

石材調シート材を用いた外壁改修技術「リニューフェイス™」の開発

三 谷 一 房 堀 居 令 奈 森 田 敦
小 原 邦 方 二野宮 浩 志 三 浦 憲
(大阪本店建築事業部) (大阪本店建築事業部) (大阪本店建築事業部)

New Method “Renew-face™” for Refurbishment of External Walls with Stone-like Decorative Fabric to Prevent Falling-off of Wall Tiling

Hitofusa Mitani Reina Horii Atsushi Morita
Kunikata Ohara Hiroshi Ninomiya Ken Miura

Abstract

The stock of external wall tiling is enormous. However, the falling-off of the wall tiling owing to degradation poses a considerable danger to pedestrians. Therefore, a new method, “Renew-face” for the refurbishment of external walls with stone-like decorative fabric that can prevent the falling-off of wall tiling is developed for long-term maintenance and preservation. This stone-like decorative fabric is installed tightly with adhesive polymer cement mortar and mechanical anchor pins. Furthermore, it contributes to fewer construction processes. This paper presents the outline of the new method, “Renew-face,” and evaluates its performance and application to a wall mockup.

概 要

タイル張り外壁のストックは膨大である一方、それらが経年劣化によって落下した場合、人命に与える危険性が非常に高い。そのため既存タイル張り外壁の長期維持保全が図れる外壁改修技術が強く求められている。そこでタイル張り外壁の改修において、工事の省力化を図りつつ、タイル落下防止措置を講じるとともに、外壁仕上げの一新を図ることを目的として、大林組独自の外壁改修技術「リニューフェイス™」を開発した。この技術は、落下防止兼用の石材調シート材を、ポリマーセメントモルタルによる接着とアンカーピンによる機械的固定を併用して、強固な接合を図る外壁改修技術である。本報では、開発技術の概要、改修層の接着耐久性と落下防止効果、および外壁モックアップへの適用について報告する。

1. はじめに

建築物の外壁において、タイル張りは耐久性と高級感を兼ね備えた仕上げとして、非常に多く用いられている。そのため外壁タイルの出荷数量は、この30年間だけでも7億7000万m²以上にのぼり膨大な数量となる¹⁾。一方で、経年劣化した外壁タイル張りの落下を防止することは社会的課題である²⁾。国では建築基準法第12条で規定された定期報告制度を見直し、2008年4月以降、湿式タイル張り外壁に対しては10年に1回の全面的な打診調査を義務化している。

このような背景から、膨大なタイル張り外壁のストックに対する長期維持保全と落下に対する安全性の確保が図れる外壁改修技術が強く求められている。そこで落下防止兼用の特殊な石材調シート材を用いて、工事の省力化と既存タイルの落下防止措置が図れる外壁改修技術「リニューフェイス™」を開発した(Photo 1)。本報では、開発技術の概要、改修層の接着耐久性と落下防止効果、および外壁モックアップへの適用について報告する。なお本開発技術は、一般財団法人日本建築総合試験所より、建築技術性能証明を取得(2017年11月)している。

2. 「リニューフェイス」の概要

2.1 従来技術の概要と課題

はく離を生じた範囲だけを部分的に補修する工法(例えばアンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法)以外に、長期的な維持保全を図るため、未劣化部分の予防保存も図ることができる全面的な改修工法として、乾式改修工法および外壁複合改修工法がある。

乾式改修工法とは、既存仕上げ面に取付金物下地を新



Photo 1 リニューフェイスによる外壁モックアップ
“Renew-face” Applied to a Wall Mockup

設し、アルミパネル等を乾式で取り付ける工法である。この工法では、改修仕上げ材等を既存外壁に金物で固定することで落下に対する安全性を確保する。ただし敷地境界に対する仕上げ寸法や複雑な形状・納まりに関する詳細検討を要する。さらに構造体への荷重負担も増加する等、適用にあたっては多くの制約条件がある。また湿式工法と比べ、概してコスト高となる。

