

# 重要文化財（建造物）金剛三昧院客殿の舞良戸の構造実験

研究員 宮本 慎宏

## 1. はじめに

金剛三昧院は、和歌山県伊都郡高野町にあり、建暦二年（1212年）に北条政子が源頼朝の善提のために創建した。客殿（図1、2）の建立年代は明らかではないが、軸部の形式手法及び平面計画から見て江戸初期のものとされている。構造形式は木造平屋建、入母屋造、檜皮葺であり、構造規模は桁行34.3m、梁間18.9mである。構造的な特徴として、全面壁が少なく、多くは軸部、小壁、建具から構成されていることが挙げられる。本報では、建具の中で最も建物の耐震性能に寄与すると考えられる舞良戸の構造実験を行った結果について報告する。



図1 金剛三昧院客殿の外観（修理前）



図2 金剛三昧院客殿の内観（修理前）

## 2. 実験の概要

実験は「重要文化財金剛三昧院客殿ほか保存修理に伴う構造診断」の事業の一部として行われた。舞良戸（図3）が架構の耐震性能に及ぼす影響を検討することを実験の目的とした。実験期間は平成20年10月8日～11月1日、実験は京都大学桂キャンパス構造実験棟にて行われた。なお、実験を行うにあたり京都大学大学院工学研究科建築学専攻林研究室の協力を得た。



図3 舞良戸

## 3. 試験体の概要

試験体は、金剛三昧院客殿の架構形式を模して製作した。実物と異なる点として、実験施設の都合上垂壁高さを低く設定したこと、礎石建仕様ではなく土台仕様としたこと、試験体の工期短縮のため土壁の代用として乾式パネルを用いたことが挙げられる。また、舞良戸は通常2枚1組で用いるが、金剛三昧院客殿では昼間は明かり取りのために片側1枚となるため、安全側として片側1枚の場合についての実験を行った。

試験体は図4に示すように、軸部は柱、土台、桁、垂壁、足固、敷鴨居、辺付から構成され、幅2026×高さ3075mmを基本寸法とした。材種はすべてひのきを用いた。部材の基本寸法は、柱を140×140mm、土台を140×90mm、桁を130×180mmとした。柱と桁及び土台の接合部は、短ほぞ（ほぞ寸法：45×45×45mm）とした。柱と足固の接合部はほぞ差し楔締め（ほぞ寸法：45×75mm）とした。鴨居の溝深さは15mmであるが、中央部分はさらに6mm

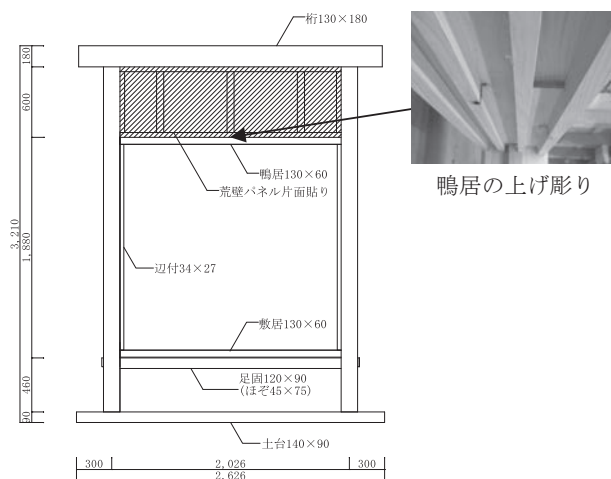


図4 試験体（軸部）

上げ彫りを行った。初期状態における舞良戸と鴨居端部の溝の隙間は3mmであった。垂壁は上部720mmに取り付け、垂壁の仕様は26mm厚の乾式パネル片面貼りの受け材仕様とした。

舞良戸は図5に示すように、幅969×高さ1758mmを基本寸法とし、左側の縦棧は見付39×見込26mm、右側の縦棧は見付38×見込33mm、舞良子は見付20×見込9mmとし、6mm厚の板の上に一列につき6～7箇所釘を打ち付けた。

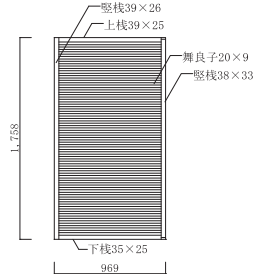


図5 試験体（舞良戸）

実験パラメータは舞良戸の有無及び固定方法とし、舞良戸の影響を定量的に把握できるように試験体A、B、Cの3体を設定した（表1）。試験体Aは軸部のみ、試験体Bは軸部に舞良戸を片側1枚設置したもの、試験体Cは軸部に舞良戸を片側1枚設置し、さらに舞良戸の水平方向と面外方向の移動を拘束したものである。拘束部材は図6に示すように、鴨居・上げ彫り部の埋木、敷居の埋木により舞良戸の水平方向の移動を拘束し、後柱・敷居に辺付を取り付けて舞良戸の右側の縦棧及び下棧の面外方向の移動を拘束した。

