

壁土の強度試験法の開発と壁土の強度特性

Test Procedure of Mud Plaster and Strength Characteristics of Mud Plasters

山田耕司¹・中治弘行²・後藤正美³・鈴木祥之⁴

Koji Yamada, Hiroyuki Nakaji, Masami Goto and Yoshiyuki Suzuki

¹豊田高専教授 建築学科 (〒471-8525 愛知県豊田市栄生町2-1)

Professor, National Institute of Technology, Toyota College, Dept. of Architecture

²公立鳥取環境大学教授 環境学部 (〒689-1111 鳥取市若葉台北1-1-1)

Professor, Tottori University of Environmental Studies, Faculty of Environmental Studies

³金沢工業大学教授 建築学部 (〒921-8501 石川県野々市市扇が丘7-1)

Professor, Kanazawa Institute of Technology

⁴立命館大学教授 衣笠総合研究機構 (〒603-8341 京都市北区小松原北町58)

Professor, Ritsumeikan University, Kinugasa Research Organization

It is necessary to develop a rapid drying method of mud plaster test pieces in order to investigate strength characteristics of mud plasters. In this paper, a rapid dehydration method of mud plaster test pieces and a simplified compression test method of dried mud plaster test pieces are reported. Nineteen kinds of mud plasters are tested by the above method, and their strength characteristics are also reported. Results are as follows: 1) the proposed methods are practical. 2) The maximum tension stress is proportional to the maximum compression stress.

Keywords: traditional wooden house, rapid dehydration method, test procedure, mud plaster, force characteristics.

1. 序

土壁の壁耐力を予測する上で、壁土の強度特性の把握は重要である。壁土の強度特性試験方法は各種提案されている(例えば、浦ら¹⁾、福本²⁾、濱崎ら³⁾、岡本ら⁴⁾)。一方で、これら試験体の作成には、1~2ヶ月程度の材料の自然乾燥が伴う。また、壁土の性質は、地域で異なるほか、施工者の調合により変化する。著者らは、壁土の強度試験結果に基づく土塗壁耐力の数値解析法を提案している^{5),6)}が、壁土の迅速な強度試験法が確立されなければ、数値解析法の応用も難しい。一方で壁土の強度発現には試験体の乾燥が必要であり、その乾燥工程の迅速化が壁土の迅速な強度試験法につながる。そこで本報では、壁土試験体の早期乾燥法を提案する他、次に粘土、砂、スサの調合比を変化させて、圧縮強度との定性的関係を検討する。加えて、実在の壁土を用いて壁土圧縮強度と引張強度の関係を示す。

2. 強度試験と定温乾燥機による乾燥法

(1) 壁土の調合法および強度試験法

材料試験体は、直径50mm高さ100mmの円柱とし、型枠は吸水性の良いM画紙を用いた。試験体作成手順を以下に示す。

a) 乾燥した壁土を試験体1本に対し400g量り採り粉末状になるまで棒等で突く。

- b) 壁土質量比で適量の水を混ぜ練り合わす（乾燥工程で、加水相当分の水分を除去する）。
- c) M画紙で作成した型枠に泥状の壁土を型枠の3分の1ずつ詰め、棒で20回付く。
- d) 乾燥工程：定温乾燥機（I社製BL-115S）を用いて乾燥する。

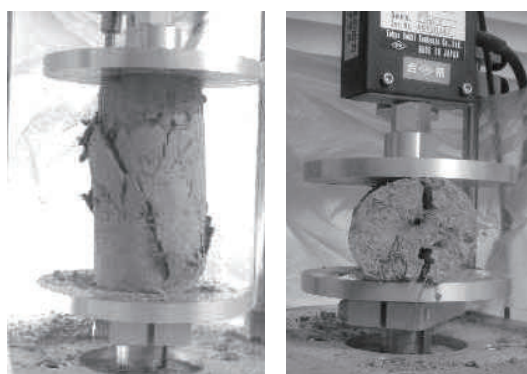
強度試験は、圧縮試験および割裂引張試験を行っている。圧縮試験前には、試験体の上下面を削り平らにした。試験には、S社製DTB-100を用いた（図1）。試験体数は各5体を標準とした（図6以降の曲線は各試験結果を示す）。

