

〈資料〉

土塗り壁の水平加力試験

中田欣作

奈良県内の土塗り壁の耐力壁としての強度性能を把握するために、伝統的な方法によって作製した土塗り壁の水平加力試験を行った。標準タイプの土塗り壁では、変形角が $1/10\text{rad}$ 以上となっても荷重が低下しない非常に粘り強い強度性能を示した。短期基準せん断耐力は真の変形角が $1/150\text{rad}$ 時の耐力で決定される 6.8kN であり、これより壁倍率は 1.9 と試算され、建築基準法の告示で規定されている壁倍率の 1.5 を上回る優れた性能を示した。土塗り壁に厚さ 45mm の筋かいをハの字に用いた小筋かいタイプおよび同様の筋かいを一間幅にたすき掛けした大筋かいタイプでは、短期基準せん断耐力はそれぞれ真の変形角が $1/150\text{rad}$ 時の耐力で決定される 12.4kN および終局耐力で決定される 15.3kN であり、これらより壁倍率は 3.5 および 4.3 と試算された。小筋かいタイプの実験値は、土塗り壁の規定値 1.5 に筋かい耐力壁の規定値 2.0 を加算した壁倍率 3.5 と同等であった。大筋かいタイプの実験値は、土塗り壁の規定値 1.5 に筋かいのたすき掛け耐力壁の規定値 4.0 を加算した壁倍率 5.5 より低くなった。

1. はじめに

木造住宅の耐力壁は、柱、梁桁等の横架材、土台、筋かい、間柱および壁材料で構成されており、住宅に作用する鉛直荷重や水平荷重に抵抗して、住宅が過度に変形したり倒壊したりすることを防止している。耐力壁には、筋かい耐力壁や合板張り耐力壁などの現代構法の壁とともに、土塗り壁、面格子壁および落とし込み板壁などの伝統構法の壁があり、それらの耐力は壁倍率として建築基準法で定められている。これらの中では、筋かい耐力壁や合板張り耐力壁などの現代構法の壁が一般的であるが、伝統構法の耐力壁である土塗り壁を望んでいる施主がいる。従来は土塗り壁の耐震性の評価は壁倍率 0.5 と低く、伝統的な構法での土塗り壁を用いた住宅を建築することが難しかった。しかし、近年では一定の仕様規定を満たすことにより壁倍率は 1.0 あるいは 1.5 とすることができるようになり¹⁾、住宅に土塗り壁を用いることが容易になってきている。

土塗り壁は、各地方によって施工方法が多様であり、施工者の技量や使用する壁土などの材料によっても強度は異なり、それに伴って耐震性能も異なってくると考えられている。そこで、各地域の伝統的材料と技術を生かした土壁を作製し、耐力壁の水平加力試験を行って耐震性を確認する試みが行われている^{2,5)}。

本研究では、奈良県内の土塗り壁の耐力壁としての強度性能を把握するために、伝統的な方法によって土塗り壁を作製し、その耐力壁の水平加力試験を行うとともに、比較対照のため貫構造耐力壁、筋かい耐力壁および合板

張り耐力壁の水平加力試験を行った。また、完全弾塑性モデル化による強度特性を求めるとともに壁倍率を試算して耐力壁としての耐震性の評価を行った。

なお、本試験は匠の家開発事業協同組合からの受託研究として行ったものである。

2. 材料および方法

2.1 土塗り壁の製作と供試材料

図1に土塗り壁の製作工程を示す。ヒノキ製材品の柱3本、土台および梁を長ほぞ、込み栓打ち接合した後、ヒノキ製材品の貫を柱の貫穴に貫通させてカシ製の楔で接合した。その後、間渡し竹を貫にくぎ止めし、更に竹小舞を縄でくくり付けた。片面の荒壁塗りした後、送風乾燥を3週間行い、裏側の荒壁塗りである裏返しを行った。その後6週間の送風乾燥を行い、荒壁のひび割れを埋める大直しを行った。更に3週間の送風乾燥を行い、壁土と木材との隙間を埋めるちり廻り塗りおよび仕上げの中塗りを行った。最後に、3ヶ月の送風乾燥を行い、荒壁塗りから6ヶ月後に後述する試験を行った。なお、実際の住宅の場合では、最終的な仕上げとして漆喰塗りが行われる。

表1に供試した耐力壁を示す。土塗り壁は、標準タイプと2種類の筋かいを用いたタイプの合計3タイプとした。比較対照のために、土塗り壁と同じ貫構造の耐力壁3タイプと現代構法の筋かい耐力壁および合板張り耐力壁を用いた。試験体数は各1体とした。すべての試験体では 105mm 角のヒノキ製材品の柱3本および土台、幅 105mm