外壁複合改修工法とは、既存仕上げ面に補強繊維ネットの張付けとアンカーピンの固定を行い、塗装等の仕上げを施す湿式工法である。仕上げ寸法が小さく、複雑な納まりへの対応も比較的容易である。しかしながら従来の外壁複合改修工法は、壁面に補強繊維ネット等を施工する下地ごしらえの工程と、この下地面に塗装等の仕上げを施す工程の2段階からなる。前者は落下防止措置の役割を担い、後者は意匠的な役割を担うものの、両者は別々の工程のため施工手間がかかり、また工程間養生も要する不便さがあった。

2.2 リニューフェイスの概要と特長

2.2.1 リニューフェイスの概要 従来の外壁複合改修工法の課題を解決するため、落下防止兼用の特殊な石材調シート材を用いた大林組独自の外壁改修技術「リニューフェイス」を開発した。本開発技術は外壁複合改修工法の1つであるが、石材調シート材の施工工程のみで落下防止措置と外装の一新を実現できるこれまでにない特長を有する。

リニューフェイスによる改修外壁の断面概略をFig. 1に示す。既存タイルとの接着性を確保するポリマーセメントモルタルで薄塗りの下地を施した後、石材調仕上げ塗材が予め一体化された落下防止兼用のシート材(以下、シート材と言う)を張付け用のポリマーセメントモルタルで施工する。その後、シート材の表面から所定位置(シート材の4コーナー近傍)に専用のアンカーピンを施工する(Photo 2)。シート材の最大寸法は900×900mmである。意匠上の割付けに応じて、シート材を容易に切断加工することができる。改修層の総厚さは14mm程度と比較的薄い。シート材間の目地にはシーリング材が充填される。

2.2.2 リニューフェイスの特長

(1) 省力化と工期の短縮 新たに開発したシート材を用いることで、落下防止のための補強繊維ネットと新規改修仕上げ材が同時に施工されるので、従来技術より、省力化が図れ、工期短縮が期待できる。

(2) 外壁落下に対する安全性の確保 シート材の施工工程のみで、従来技術と同等の外壁落下に対する安全性が確保される。シート材は、ポリマーセメントモルタルによる接着と最表面からのアンカーピンによる機械的固定を併用して既存壁面に施工される。

(3) 外壁仕上げの一新と意匠性の向上 改修後は石材調の仕上げとなるため、意匠性が向上する。複雑な納まりへの対応も比較的容易である。またシート材は工場成形品であるため、品質の安定が確保される。

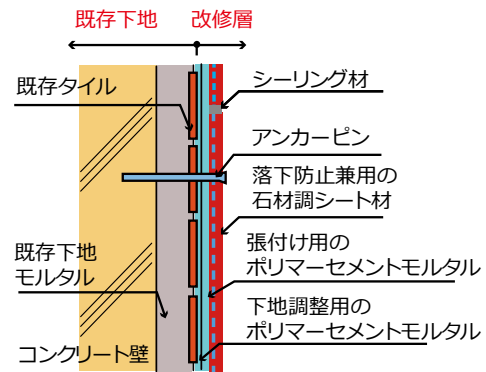


Fig. 1 リニューフェイスによる外壁断面概略
Cross Section of the Refurbished External Wall
with "Renew-face"



Photo 2 石材調シート材およびアンカーピン
Stone-like Decorative Fabric and Anchor Pin

(4) 維持管理の容易性 改修後は10年程度ごとの全面外観目視による点検(欠損、浮き上がり、ひび割れ)および上塗材(透明トップコート)の塗り替えを行う。従来技術ではアンカーピンが新規仕上げ材によって隠れてしまうが、リニューフェイスではアンカーピン頭部が目視で確認できるため、アンカーピン周りの変状の確認が容易である。なお外壁複合改修工法に対する10年ごとの全面打診調査の扱いについては、国による今後の見直し動向を注視する必要がある。

(5) 第三者機関より技術評価取得 顧客に対する技術の信頼性確保に努めるため、一般財団法人日本建築総合試験所より、建築技術性能証明を取得(2017年11月)している。

