

3. 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外装仕上げ

3.1 はじめに

本節では、主として鉄筋コンクリート造の外装仕上げのうち、外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げを対象とした検討結果を記す。

まず、外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げの補修・改修技術の概要と課題をとりまとめた。

さらに、抽出された課題から、外壁複合改修構工法(通称、ピンネット工法)が施工された部分の補修・改修、タイル直張り仕上げ外壁の改修工法、ならびに注入口付アンカーピンの品質・評価試験方法の見直しに向けた課題整理を行った結果を報告する。

3.2 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外装仕上げの補修・改修技術の概要と課題

3.2.1 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外装仕上げの補修・改修技術の概要

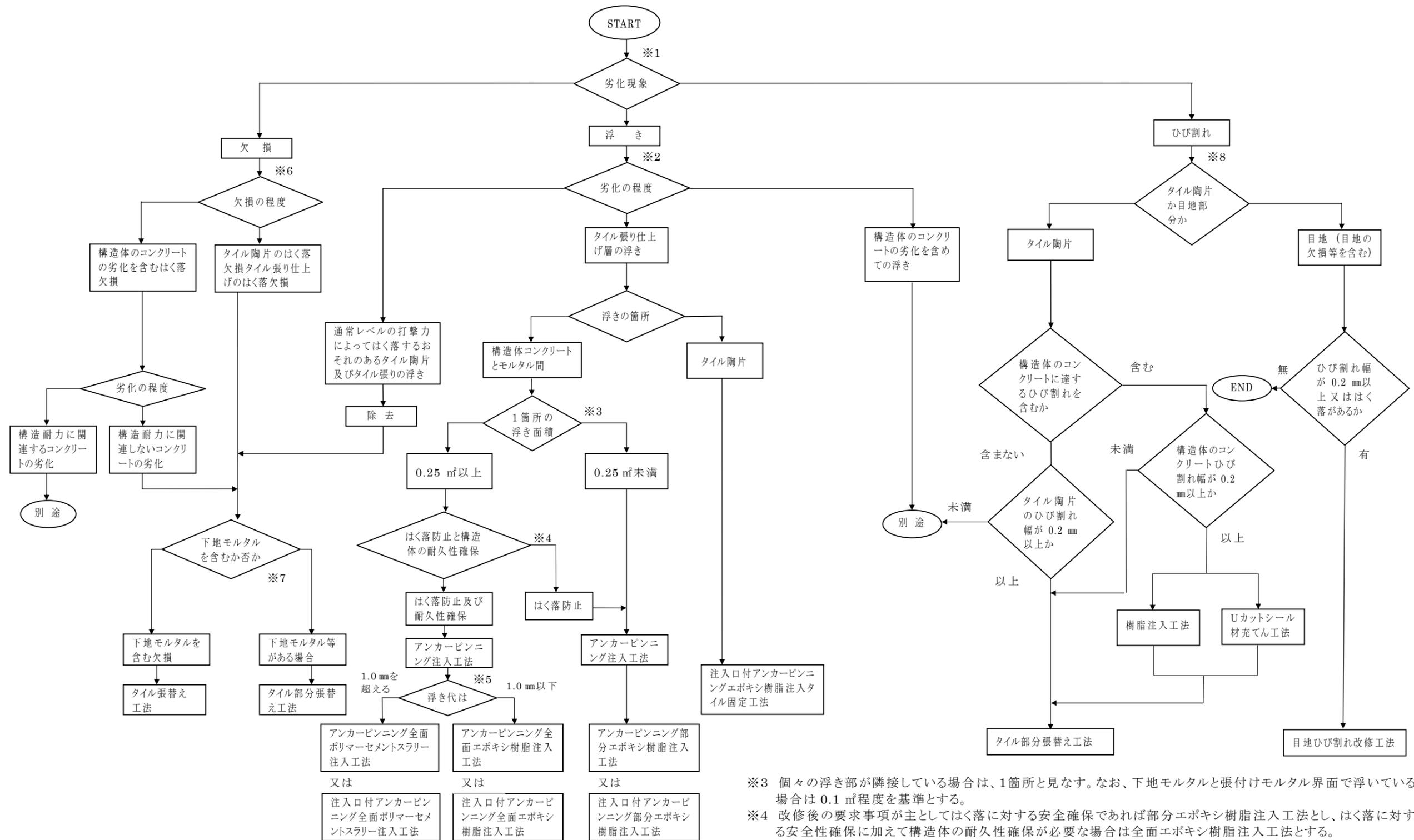
(1) 標準化された補修・改修技術

タイル張り仕上げ外壁およびセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げ(以降、セメントモルタル塗り外壁)の改修技術は、旧建設省建築研究所が実施した建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術(昭和 55～59 年度)」や官民連帯共同研究「外装材の補修・改修技術(昭和 61～63 年度)」等の研究成果をベースとして、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成 22 年版」(以降、「改修標仕」)に標準化されている。「改修標仕」は公共建築物のみでなく、民間建築物、マンション等の補修・改修工事においても広く参考とされている。

「改修標仕」およびその解説書である国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針」(以降、「改修工事監理指針」)では、タイル張り仕上げおよびセメントモルタル塗り仕上げの改修はひび割れ部改修工事、欠損部改修工事、および浮き部改修工事に分類されている。

なお、セメントモルタル塗り仕上げ改修技術は、タイル張り仕上げの改修技術と重複するため、タイル張り仕上げの改修技術について述べる。

図 3.1 に改修標仕で示されたタイル張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フローを示す。以下では、フロー中で示された改修工法について、選定の考え方を解説する。



※1 劣化現象は、□浮き、又は、はらみの場合、□はがれ、又は、はく落等の欠損がある場合、□構造体のひび割れの有無に関係なくタイル、又は、目地部分にひび割れがある場合に適用する。

※2 浮きは、タイル陶片の浮き、タイル張りの浮きを対象とし、構造体のコンクリートからの浮きで構造耐力に関わる場合は、別途とする。
 浮きには、浮きが進行し面外に変形したはらみ、又は、ふくれも含める。どの部分で浮いているか、浮き代はどの位かを見極める。
 浮き部でも、通常レベルの打撃力によって容易にはく落する場合は、欠損の扱いで対応する。

※3 個々の浮き部が隣接している場合は、1箇所と見なす。なお、下地モルタルと張付けモルタル界面で浮いている場合は0.1㎡程度を基準とする。

※4 改修後の要求事項が主としてはく落に対する安全確保であれば部分エポキシ樹脂注入工法とし、はく落に対する安全性確保に加えて構造体の耐久性確保が必要な場合は全面エポキシ樹脂注入工法とする。

※5 浮き代によってエポキシ樹脂とポリマーセメントスラリーの使い分けを規定しているが、実状に応じて使い分ける。

※6 欠損は、タイル陶片の欠損、又は、タイル張りの欠損を対象とし、構造体のコンクリートからの欠損で構造耐力に係わる場合は別途とする。

※7 欠損部が深く下地モルタルを補修する必要があるか否かを判断する。

※8 タイル張りのひび割れは、□タイル部分に生じるひび割れと、□タイル目地部分に生じるひび割れとに分けて考え、さらに、タイル部分に生じるひび割れは、構造体のコンクリートのひび割れを含む場合と含まない場合とに分ける。
 ひび割れの発生部分、ひび割れ幅及びひび割れの動きの有無について見極める。
 浮き、又は、欠損があり、かつ、漏水がある場合は、コンクリート打放し仕上げ外壁の改修において、ひび割れがあり、かつ、漏水がある場合を適用することになる。

図 3.1 タイル張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フロー1)

(2) タイル張り仕上げ外壁の補修・改修技術の選定の考え方

1) ひび割れ部改修工法の選定

タイル張り外壁のひび割れ部改修では、ひび割れがどのような状態であるかを把握した上で、適切な改修工法を選定する。

- ①目地部分のみの軽微なひび割れの場合には、後述する「目地ひび割れ部改修工法」による。
- ②ひび割れ部分に漏水や錆汁が認められる場合やひび割れ部分に浮き部分が共存する場合（すなわち、単なるひび割れでなく、劣化が進行していると考えられる場合）は、タイル張り仕上げ層の一部を除去して、下地の劣化の有無を確認する必要がある。
その結果、鉄筋腐食やコンクリート躯体に問題がある場合は深刻であり、コンクリート躯体の改修を含めた工事を実施する必要がある。また、タイル張り仕上げ層の浮きが共存している場合は、後述する「浮き部改修工法」により改修を行う。
- ③ひび割れ部のみの改修の場合においても、ひび割れがどこから発生しているか判断する必要がある。ひび割れが下地コンクリートや下地モルタルから発生している場合には、タイル張り仕上げ層を除去し、コンクリート下地面、モルタル下地面において「エポキシ樹脂注入工法」または「Uカットシーリング材充填工法」を実施し、その後、「タイル部分張替え工法」または「タイル張替え工法」によりタイル張り仕上げ層を復旧することが一般的である。
- ④タイル表面にひび割れが認められるが、漏水や錆汁もなく、ひび割れが下地コンクリートや下地モルタルに起因していない場合には、タイルをはつり、「タイル部分張替え工法」により改修する。また、タイル表面のひび割れ幅が 0.2mm 未満であり、ひび割れ長さも小さい場合には経過観察を行うこともある。

2) 浮き部改修工法の選定

タイル張り外壁の浮き部改修工法の選定においても、まず、浮きの状態がどのようなものであるか調査する必要がある。

- ①浮き部分が通常の打撃力によってはく落するおそれがある場合には、ハンマー等で打撃し、タイル陶片またはタイル張り仕上げ層をはく落させたほうがよい。その後の改修工法は欠損部改修工法の中から選定する。
- ②コンクリート躯体に問題がないことを確認する必要がある。万が一、鉄筋腐食等によりかぶりコンクリート等が浮いている場合は、タイル張り仕上げ層の改修だけでは対応できないため、躯体コンクリートを含めた改修工事が必要となる。
- ③浮きがタイル陶片のみの場合は、「タイル部分張替え工法」とすることも考えられるが、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」俗に「脳天打ち工法」と呼ばれる方法が選択されることも多い。この工法は、タイル中央部分を穿孔し、注入口付アンカーピンによるアンカーピンニングを行うため、タイル一枚ずつを固定する必要がある。このため、大きなタイル陶片の浮きには有効であるが、モザイクタイルのように小さなタイルには、煩雑な作業となり効率的ではない。

④下地モルタルを含むタイル張り仕上げ層が躯体コンクリートとの間ではく離し、浮いている例は多い。このような場合、一ヶ所の浮き面積の大きさ、および浮き改修の目的により浮き部改修工法の種類が異なる。

・一ヶ所の浮き面積が 0.25 m²未満の場合は、「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」か、または「注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」のいずれかを選択する。前者はアンカーピンとして φ4mm の全ネジ切りステンレス製アンカーピンを用いる工法であり、後者はステンレス製注入口付アンカーピンを用いる工法である。

ところで、浮き空隙に注入されたエポキシ樹脂はコンクリート躯体とタイル張り仕上げ層を必ずしも確実に接着するとは考えられない。すなわち、エポキシ樹脂が注入される浮き空隙の表面は劣化しているはずであり、そこにエポキシ樹脂を注入しただけで両者を確実に接着できると考えるのは誤りである。その点、アンカーピンをタイル仕上げから躯体コンクリートまで架かるように挿入し、さらにエポキシ樹脂を注入した工法であれば、タイル張り仕上げ層と躯体コンクリートとが、穿孔穴内でアンカーピンとエポキシ樹脂とが一体化し固着することで固定化されるため、浮き空隙に充填したエポキシ樹脂には頼っていない。

したがって、「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」および「注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」は、タイル張り仕上げ層のはく落防止性を確保できる工法と考えられる。

・次に、一ヶ所の浮き面積が 0.25 m²以上の浮きの場合には、浮き部改修により「はく落に対する安全性を確保する」のか「はく落に対する安全性および耐久性を確保する」のかにより、選択する工法が異なる。

はく落に対する安全性を確保するだけであれば、前述した「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」または「注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」を選択すればよい。しかし、はく落に対する安全性に加え耐久性も確保するためには、「アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」または「注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」を用いるか、浮き代が 1.0mm 以上と大きい場合は「アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法」または「注入口付アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法」を用いる。

すなわち、浮き部分のはく落に対する安全性はアンカーピンニングにより確保する。エポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーの全面注入の効果は浮き空隙を接着させることではなく、浮き空隙にエポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーを充填することにより浮き空隙をなくし、水の侵入を防ぐことにより、浮いていた部分の耐久性を回復させることにある。

⑤タイル張り外壁の改修に共通する問題であるが、改修対象とならなかったタイル張り仕上げ外壁部分(健全な部分)の将来的な劣化が懸念される場合が多い。このような背景から、外壁複合改修構工法いわゆるピンネット工法が開発されているが、この工法については後述となる p.99 の4)外壁複合改修構工法(ピンネット工法)の課題において解説している。

3) 欠損部の改修工法

欠損部の改修においても、躯体コンクリートに劣化が認められないことを確認する必要がある。かぶりコンクリートのはく落等がある場合は、躯体コンクリートを含めた改修が必要なことは、ひび割れ部や浮き部の改修と同様である。

欠損部の改修工法は、「下地モルタル層を含んだ欠損」か、「下地モルタル層を含まない欠損」かで工法が異なる。前者については「タイル張替え工法」、後者については「タイル部分張替え工法」を適用する。

(3) タイル張り仕上げ外壁の補修・改修工法の概要

① ひび割れ改修工法

< 目地ひび割れ部改修工法 >

本工法は躯体コンクリートのひび割れに関係なく、タイル張りの目地部分の劣化により目地自体にひび割れが生じたり、目地が部分的にはく落したり欠けたりしている場合のように比較的軽微な損傷の修繕に適用する。

