

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06659

研究課題名（和文）真壁木造の耐久性向上のための雨水浸入の抑制および浸入雨水の挙動制御に関する研究

研究課題名（英文）Prevention of rainwater infiltration and suppression of infiltration rainwater to improve durability of wooden structural members-exposed wall construction

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） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、木造住宅の長期使用に向けた真壁構法の優位性を検証するための研究である。まず真壁を構成する各材料について材料試験を行い、吸水速度係数などの特性値を求めた。次にチリじゃくりなどの雨仕舞を施した要素試験体に対して送風散水実験を行い、雨水浸入の抑制効果や、浸入後の雨水の挙動を確認した。そして、材料試験で測定した吸水特性などを用いた数値解析を行い、実験結果の考察などを行った。今回の解析モデルは単純なものであるが、雨水浸入や浸入雨水のおおまかな挙動は表現できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

真壁を構成する各材料の吸水特性と、真壁構法における軸組と壁面との取合い部および壁面からの雨水の浸入や浸入後の雨水の挙動を実験により確認した。そして数値解析によって実験結果の検証を試みた。その結果は途中段階であるものの、木造住宅の長期使用に向けた材料選定、雨仕舞、納まりなどの検討に有用ないくつかの知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：This study is to confirm the superiority of the wooden structural members-exposed wall construction in terms of long-term use of wooden houses. First, a material test was performed on each material used, and characteristic values such as a water absorption rate were obtained. Next, wind and water spray experiment were conducted on element specimens with different details and flashing, and the effect of preventing rainwater infiltration and the behavior of infiltrated rainwater were confirmed. Then, numerical analysis was performed using the water absorption rate measured in the material test, and the experimental results were analyzed. Although the analytical model in this study is simple, the behavior of rainwater infiltration and infiltration rainwater were could be roughly expressed.

研究分野：工学

キーワード：木造 真壁 小舞土壁 ラスモルタル 雨仕舞 防水 送風散水 吸水速度

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

木造建築の壁体構法は、真壁構法と大壁構法に大別できる。本研究で対象とする真壁構法は、軸組が露出しているため、雨水が浸入しても木材が乾きやすく、腐朽しても目視で確認しやすいなど、長期使用の観点で多くの利点を有している。その一方で、在来軸組構法や近年発展の著しい枠組壁構法などの大壁とは異なり、材料・構法および工法の標準化や性能検証が遅れている。このような状況の中、国土交通省のホームページには、住宅瑕疵担保責任保険に加入可能な仕様が公開されている。また、長期優良住宅実現のための手引書に真壁木造の仕様例が示されている。しかし、これらは実建物の調査や設計者・施工者等へのヒアリングなどをもとに作成されたものであり、必ずしも十分に性能検証が行われているとはいえない。

2. 研究の目的

本研究では、まず真壁を構成する各材料の吸水特性を把握するために材料試験を行った。次に様々な風雨の条件下において、真壁に施す雨仕舞の種類による雨水浸入の抑制効果や浸入雨水の挙動の違いを確かめるために送風散水実験を行った。さらに、その結果を数値解析により考察した。以上は、真壁木造住宅の長期使用の実現に向け、使用材料、雨仕舞、納まりなどの選定などに有用な知見を得ることを目的としたものである。

3. 研究の方法

2章に記載した3つの研究の項目について、以下に詳しい研究の方法を記載する。

(1) 真壁を構成する各材料の吸水特性の把握

真壁を構成する各材料の吸水特性(吸水速度係数や最大吸水量など)を把握するために、表1に示す試験体に対して、壁を想定し垂直に立てた状態で、小口の下面からの上向き吸水(下面吸水)と上面からの下向き吸水(上面吸水)、さらにモルタル試験片のみ平部から水平方向に吸水(側面吸水)の試験を行った。

表1 吸水試験体の種類

材料	試験体の種類		
	関東荒壁土 関西荒壁土 軽量モルタル 普通モルタル	関東中塗り土 関西中塗り土	上塗り漆喰 砂漆喰
形状			
寸法(mm)	100×100×20	100×100×15	100×100×5