3. 改修層の接着耐久性に関する検討

3.1 検討の目的

実仕様の小型試験体を作製し、改修層の接着耐久性を確認した。

3.2 試験の概要

3.2.1 試験体の作製

(1) 既存下地 既存外壁を模擬した下地板としては、JIS A5371:2016(プレキャスト無筋コンクリート製品)に規定されるコンクリート平板(300mm×300mm、厚さ

60mm)表面を研削し、吸水調整材を塗布後、50二丁モザイクタイルをポリマーセメントモルタルで張り付け、目地モルタルを詰め、4週間以上実験室内に静置した。

(2) 改修層 作製した下地板に所定の下地調整用のポリマーセメントモルタルを厚さ3mm塗り付けて硬化後、吸水調整材を塗布し、所定のシート材張り付け用のポリマーセメントモルタルを厚さ5mm塗り付けてシート材を張り付け、2週間以上実験室内に静置した。

3.2.2 試験項目および方法

(1) 温冷繰返し試験 都市再生機構(以下、URと言う)による方法³⁾に規定される温冷繰返し試験に準じた。すなわち、室温の水に16時間浸漬した後、80℃の恒温槽で8時間乾燥させ、この操作を1サイクルとして10サイクル実施した後、引張接着力試験(アタッチメント寸法: 40mm×40mm)を行った。なお温冷繰返しに供しない試験体も作製した。試験個数は各6個とした。

(2) 赤外線ランプ照射と散水の繰返し試験 日本建築仕上学会規格M-101(セメントモルタル塗り用吸水調整材の品質基準)に準じ、試験体表面が70℃となるように赤外線ランプを105分間照射し、その後15分間散水することを1サイクル(Photo 3)として、300サイクルまで継続した試験体について、引張接着力試験(アタッチメント寸法: 40mm×40mm)を行った。試験個数は各6個とした。

(3) 凍結融解繰返し試験 JIS A1509-9:(セラミックタイル試験方法—第9部:耐凍害性試験方法)に規定された気中凍結気中融解法に準じて行った。24時間水中に浸漬した後、試験槽内で冷却80分(-20℃)と融解20分(散水)を1サイクルとして100サイクルまで継続した試験体について、引張接着力試験(アタッチメント寸法: 40mm×40mm)を行った。なお凍結融解繰返しに供しない試験体も作製した。試験個数は6個とした。

3.3 試験の結果

3.3.1 温冷繰返し試験 温冷繰返し後の試験体について、外観上の異常は、全く認められなかった。引張接着力試験の結果をTable 1に示す。温冷繰返しに供しない試験体では平均値で1.02N/mm²であったのに対し、温冷繰返し10サイクル後の試験体では平均値で0.94N/mm²であった。破壊状況はすべてシート材層内の破壊であった。いずれもURが定める基準値0.5N/mm²を満足しており、既存下地との接着耐久性は良好であった。

3.3.2 赤外線ランプ照射と散水の繰返し試験 繰返し試験300サイクル後の試験体について、外観上の異常は認められなかった。

引張接着力試験の結果をTable 2に示す。300サイクル後の試験体の引張接着強度は平均値で1.05N/mm²であり、引張接着強度の低下は認められなかった。また破壊状況はすべてシート材層内の破壊であった。したがって既存下地に対して十分な接着耐久性を有しているものと考えられた。

3.3.3 凍結融解繰返し試験 繰返し試験100サイク



Photo 3 赤外線ランプ照射と散水の繰返し試験
IR-Irradiation and Water Showering Cycle Test

Table 1 温冷繰返し試験後の引張接着強度
Adhesive Strength after Heat and Cool Cycle Test

no	引張接着強度(N/mm ²)	
	温冷繰返し前	温冷繰返し10サイクル後
1	0.72	0.93
2	1.01	0.93
3	1.02	0.83
4	1.09	0.98
5	1.15	0.99
6	1.14	0.96
平均値	1.02	0.94
標準偏差	0.16	0.06
変動係数(%)	15.6	6.4

Table 2 赤外線ランプ照射と散水の繰返し試験後の引張接着強度
Adhesive Strength after IR - Irradiation and Water Showering Cycle Test

no	300サイクル後の引張接着強度(N/mm ²)
1	1.04
2	1.01
3	0.94
4	1.13
5	1.06
6	1.14
平均値	1.05
標準偏差	0.07
変動係数(%)	6.9