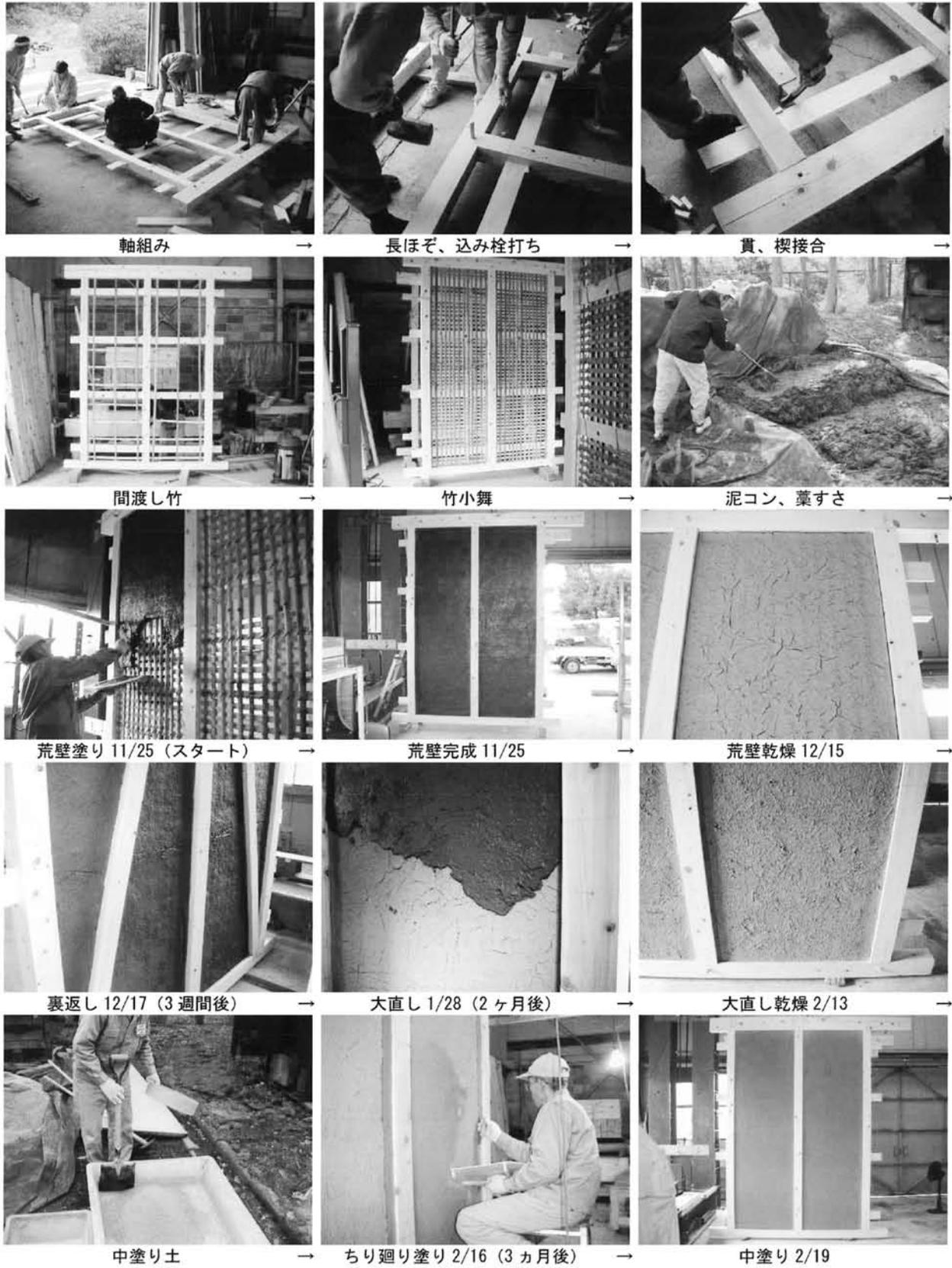


図1 土塗り壁の製作工程

2本を打ち込んだ。大筋かいタイプでは、柱と筋かいの交差部分は、筋かいの厚さを30mmに落とすとともに柱を片側30mmずつ欠き込んではめ込み、長さ75mmの木ねじ4本で止めた。

筋かい耐力壁では、幅105mm×厚さ30mmの間柱2本を土台および梁との交差部分にN45くぎ2本で止めるとともに、幅90mm×厚さ45mmのヒノキ製材品の筋かいを半間幅にハの字にして筋かい金物で止めた。筋かいと間柱は交差部の上下で各1本合計2本のN45くぎで止めた。

合板張り耐力壁では、筋かい耐力壁と同様に間柱をつけた後、厚さ12mmのラワン合板を、柱、間柱、土台および梁にN50くぎを用いて間隔150mmで止めた。

2.2 耐力壁の水平加力試験および壁土の圧縮試験の方法

図2に耐力壁の水平加力試験の方法を示す。耐力壁の水平加力試験は、標準的な試験方法⁶⁾に準拠して行った。耐力壁の寸法は、幅（両側の柱の間隔）1820mm、高さ（梁と土台の間隔）2842.5mmとした。試験体の設置方法は、土塗り壁および貫構造耐力壁ではタイロッド式、筋かいおよび合板張り耐力壁では無載荷柱脚固定式とした。タイロッド式では、両側の柱部分でタイロッドを用いて柱の浮き上がりを防止した。無載荷柱脚固定式では、柱脚と柱頭をホールダウン金物で補強した。土塗り壁およびその他の耐力壁では、それぞれ土台の2ヶ所および3ヶ所をボルトと座金で試験装置に固定した。加力方法は正負交番繰り返し加力とし、見かけの変形角が1/600, 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75および1/50radの正負変形時において、それぞれ3回の繰り返し加力を行った後、圧縮方向の加力で破壊するものとした。なお、無載荷柱脚固定式では1/600radでの加力を行う必要がない。荷重速度は30mm/minとした。梁の水平変位は精度1/20mmの（株）東京測器研究所製ひずみゲージ式ワイヤー変位計DP-500CS（DP-500Cの分解能を2倍にしたもの）で測定した。土台の水平変位は精度1/500mmの（株）東京測器研究所製ひずみゲージ式変位計CDP-25で測定した。垂直変位は精度1/200mmの（株）東京測器研究所製ひずみゲージ式変位計CDP-50を用いて左右の柱各2ヶ所および土台の両端で測定した。荷重は精度1/100kNの（株）東京測器研究所製ロードセルTCLP-200KNBで測定した。以上の測定は（株）東京測器研究所製データロガーTDS-303を用いて1秒間隔の設定で行った。

柱、梁、土台および筋かいの試験時の含水率は、貫構造耐力壁では20.9%（最小14.0%、最大27.0%）、土塗り壁では18.2%（最小12.0%、最大23.5%）であった。

図3に壁土の圧縮試験の方法を示す。壁土は荒壁用お

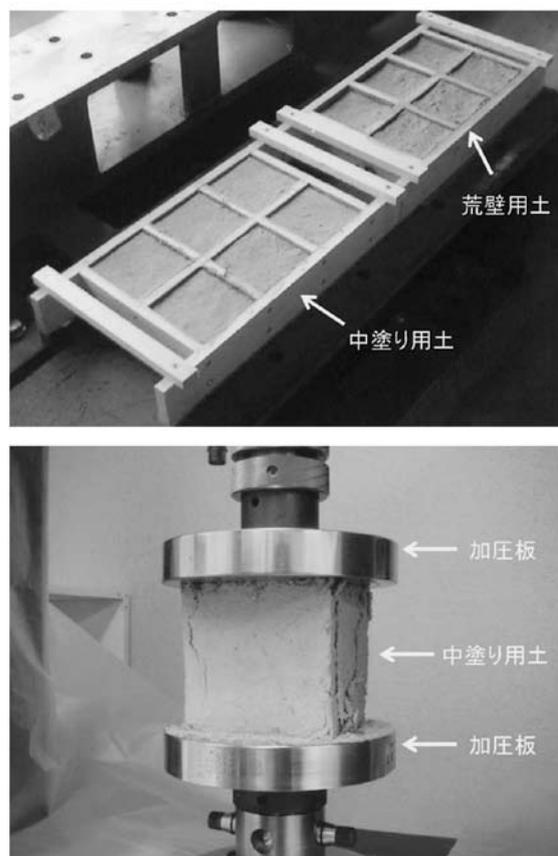


図3 壁土の圧縮試験

よび中塗り用について、土塗り壁の作製時に幅100mm×長さ100mm×深さ70mmの木製の枠の中に壁土を入れた後室内で乾燥させて試験に用いた。壁土はインストロン万能試験機を用いて荷重速度1mm/分で厚さと直角方向に加力した。試験体数は各6体とした。

なお、壁土の強度性能は土塗り壁の強度性能に大きく影響をおよぼすとともに、産地によってばらつきがあることが知られている¹⁾。そこで、奈良県産の壁土と他地域の壁土の圧縮強さの比較を行うとともに、建築基準法の告示における壁土の仕様規定¹⁾を満たしているかの確認を行うことを目的として壁土の圧縮試験を行った。