(2) 乾燥の進行程度

本報で提案する乾燥法では、定温乾燥器を用いる。乾燥機の設定温度は、夏の外壁温度を参考に60℃に設定した。加熱時間と質量変化の関係を図2に示す。この場合、1時間当たり10gの質量減少が見られた。本実験結果より、以後の実験では乾燥時間を12時間と設定した。

(3) 圧縮強度の比較

本節では自然乾燥時の壁土試験性能を目標とする。試験体を自然乾燥させた際の強度特性および強制乾燥時の強度特性を図3に示す。図より、強制乾燥時の最大圧縮強度は、自然乾燥時の最大圧縮強度にほぼ等しいと言える。



圧縮試験 割裂試験

図1 圧縮試験、割裂試験

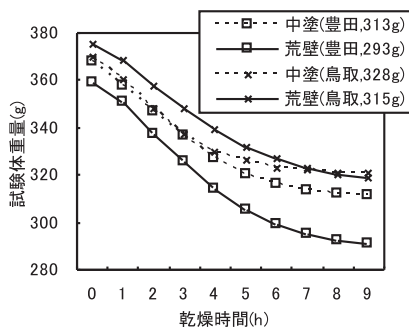
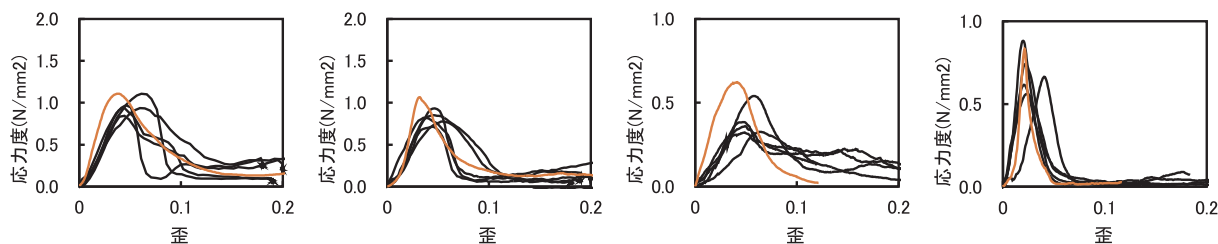


図2 定温乾燥機による乾燥時間と質量変化（凡例中の数字は乾燥初期時の重量を示す）



荒壁（愛知,乾燥2ヶ月） 中塗り（愛知,乾燥2ヶ月） 荒壁（鳥取,乾燥1ヶ月） 中塗り（鳥取,乾燥1ヶ月）

図3 自然乾燥時（細線）および強制乾燥時（太線）の強度

3. 壁土の定性的強度特性

壁土の性質は、地域で異なるほか、施工者の調合により変化する。そこで本節では、強度要因の内、粘土・砂配合比およびスサ配合比の影響を検討する。

壁に使用する土（以下、壁土）は、図4の愛知県で得られた粘土(1.28 g/cm³)、砂(1.62 g/cm³)、スサ(0.051 g/cm³)とする。粘土は、珪砂製造時に生じる粘土分を乾燥させたものである。砂の粒度分布を図5に示す。材料の調合は、粘土・砂の配合比の影響を検討するため、質量比で粘土：砂=1：0、1：1、1：2、1：3、1：4の試験体を作成した。スサは、粘土・砂混合質量の1%を基準とし0、2%の場合も試験を行った。試験結果を図6に示す。図より、砂調合量0%の場合を除き、砂の配合比の増加に伴い最大強度は低下する傾向にある。また、スサの有無により最大強度達成後の負勾配に差が生じる。ぜい性的な破壊を防ぐには、スサが必要であることが分かる。この傾向は、質量比2%スサ混入試験体で更に顕著に靱性が増加している。最大圧縮強度の比較結果を図7に示す。今回の実験の範囲では、最大圧縮強度の高い配合比のケースの方が、スサ混入量の増加による最大圧縮強度の低下が大きい。

以上の結果より、定性的な傾向として、壁土の最大圧縮強度は、粘土と砂の調合比（もしくは、粒度分布）およびスサ混入量の影響を受け、砂が少なくなるほど、および、スサが少なくなるほど、強度が高いと言える。また、スサ混入量は、最大圧縮強度以降の強度特性の負勾配に影響を与え、スサ混入量が多いほど強度特性の負勾配が緩くなると言える。