Table 3 凍結融解繰返し試験後の引張接着強度
Adhesive Strength after Freeze and Thaw Cycle Test

no	100サイクル後の引張接着強度(N/mm ²)
1	1.44
2	1.33
3	1.54
4	1.48
5	1.43
6	1.36
平均値	1.43
標準偏差	0.08
変動係数(%)	5.4

ル後の試験体について、外観上の異常は全く認められなかった。

引張接着力試験の結果をTable 3に示す。100サイクル後の試験体の引張接着強度は平均値で1.43N/mm²であり、引張接着強度の低下は認められなかった。また破壊状況はすべてシート材層内の破壊であった。したがって既存下地に対して十分な接着耐久性を有しているものと考えられた。

4. 改修層の落下防止効果に関する検討

4.1 検討の目的

下地に対する改修層の接着性が損なわれた場合を想定して、専用のアンカーピンによる改修層の落下防止効果を検討した。

4.2 アンカーピンの概要

4.2.1 アンカーピンの形状寸法 アンカーピンの材質はステンレス製(SUS304)で、注入口付である。外径は

6.0mmと標準的な径であるが、頭部の外径は12.5mmとし、標準的なものより大きいものを製作した。試験では長さ70mmのものを使用した。アンカーピン等の外観をPhoto 4示す。

4.2.2 アンカーピンの耐力に関する試験

(1) 試験の概要³⁾⁴⁾ コンクリートに対するアンカーピンの引抜き試験は、コンクリート平板(300mm×300mm、厚さ70mm、アンカーピンの試験時の圧縮強度22.6N/mm²)に、実施工時の最小埋込み深さに準じて埋込み深さ20mmでアンカーピンを固定し、頭部に治具を取り付けて行った。

改修層に対するアンカーピン頭部の引抜き試験は、実仕様に準じて改修層が施されたモルタル平板(300mm×300mm、厚さ25mm)の中央を穿孔した貫通穴に、アンカーピンの頭部が改修層表面に密着するよう取り付け、モルタル平板裏面から突出したアンカーピン脚部につかみ治具を取り付けて行った。

アンカーピンのせん断試験は、アンカーピンを専用の治具に取り付け、アンカーピン先端から20mmの位置でせん断を行った。

各試験の概要をFig. 2に示す。試験個数は各6個とした。

(2) 試験の結果 各試験の結果をTable 4に示す。各試験とも破壊荷重の平均値から標準偏差の3倍を減じた設計値は、参考文献3)および4)で示された基準値を十分に上回っていることを確認した。

4.3 外力に対するアンカーピンの安全性に関する検討

4.3.1 外力の算定

(1) 風荷重 一般的な建物条件の一例として、建物の場所：東京23区内、地表面粗度区分：Ⅲ、基準風速：34m/s、最高高さ30mとした場合、建築基準法施行令第82条5および建設省告示第1458号に基づき、速度圧(679N/m²)と負のピーク風力係数(2.20)より、風圧力は1494N/m²(=679N/m²×2.20)となる。

(2) 地震荷重 既存タイル張り層(自重524N/m²)および改修層(自重213N/m²)の合計自重を737N/m²と想定し、水平および垂直震度1.0とすると、水平および垂直方向の地震力はともに、737N/m²(=737N/m²×1.0)となる。

4.3.2 改修層の落下に対する安全性の検討

(1) アンカーピンの引抜き耐力 アンカーピンの必要本数は、シート材の最大面積0.81m²(最大寸法:0.9m×0.9m)あたり4本とする。考慮すべき外力は、0.81m²あたり風圧力1210N(=1494N×0.81m²)であるため、アンカーピン1本が負担する外力は、303N/本(1210N/4本)となる。

コンクリートからのアンカーピンの引抜き短期許容耐力を、Table 4の試験結果より設計値($P_{ave}-3\sigma$)×0.5とすると、1.475kN(=2.95kN×0.5)であることから、負担する外力303N/本に対して十分安全である。