2.3 水平加力試験における特徴点の抽出と完全弾塑性モデル化

PickPoint⁷⁾を用いて水平加力試験における荷重-せん断変形角曲線の特徴点の抽出と完全弾塑性モデル化を行い、図4に示すように強度特性を決定した。以下にその概要を示す。

1. 最大荷重 P_{max} を求め、包絡線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結ぶ第I直線を引く。
2. 包絡線上の $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結ぶ第II直線を引く。

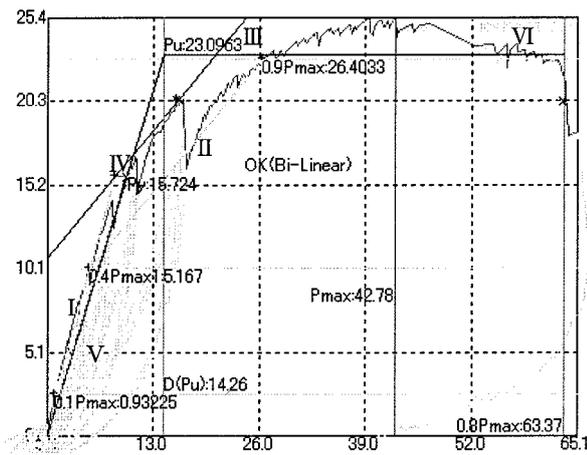


図4 PickPointで抽出した荷重－せん断変形角曲線の特徴点（土塗り壁：小筋かいタイプ）

3. 包絡線に接するまで第II直線を平行移動し、これを第III直線とする。
4. 第I直線と第III直線との交点の荷重を降伏耐力 P_y とし、この点からX軸に平行に第IV直線を引く。
5. 第IV直線と包絡線との交点の変位を降伏変位 δ_y とする。
6. 原点と (P_y, δ_y) を結ぶ直線を第V直線とし、それを初期剛性 K と定める。
7. 最大荷重後の $0.8P_{max}$ 荷重低下域の包絡線上の変位を終局変位 δ_u と定める。
8. 包絡線とX軸および δ_u で囲まれる面積を S とする。
9. 第V直線と δ_u とX軸およびX軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるようにX軸に平行な第VI直線を引く。
10. 第V直線および第VI直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力 P_u と定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位 δ_v とする。
11. 塑性率 $\mu = (\delta_u / \delta_v)$ とする。
12. 構造特性係数 D_s は、塑性率 μ を用い、 $D_s = 1 / \sqrt{\mu - 1}$ とする。

3. 結果と考察

3.1 耐力壁の水平加力試験の結果

図5～7に耐力壁の荷重－せん断変形角曲線および破壊形態を示す。変形角は無載荷柱脚固定式である筋かいおよび合板張り耐力壁ではみかけのせん断変形角を用い、タイロッド式である土塗り壁および貫構造の耐力壁

では真のせん断変形角を用いた。みかけのせん断変形角は梁と土台の水平変位から算出し、真のせん断変形角は見かけのせん断変形角と両側の柱の鉛直変位から算出した脚部のせん断変形角の差として算出した。

標準タイプの土塗り壁では、土塗り壁が土台および梁に大きくめり込んで変形角が $1/10\text{rad}$ 以上となっても荷重が低下しなかったため試験を終了した。貫の位置等での土塗り壁のひび割れが数本認められたがはく落は発生しなかった。土塗り壁の隅部は土台に大きくめり込むとともに、荒壁と中塗り壁のはく離が認められ、中塗り壁のふくらみも発生した。

小筋かいタイプの土塗り壁では、変形角 0.063rad において圧縮側筋かいが上部の梁との木ねじによる接合部分で面外に外れて荷重が 10.7kN まで低下した。引張側筋かいでは、上部は木ねじが3本とも折れており、下部は土台が破壊しており、抵抗能力はほとんどなかったと考えられる。荷重低下後の残存荷重 10.7kN は貫構造の木造軸組みと土塗り壁の抵抗能力によるものと考えられ、前述の標準タイプの土塗り壁における同等の変形角での耐力 11.2kN とほぼ合致した。土塗り壁の隅部は土台にめり込むとともに、ひび割れは軽微なものが数本認められた。梁には中央の柱付近の切り欠き部分に割れが生じるとともに、圧縮筋かいに押し上げられて曲がりが生じた。

大筋かいタイプの土塗り壁では、変形角 0.013rad において引張側筋かい付近の土台の切り欠き部分に割れが発生し、左柱に過大な引き抜き力が発生したためタイロッドの上部金具が破損すると同時に土台が引張り破壊して荷重が 8.9kN まで低下した。裏側の圧縮側筋かいでは、土台には特に損傷は認められず、梁には割れが生じていたが、抵抗能力は十分にあったと考えられる。土塗り壁の隅部には軽微なつぶれが生じたが目立った損傷は発生しなかった。荷重低下後にやや荷重が回復したが、この残存荷重 10.2kN は小筋かいタイプと同様に土塗り壁の耐力とほぼ合致した。

標準タイプの貫構造耐力壁では、貫が柱に大きくめり込んで変形角が $1/10\text{rad}$ 以上となっても荷重が低下しなかったため試験を終了した。柱と土台および梁を止めていた込み栓には曲がり認められたが大きな破損は生じていなかった。貫と柱の接合部分では、楔が圧縮されて大きく変形するとともに、貫に圧縮変形が生じていた。

小筋かいタイプの貫構造耐力壁では、変形角 0.041rad において圧縮側筋かいが上部の梁との木ねじによる接合部分で面外に外れて荷重が 4.4kN まで低下した。引張側筋かいでは、土台側は土台との隙間が生じている程度で

あったが、梁側は木ねじが3本とも折れており、抵抗能力はほとんどなかったと考えられる。荷重低下後の残存荷重4.4kNは貫構造の木造軸組みの抵抗能力によるものと考えられ、前述の貫構造耐力壁における同等の変形角での耐力4.7kNとほぼ合致した。

大筋かいタイプの貫構造耐力壁では、変形角1/50までの1回目の加力において変形角0.014radで圧縮側筋かい

の上部仕口が梁を圧壊させて荷重が25.0kNまで低下した。2回目の加力では荷重の最大値は18.5kNであった。裏側の引張側筋かいの端部ではビスの引き抜けが認められたが、耐力は保持しているように考えられる。圧縮側筋かいの下側では破壊は認められなかった。従って、最終的な耐力は、引張側筋かいと圧縮側筋かいの下半分の負担によるものと考えられる。

