

【様式1】

概要書

<p>研究名</p>	<p>香川県産粘土による強度改善した壁土を用いた土塗壁の実大実験</p>
<p>民間機関等 (相手方)の 名称</p>	<p>NPO 法人 土壁ネットワーク</p>
<p>研究の概要</p>	<p>1. はじめに</p> <p>香川県丸亀市及びその周辺地域には、「土塗壁」による伝統的軸組構造の歴史的木造建物が多く残り、地域の景観を特徴づける重要な要素となっている。しかし、暮らしの多様化や高齢化など社会変化に対応できず放置や解体が進んでいる。このような木造建物に関しては、工務店や設計者など技術者の改修技術や技術情報が十分でないため、利用者や所有者が木造建物を壊さずに使うという選択を困難にする要因の一つとなっている。</p> <p>土塗壁は木造軸組に竹材などで小舞下地を組み、壁土を塗り付けて仕上げる。土壁に用いられる壁土は身近に採取できる粘性のある土に砂や藁すさを混ぜ合わせて作製される。土壁の耐力のほとんどは壁土が負担するため、土壁を用いた建物の耐震性能を評価するうえで、壁土の強度を把握することは重要である。申請者らは貴校及び香川大学との共同研究により、壁土の強度は地域によって大きく異なることや、香川県産の粘土はその強度が他地域と比較して優れていることを明らかにした。また壁土の強度を計測することで土壁の耐震性能を予測する手法を構築しており、簡易な壁土の強度試験結果から様々な形状の土壁の耐震性能を評価できる。</p> <p>本研究では、壁土強度が劣る地域に対して、香川県産の良質な粘土を用いて壁土の強度改善を行い、それらを用いた土塗壁の実大実験を実施することで、その耐震性能を評価する。既報りにおいては、壁土の圧縮強度の低い地域の粘土に香川の粘土を配合することで壁土の強度性能が向上している。本研究では、産地の異なる壁土として新たに荒木田土を香川の粘土と配合し、土塗壁の耐力変形角関係及び破壊性状を確認することを目的とする。本報では、これらの実大土塗壁の静的水平加力実験結果を述べる。さらに、画像計測装置による土塗壁の面外変形について述べる。</p>

2. 土塗壁の静的水平加力実験概要

荒木田土に香川粘土を配合することによる土塗壁の耐震性能への影響を把握するため、実大実験を行った。図1に実大試験体と載荷装置の概略を示す。実大試験体は「荒木田」、「荒木田+香川」の2種類の2Pの土塗壁を各1体とした。壁土の層構成は、荒壁、裏返し、貫伏せ、大直し、中塗りの5種類とし、荒木田+香川の中塗りは荒木田と同じ仕様とした。図2のように層構成を統一し、表1に示すように塗厚を揃えた。香川の実大実験は2017年に実施済み¹⁾であり、柱と貫の仕口は大入れで本試験体とは異なる仕様である。試験体の柱と土台及び横架材の仕口は図3に示すように直径15mmの込み栓で接合し、柱の胴付き面の角を加工し、仕口でのモーメント抵抗による土塗壁の耐力への影響が無いようにする。柱と貫の仕口は通し貫とし、楔で接合した。載荷は、真のせん断変形角が1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50radで繰り返し、履歴の同一変形段階で3回の正負交番繰り返し加力とし、終局は1/10radまでの片引きとした。

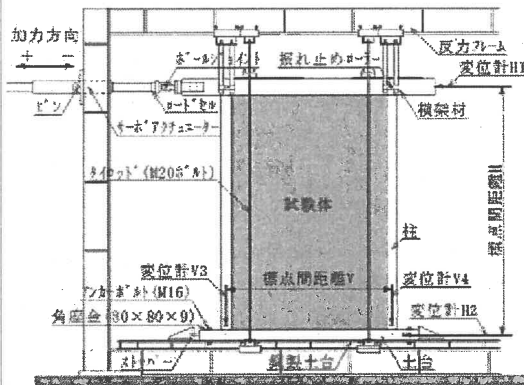


図1 実大試験体と載荷装置の概略

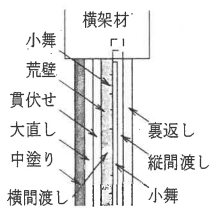


図2 土塗壁の断面詳細

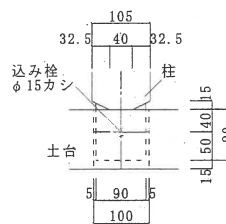


図3 柱土台の仕口

表1 土塗壁の各層の塗厚 (mm)

