

単位木造フレームを用いた振動台実験による木造軸組の耐震性能評価

鈴木祥之（京都大学防災研究所，suzuki@zeisei.dpri.kyoto-u.ac.jp）

後藤正美（金沢工業大学建築学科，gotou@neptune.kanazawa-it.ac.jp）

山田真澄（京都大学大学院修士課程，yamada@zeisei.dpri.kyoto-u.ac.jp）

1. 研究の目的

本研究では、各地に存在する様々な構法の木造建物の耐震性能評価法や耐震設計法を確立するために、各種の耐震要素を組み込んだ単位木造軸組の振動台実験を行い、動力学的特性と耐震性能を明らかにする。

2. 試験体の概要

柱、桁と土台から構成される単純な基本軸組（高さ2730mm×幅1820mm）を単位として、柱の断面寸法、接合方法、面内の耐震要素をパラメータにして試験体を設定した。試験体の加振は、損傷がない場合の振動特性を確認する一次実験と、大変形領域における試験体の振動特性・最大耐力や破壊性状を調べる二次実験の2段階に分けて行った。加振波には日本建築センター模擬波（BCJ-L2）を使用した。

3. 実験結果と考察

1) 破壊状況

・土塗小壁試験体：350Gal加振時（最大層間変形角1/13rad）に、土壁の隅角部が大きく崩れ、まぐさの部分で柱に大きなひび割れが入った。

・合板小壁試験体：300Gal加振時（最大層間変形角1/18rad）に合板下部が大きな破壊音と共に面外へはらみ出した。合板と共にまぐさも柱から外れ、まぐさの部分で柱が1本折損した。

・土壁試験体：200Gal加振時（最大層間変形角1/186rad）に、漆喰を塗っていない面で貫に沿ってひび割れが発生した。350Galを入力した時（最大層間変形角1/33rad）、漆喰表面にX字型のひび割れが生じ、土壁の下部が土台から面外に大きくはらみ出した。

2) 復元力特性

各加振での最大応答を示した点を結んだ包絡曲線をFig. 1に示す。

・柱断面の影響：同じほぞ接合部を持つ試験体では、柱断面が大きいほど大きな耐力が見られた。

・接合部の形状の影響：ほぞの長さを短くし、山形プレートで固定した短ほぞ架構よりも、ほぞの長さを横架材と同じ高さまで差し込み、込み栓を打ち込んで接合する長ほぞ架構の方がより高い耐力を示すことが確認された。

・小壁の効果：小壁を配置した試験体はどちらも短ほぞ105角試験体よりも耐力が上昇している。

・土壁の効果：土壁試験体では、最大耐力は1/50rad変形時に約16.5kNとなっている。最大耐力を記録した後も、比較的高い耐力を示しており、土壁が崩れて変形が進みながらも抵抗力を保持していることが分かる。

3) モーメント分布より見た抵抗メカニズム

試験体の柱頭と柱脚の接合部のモーメントの総和と、復

元力に試験体の高さを乗じて求めた層モーメントを比較すると、軸組のみの試験体及び貫試験体では、接合部のモーメントの総和の方が層モーメントよりも大きく、その他の試験体では、層モーメントの方が大きくなっていることが分かった。

・柱材端のモーメント分布：小壁を配置した試験体では、柱頭のモーメントは柱脚に比べて非常に大きな値を示した。つまり、柱-横架材接合部の不均一なモーメント分布が、柱の折損という脆性的な破壊を引き起こしたと思われる。

4) 壁倍率の算出

建築基準法施行令第46条第4項表1の（八）に基づき、日本住宅・木造技術センターで開発された性能評価法を適用して、壁倍率を計算した。結果をTable 1に示す。筋かい試験体、合板小壁試験体において、現行の基準では実験値より高めの値になっているのに対し、土壁の壁倍率は低い値になっている。特に土壁試験体において、現行の壁倍率との開きが大きい。また、現行の基準では全く評価されていない貫や軸組のみの試験体についても、仕様によってはある程度の耐力が期待できる。

Table 1. Multipliers of bearing walls

試験体名	実験結果	現行
短ほぞ105角	0.1	0
短ほぞ150角	0.2	0
長ほぞ120角	0.2	0
長ほぞ150角	0.3	0
土塗小壁	0.5	0.1
合板小壁	0.3	0.5
貫	0.2	0
土壁	2.8	0.5
筋かい	1.5	2.0