また仕上げ層全体(既存層+改修層)からのアンカーピン頭部の引抜き短期許容耐力を、Table 4の試験結果より

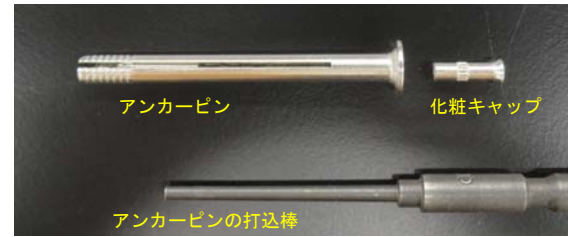


Photo 4 アンカーピンの外観
Appearance of the Anchor Pin

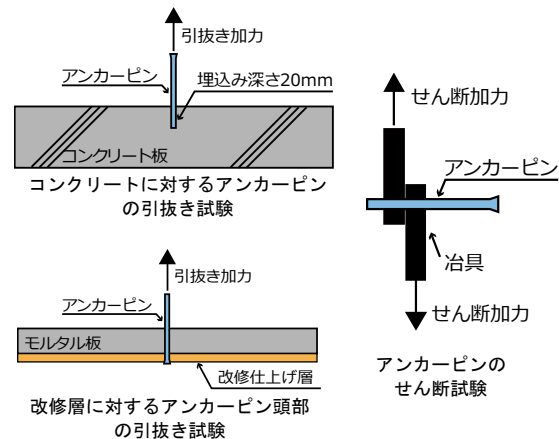


Fig. 2 アンカーピンの耐力に関する試験概要
Test Method of the Strength of the Anchor Pin

Table 4 アンカーピンの耐力に関する試験結果
Test Result of the Strength of the Anchor Pin

試験項目	破壊荷重 P_{ave} (kN)	標準偏差 σ (kN)	設計値 $P_{ave}-3\sigma$ (kN)	破壊状況	基準値*** (kN)
コンクリートに対する引抜き試験*	5.12	0.72	2.95	コンクリートの破壊	1.47
改修層に対する頭部引抜き試験**	4.14	0.64	2.21	モルタル板の破壊	1.47
せん断試験	7.08	0.12	6.71	アンカーピンの破断	2.5

*試験時のコンクリート圧縮強度: 22.6N/mm²

**破壊荷重はモルタル板の初期ひび割れ時の荷重

***参考文献3)および4)より引用

設計値($P_{ave}-3\sigma$)×0.5とすると、1.105kN(=2.21kN×0.5)であることから、負担する外力303N/本に対して十分安全性である。

(2) アンカーピンのせん断耐力 アンカーピン1本が負担する外力は、鉛直方向地震力と自重の合計1480N/m²(=740N/m²+740N/m²)であるため、アンカーピン1本が負担する外力は、300N/本(=1480N/m²×0.81m²/4本)となる。自重を考慮した短期のせん断許容耐力を、Table 4の試験結果より、設計値($P_{ave}-3\sigma$)×2/3とすると、4.474kN(=6.71kN×2/3)であることから、負担する外力300N/本に対して十分安全である。

4.4 押抜き試験による改修層の落下防止効果の検討

4.4.1 試験体の作製 下地コンクリート板は寸法700mm×850mm、厚さ80mmで、鉄筋(D10)で縦横に配筋

されたものとした。中央には、内径100mmの塩化ビニル樹脂製パイプを5mm程度浮かせて打ち込み、コンクリートの凝結の程度を見計らって、このパイプを取り除くことで、載荷時のコア部を作製した(Photo 5参照)。

4週間以上養生した後、コンクリート表面全体にグリース状の油を塗布した上で、既製調合の下地モルタルを厚さ10mmで塗り付け、コンクリートと下地モルタルとの間のはく離を模擬した。養生後、ポリマーセメントモルタルで50角モザイクタイルを張り付け、既存タイル張り下地とした。3.2節と同様に、シート材(寸法:700×700mm)を施した。養生後、Fig. 3に示す4か所(●)にアンカーピン固定(外径6.0mm、長さ70mm)を行った。