試験体	荒壁	裏返し	貫伏せ	大直し	中塗り	塗厚計
荒木田	11	10	12	8	6	65
荒木田+香川	9	10	11	9	7	67
香川 ¹⁾	16	13	4	10	5	62

3. 壁土の配合

表2に本実験で用いた壁土の配合及び一軸圧縮試験²⁾結果を示す。表2には参考として既報¹⁾の香川のみの壁土も併せて記載している。本実験で用いる壁土の配合は、「荒木田」、荒木田の粘土と香川の粘土を50:50でブレンドした「荒木田+香川」の2種類である。図4に一軸圧縮試験における圧縮応力度—ひずみ度曲線を示す。荒木田+香川の圧縮強度は荒木田に比べ約14%低下した。また既報¹⁾の一軸圧縮試験における香川の荒壁の圧縮強度1.82N/mm²と比較して、荒木田で0.80N/mm²、荒木田+香川で0.66N/mm²と半分以下の低い値を示した。本実験と既報¹⁾の圧縮強度の差は、砂と花崗土の使用材料の違い等の影響と考えられる。香川県の粘土をブレンドしたことによる荒木田土の強度の低下に関して、既報²⁾と本実験で用いた香川県の粘土は粒度分布に大きな差はないことを確認している。今後は粘土鉱物の組成に違いがないかの検討、安定した壁土の製造方法の検討が必要である。

表2 壁土の配合及び一軸圧縮試験結果

試験体	土100(L)に対する原材料の調合量						一軸圧縮試験結果						
	荒木田粘土 (L)	香川粘土 (L)	淡路中塗り土 (L)	花崗土 (L)	砂 (L)	薬 (kg)	圧縮強度 σ_u (N/mm ²)	弾性係数 E_{50} (N/mm ²)	気乾密度 ρ (g/cm ³)	粘着力 c (N/mm ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	薬 (kg)	
荒木田	荒壁・裏返し・貫伏せ	50.0	-	-	-	50.0	1.2	0.80	180.10	1.63	0.40	0.4	1.22
	大直し	44.0	-	-	-	56.0	1.3	0.69	119.54	1.72	0.30	35	2.25
	中塗り	-	-	21.0	-	79.0	1.1	0.67	190.85	1.55	0.18	35	1.63
荒木田+香川	荒壁・裏返し・貫伏せ	25.0	25.0	-	-	50.0	1.1	0.66	167.46	1.65	0.25	0.31	1.45
	大直し	21.0	21.0	-	-	58.0	1.1	0.72	133.25	1.71	0.23	25	1.56
	中塗り	※荒木田中塗りに同じ											
香川 ¹⁾	荒壁	-	62.5	-	37.5	-	1.7	1.82	215.44	1.72	0.65	18	1.65
	裏返し	-	40.0	-	60.0	-	2.5	1.30	138.25	1.56	0.47	19	-
	貫伏せ	-	60.0	-	40.0	-	3.2	1.48	208.29	1.63	0.46	28	-
	大直し	-	26.1	-	73.9	-	2.2	0.85	181.36	1.51	0.27	25	-
	中塗り	-	26.1	-	73.9	-	2.2	0.85	181.36	1.51	0.27	25	-

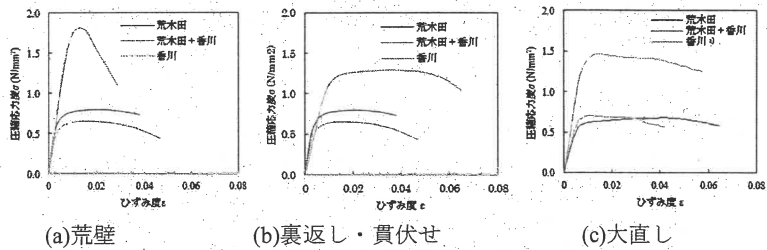


図4 各層の一軸圧縮試験結果

4. 土塗壁の静的水平加力実験結果

実大実験結果を表3、荷重-変形角関係を図5に示す。試験後のひび割れの様子を図6に示す。全ての土塗壁が1/600radで、隅角部の壁土の圧壊が生じた。香川は1/75rad、荒木田及び荒木田+香川は1/150radで中央部にせん断ひび割れが生じた。香川は1/50rad、荒木田及び荒木田+香川は約1/100radから貫位置に沿ったひび割れを起こした。荒木田及び荒木田+香川の試験体のひび割れ性状に大差は見られなかったが、香川の試験体は他の2体と比較してひび割れが少なく、壁土の強度が高い事が影響していると考えられる。土塗壁の最大耐力は既報¹⁾の香川の最大耐力19.7kNと比較して、荒木田で13.9kN、荒木田+香川で13.5kNとどちらも約30%程度低下した。

