一地方の壁土用原土の性質

PROPERTY OF THE ORIGINAL SOIL FOR WALL CLAY OF A REGION

浦 憲親 ——— * 1 山本智大 ——— * 2

Norichika URA ——— * 1 Tomohiro YAMAMOTO ——— * 2

キーワード:

壁土, 地域, 実施調査, 粒子径, 強さ, 日干しレンガ

Keywords:

Wall clay, Region, Trial mixing, Particle size, Strength, Sun-dried brick

In this paper, properties of the original soil for wall clay are described. The properties of wall clay change with region, S(:sand)/C(:soil), mizuawase, etc. Results are as follows; 1) Property of the wall clay is stabilized by constant consistency. 2) With regard to bending, compressive, shear and tensile strength, $S/C0\% > S/C85\%$, and trial mixing $>$ basic mixing. 3) For your reference, the compressive strength of the sun-dried brick is 2.0N/mm^2 .

1. はじめに

土壁は、土自体が無尽蔵で地域を問わず入手できるため多くの建物、土塀等にも利用されてきた。しかし、最近の風潮は拙速なことを評価することから、荒壁、中塗り仕上げまでを含め、乾燥に時間を要する土壁は敬遠され、戸建住宅ではほとんど見ることがない状況である。一方では廃棄物処理、吸放湿性および耐火性などに加えて再利用できる点から資源循環材料として改めて見直されている。また、土壁は、地域によって小舞間隔も異なることから、鈴木ら⁹⁾は実大供試体による力学的解析を試みている。しかし、構造解析の多くは塗り方および小舞材料など地域の工法について評価するが原土そのものを調べることは少ない。

壁土用原土について、岩崎ら¹⁾は福島産土を主に、土壁の調査から土の化学分析を行っている。奥石ら^{2) 3)}は荒壁および中塗り土として必要な品質条件の検討を行い、土蔵に用いられた壁土の材料特性も調べている。中尾ら⁴⁾は中塗り土の強度等の相互関係を、三芳ら^{6) ~ 8)}は熊本産土を基準に京都および埼玉産土の強さを、山田ら⁵⁾は壁土の定温乾燥機による促進乾燥と強さについて検討している。しかし、いずれも一定のコンシステンシーの元で壁土用原土の性質を調べたものは少なく、多くは左官業から提供されたものである。その背景にあるのは、土壁の実大実験が主になるため原土の性質よりも、左官職人の塗り方等の影響が大きいこともある。

本報告は、無限にある壁土の全てを調べることは無意味で現実的でないことから、実際に使われ採取地の分かる地域産の壁土用原土を簡易な方法で評価することを目的に実験的に調べている。しかしながら、土壁は施工方法、原土の地域性、左官職人の技術差もあることから、定量化は困難と言える。したがって、一定調査の元で原土の性質を評価することで既存建物の土壁の安全、あるいは安心が確認できれば新たな工法・構法への発展と改善に繋

がり、一つの指標になると考える。土壁の評価は、戸建住宅への普及による新しい街並や町屋^{18) 19)}の維持保全が期待できるとともに、環境改善、護美の出ない21世紀の建築材料の方向性を示唆するものと言える。

2. 入手した壁土用原土 (図1)

図1に、地域産で入手した壁土用原土の位置を示す。

図中の○は、壁土用原土を採取している場所から得たものである。△は、建材商社、設計事務所および住宅・建設業を通して電話等で入手を試みたものである。しかし、いずれの場合も壁土は入手できるが、その採取場所は不明との回答が得られた。本研究では現地採取、あるいは採取場所の明らかなことを原則にしていることから試料数は少ない。

図1 入手した壁土用原土の採取地 (地域産)

3. 実験研究の方法

本研究の方法および実験手順は以下の通りで、採取地の明らかな5つの原土を用いた壁土の基礎的性質を調べている。

1) 基本調査¹⁰⁾による壁土評価

2) 実施調査による壁土評価

実験は1)の場合、表1の基本調査を適用^{10) 11)}し、2)はコンシステンシーが一定になるよう実験1)について試し練りで調

¹⁾ 金沢工業大学環境・建築学部建築系
(〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘7-1)

²⁾ 榎大川原製作所 (静岡)

¹⁾ Dept. of Architecture, College of Environmental Engineering and Architecture, Kanazawa Institute of Technology, Ph. D.