表1 試験体一覧

試験体名	建具
試験体A	なし
試験体B	舞良戸1枚（移動自由）
試験体C	舞良戸1枚（移動拘束）

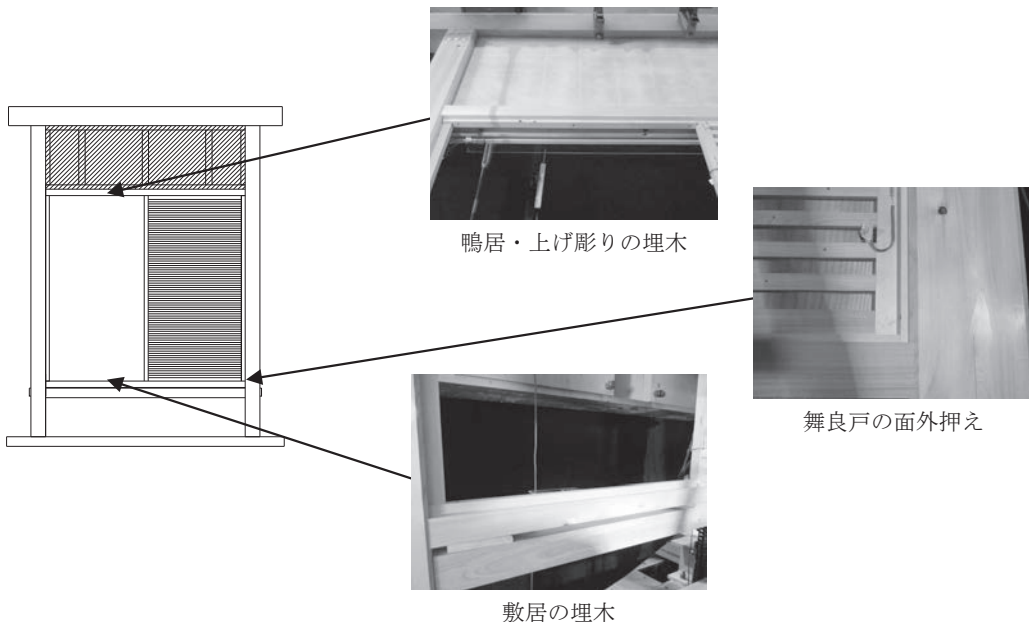


図6 試験体Cの拘束部材

## 4. 載荷方法

実験で用いた載荷装置を図7に、加力スケジュールを図8に示す。加力装置として用いたアクチュエータは容量100kN、ストローク1000mmで、実験室の反力壁に取り付けた。試験体は土台をアンカーボルトで加力フレームに固定し、桁上部に載せているおもり受け材からターンバックルを介して上載荷重（おもり）を吊るした。加力スケジュールは正負交番2回繰返しとした。ただし、アクチュエータのストロークの都合上、試験体頂部での変位と柱の内法高さ（2940mm）から求まる層間変形角が $1/10\text{rad}$ 以上の加力サイクルでは、正側水平変位のみを漸増させて繰返加力し、試験体の水平荷重（ロードセルの値）が0kNになるまで加力を行った。上載荷重は、実際の建物重量を想定して決定し、柱一本あたり16.5kN（合計33.0kN）とした。なお、柱の名称については、図7に示すように加力方向の正側を前柱、負側を後柱と呼び、舞良戸の初期位置は後柱側とした。