表3 実大試験結果

試験体	最大耐力 P _{max} (kN)	降伏耐力 P _y (kN)	初期剛性 K (kN/rad)	壁倍率
荒木田	13.9	11.0	2128.0	1.7
荒木田+香川	13.5	9.3	2147.9	1.4
香川 ¹⁾	19.7	10.8	2350.9	2.2

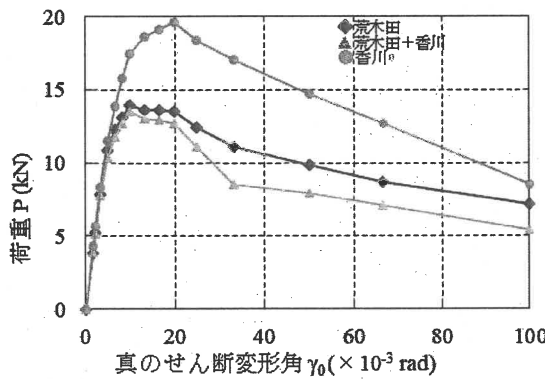
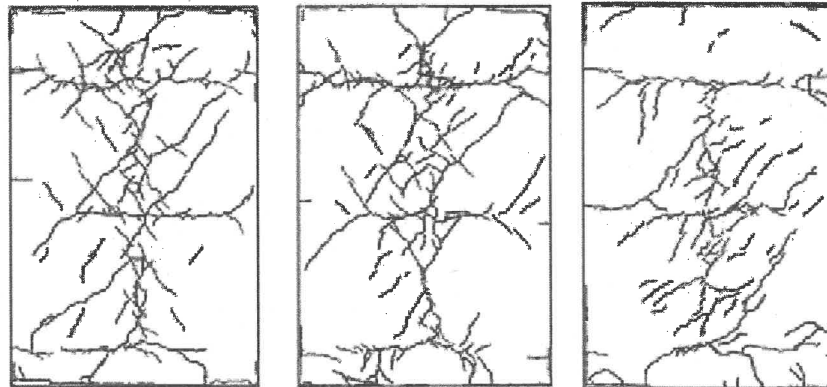


図5 荷重 - 変形角関係



(a) 荒木田

(b) 荒木田+香川

(c) 香川¹⁾

図6 土塗壁のひびわれ状況

5. 土塗壁の面外変形の計測結果

静的水平加力実験において生じる中塗り側と裏返し塗り側の土塗壁の面外変形を画像計測装置(VENUS3D, QUALISYS)を用いて計測した。図6に正側方向加力時の代表的な高さ方向の面外変形および中塗り面側のひび割れ状況を示す。中塗り側の変形を黒字側とし、面外変形を-、面内変形を+とする。裏返し塗り側の変形を青字側とし、面外変形を+、面内変形を-とする。

5.1 中塗り側の変形

1/450radで軸組からの支圧力により梁隅角部で-1.2mmの面外変形が生じた。図6(a)に示す1/150radでせん断ひび割れが生じ、土塗壁中央部C列に-2.5mm、柱2側E列の頭貫周辺部で貫のこじり効果によって-4.5mmの面外変形が生じた。図6(b)に示す1/100radで最大耐力となり、土塗壁中央部C列で-8.5mmの弓なり状の面外変形が生じた。頭貫に沿ったひび割れにより、頭貫周辺の面外変形が-6.4mmとなった。図6(c)に示す1/50radで内法貫に沿ったひび割れが生じ、土塗壁中央部C列を対称に弓なり状の面外変形が大きくなった。図6(d)に示す1/30radで弓なり状であった土塗壁中央部C列の面外変形が、ひび割れの進展により図4に示す状態となる。力の伝達機構が失われ、内法貫の上下で面外変形が小さくなった。図6(e)、(f)に示す1/15rad以降は、力の伝達機構が失われたことによって、面外変形の進展はなくなった。既往の実験¹⁾では、1/10rad時の縦貫位置の面外変形は-90.6~-157.1mmであったが、本実験では-57.7mmであった。水平方向の貫の接合が大入れであり、本実験は通し貫である。貫の接合方法の違いが面外変形に影響したと考えられる。

