

伝統的木造住宅の垂れ壁付き構面振動台実験

その1 実験方法と結果の概要

正会員 ○和田 幸子*1 同 中川 貴文*2 同 五十田 博*3
同 岡部 実*4 同 河合 直人*5 同 箕輪 親宏*6

伝統的木造住宅 垂れ壁付き独立柱 振動台実験

1. はじめに

本実験は、伝統的木造住宅の耐震要素である垂れ壁と柱で構成された構面の振動台実験を実施し、この要素を考慮した建築物の耐震設計法に資することを目的とする。

2. 試験体概要

垂れ壁(土壁 t=70)を有する長さ 5.46m の2 構面を直交壁で支えた箱型の試験体を準備した。試験体を図 1、写真 1,2 に示す。1 体目は、柱脚と礎石を固定した「柱脚固定」、2 体目は柱脚と礎石を固定しない「柱脚固定なし」である。なお、柱脚と礎石の固定は、足固めを鉄骨架台にアンカーボルトで接合することにより行った。「柱脚固定なし」は、1 階床面に構造用合板(t=24)を張った「柱脚固定なし_床有り」と、撤去した「柱脚固定なし_床無し」の仕様とした。床面に張った構造用合板は、2 構面を一体化させる目的で、それぞれの構面の足固めを渡してビスで固定されている。基礎部分は、振動台上に組んだ鉄骨架台の上部にせん断力と上下方向の荷重を測定する目的でロードセルを配置し、その上部に鋼板と接着接合された礎石(t=50)が設置されている。また、桁上に壁構面の設計耐力の上限に相当する重量(鋼材の錘)を載荷し、加振した。

3. 実験方法

加振スケジュールを表 1 に示す。入力地震波は、日本建築センター波レベル 2(以下、BCJ L2)、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で記録された波の NS 成分(以下、JMA 神戸 NS 波)の 25%,50%,100%である。それらに加えて、「柱脚固定なし_床無し」では、X1 通りの柱脚部の西側への移動を拘束した状態で、「柱脚固定」では、桁上の中央部におもりを追加し JMA 神戸 NS 波 100%R を加振した。「柱脚固定」は、加振後にアンカーボルトの緩みが生じたところではアンカーボルトを締め直した。また、建物の振動特性を把握するため、各地震波の前後、「柱脚固定」に関してはアンカーボルトの締め直し前後にも、ステップ波加振及び三角波加振を行った。表 1 中の“R”は加速度の正負を逆にした加振を示す。この“R”は最初に実験を実施した「柱脚部固定なし_床有り」において、移動した柱脚を元の位置に戻すことを意図したもので、他の試験体も基本的にこの試験体のスケジュールにあわせて実施している。なお、移動は JMA 神戸 NS 波 50%で生じ、同レベルの正負を逆にした加振で戻らず、さらに入力を倍にした JMA 神戸 NS 波 100%も加速度の正負を逆にしたが、結果として中央位置まで戻ることにはなかった。

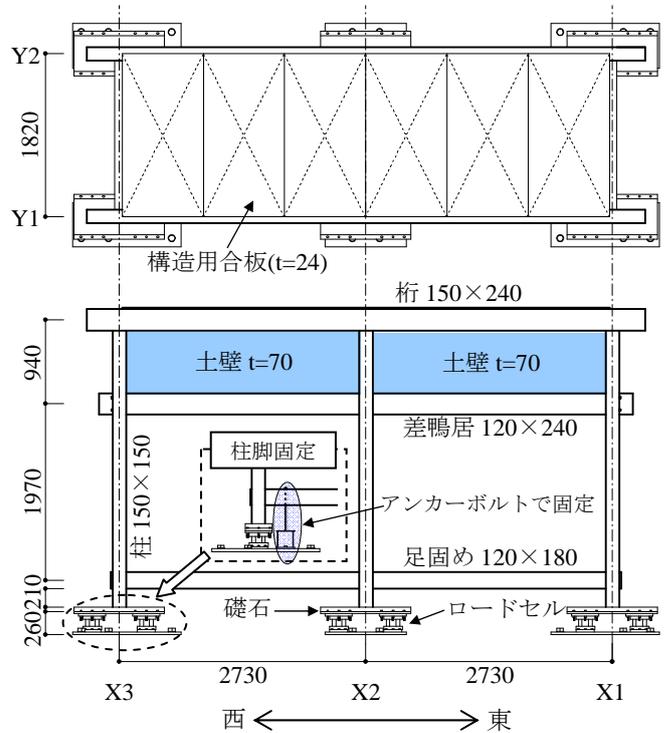


図 1 試験体図(上:天井伏図、下:立面図)