- a. ダイヤモンドカッター等による目地除去部分のカット
- b. はつり等による目地の除去
- c. 除去部分の清掃
- d. 水湿し
- e. 目地材の調合
- f. ゴムごてまたは目地ごてによる目地材充填
- g. タイル面に付着した目地材等の清掃
- h. 直射日光や風雨があたらないようシート等で養生
- i. 検査

< 伸縮調整目地改修工法 >

- a. ダイヤモンドカッター等による目地除去部分のカット
- b. はつり等による目地の除去
- c. 除去部分の清掃
- d. マスキングテープの張り付け
- e. プライマーの塗布
- f. シーリング材の充填
- g. マスキングテープの除去、清掃
- h. シーリング材の養生
- i. 検査

<エポキシ樹脂注入工法>

図 3.2 にコンクリート躯体からひび割れが発生している場合の、タイル張り仕上げ外壁のエポキシ樹脂注入工法(手動式の場合)の手順を示す。

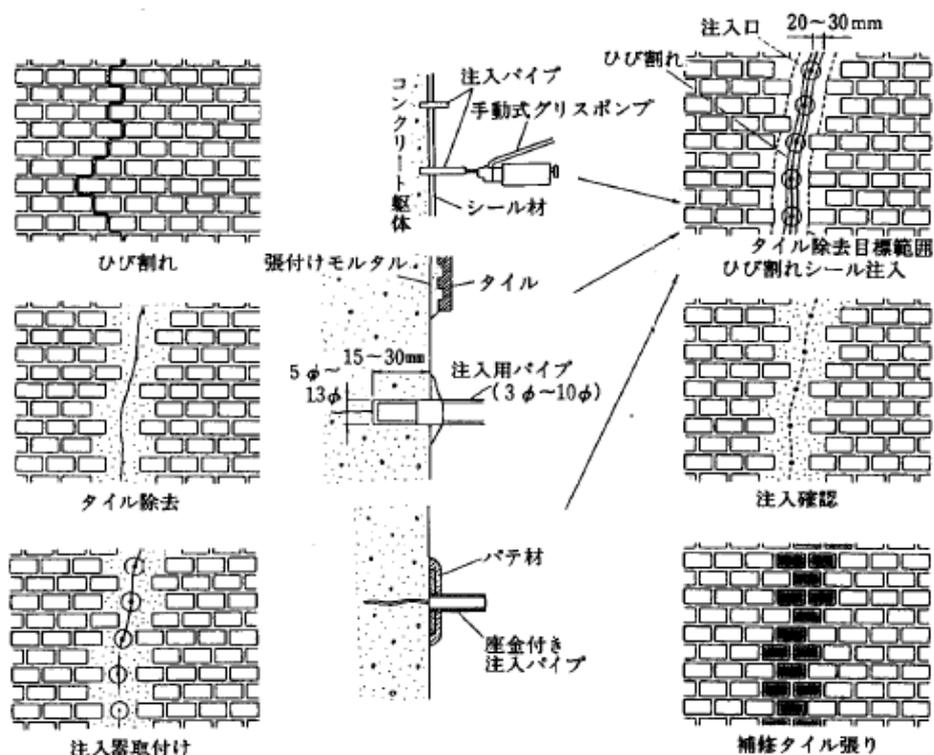


図 3.2 エポキシ樹脂注入工法(手動式)の手順²⁾

<Uカットシール材充填工法>

図 3.3 にコンクリート躯体からひび割れが発生している場合の、タイル張り仕上げ外壁のUカットシール材充填工法(可とう性エポキシ樹脂充填の場合)の手順を示す。

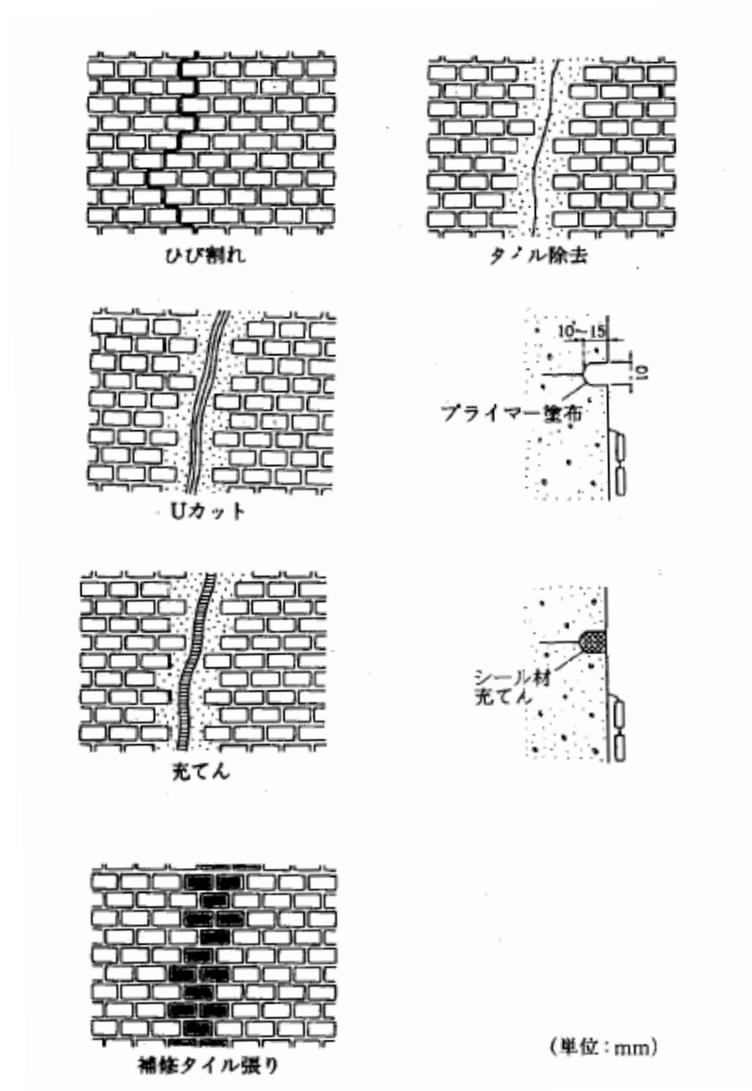


図 3.3 Uカットシール材充填工法(可とう性エポキシ樹脂充填の場合)²⁾

②浮き部改修工法

改修工事監理指針において規定されている浮き部改修工法では、アンカーピンニングに $\phi 4\text{mm}$ の全ネジ切りステンレス製アンカーピンを使用する「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」、「アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」、および「アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法」ならびに、ステンレス製注入口付アンカーピンを使用する「注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」、「注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」、および「注入口付アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法」に分類できる。

なお、上述した工法は、タイル陶片の浮きが無く、目地モルタルが健全で、躯体コンクリートと下地モルタルの間に発生している浮きに対する改修工法であり、例えば、型枠先付け工法によ

るタイル張り仕上げ外壁や手張り工法であっても積上げ張り工法によるタイル張り仕上げ外壁には適用できない。

<アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法>

アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法ではアンカーピンニングの本数は 16 本/m²(一般部)が標準である。ただし、穿孔位置がタイル陶片にかかる場合には近傍のタイル目に部分に釣り合いを保ちながら移動する。図 3.4 にアンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法のアンカーピンニング位置の例を示す。

なお、アンカーピンニング部分(アンカーピン固定部には 25ml/ヶ所のエポキシ樹脂が注入されている。もし、浮き代が 1.0mm とするとアンカーピンの周囲に直径 18 cm の円状に注入されていることになる。

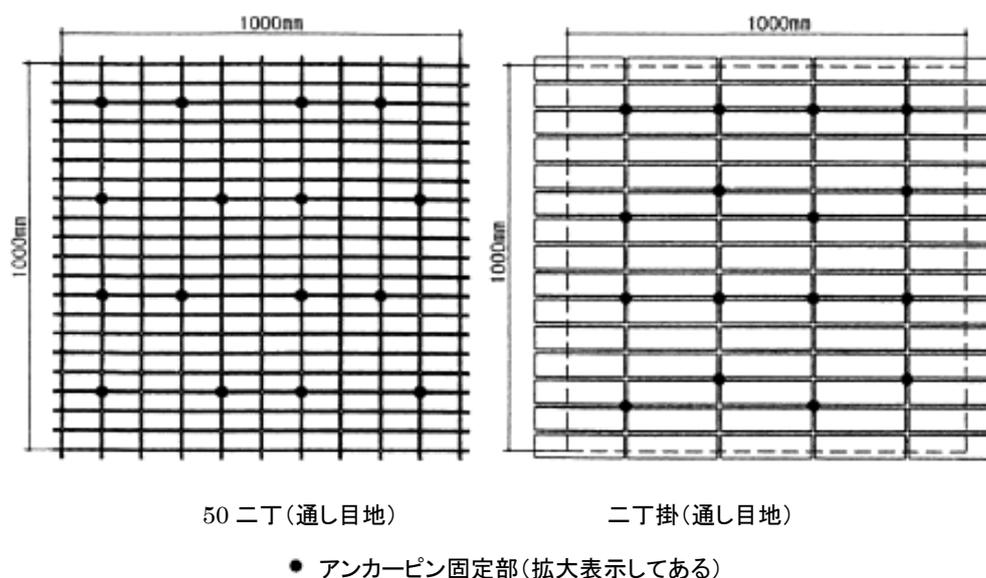


図 3.4 アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法における穿孔位置の例³⁾

<アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法およびアンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法>

アンカーピンニング部分のエポキシ樹脂の硬化を確認してから、全面注入のための穿孔を行いエポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーの全面注入を打診により確認しながら実施するのがポイントである。

前述のようにポリマーセメントスラリーの注入は難しく、あまり実施されていない。ポリマーセメントスラリーの注入をスムーズにするためには事前の水湿し(水通し)やプライマーの注入が効果的である。しかし、建物内部へ漏水しないように十分な注意が必要である。

なお、全面注入工法においては、未注入部分を打診で確認しつつ、内部に空気だまりが発生しないように注意して穿孔し、必要に応じて中粘度エポキシ樹脂を使用する等の工夫により、ほぼ全面にエポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーを注入する。

<注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法>

図 3.5 に注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法の手順を示す。全ネジ切りアンカーピンと異なるのは、注入口付アンカーピンを打ち込んでからエポキシ樹脂を注入する点であり、注入口付アンカーピンにより既に躯体コンクリートに機械的固定がなされていることから、エポキシ樹脂注入による浮き拡大が回避できる。

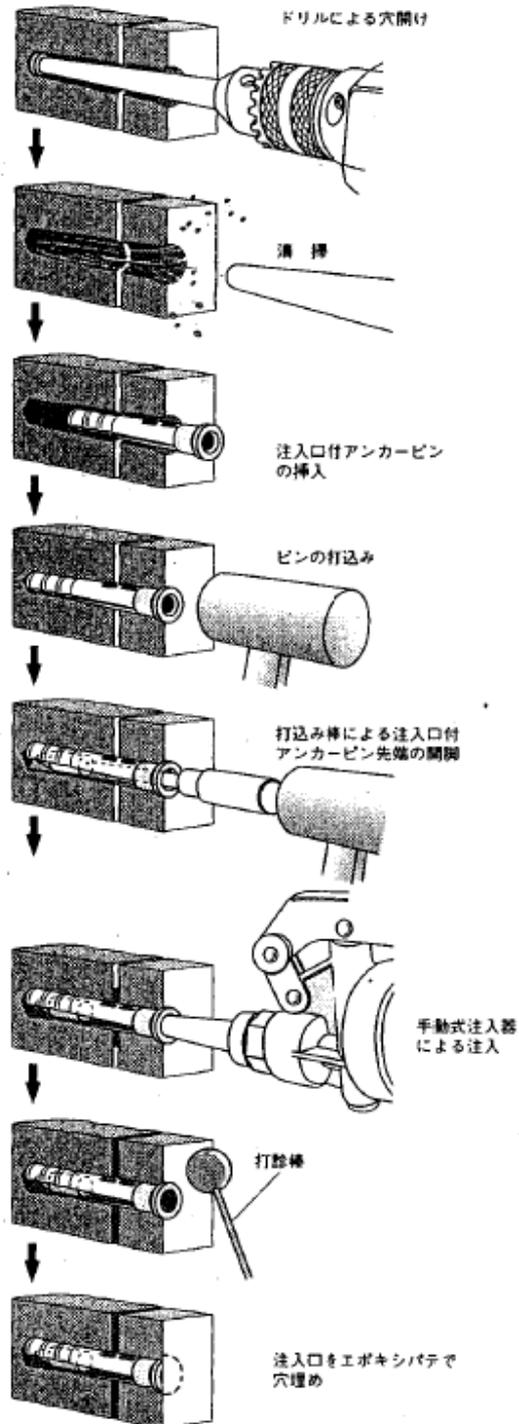


図 3.5 注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法の手順⁴⁾

注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法では注入口付アンカーピンニングの本数は9本/m²(一般部)が標準である。図3.6に注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法の注入口付アンカーピンニング位置の例を示す。

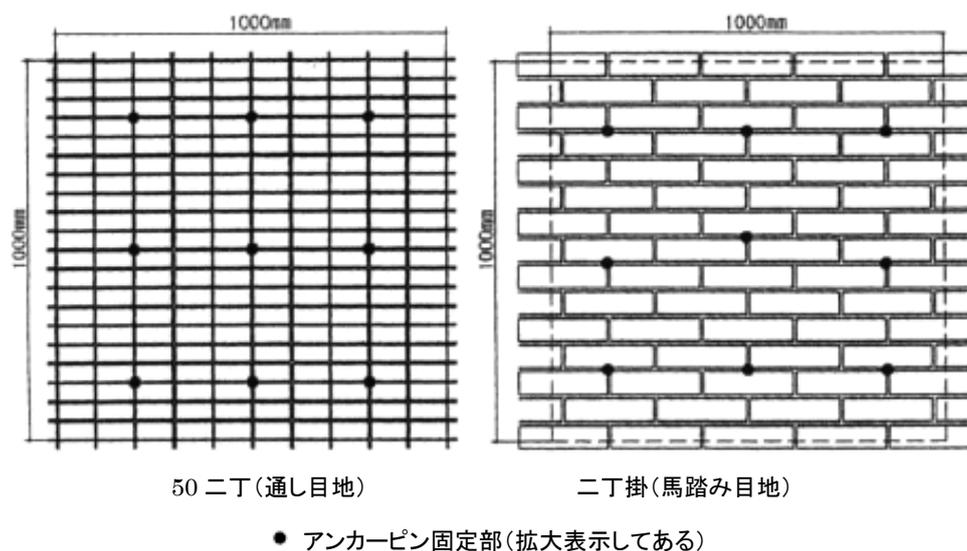


図 3.6 注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法における穿孔位置の例³⁾

<注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法および注入口付アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法>