比較対象として、上記と同様に作製した既存タイル張り面に、従来の標準的な改修技術である注入口付アンカーピンニング(外径4.5mm、長さ45mm)を、Fig. 3に示す8か所(●○)に施した試験体も作製した。

4.4.2 試験の方法 押抜き試験は、NEXCO試験方法424(はく落防止の押抜き試験方法)に準じた。スパン700mmとなるようにH形鋼で作製した治具上に試験体をセットし、試験体裏面側から、中央のコア部に対して鉛直かつ均等に荷重をかけることで載荷した。載荷速度は変位10mm程度までは1.0mm/minで行い、その後は5mm/minとした。

4.4.3 試験の結果 押抜き荷重と面外方向への変位の関係をFig. 4に示す。

比較対象とした従来のアンカーピンニングによる試験体の場合、荷重はピーク後に急激に低下し、その後、変形が進むに伴い徐々に低下した。その間、既存タイル張り面にはひび割れと載荷部を中心とした面外変形が拡大した。アンカーピンニングによる固定効果によって、変形初期に直ちに、タイル張りが落下することはなかったが、最終的には変位44mm程度でタイル張りが落下した。

一方、シート材とアンカーピンによる試験体の場合、荷重はピーク直後にいったん低下したものの、その後の面外変形の増大に伴う荷重の低下はほとんど認められなかった。変位68mm程度でシート材表面に目視で確認できるひび割れが認められたが、変位70mmに至るまで、改修層の落下は生じなかった(Photo 6)。試験後、シート材表面を観察したところ、目視で確認できる欠損やアンカーピン周りのひび割れ等は全く認められなかった。

既存タイル張りと一体化した改修層は、面外方向へ押し出されても、面内連結効果を有するシート材と面外固定効果を有するアンカーピンによって、落下防止措置としての効果を十分に有することを確認した。