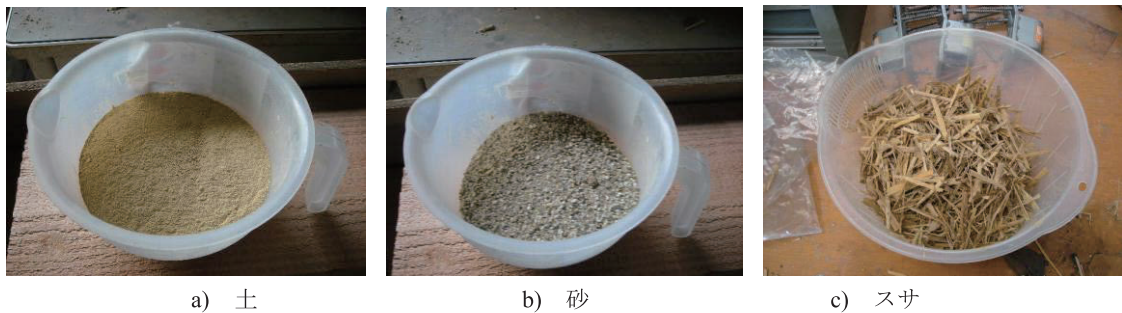


図4 材料

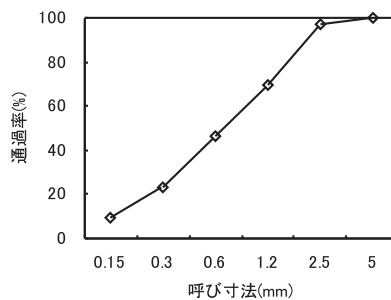


図5 砂の粒度分布

4. 各地の壁土の強度特性

本節では、実際に収集した壁土の強度特性を図8～12に示す。この内、栃木A、栃木Nは、実建物から採取されたものであり、他は施工時に採取されたものである。図8、9の京都・鳥取では、採取時の異なる3種類実験結果を示す。この図からも明らかのように、同じ県内でも強度特性が異なることが分かる。また、全試験体の圧縮強度特性を概観すると、最大強度発生後の負剛性は、採取した材料により異なり、定性的特徴を述べることができないことが分かる。以上のことから、少なくとも施工者毎の強度試験が必要であると言える。

