

近現代歴史的建造物のタイル仕上げ補修・改修工法の選定システムの提案

DB16160 櫻田 華子

1. はじめに

歴史的建造物を保存するにあたり、ユネスコやイコモスといった国際団体では、オーセンティシティの概念から材料、デザイン、技法、場所が当初から変わらずに保持されることを求めてきた。しかし、近年、従来の保存方法だけでなく、建築物が持つ価値を適切に評価すると同時に、東京駅のような建物の機能を維持しつつ継承する保存方法も検討されている。本研究では、補修・改修方法や手順が十分に検討されていない歴史的建造物のタイル仕上げに関して、補修・改修工法の選定システムを考案し図式化する。また、その図に基づいて十分な付着強度が得られる補修・改修方法を実験検証し、提案する。

2. 研究概要

2.1 タイル仕上げ建物の補修・改修工法の選定マトリックス作成の概要（研究 2）

表 1 に研究項目と内容、表 2 にタイル張り仕上げの補修・改修工法の選定システムの要因水準を示す。研究 2 では、建物の文化的価値の検証、タイル仕上げの改修方針・目標などを図式化する。

2.2 選定フロー（CSPTD1 段階）の検証を目的としたタイル仕上げ建物の現地調査概要（研究 3）

本研究では、軽井沢町旧三笠ホテルと熊本市大劇会館の 2 カ所で行った。旧三笠ホテルでは、色差計による L*a*b*色空間(JIS Z 8781-4)の計測と目視調査を行った。大劇会館では、設計者と施工主へのヒアリング調査と目視調査を行った。また、現地調査の結果と選定マトリックスをもとにタイル仕上げの補修・改修工法をいくつか提案した。

2.3 選定フロー（D2 段階）の検証を目的としたタイル引張強度試験概要（研究 4）

表 3 に実験の要因と水準、表 4 に使用材料を示す。研究 3 で提案した補修・改修工法から一つを抜粋し、タイル付着力の実験検証を行った。今回の実験では、昔と現代のタイル張り工法（以下、当初型工法、提案型工法とする）で施工した試験体をそれぞれ作成し、タイルの引張強度を比較する。当初型工法を想定した試験体 A、B は下地・張付けモルタルに砂とセメントを使用し、積み上げ張り工法で施工した。提案型工法を想定した試験体 C は、下地・張付けモルタルにプレミックスモルタルを使用し、改良圧着張り工法で施工した。また、引張強度は油圧式簡易引張試験器を用いて測定し、タイルの破断面の確認も行った。

表 1 研究項目と内容

項目		内容
研究 1	タイル仕上げ建物 文献調査	・工事報告書 ・タイル仕上げに関する資料
研究 2	タイル仕上げ建物 補修・改修選定 マトリックスの作成	・タイル仕上げの劣化状態別に 補修・改修方法を図式化 ・現地調査、実験よりどの補修・ 改修方法が該当するか検討
研究 3	選定フロー（CSPTD1 段階）の 検証を目的とした タイル仕上げ建物現地調査	・ヒアリング調査 （2019 年 2 月旧三笠ホテル、4 月大劇会館） ・目視調査 ・色差計、光沢計による調査 ・衝撃弾性波試験
研究 4	選定フロー（D2 段階）の検 証を目的としたタイル引張 強度試験	・タイル仕上げの在来工法と現 代工法の比較 ・油圧式簡易引張試験機による引 張強度（N/mm ² ）の確認

表 2 実験の要因と水準（研究 2）

要因	水準
文化性区分（C）	C1 国宝、C2 重要文化財、C3 登録有形文化財等（C1-C7）
構造体の健全性診断（S）	S1 劣化無し、S2 劣化有り
タイル仕上げ建物の改修計画（P）	P1 当該建物の補修計画、P2 改修計画等（P1-P3）
改修方針・目標（T）	T1 長期耐用性、T2 性能維持型等（T1-T6）
施工方法（Ta-Tc）	a 部分張り替え、b 全面張り替え等（a-c）
*改修方法（D）	D1 劣化、D2 適用工法

*D1・2 の具体的方法に関しては、現状に加え今後追加される要素とする。

表 3 実験の要因と水準（研究 4）

要因	水準	
	当初型工法 （試験体 A、B）	提案型工法 （試験体 C）
工法	積み上げ張り	改良圧着張り
モルタルの区分	下地モルタル 張付けモルタル 目地	下地モルタル 張付けモルタル 目地
陶磁器タイルの種類	裏足（有・無）	裏足（有・無）

