

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 14 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560682

研究課題名(和文)小舞土壁の性能向上のための調合および塗付け工程に関する研究

研究課題名(英文)The Mix Proportion and the Plastering Methods to Enhance the Load-Bearing Performance of the Clay Wall on Bamboo Lathing

研究代表者

奥石 直幸 (Koshiishi, Naoyuki)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：00257213

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円、(間接経費) 630,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、環境負荷の少ない小舞土壁構法の再興を目指し、小舞下地および塗付け層の仕様が土壁の具備すべき性質に及ぼす影響を明確にすることを目的とした。

まず、壁土材料の調合が、塗付け作業性、はく離・ひび割れの性状および力学的性質に及ぼす影響を明らかにした。一方で、軸組・貫および土壁層からなる壁試験体を用い、水平力に対する土壁の抵抗機構を把握した。次に、ここで確認した4つの抵抗要素を模擬した要素試験体を用いてせん断加力実験を行い、間渡竹の取付け方法、壁土材料の性質、および塗付け各層の層厚比が、抵抗要素の力学特性に及ぼす影響を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The use of clay wall on bamboo lathing less burdens on the environment, but it is necessary to confirm their properties in order to use this wall construction method more widely in safety.

This study was performed to reveal the influence of configuration of bamboo lath and properties of wall clay on performances of clay wall on bamboo lathing.

First, we determined the influence of compositions of mixtures on the properties of the wall clay, including workability, crack and compression characteristics. Secondly, we confirmed the fracture behavior and resistance mechanism of clay walls subjected to horizontal forces. Thirdly, we revealed the influence of the lath configuration, properties of wall clay and thickness of layers on mechanical behavior of the load-bearing elements based on the results of shearing experiments.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：建築構造・材料 建築工法 小舞壁 左官材料 壁土

1. 研究開始当初の背景

小舞土壁構法は原材料に木、竹、土、藁などの天然素材を用いた日本の伝統構法である。木造の軸組に、竹などを格子状に編んだ小舞下地を取り付け、土と藁スサを練り混ぜた材料を塗り重ねてつくられる。近年、環境負荷の少ないこの構法が見直されている。

しかし、性能向上、工期短縮、コスト削減などが求められる現代において土壁を採用するには制約が多い。第一に、土壁には天然素材を用いるため、地域によって実現可能な性能の格差が大きいことが挙げられる。また、施工に適した調合を見出すには、従来の熟練左官工の実施工での試行錯誤を通じた継承技術が期待できない状況では、試験練りや施工実験などに膨大な時間を要することが予想される。

2. 研究の目的

本研究では、小舞下地および塗付け層の様子が、土壁の具備すべき性質に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では以下の3つの実験を行った。

(1) 荒壁土および中塗土の性質

従来の研究では、施工軟度、乾燥収縮率、圧縮強度といった材料特性に関する基礎データの収集が主であったが、荒壁土および中塗土には、下地に塗付けた各層に生じるはく離・ひび割れの抑制、および力学特性が求められる。そこで、荒壁土および中塗土の調合がこれらの性質に及ぼす影響を検討した。

荒壁土

荒壁土は、小舞下地を挟んで表裏に塗り付けられるため、表裏の一体性が求められる。そこで、原土の種類、砂の混合率、藁スサの長さおよび混入率の異なる23種類の調合を対象とし、表裏一体性および圧縮特性を測定した。

表裏一体性は、図1に示す模擬小舞下地の表裏に荒壁土を塗り付けた平板の中央部から切り出した試験体を用い、その切断面における表裏のはく離長さを求めて評価した。また圧縮特性は、小舞下地の無い平板から切り出した角柱試験体を用いた。図2の方法で圧縮応力-ひずみ関係を測定し、弾性係数、圧縮強度および吸収エネルギー(荷重が最大点の8割に低下するまでの曲線下の面積)を算出した。

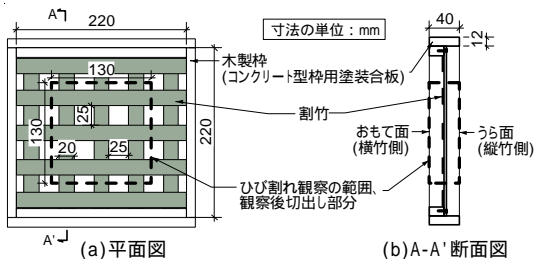


図1 荒壁土の表裏一体性の評価方法

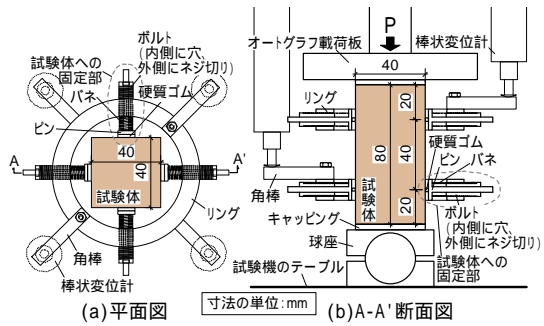


図2 圧縮試験の方法

中塗土

中塗土は、その上に施す薄い上塗りの下地として、ひび割れのなく平滑で水引きの均一な面が求められる。そこで、砂の混合率、藁スサの種類および混入率の異なる36種類の調合を対象とし、ひび割れ抑制効果および圧縮特性を測定した。