²⁾ OKAWARA CORPORATION (Shizuoka)

合補正したものである。

4. 基本調合および実施調合による壁土評価

4. 1 使用材料（写真 1）

実験用原土は、地域産の輪島（土蔵用）、高松（土蔵および住宅用）、岡山（荒壁および中塗り用）および豊田産土（中塗り用）の 6 種と、従来から基準にしている荒壁および中塗り兼用の京都産土を用いた。京都産は 18kg 前後の袋詰で市販され供給が安定していることから原土を評価する際の比較基準にしている。

地域産の試料は、中塗り土を除いて搬入後 2.5 mmふるいにかけて通過したものを使用した。また、岡山（中塗り用）および豊田産土の場合、前者は搬入前に 2.5 mmふるいにかけてたもので、後者は水通しを行っている。練混ぜ水は大学内の飲料用井戸水、砂は手取川産の川砂(2.5mm)を表乾状態で用いた。スサは荒壁土の場合、長さ不揃いの市販の稲ワラスサ、中塗り土はモミスサを使用した。

写真 1 原土の搬入時の状況およびスサの形状

4. 2 基本調合（表 1）

4. 2. 1 基本調合による壁土（実験 1）

実験 1）は、原土に関わらず表 1 京都産土の基本調合を用いたが、含水率は考慮していない。壁土は多くの場合、量の多少はあるが現場ではほとんどが砂（S）を加えることから、原土（C）との割合を砂原土比（S/C）としている。

荒壁土は S/C 0 および 85%の輪島、高松（土蔵および住宅用）、岡山（荒壁用）および京都産土の 5 種、中塗り土は S/C 85%で前述の岡山（荒壁用）を除く 4 種の他に岡山（中塗り用）および豊田産土を含めた 6 種で、それぞれフロー値を測定した。尚、強さ試験用供試体は、荒壁および中塗り土の水合せ 0 日のみ作製し、前者については一部で水合せ 7 日も調べている。

4. 2. 2 実施調合による壁土（実験 2）

実験 2）は、実験 1）で目標フロー値 135±10 を満足しない壁土について補正を行っている。フロー値については決め方等の詳細を文献 10）に示す。

調合はスサ（St）量を一定とし、水（W）の量を変えることに

より原土および砂を増減させ、フロー値が得られるまで補正を繰り返した。供試体は、荒壁土の S/C 0（5 種）および 85%（5 種）で水合せ 0 日のみ作製した。

$$C + S + W + S_t = 1000 \text{ (m}\ell\text{)}$$

ここに、C：原土（2.65）、S：砂(2.56)、W：練混ぜ水(1.0)、

S_t：スサ（0.2）（）：密度 [g/cm³]

表 1 基本調合

原土 (地域産)	塗り層	砂原 土比 S/C (%)	(g/ℓ)				備考
			原土 (C)	砂 (S)	水 (W)	スサ (St)	
京都産土	荒壁	0	1096.1	0	449.4	27.4	実験 1) の調合 (基本調合)
		85	710.1	603.6	394.8	20.3	
	中塗り	85	710.1	603.6	394.8	20.3	
輪島産土 (土蔵用)	荒壁	0	947.7	0	505.4	27.4	実験 2) の調合 (実施調合)
		85	659.3	560.4	430.8	20.3	
高松産土 (土蔵用)	荒壁	0	960.9	0	500.4	27.4	
		85	701.6	596.4	400.8	20.3	
高松産土 (住宅用)	荒壁	0	1000.7	0	485.4	27.4	
		85	701.6	596.4	400.8	20.3	
岡山産土 (荒壁用)	荒壁	0	1096.1	0	449.4	27.4	
		85	710.1	603.6	394.8	20.3	
岡山産土 (中塗り用)	中塗り	85	710.1	603.6	394.8	20.3	
		85	710.1	603.6	394.8	20.3	