表 4 使用材料（研究 4）

分類	種類	
	水	水道水
タイル仕上げ 躯体	混和剤	石灰石微粉末（直径：100 μm）
	セメント （躯体、試験体 A・B 下地・張付けモルタル）	普通ポルトランドセメント （密度 3.16g/cm ³ ）
	粗骨材	青梅産硬質砂岩砕石 （表乾密度 2.65g/cm ³ ）
	細骨材	大井川産陸砂 （表乾密度 2.58g/cm ³ ）
	セメント （試験体 C 下地・張付けモルタル）	ポリマー含有プレミックス モルタル（塗り厚 6mm、小口平用）
	タイル	陶器質タイル 50 角二丁 （45mm × 95mm）

3. タイル仕上げ建物の補修・改修工法の選定マトリックスの作成（研究2）

3.1 文化財におけるオーセンティシティとインテグリティ（C段階の検証）

歴史的建造物を保存・再生する上で、オーセンティシティ（真正性）とインテグリティ（完全性）を整理し検討していくことが重要となる。それまで西欧中心であったオーセンティシティの概念は、1994年の世界文化遺産会議において拡大され、21世紀ではインテグリティの概念も文化遺産の評価基準として適用されるようになった。なぜなら、時代の流れと共に当初の姿のままであることを前提とするオーセンティシティだけでは対応できない事例が出てきたからである。本研究では、安全性や耐震生といった現代の建築基準を満たし、かつ建物が持つ文化的要素を維持することを念頭に検証を行う。

3.2 選定フローCSPTD段階の設定と要素の構成

図1に選定システムのフロー図、図2に選定マトリックス（一部抜粋）を示す。本研究では、歴史的建造物を改修する際、その建物をどのように改修するか方向性を検討するために使用する、タイル張り仕上げの補修・改修工法の選定フロー図を作成する。文化性、構造体の健全性、タイル仕上げ建物の改修計画、タイル仕上げ建物の改修目標、施工方法、適用工法の6項目を検討し、建物の補修・改修方法を決定する。文化性（Cultural）は、C1～C7あり、国宝、重要文化財、登録有形文化財などがある。構造体の健全性（Structure）は、S1、S2がありそれぞれ劣化の有無を示している。タイル仕上げ建物の改修計画（Plan）は、P1～P3あり当該建物の補修計画（repairment planning）、当該建物の改修計画（renovation planning）、当該建物の用途転換・改修計画（conversion planning）である。タイル仕上げ建物の改修目標（Target）はT1～T6あり、長期耐用性、性能維持型、復元型、リユース化、アップグレード化、リサイクル化である。タイル仕上げ建物の施工方法はa～cあり、部分張り替え、全面張り替え、張り替え無しである。Ta、Tbといったように表記する改修方法はD（development）で表し、劣化をD1、適用工法をD2とする。