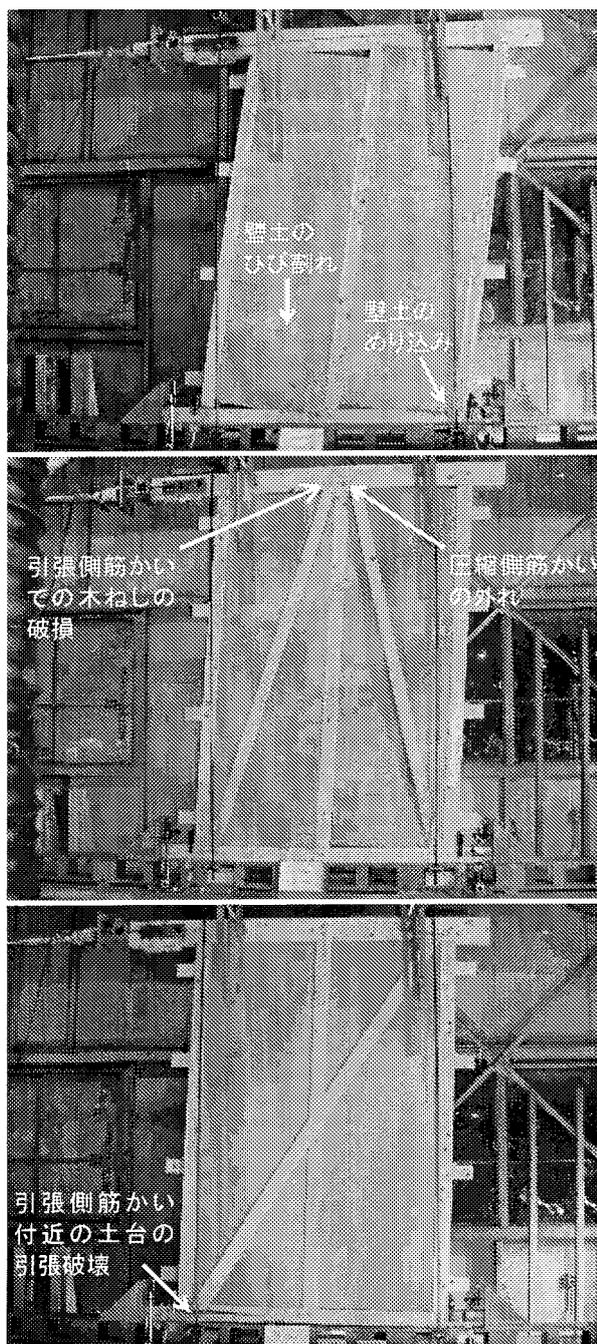
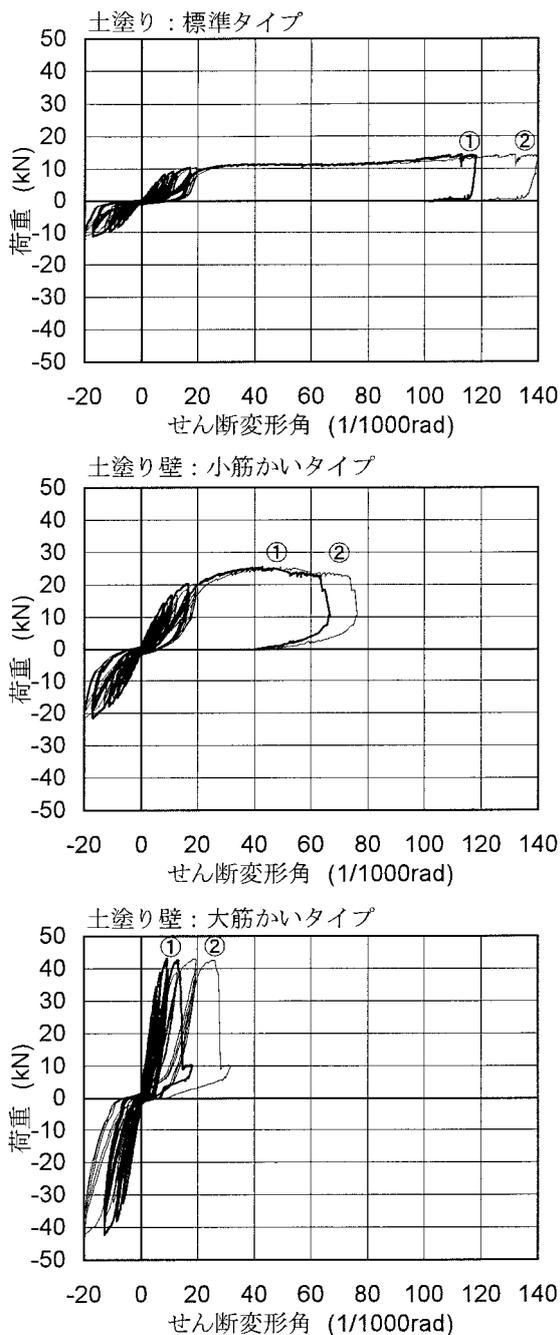


図5 土塗り壁の荷重—せん断変形角曲線および破壊形態

①—：真のせん断変形角、②—：みかけのせん断変形角

筋かい耐力壁では、変形角1/150rad付近から圧縮側筋かいの座屈が始まり、1/75radで間柱が割裂した。これらに伴う筋かいの面外への座屈により荷重が増加しなくなった。その後、引張側筋かいの下部の土台との接合部分において、引張側筋かいが木ねじ部分で引張破壊して荷重が8.7kNまで低下した。圧縮側筋かいでは端部の土台へのめり込みがみられたが、十分に耐力を保持してい

ると考えられる。

合板張り耐力壁では、合板と柱をとめているくぎが抜けて、合板が面外にはがれて荷重が徐々に低下した。試験終了時には、合板をとめているくぎはほとんど抜けており、間柱には割れが発生していた。柱脚柱頭金物には破損は認められなかった。