ひび割れ抑制効果は、荒壁層による拘束を考慮した図3に示す型枠を用いて平板試験体を作製し、ひび割れ性状を評価した。圧縮特性は、荒壁土と同様の寸法の角柱試験体を用い、同様の分析を行った。

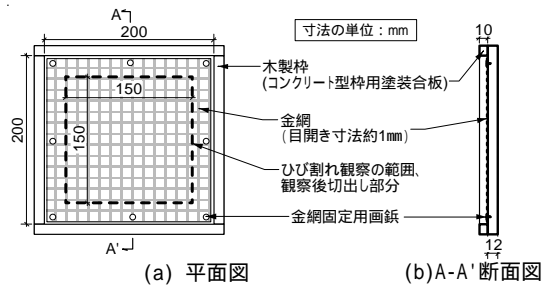


図3 中塗土のひび割れ性状の評価方法

(2) 水平力に対する破壊性状および抵抗機構

小舞土壁に求められる重要な性能として地震に対する安全性がある。これまでに多数の研究機関で実大の小舞土壁を用いた水平加力実験が行われてきたが、個々の実験において、それぞれ異なる破壊性状が観察されており、その理由については不明な点が多かった。

そこで、水平力に対する抵抗機構の確認と破壊性状に対する影響因子の明確化を目的とし、図4に示す軸組、貫および土壁層からなる実大断面の壁試験体を用いて静的水平加力実験を行った。

加力装置の概要を図5に示す。荷重と変形角の関係のほか、加力中に生じる部材間のずれ・変形と外観に現われる損傷、さらに試験体解体時に確認した内部損傷を克明に観察・分析した。

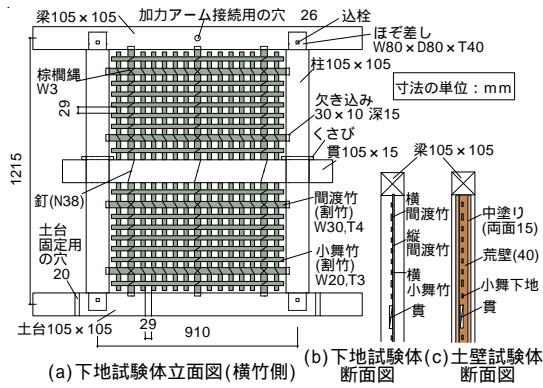


図4 試験体の形状・寸法

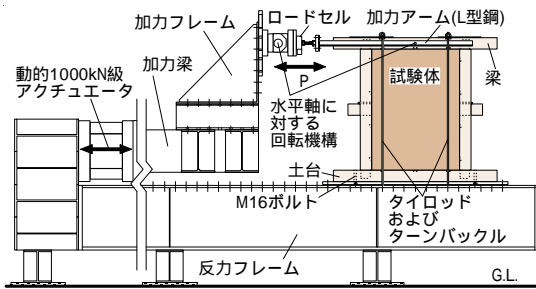


図5 加力装置の概要

(3) 抵抗要素の力学特性の評価

上記(2)の実験により 4 つの抵抗要素が確認できた。そこで、これらの抵抗要素に影響を及ぼす要因を検討するため、抵抗要素を模擬した要素試験体を用いて、対角を加力するせん断実験を行った。試験体の木製加力フレームの接合部はピン接合とし、フレームの内側の 300mm 角の部分に小舞下地、荒壁層および中塗層を施した。

まず、4 つの抵抗要素について、それぞれに存在する隙間の大きさを調整した試験体を作製し、抵抗要素の抵抗の有無の影響を検討した。

次に、間渡竹端部を差し込むために設けた欠き込みの「ゆるみ」の有無、荒壁土および中塗土の割合、壁厚 70mm 内の荒壁層と中塗層の層厚比の異なる試験体を作製し、これらの影響を検討した。