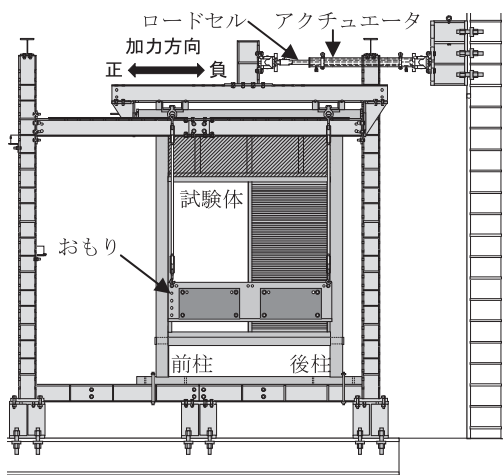


図7 載荷装置

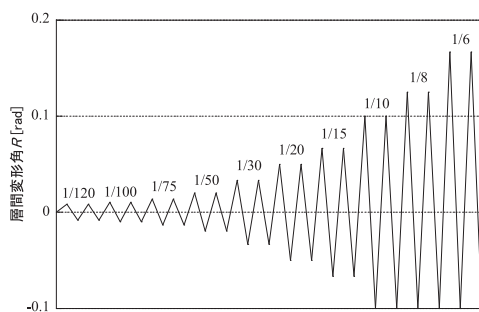


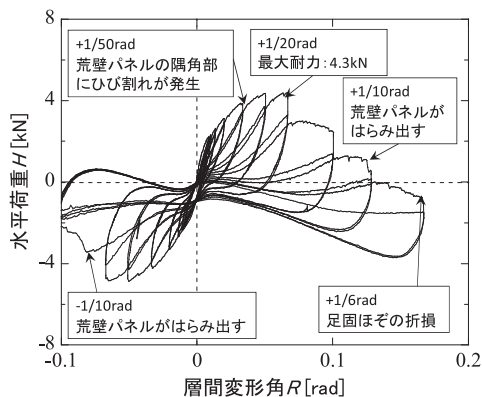
図8 加力スケジュール

## 5. 実験結果

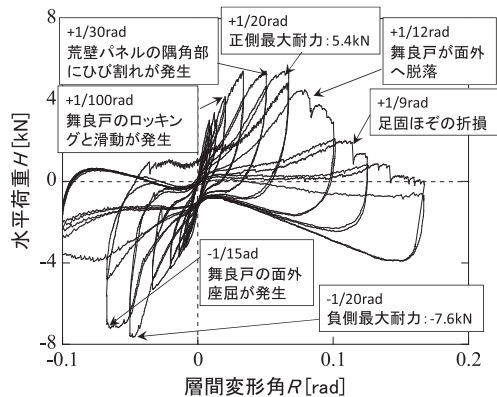
各試験体の層間変形角  $R$  と水平荷重  $H$  の関係及び損傷状況を図9～14に示す。

試験体Aでは、層間変形角 $+1/50\text{rad}$ で垂壁の隅角部にひび割れが発生し、 $+1/20\text{rad}$ で最大耐力4.3kNに達した。その後、 $+1/10\text{rad}$ で垂壁が面外へはらみ出し（図10）、 $+1/7\text{rad}$ で水平荷重が0kNとなり、 $+1/6\text{rad}$ で足固ほぞが折損した。

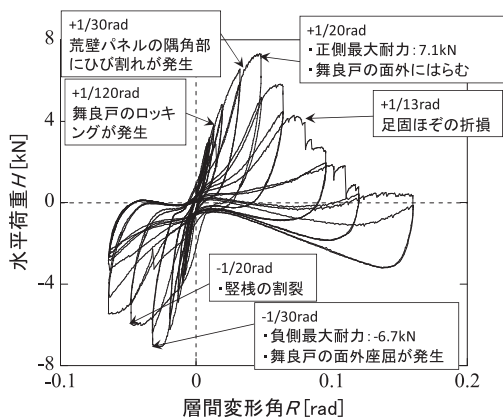
試験体Bの正方向加力では、層間変形角 $+1/100\text{rad}$ で舞良戸のロックと滑動が発生し、 $+1/75\text{rad}$ までに敷居上を正方向に約15mm滑動した。 $+1/30\text{rad}$ で垂壁の隅角部にひび割れが発生し、 $+1/20\text{rad}$ で最大耐力5.4kNに達した。 $1/15\text{rad}$ の加力サイクル後に



(a) 試験体A



(b) 試験体B



(c) 試験体C

図9 水平荷重－層間変形角関係と損傷状況

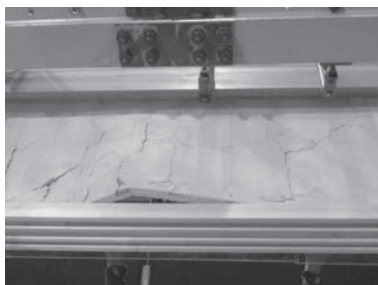


図10 荒壁パネルのはらみ出し  
(試験体A +1/10rad)



図11 足固ほぞの折損  
(試験体B +1/9rad)



図12 舞良戸の面外座屈  
(試験体B -1/15rad)