注入口付アンカーピンニング部分のエポキシ樹脂が硬化した後に、別の注入口を穿孔し、エポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリーを全面注入する。ポイントはアンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法およびアンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法と同様である。

③欠損部改修工法

<タイル張替え工法>

下地モルタルまで含めた欠損の場合には「タイル張替え工法」を採用するが、これは基本的に新築のタイル張り工法と同様である。

<タイル部分張替え工法>

タイル部分張替え工法は、下地モルタル層が健全な場合に適用し、張付けモルタル層が厚い場合にはポリマーセメントモルタルにより、モザイクタイル張りのように張付けモルタル層が薄い場合には有機系接着剤(JIS A 5557)により張付けられる。図3.7にタイル部分張替え工法の手順を示す。

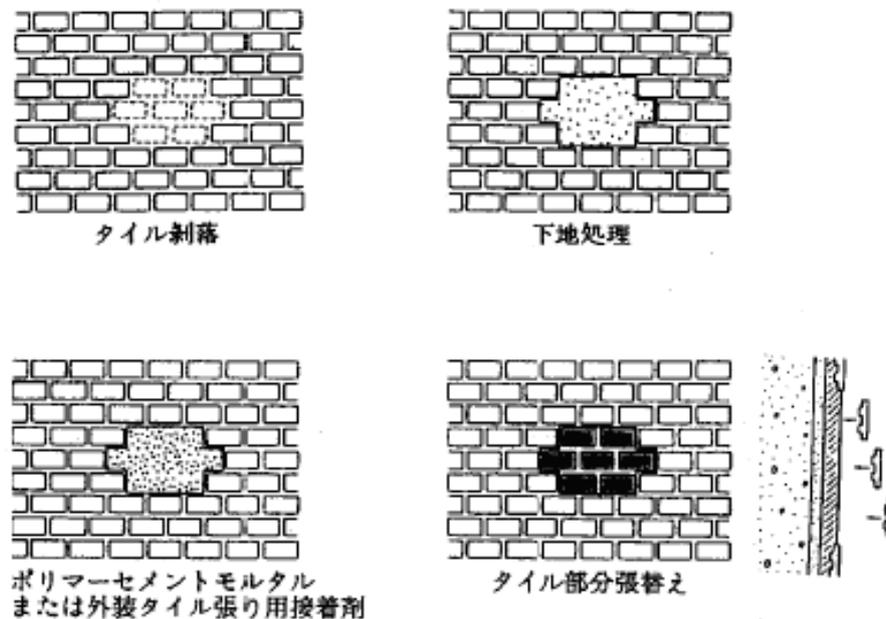


図 3.7 タイル部分張替え工法の手順²⁾

(4)まとめ

国土交通省大臣官房官庁営繕部監修の「改修標仕」および「建築改修工事監理指針」に準拠して、タイル張り仕上げ外壁の改修工法について基本事項を解説した。タイル張り仕上げ外壁の改修工法は標準化されており、劣化状況や改修時の要求性能に応じて適切な工法が選定され、適切な手順で工事が実施されることが重要である。

なお、「改修標仕」で標準化された改修工法以外にもタイル張り仕上げ外壁の改修技術は存在する。「建築改修工事監理指針」ではその他の改修工法として以下の工法を例示している。

- ・外壁複合改修構工法
- ・ガラス繊維補強コンクリート板(GRC)を用いた乾式改修工法
- ・タイル乾式複合パネルを用いた乾式被覆改修構工法

[引用文献]

- 1)「建築設計基準及び同解説(平成 18 年版)」(社)公共建築協会
- 2) (財)日本建築センター, (財)建築保全センター 「外装仕上げ及び防水の補修・改修技術 4 編 タイル仕上げ外壁の補修・改修技術」(財)経済調査会
- 3)「これからのタイル張り仕上げ外壁リニューアルー安全・長寿命・美しい景観造りー」テツアドー出版
- 4) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 「建築改修工事監理指針(上巻)平成 22 年版」(財)建築保全センター

3.2.2 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げの補修・改修技術の課題

(1) 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げの浮き検査法の問題点

タイル張り仕上げおよびセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げ(セメントモルタル塗り外壁)の浮きの調査には、外観目視および打診法または部分打診と赤外線サーモグラフィ法の併用が適用される場合が多い。建築基準法第 12 条に規定される定期検査報告においても、仕上げ材の浮きの調査方法としていずれかを用いることとされている。

1) 打診調査の概要

打診法は、打診用のハンマーを用いて仕上材の表面を軽く打撃し、その打撃音の大きさや周波数の高低を健全な部分と相対的に比較することによって、浮きの有無を判断する方法である。一般的に浮きのある部分の打撃音は高音となる傾向にあり、浮きの層が表層部に近いほどその傾向は顕著である。ただし、仕上材の種類や浮きの状況によってはその傾向は一律ではない。

打診調査は、部分打診調査(手の届く範囲)と全面打診調査があり、特殊建築物等定期調査業務基準(2008年改定版 監修:国土交通省住宅局建築指導課 発行:(財)日本建築防災協会)では、公共的な建物のタイル張り仕上げ外壁において、「落下により歩行者に危害を加えるおそれのある部分」の調査では全面打診等を行うこととしている。

2) 赤外線サーモグラフィ法の概要

赤外線サーモグラフィ法は、健全部と浮き部分の表面温度の相違を赤外線カメラによって撮影し、その温度分布から浮きのある部分を判断する方法である。一般に外壁の温度が上昇する場合(主に日中)には、浮き部分は高温部として検出され、温度が下降する場合(夜間など)には、低温部として検出される。

打診法および赤外線サーモグラフィ法の長所および短所を整理すると、表 3.1のように表される。

表 3.1 打診法および赤外線サーモグラフィ法の特徴

調査方法	打診法	赤外線サーモグラフィ法
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的簡易な方法であり、誰でも実施することが可能 ・高価な装置が不要 	<ul style="list-style-type: none"> ・非接触であり、全面を調査する場合でも足場が不要 ・結果が画像として表れるため、記録や報告が比較的容易
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・手の届く範囲しか調査ができず高所を検査するには足場、ゴンドラ等が必要 ・人為的な判断誤差が発生しやすい。また、調査員の個体差によって調査結果にばらつきが生じやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ・調査の条件(建物形状・方位・天候など)に左右される ・装置が比較的高価(近年では廉価版も普及) ・浮き部の判断には経験を要するため、人為的な誤差が生じやすい

3) 打診調査の問題点

① 打診法の適用上の問題点

- ・適用範囲: 足場を用いない場合の調査可能な範囲(建物形状や開口部の有無等により適用範囲が異なることなど)
- ・精度: 仕上げ層の厚さが大きい場合(20mm 以上)に検出精度が落ちる、長時間の作業では検出精度が落ちることなど
- ・標準化: 標準化された方法がなく、また人の感覚や技量による部分が大きいいため標準化が困難

② はく落危険箇所の把握とはく落危険判定の問題点

- ・打診調査を行う場合、過去の調査や施工記録、建物形状を確認し、はく落危険箇所を事前に把握することが重要である。
- ・はく落危険の大きい箇所としては、開口隅部、水平打継部、コーナー部、パラペット部、斜壁部分等有り、重点的に調査することが望ましい。
- ・はく落危険箇所の中でも、斜壁部分では浮きの判定が難しく、下地状況(防水層の有無)によりはく落危険の判定が変わる。

③ 仮設足場の問題点

- ・全面打診調査では、調査員の足場による作業性や安全性の違いも問題となることがある。調査員の作業性によって調査精度や調査コストも大幅に変わるため、調査計画時に仮設足場にも十分な検討が必要である。また、安全性についても、調査員の安全だけでなく、調査時に劣化部分のはく落の危険も発生するため、第三者災害防止の点からも仮設足場の養生等も検討する必要がある。

④ 人的作業による問題点

・打診調査は人的作業のため、調査者の熟練度及び技量による判定の違いが発生する。また、長時間作業による判断力の低下も調査精度に影響する。調査者の技能水準の均一化と作業環境整備も人的作業に依存する場合は検討が必要である。

⑤ 竣工図面と実建物の違いによる問題点

・打診調査では、竣工図面と実建物(実施工)の違いによる判定の誤りがある。実際にあった事例では、浮きの音が確認され改修工事を行う際に、躯体がRC造でなくブロック積みであり改修が行えない等の問題が発生した。ある程度までは調査者の技能で判断できるが、大掛かりな事前調査が必要な場合もある。

⑥ タイル張り仕上げにおける浮き箇所の判定の問題点

・タイル浮きかタイル下地浮きかの判定は難しく、さらに二重浮きが発生している場合は、その判定がさらに難しくなる。タイル張り仕上げ改修の工法選定に大きな影響を与えるため、タイル張り仕上げの浮き箇所の判定精度の向上が急務である。

⑦ 改修工事施工後の打診調査の問題点

・改修工事を実施していない建物と改修工事を実施している建物で打診調査の際に判定に相違が発生する。改修後の浮きの判定では、改修時の資料との確認が必要である。改修後の浮きの拡大であるか、改修時の状態を維持しているのか適切な判定が重要である。

4) 赤外線サーモグラフィ法の適用上の問題点

① 適用範囲:理想的な条件では調査可能な範囲は広いが、建物の配置、周辺建物、障害物等により、実際の適用範囲は制限されることが多い。また、赤外線カメラの画素数が小さく(市販品は最大で 480×480 画素程度)、解像度の問題から建物からの距離をそれほどとれない。

② 精度:表面温度に外乱がある場合、浮き部との違いが判断しづらく検出精度が低下する。外乱の要因としては、表層部の色の違いや汚れ、障害物等による陰影、周辺建物等からの写り込みなどがある。また、浮きの部分が深い場所にある場合や浮き部分が小さく空気層が少ない場合には検出が困難である。

③ 標準化:平成 21 年度に非破壊検査協会規格 NDIS3428(赤外線サーモグラフィ法による建築・土木構造物表層部の変状評価のための試験方法)が制定されたが、その内容の普及および技術者の確保には時間を要する。また、非破壊検査協会以外にも赤外線サーモグラフィ法により建物外壁診断技術の向上を目指す団体・協会がいくつか結成され、個々に診断手法の標準化を進められており、それらの動向についても把握する必要がある。

5) 打診調査および赤外線サーモグラフィ法共通の問題点

- ・浮きの予測は難しいこと
- ・劣化と瑕疵(施工不良)の判断は難しいこと
- ・はく落等による第三者障害の点からは、安全側の判断をせざるを得ない(どのような状態な

ら危険かということの定量的な裏付けが少ない)

6) その他の調査方法

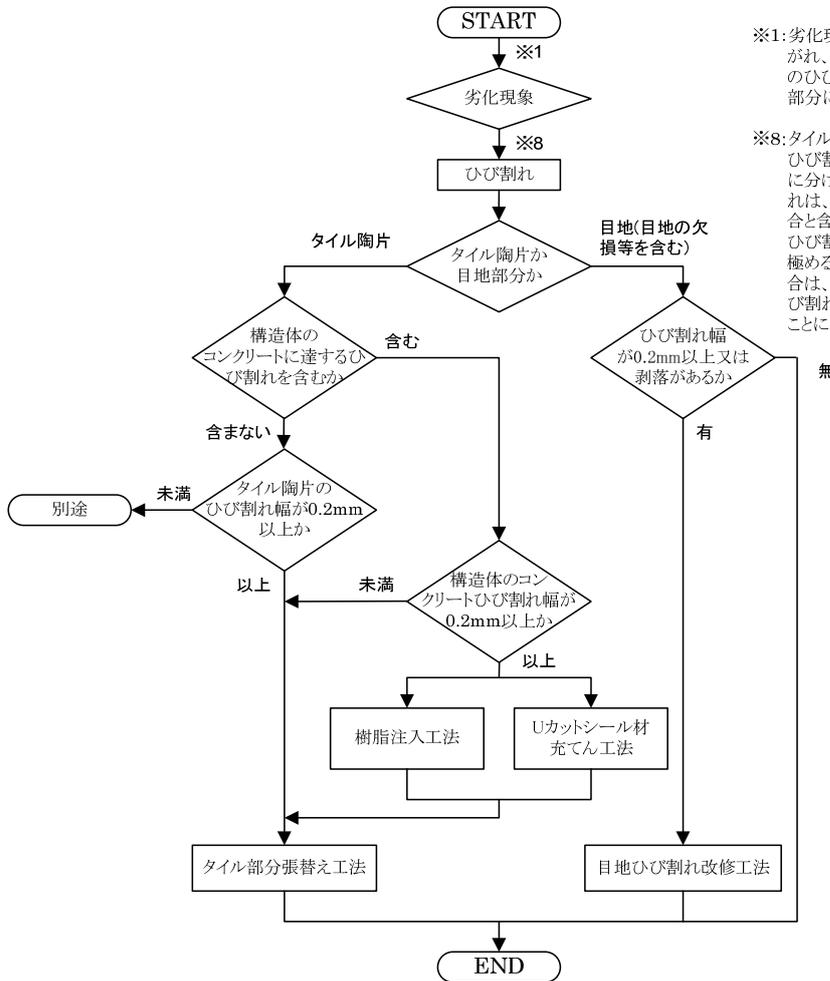
浮き部の調査方法としては、打音や振動をマイクロフォンや加速度センサで取得して、周波数解析を行う方法なども提案されている。また、それらのセンサを組み込んでワイヤや吸盤によって壁面を移動する打診ロボットなども開発されている。ただし、検出精度の問題や壁面の凹凸により適用範囲に制限があるなどの問題から、現状では普及には至っていない。