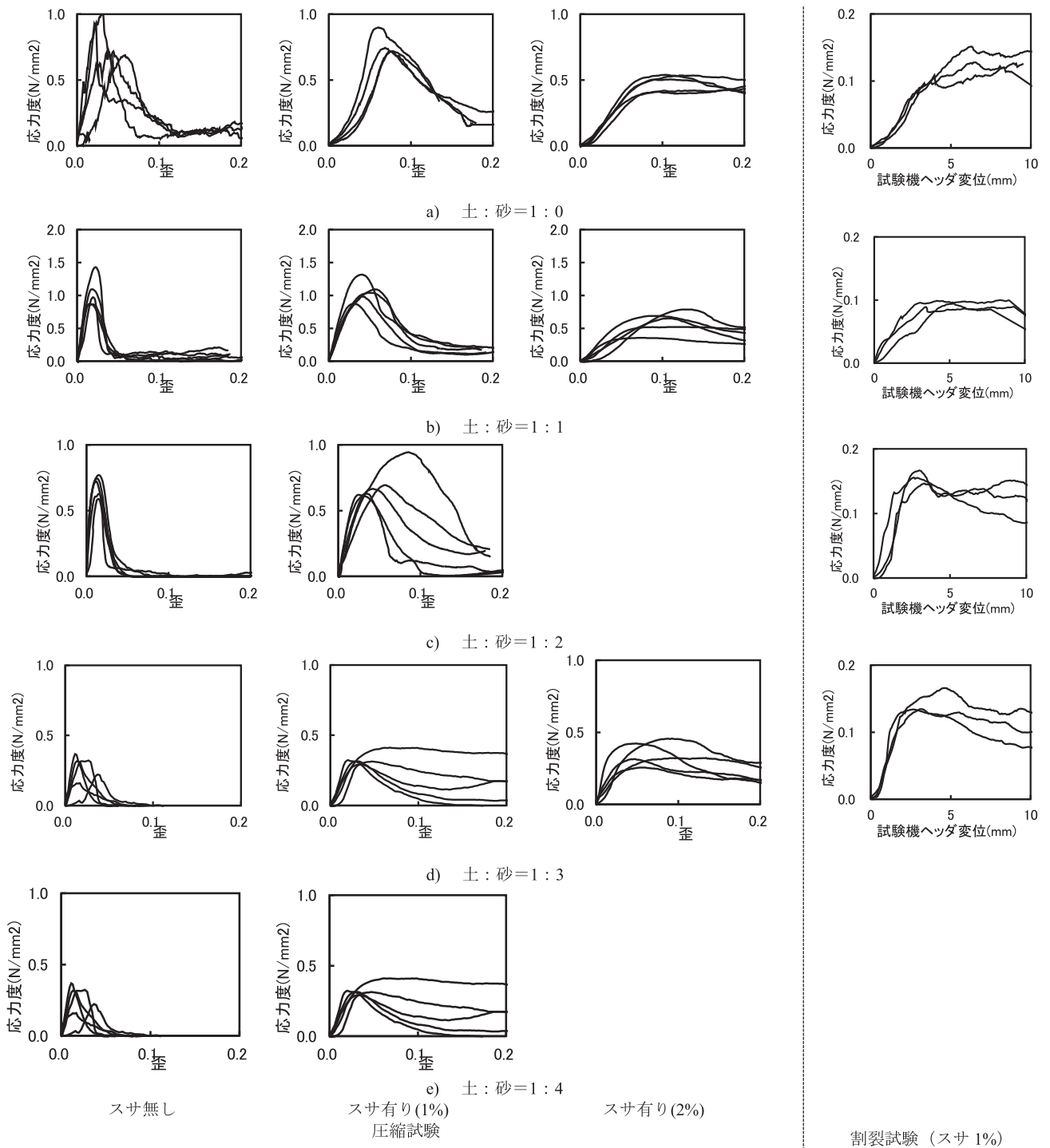


図6 圧縮試験および割裂試験の結果

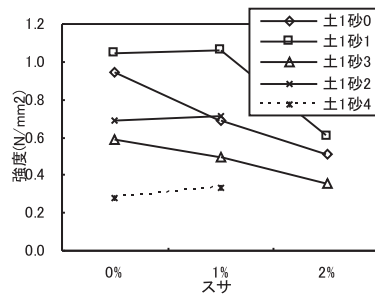
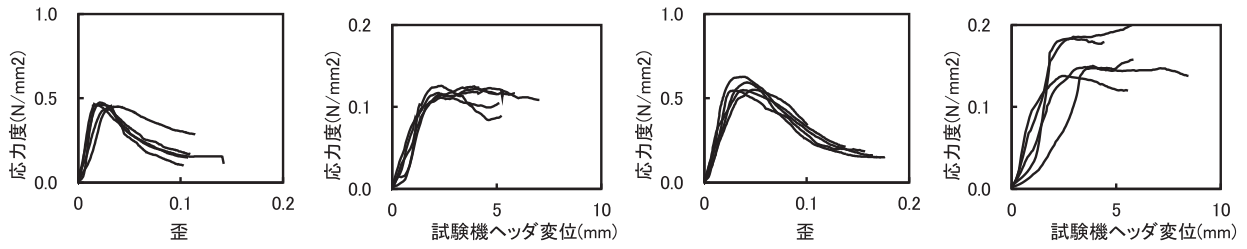
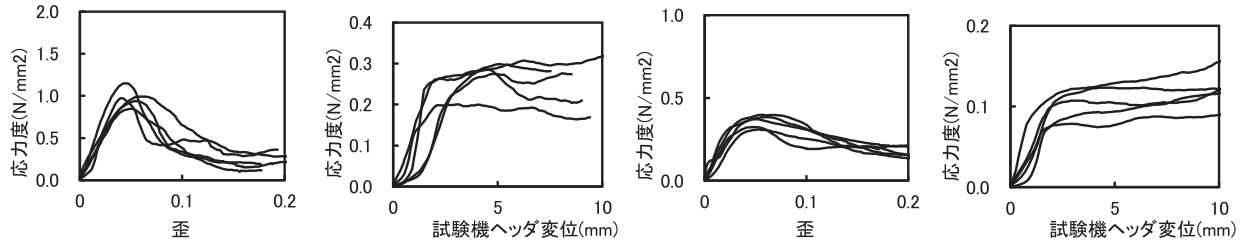