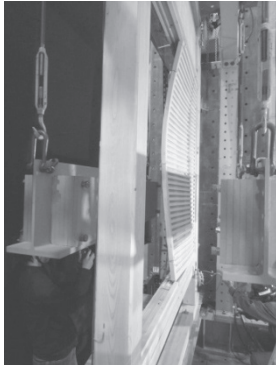


図13 舞良戸の面外座屈  
(試験体C-1/30rad)



図14 縦棧の割裂  
(試験体C-1/20rad)

舞良戸が敷居から脱落し、 $+1/12\text{rad}$  で完全に面外へ脱落した。その後、 $+1/9\text{rad}$  で足固ほぞが折損し (図11)、 $+1/6\text{rad}$  で水平荷重が  $0\text{ kN}$  となった。負方向加力では、 $-1/20\text{rad}$  で最大水平荷重 $-7.6\text{ kN}$  に達し、 $-1/15\text{rad}$  で舞良戸が面外座屈して左側の縦棧が折損した (図12)。

試験体Cの正方向加力では、層間変形角 $1/120\text{rad}$  で舞良戸のロッキングが発生し、 $1/30\text{rad}$  で垂壁の隅角部にひび割れが発生した。 $1/20\text{rad}$  で最大耐力 $7.1\text{ kN}$  に達し、舞良戸が面外にはらんだ。その後、 $1/13\text{rad}$  で足固ほぞが折損し、 $1/6\text{rad}$  で水平荷重が  $0\text{ kN}$  となった。負方向加力では、 $-1/30\text{rad}$  で最大水平荷重 $-6.7\text{ kN}$  に達し、舞良戸が面外座屈し (図13)、 $-1/20\text{rad}$  で左側の縦棧の上部に割裂が発生した (図14)。

各試験体の水平荷重の包絡線を比較して図15に示す。正方向加力では、 $+1/15\text{rad}$  以下の範囲で舞良戸の影響により水平荷重が上昇し、水平荷重の最大値が試験体Aと比較して、試験体Bで約  $1\text{ kN}$ 、試験体Cで約  $2.5\text{ kN}$  上昇した。 $+1/15\text{rad}$  以上の範囲では、舞良戸の影響はほとんど見られず、水平荷重が  $0\text{ kN}$  となる変形角にも差は見られなかった。負方向加力では、試験体BとCの水平荷重の最大値がほぼ等しく、試験体Aと比較して約  $3\text{ kN}$  上昇したが、試験体BとCでは最大値に達した変形角に差が見られ、試験体Bでは $-1/30\text{rad}$ 、試験体Cでは $-1/20\text{rad}$  で水平荷重の最大値に達した。

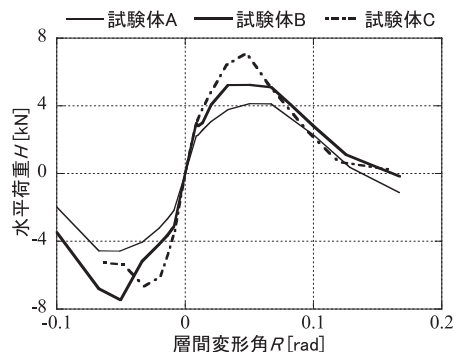


図15 水平荷重の包絡線

## 6. おわりに

金剛三昧院客殿の舞良戸の構造実験を行った結果、層間変形角 $1/15\text{rad}$ 以下の範囲で舞良戸の影響により架構の耐力が上昇したが、舞良戸偏在の影響により加力方向によって耐力に差が見られた。また、 $1/15\text{rad}$ 以上の範囲では耐力に大きな差は見られなかった。以上より、 $1/15\text{rad}$ 以下の範囲において、舞良戸1枚当たり $1\text{kN}$ 程度の架構の耐力上昇が見込めると言える。

構造実験を行うに当たり、(財)和歌山県文化財センター、京都大学林研究室の関係者の皆様には多大な御協力を頂いた。ここに改めて深く感謝を申し上げる。

### 参考文献

- 1) 財団法人高野山文化財保存会：重要文化財金剛三昧院客殿及び台所・四所明神社本殿・多宝塔修理工事報告書、1969. 9.
- 2) 宮本慎宏、森井雄史、高橋遥希、林康裕：木造軸組架構の耐震性能評価に関する実験的研究（その3）非構造部材の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）、C-1、pp.529-530、2009. 8.
- 3) 杉山亮太、鈴木祥之、後藤正美、村上傳：乾式土壁パネルを用いた木造軸組耐力壁の開発、日本建築学会技術報告集、第23号、pp.149-154、2006. 6.