(2) 外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げのひび割れ補修の問題点

1) ひび割れ補修の現況

外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げ(セメントモルタル塗り外壁)に発生するひび割れとしては、コンクリート躯体に発生したひび割れの影響で外壁タイル張り仕上げ面やセメントモルタル塗り外壁面に発生するひび割れのほかに、タイル張り仕上げのタイル目地のひび割れやタイル陶片のひび割れ、セメントモルタル下地のひび割れなどがある。

外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル塗り外壁に発生したひび割れ補修工法の選定フローを図 3.8、図 3.9 に示す。



※1:劣化現象は、①浮き又ははらみのある場合、②剥がれ、又は剥落等の欠損がある場合、③構造体のひび割れの有無に関係なく、タイル又は、目地部分にひび割れがある場合、に適用する。

※8:タイル張りのひび割れは、①タイル部分に生じるひび割れ、②タイル目地部分に生じるひび割れ、に分けて考え、さらに、タイル部分に生じるひび割れは、構造体のコンクリートのひび割れを含む場合と含まない場合に分ける。ひび割れ発生部分、ひび割れ幅及びひび割れの動きの有無について見極める。浮き又は欠損があり、かつ、漏水がある場合は、コンクリート打放し仕上げ外壁の改修のひび割れがあり、かつ、漏水がある場合を適用することになる。

図 3.8 外壁タイル張り仕上げに発生したひび割れ補修工法の選定フロー¹⁾

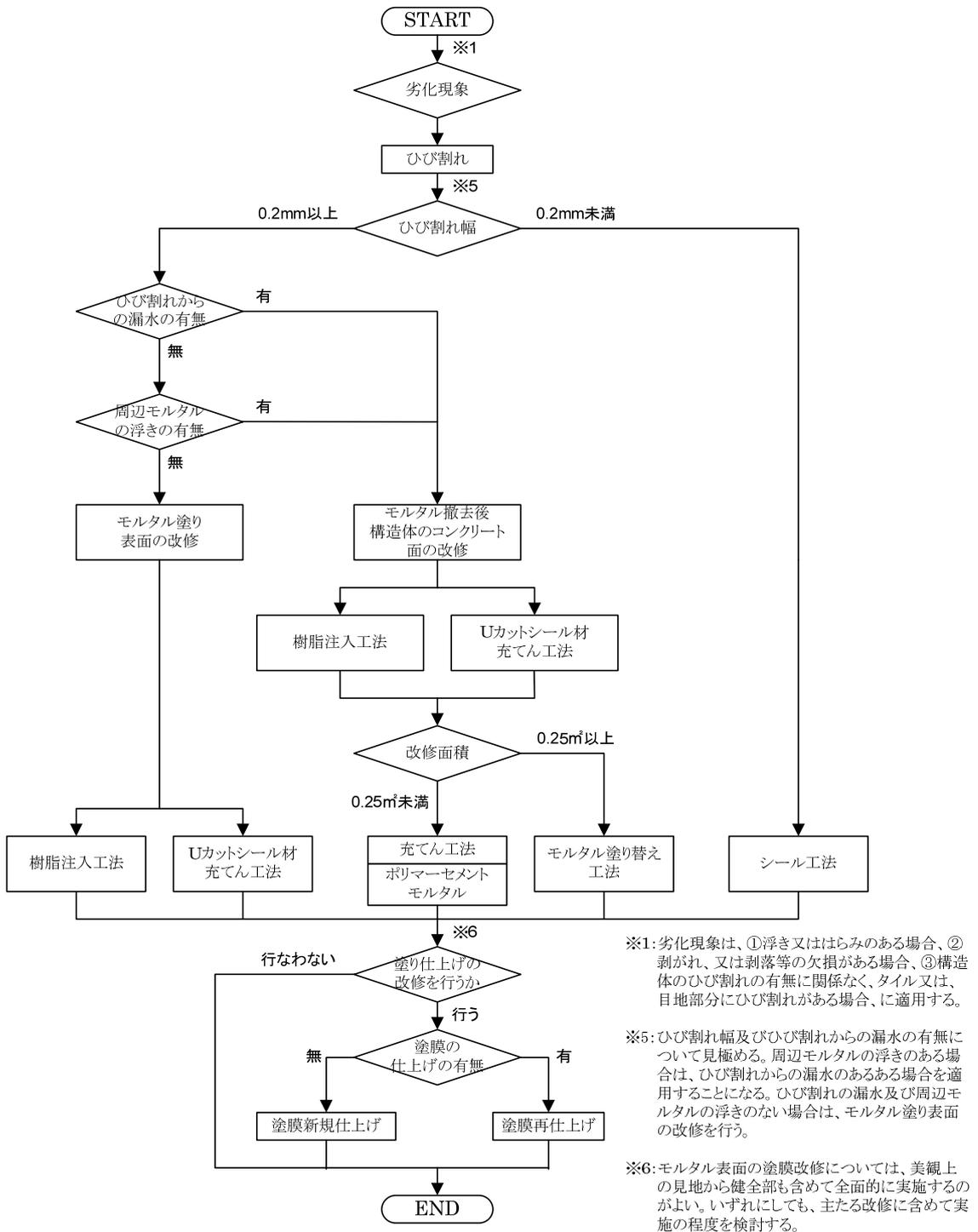


図 3.9 セメントモルタル下地を設けた外壁仕上げセメントモルタル下地を設けた外壁仕上げに発生したひび割れ補修工法の選定フロー¹⁾

2) ひび割れ補修の問題点

① ひび割れの挙動に関する問題点

ひび割れの挙動については、コンクリートに発生するひび割れの原因を明確にしておく必要がある。コンクリート躯体に発生するひび割れの原因を日本コンクリート工学協会編「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針－2009－」²⁾を参考に、原因と発生時期を取り纏めたものを表 3.2 に示す。

同表に示すようにコンクリート躯体には様々な原因でひび割れが発生し、その影響で外壁タイル張り仕上げやセメントモルタル塗り外壁面にひび割れが発生する。しかし、表中の発生時期が初期(数時間～1 日)、中期(数日)に生じるひび割れのうち、●印のひび割れについては、外壁の仕上げを施工する前にひび割れの補修が終了していると思われるので、これらのことが原因で発生したひび割れが将来的に外壁仕上げ面にひび割れ等を発生させるとは考えにくい。ところが、表中の発生時期が長期(数 10 日以上、所要強度に達した以降)に生じるひび割れ(○印)については、外壁仕上げ面にもひび割れを発生させる可能性があるばかりでなく、建物の耐久性に悪影響を及ぼし、雨水の浸入により室内への漏水をきたすとともに、美観を損ない、仕上げ面のはく落等を招くことになる。また、このような原因で発生したひび割れの挙動は大きく、ひび割れの補修方法や補修する時期の選定が問題となる。それに加えて、一度ひび割れ補修を行っても、補修した箇所よりひび割れが進行したり、別の箇所に新たなひび割れが発生し、再補修が必要となる場合がある。

コンクリート躯体に発生したひび割れの影響で外壁タイル張り仕上げやセメントモルタル塗り外壁面に発生した挙動の小さいひび割れの補修では、ひび割れ部のタイル張り仕上げ或いはセメントモルタル下地を撤去し、エポキシ樹脂注入工法又はUカットシーリング材充填工法で補修した後、タイル部分張替え工法又はタイル張替え工法、或いは、セメントモルタル下地を設けて改修する。挙動の大きいひび割れの補修では、ひび割れ部のタイル張り仕上げ或いはセメントモルタル下地を撤去し、0.2mm 未満の微細ひび割れについては、補修方法、補修時期を検討する必要がある。0.2mm 以上のひび割れについては、エポキシ樹脂注入工法又はUカットシーリング材充填工法で補修する。

タイル張り仕上げのタイル目地やタイル陶片およびセメントモルタル下地に発生するひび割れの原因としては、環境温度・湿度の変化や部材両面の温度・湿度の差によることが多く、ひび割れの挙動はあると思われる。また、そのひび割れから雨水などが浸入し、コンクリート躯体とタイル接着剤との界面、タイル接着剤とタイルとの界面或いはコンクリート躯体とセメントモルタル下地との界面など、界面に悪影響を及ぼすことが考えられる。そのため、タイル目地に発生したひび割れを除き、タイルやセメントモルタル下地を撤去し、コンクリート躯体のひび割れ補修を行った後、タイル張替え工法やセメントモルタル下地の改修が必要である。タイル目地に発生したひび割れは、エポキシ樹脂注入工法などで補修する。また、セメントモルタル下地のひび割れについては、ひび割れ補修後の塗り仕上げ材の選定にも注意が必要である。

表 3.2 ひび割れが発生する原因

大分類	中分類	小分類	番号	原因	発生時期		
					初期	中期	長期
A 材料	使用材料	セメント	A1	セメントの異常凝結	●		
			A2	セメントの水和熱		●	
			A3	セメントの異常膨張			○
		骨材	A4	骨材に含まれる泥分		●	○
			A5	低品質な骨材			○
			A6	反応性骨材			○
	コンクリート		A7	コンクリート中の塩化物			○
			A8	コンクリートの沈下・ブリーディング	●		
			A9	コンクリートの乾燥収縮			○
			A10	コンクリートの自己収縮		●	○
B 施工	コンクリート	練混ぜ	B1	混和材料の不均一な分散			○
			B2	長時間の練混ぜ	●		○
		運搬 打込み	B3	ポンプ圧送時の配合の不適當な変更	●		○
			B4	不適當な順序	●		○
			B5	急速な打込み	●		
		締固め 養生	B6	不適當な締固め			
			B7	硬化前の振動や載荷		●	
			B8	初期養生中の急激な乾燥	●		
		打継ぎ	B9	初期凍害		●	○
			B10	不適當な打継ぎ処理	●		○
	鋼材		鋼材配置	B11	鋼材の乱れ		
		B12		かぶり(厚さ)の不足			○
	型枠	型枠	B13	型枠のはらみ	●		
			B14	型枠からの漏水	●		
			B15	型枠の早期除去		●	
	その他	コールドジョイント PC グラウト	B16	支保工の沈下	●	●	
			B17	不適當な打重ね	●		
			B18	グラウト充てん不良			○
C 使用環境	熱、水分作用	温度・湿度	C1	環境温度・湿度の変化			○
			C2	部材両面の温度・湿度の差			○
			C3	凍結融解の繰返し			○
			C4	火災			○
			C5	表面加熱			○
	化学作用		C6	酸・塩類の化学作用			○
			C7	中性化による内部鋼材のさび			○
			C8	塩化物の浸透による内部鋼材のさび			○
D 構造・外力	荷重	長期的な荷重	D1	設計荷重以内の長期的な荷重			○
			D2	設計荷重を超える長期的な荷重			○
		短期的な荷重	D3	設計荷重以内の短期的な荷重			○
			D4	設計荷重を超える短期的な荷重			○
	構造設計		D5	断面・鋼材量の不足		●	○
	支持条件		D6	構造物の不同沈下			○
			D7	凍上			○
E その他			その他				

発生時期: 初期 数時間~1日、中期 数日、長期 数10日以上*)、**)

*) 所要強度に達した以降が対象となる。 **) D1,D2 の場合、数年から数10年となる。

②ひび割れの再補修に関する問題点

外壁に生じたひび割れは、日射や降雨など外気における温湿度変化によりひび割れが開いたり閉じたりと伸縮挙動するため一度ひび割れ補修を行っても、ひび割れが挙動することによってひび割れが進行し、再びひび割れを補修する必要がある。特に、エポキシ樹脂注入工法で補修した場合、補修したひび割れの近くに再びひび割れが発生することがある。一方、Uカットシール材充填工法で補修したひび割れでは再び近くにひび割れが発生する場合は比較的少ない。このように一度ひび割れ補修を行った後に進行したひび割れや別の箇所新たに発生したひび割れの補修をどのような方法で再補修するかが問題点として挙げられる。

③Uカットシール材充填工法に関する問題点

Uカットシール材充填工法は、U カットする際に埃が発生するため、施工環境を含めた環境対策が必要である。この問題点を解決するために、埃を吸引してUカットする工具も開発されているが、集塵する装置がひび割れ部に重なるため、ひび割れに沿ってUカットするのが困難である。そのため、環境対策を考慮したUカットシール材充填工法とするためには、Uカットする工具の開発、改良が必要である。(8)節参照。

また、Uカットシール材充填工法では、Uカットシール後に珪砂を散布するか、ポリマーセメントモルタルを充填するが、写真 3.1 のように珪砂の凹凸に塵埃が付着しやすくなったり、施工箇所が傷跡のように残り、美観上の問題点が指摘される場合も多い。



写真 3.1 Uカットシール材充填工法で補修した施工例

④シール工法に関する問題点

微細な 0.2mm 未満のひび割れの補修ではシール工法が用いられる。この工法では、可とう性エポキシ樹脂やパテ状エポキシ樹脂を用いて幅 10mm 程度、厚さ 2mm 程度に仕上げ、表面に珪砂を散布することになっているため、表面に段差が現れ、仕上がり上及び美観上の問題点が挙げられる。また、一般的に全体のひび割れの補修数量の中で、0.2mm 未満のひび割れが占める割合が多く、中には網目状に発生しているひび割れもあり、シール工法で補修すると写真 3.2 に示すような施工状況になり、美観上の問題点が挙げられる。



写真 3.2 シール工法で補修した施工例

漏水や構造的な問題のない 0.2mm 未満のひび割れの補修では、ポリマーセメント系フィラーや微弾性フィラー材等をすり込み、硬化後用途にあった塗装仕様で仕上げる方法も可能であり、最終的な仕上がりや美観を考慮したひび割れ補修も検討する必要がある。