(2) 真壁の要素試験体に対する送風散水実験

先行研究¹⁾²⁾では小舞土壁とモルタル真壁を対象に送風散水実験を行った。本研究も同様にいくつかの要素試験体に対して送風散水試験を行った。ただし、小舞土壁の試験体では、関東仕様のみを対象とした。

小舞土壁の要素試験体の例を図1に示す。先行研究¹⁾²⁾では雨水浸入に対する雨仕舞の効果を確認するため屋外側のみを塗り付けた試験体としたが、本研究では壁体内に浸入した雨水の挙動も確認するための室内側まで塗った試験体を作製した。試験体の種類を表2に示す。

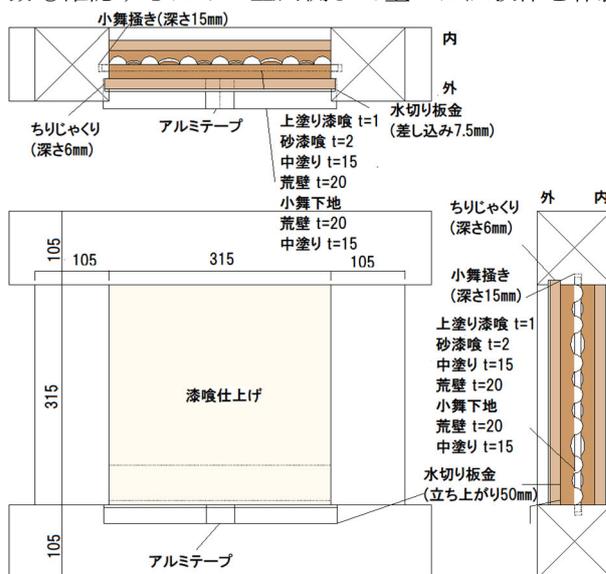


表2 小舞土壁要素試験体の種類

	雨仕舞の種類			
	漆喰仕上げ	水切り板金	ちりじゃくり	ちり廻り塗り
A8				
A9	○			
A9'	○			
A10			○	
A11	○		○	
A12		○		
A13	○	○		
A14				○
A15	○			○
A16	○	○	○	
A17	○	○		○

図1 試験体の例(A16の場合)

また、耐水性に難のある小舞土壁の現代版として期待されるセメントモルタルによる真壁構法も検討した。先行研究³⁾では通気構法も扱っているが、本研究では直張り構法のみを対象と

した。試験体は13種類であり、モルタルの種類(軽量および普通)、漆喰仕上げの有無、ならびにチリじゃくり、水切り板金、防水テープなどの雨仕舞の種類を変え、雨水浸入の抑制効果と浸入雨水の挙動への影響を確認した。

試験体には、塗付け各層の境界および軸組と取合うチリ際の小口に、リード線を和紙で連結した自作の水検知センサーを設置した。センサーを設置した試験体裏面の状況を図2に示す。

送風散水実験は、散水量と風速が異なるいくつかの条件で行った。送風散水条件の種類を表3に示す。そのうち、横殴りの雨を想定した場合の散水装置を図3に示す。

実験中は、水検知センサーの電圧を測定して水の浸入を検知し、また試験体裏面に対し目視観察と動画撮影を行い、濡れ色の範囲を記録した。

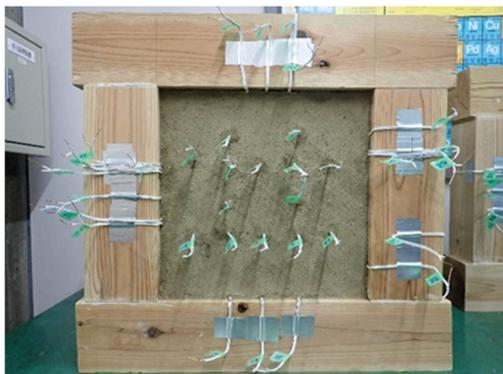


図2 要素試験体裏面の状況(写真)