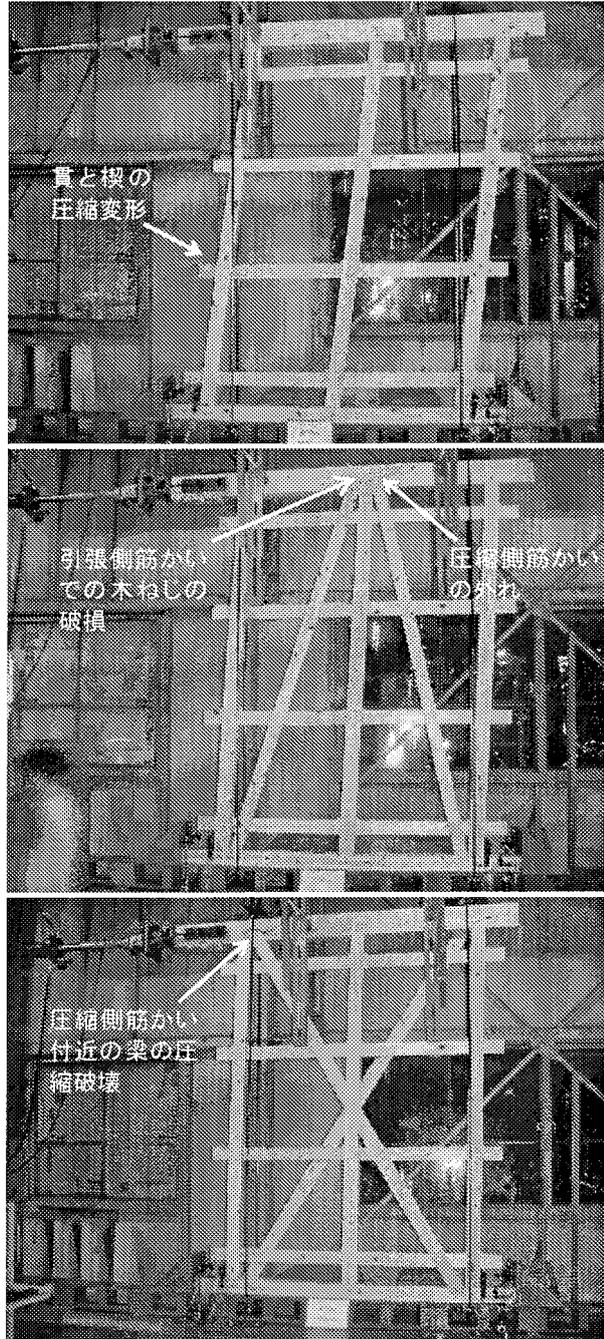
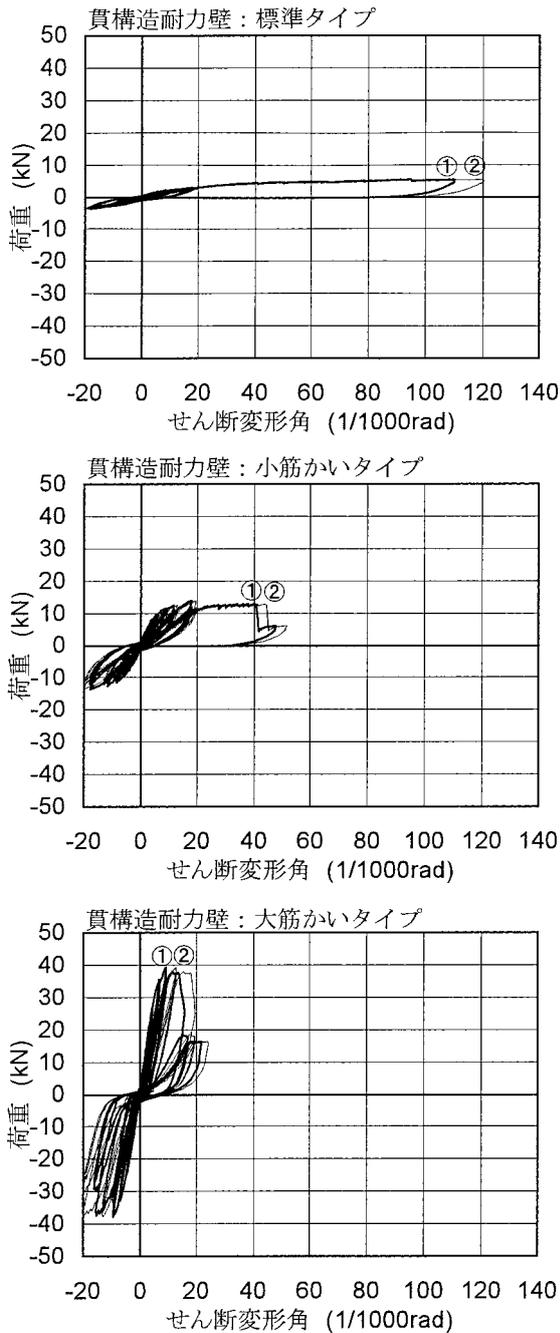


図6 貫構造耐力壁の荷重—せん断変形角曲線および破壊形態

①—：真のせん断変形角、②—：みかけのせん断変形角

3.2 耐力壁の強度性能

表2にPickPointを用いて求めた耐力壁の強度特性、表3に耐力壁の短期基準せん断耐力および壁倍率を示す。短期基準せん断耐力は、最大荷重、降伏耐力、終局耐力および見かけの変形角が1/120rad時（無載荷柱脚固定式）あるいは真の変形角が1/150rad時（タイロッド式）の耐力（以下、特定耐力と記す。）の最も小さい値から求めた。

標準および小筋かいタイプの土塗り壁と標準タイプの貫構造耐力壁では特定耐力が最小値となった。小筋かいタイプの貫構造、筋かいおよび合板張り耐力壁では降伏耐力から求めた短期基準耐力が最小値となった。大筋かいタイプの土塗り壁および貫構造耐力壁では終局耐力から求めた短期基準耐力が最小値となった。壁倍率は耐力の最小値を係数(=1.96)および壁の長さで除して求めた。

筋かいおよび合板張り耐力壁については、建築基準法施行令での壁倍率はそれぞれ2.0および2.5であり、実験値はこれらよりやや高い値となった。これは、標準的な試験方法では柱および土台にスギ、梁にベイマツを用いるのに対して、本試験では柱、土台および梁にヒノキを

用いたこと、合板が標準の厚さの9mmより厚い12mmであったためと考えられる。

貫構造耐力壁については、建築基準法では耐力壁として認められていないが、標準タイプの実験値は壁倍率0.5であった。貫に大小2種類の筋かいを併用した耐力壁では、筋かい耐力壁の壁倍率と同等の実験値が得られ、筋かい金物を使用しないでも耐力壁として十分な性能を有しているといえる。

土塗り壁の標準タイプでは実験値は壁倍率1.9となった。告示¹⁾での壁倍率は1.5であり、実験値はこれと同等であると考えられる。土塗り壁に大小2種類の筋かいを併用した場合には、建築基準法で認められているように壁倍率の加算をしてみると、それぞれの壁倍率は3.5（土塗り壁1.5+筋かい2.0）および5.5（土塗り壁1.5+筋かいのたすき掛け4.0）となる。小筋かいタイプでは実験値はこれと同等であるが、大筋かいタイプではこれよりやや低くなった。小筋かいタイプでは、壁倍率は特定耐力で決定されるため、両者の加算が成立しているといえる。大筋かいタイプでは、特定耐力に関する加算は成立