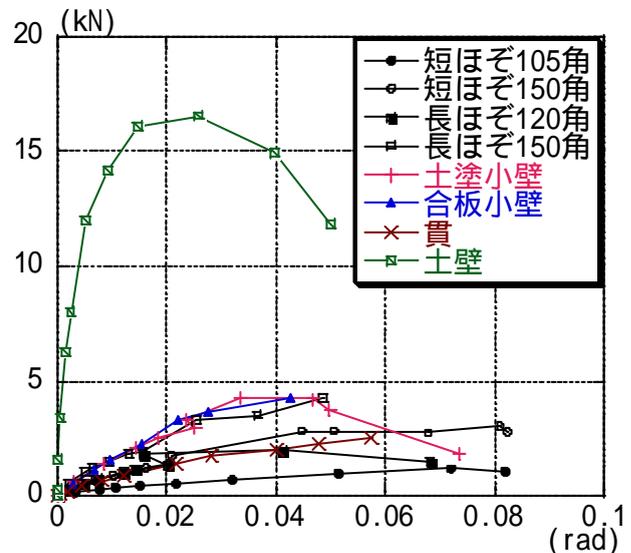


Fig. 1. Envelope curves of bearing capacity-deformation relationships

単位木造フレームを用いた振動台実験による木造軸組の耐震性能評価 EVALUATION OF SEISMIC PERFORMANCE OF WOODEN FRAMES BY SHAKING TABLE TESTS

鈴木祥之¹，後藤正美²，山田真澄³

¹ 京都大学防災研究所， 教授 工博

Yoshiyuki Suzuki, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, suzuki@zeisei.dpri.kyoto-u.ac.jp

² 金沢工業大学建築学科， 助教授 博（工）

Masami Gotou, Kanazawa Institute of Technology, gotou@neptune.kanazawa-it.ac.jp

³ 京都大学大学院工学研究科修士課程

Masumi Yamada, Graduate School of Eng., Kyoto University, yamada@zeisei.dpri.kyoto-u.ac.jp

SUMMARY

To evaluate the seismic performance of wooden buildings, shaking table tests of wooden unit frames installing various bearing elements were carried out. Four simple frame specimens with different column- sections and tenon-lengths were examined. The results show that the hysteresis loops of these frames are slip type. The frame with larger column-section had good seismic performance. Four frames with mud wall, mud hanging wall, plywood hanging wall and penetrating tie beams were also examined. As far as the frame with mud wall is concerned, the restoring force was large and the deformation performance was high, and the multiplier of bearing wall obtained here is greatly different from that of the Building Standard Low.

キーワード：耐震性能， ほぞ仕口， 土壁， 壁倍率

Key words: Seismic performance, Mortise and tenon joint, Mud wall, Multiplier of bearing wall

1. 研究の背景と目的

建築基準法の改正や住宅の品質確保の促進等に関する法律の設立に伴い，現在の日本国内の一般的な構法を対象として，木造住宅の耐震設計法や耐震性能評価法の提案がなされている。しかし，各地に存在する多種多様な地域独特の構法は，木材のばらつきや構法の複雑さ等により構造解析が難しく，正當に耐震性能を評価することには課題が多い。

本研究では，各地に存在する様々な構法の木造建物の耐震性能評価法や耐震設計法を確立するために，各種の耐震要素を組み込んだ単位木造軸組の振動台実験を行い¹⁾，動力学的特性と耐震性能を明らかにする。

2. 試験体の概要

柱，桁と土台から構成される単純な単位軸組（高さ2730mm × 幅1820mm）を基本として，柱の断面寸法，接合方法，面内の耐震要素をパラメータにして試験体を設定した。実験では，加振方向に2枚の壁面を併置し，水



Photo 1. View of testing

平構面に構造用合板24mmを使用し試験体が一体として挙動するようにした。また，直交方向には倒壊及びねじれを防止するために，ステンレスブレースを配置した。

試験体の種類と柱断面，ほぞ詳細をTable 1に，試験体立面図をFig. 1に示す。材種は込み栓が檜材，桁が米松材，他はすべて杉材である。短ほぞ105角試験体と短ほぞ150角試験体は，柱 - 横架材接合部を短ほぞ架構として，ほぞ長さは土台背の1/2，山形プレート留めとしている。

長ほぞ120角試験体と長ほぞ150角試験体は、土台にほぞを通し、長ほぞ120角試験体は15mm角の角栓、長ほぞ150角試験体は16mmの丸栓を打ち込んで固定している。

小壁の試験体は試験体の上部1/3の位置にまぐさを配置し、まぐさは2本の釘留めとした。土塗小壁試験体の土壁は、木舞下地に割竹を用い、間渡り竹を入れて、間に下地竹を縄で固定した。塗り厚は、荒壁裏返し36mm、中塗り11mm×2(両面)、漆喰2mm(片面)で合計60mmである。荒壁を塗ってから実験開始までの期間は、約2ヶ月であった。合板試験体は細間柱を3本配置し、9mmの構造用合板を試験体外側のみに貼った。接合ファスナーにはN-50釘を用い、打ち付け間隔は150mmである。