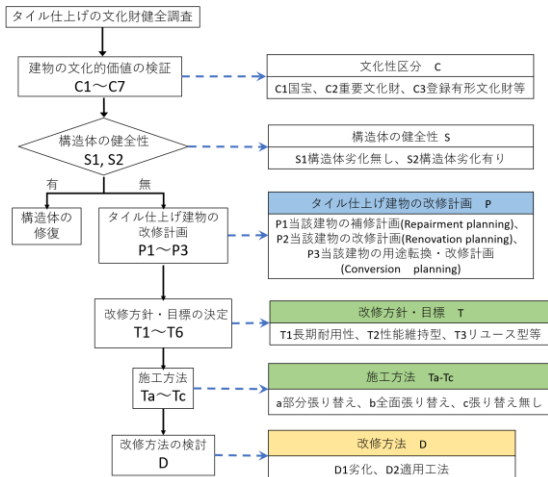


図1 タイル仕上げの補修・改修工法の選定システムのフロー

P タイル仕上げ建物の 改修計画	T 改修方針		D 改修方法		備考
	目的	目標	施工方法	適用工法	
T1 長期耐用性	コン サ ベ ー シ ョ ン	a 部分張り替え b 全面張り替え c 張り替えなし	劣化	D1 劣化	未実施項目
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
T2 復元型	ブリ ザ ベ ー シ ョ ン （ メ ン テ ナ ン ス ）	a 部分張り替え b 全面張り替え c 張り替えなし	劣化	D1 劣化	未実施項目
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
T3 性能維持型	P1 当 該 建 物 の 補 修 計 画 （ r e p a i r m e n t p l a n n i n g ）	a 部分張り替え b 全面張り替え c 張り替えなし	劣化	D1 劣化	未実施項目
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
T4 リユース化	リ ユ ー ス	a 部分張り替え b 全面張り替え c 張り替えなし	劣化	D1 劣化	未実施項目
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
T5 アップグレード化	リ ユ ー ス	a 部分張り替え b 全面張り替え c 張り替えなし	劣化	D1 劣化	未実施項目
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
T6 リサイクル化	リ ユ ー ス	a 部分張り替え b 全面張り替え c 張り替えなし	劣化	D1 劣化	未実施項目
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	
			劣化及び損傷	劣化及び損傷	

図2 タイル仕上げの改修・補修工法の選定マトリックス（CS段階以降、PTD段階の一部抜粋）

4. 現地調査（選定フロー検証 CSPTD1 段階）（研究 3）

4.1 熊本県大劇会館 建物概要

この建物の概要を表 5、調査・分析結果を表 6 に示す。大劇会館は、1969 年（昭和 44 年）に建設された遊戯施設を主とした複合ビルである。設計はアントニン・レーモンドである。今回、震災復旧を一環とした耐震補強及び外壁改修工事等を 2020 年に竣工から 50 年を迎えるため文化保護法における「登録有形文化財」として申請する見通しとなっており、施設内の複合施設用途であるボーリング施設をはじめ、「歴史とともに市民が愛着をもち、使いながら、文化財とする」精神を引き継いでいる。熊本市の人口は約 74 万人であり、当該建物は多くの人々が利用する熊本市の繁華街の中心部「電車通り」に面している。そのため、建物の最大の特徴であるファサードは大勢の人の目に留まり、その地域の「看板」となる建築として景観に貢献すると考えられる。

4.2 調査目的

大劇会館は過去に改修工事が実施されている。その工事の際に、1969 年の当初設計時に施工された外壁タイルおよび目地を含む外壁全体にリシンが上塗りされた。今回の復旧工事では、剥離剤を使用して施工当初からあるタイルの釉薬仕上げ面が表出するようにリシンを剥がし、タイルの美装性および付着強度等の状態確認を行う。その後、外壁タイルを文化的価値を保持しつつ、大面積の外装材として長期に渡り利用するためにどのような剥離・剥落防止対策を施すか検討する。

4.3 調査結果

表 6 に詳しい調査内容を示す。調査の結果、選定マトリックスより、大劇会館の補修・改修工法を 2 パターン提案できた。それを表 7 に示す。ルート①について、現在、表面保護塗膜剤の使用が候補に挙がっている。ルート②については、適用工法に関する実験検証を 5 章で行う。

5. タイル引張強度試験（選定フロー検証 D2 段階）

（研究 4）

5.1 試験体概要

表 8 と 9 に当初型工法と提案型工法の下地と張付けモルタルの調合を、表 10 に試験体概要について示す。今回の実験では、一度剥がしたタイルを張り直す際、昔の工法で施工したものを当初型工法、現代の工法で施工したものを提案型工法とする。躯体のコンクリートには、セメントに石灰石微粉末を混ぜることで強度を本来のものよりも落とし、約 100 年前のコンクリート強度(15kN/mm²)に近いものができるように調合した。躯体の下地モルタルとタイルの張り付けモルタルは、当初型工法と提案型工法それぞれ調合・工法が異なる。また使用したタイルは、タイルの種類の中でも品質が低い陶器質タイルを使用した。また、図 3 は試験体断面を示し、界面破壊した箇所を x、凝集破壊した箇所を y とする。