4. 3 供試体の作製

供試体は、JIS R 5201-1992（セメントの物理試験方法）に従い、三連型枠（□40×40×160 mm：256 cm³。以後、ようかんと呼ぶ）を用い試料を 2 層に分け、モルタル供試体作製の突き棒（□35×35mm）で各層 20 回ずつ突いた後、表面をコテでならし作製した。詳細は文献 10）に示す。

養生は、実験室内で気中養生（室温：15～30℃、湿度：平均 60% R.H.）とし、脱型は供試体作製後 3 日目に側面、7 日目に完全脱型を目安にしているが、岡山産土のみ乾きが遅く 10 日目に完全脱型を行った。

4. 4 実験方法（図 2～図 5、写真 2～写真 3）

原土の含水率は、JIS A 1125-2009（骨材の含水率試験法および含水率に基づく表面水率の試験法）に従い、次式により求め 3 試料の平均値とした。

$$w = \{(m_1 - m_2) / m_2\} \times 100$$

ここに、w：含水率（%）、m₁：乾燥前の質量（g）、

m₂：乾燥後の質量（g）

土のふるい分け試験 JIS A 1204-2009（土の粒度試験方法）では、手ふるいの場合ふるい目 0.075mm(75 μm)程度が限界で、それ以下は沈降分析によるが 2～0.020mm(2000～20 μm)まで手ふるいした。沈降分析は試薬として劇薬の過酸化水素、分散剤のヘキサメタリン酸ナトリウムなど安全性の確保や管理の点で問題もあり、レーザー回折式粒度分布測定装置(SALD-3000S)を用いて 2.5 mmふるいを通過した試料について測定値が安定するまで繰り返し調べた。レーザー回折による粒度分布の積算値（%）は手ふるいの粒径加積曲線と平行し、粒径 1 μm 以下まで広範囲に測定できる。また、積算値は粒径加積曲線の通過質量百分率（%）と一致するこ

とから、手ふるいの通過質量百分率と看做した。

吸放湿試験は、JIS A 1470-1-2009（建築材料の吸放湿性試験方法）に準じて行った。吸湿および放湿はそれぞれ 48 および 72 時間とした。供試体はようかんを使用し、他に能登半島地震（2007 年 3 月 25 日）で被害を受けた土蔵の部分補修に用いている輪島産土で作製の日干しレンガ（ $\square 210 \times 150 \times 70$ mm : 2200 cm^3 , 密度 : 1.24 g/cm^3 , 含水率 : 5.9%）^{12) 17)} についても調べている。製造法は文献 12) に示すが、調合等は明確でなく小学生が夏休み中に製造したものもある。このような製造方法は、若年労働力、人手不足の地域の補修程度であれば現実的な方法で調合を云々すること自体が本末転倒であるが、強さを明らかにしておくことは土を主材にした工法・構法の普及の一つになると考える。

ようかんの曲げおよび圧縮強さ試験は、一軸圧縮試験装置を用い載荷速度 2 mm/min で、最大荷重から 20% 減少もしくは目視で破壊が確認された場合に終了した。また、試案として二面せん断および引張強さ試験を行った^{10) 13)}。土塗り小舞壁では、水平力を受けた場合、荷重の小さい変形初期では壁土が抵抗するためせん断の評価が求められる。また、変形が大きくなると小舞を挟みスサが反対側に出るなど土との付着を明らかにするためにも引張試験の検討が必要と考える。日干しレンガは JIS R 1250-2009（普通れんが）に従い、加圧面を石膏でキャッピングした後、圧縮強さ試験を行っている。

4. 5 実験結果および考察

1) 原土の搬入時の状況（写真 1）

搬入時の輪島、高松（土蔵および住宅用）および岡山産土（荒壁用）は、いずれもこぶし大の固まり、木根などを含んでいる。京都産土は袋詰めで市販されているが、袋によって土の色が異なるように基本調合でも目標フロー値よりずれることがある。