貫試験体と土壁試験体は、それぞれ短ほぞ試験体の軸組に貫、貫+土壁を配置したものである。貫は断面15×105mmの杉材を3段に通し、柱の両側から楔を打ちこみ、釘2本でとめている。土壁は、土塗小壁試験体と同様に製作した。

3. 実験方法

1) 加振方法

本実験では、試験体の変形レベルや損傷状況に応じて、実験を以下に示すように一次実験と二次実験の2段階に分けて行った。加振波には日本建築センター模擬波(BCJ-L2)を使用した。各実験段階の進行に合わせて、スイープサイン波を10~20Gal程度のレベルで入力し、試験体の振動特性を把握した。

・一次実験：静的加力実験のデータなどから初期剛性を仮定し、固有周期が約0.3秒となるように重りを設置し、BCJ-L2を入力して、損傷がない場合の振動特性を確認した。加振は50Gal刻みで、変形が非線形領域に入るあたりまで段階的に実施した。

・二次実験：重りを増設して固有周期が1.0秒程度になるようにし、大変形領域における試験体の振動特性、最大耐力や破壊性状を調べた。加振は基本的に100Gal刻みで、試験体が破壊あるいは変形角1/10rad程度となるまで行った。

2) 積載重量の設定

積載重量は、一次実験と二次実験の目的に応じて、各試験ごとに設定した。各試験体の積載重量をTable 1に併記する。

3) 計測方法

計測に用いた加速度計と変位計の位置をFig. 2(a)に示す。復元力は、桁中央で測定した加速度の値に、試験体上部の質量を乗じ、1構面当りに換算した値を復元力として用いている。層間変形角は、桁の端部中央と土台端部中央に設置した変位計より層間変位を算出し、それを試験体の高さ2730mmで除して層間変形角とした。柱-横架材接合部には、柱左端と右端に変位計を設置し、横架材までの相対変位を計測した。計測された柱左端と右端の変位を変位計計測幅で除することによって、柱-横架材回転角を求めている。

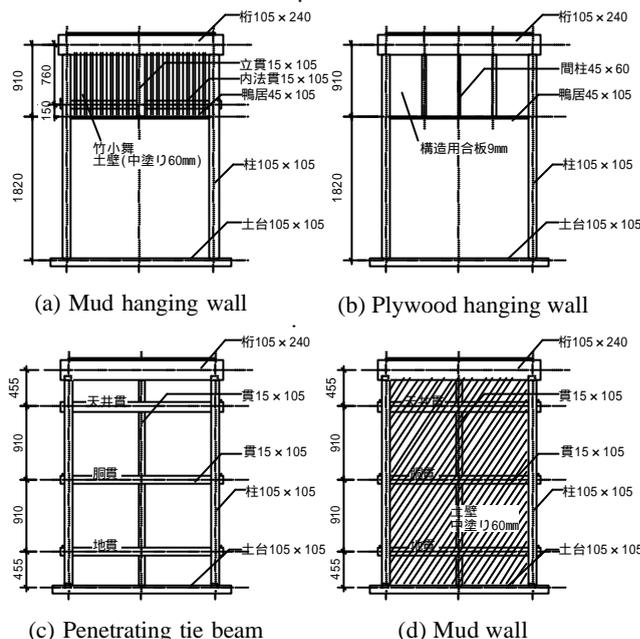


Fig. 1. Elevations of specimens

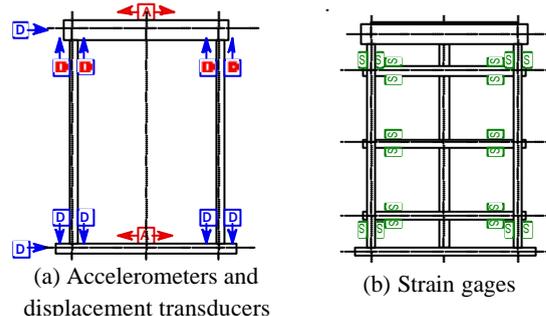


Fig.2. Allocation of measurement instruments

Table 1. List of specimens

	試験体名	ほぞ種類	柱断面(mm)	ほぞ寸法(mm)	壁面耐力要素	積載重量	
						一次実験	二次実験
基本軸組	短ほぞ105角	短ほぞ(山形プレート留め)	105×105	30×84×52.5	なし	0.2ton	0.5ton
	短ほぞ150角	短ほぞ(山形プレート留め)	150×150	50×130×75	なし	0.2ton	1.0ton
	長ほぞ120角	長ほぞ(込み栓差し)	120×120	30×96×114	なし	0.2ton	1.0ton
	長ほぞ150角	長ほぞ(込み栓差し)	150×150	50×130×144	なし	0.5ton	1.5ton
小壁	土塗小壁	短ほぞ(山形プレート留め)	105×105	30×84×52.5	土塗小壁	0.5ton	1.0ton
	合板小壁	短ほぞ(山形プレート留め)	105×105	30×84×52.5	合板小壁	0.5ton	1.0ton
全面壁	貫	短ほぞ(山形プレート留め)	105×105	30×84×52.5	3段貫	0.2ton	0.7ton
	土壁	短ほぞ(山形プレート留め)	105×105	30×84×52.5	荒壁+中塗り+片面漆喰	2.0ton	4.0ton