表3 送風散水条件

散水条件	①	②	③	④	⑤
降雨条件					
壁面散水量(mm/h)	5	59	101	43	110
風速(m/s)	0	7	6	0	6
降雨時間(h)	48	6	3	24	6

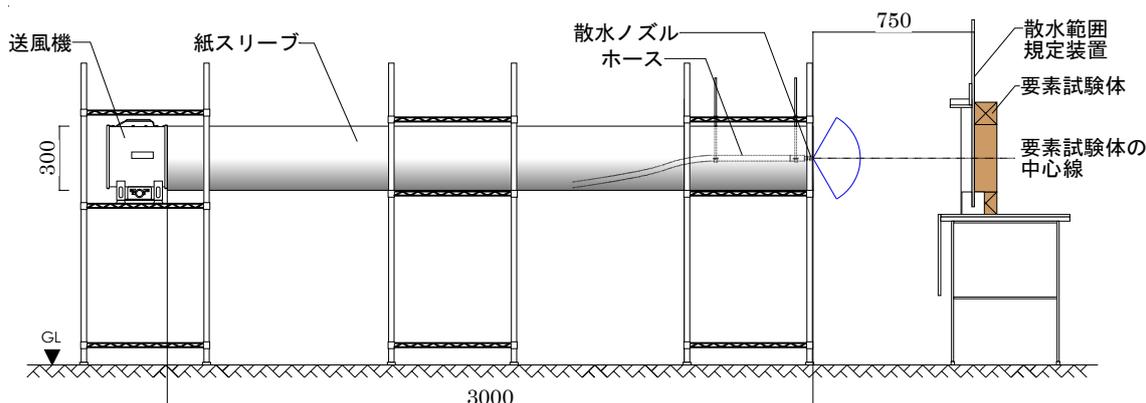


図3 送風散水装置の概要(横殴りの雨を想定した場合)

(3) 数値解析による実験結果の考察

材料試験により得た吸水特性を用いて数値解析を行い、主に壁面に使用する材料や雨仕舞の種類による雨水浸入の抑制効果および浸入雨水の挙動への影響について送風散水実験の結果を考察した。

4. 研究成果

(1) 真壁を構成する各材料の吸水特性の把握

図4および図5は吸水試験により得られた各材料の吸水曲線の例である。吸水速度係数は、横軸を平方根スケールとした場合の初期の比例領域の傾きであり、吸水速度係数を求めた結果が表4である。また表4には各材料の見かけ密度も示した。

① 材料の違いが吸水速度に及ぼす影響

荒壁・中塗りの土壁および漆喰では見かけ密度が小さい材料のほうが吸水速度係数は大きい、モルタルの場合はその逆の関係となった。

② 吸水方向の違いが吸水速度係数に及ぼす影響

関東荒壁土では下面吸水より上面吸水のほうが吸水速度係数は大きかった。関西荒壁土、関東中塗り土、関西中塗り土でも同様の結果であった。

軽量・普通モルタルとも、下面吸水と上面吸水において吸水速度係数の差はなかった。漆喰に関しても同様であった。ところが、側面吸水では、下面・上面吸水よりも吸水速度係数が小さくなっており、水の供給量が不足していた可能性があり、確認実験が必要である。

