

歴史的建造物におけるしっくい仕上げの補修工法に関する研究

日大生産工(院) ○房野 泰人
日大生産工 永井 香織

1. はじめに

近年、文化財となる建造物が増え、補修が必要な建造物が増加している。建物条件や環境、材料等の違いから建造物の劣化状態は多様になっており、補修、改修工法も様々な検討が行われている。国宝・重要文化財建造物などの歴史的建造物を継承していく際には、適切な時期に適切な補修工法の検討が必要となる¹⁾。歴史的建造物では長期使用をするため長寿命化を考える際に、安全性や耐久性を考慮した補修が必要となる¹⁾。

補修・改修設計規準²⁾(JAMS)が制定されているが、文化財建造物は対象外であり、一般化されていない工法で施工される場合がある。現在提案されているしっくい仕上げの補修工法は、いずれの工法も仕上面を保持するため裏面から補修を基本として行っている³⁾。

本研究は、安全性を確保しかつ既存しっくい仕上面をそのまま存置する方法の一つとして、しっくい仕上面から補修を行う工法の提案を検討している。

本報告は、補強材として不織布を用いる可能性を確認するため、物性や塗付け作業性について検討した結果を述べる。

2. 試験項目

本研究で行った試験項目を表1に示す。試験は不織布の物性およびしっくい仕上げへの適用の検討について実施した。

表1 試験項目

項目	試験体寸法 (mm)	試験体数	目的
引張試験	40×200	10	不織布を用いた工法の提案における基本的物性の把握
吸水試験	15×200		
塗付け実験 付着試験	450×450	3	塗り付け作業における施工性の把握 密着性の確認

3. 試験体概要

3.1 物性試験

不織布の材料は表2に、試験体概要を表3に示す。本試験では、不織布の繊維方向を縦方向、繊維方向に直交する方向を横方向と定めた。

引張試験および吸水試験体はJIS L 1913⁴⁾(一般不織布試験方法)、JIS L 1907⁵⁾(繊維製品の吸水試験方法)に準拠し40×200mm、15×200mmに裁断し、縦横各5体、合計10体作成した。

3.2 塗付け実験

試験体断面図を図1に示す。450×450mmの石膏ボード下地に厚み1.5mmの本しっくいを施工後、不織布をΦ=1mm、ℓ=12mmのピンを用いて固定した。不織布は、予め水に浸漬したもの(湿潤不織布)とそのまま貼り付けたもの(乾燥不織布)の2条件とし、不織布5種類に対して各3体とした。その後、室温20±2℃、湿度60%の環境下で養生し、表面に厚み1.5mmの既調合しっくいを塗付けた。

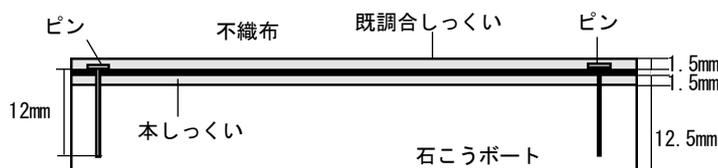


図1 試験体断面図

表2 不織布の材料

	材料	用途
不織布A	パルプ+ポリプロピレン	清掃用
不織布B	パルプ+ポリプロピレン	
不織布C	ポリプロピレン	ラッピング
不織布D	ポリエステル	
不織布E	ポリプロピレン	農業用

表3 試験体概要

方向	不織布A		不織布B		不織布C		不織布D		不織布E	
	縦方向	横方向								
厚さ (mm)	0.43	0.44	0.39	0.38	0.33	0.34	0.15	0.15	0.16	0.17
質量 (g)	0.70	0.71	0.63	0.60	0.49	0.48	0.17	0.18	0.15	0.16
単位質量 × 10 ⁻⁴ (g/mm ²)	0.88	0.89	0.79	0.75	0.61	0.60	0.21	0.23	0.18	0.21
見かけ密度 × 10 ⁻³ (g/mm ³)	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.14	0.14	0.12	0.12