図7 平均圧縮強度



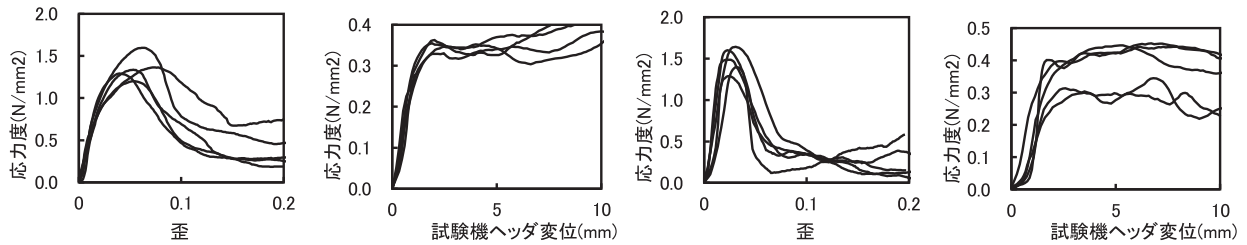
a) 京都 2010 (荒壁土)

b) 京都 2010 (中塗土)



c) 京都 2012 (荒壁土)

d) 京都 2012 (中塗土)



e) 京都 KIT (荒壁土)

f) 京都 KIT (中塗土)