柱脚及び柱頭には、柱端部から200mmの位置に歪ゲージを貼り付け歪を計測した。さらに、小壁のある試験体ではまぐさの両端にも歪ゲージを貼り、貫試験体と土壁試験体では3段貫のすべての材端に歪ゲージを貼った。貼付位置は柱表面より200mmである。土壁試験体の歪の計測位置をFig. 3(b)に示す。

計測方法は、柱あるいは貫の左端と右端に貼り付けた2枚のゲージを、ブリッジボックスに1アクティブゲージ方を用いて接続し、部材の左端歪と右端歪の差を計測した。この歪計測により得られたデータを、部材の断面係数及びヤング係数を用いて曲げモーメントを算出し、これを材端モーメントとした。

4. 実験結果と考察

1) 破壊状況

二次実験での破壊状況を以下に記述する。

- ・短ほど105角試験体：300Galまで加振した時、柱脚に取り付けてあった山形プレートが反り返りはじめた。しかし、抵抗要素がないため変形は進んだが、顕著な破壊は起こらなかった。
- ・短ほど150角試験体：外観からは破壊は確認できなかった。
- ・長ほど120角試験体：300Gal加振より、加振中に木材の破壊音がするようになった。加振中、柱の梁からの抜けが目立って大きくなった。実験終了後試験体を解体した時、すべてのほぞにひび割れ、割裂などの破壊が生じていたことが確認できた(Photo 2参照)。
- ・長ほど150角試験体：ほぞ、込み栓共に、ひび割れなどの破壊は生じなかった。
- ・土塗小壁試験体：300Gal加振時に土壁と一体となってまぐさが抜け、柱との間に隙間ができた(Photo 3参照)。350Gal加振時には土壁の隅角部が大きく崩れ、まぐさの部分で1本の柱に大きなひび割れが入った。
- ・合板小壁試験体：200Gal加振時にわずかに合板留め付け釘が浮き始め、300Gal加振時に合板下部が大きな破壊音と共に面外へはらみ出した(Photo 4参照)。合板と共にまぐさも柱から外れ、まぐさの部分で柱が1本折損した。
- ・貫試験体：250Gal加振時に、楔が緩んだため打ち直した。試験体自体には顕著な破壊は見られなかった。
- ・土壁試験体：200Gal加振時に、漆喰を塗っていない面で貫に沿ってひび割れが発生した。土壁は、軸組の中で面内に回転するように動いていることが確認できた。350Galを入力した時、漆喰表面にX字型のひび割れが生じ(Photo 5参照)、土壁の下部が土台から面外に大きくはらみ出した。それに伴って、山形プレートを留めていた釘が大きく抜け出した。400Galでは土壁の剥落が激しくなり、柱脚が土台にめり込むことにより土台にひび割れが発生した。

2) 復元力特性

各試験体の復元力特性をFig. 3(a)~(h)に示す。復元力特性は、一次実験の200Gal加振、および二次実験の最



Photo 2. Break at a tenon



Photo 3. Separation of a lintel from a column



Photo 4. Slip of a lintel



Photo 5. Cracks on a mud wall

大加振のデータを描いている。ループの形状を見やすくするために、各加振における微小振動のデータは省略した。太線実線は、各加振での最大応答を示した点を結んだ包絡曲線である。Fig. 3(b)~(h)には比較のために、点線で短ほど105角試験体の包絡曲線を描いている。

耐震要素のないFig. 3(a)~(d)に示される試験体では、ループの形状に共通点が見られる。微小加振時において、紡錘形を描いていたループが、変形が進むにつれてスリップの特性が現れ、形状としては三角形に近くなっている。復元力特性の特徴をパラメータの違いごとに比較して考察する。

- ・柱断面の影響²⁾：同じほぞ接合部を持つ短ほど105角試験体・短ほど150角試験体と、長ほど120角試験体・長ほど150角試験体を比較した。

短ほど105角試験体では、最大耐力が約1.2kNであるのに対し、短ほど150角試験体では最大耐力が3kNであった。

長ほど150角試験体の最大耐力は、長ほど120角試験体の約2倍であった。長ほど120角試験体はほぞの割れに伴って、耐力の急激な低下が起こり、最大層間変形角1/25rad辺りで最大耐力を記録しているのに対し、長ほど150角試験体は1/25rad変形時でも安定したループを描いており、十分な耐力を保持していることが推測される。