写真 1 試験体全景(南面) 写真 2 柱脚部(柱脚固定なし)

表 1 加振スケジュール

入力地震波	柱脚固定なし (床有り)	柱脚固定なし (床無し)	柱脚固定
JMA神戸NS波 25%	○	○	○
JMA神戸NS波 50%	○	○	○
BCJ L2 100%	○	○	○
			ボルト締め直し
JMA神戸NS波 50% R	○	○	○
JMA神戸NS波 100% R	○	○	○
			ボルト締め直し
JMA神戸NS波 100% R (X1通り柱脚固定)		○	
JMA神戸NS波 100% (おもり3個)			○

4. 実験結果

4-1. 最大変位応答 各地震波における最大変位応答を図2に示す。試験体東側に設置した計測用タワーから計測した桁と柱脚部の絶対変位であり、2構面の平均値とした。

前述したとおり「柱脚固定」は足固めをアンカーボルトで固定したものであるが、まず、この固定によって、柱脚の移動を拘束できていることがわかる。また最大応答変位は入力レベルに応じて徐々に大きくなっていることがわかる。錘を増やした JMA 神戸 NS 波 100%R の2回目を除けば、柱脚の移動を含む架構全体の変形量は「柱脚固定」の方が小さい。一方「柱脚固定なし」では、梁の変形量と柱脚の変形量の差、つまり上部構造の変形量は加振によらずほぼ一定であることが読み取れる。なお、床の有無による変化は見られなかった。

4-2. 上部構造荷重-変位関係 JMA 神戸 NS 波 100%R で計測された上部構造荷重-変位関係を図3に示す。「柱脚固定なし」の床の有無による変化は見られなかったので、「柱脚固定なし_床有り」の結果を示す。上部構造に作用した荷重は桁上加速度計で計測された加速度の平均値に、試験体高さの上部 1/2 の質量(3482kg)を乗じて算出した。変位は、計測用タワーより計測した桁の絶対変位の平均値(上部変位)及びそれから柱脚部の絶対変位の平均値を引いて算出した層間変形の2種類とした。

最大荷重は「柱脚固定」の方が大きな値を示した。その値は 40kN を超え、設計の最大荷重 33kN を上回った。約 2 割増しの荷重に対しても柱の折損が生じなかった原因として、脚部の固定度の仮定、曲げ破壊強度の余裕率の問題などが考えられ、今後検討を深める予定である。柱脚部の移動が生じた「柱脚固定なし」では、荷重が 20kN 程度で頭打ちになっており、この値が脚部の摩擦が切れ滑り始める境界と考えられる。

4-3. 柱に作用した曲げモーメント JMA 神戸 NS 波 100% R において、桁上加速度が最大値を示した際の Y1 構面の柱に作用した曲げモーメントを図4に示す。

値は「柱脚固定」の方が大きくなり、柱脚を固定することによって柱に大きな曲げモーメントが作用することがわかった。全ての試験体において、ほぼ同様の傾向を示したが、X1 柱の土壁部分で違いが見られた。これは、柱脚を固定しないことによって 3 本の柱が一体化されず均等に力が作用しなかったと考えられる。なお「柱脚固定なし」における床の有無の大きな差は見られなかった。

5. まとめ

柱脚を固定すると上部構造に作用する最大荷重や柱の曲げモーメントが大きくなることがわかった。柱脚部の移動を含む架構全体の移動量は「柱脚固定なし」の方が大きくなったが、上部構造の変形量は「柱脚固定なし」の方が小さくなった。その値は JMA 神戸 NS 波 25%以上の入力において、ほぼ一定であることがわかった。