輪島産土は粘りがあり、赤みがかった茶色で、しっとりしている。一方、高松産土の土蔵および住宅用原土は、明るい茶色で両者に見た目の差異はないが、握ると前者は後者より粘りがある。

岡山産土（荒壁および中塗り用）は色についてみると高松産土と大差ないが、しっとりさ、粘りがなく砂のようにザラザラした感触を得る。豊田産土は水通ししているが、黄色に近い茶色で、粘りは輪島および高松産土に比べると少ないが、微粒分も多く岡山産土と同様に満遍なく分布していることが図 7 から示される。

2) 原土の含水率および調合（表 2、図 6）

原土の含水率は、実験室で 1 カ月ほど寝かしたものを調べたが、豊田産土を除いて大略 9~10% で大差ない。したがって、実施調合においても含水率による補正をしていない。

調合では、原土の種類に関係なく砂原土比（S/C）の増加に伴い単位水量は減少する。荒壁土の単位水量は S/C によって異なるが、原土の含水率と単位水量の関係（実験 2）は相関係数 $r = -0.5$ 以上で、粒径幅の広い原土ほど少なくなる。したがって、京都、岡山は少ないが、輪島、高松（土蔵および住宅用）は多くなる。

表 2 原土の含水率

種類	京都産土	輪島産土	高松産土		岡山産土		豊田産土
			土蔵用	住宅用	荒壁用	中塗り用	
含水率 (%)	9.66	9.13	9.40	10.2	10.6	9.52	2.83

□210×150×70（吸放湿試験用：実寸）

載荷面の凹み（試験前）

圧縮試験（破壊後）

□150×100×70（JIS R 1250-2009、強さ試験用：半切）

写真 2 輪島産土を用いた補修用の日干しレンガ（萩野氏提供）¹²⁾

図 2 せん断強さ試験方法¹⁰⁾

図 3 壁土引張供試体¹³⁾

図 4 引張強さ試験用型枠

図 5 引張用治具

写真 3 実験風景

図 6 原土の含水率と単位水量の関係（実験 2）

3) 原土別の粒度分布 (図7～図8)

壁土用原土は実際の土質・地盤よりも粒径幅が極めて狭い範囲であるが、京都、豊田および岡山産土（荒壁および中塗り用）は粘土、シルトおよび細砂まで分布する、締固め特性の良い粒径幅の広い土と言える。一方、輪島および高松産土（土蔵および住宅用）は、粒径 $50\mu\text{m}$ 以下の傾きが急で両者はほぼ平行し、締固め特性の悪い分級された土である。締固め特性の良い、悪いは土盛りなど地盤の安定性についての表現で、土壁の塗りやすさと意味が異なるが、原土の粒径幅は大略 $1\sim 200\mu\text{m}$ に集中している。

原土について、手ふるいの限界に近い粒径 $75\mu\text{m}$ でみると積算値 80% 以上、平均粒径（50% 粒径） $20\mu\text{m}$ 前後である。特に輪島産土は薄くハンドクリームで覆われたような感覚が得られた。また、高松産土の土蔵および住宅用の場合、前者は後者より微粒子の含有率が高く粘りがあることを表している。実際、レディーミクスト壁土製造者は経験的に土蔵用と住宅用を明確に分けて販売していることから、適材適所の粒度分布が存在することを示している。基準の京都産土は粒径 $75\mu\text{m}$ でみると、凡そ積算値 80%、平均粒径 $20\mu\text{m}$ であるが、手ふるいの場合 20%、 $250\mu\text{m}$ を与え機械との違いが認められた。

