた実(さね)に滑り込ませる方法である(図5)。



図5 雇い実固定

建具と柱面は、直径15mmの「ダボ」を5本打ち込み、さらに開口側の上下に「丸落とし金物」を使用し、建具が動かないように固定している(図6)。取り付け時の建具きつさの調節は、建具を傷つけないよう、げんのうを使い叩き込む程度のもので、接着剤は未使用である。

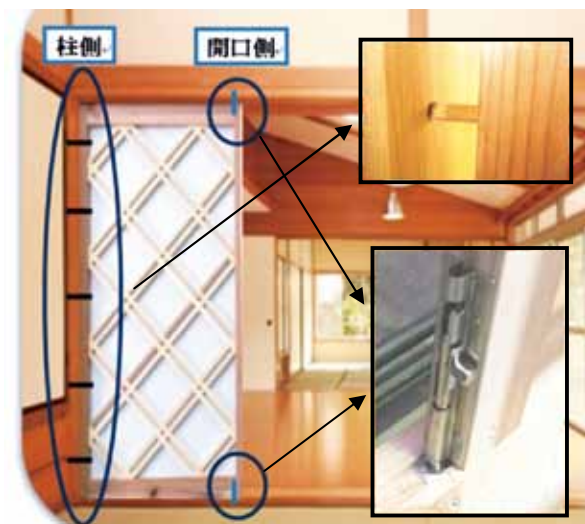


図6 耐震建具の固定方法

## 6. 最終性能評価実験

### 6-1 試験方法

『鉛直構面の面内せん断試験』の実施方法は、令第46条一第4項に基づく木造軸組耐力壁の試験方法である。試験体は柱脚固定とし、梁を押し引き3回繰り返して加力する。変位量は、せん断変形角が1/450、1/300、1/200、1/150、1/120、1/100、1/75、1/50radとする。最終変形として、1/15rad(182mm)まで加力し終了とする(図7)。

壁倍率の評価方法は、終局耐力側(押し1回目)の荷重と変位の曲線を包絡処理し(図8)、①降伏耐力  $P_y$ 、②終局耐力  $P_u \times (0.2/D_s)$ 、③最大荷重  $P_{max}$  の2/3、④見かけのせん断変形角  $P120$  を求め、①～④の中で最小値を短期基準せん断耐力  $P_0$  とし、実験係数を1として  $P_a = P_0$  で壁倍率として評価する。

壁倍率の算出式は以下の通り。

$$\text{壁倍率} = P_a \times 1/1.96 \times 1/\text{壁長 } m$$

なお、解析にはPickPointを使用し、降伏耐力  $P_y$ 、終局耐力  $P_u$ 、構造弾性係数  $D_s$  を算出した。

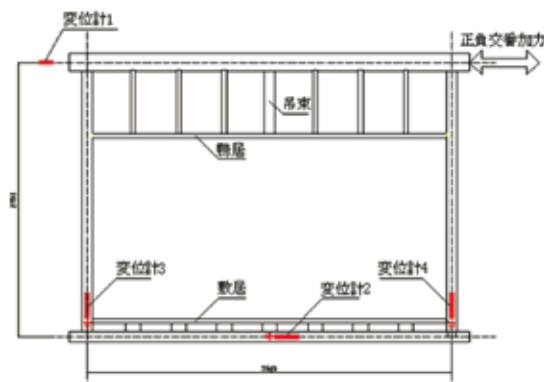


図7 試験実施方法

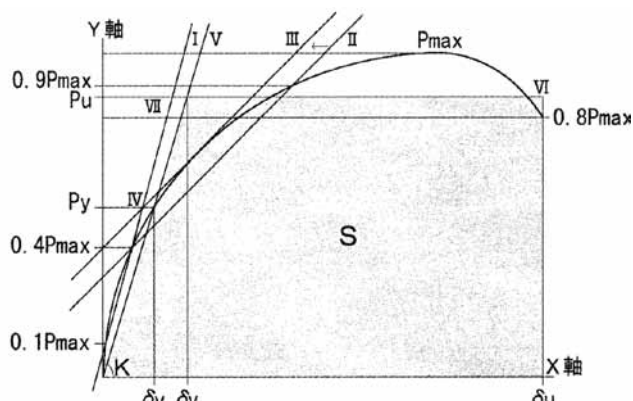


図8 完全弾塑性モデルによるグラフ例

## 6-2 試験体の設置

建具組合傘下の企業に依頼をし、3体分の試験用建具を製作してもらい実験を実施した。

建具の取り付け手順は、はじめに敷鴨居に雇い実を取り付け、建具を滑り入れる。この時、柱へ打ち込むダボは建具側に仕込んでおき、現場あわせで柱側にダボ穴をあけ、げんので叩きながら建具を柱へ差し込む。最後に丸落としし金物を取り付け、固定は完了である(図9・10)。



図9 実験用建具の取り付け



図10 試験体取り付け状況

## 6-3 試験結果

3体の試験体とも、ほぼ同じような破壊性状を見ることが出来た。1/100rad(変位 27.3mm)までは、多少のきしみ音がする程度で、試験体自体に変化は見られなかったが、1/75rad(変位 36.5mm)から建具の格子が割れ始め、仕上げの障子紙が破れ始めた。最終変位である 1/15rad(182.0mm)終了時点では、左右の建具とも格子と外周の框材との組み手はず

れ、大きく破壊した。敷鴨居や柱材は損傷せず、建具のみが破壊する理想的な結果となった(図11)。



図11 試験終了時の破壊状況

実験において得られたデータは表2の通りである。壁倍率は、若干のばらつきが見られたものの、最終評価として、壁倍率計算における統計的処理に基づき、信頼水準75%における50%下側限界許容値を算出した結果、『壁倍率1.2倍』となった。

表2 実験結果による各試験体の壁倍率

	試験体Ⅰ	試験体Ⅱ	試験体Ⅲ
P120	5.8 KN	4.2 KN	4.7 KN
2/3 × Pmax	6.2 KN	7.6 KN	6.4 KN
Py	7.3 KN	6.3 KN	6.4 KN
0.2Pu/Ds	5.2 KN	4.9 KN	4.5 KN
壁倍率	1.4	1.1	1.2

## 7. 建具による耐震補強の可能性

過去8年間にわたって実施してきた耐震建具研究は、「二重菱斜め格子建具」という形で出来あがり、9年目に耐震性能の評価として「壁倍率1.2倍」を得ることが出来た。この建具を取り付けると、1.0倍の壁倍率上昇が見込まれる。

今後は、建具を用いた耐震補強が木造住宅の耐震補強法の1種として確立・認知されるために、設計者をはじめとする専門家へ、広く研究成果の報告を行い、意見交換をする事としている。本研究に協力頂いた関係者の皆様に感謝を申し上げ、結びとする。

参考文献：「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」

2008年度版(財)日本住宅・木材技術センター