⑤タイル撤去、モルタル撤去に関する問題点

外壁タイル張り仕上げ及びセメントモルタル塗り外壁では、コンクリート躯体に発生したひび割れを補修する場合、タイルやセメントモルタル下地の撤去を行う必要がある。そのため、撤去に伴う騒音や建設廃材が発生し、環境に対する問題点がある。

また、タイル張替え工法のタイルの張替えには弾性接着剤が使用されることが多くなったが、その弾性接着剤の耐久性や撤去方法についても検討する必要がある。

3) 新しいひび割れ補修工法の事例

ひび割れの補修工法としては、シーリング工法、樹脂注入工法及びUカットシーリング材充填工法が一般に普及している。0.5mm 以上のひび割れのうち、コンクリート躯体表層部やモルタル表層部の動くひび割れに対する補修方法として、Uカットシーリング材充填工法に新たな考え方を取り入れた、ひび割れ箇所の挙動を拘束して補修する工法の事例を紹介する。

①Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法

外壁は、外気環境の温冷乾湿変化の影響を受けて伸縮を繰り返し、ひび割れ箇所は劣化し、脆弱化している。

Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法は、図 3.10 に示すように脆弱化したひび割れ箇所を U カットし、T 字型のアンカーピンをひび割れ幅に応じて一定間隔に、かつ、ひび割れに直行するように埋没させるように埋込みカスガイ的な役割をさせることにより、ひび割れの挙動を拘束する。さらに、アンカーピンニング後のUカット箇所は、コンクリート躯体に近い性質のポリマーセメントモルタル※1 で埋め戻す。

②Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法の手順

I. 事前準備

工事着手に先立ち、落下の恐れのあるモルタル、タイルを事前に撤去する、又は、ピンニングなどで落下防止を講じるなど、安全対策や作業環境等の事前対策を行う。

II. ひび割れ補修方法(写真 3.3 参照)

- a. ひび割れ箇所のマーキング
- b. タイル等の仕上げ材がある場合は、ひび割れに沿って幅 10cm 程度を撤去
- c. コンクリートもしくはモルタル表面のひび割れを集塵装置付きディスクグラインダーで U カットし拡幅
- d. T 字型アンカーピン位置のマーキング
- e. T 字型アンカーピン頭部の埋没用一文字溝切り
- f. T 字型アンカーピンニング用孔の穿孔
- g. T 字型アンカーピンニング孔、一文字溝、Uカット箇所をブローアール清掃
- h. T 字型アンカーピンニング孔に高粘度エポキシ樹脂充填
- i. T 字型アンカーピン装填
- j. T 字型アンカーピン頭部に高粘度エポキシ樹脂充填
- k. ひび割れ部とその周辺にSBR系ポリマーセメントフィラー※ 塗布
- l. ひび割れ部Uカット箇所にSBR系ポリマーセメントモルタル※ を充填して平滑に仕上げる

※1 セメント混和用ゴムラテックスおよび硬化材、細骨材によるポリマーセメントモルタル

※2 ポリマーセメントモルタルおよびポリマーセメントフィラー：JIS A 6203(：2000) セメント混和用ポリマーデイスパーション及び再乳化形粉末樹脂 4 種類適合品

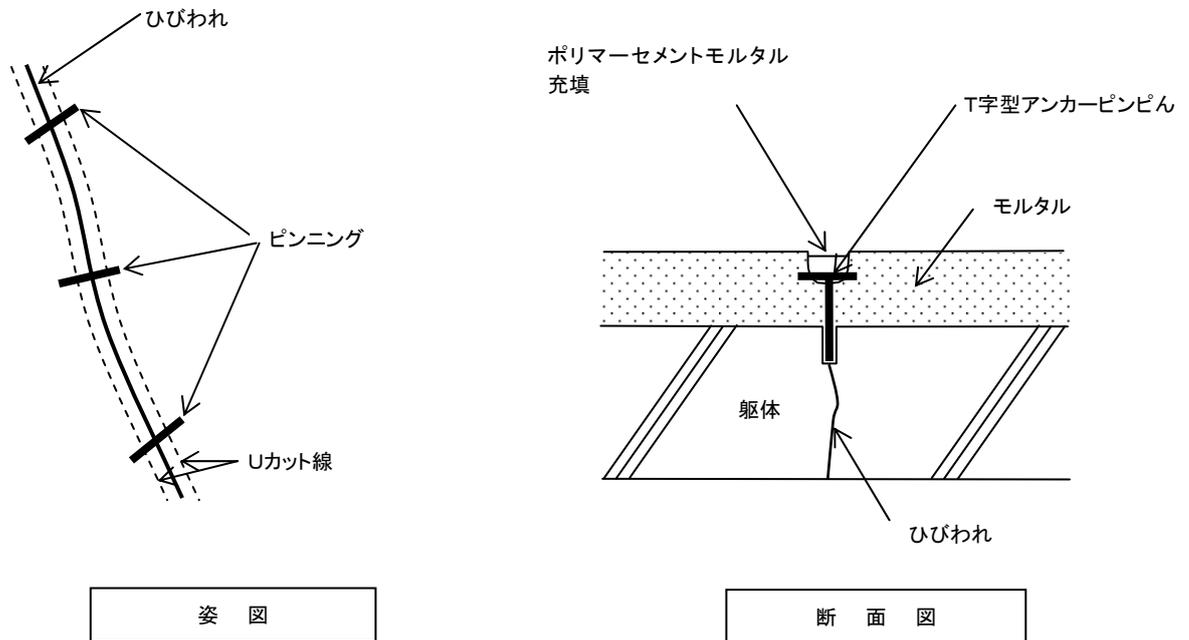


図 3.10 Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法の概要



f.ピンニング孔の穿孔



i.ピンニング



k.フィラー塗布



l.Uカット部埋め戻し

写真 3.3 Uカットピンニング併用ポリマーセメントモルタル充填工法

[引用文献]

- 1) 国土交通省大臣官房庁営繕部監修:「建築改修工事監理指針」上巻, 平成 19 年版
- 2) 日本コンクリート工学協会編:「コンクリートのひび割れ調査,補修・補強指針-2009-」, 2009.3

(3) タイル張り仕上げの浮き補修の問題点

1. 浮きのパターンとその補修方法

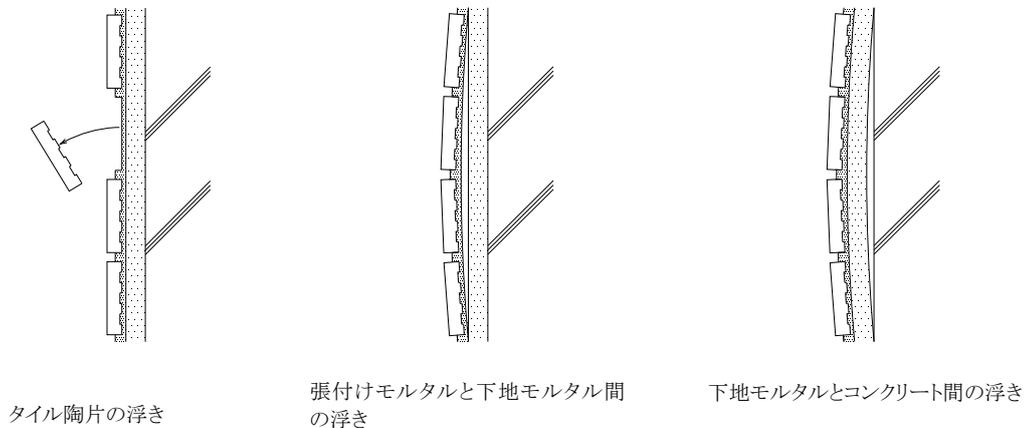
1) タイル張り仕上げの浮きのパターン

タイル張り仕上げは、断面構成で分類すると以下の3種類の構成がある。

- ①手張り工法(モルタル下地あり) : コンクリート+モルタル下地+張付け材料+タイル
- ②手張り工法(直張り) : コンクリート+張付け材料+タイル
- ③先付け工法 : コンクリート+タイル

それぞれの断面構成における浮きのパターンは、以下の図 3.11 ようになる。

①手張り工法(モルタル下地あり)の浮きのパターン



②手張り工法(直張り)の浮きのパターン

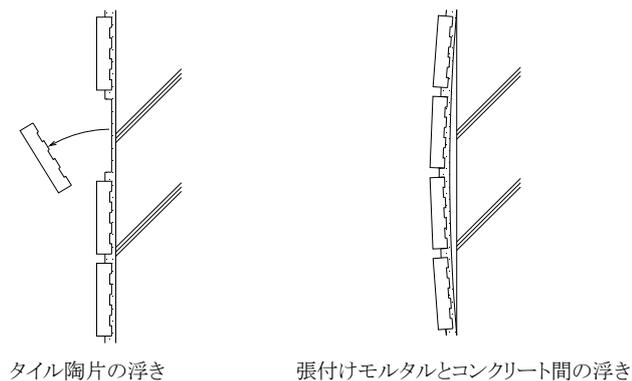
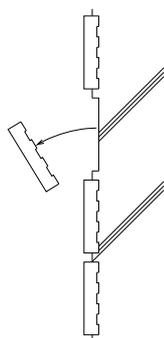


図 3.11 タイルの浮きのパターン (1/2)

③先付け工法の浮きのパターン



タイル陶片の浮き

図 3.11 タイルの浮きのパターン (2/2)

2) 浮きのパターンと補修方法との関係

浮きのパターンと対応する補修工法の関係を表 3.3 に示す。

表 3.3 の工法他に外壁複合改修構工法(ピンネット工法)があるが、この工法は既存タイル張りを表面からアンカーピンおよび繊維ネット等でカバーし、はく落防止効果が期待できるため、全ての浮きのパターンに適用できる。なお、この工法は、「建築改修設計基準及び同解説」および「公共建築改修工事標準仕様書」には記載されていないが、平成 8 年度建設技術評価規定第 9 条 1 項の規定に基づき建設大臣による評価を受けている構工法がある。

表 3.3 浮きのパターンと対応する補修方法

	手張り工法(モルタル下地あり)			手張り工法(直張り)		先付け工法
	コンクリートと下地モルタル界面	下地モルタルと張付けモルタル界面	張付けモルタルとタイル界面	コンクリートと張付けモルタル界面	張付けモルタルとタイル界面	コンクリートとタイル界面
タイル部分張替え工法	—	○	○	○	○	○
タイル張替え工法	○	—	—	—	—	—
アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法	○	△	—	△	—	—
アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法	○	△	—	△	—	—
アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法	○	—	—	—	—	—
注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法	○	△	—	△	—	—
注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法	○	△	—	△	—	—
注入口付アンカーピンニング全面ポリマーセメントスラリー注入工法	○	—	—	—	—	—
注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法	○	○	○	○	○	○

○:「建築改修設計基準及び同解説」により選定可能な工法

△:民間工事で行われているが、評価が固まっていない工法

—:適用できない工法

2. 浮き補修の問題点

浮き補修の問題点としては、以下の浮きのパターンにおいて、アンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法が採用されることがあるが、評価が固まっておらず、また施工時に問題が発生する場合がある点が挙げられる。

- ①モルタル下地と張付けモルタル界面の浮き
- ②直張りの場合のコンクリートと張付けモルタル界面の浮き

特に直張り工法はマンション等の建物のタイル張りで主流になっており、しかも直張りの浮きの発生はコンクリートと張付けモルタル界面ではく離する割合が多い。

注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法は、このような浮きのパターンに適用できるが、現在外壁タイルの主流となっているモザイクタイルは、タイル形状が小さいためアンカーピンの本数が非常に多くなり、非常にコストが高くなる。

この界面の浮き補修にアンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法を適用する場合の問題点を以下に示す。

1) タイル直張り仕上げにアンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法を適用させる場合の問題点

- ①仕上げ層が薄いためアンカーピン固定用のエポキシ樹脂を規定量注入すると、注入時の圧力によってタイルがせりあがってくることもある。
- ②タイルと躯体コンクリート間のモルタル層が張付けモルタルのみの場合など 5 mm以下と薄く、仕上げ層の強度が弱くなることにより規定のアンカーピンの本数で耐力的に問題ないか検討が不足している。
- ③タイル張り工法がマスク張りの場合にも適用できるか。すなわち、張付けモルタル層が連続しておらず、仕上げ層として一体化していないための強度が特に弱い。

2) タイル直張り仕上げに注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法を適用させる場合の問題点

- ①アンカーピンの形状の関係で下地モルタル層が 10mm 以上ないと浮きの界面に対してエポキシ樹脂を注入することが難しく、張付けモルタル層からの浮きに対応しにくい。
- ②タイルと躯体コンクリート間のモルタル層が張付けモルタルのみの場合など 5 mm以下と薄く、仕上げ層の強度が弱くなるが、規定のアンカーピンの本数で問題ないか検討が不足している。
- ③タイル張り工法がマスク張りの場合にも適用できるか。すなわち、張付けモルタル層が連続しておらず、仕上げ層として一体化していないための強度が特に弱い。

現在のアンカーピンニングエポキシ樹脂注入工法は、下地モルタルからの浮きを想定した設計になっている。しかしながら、近年のタイル張り工法は下地モルタルがない場合、または薄い場合が多いため、張付けモルタル層からの浮きにも対応できるように問題点についての検証および必要に応じてアンカーピンの改良が望まれる。

(4) 外壁複合改修構工法(ピンネット工法)の課題

1) 外壁複合改修構工法の概要

本構工法は、浮き、はく離等が生じはく落のおそれのあるモルタル仕上げやタイル仕上げの外壁について、繊維ネットとアンカーピンを併用し、既存モルタル層又はタイル層を補強し、はく落を防止する構工法である。なお、本構工法の呼称は、後述する建設技術評価の時の呼称であり、一般的には「ピンネット工法」と呼称されている。