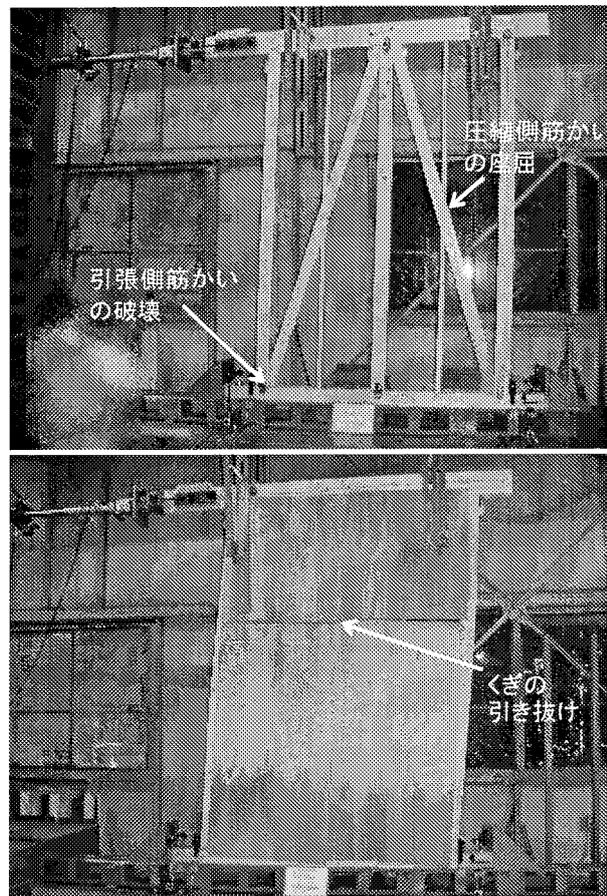
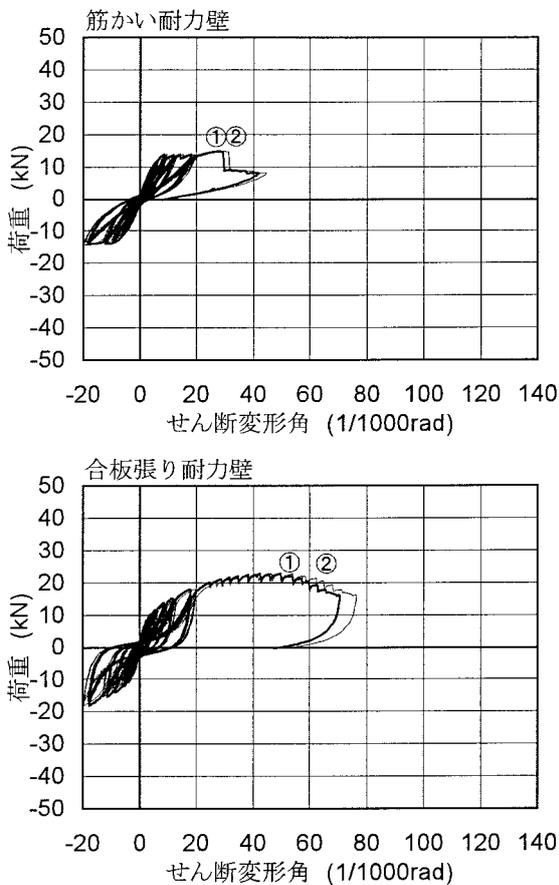


図7 筋かいおよび合板張り耐力壁の荷重—せん断変形角曲線および破壊形態

①—：真のせん断変形角、②—：みかけのせん断変形角

していると考えられるが、壁倍率は終局耐力で決定されるために壁倍率の加算が成立しないといえる。

図8に土塗り壁と貫構造耐力壁の荷重-せん断変形角曲線の包絡線を示す。土塗り壁を貫構造耐力壁と比較すると、標準タイプでは、最大荷重は2.6倍、初期剛性は3.9倍となった。小筋かいタイプでは、最大荷重は1.8倍となったが、初期剛性は0.8倍と逆に低くなった。大筋かいタイプでは、最大荷重は1.1倍、初期剛性は1.0倍であり、ほぼ同等の性能であった。標準タイプにおいて、土塗り壁の耐力から貫構造耐力壁の耐力を差し引いてみると、変形角0.01~0.02rad付近までは変形角の増加とともに耐力が増加し、その後は6~7kNのほぼ一定した耐力を示す。この耐力値は土塗り壁実質の耐力を示していると考え

えられる。小筋かいおよび大筋かいタイプにおいても初期の変形角では同様の傾向を示した。しかし、小筋かいタイプでは、その後も荷重の増加が認められた。

これらより、標準タイプの土塗り壁においては初期変形角から降伏荷重に至るまでは、貫構造の木造軸組みの抵抗要素よりも土塗り壁の抵抗要素の方が大きいといえる。筋かいを併用した場合には、大筋かいタイプでは全般において筋かいの効果が高いが、小筋かいタイプでは荷重初期では筋かいの効果が高いが、最大荷重では両者の効果は拮抗しているといえる。

図9に土塗り壁、貫構造耐力壁および筋かい耐力壁の荷重-せん断変形角曲線の包絡線を示す。小筋かいタイプの土塗り壁あるいは貫構造耐力壁と筋かい耐力壁を比

表2 耐力壁の強度特性

項目	単位	土塗り壁	土塗り壁	土塗り壁	貫構造	貫構造	貫構造	筋かい	合板張り
		標準	小筋かい	大筋かい	標準	小筋かい	大筋かい	耐力壁	耐力壁
最大荷重	kN	14.3	25.4	43.1	5.4	13.8	39.2	14.9	22.8
降伏耐力	kN	9.7	15.7	29.0	3.0	7.8	22.6	7.7	11.8
終局耐力	kN	11.7	23.1	40.7	4.8	12.2	36.4	13.5	20.2
特定耐力	kN	6.8 ^{a)}	12.4 ^{a)}	38.2 ^{a)}	1.8 ^{a)}	10.3 ^{a)}	35.1 ^{a)}	13.3 ^{b)}	12.9 ^{b)}
最大変形角	1/1000rad	112.9	42.8	9.2	108.7	18.0	9.2	30.4	46.3
降伏変形角	1/1000rad	14.5	9.7	4.3	17.0	3.8	3.5	3.3	7.1
終局変形角	1/1000rad	118.1	63.4	13.8	110.2	40.7	14.7	31.4	68.2
降伏点変形角	1/1000rad	17.5	14.3	6.1	27.9	5.9	5.7	5.8	12.2
初期剛性	kN/rad	670	1620	6670	170	2050	6380	2320	1660
塑性率		6.75	4.44	2.26	3.94	6.85	2.58	5.39	5.59
Ds		0.28	0.36	0.53	0.38	0.28	0.49	0.32	0.31