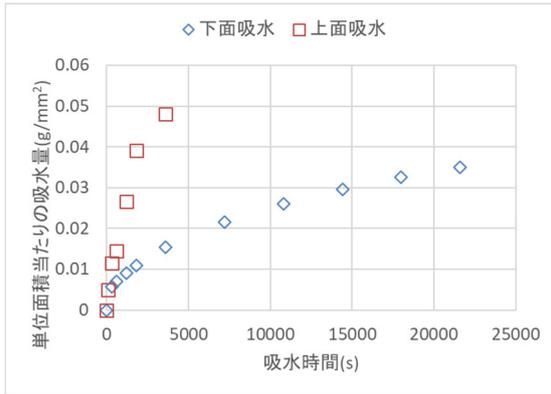


図4 関東荒壁土の吸水曲線

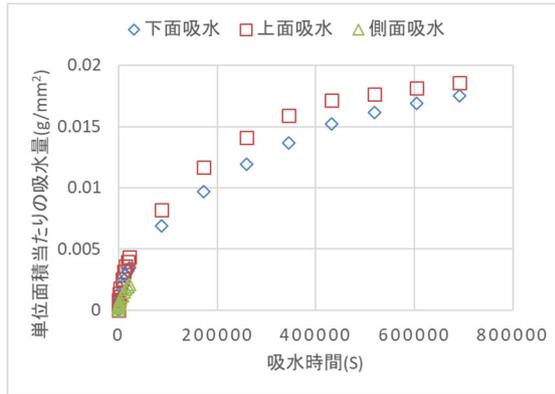


図5 軽量モルタルの吸水曲線

表4 各材料の吸水速度係数

材料		吸水速度係数($g/mm^2 \cdot \sqrt{sec}$)			見かけ密度(g/cm^3)		
		下面吸水	上面吸水	側面吸水	下面吸水	上面吸水	側面吸水
関東仕様	荒壁土	2.4×10^{-4}	4.2×10^{-4}	-	1.22	1.22	-
	中塗り土	1.2×10^{-4}	1.4×10^{-4}	-	1.69	1.70	-
関西仕様	荒壁土	1.1×10^{-4}	2.3×10^{-4}	-	1.47	1.50	-
	中塗り土	0.7×10^{-4}	0.8×10^{-4}	-	1.81	1.79	-
軽量モルタル		0.2×10^{-4}	0.3×10^{-4}	0.1×10^{-4}	1.12	1.12	1.14
普通モルタル		0.3×10^{-4}	0.3×10^{-4}	0.1×10^{-4}	1.99	1.97	2.00
上塗り漆喰		2.1×10^{-4}	2.1×10^{-4}	-	1.21	1.20	-
砂漆喰		0.6×10^{-4}	0.6×10^{-4}	-	1.43	1.46	-

(2) 真壁の要素試験体に対する送風散水実験

土壁の要素試験体 (A8) に対して行った送風散水実験の結果を図6に示す。左図はセンサーの配置図で、赤で表示したセンサーの測定結果を右図に示した。急激な電圧上昇は水の到達を意味する。図7にセンサーの反応時間と試験体裏面の濡れ色の範囲を示す。