本構工法は、「既存外壁仕上げ層を存置したまま、ピンとネットを複合して用いることにより、ピンによる仕上げ層のはく落防止と、ネット繊維による既存仕上げの改修層の補強効果により、確実に安全性を確保できる改修構工法(平成7年度建設技術評価における開発の目的より)」であり、安全性の確保に優れた構工法といえる。

本構工法の適用範囲として、外壁におけるモルタル塗り仕上げ又はタイル張り仕上げの浮き、はく離等が生じるなど、はく落のおそれがある場合に適用される。とりわけ浮き、はく離が広範囲にわたっている場合などに適用されている例が多い。なお、躯体部分に劣化がある場合は、別途躯体の補修・補強等を行う必要がある。

新規仕上げの適用については、構工法の種類によって異なるが、塗仕上げやタイル仕上げなどとすることができる。また、透明度の高い繊維・ネットを使用することにより、既存仕上げ層を活かす仕上げにできる構工法もある。採用にあたっては、どのような新規仕上げが可能なのか、それぞれの構工法の適用範囲を確認することが必要である。

本構工法の概念図を図 3.12 に示す。構工法の種類によりディテールは異なるが、概ね繊維ネットにポリマーセメントモルタルなどを塗り付け既存モルタル層又はタイル層を補強し、アンカーピンを併用することではく落防止を図るものとなっている。

本構工法は、平成7年度建設省告示第 1860 号に基づく建設技術評価が行われた経緯がある。この時の技術開発目標を表 3.4 に示す。また、都市再生機構で採用している「外壁複合補修工法」における品質判定基準を表 3.5 に示す。また、(社)日本建築学会編「外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編)」では次項を満たす必要があることが指摘されている¹⁾。

- ・躯体だけでなくモルタル層に対する定着力をもつアンカーピンを用いる
- ・ネットはモルタルを補強するのに十分なヤング係数があるものとする
- ・アンカーピンは面内ずれ変形に対するフレキシビリティがあるものとする。
- ・表面層は通気性があるものとする。

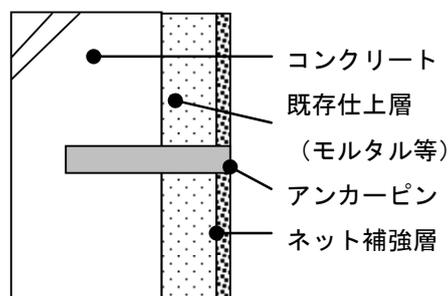


図 3.12 外壁複合改修構工法の概念図

表 3.4 外壁複合改修構工法の開発目標²⁾

開発目標	評価項目	評価基準
①外壁仕上げ層の剥落に対する安全性を確保するものであること	<p>ピンにかかる外力に対してピンが十分な耐力を有すること</p> <p>複合改修層の下地との一体化及び下地補強効果を有すること</p>	<p>改修層の剥落時の自重、地震力、風圧力によるピンへの外力に対し、以下の耐力が十分な安全性を有すること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート躯体に対するピンの引抜き耐力 ・ピンのせん断耐力 ・下地との付着強度が$4\text{kgf}/\text{cm}^2$ ($0.4\text{N}/\text{mm}^2$) 以上であること ・改修層の補強効果があること
②耐久性を有すること	ピン、ネット及び塗付け材料の耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・ピンは腐食に対する抵抗性が高いこと ・ネットは熱劣化やアルカリ性(塗付け材料がセメント系材料の場合)に対して抵抗性が高いこと ・ピン、ネット及び塗付け材料の組み合わせられた複合改修層が耐久性を有すること ・新規仕上げ層の浮きやひびわれ等が発生しにくいこと
③施工性がよいこと	適切な施工要領が確認されており、安全性についても支障のないこと	<ul style="list-style-type: none"> ・確実な施工の実績と、施工の安全性が確保されているような標準施工要領書が整備されていること ・狭小部位の施工においても特段の支障なく施工できること ・既存仕上げ層を撤去する必要がなく、建設廃棄物をほとんど産出しないものであること
④経済性にすぐれたものであること	経済性	・経済性に優れたものであること

表 3.5 URにおける外壁複合補修工法の品質判定基準³⁾

項目	判定基準
コンクリート躯体に対するアンカーピンの引抜き試験	1,470N以上
複合補修層に対するアンカーピンの引抜き試験	1,470N以上
複合補修層の接着強度試験	$0.7\text{N}/\text{mm}^2$
複合補修層の補強効果確認(面外曲げ)試験	曲げ強度が 490N もしくは変位が 30mm で破断しないこと
温冷繰返しに対する耐久性試験	$0.5\text{N}/\text{mm}^2$

2) 外壁複合改修構工法の課題

ここではWGにおいて指摘された事項を中心として、外壁複合改修構工法の課題を述べる。

① 耐用年数

現時点において、外壁複合改修構工法で改修を行った場合の耐用年は明らかとなっていない。近年、施工後 10 年以上の屋外暴露試験や施工物件の実態調査が行われ、結果が報告されている^{4),5)}。これらの結果から、施工が良好なものについて、施工後 10 年程度においては、十分な耐久性を有することが示されている。しかし、それ以上の長期間となると、現段階では不明であり、今後のデータ蓄積が待たれるところである。

外壁複合改修層のみを対象とすると、考えられる劣化現象として、ネット層の劣化(繊維の破断、ネットと既存層の複合体におけるひび割れ、はく離など)、ピンの劣化(ピン自体の腐食、ピン保持力の低下など)があげられる。劣化の限界状態を考慮し、補修・改修の要否の基準を検討することが必要と考えられる。また、外壁複合改修層だけではなく、鉄筋コンクリート造躯体全体での耐用年数という視点も必要であり、コンクリート躯体の保護効果や美観に対する考え方の整理も必要と考えられる。

② 調査・診断方法

外壁複合改修構工法のモルタルやタイルの浮きに対する改修では、これらの既存層の浮き部分は一部浮いた状態のまま改修される場合もある。この場合、一般的な浮きの検査方法(打診、サーモグラフィなど)では、診断できないことが指摘されている。また、外壁複合改修層とコンクリート躯体との一体性は、基本的にピンの保持力で担保されていることから、通常モルタルやタイルの浮きの考え方とは異なると考えられ、外壁複合改修層に対する劣化診断の考え方の整理が必要である。

3) 再改修方法

外壁複合改修構工法によって改修された場合、次の改修をどのように行うのか、何回まで改修が可能であるのかは明らかとなっていない。前述②の 1. で述べた通り、劣化の限界状態を考慮し、それに対する適切な改修構工法を検討することが必要と考えられる。

[引用文献]

- 1)(社)日本建築学会:外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編)、1994.11
- 2) 国土交通大臣官房官庁営繕部監修:建築改修工事管理指針平成 19 年版、(財)建築保全センター、2008.4
- 3) UR 都市機構: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 20 年版、都市再生共済会、2009.3
- 4)渡辺清彦ほか4名:外壁複合改修工法の実態調査に基づく耐久性評価、日本建築仕上学会 2005 年大会学術講演会研究発表論文集、pp.163-166、2005.10
- 5)近畿大学大学院工業技術研究科 在永研究室 坂本裕輔:外壁複合改修構工法を対象とした旧建築物の経年劣化に関する研究、BELCA NEWS 97 号、pp.58-65、2005.7

(5) 下地モルタルの補修の問題点

1) 軽量モルタル下地の概要

軽量モルタルとは、モルタルの軽量化・保温・吸音・断熱及び耐火性を目的に軽量骨材を用いたモルタルのことである。軽量骨材は、天然と人工骨材があり、前者は火山礫、軽石、抗火石、滑石等であり、後者はパーライト、ひる石、石炭殻、鉱さい、起泡材利用の細骨材等が含まれる。しかし、軽量下地モルタルとして主に使用されているものは一般に、左官用軽量発泡骨材(サンド)と呼ばれる骨材を用いたモルタルであることから、軽量サンドモルタルについて述べる。

左官用軽量発泡骨材は、発泡ポリスチレン、EVA・炭酸カルシウム発泡体やゴムラテックスの破片、エチレン酢酸ビニルチップ等多様な軽量発泡骨材が用いられている。粒径が 2～3mm 程度の球状のものや、廃棄発泡材を破砕した不整形のものもある。いずれも、この骨材の持つ弾性と軽量によって施工しやすく、塗継ぎ面が適度な粗面に仕上がるため目荒らしが不要になる等の利点があり、下塗りモルタル等に使用されている。

発泡ポリスチレン等の骨材は吸水性が比較的高いこと、紫外線による劣化の恐れがあること等から内部用 (I 類) に限定されている。一方、EVA・炭酸カルシウム発泡体やゴムラテックスの破片、エチレン酢酸ビニルチップ等は、外部で多く使用されている。これらは、下地コンクリートに対する接着性は比較的良好であり、モルタル内部凝集破断を示す。乾燥収縮による長さ変化は通常は無拘束による試験方法では大きな値を示すが、下地コンクリートに接着させた 1 面拘束の状態では相当小さくなる。また、凍結融解抵抗性は、吸水性が大きいにも関わらず高い抵抗性を示す。表 3.6 に軽量発泡骨材の組成を示す。

表 3.6 軽量発泡骨材の組成

種類		内部用 (I 類)	外部用 (II 類)
組成	有機質	スチレン樹脂発泡粒	エチレン酢酸ビニル樹脂・炭酸発泡粒 塩化ビニル樹脂・炭酸発泡粒
	無機質		パーライト、ガラス発泡粒
混和材料		増粘剤 (MC 等)、分散・減水剤、再乳化型粉末樹脂、ポリビニルアルコール	
繊維材料		ビニロン繊維、ガラス繊維、ポリエステル繊維、アクリル繊維	

2) 軽量モルタル下地の材料の変遷

モルタル下地として無機系パーライトモルタルが 1950 年頃から使用され始め、有機系の軽量モルタルは、1975 年頃から使用され始めた。

当初の軽量モルタルは、現場でセメントと混ぜる現場調合タイプの骨材のみが販売されており、外部用と内部用の区別も明確にされておらず、強度や耐久性の点で問題となった事例があったようである。その後、メーカーが外部用と内部用の区分を行うと共に、ポリマーディスパージョンの混入や施工マニュアルを整備したこと、および、浮きやひび割れ等のクレームが少ない実績と、作業性(こて伸び、こて離れ)が良好であることから普及してきた。

さらにセメントと骨材があらかじめ調合され現場でポリマーディスパージョンおよび水を混入する製品が販売され品質の安定が図られてきた。

その後 1990 年代に入り、軽量サンドモルタルの性能に関する各種の検証が行われ、1993 年に日本建築仕上材工業会より、セメント混和用発泡骨材の規格 NSKS-009(セメント混和用軽量発泡骨材)が規定された。これにより軽量発泡骨材 I 類は主として内装工事に用い、軽量発泡骨材 II 類は主として外装仕上工事に用いと区分された。

表 3.7 に軽量発泡骨材の品質規格を示す。

表 3.7 軽量発泡骨材の品質規格

項目		種類	軽量発泡骨材モルタル	
			I 類	II 類
単位容積質量	kg/l		1.1 未満	1.1 以上
軟度変化	%		20.0 以下	20.0 以下
曲げ強さ	N/mm ²		1.5 以上	2.5 以上
圧縮強さ	N/mm ²		4.0 以上	7.0 以上
付着強さ*)	N/mm ²	標準養生時	0.6 以上	1.0 以上
		凍結融解 50 サイクル後	0.6 以上	1.0 以上
吸水量	g		50.0 以下	30.0 以下
透水量	ml/h		1.0 以下	1.0 以下
長さ変化	%		0.050 以下	0.050 以下

*) 付着強さの界面破断率は 50%以下とする。

さらに日本建築仕上学会より 1998 年に「外部用軽量モルタルの性能評価試験および品質基準(案)」が示され、水セメント比、調合割合、ポリマーディスパージョンの混入および単位容積質量が明記された。表 3.8 に品質基準案を示す。

表 3.8 外部用軽量モルタルの性能評価試験および品質基準（案）

物性値	基準値案
単位容積質量	1.0～1.6kg/ℓ
軟度変化	±20%以下
圧縮強度	7.0 N/mm ² 以上
弾性係数	8000 N/mm ² 以下
曲げ強度	2.5N/mm ² 以上
面外接着強度	1.0N/mm ² 以上（平均値）かつ界面破断率 50%以下
付着強さ （凍結融解 50 サイクル後）	初期値の 85%以上かつ界面破断率 50%以下
吸水量	30g 以下
透水性	0.5ml 以下
無拘束時の長さ変化	0.25%以下

3) 軽量モルタル下地の補修の問題点

軽量モルタル下地を補修する上での問題点として、軽量サンドモルタルは、1990 年以前ではポリマーディスパージョンが適切に混入されていないケースがあったり、一部には内装用が外部に使用された。このため、軽量サンドモルタルで施工された部位を補修する場合に、内装用と外部用の判別が容易に付かないことや、施工当時の状況および材料の仕様が明確にならない場合が多くあり、補修の範囲を明確に定めることができない。

また、浮き部分に樹脂注入を行う場合に、溶剤系を用いると一部の軽量サンドモルタルでは骨材が溶解する場合があります。注意が必要となる。

さらに、モルタルの性能には躯体の保護性能も求められる場合があるが、表 3.9 に示すように軽量サンドモルタルの一部には砂モルタルよりも中性化抑止効果が劣る製品もあり、補修時には躯体の診断も含めた検討が必要になるとと思われる。

表 3.9 軽量モルタルの中性化深さ

モルタルの 種類	中性化深さ (mm)			
	促進前	1 週間後	4 週間後	8 週間後
珪砂	5	17	28	41
内部用	3	19	35	≥50
外部用 A	1	7	12	16
外部用 B	3	10	18	24
外部用 C	4	12	25	31
外部用 D	1	7	10	14
外部用 E	1	6	11	14
外部用 F	2	7	12	15
外部用 G	3	11	19	26