特定耐力：a) 真の変形角が1/150rad時の耐力、b) みかけの変形角が1/120rad時の耐力、最大変形角：最大耐力時の変形角、Ds：構造特性係数

表3 耐力壁の短期基準せん断耐力および壁倍率

項目	単位	土塗り壁	土塗り壁	土塗り壁	貫構造	貫構造	貫構造	筋かい	合板張り
		標準	小筋かい	大筋かい	標準	小筋かい	大筋かい	耐力壁	耐力壁
最大荷重	kN	9.6	16.9	28.7	3.6	9.2	26.1	9.9	15.2
降伏耐力	kN	9.7	15.7	29.0	3.0	7.8	22.6	7.7	11.8
終局耐力	kN	8.3	13.0	15.3	2.5	8.7	14.8	8.5	12.9
特定耐力	kN	6.8	12.4	38.2	1.8	10.3	35.1	13.3	12.9
最小値	kN	6.8	12.4	15.3	1.8	7.8	14.8	7.7	11.8
壁の長さ	m	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
壁倍率		1.9	3.5	4.3	0.5	2.2	4.2	2.2	3.3
規定値		1.5	3.5	5.5	-	2.0	4.0	2.0	2.5

最大荷重：最大荷重×(2/3)、降伏耐力：表2と同じ、終局耐力：終局耐力×(0.2/Ds)、特定耐力：表2と同じ、太字は短期基準せん断耐力の最小値、規定値：建築基準法および告示での壁倍率

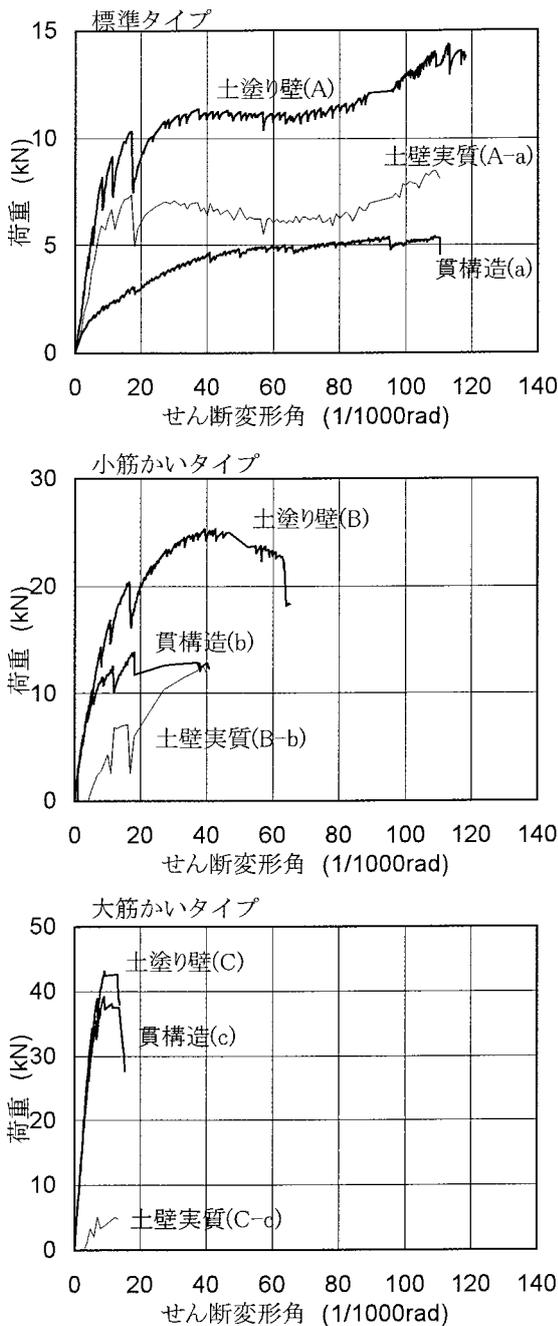


図8 土塗り壁と貫構造耐力壁の比較

較すると、初期の変形角では両者の荷重-せん断変形角曲線はほぼ同一であり、この領域では筋かいの効果が高いといえる。土塗り壁あるいは貫構造耐力壁の耐力に筋かい耐力壁の耐力を加算したものと小筋かいタイプの土塗り壁の耐力を比較すると、前者の方がやや高くなるが、両者は同様の傾向を示す。これより初期変形角以降では、小筋かいタイプの耐力壁は土塗り壁あるいは貫構造耐力壁と筋かい耐力壁の耐力の足し合わせたものであるとい

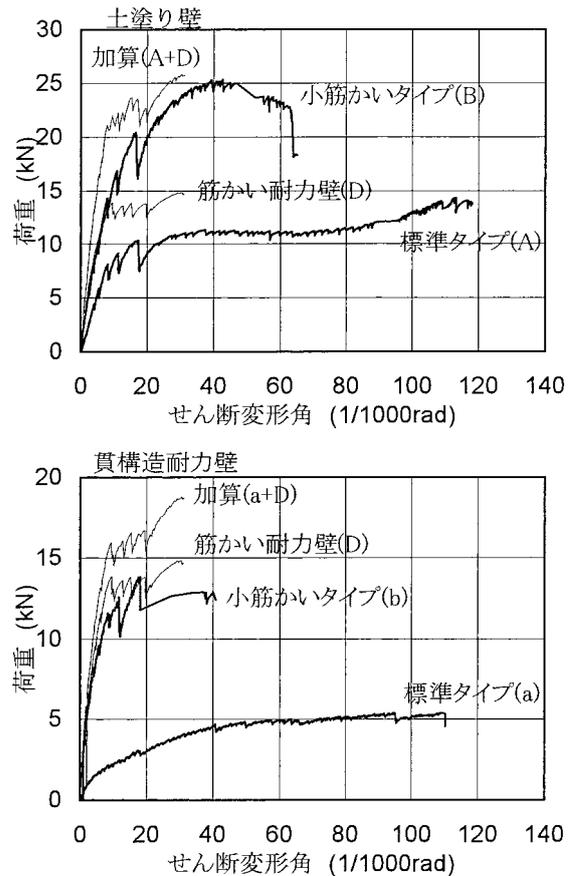


図9 土塗り壁および貫構造耐力壁における筋かいの効果

える。また、小筋かいタイプの最大荷重時の変形角は筋かい耐力壁のそれよりも大きくなっており、これは前者の筋かいは後者のそれよりも多くの木ねじで固定されており、面外への座屈が抑制されたためと考えられる。

3.3 他地域の土塗り壁との比較

図10に壁土の圧縮試験における圧縮応力とひずみとの関係を示す。中塗り用土と荒壁用土の密度、圧縮強さおよび最大耐力時の変位は、それぞれ1.59 g/cm³と1.26g/cm³、0.847 N/mm²と0.467N/mm²および0.0263と0.0786であった。奈良県産の壁土の圧縮強度は、標準とされる熊本県産の中塗り用土 (圧縮強さ=0.559 N/mm²)¹⁾ および荒壁用土 (圧縮強さ=0.333 N/mm²)¹⁾ よりも高いが、京都産の荒壁用土 (圧縮強さ=0.740 N/mm²)¹⁾ よりも低かった。

表4に他地域の土塗り壁の仕様と強度性能を示す。奈良県の土塗り壁は、他地域と比較すると、秋田県のものより壁倍率が高いが、熊本県、京都府および香川県のものより壁倍率が低くなった。各地域の土塗り壁は細かな仕様が異なるため一概に比較ができないが、奈良県産の壁土の強度性能が中庸であることを考慮すると、奈良県の土塗り壁の壁倍率がやや低いのはその構造に原因があ