- ・接合部の形状の影響：柱径の等しい短ほど150角試験体と、長ほど150角試験体を比較すると、最大耐力で約1.5倍の違いが生じた。ほぞの長さを短くし、山形プレートで固定した短ほど架構よりも、ほぞの長さを横架材と同じ高さまで差し込み、込み栓を打ち込んで接合する長ほど架構の方がより高い耐力を示すことが確認された。

- ・小壁の効果³⁾：小壁を配置した試験体はどちらも短ほど105角試験体よりも耐力が上昇している。しかしループの形状は大きく異なり、土塗小壁試験体が復元力特性のループに膨らみがあるのに対し、合板小壁試験体はループに膨らみがなく、ほとんど塑性化しないまま破壊が生じている。また、どちらの試験体も加振中に柱の折損が起こっているため、1つのループの中で急激に耐力が低下していることが復元力特性に明確に表れている。

・貫の効果：貫を配置しただけで、最大耐力は105短ほど試験体の約2倍となっており、貫の効果も無視出来ないものとなっている。貫試験体の復元力特性は、ループの形状が軸組のみの試験体と極めて類似している。

・土壁の効果：土壁試験体では、最大耐力は1/50rad変形時に約16.5kNとなっており、短ほど105角試験体の約14倍であった。土壁試験体は、最大耐力を記録した後も、比較的高い耐力を示しており、土壁が崩れて変形が進みながらも抵抗力を保持していることが分かる。

3) 固有振動数の変化

固有振動数の変化には、各加振の振幅よりも累積した損傷の影響が強く、経験した加振の回数と良い相関を示している。Fig. 4のグラフにおいては、BCJ-L2入力時の加速度の伝達関数から求めた固有振動数を加振の順序を横軸にとって示している。

Fig. 4(左)は軸組のみの4試験体で比較したものである。短ほど105角試験体が他の3体に比べて小さい値を示しているが、それ以外の試験体には明確な違いは確認できない。

Fig. 4(右)は各耐震要素ごとの比較である。際立って固有振動数が高いのは土壁試験体であり、一次実験最初のスイープサイン波加振において、7.7Hzであった。土壁試験体は、その後の一次実験において固有振動数が7.7Hzから4.6Hzに下がったが、これは軸組と緊結していた土壁が、加振することによって軸組と離れ、隙間ができたことによると思われる。二次実験終了後には、すべての試験体が1Hz前後にまで低下している。

Fig. 5では、長ほど120角試験体において、加速度の伝達関数から求めた固有振動数と、復元力特性の最大耐力を示した点と原点を結んだ割線剛性から求めた固有振動数を比較したものである。一次実験において、両者は比較的一致しているが、損傷が激しく生じた二次実験後半においては、復元力特性から求めた固有振動数の方が高くなってきている。この傾向は、他の試験体においても確認できる。復元力特性において、最大耐力を示した点では瞬間的に割線剛性が高くなっているが、小さな振幅で揺れている時は、スリップが起こっているため、剛性が上がらず振動数が低くなっている (Fig. 6参照)。伝達関数から求めた固有振動数は、加振波全体から求めているため、低い値になっていると考えられる。