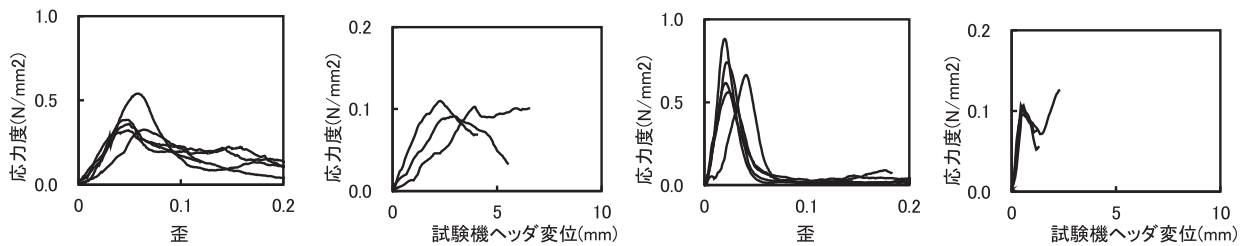
圧縮試験

割裂試験

圧縮試験

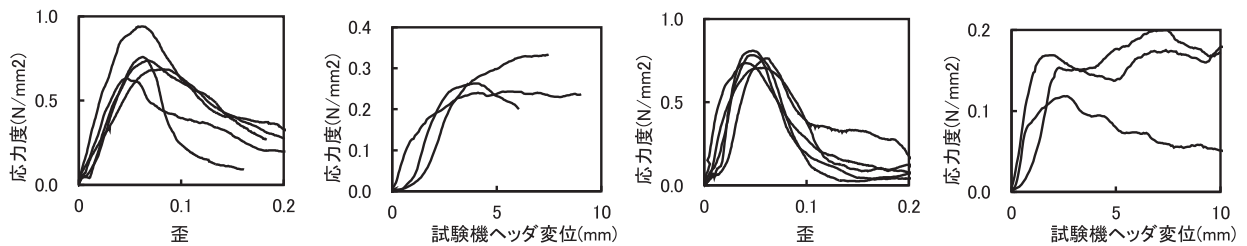
割裂試験

図 8 京都の壁土の強度特性



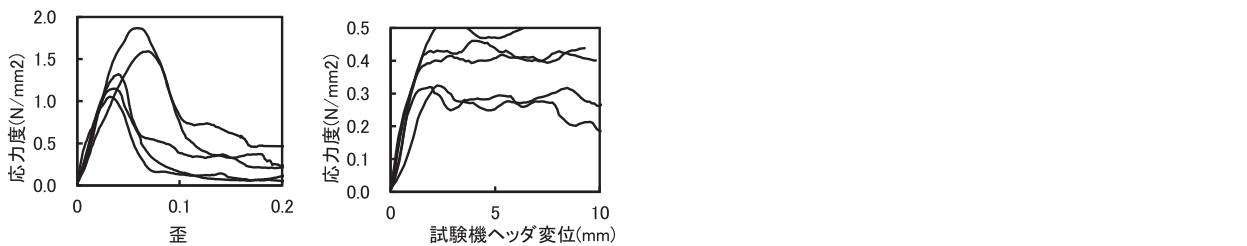
a) 鳥取 2009 (荒壁土)

b) 鳥取 2009 (中塗土)



c) 鳥取 2010 (荒壁土)

d) 鳥取 2010 (中塗土)