表 5 調査対象建築物の概要

名称	大劇会館
所在地	熊本県熊本市中央区手取元町 4-1
設計	アントニン・レーモンド
竣工	1969 年（昭和 44 年）
構造	鉄骨鉄筋コンクリート
調査箇所	北面ファサード



a) 大劇会館北面 b) 衝撃弾性波測定

表 6 大劇会館調査・分析結果

項目	分析内容
①外壁デザインとタイル技術の関係 (C)	・ 1969 年に竣工された当初のファサードのデザインは、レーモンド夫人の切り絵を元にデザインされた可能性がある。また 1969 年当時に建築デザインの潮流となっていたキュビズムの時代における幾何学模様のデザインモチーフが、タイルの形状を上手く利用しつつ明確に外壁デザインに反映されており、その観点からも文化的価値が認められる。
②タイル外壁の主な仕様 (C)	・ ファサードには「二丁掛け」磁器タイルが使用され、タイル張り施工面積は 611.8 m ² 。 ・ デザインパターンは全 8 種。
③タイルの製造方式	・ タイル寸法は長さ 227mm×幅 60mm であり、製造方法は湿式練り、押出成形方ピアノ線カット方式である。 ・ 表面には、現地での陶磁器文化で歴史的価値が高い有田焼風釉薬仕上げとなっており、その釉薬仕上げを活かした外装タイルのデザインとなっている。
④ファサードのタイルの張り方向についてタイルの付着強度 (T)	・ 今回のタイル貼りは「斜め張り」としている。外壁面デザインを再現するため、タイル裏に 1~2mm 程度、改良圧着張りのような工法が展開され、タイル剥離、剥落防止のために、張付けに十分な手間をかけたこと、また、目地の深さがタイル厚さの 1/2 以下となっており、十分な目地打ちが確保されていたことがタイルの付着強度が現在でも基準値 (0.4N/mm ²) を満たしていることに繋がっている可能性がある。
⑤衝撃弾性波測定器簡易検査 (T)	・ 外壁面に対して、バルハンマーでの打音検査により「浮き部分」「非浮き部分」として判定された箇所に対して、1 タイル面 5 カ所程度を目安に、衝撃弾性波測定を行った。 ・ 測定の結果、健全部の平均的な HLD 値は、700~800 程度、浮き部は 200~400 程度であり、バルハンマーによる劣化確認部について HLD 値によりその程度差を定量的に評価することが可能であることが確認できた。
⑥タイルの付着強度表面保護塗膜材 (T)	・ 付着強度を、油圧式簡易引張試験機で 23.6 m ² （外壁全体の 1/25）分を調査した。追加試験を行った結果、すべて基準値 (0.4N/mm ²) を満たしていることが分かった。
⑦表面保護塗膜材について衝撃弾性波測定器簡易検査 (P、D)	・ 改修されたタイルの剥離・剥落を目的とした保護のために、タイル用表面保護塗膜剤により、塗布することが検討されている。 ・ どちらも実施工による、数十年単位の実績がない。暴露試験などによる塗膜剤の変色状態を確認する必要がある。 ・ 表面保護塗膜剤を塗布することで、タイルが本来持つ質感が変わる可能性があるため、意匠面での検討が必要である。

表 7 大劇会館で想定される補修・改修パターン

（ルート①②）

ルート	文化性 C	構造体の健全性 S	改修計画 P	改修方針・目標・施工方法 T	劣化 D1
①	C3	S1	P1	T1c	D1-1
②	C3	S1	P1	T4a	D1-6

5.2 試験結果

図4にタイル引張強度試験結果を示す。引張強度試験の結果から、提案型工法（試験体C）で施工したタイルと当初型工法（試験体A、B）を想定して施工したタイルを比較すると、提案型工法のほうが高い引張強度を示した。引張強度の平均について、提案型工法では1.21 N/mm²、当初型工法では0.76 N/mm²を示し、提案型工法は当初工法の約1.6倍の接着強さだった。裏足の有無では、引張強度の差は約2、3倍の結果となった。タイルの破断面を確認した結果、当初型工法はタイル引張強度が低く、ほとんどのタイルが界面破壊を起こしていた。一方、提案型工法は当初型工法に比べ界面破断率50%以下のものが多かった。また、タイル接着部分の破断位置を確認すると、当初型工法を想定して制作した試験体A、Bはタイルと張付けモルタルの界面、または張付けモルタルと下地モルタルの界面で剥がれたタイルが確認できた。提案型工法を想定して製作した試験体Cは、タイルと貼り付けモルタルの界面で剥がれたものもあったが、下地モルタルと躯体の界面で剥がれたタイルもあった。