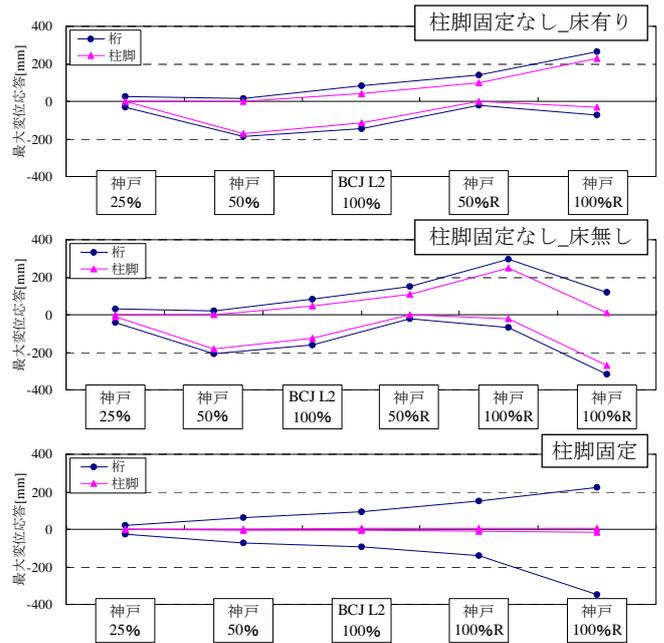


図2 最大変位応答

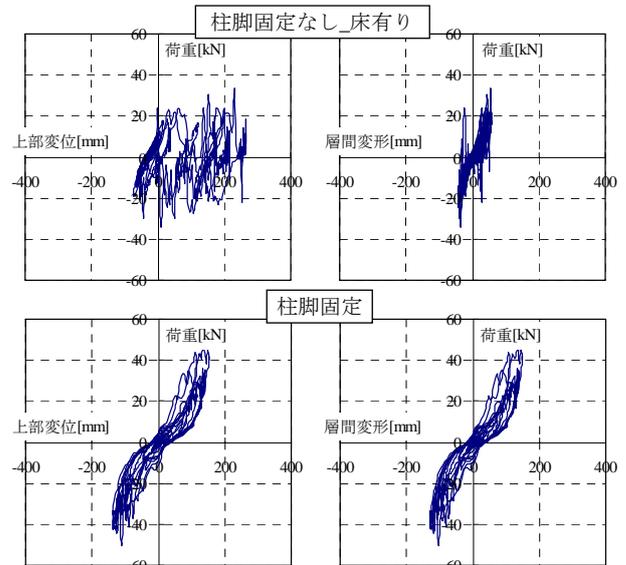


図3 上部構造荷重-変位関係

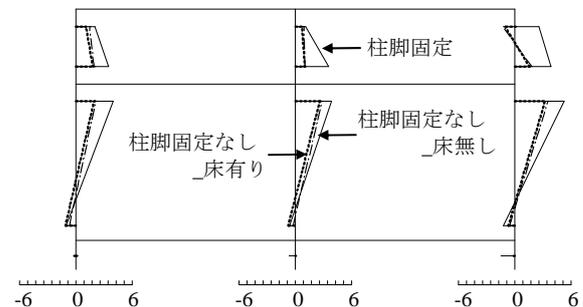


図4 柱の曲げモーメント

謝辞 本実験は建築研究所「伝統的木造建築物の保全に資する構造・防火関連の技術開発」(委員長:坂本功慶(義塾大学教授))の一環として、防災科学技術研究所との共同開発で行ったものである。また、画像計測にあたり東京電機大学新津靖教授にご尽力いただいた。ご指導・ご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

*1 信州大学大学院 修士課程
 *2 建築研究所 材料研究グループ 研究員 博士(農学)
 *3 信州大学工学部 准教授 博士(工学)
 *4 ベターリビングつくば建築試験研究センター 主席試験研究役 農修
 *5 建築研究所 構造研究グループ 上席研究員 博士(工学)
 *6 防災科学技術研究所 研究参事 博士(工学)

*1 Graduate Student, Graduate School of Engineering, Shinshu Univ.
 *2 Research Engineer, Dept. of Building Materials and Components, BRI, Dr. Agr.
 *3 Associate professor, Shinshu Univ, Dr. Eng.
 *4 Center for Better Living Tsukuba Building Research and Testing Lab, Ms Agr.
 *5 Chief Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, BRI, Dr. Eng.
 *6 Scientific Research Advisor, NIED, Dr. Eng.