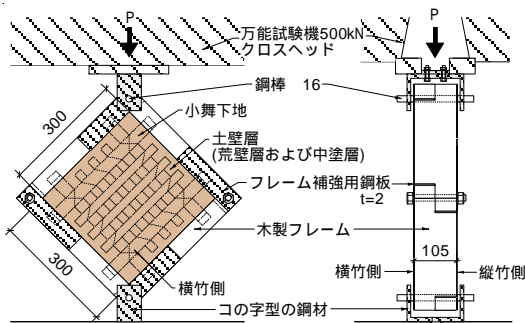


図6 加力方法

4. 研究成果

(1) 荒壁土および中塗土の性質

実験結果をまとめると、荒壁土および中塗土に求められる性質と割合の関係は、図7の

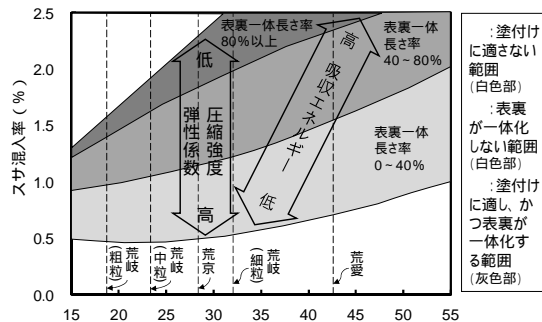
ように表すことができる。同図の横軸は、壁土の粘性・保水性の指標となる特性値として、スサ無混入の壁土を適度な軟度とするために必要な水量 W とし、縦軸はスサ混入率とした。水量 W は簡易に測定可能であり、使用実績の少ない原土を用いる場合、水量 W を求めて図7を用いれば、必要な性質を具備する割合を定める際の目安となると考えられる。

荒壁土

粘性・保水性に富んだ壁土を用いる場合ほど、鍍塗り作業性が良好で、かつ表裏の一体化が可能となる藁スサ混入率の範囲は、大きい側に移行することがわかった。また、この条件の範囲内で藁スサの量を小さくすると弾性係数と圧縮強度は大きくなるが、吸収エネルギーは小さくなることがわかった。さらに、割合が同一の場合では、長い藁スサを使用すると、弾性係数および圧縮強度は小さくなるが、吸収エネルギーは大きくなることが確認できた。

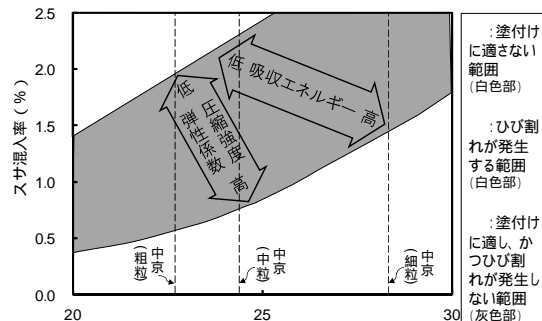
中塗土

粘性・保水性に富んだ壁土を用いる場合ほど、鍍塗り作業性が良好で、かつ有害なひび割れが発生しない藁スサ混入率の範囲は、大きい側に移行した。この条件の範囲内で、粘性・保水性に乏しい壁土を用いるほどひび割れの抑制に必要な藁スサの量が少なく済むため弾性係数と圧縮強度は大きくなるが、吸収エネルギーは小さくなることがわかった。また、割合が同一の場合では、使用する藁スサが短く細いほど、弾性係数および圧縮強度とともに、吸収エネルギーも大きくなる傾向が認められた。



壁土の粘性・保水性の指標となる特性値 (スサ無混入の壁土を適度な軟度とするために必要な水量 W (%))

(a) 荒壁土

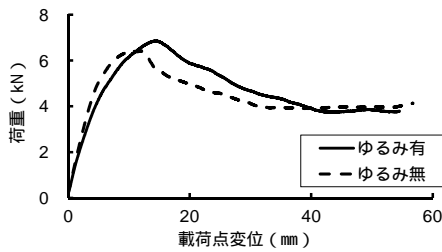


壁土の粘性・保水性の指標となる特性値 (スサ無混入の壁土を適度な軟度とするために必要な水量 W (%))