(6) アンカーピンの問題点

1) 注入口付アンカーピンの概要

タイル張り仕上げ外壁およびセメントモルタル塗り外壁の浮き補修には、呼び径 4mm の丸棒を全ネジ切りしたアンカーピンニングエポキシ樹脂またはポリマーセメントスラリー注入工法が一般的に行われるが、近年モルタルやタイルの浮きを機械的に固定すると同時に、エポキシ樹脂等を注入しても浮きを防ぎかつ固着力を向上させる注入口付アンカーピンを使用する工法が普及している。

本節では、注入口付アンカーピンニング注入工法の品質・性能確保を目的とした評価試験方法と、その課題を中心に示す。

注入口付アンカーピンの品質性能試験については、(社)建築研究振興協会が設置した委員会報告書¹⁾がある。現状では、この品質試験方法が注入口付アンカーピンの性能を網羅的に評価できることから、その内容を[別添資料A]に示す。

2) 注入口付アンカーピンの現状の問題点

注入口付アンカーピンは、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修の建築改修工事監理指針(以降、改修指針)²⁾において特記がない場合には、建築研究振興協会の注入口付アンカーピンの品質・性能基準を参考にすることとしている。

注入口付アンカーピンは、改修指針において径 $\phi 6\text{mm}$ が標準であるが、ピン頭部の形状はさらにこの径より大きくなるため、目地幅が小さい場合には適用が難しい。近年ではこうした問題を解決するために、ピン口径 $\phi 4\text{mm}$ 等の注入口付アンカーピンが開発され、補修・改修現場において普及が進んでいる。

$\phi 4\text{mm}$ 程度の注入口付アンカーピンの性能については、前出の品質・性能基準¹⁾に示されている試験方法に則り大塚らが実験室実験を実施し³⁾、[別添資料D]の表 2 の各値を満たしていることを報告している。これらのことより、以下の問題点が指摘される。

①今後も注入口付アンカーピンの開発が行われることが予想されるが、現在用いられている評価試験方法の中にはせん断試験のように試験体作製方法が煩雑なうえ難しいものや、現場施工における樹脂注入の充填状況確認方法など、より簡便な評価試験の検討や現場施工における品質確保のための手法の検討が必要であると思われる。

②複数回の補修・改修のために、注入口付アンカーピンの劣化現象を調査・整理し、次の補修工法の選択の可能性について整理する必要がある。

③注入口付アンカーピンニング樹脂注入工法による補修箇所の劣化調査、診断方法について整理する必要がある。

[引用文献]

1) 注入口付アンカーピン品質・性能基準検討委員会;注入口付アンカーピンの品質・性能基準, 建築研究振興協会, 2002年3月

2) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修;建築改修工事監理指針(上巻)平成19年版、(財)建築保全センター

3)大塚 他;注入口付きアンカーピンの評価に関する研究、日本建築仕上学会 2008 年大会学術講演、pp.155-pp.158

(7) 弾性接着剤によるタイル張り補修の問題点

1)弾性接着剤を用いた外装タイル張り工法

有機材料である弾性接着剤を利用して建築物外壁に陶磁器質タイルを施工する工法を開発するために、建設省(当時)建築研究所は官民連帯共同研究「有機系接着剤を利用した外装タイル・石張りシステムの開発(平成5~7年度)」を実施した。この官民連帯共同研究では多数の実験結果が報告され、弾性接着剤の品質基準案やそれを利用した標準工事仕様書案が示された。

弾性接着剤によるタイル張り工法の普及に大きな影響を与えたものの一つに、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書」における「タイル部分張替え工法」がある。この工法では張付け材料にポリマーセメントモルタルまたは有機系接着剤を使用することとなっており、有機系接着剤に関しては官民連帯共同研究で提案した弾性接着剤の品質基準案が採用されている。その後、弾性接着剤は JIS 化され、JIS A 5557:2006(外装タイル張り用有機系接着剤)が制定された。

弾性接着剤を利用した外装タイル張り仕上げは、戸建て住宅のサイディング外壁を中心に施工実績が拡大している。そして、RC 造建築物の外装タイル張り仕上げに徐々に展開され、定着しつつある。

弾性接着剤による接着層は、タイルと下地間に生ずるディファレンシャルムーブメントに追従できるため、タイルのはく離・はく落故障が少ないという特徴を有している。また、弾性接着剤による外装タイル張りは、非吸水性下地や表面が平滑な下地にも適用可能であり、高強度コンクリートや押出成形セメント板へのタイル張り等にも適用範囲が拡大している。¹⁾

また、ポリマーセメントモルタル等で接着されたタイルがディファレンシャルムーブメントによるはく落や、躯体のひび割れによるタイル割れ、はく落した場合に、再発防止のため弾性接着剤が使用されている。

- * 弾性接着剤・・・硬化した接着剤自身がゴムのように外力にて変形し、外力がなくなると元に復元する性質を有している接着剤の総称として用いられている。市販されている弾性接着剤は引張り弾性率 1.0~100(N/mm²) 程度の物性値を有しているものが一般的である。外装タイル張りでは主成分が変成シリコーン樹脂系、ウレタン樹脂系のものが販売されている。現在では、変成シリコーン樹脂の使用量が多く、変成シリコーンに一定の比率でエポキシ樹脂を配合することで、長期における耐久性を維持する構造となっている。

2)弾性接着剤を用いた外装タイル張り補修工法の問題点

弾性接着剤を用い既存タイル施工面を補修する場合の問題点は下記の項目が挙げられる。

①有機系であるため長期耐久性の整理が必要

弾性接着剤は主成分が有機系高分子のため長期の耐久性について疑問視する意見が

あり、近年耐久性に関する研究が報告されている。それらの結果からは有機系であるため著しく耐久性が劣るものではないと考えられる。しかし、耐久性を引き続き検討し耐用年数の推定、改修計画を策定する必要がある。

②検査時の問題点

弾性接着剤で施工されたタイル面は打診用ハンマーで検査した場合、ポリマーセメントモルタルなどで施工されたタイルと異質の音となると共に、空隙部の浮き音が判別しづらいとの指摘、および赤外線サーモグラフィ法での検査でも浮きなどが判別しづらいとの指摘がある。弾性接着剤で施工されたタイル面の検査方法の整理、確立が必要である。

③弾性接着剤で施工されたタイル面補修時の問題点

弾性接着剤で施工されたタイル面の改修もしくは不具合が出たタイルの改修時に、タイルの除去および接着剤を除去する必要がある場合がある。しかし、弾性接着剤が強固に接着しているためタイル除去および、弾性接着剤の除去が困難であるとの指摘がある。特に、躯体表面に残っている弾性接着剤を、ディスクグラインダーやカップワイヤーなど回転力で除去する機械を用いた場合、目詰まりや、接着剤を伸ばす結果となり除去がしづらいとの声がある。

[引用文献]

- 1) 弾性接着剤を用いた外装タイル張り仕上げの耐久性 (H21.2 弾性接着剤タイル張り研究会)

(8) 施工ドリルの概要

建物の補修・改修工事では、居住者が日常生活を続けながら補修・改修工事を行う居付き施工も多く行われるため、居住者の環境保護として作業時に発生する「粉じん」、「騒音」、「振動」の低減が望まれている。この節では、コンクリートの穴あけ(穿孔)に用いるドリルおよびひび割れ補修のUカットに用いるディスクグラインダーについて、近年施工現場で携行しやすい集塵機付きのものも出てきたため、以下に紹介する。

①塵機能付きインパクト形式ドリル(ハンマードリル)

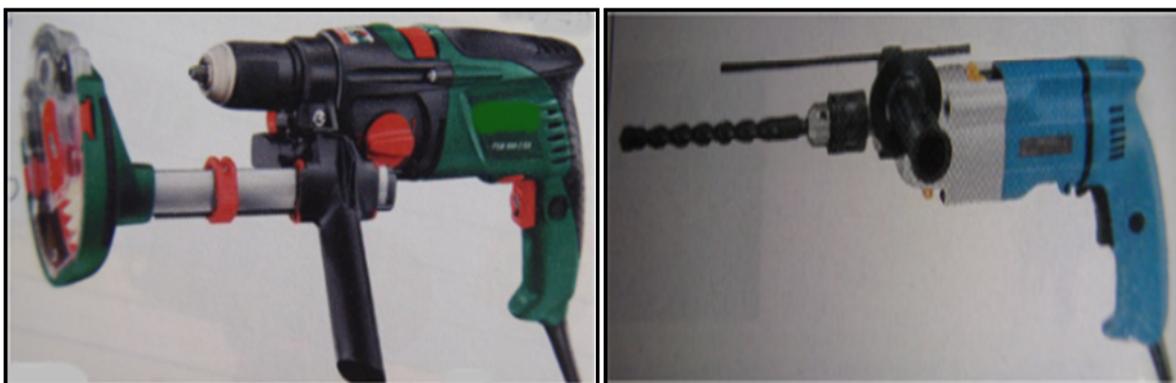
インパクト形式ドリルは一般的に力が強く、大口径向きで設備アンカー工事等に用いられることが多い。穿孔速度も速く骨材にも負けないが、反面、力が強すぎてモルタル等に穴をあける場合、縁欠けやはく離を起こす場合がある。そのため樹脂注入工事には不向きと言われている。集塵機能は使用する錐の口径によるが $\phi 6\text{mm}$ で約 50 穴～80 穴まで使用可能。



写真 3.4 集塵機付ドリル(インパクト形式)

②集塵機能付振動形式ドリル

集塵機付振動形式ドリルは、一般的に $\phi 20\text{mm}$ 以下の錐を使い、比較的精度を要求される工事に用いられる。穿孔する力はインパクト形式ドリルに比べて弱いものの、タイルやモルタルなどの縁欠けやはく離が少なく「粉じん」による穴詰まりも少ないため、樹脂注入工事に適している。振動ドリル部分について国土交通省監修の建築改修工事監理指針では、無振動ドリルの使用も示されており、現場施工における居住環境の確保が進んでいる。



集塵機付ドリル

振動ドリル+集塵機用アタッチメント

写真 3.5 集塵機付ドリル(振動形式ドリル)

③集塵機

「粉じん」対策として数年前までは、集塵する必要がある場合は、工業用掃除機を足場の上まで運び上げ、電動工具の近くで助手が掃除機のパイプ部分で吸い取っていた。狭い足場を重装備の2名が移動せねばならず、効率の悪い作業であった。近年、写真 3.6 のような携帯集塵機が開発されて一人作業が可能となり、集塵専用工具の開発と共に作業効率が上がっている。携帯集塵機は、ドリル作業に限らずディスクグラインダーを使う集塵作業に役立っている。



写真 3.6 集塵機

④ディスクグラインダー＋集塵機

集塵機が接続できるダイヤモンドカッターやダイヤモンドディスクグラインダーが開発されている。こういったディスクグラインダー類の中にはUカットの際、刃先が見やすいように透明樹脂カバーのものもあるが、完成度は低く繊細な部分の作業には適していない。

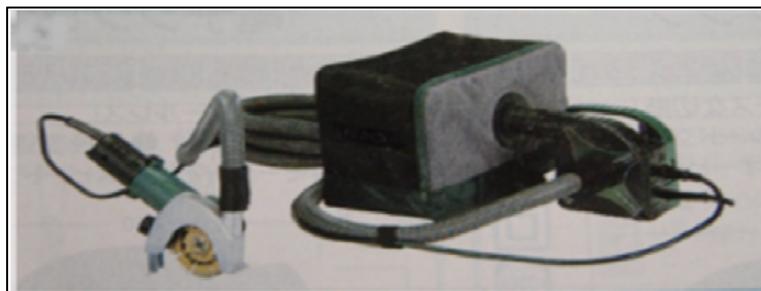


写真 3.7 小型集塵機＋ディスクグラインダー

(9) 外壁タイルの汚れ洗浄方法

タイル張り仕上げ外壁(以降、外壁タイル)も経年に伴い大気中の汚れや藻類の付着等により美観が損なわれる。このため計画的に清掃を行い、外装を清潔に保つことで社会的な陳腐化を防ぎ、かつ劣化を抑制することも可能となる。以下に、外壁タイルの清掃方法を示す。

1) 外壁タイルの汚れ洗浄方法の概要

一般的に外壁タイルの洗浄には、高圧水洗浄と酸洗いと呼ばれる方法が用いられているが、外壁をタイル仕上げとした建物の増加により、タイルの多様化や立地場所などにより様々な汚れが問題となってきた。その問題に対応し、各種の洗浄剤が開発され使用されている。

例えば、動植物に配慮が必要な箇所には、環境配慮型の中性洗剤が適している。近年環境に配慮した製品も多く出始めているが、酸性系洗浄剤に比べて洗浄能力は低い。こうした場合は、高圧水洗浄やブラシ、化学繊維タワシ等を併用して掻き落とすように洗浄する。

2) タイルの特徴及び洗浄剤による影響

タイルはその製造工程の中で 1250℃という高温で焼成を行う。その過程で、素地または釉薬に使用される原石・原土およびその他の化学物は、焼結・ガラス化して非常に安定性の高い状態となる。そのため、タイルは最も耐光性・耐火性・防火性に優れた建築仕上げ材料として、建築物の壁や床面を保護する機能を持っている。

- a. 耐久性・・・自然環境(紫外線等)に対して劣化・変色・変質はない。
- b. 化学的安定性・・・酸・アルカリ薬品(酸性雨等)に対して変質しない。
- c. 物理的安定性・・・耐熱性・防火性・防水性に優れている。
- d. メンテナンス・・・耐摩耗性・清掃性に優れている。

さらに、「焼き物」ならではの風合いや色彩・デザイン・材質感・張りパターンの多さなど、そ

の豊かな意匠性により、他の仕上げ材料にはない装飾機能性を持っている。

タイルは、上記のように耐候性・防火性・防水性に優れた外装材だが、そのタイルの面状・光沢度・色合いによっては、表面に付着した汚れが非常に目立つ場合がある。通常の汚れは、その汚れ物質の種類やその付着原因・状態によって除去方法が異なるので、適切な洗浄剤と洗浄器具を使用して洗浄を行う。