Research on repair methods for plaster finishes on historical buildings

Hiroto FUSANO and Kaori NAGAI

3.3 付着試験

しっくい仕上げ終了後、温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 湿度60%の環境下にて2週間養生したものを付着試験体とした。

4. 試験方法

4.1 不織布の繊維観察

不織布の繊維観察は、デジタルマイクロスコープ(K社製 VHX-5000)を使用し、不織布の繊維密度について観察を行った。

4.2 引張試験

引張試験は JIS L 1913⁴⁾ (一般不織布試験方法) に準拠し、オートグラフ (S社製 AG-Xplus) を用いて実施した。つかみ間隔は180mmとし、試験速度は100mm/minとした。縦方向、横方向各5体実施し、その平均値を求めた。

4.3 吸水試験

吸水試験は JIS L 1907⁵⁾ (繊維製品の吸水試験方法) に準拠した。試験体を水平棒にクリップを用いて固定し、試験体の下端 $20 \pm 2\text{mm}$ を水に浸漬させた後、10分間静置した。その後、水が上昇した高さをスケールにて1mmまで測定した。上昇した高さが一定でない場合は、上昇した高さの平均値を結果の値とした。縦方向、横方向各5体実施し、平均値を求めた。

4.4 塗付け実験

塗付けの評価は、しっくいの伸び、コテ離れ、施工後の目視によるひび割れの合計3項目とした。評価は、1(悪い)~3(良い)の3段階とした。また、ひび割れの評価は、ひび割れの有無とした。

4.5 付着試験

付着試験は JIS A 6909⁶⁾ (仕上塗材付着強さ試験) に準じ、簡易型引張試験機 (S社製 R3000ND) を用いて実施した。アタッチメントの固定にはエポキシ樹脂を用いた。エポキシ樹脂の硬化確認後、カッターを用いて下地材に達するまで切れ込みを入れ、試験を実施した。試験速度はハンドルを3秒間に1回転とした。評価は、JIS A 6919⁷⁾ (内装上塗り用既調合しっくい) の付着強度 $0.10\text{N}/\text{mm}^2$ を基準とした。

5. 結果及び考察

5.1 不織布の繊維観察

デジタルマイクロスコープによる観察結果を写真1に示す。不織布A、B、Cは繊維が密になっており、繊維の方向性を確認できる。不織布D、Eは全体的に粗く構成されていることが分かった。



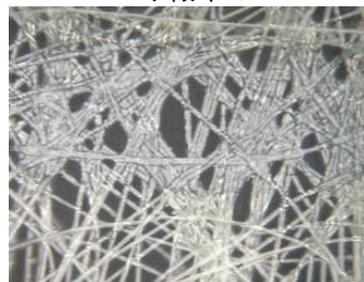
不織布 A



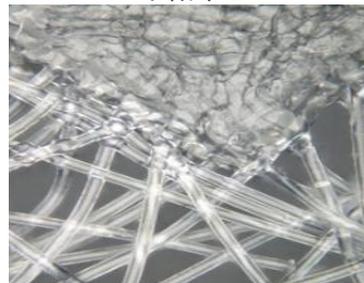
不織布 B



不織布 C



不織布 D



不織布 E

写真1 マイクロスコープ写真

5.2 引張試験

引張試験の引張強さ、伸び率を図 2, 3 に示す。全ての不織布の引張強さは、縦方向の方が横方向に比べ大きい値を示した。また、伸び率は縦方向に比べ横方向の方が大きな値を示した。

不織布の繊維観察結果より、縦方向の繊維密度が高い傾向が見られたことにより、引張強さが大きくなった。横方向では、繊維密度が小さく引張強さが小さく伸び率が大きくなる傾向を示した。