e) 鳥取 K : 種別不明

圧縮試験

割裂試験

圧縮試験

割裂試験

図 9 鳥取の壁土の強度特性

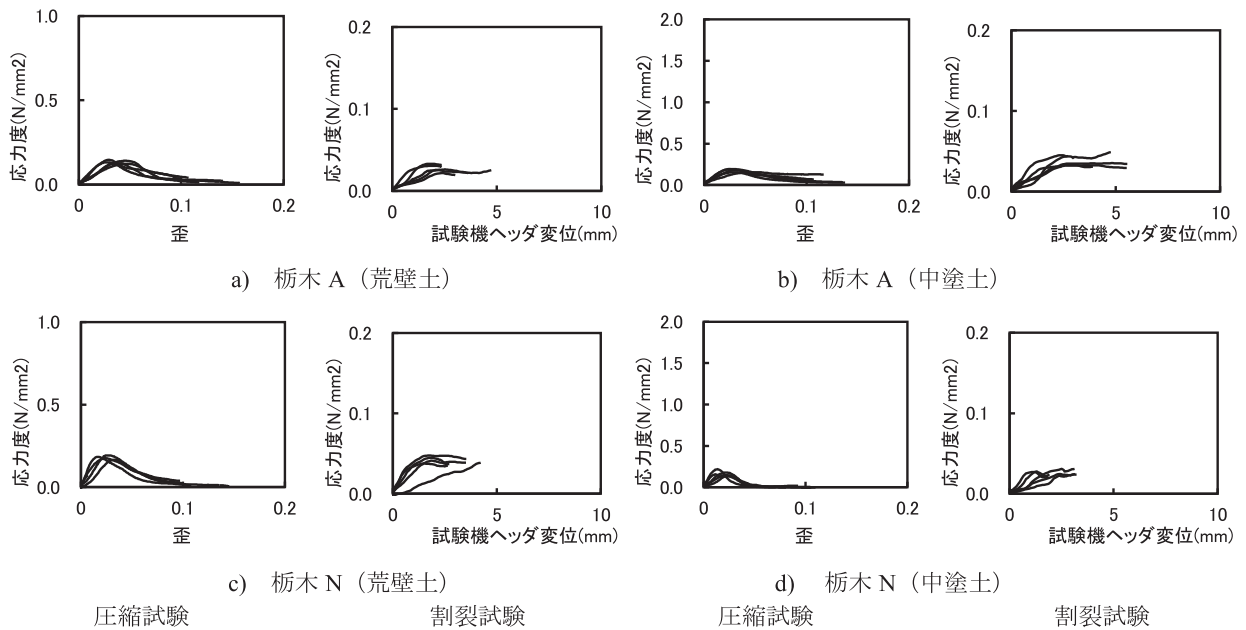


図10 栃木の壁土の強度特性

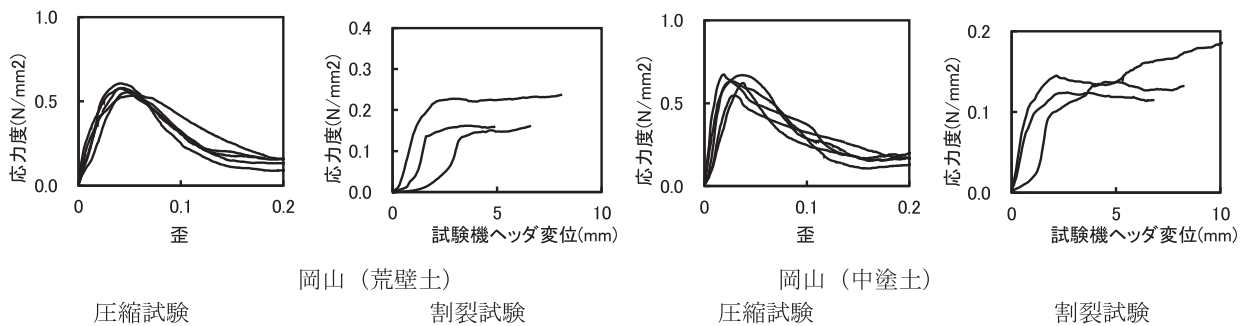


図11 岡山の壁土の強度特性

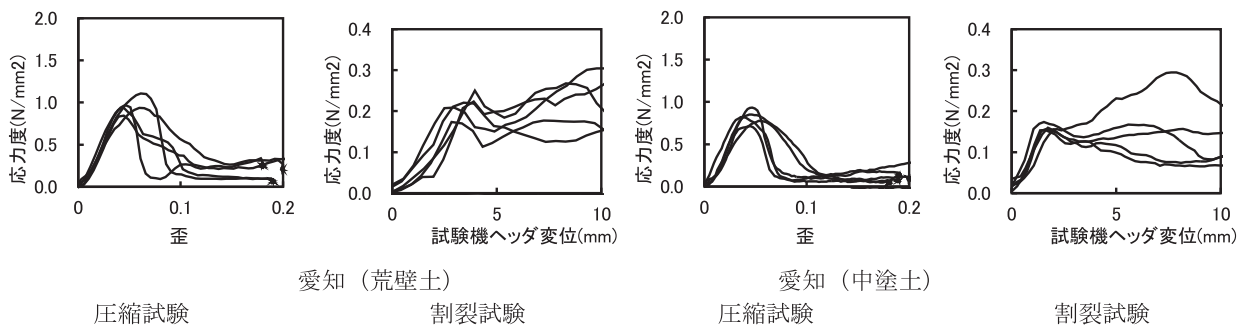


図12 愛知の壁土の強度特性

次に、最大圧縮強度および最大引張強度の定性的傾向を考察する。最大圧縮強度は5体の試験体の平均値を採用し、最大引張強度は図より著者が選別した。図13に最大圧縮強度と最大引張強度の関係を示す。図より、最大圧縮強度、最大引張強度の間には、相関が成立し、荒壁土の最大引張強度はその最大圧縮強度の0.25倍、中塗土の最大引張強度はその最大圧縮強度の0.21倍、総合すれば最大引張強度はその最大圧縮強度の0.23倍であると言える。なお、最大圧縮強度は文献7)に示された円柱試験体を用いた圧縮強度の範囲に収まっている。

次に荒壁土の最大圧縮強度と中塗土の最大圧縮強度の関係を図14に示す。荒壁土の最大圧縮強度と中塗土の最大圧縮強度の間にもほぼ相関が成り立ち、中塗土の最大圧縮強度は荒壁土の最大圧縮強度の0.93倍と計

算される。しかし、中塗り土の最大圧縮強度が荒壁土の最大圧縮強度より著しく劣るケース（京都2012）を除くと、中塗り土の最大圧縮強度は荒壁土の最大圧縮強度の1.06倍と計算される。