ると考えられる。奈良県の土塗り壁では、壁倍率を決定する4つの短期基準せん断耐力の中で特定耐力が最も低く、他地域の土塗り壁と比較すると特にこの耐力が低くなっている。奈良県の土塗り壁の他地域のそれらとの大きな違いは、他地域のものでは縦貫が入っている部位に柱があることである。この柱によって両側の土塗り壁が一体となっていないこと、壁土と柱等の軸組みととの間の隙間が発生する箇所が多くなることや壁倍率が低くなる原因であると考えられる。

建築基準法の告示において土塗り壁に要求される仕様規定¹⁾と本試験で用いた土塗り壁の仕様を表5に示す。本試験で用いた土塗り壁は小舞竹の間隔が仕様規定よりやや大きくなっているが、その他の項目は仕様規定を満足している。小舞竹の間隔については、間隔が1.4倍違

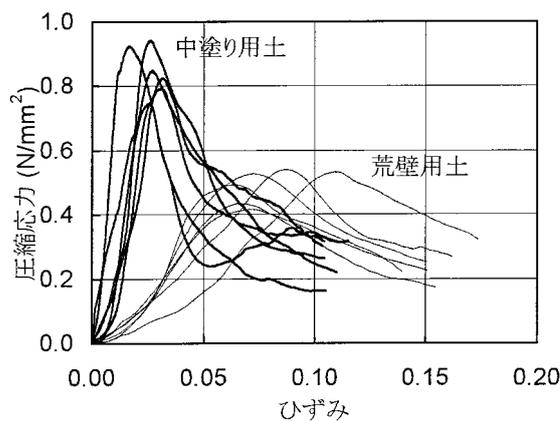


図10 壁土の圧縮試験における圧縮応力とひずみとの関係

表4 他地域の土塗り壁との比較

		奈良県	熊本県 ²⁾	京都府 ³⁾	秋田県 ³⁾	京都府 ⁴⁾	香川県 ⁵⁾
試験体数		1	1	2	2	3	1
柱	mm	ヒノキ	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ
		105 × 105	105 × 105	105 × 105	118 × 118	105 × 105	105 × 105
土台	mm	ヒノキ	スギ	スギ	スギ	ヒノキ	スギ
		105 × 105	105 × 105	105 × 105	118 × 118	120 × 120	105 × 105
縦貫 (中間柱)	mm	ヒノキ	スギ	スギ	-	スギ	スギ
		105 × 105	15 × 105	15 × 105		15 × 105	15 × 105
梁	mm	ヒノキ	スギ	スギ	スギ	ヒノキ	スギ
		105 × 180	105 × 180	105 × 180	118 × 118	120 × 120	105 × 180
貫	mm	ヒノキ	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ
		15 × 100	15 × 105	15 × 105	27 × 118	15 × 105	15 × 105
		4段	3段	3段	3段	3段	3段
間渡し竹	mm	25 ~ 27 × 5	30	21 ~ 24 × 3	スギ24 × 9	30	φ15
小舞竹	mm	25 ~ 27 × 5	20	18 ~ 21 × 3	スギ21 × 9	12	20
荒壁	mm	45	40	35 ~ 40	50 ~ 60	42	51
中塗り	mm	15 × 2	15 × 2	10 ~ 15	15 ~ 20	9 × 2	23
塗り厚	mm	75	73	60	90	60	74
壁の高さ	mm	2843	2730	2720	2730	2500	2730
壁の幅	mm	1820	1820	1820	1820	1960	1820
最大荷重	kN	9.6	11.4	11.7	5.9	9.8 ^{a)}	14.0
降伏耐力	kN	9.7	11.7	11.0	5.3	9.1 ^{a)}	12.2
終局耐力	kN	8.3	8.1	8.9	4.9	10.9 ^{a)}	12.0
特定耐力	kN	6.8	12.0	14.3	7.5	7.6^{a)}	17.5
壁倍率		1.9	2.3	2.5	1.3	2.0 ^{a)}	3.4

最大荷重、降伏耐力、終局耐力、特定耐力：表3と同じ、太字は短期基準せん断耐力の最小値

a) 信頼水準75%における50%下側許容限界値、その他は平均値あるいは実験値

表5 土塗り壁の仕様規定と本試験の土塗り壁の仕様

項目	仕様規定	本試験の仕様
貫	厚さ1.5cm、 幅10cm以上	厚さ1.5cm、 幅10cm
貫の間隔	91cm以下の間隔、 3本以上	70~80cm間隔、 4本
間渡し竹	幅2cm以上	幅2.4cm
小舞竹	幅2cm以上、 間隔4.5cm以下	幅2.4cm、 間隔5.4cm
荒壁土	圧縮強さ0.30N/mm ² 以上	0.467N/mm ²
中塗り土	圧縮強さ0.55N/mm ² 以上	0.847N/mm ²
塗り厚	7cm以上	7.5cm
壁倍率	1.5	1.9

う場合には強度性能に差が生じるとの報告⁹⁾がある。本試験では十分な耐力が得られているとともに、仕様の差は小さいため、この項目の仕様の違いによる性能の低下については考慮する必要はないと考えられる。

謝辞

本研究についてご助言いただいた金沢工業大学の鈴木有名誉教授および京都府立大学の田淵敦士講師に謝意を表します。

引用文献

- 1) 土塗壁等告示に係る技術解説書作製編集委員会：“土塗壁・面格子壁・落とし込み板壁の壁倍率に係る技術解説書”，東京，日本住宅・木材技術センター，2004.
- 2) 三芳紀美子、大橋好光：土壁の強度に関する研究. 日本建築学会大会学術講演梗概集C-1構造Ⅲ，北陸，2002, p207-208
- 3) 岡本滋史、澤田 圭、村上雅英、鈴木 有、稲山正弘：部分壁体試験に基づく土壁のせん断力-変形角関係および壁倍率の推定方法と検証. 日本建築学会構造系論文集、621、103-110 (2007)
- 4) 田淵敦士、北守顕久、森 拓郎、小松幸平：京町屋型土壁の水平せん断性能. 日本建築学会構造系論文集、605、143-150 (2006)
- 5) 土壁ネットワーク：“土壁の耐震性向上のための技術的研究報告書”，高松，土壁ネットワーク，1-154, 2009
- 6) 日本住宅・木材技術センター：“木造軸組工法住宅の許容応力度設計”，東京，日本住宅・木材技術センター，2008, p.563-592.
- 7) 軽部正彦、原田真樹、林知行：荷重変形曲線のモデル化とその問題点共有のための提案：特徴点抽出の自動化ツールについて，日本建築学会学術講演梗概集C-1構造Ⅲ，関東，2001, p.215-216.

(2010年1月20日受理)