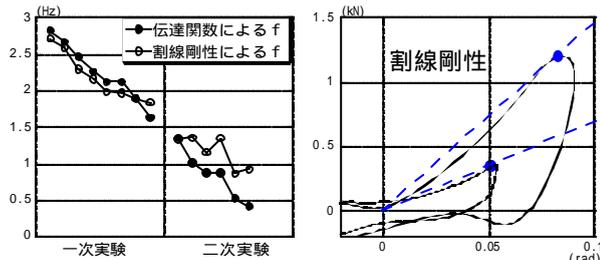


Fig. 5. Comparison of natural frequencies

Fig. 6. Difference of stiffnesses according to the deformation

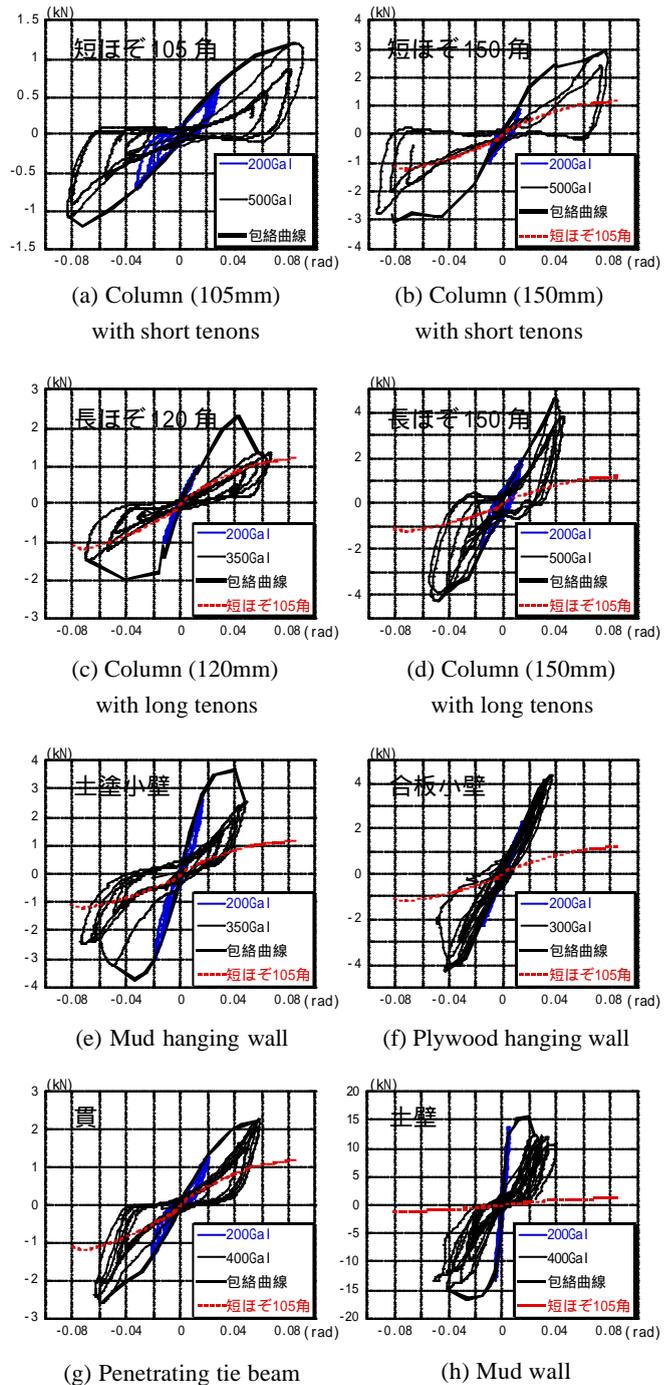


Fig. 3. Hysteretic characteristics

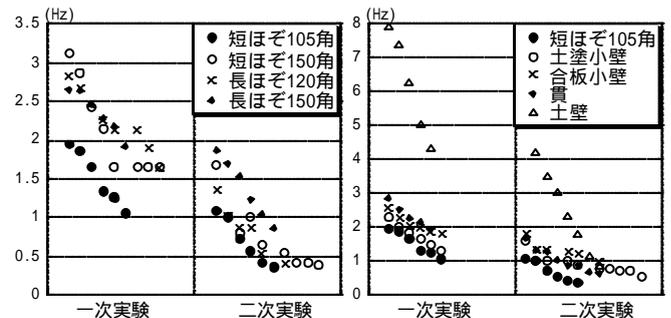


Fig. 4. Variations of natural frequencies with vibration tests

4) モーメント分布より見た抵抗メカニズム

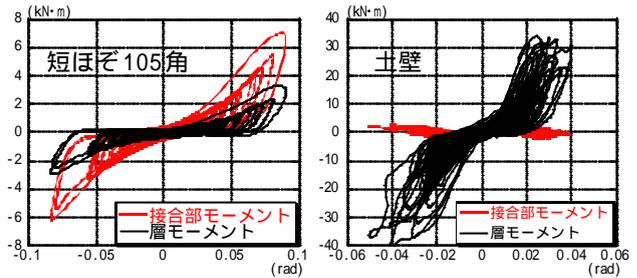
歪ゲージにより計測したデータを用いて、各試験体の柱材端モーメントの分布を求めた。試験体の柱頭と柱脚のすべての接合部8箇所のモーメントの総和を求め、1構面当りに換算した接合部モーメントと、復元力に試験体の高さに乗じて求めた層モーメントを比較した。接合部モーメントの、層モーメントに対する割合をTable 2に示す。その結果、軸組のみの試験体及び貫試験体では、接合部モーメントの方が層モーメントよりも大きく、その他の試験体では、層モーメントの方が大きくなっていることが分かった。特に土壁試験体では、接合部モーメントは、層モーメントのわずか7%であり、柱-横架材接合部以外の部分で抵抗していることが分かる。