不織布の引張強さは、見かけ密度ではなく繊維の構成による影響が大きいと考える。

5.3 吸水試験

吸水試験の結果を図 4 に示す。横方向に比べ縦方向の方が若干高い吸水性を示した。縦方向では、繊維が集中しているため吸水高さが高くなる傾向を示した。

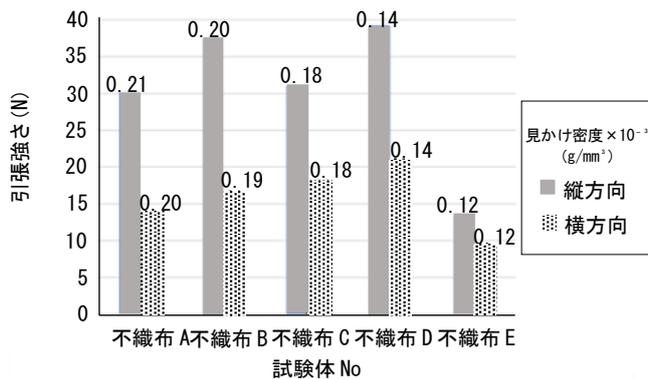


図 2 不織布引張強さ

不織布 D、E は不織布 A、B、C に比べ著しく低い値を示した。不織布 D、E では水に浸漬させる際、撥水性を確認することが出来たため、表面に加工が施されていると考える。また、繊維密度が他に比べ小さいことから吸水性が低い傾向を示したのではないかと考える。

5.4 塗付け実験

施工性における評価を表 4 に示す。不織布 A、B、C について、乾燥不織布では既調合しにくい施工時、不織布が動いてしまい施工性が低下した。また、コテを使用してしつこく伸ばす際、不織布が引っ張られたことによりしわが発生し、施工後の既調合しにくい表面に凹凸が確認された。しかし、湿潤不織布では、濡れた不織布が既存しつこい仕上面に密着し、不織布が大きく動くことなく施工が容易にできた。

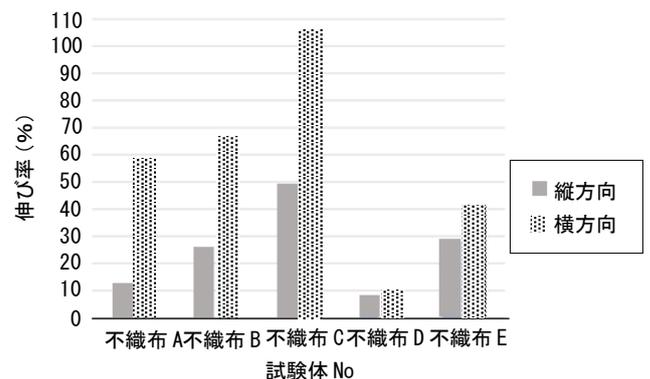


図 3 不織布伸び率

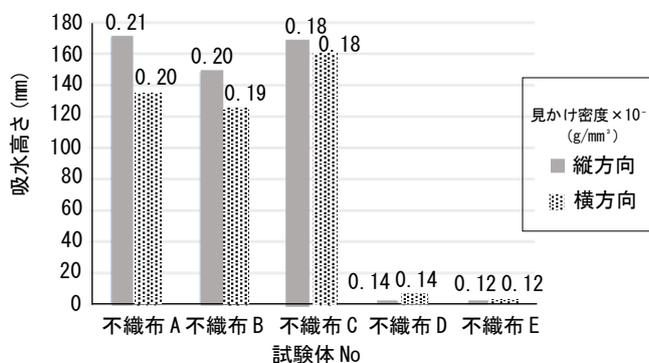


図 4 不織布吸水試験結果

表 4 施工実験結果

	施工条件	伸び	コテ離れ	ひび割れ
不織布A	ピン	1	1	有り
	浸漬+ピン	2	2	無し
不織布B	ピン	1	1	有り
	浸漬+ピン	2	2	無し
不織布C	ピン	1	1	有り
	浸漬+ピン	2	2	
不織布D	ピン	3	3	無し
	浸漬+ピン	2	3	
不織布E	ピン	3	3	無し
	浸漬+ピン	2	3	