5.2 裏返し塗り側の変形

計測前の裏返し塗り側は壁土の乾燥収縮により軸組周辺部に5mm程度の隙間と表面にひび割れが生じていた。1/600~1/300radで最大で1.6mm程度の面外変形が土塗壁全面に生じた。図6(b)に示す1/100radで小舞下地の面内方向への変形に伴って、土塗壁中央部(C列)を対称に面内変形が生じた。1/75radで土台隅角部で4mm程度の面外変形が生じた。図6(d)に示す1/30radで面内変形が最大の-35.6mmとなった。その後、図6(e)に示すように小舞下地と裏返し塗り層の層間剝離が生じ、面外方向への変形となった。

謝辞

実験は一般財団法人百十四銀行学術文化振興財団の補助を頂いた。実験の実施にあたり、香川大学、近畿職業能力開発大学校、四国職業能力開発大学校の学生の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1)濱田亜由美, 宮本慎宏, 越智隆行, 宇都宮直樹, 松島学: 壁土の配合が土塗壁の耐震性能に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.505-506, 2018.9.
- 2)宇都宮直樹, 山中稔, 松島学: 藁スサを混合した壁土の新しい供試体の提案, 日本建築学会構造系論文集, No.664, pp.1119-1124, 2011.6.

研究の概要

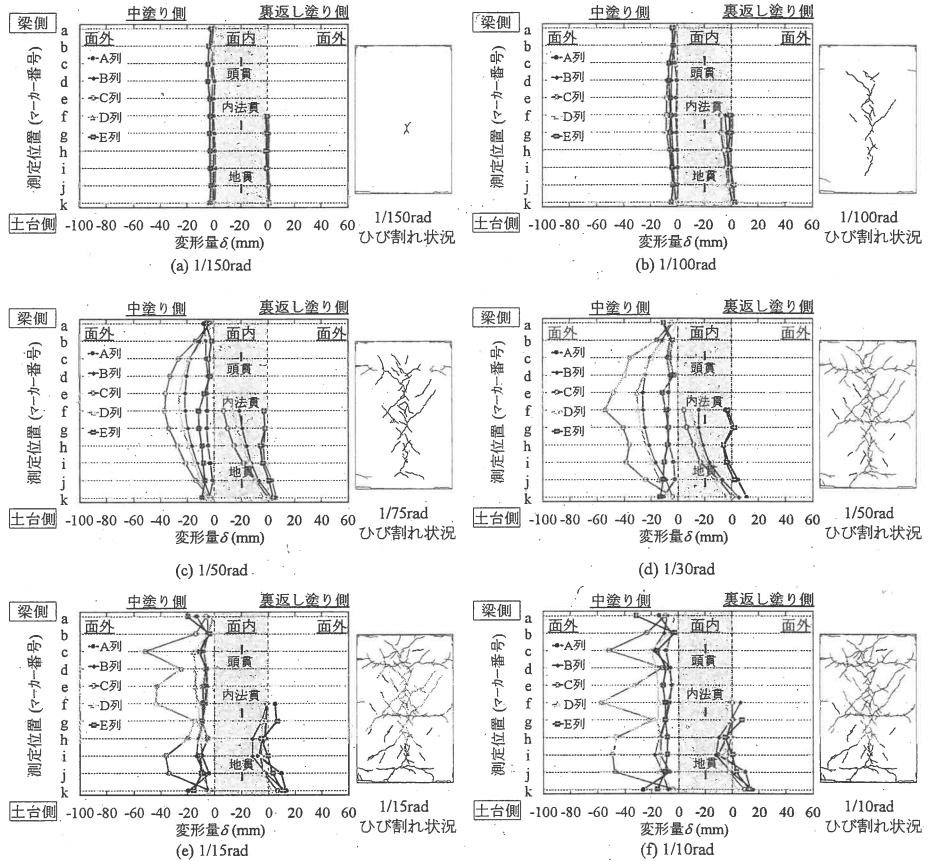


図3 面内外方向の変形、ひび割れ状況

6. まとめ

荒木田、荒木田+香川の壁土を用いて実大土塗壁の静的水平加力実験を行った。その結果、香川の粘土をブレンドすることによる性能向上は見られず、わずかに低下する結果となった。今後の課題として、安定して壁土の強度を再現できる製造方法を確立する必要があると考えられる。面外変形では、以下の知見が得られた。

- ・中塗り側の面外変形は、軸組からの支圧力で隅角部、こじり効果により水平貫位置にそれぞれ生じた。力の伝達機構が失われるまでは弓なり状に変形した。貫の接合法によって面外変形に違いが生じた。
- ・裏返し塗り側の変形は、小舞下地の面内方向への変形に伴い、1/30rad まで面内変形し、小舞下地と剥離が生じると、面外変形となった。