図7 京都産土（ $\blacksquare$ ）を基準に考えると、曲線が左側に移動すれば原土は粘りがあり、微粒子の含有率によって曲線勾配および粘りの強さが変化する。前述したように、中でも輪島産土は粒径幅の範囲が狭く締固め特性の悪い土であるが、実際の土塗り現場では粘りが強いので砂を加え調節している。一方、右側にある曲線は岡山産土（荒壁および中塗り用）のように粒径幅が広い範囲にわたって分布し、締固め特性の良い土のため粘りはなく鍍仕上げが容易である。参考までに、粒径 $75\mu\text{m}$ 以下の積算値と実施調査した実験2)の単位水量の関係は、荒壁土の場合、S/C に関らず $r=0.7$ 以上と高く、微粒分を多く含む原土ほど練混ぜ時に多量の水が必要なことを表している。

以上のことから、壁土用原土の性質はレーザー回折の積算値（粒径加積曲線）からある程度推察され、締固め特性の悪い土で平均粒径 $25\mu\text{m}$ 以下が多い。

4) フロー値と密度 (図9)

基本調査（実験1）のフロー値は、原土に関わらず S/C の増加に伴い大きくなる。しかし、輪島および高松産土（土蔵および住宅用）は、目標フロー値 135 ± 10 が得られなかったことから、試し練り（実験2）した。

実験1)では、S/Cに関係なく輪島産土の場合フロー値が低く、締め固めるようにして供試体を作製した。しかし、実際の土塗りの場合、鍍離れが悪く労力も必要になるため作業性が期待できず、筆者らの求めた目標フロー値 $135\pm 10^{10) 11)}$ は適切で、原土に合った実施調査は基本調査を用いるよりもワーカビリティの良いことを確認した。このことは、粘りがあれば、砂を加え、作業のしやすいコンシステンシーを得ることが壁土の品質確保できることを示唆している。したがって、既存建物の土壁ではほとんどが砂を加えていると考えられるため、品質に問題ないと言える。

フロー値と密度の関係は、基本調査の締め固めた壁土と実施調査したものとはほとんど差がなく一次式はほぼ横ばいである。このことは、一定のコンシステンシーを得ていれば、密度は塗り層の

図7 原土別の積算値（粒径加積曲線）

図8 粒径 $75\mu\text{m}$ 以下の積算値と単位水量（実験2）の関係

図9 フロー値と密度の関係

違いはあるが、フロー値による影響をほとんど受けないことを表している。

5) 吸放湿量変化率 (図10、写真1)

最大吸放湿量変化率は、荒壁土の調査別でみると原土の種類および S/C に関わらず吸湿で基本調査＜実施調査、放湿は基本調査＞実施調査となる。S/C 85% でみると、豊田産土を除く基本調査で作製した5種の中塗り土は、原土の種類に関わらず荒壁土に比べ吸湿で上回るが、放湿で劣るのは糸状と管状のスサの違いも一因と推察する。原土別にみると、輪島産土の吸放湿は優れているが、粒径幅が広く締固め特性の良い岡山および豊田産土は劣る。

日干しレンガは吸湿の場合、輪島産土 S/C 85% (3.1%) の1.2倍であるが、放湿は負(－)値にならない。これは、直径 2cm 程度の礫を多く含んでいることや供試体寸法の違いも一因と考える。

図 10 試料別の吸放湿量変化率

6) 曲げ、圧縮、せん断および引張強さ (図 11～図 12、写真 1)

曲げ強さは、荒壁土の場合、原土および調合の違いによる差はほとんど認められないが S/C 0% が 85% を上回る。

圧縮、せん断および引張強さは、荒壁土の調合別でみると、原土の種類に関わらず S/C 0% で基本調合 > 実施調合、85% は基本調合 < 実施調合となる。個々の強さは水合せ 0 日 > 水合せ 7 日、S/C 0% > S/C 85% を得るが、水合せについては原土の違いによる差異はない。また、ほとんどの原土は、文献 14) の圧縮強さ荒壁 0.3 N/mm² 以上、中塗り 0.55 N/mm² 以上を満足する。