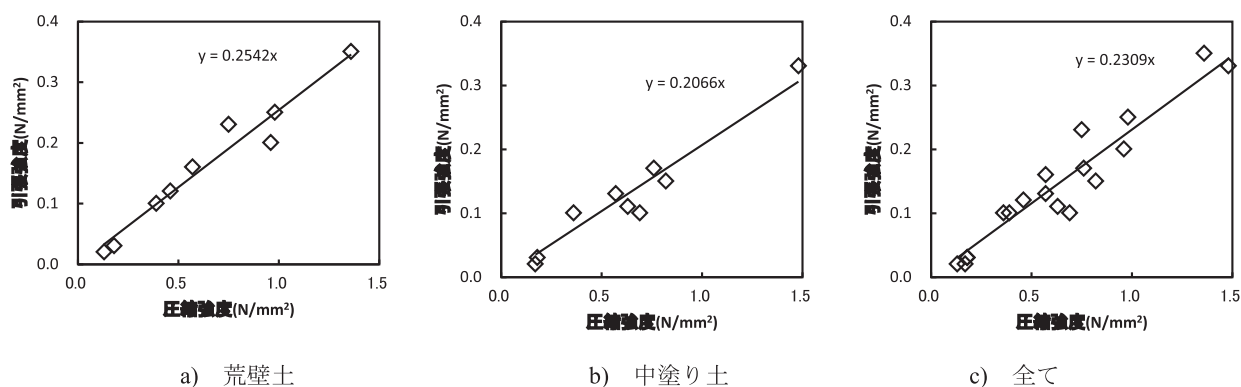


図13 最大圧縮強度と最大引張強度の関係

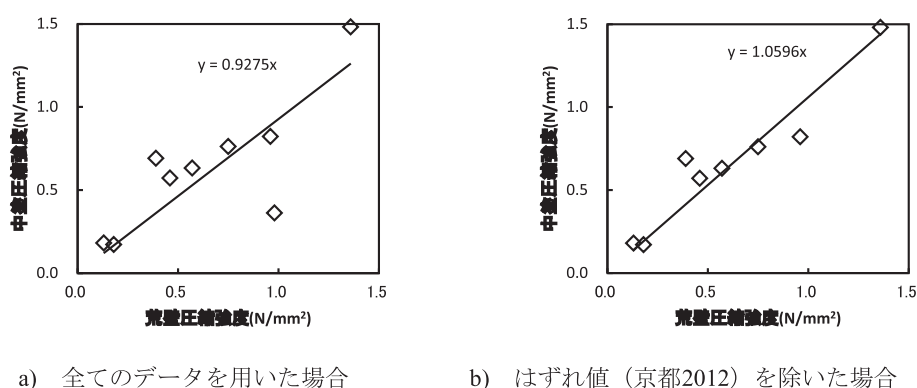


図14 荒壁土の最大圧縮強度と中塗り土の最大圧縮強度の関係

5. 結語

本報では、まず、壁土試験体の早期乾燥法を提案した。次に粘土、砂、スサの調合比を変化させ、材料の圧縮試験を行った。その結果、定性的な傾向として、壁土の最大圧縮強度は、粘土と砂の調合比（もしくは、粒度分布）およびスサ混入量の影響を受け、砂が少なくなるほど、および、スサが少なくなるほど、強度が高いと言える。加えて、スサ混入量は、最大圧縮強度以降の強度特性の負勾配に影響を与え、スサ混入量が多いほど強度特性の負勾配が緩くなると言える。最後に、実在の壁土を用いて壁土圧縮強度と引張強度の関係を示した。

謝辞：本研究の一部は、地域イノベーション創出総合支援事業 重点地域研究開発推進プログラム 平成21年度「シーズ発掘試験」A（発掘型）、文部科学省科学研究費補助金・基盤研究(S)（課題番号19106010、研究代表者：鈴木祥之）、国土交通省住宅局補助事業「伝統的構法の設計法作成および性能検証実験」により行われた。記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 浦憲親, 蒲田幸江, 鈴木祥之: 壁土の供試体作製及び強度試験方法に関する基礎実験, 日本建築学会構造系論文集, No.559, pp.23-30, 2002.9
- 2) 福本和正: 壁土のせん断強度の実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, No.530, pp.99-106, 2000.4
- 3) 濱崎信子, 三芳紀美子, 大橋好光: 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

集構造III、C-1,pp.205-206 2004

- 4) 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-変形角関係及び壁倍率の推定方法と検証, 日本建築学会構造系論文集, No.621,pp.103-110, 2007.11
- 5) 山田耕司: 土壁耐力の数値解析手法の開発, 日本建築学会技術報告集 第23号, pp.161-164, 2006.
- 6) 山田耕司, 清水秀丸, 中治弘行, 鈴木祥之: 土塗り小壁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
- 7) 午來 嵩頭, 平田 良, 村本 真, 森迫 清貴: 壁土の圧縮強度・せん断強度・弾性係数について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 構造III, pp.57-58, 2015.09