1: 悪い 2: 普通 3: 良い

不織布 A、B の乾燥不織を貼り付けた条件および不織布 C では、養生後、ひび割れとともに不織布が既存しっくい仕上面から浮いていることが確認された。

既存しっくい仕上面から不織布が浮いたことや、既調合しっくい仕上面のひび割れが確認されたのは、吸水試験結果より不織布 A、B、C は吸水性が高い結果を示していることから、既調合しっくい施工時に本来必要となる水分量が、不織布に吸収され既存しっくい仕上面までしっくいが到達することなく不織布表面で硬化したためだと考える。

不織布 D、E について、乾燥不織布を貼り付ける条件での施工性は、不織布が動くことなく施工でき、普通石膏ボードに施工する際と差が出なかった。これは、繊維観察の結果より、不織布 D、E の繊維構成が粗いことから不織布による吸水の影響をあまり受けなかったためだと考える。しかし、湿潤不織布を貼り付ける条件では、既調合しっくい施工時しっくいがとても柔らかくなり、ダレが生じたため施工性が著しく低下した。これは、吸水試験の結果より確認された撥水性により、不織布表面に水の層が形成されたためだと考える。

5.5 付着試験

付着試験結果を表5に示す。不織布A、B、C では、アタッチメント固定後カッターで切れ込みを入れた際、既存しっくい面と不織布面にて剥離が生じてしまい、付着試験を行うことができなかった。

これは、既調合しっくいを施工した際、既調合しっくいが既存しっくい仕上面まで到達することなく不織布表面で硬化したことにより、既存のしっくい面と付着することができなかったためだと考える。

不織布D、Eは、切れ込みを入れる際に剥離などの現象はなく、付着試験を実施することができた。また、いずれの条件下で付着強度は、JIS A 6919 の基準値0.10N/mm²を上回る結果となった。

以上の結果より、不織布の種類によっては補修の可能性が確認された。また、不織布の貼り付け条件等のさらなる検討が必要であることが分かった。

表 5 付着試験結果

試験体No	施工条件	付着強度 (N/mm ²)
不織布A	ピン	—
	浸漬+ピン	—
不織布B	ピン	—
	浸漬+ピン	—
不織布C	ピン	—
	浸漬+ピン	—
不織布D	ピン	0.27
	浸漬+ピン	0.28
不織布E	ピン	0.27
	浸漬+ピン	0.29

6. まとめ

本報告で得られた知見を以下に示す。

- 1) 不織布は繊維の方向により、引張強さ、伸び率及び吸水性が変化することが確認できた。
- 2) 不織布については、繊維の構成により引張強度や吸水性等の性能が異なることが分かった。
- 3) 不織布の種類によっては、補修の可能性を確認することが出来た。

今後は、不織布の貼り付け条件等のさらなる検討が要である。

【謝辞】

本報告に当たりご協力してくださった各メーカー様、ここに記して感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 岡 健太郎：木摺り漆喰天井部材における補修工法の開発,日本建築学会技術報告集,2017,6,第23回,第54号,p403-408
- 2) 建築保全標準・同解説 JAMS 4-RC 補修・改修設計基準,日本建築学会,2021
- 3) 岡 健太郎：文化財建造物の木摺り漆喰天井における浸透性樹脂を用いた補修工法の実施工検討,日本建築技術報告集, ,2017,10,第23巻,第55号,p789-p794
- 4) 日本規格協会:JIS L 1913 一般不織布試験方法,2010
- 5) 日本規格協会:JIS L 1907 繊維製品の吸水試験方法,2010
- 6) 日本工業規格 JIS A 6909 (仕上げ塗材付着強さ試験),2014
- 7) 日本工業規格 JIS A 6919 (内装上塗既調合しっくい),2020