壁土の個々の強さは S/C の違いによる差は認められないが、基本調合の曲げ強さ 1 に対して圧縮、せん断および引張強さを安全側にとると、それぞれ 2.0、0.5 および 0.5 倍で、実施調合でも同じ値が得られる。一方、日干しレンガの応力-ひずみ曲線はようかんに比べて立ち上がり勾配が急で、ひずみ 0.05 前後から周囲の圧壊が僅かずつ始まるが、線形的に延び続ける。また、最大応力のひずみはようかんの場合、S/C 0 および 85% で異なり、大略 0.10 および 0.05 を与える。しかし、日干しレンガは供試体周囲が圧壊で僅かずつ崩落するが、中心部が残る木材の年輪方向の載荷と同様に応力が増加し続ける¹⁵⁾ ため、ひずみ 0.09 で強制的に試験を終了した。その時の圧縮強さは 2.5 N/mm² 前後でようかんの 3.0 倍以上となるが、ひずみ 0.05 では 1.4 N/mm² 程度を与える。また、キャッピングしない載荷面の不陸な状態の圧縮強度が 2.0 N/mm² 以上を示すことから安全側に取り日干しレンガの強度と看做した。

文献 3) の土蔵修復材は、輪島産土の荒壁土 S/C 85% とササ混入率に多少の差はあるが、圧縮強さは 0.7 N/mm² 前後とほぼ一致した値が得られ、切り出し³⁾ とようかんでは大差なく、既存建物の土壁をようかんで評価しても問題ないと考えられる。また、文献 5) の豊田産土 (中塗り用) を用いた $\phi 50 \times 100$ mm 供試体を機械乾燥した圧縮強さはようかんと同程度の 1.0 N/mm² を示し、供試体形状が異なっても差異がない。したがって、養生方法についても、促進 (機械) 乾燥と自然乾燥では大差ないと言える。

以上のことから、各々の強さは S/C および調合方法によって異なることを明らかにした。しかし、実際の土塗りでは原土に砂を加えない (S/C 0%) ことは稀にあるが、砂を加える (S/C 85%) のが一般的である¹⁶⁾。したがって、今回の結果はその地域の原土に砂、あるいは原土を加えコンシステンシーを一定にした壁土であれば、所要の強さを満足することを示唆している。

土壁は、同じ原土を用いた場合、既存建物で砂を混入していれば、ある程度の強さを確保していることを確認した。しかし、実際の建物は実験室と環境が異なり、外部から風雨・凍結等の影響を受

図 11 原土別の応力-たわみ曲線、応力-ひずみ曲線 (例)

図 12 各強さにおける基本調合 (実験 1) と実施調合 (実験 2) の関係

けるため、土塗り壁の表面から剥落して劣化することは明らかである。

5. まとめ

地域産の壁土用原土の数は少ないが、基本調査および実施調査した壁土の性質を要約すると次の通りである。

- 1) 壁土用原土は締固め特性の悪い土で、粒径 $75\mu\text{m}$ でみると積算値 80%以上、平均粒径 $25\mu\text{m}$ 前後の多いことがレーザー回折から示される。
- 2) 基本調査で締固めた壁土は、実際の土付けの場合、鰻離れが悪く労力も必要になるため作業性を期待できないが、フロー値 135 ± 10 がワーカビリティの適切なことを確認した。
- 3) 吸放湿性能は、吸湿の場合、基本調査<実施調査、放湿は基本調査>実施調査となる。日干しレンガは礫を多く含むことから、放湿性能は負(－)値にならない。
- 4) 実施調査の壁土は、基本調査よりも強さなどの品質が上回る。ようかんの個々の強さは調査に関わりなく、曲げ強さ 1 に対して圧縮、せん断および引張強さを安全側にとると、それぞれ大略 2.0、0.5 および 0.5 倍を与える。日干しレンガの圧縮強さは 2.0 N/mm^2 を上回り、ようかんの 2 倍以上となる。