5. 外壁モックアップへの適用

5.1 適用の概要

壁コンクリートにタイル張りが施された模擬外壁を下地として、リニューフェイスの標準施工要領に準じて、施工試験を行った。シート材の張付けはタイル張り工事

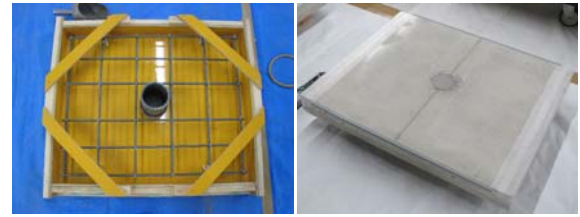


Photo 5 下地コンクリート板の作製状況
Preparing of the Substrate of Concrete

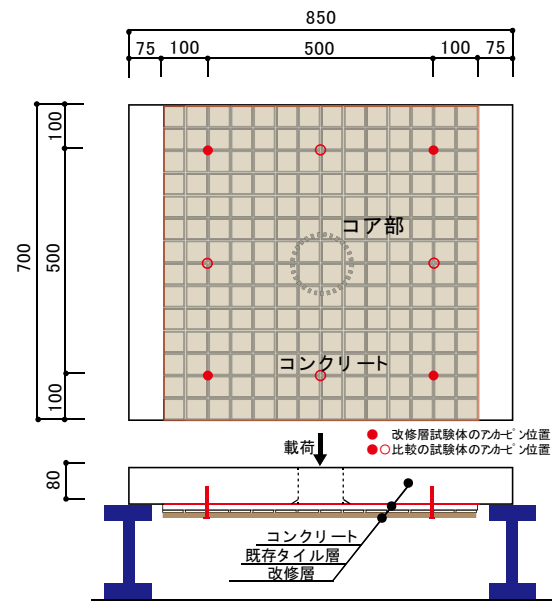


Fig. 3 押抜き試験の概要
Punching Load Test

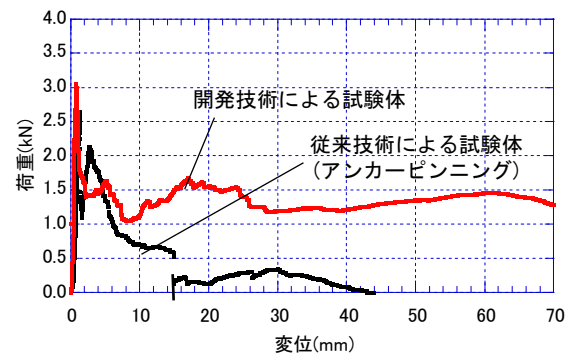


Fig. 4 押抜き試験の結果
Result of Punching Load Test



Photo 6 押抜き試験の状況
Appearance of Punching Load Test

を専門とする作業者が、シーリング材の施工はシーリング工事を専門とする作業者がそれぞれ行った。一連の作業の状況をPhoto 7に示す。

5.2 シート材の施工

既存下地との接着性を確保するための所定のポリマーセメントモルタルを厚さ3mm程度塗り付け養生後、吸水調整材を塗布し、シート材を張り付けるためのポリマーセメントモルタルを厚さ5mm程度塗り付け、寸法900mm×600mmのシート材を張り付けた。この時、たたき板と振動工具を用いてしっかりと圧着した。圧着直後にシート材をはがしたところ、シート材裏面に、張付けモルタルがしっかりと付着していることを確認した。したがって、一般的なタイル張り工事における要領と同様、施工品質管理項目の一つとして、所定の頻度で、シート材裏面の張付けモルタルの付着状況を確認することにより、良好な施工品質を確保することができると考えられる。

5.3 アンカーピンの施工

所定の位置で穿孔し、専用のアンカーピン(長さ70mm)を挿入し、専用の打込み棒を用いて壁コンクリートに固定した後、アンカーピンの中空部にエポキシ樹脂を注入した。最後に、アンカーピン頭部に化粧キャップを取り付けた。これら一連の作業において、支障なく施工できることを確認した。

5.4 シーリング材の施工

シート材とシート材の間には、シーリング材を施工した。シート材の表面は石材調仕上塗材であるため、やや凹凸があるが、養生テープの貼り付け、シーリング材の打設、およびシーリング材表面の押さえも、支障なく施工できることを確認した。

6. おわりに

既存タイル張り外壁に対し、石材調シート材を用いた外壁改修技術「リニューフェイス」を開発した。本報ではその概要と特長、改修層の接着耐久性と落下防止効果に関する試験、および外壁モックアップへの施工試験に関して報告した。それらの試験の結果を以下にまとめる。

- 1) 温冷繰返し試験後、赤外線ランプ照射と散水の繰返し試験後、および凍結融解繰返し試験後の試験体に対し、引張接着力試験を行い、十分な接着耐久性を有していることを確認した。
- 2) 外力に対するアンカーピンの安全性および押抜き試験による改修層による落下防止効果を検討した結果、十分な落下防止措置が講じられることを確認した。
- 3) 外壁モックアップへの施工試験の結果から、実施工に支障のない施工性を有することを確認した。

なお長期的な耐久性については継続して確認していくとともに、今後、施工体制を確立して積極的に社内外に



1) ポリマーセメントモルタルの塗付けとシート材の張付け



2) シート材表面からの穿孔後のアンカーピンの挿入と壁コンクリートへの機械的固定



3) アンカーピン中空部へのエポキシ樹脂充填と化粧キャップの取付け



4) シート材とシート材の間の目地へのシーリング材の充填状況と仕上がり状況

Photo 7 モックアップ壁での施工試験の状況
Work Procedure Test

展開し、実適用を図る所存である。

参考文献

- 1) 日本建築学会 材料施工委員会 陶磁器質タイル張り工事小委員会：陶磁器質タイル張り工事の現状と今後の動向，pp. 51-61，2014.11
- 2) 日本建築仕上学会 タイル張り外壁の保全技術体系化委員会編：タイル張り仕上げ外壁の保全技術 調査診断から改修工事後の保全技術まで，pp. 12-30，2013.2
- 3) 都市再生機構：保全工事共通仕様書 機材及び工法の品質判定基準 仕様登録集 平成23年版，pp. 175-178，2011.10
- 4) 建築研究所，日本建築仕上学会：注入口付アンカーピンの性能試験報告書，pp. 1-2，2013.3