(b) 中塗土

図7 壁土に求められる性質と割合の関係

合では、変形が大きい段階まで間渡竹が荒壁の表裏と一体となって挙動するためだと考えられる。

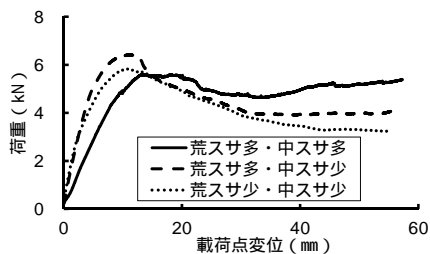


荒壁土にスサ量の多い調合を用い、
中塗土にスサ量の少ない調合を用い、
荒壁層40mm・中塗両面層15mmずつの場合

図 11 間渡竹のゆるみの影響の検討例

荒壁土および中塗土の調合の影響

図 12 は荒壁土と中塗土の調合の影響を比較した一例を示す。微小変形時にはちり際の隙間の小さい中塗層が主に抵抗するため、中塗土に弾性係数・圧縮強度の大きい調合を用いた場合に、微小変形時の荷重 - 変形関係の傾きは大きくなることがわかった。その後、荒壁層の隅角部が抵抗すると、荒壁土に吸収エネルギーの大きい調合を用いた場合に、荷重は大きくなることが明らかとなった。

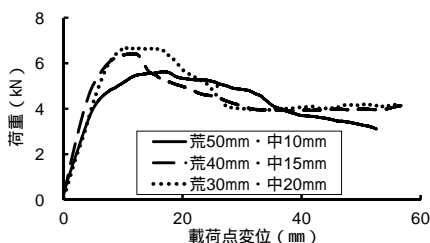


間渡竹のゆるみ無、
荒壁層40mm・中塗両面層15mmずつの場合

図 12 荒壁土・中塗土の調合の影響の検討例

荒壁層と層厚比の影響

図 13 は荒壁層と中塗層の層厚比の影響を比較した一例を示す。隅角部周辺においては、微小変形時にはちり際の隙間の小さい中塗層が主に抵抗するため、中塗層の層厚比の大きい場合に、微小変形時の荷重 - 変形関係の傾きは大きくなることがわかった。その後、荒壁層の隅角部が抵抗すると、荒壁層の層厚比の大きい場合に、荷重は大きくなることが明らかとなった。



間渡竹のゆるみ無、荒壁土にスサ量の多い調合を用い、
中塗土にスサ量の少ない調合を用いた場合

図 13 荒壁層・中塗層の層厚比の影響の検討例

(4) 研究成果のまとめ

本研究では、まず、荒壁土および中塗土に対し、塗付け作業性、はく離・ひび割れの性状および力学的性質を測定した。その結果、使用する原土の性質に応じて、これらの性質を向上する材料の調合を明らかにした。

一方で、水平力に対する小舞土壁の抵抗機構を明確にするため、軸組・貫および土壁層からなる壁試験体の水平加力実験を行った。その結果、4つの抵抗要素を確認し、これらは塗付け層ごとに異なることに加え、各抵抗要素に存在する隙間寸法によって抵抗を開始する変形角が異なることを把握した。これを踏まえ、小舞下地の取付け方法、壁土材料の調合、および塗付け各層の層厚比が、各抵抗要素の力学特性に対して影響を及ぼす影響を検討したところ、要因の違いによる荷重 - 変形曲線および破壊性状の相違が明らかとなった。

従来、小舞下地や塗付け層の仕様は、左官職の経験に依存するところが大きかった。本研究によってこれらの因子が、小舞土壁の具備すべき性質に及ぼす影響が明確になった。今後更に詳細な要因について検討を行い、実大断面寸法の試験体を用いて検証することで、小舞土壁の性能向上に寄与できるものと思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

山田宮土理、奥石直幸：塗付け各層の一体性に影響を及ぼす要因 小舞土壁に用いる壁土に関する研究 その3、日本建築学会構造系論文集、査読有、第78巻、pp.1831-1839、2013.11

山田宮土理、奥石直幸：藁スサを混入した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2、日本建築学会構造系論文集、査読有、第78巻、pp.1209-1218、2013.7

〔学会発表〕(計4件)

山田宮土理、奥石直幸、佐藤絢一：壁土の性質に関する基礎的研究 第21報 荒壁の圧縮特性に及ぼす調合の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、Vol.A-1、pp.889-890、2013.8

佐藤絢一、奥石直幸、山田宮土理：壁土の性質に関する基礎的研究 第20報 荒壁の表裏一体性に及ぼす調合の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、Vol.A-1、pp.887-888、2013.8

山田宮土理、奥石直幸、神品夏葉、佐藤絢一：壁土の性質に関する基礎的研究 第19報 下地拘束のある状態で乾燥固化した中塗りの性質、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、Vol.A-1、pp.433-434、2012.9

神品夏葉、奥石直幸、山田宮土理、佐藤
絢一：壁土の性質に関する基礎的研究 第
18 報 中塗土の基本的性質、日本建築学
会大会学術講演梗概集（東海）、Vol.A-1、
pp.431-432、2012.9

6 . 研究組織

(1)研究代表者

奥石 直幸 (KOSHIISHI, Naoyuki)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：00257213