・柱材端のモーメント分布：柱頭と柱脚のモーメントの分布を調べると、軸組のみの試験体及び貫試験体では、モーメントはほぼ一様であることが分かった。しかし小壁を配置した試験体では、モーメントの分布に特徴が表れた。土塗小壁試験体では、Fig. 8(a)に示すように柱頭のモーメントは柱脚に比べて非常に大きな値を示した。柱頭のモーメントは加振方向の影響を受け、特に柱が試験体外側に傾斜する時、より大きなモーメントを示すことが分かった。これは、柱が試験体外側に倒れる時には、まぐさ、土壁によって柱が外側に押し出され、大きなモーメントがかかるのに対し、柱が内側に傾斜する時には壁体部分が軸組と離れるためにモーメントがかかりにくいと考えられる(Fig. 10参照)。合板小壁試験体も、柱頭に大きなモーメントがかかっていることがFig. 8(b)から分かるが、合板が柱と剛接されているため、土塗小壁試験体に見られるような加振方向の違いによるモーメントの大きさの違いは見られない。このように、柱-横架材接合部の不均一なモーメント分布が、柱の折損という脆性的な破壊を引き起こしたと思われる。

・貫材端のモーメント分布：Fig. 9(a)に貫試験体の、Fig. 9(b)に土壁試験体の天井貫のモーメント-層間変形角の関係を示す。モーメントを測定した3本の貫のすべての材端において同様な関係図が得られた。貫試験体の場合には、モーメント分布は通常の軸組のモーメント分布と同じ形になっているのに対し、土壁がある場合には、モーメントの正負が全く逆になっている。このことは、土壁の面内での回転が貫の挙動を支配しているためと考えられる。加振中の土壁の挙動を把握するために、慣性力を受けたときの貫試験体と土壁試験体の柱脚部をPhoto 6,7に示す。貫試験体では、柱の一端が土台と接触したまません断変形しているのに対し、土壁試験体の柱脚は浮き上がり、ロッキングが生じている。すなわち、Fig. 11のように試験体が右回り方向に傾斜した場合、土壁右下の部分が土台に接触して抵抗し、土壁に慣性力がかかって左下の部分が浮き上がる。この浮き上がりによって貫の左端は上方向の引張力を受け、右回りのモーメントがかかると考えられる。

Table 2. Comparison of moments at joints of beams with story moments

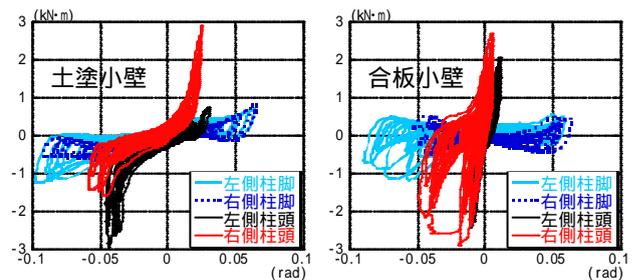
試験体名	接合部モーメント (kN・m)	層モーメント (kN・m)	接合部モーメントの層モーメントに対する割合(%)
短ほぞ105角	6.98	3.29	212
短ほぞ150角	13.36	7.81	171
長ほぞ120角	6.30	4.05	156
長ほぞ150角	20.17	12.66	159
土塗小壁	5.02	7.99	63
合板小壁	5.61	11.90	47
貫	8.21	7.05	116
土壁	2.79	40.81	7



(a) Column (105mm) with short tenons (b) Mud wall

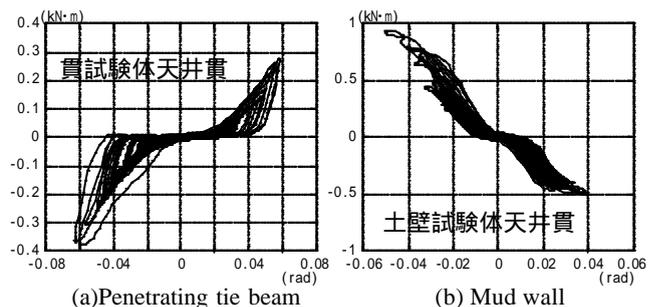
Fig.7. Comparison of moments at joints of beams

with story moments



(a) Mud hanging wall (b) Plywood hanging wall

Fig. 8. Moment-rotation relationships at joints of beams



(a) Penetrating tie beam (b) Mud wall

Fig. 9. Moment-rotation relationships at joints of tie beams

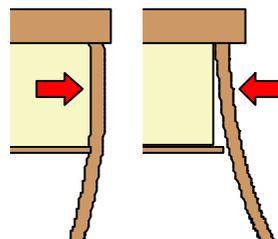


Fig. 10. Movements of mud wall and directions of force

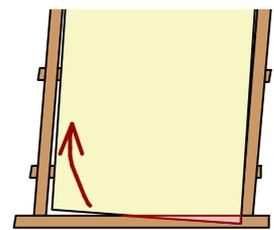


Fig. 11. Rotation of mud wall

5) 壁倍率の算出

建築基準法施行令第46条第4項表1の(八)に基づき、日本住宅・木造技術センターで開発された性能評価法を適用して、壁倍率を計算した⁴⁾。壁倍率の算出には、降伏耐力、終局耐力に(0.2/構造特性係数)を乗じたもの、