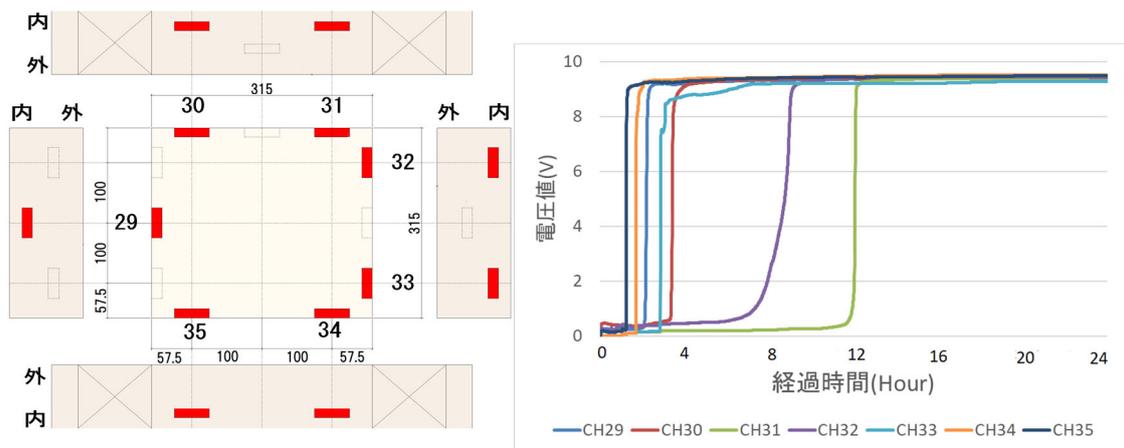


図6 屋外側中塗り層裏面のセンサー配置および電圧の変化

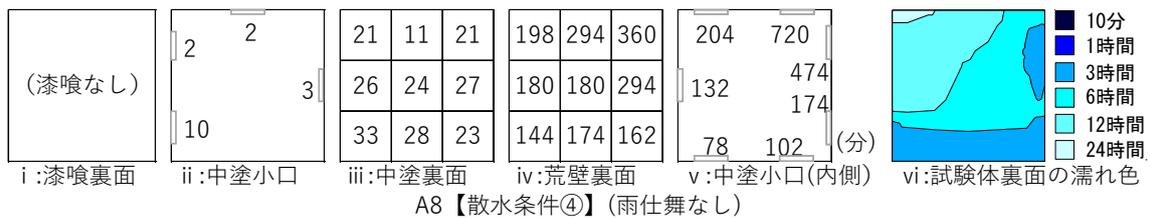


図7 A8 要素試験体への散水実験のセンサー反応時間および試験体裏面の濡れ色

(a) 関東仕様の小舞土壁要素試験体

漆喰仕上げの効果については、壁面の位置による差は少なくほぼ一様に浸水した。漆喰仕上げを施すことにより浸水の遅延効果が認められた。また、壁面散水量が多くなっても漆喰裏面までの浸水時間に差はなく、同様の効果が認められた。

チリじゃくりを施すことにより、両側の柱際において、屋外側中塗り層の裏面までの浸水に遅延効果が認められた。

水切り板金については、先行研究¹⁾ではその効果が確認できているが、本実験では浸水時間の変化はわずかで、顕著な効果は顕著でなかった。更なる検証が必要である。

チリ廻り塗りを施すことによる浸水の遅延はわずかで、顕著な効果は認められなかった。

(b) モルタル要素試験体

モルタル真壁の直張り構法の要素試験体に対しても同様の送風散水実験を行い、材料の違いによる浸入雨水の挙動への影響および雨仕舞の効果についていくつか知見を得た。また、送風散水条件の影響については、風を当てない条件では、軽量モルタルより普通モルタルのほうが浸水が早いのにに対し、送風を加えた条件では、モルタル層の厚み中央までに限っては、普通モルタルよりも軽量モルタルのほうが早く浸水することが確認できた。無風の場合は組織が緻密な普通モルタルの毛管力による浸水が、風を伴う場合は軽量モルタルの粗い組織への圧力による浸水が卓越した結果と推察される。

(3) 送風散水実験の結果の数値解析的な考察

(1)で得られた各材料の吸水速度係数を用い、(2)の送風散水実験における浸入雨水の挙動を数値解析で再現した。解析においても、送風散水実験における浸入雨水の挙動のおおまかな特徴・傾向は再現できたが、解析モデルが初期の単純なものであるため、今後の実験とモデルの改良を繰り返し、精度を高めていく必要がある。

<引用文献>

- 1) 神品 夏葉、興石 直幸ほか、木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様と評価に関する研究、木造真壁の防雨性能に関する実験(伝統土壁中塗り仕上げ、伝統土壁漆喰仕上げの場合の浸入水の挙動)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1345-1346、1347-1348、2013
- 2) 堀江 康介、興石 直幸ほか、木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様と評価に関する研究、木造真壁の防雨性能に関する実験(その3 伝統的土壁における浸入雨水の挙動)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1127-1128、2016
- 3) 森崎 慧、興石 直幸ほか、木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様と評価に関する研究、木造真壁の防雨性能に関する実験(その4 モルタル真壁における浸入水の挙動)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1129-1130、2016

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大竹郁矢、奥石直幸
2. 発表標題 木造真壁の防雨性能に関する実験的研究 その5 伝統土壁における浸入雨水の挙動
3. 学会等名 2020年度日本建築学会大会（関東）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----