6. まとめ

- 本研究により以下の知見が得られた。
- 1) タイル仕上げ建物はオーセンティシティとインテグリティの両概念に該当することから、補修・改修方法の検討が重要となる。
 - 2) 近現代タイル仕上げ建築物における補修・改修選定マトリックスを作成し、作成した選定マトリックスから、大劇会館の補修・改修方法をCSPTDを用いて提案することができた。
 - 3) タイル引張強度試験（選定フローD2段階による）の結果より、当初型工法と提案型工法の双方における実工事への適否が評価できた。

参考文献

- 1) 日本建築学会材料施工委員会：シンポジウム陶磁器質タイル張り工事の現状と今度の動向 2014, 2014.11
- 2) 田村雅紀：遺産的建築物をめぐる新技術展開と教育・伝承，日本建築学会大会（中国）建築教育部門パネルディスカッション，2017.9
- 3) 本橋健司：これからのタイル張り仕上げ外壁リニューアルー安心・長寿命・美しい景観造りー，2011.4

謝辞

本研究は2019年度工学院大学ブランディング研究の一部であり、レーモンド事務所・清水建設関係者様、工学院大学関係者各位に多大なる助力を賜りました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

表 8 当初型工法（ルート②）における下地・張付けモルタルの現場調査

区分	セメント	砂
下地モルタル	1	2
中塗りモルタル	1	3
張付けモルタル	1	3
目地	1	2

表 9 提案型工法（ルート②）における下地・張付けモルタルの現場調査

区分	プレミックモルタル	水
下地モルタル	25 (kg) / 袋	5.5 (L)
張付けモルタル	25 (kg) / 袋	5.5 (L)
目地	25 (kg) / 袋	5 (L)

表 10 試験体概要

種類	試験体 A	試験体 B	試験体 C
工法	積み上げ張り	積み上げ張り	改良圧着張り
タイル裏足有無	無	有	有・無

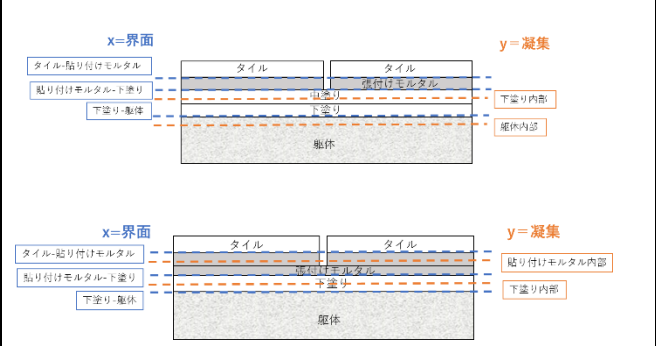


図 3（上）当初型工法（ルート②）（下）提案型工法（ルート②）
備考：x=界面破壊位値 y=凝集破壊位値

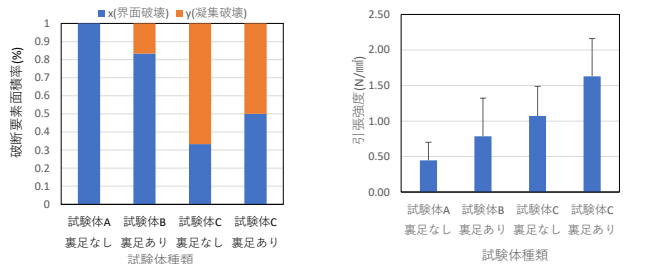
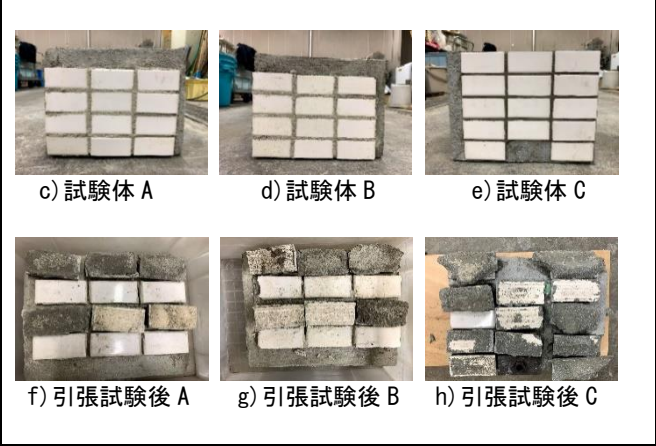


図 4 D2 段階判定情報（タイル引張強度試験）