最大荷重に2/3を乗じたもの、真のせん断変形角1/150rad時の耐力のうち、最小のものせん断耐力として用いている。なお、この評価法では、同一の3体の試験体で静的加力実験を行い、その平均値にばらつき係数を乗じて評価することになっているが、本実験では振動台で加振して実験しているため、試験体の耐力評価には各加振の最大応答をプロットした抱絡曲線を代用した。試験体数は1体のみなので、ばらつき係数は乗じていない。

Table 3に算出した壁倍率を示す。筋かい試験体の実験については、本論では検討の対象としていないが、比較のために併記する。筋かい試験体の仕様は、短ほぞ105角試験体の軸組に105角の間柱を入れ、断面45×105mmの筋かいを山形に配置し、端部を筋かいプレートで固定したものである。評価の対象となったせん断耐力は、土壁試験体と筋かい試験体を除き、真のせん断変形角1/150rad変形時の耐力であった。土壁試験体と筋かい試験体では、初期剛性が高かったため、降伏耐力が壁倍率を決定した。

壁倍率の評価方法が異なるため、単純に比較はできないが、筋かい試験体、合板小壁試験体において、現行の基準では実験値より高めの値になっているのに対し、土壁の壁倍率は低い値になっている。特に土壁試験体において、現行の壁倍率との開きが大きい。また、現行の基準では全く評価されていない貫や軸組のみの試験体についても、仕様によってはある程度の耐力が期待できる。これらの差異については、見直しの検討が必要だと思われる。

5. まとめ

木造軸組の耐震性能評価のために行った単位木造フレームを用いた振動台実験から得られた結果は、以下のように要約される。

- ・軸組のみの試験体の場合は、柱断面が大きく、ほぞ長さが長い方が強い耐力を示した。耐震性の向上のために、大きな柱断面や長ほぞが有効であることが確認された。
- ・小壁を配置した試験体では、不均一なモーメント分布のために、柱の一部に過大なモーメントが加わり、脆性的な破壊を引き起こした。土塗小壁と合板小壁の試験体は類似した耐力-変形関係を示したが、復元力特性の履歴ループを見ると、合板小壁はほとんど塑性化しないまま柱の破壊が生じていた。
- ・土壁試験体は、貫に沿ってひび割れが生じた後も土壁隅角部が軸組に接触して抵抗し、最終的には土壁がせん断抵抗要素となってX字型のひび割れが生じた。最大耐力は16.5kNと大きく、変形性能も大きく、木造軸組の耐震要素として十分な性能を有している。また、実験結果より算

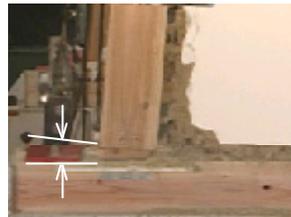


Photo 6. Separation of a column from a sill in the mud wall specimen

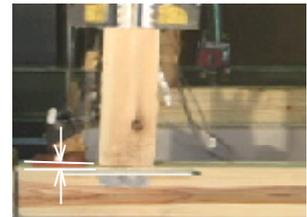


Photo 7. Separation of a column from a sill in the penetrating tie beam specimen

Table 3. Multipliers of bearing walls

試験体名	実験結果より算出した壁倍率	現行の壁倍率
短ほぞ105角	0.1	0
短ほぞ150角	0.2	0
長ほぞ120角	0.2	0
長ほぞ150角	0.3	0
土塗小壁	0.5	0.1
合板小壁	0.3	0.5
貫	0.2	0
土壁	2.8	0.5
筋かい	1.5	2.0

出した土壁の壁倍率は、建築基準法で定められた壁倍率よりも相当大きく、土壁の壁倍率の見直しが必要である。

謝辞

本実験を行うに当たって、京都大学防災研究所技官市川信夫氏、京都大学大学院清水秀丸氏、前野将輝氏並びに金沢工業大学卒論生齊藤美保氏、南谷恵氏、原知子氏、小栗一哉氏に多大な協力を受けました。ここに、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 後藤正美, 山田真澄, 鈴木祥之: 単位木造フレームを用いた動的・静的実験による木造軸組の耐震性能評価(その1: 実験概要), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2002掲載予定
- 2) 杉山亮太, 山田真澄, 後藤正美, 鈴木祥之: 単位木造フレームを用いた動的・静的実験による木造軸組の耐震性能評価(その2: 短・長ほぞによる木造軸組の耐震性能), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2002掲載予定
- 3) 山田真澄, 後藤正美, 鈴木祥之: 単位木造フレームを用いた動的・静的実験による木造軸組の耐震性能評価(その3: 小壁、全面壁による木造軸組の耐震性能), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2002掲載予定
- 4) 日本建築学会「木構造と木造文化の再構築」特別研究委員会, 日本建築学会近畿支部: 木構造と木造文化の再構築, pp126-151, 2001.