以上のように、壁土用原土の採取地域が異なっても、その地域の原土に合った実施調査、すなわち、砂を加えたコンシステンシー一定の壁土は性質が向上する。同一試験法の適用は、既存建物での土壁の評価を可能にし、安全あるいは安心を確認できることから、新たな工法・構法への発展と改善につながる。また、レーザー回折による粒度分布の積算値(%)は、手ふるいの粒径加積曲線の通過質量百分率(%)と一致することから原土の特性を簡易に評価する有効な手段であることを示唆している。

謝辞

試料提供の山田耕司(豊田工業高等専門学校)・萩野紀一郎(輪島市:萩野アトリエ)、議論して頂いた土壁研究会の方々に感謝します。また、平成 21 年度工学設計Ⅲ受講者の協力に謝意を表します。

参考文献

- 1) 岩崎ほか: 福島県産壁土の工法仕様標準化に関する研究(その 1) - 熟練左官技能士による壁土調査の標準化 -, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.1067-1068, 1996 [一連の研究]
- 2) 奥石ほか: 主要産出地における荒壁土および中塗土の性質 - 小舞土壁に用いる壁土に関する研究 - その 1, 日本建築学会構造系論文集, 第 631 号, pp.1467-1474, 2008.9
- 3) 奥石ほか: 能登輪島の土蔵およびその修復に用いられた壁土の性質, 日本建築学会技術報告集, 第 30 号, pp.377-382, 2009.6
- 4) 中尾ほか: 土塗り壁の耐力および変形性能の推定に関する実験的研究(その 11 - 各地の壁土の強度の変動幅について), 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), C-1, pp.489-490, 2008.9
- 5) 山田ほか: 壁土材料試験体の定温乾燥機による乾燥, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), A-1, pp.459-460, 2009.8
- 6) 三芳ほか: 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(北陸), C-1, pp.207-208, 2002.8
- 7) 三芳ほか: 土壁の強度に関する研究 - その 2 - 実大面内せん断試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), C-1, pp.409-410, 2003.9
- 8) 濱崎ほか: 土壁の強度に関する研究 - その 3 - 壁土圧縮試験, 日本建築

- 学会大会学術講演梗概集(北海道), C-1, pp.399-400, 2004.8
- 9) 例えば, 鈴木ほか: 木造住宅土塗り壁の実大実験による耐震性能の再検討, 日本建築学会構造系論文集, 第 515 号, pp.115-122, 1999.1, 山田ほか: 土塗り小舞付き木造軸組耐力特性評価への数値解析の適用, 日本建築学会構造系論文集, 第 621 号, pp.81-87, 2007.11
 - 10) 浦ほか: 壁土の供試体作製及び強度試験法に関する基礎実験, 日本建築学会構造系論文集, 第 559 号, pp.23-30, 2002.9
 - 11) 浦ほか: 壁土の試験方法に関する基礎実験, 日本建築学会技術報告集, 第 24 号, pp.35-38, 2006.12
 - 12) 萩野紀一郎: 実例にみる既存木造住宅の耐震改修 - 土蔵の耐震改修/輪島, 建築技術, 第 697 号, pp.158-161, 2008.2
 - 13) 浦ほか: 壁土の品質に関する基礎実験 - その 3 - 壁土の引張強さ, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), A-1, pp.179-180, 2008.9
 - 14) 土塗壁告示に係る技術解説書作成委員会: 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, pp.19-30, 日本住宅・木材技術センター, 2004.2
 - 15) 伏谷賢美: 木材の科学・2 木材の物理, 文永堂, pp.141-142, 1985.9
 - 16) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS15 左官工事, 日本建築学会, pp.279-282, 2007.6
 - 17) 浦 憲親: 土壁の性質に関する基礎実験-日干しれんが-, 日本建築学会北陸支部研究報告集, 第 53 号, pp.7-8, 2010.7
 - 18) 河原ほか: 金沢市における伝統木造建物の耐震性能評価に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), C-1, pp.491-492, 2008.9
 - 19) 河原ほか: 金沢市域における伝統木造建物の耐震性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), C-1, pp.255-256, 2009.8

[2010 年 9 月 8 日原稿受理 2010 年 12 月 7 日採用決定]