3) 洗浄剤

a. モルタル及びセメント汚水による汚れ

希塩酸(3%程度濃度の塩酸)によって反応させ、溶解させた上で洗い流す。固化した場合については、ケレン等で削り落とし上で希塩酸にて反応させる。

b. 塗料や接着剤、ワックス等による汚れ

汚れ物質に適した有機溶剤で溶かして除去するか、床ワックス除去剤や台所用洗剤などのアルカリ系洗浄剤にて除去しやすくしたうえで擦り落とす。

c. カビ汚れ

塩素系漂白剤、またはカビ取り剤を塗布し、しばらく放置した後十分な水で洗浄成分を洗い流す。

d. サビ汚れ

希塩酸またはシュウ酸を汚れの上に塗り、しばらく放置した後、不織布ナイロンブラシで擦り洗う。または還元系漂白剤を、60℃～70℃の湯に溶いて塗り、しばらく放置した後、不織布ナイロンブラシで擦り洗う。

e. フッ酸系洗浄剤

外壁タイルの汚れを洗浄する場合、「フッ酸系」の洗浄剤が含まれた物が使用される場合がある。「フッ酸系」洗浄剤は、唯一ガラス成分を溶かすことができる溶剤であるため、通常タイル洗浄においては使用しない。

「虹彩汚れ」等の非常に強固な汚れを洗浄する場合には、「フッ酸系」洗浄剤の濃度と反応時間(洗浄剤塗布から水洗い・中和までの時間)を、同タイルのサンプルもしくは外壁タイルの目立たない部分において事前に試験確認した上で、「フッ酸系」洗浄剤による影響(色落ちや光沢変化等)によってタイル表面が侵されすぎないことを十分に確認してから行う。

表 3.10 代表的な洗浄器具と洗浄効果

洗浄機	洗浄効果・洗浄能力
水ハケ 洗車用ブラシ	汚れの掻き落とし効果がほとんど期待できない
タワシ(硬質、植毛密度の高い亀の子タワシ等)	汚れの掻き落とし効果が高く、保水力(塩酸の保持力)も比較的高いが、洗いムラとなる場合がある。部分的に汚れがひどい場合に併用可能
スポンジ	保水力(塩酸保持力)が高く、面で擦るような洗浄が可能
不織布タワシ	保水力(塩酸保持力)が比較的高く、面で擦るような洗浄が可能 軟質←→硬質の幅広い種類があり、目地残りの状態に合わせて選定が可能
メラミンフォームスポンジ	非常に細かい凹凸に入り込んだ汚れや、微粒子状の汚れの除去能力が非常に高い
ジェットウォッシャー (高压洗浄)	汚れの除去能力は非常に高い。 特に冬季や寒冷地において使用されているので温水ジェットウォッシャーは、温水による「糊の溶解能力」が高いので、さらに汚れの除去能力も高い

3.2.3 前期研究における問題点のまとめおよび後期研究における計画

既往の改修技術について整理を行い、タイル張り仕上げ外壁およびセメントモルタル塗り仕上げ外壁を長期的に保全する上での技術課題を抽出した。その結果、以下のような技術的な課題が整理された。

- ①外壁仕上げの補修後検査および劣化診断における浮き検出に関する問題
- ②ひび割れ補修近傍に生じる新しいひび割れおよび再補修に関する問題
- ③タイル直張り補修に関する問題
- ④外壁複合改修構工法で改修された壁面の2回目以降の改修工法に関する問題
- ⑤タイル下地モルタルに軽量モルタルが用いられていた場合の補修工法の問題
- ⑥注入口付アンカーピンニング注工法の評価試験に関する問題
- ⑦弾性接着剤で補修した箇所の打音検査の信頼性と再補修工法(既存接着層の除去等)に関する問題

上記抽出課題の中で特に喫緊に取り組むべきものとして、次の2課題を3.3以降で検討することとした。

(1)直張り工法によるタイル張り仕上げ外壁の合理的な改修工法

1)補修・改修に関する工法の問題点

国土交通省監修 建築改修工事監理指針では、タイル張り仕上げ外壁の浮き部改修工法は、タイル陶片浮き、タイル張り仕上げのタイル張りモルタル層と下地モルタル間および下地モルタルと躯体コンクリート間等に生じる浮きの改修工法として、アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法を始めとした9種類の工法を示している。ところで、タイル直張り仕上げの場合は、この改修指針で示された改修工法のうち、下地モルタル層が10mm未満と薄いため、エポキシ樹脂など「注入工法」は注入剤が十分に浮きに充填されない、また圧力をかけて注入すると張付けモルタル層がはらみ出すことや、健全部までも“とも浮き”が生じるなどの不具合が生じるため、施工が極めて難しいとの現場からの声がある。そこで、タイル陶片浮きの唯一の補修工法である「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂タイル固定工法」が適用されるが、タイルの大きさは小口タイル以上の寸法のものに対して推奨されている。これは、モザイクタイルなど小さなタイルのアンカーピンニングでは経済性と美観が悪いため指摘と考える。

(2)外壁複合改修構工法により改修された外壁の耐久性予測とその具体的な保全技術

1)耐用年数

現時点において、外壁複合改修構工法で改修を行った場合の耐用年数は明らかとなっていない。近年、施工後10年以上の屋外暴露試験や施工物件の実態調査が行われ、結果が報告されている。これらの結果から、施工が良好なものについて、施工後10年程度においては、十分な耐久性を有することが示されている。しかし、それ以上の長期間となると、現段階では不明であり、今後のデータ蓄積が待たれるところである。

外壁複合改修層のみを対象とすると、考えられる劣化現象として、ネット層の劣化(繊維の破断、ネットと既存層の複合体におけるひび割れ、はく離など)、ピンの劣化(ピン自体の腐食、ピン保持力の低下など)があげられる。劣化の限界状態を考慮し、改修の要否の基準を検討することが必要と考えられる。また、外壁複合改修層だけではなく、鉄筋コンクリート造躯体全体での耐用年数という視点も必要であり、コンクリート躯体の保護効果や美観に対する考え方の整理も必要と考えられる。

2)調査・診断方法

外壁複合改修構工法のモルタルやタイルの浮きに対する改修では、これらの既存層の浮き部分は一部浮いた状態のまま改修される場合もある。この場合、一般的な浮きの検査方法(打診調査、サーモグラフィ法など)では、正確に診断ができないことが指摘されている。また、外壁複合改修層とコンクリート躯体との一体性は、基本的にピンの保持力で担保されていることから、通常モルタルやタイルの浮きの考え方とは異なると考えられ、外壁複合改修層に対する劣化診断の考え方の整理が必要である。

3)再改修方法

外壁複合改修構工法によって改修された場合、次の改修をどのように行うのか、何回まで改

修が可能であるのかは明らかとなっていない。1)で述べた通り、劣化の限界状態を考慮し、それに対する適切な改修構工法を検討することが必要と考えられる。

[参考文献]

3.2.1 関連参考文献

- 1)「建築設計基準及び同解説(平成18年版)」(社)公共建築協会
- 2)(財)日本建築センター, (財)建築保全センター:「外装仕上げ及び防水の補修・改修技術 4 編 タイル仕上げ外壁の補修・改修技術」(財)経済調査会
- 3)「これからのタイル張り仕上げ外壁リニューアル —安全・長寿命・美しい景観造り—」テツアドー出版
- 4)国土交通省大臣官房官庁営繕部監修:「建築改修工事監理指針(上巻)平成22年版」(財)建築保全センター

3.2.2 1) 関連参考文献

- 1)国土交通省住宅局建築指導課監修;特殊建築物用的調査業務基準(2008年改訂版), 日本防災協会
- 2)赤外線サーモグラフィ法による建築・土木構造物表層部の変状評価のための試験方法—NDIS 3428:2009—, 日本非破壊検査協会
- 3)既存マンション躯体の劣化度調査・診断技術マニュアル, 建築研究所
- 4)濱崎他;非破壊試験によるひび割れおよび浮き等の補修硬化の確認方法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, pp.1847-1852, vol.28, No.1, 2006

3.2.2 2) 関連参考文献

- 1)国土交通省大臣官房官庁営繕部監修:「建築改修工事監理指針」上巻, 平成19年版
- 2)日本コンクリート工学協会編:「コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針—2009—」, 2009.3

3.2.2 4) 関連参考文献

- 1)(社)日本建築学会:外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編)、1994.11
- 2)国土交通大臣官房官庁営繕部監修:建築改修工事管理指針平成19年版、(財)建築保全センター、2008.4
- 3)UR都市機構: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20年版、都市再生共済会、2009.3
- 4)渡辺清彦ほか4名:外壁複合改修工法の実態調査に基づく耐久性評価、日本建築仕上学会 2005年大会学術講演会研究発表論文集、pp.163-166、2005.10
- 5)近畿大学大学院工業技術研究科 在永研究室 坂本裕輔:外壁複合改修構工法を対象とし

た旧建築物の経年劣化に関する研究、BELCA NEWS 97号、pp.58-65、2005.7

3.2.2 5) 関連参考文献

- 1) 左官事典 (社)日本左官業組合連合会
- 2) 左官辞典 (株)ヤブ原
- 3) 池本ら:外壁モルタル塗りに関する実態調査、日本建築仕上学会 1992年大会
- 4) 月刊建築仕上技術 93年12月号、pp.36-45
- 5) 「外部用軽量モルタルの性能評価試験および品質基準(案)」日本建築仕上学会 外部軽量モルタル性能評価委員会委員会報告書

3.2.2 6) 関連参考文献

- 1) 注入口付アンカーピン品質・性能基準検討委員会;注入口付アンカーピンの品質・性能基準, 建築研究振興協会, 2002年3月
- 2) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修;建築改修工事監理指針(上巻)平成19年版、(財)建築保全センター
- 3) 大塚 他;注入口付きアンカーピンの評価に関する研究, 日本建築仕上学会 2008年大会 学術講演, pp.155-158

3.2.2 7) 関連参考文献

- 1) 弾性接着剤を用いた外装タイル張り仕上げの耐久性 (H21.2 弾性接着剤タイル張り研究会)

3.2.2 9) 関連参考文献

- 1) (株)INAX 協力工場センター

3.3 外壁複合改修構工法(ピンネット工法)施工箇所の補修・改修

3.3.1 はじめに

外装仕上げは、建物の供用期間中における複数回の改修工事に対応した、劣化調査・診断方法や補修・改修工事が重要となる。平成 21 年度に実施した湿式外装仕上げ検討委員会の補修・改修工事に関する有識者へのヒアリング調査では、特に外壁複合改修構工法(通称:ピンネット工法)に関する 2 回目以降の補修・改修工事への対応への要望が高かったことから、課題として取り上げ検討を行った。

なお、本報では、アンカーピン及び繊維ネットを併用して用いることを前提とし、繊維ネットを伏せ(塗り)込む材料として、ポリマーセメントモルタル(以降、PCM と記す)を用いて施工し、その上に新規仕上げ等を行うものを外壁複合改修構工法と呼ぶこととする。

本節では、タイル張り仕上げやモルタル塗り仕上げ(以降、湿式仕上げ)外壁の補修・改修に外壁複合改修構工法を施工した場合を対象として、事例収集および専門家のヒアリングなどの情報収集を行い、劣化現象とその要因の体系的な整理、劣化調査および診断方法の考え方、2 回目以降の補修・改修の考え方を検討しまとめた結果を報告する。

3.3.2 研究概要

外壁複合改修構工法が、湿式仕上げ外壁の補修・改修工事に導入されるようになってから 20 年以上が経過している。本報告では、その適用事例のうち RC 造系建築物のモルタル・タイル外装仕上げを対象とした事例について、経年劣化や不具合などの発生事例を収集し体系的な整理を行った。なお、収集できた劣化事例は少なかつたため、(独)建築研究所が設置した外壁 SWG2 において想定される劣化事例の検討を行い、あわせて整理を行った。研究対象とした範囲を次に示す。

(a)外壁複合改修構工法の概要

外壁複合改修構工法は、法令に基づく大臣認定等の技術ではないが、所要の性能を有するものとして第三者の専門的な評価・認証等を受けた経緯のある補修・改修方法である。本報で示す外壁複合改修構工法とは、平成 7 年建設省告示第 1860 号に基づく建設技術評価制度において公募された考え方に沿う技術を基本とした。下記に外壁複合改修構工法に関する技術評価制度の技術の概要、表 3.4 に当該技術の開発目標を示す。

□技術評価制度の技術の概要

鉄筋コンクリート系建築物の外壁改修工事の際、既存外壁仕上げ層(湿式工法のタイル仕上げやモルタル仕上げ)を存置したまま、ピンとネットを複合して用いることにより、ピンによる仕上げ層のはく落防止効果と、ネット繊維による既存仕上げの改修層の補強効果により、確実性の高い改修を目指す。

外壁複合改修構工法は、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針」(以降、改修工事監理指針と記す)において、「改修標仕¹⁾」以外の外壁改修として紹介されている。この中でアンカーピンの適用範囲を表わし、図 3.13 に示すように「樹脂定着型」と「機械式定着型(樹脂併用あり)」の 2 タイプが紹介されている。「樹脂定着型工法」はアンカーピンと樹脂で改修層を躯体に固定する工法である。また、「機械式定着型工法」は躯体に機械的に固着することのできるアンカーピンで改修層と外壁複合改修層を合わせて固定する工法である。いずれも、「建設技術審査証明事業」で認証された工法が公開されている。関連して公益法人が実施した審査証明を含め、何らかの審査を受け認められた各種外壁補修・改修技術を、[別添資料E]に示したので参照されたい。また、改修工事監理指針では、この他にもガラス繊維ネットを用いた透明度高い複合層を構成し既存仕上げ層の外観を生かす工法も紹介されている。このように、外壁複合改修構工法と呼ばれているものにも、使用される材料や構法の異なるいくつかのタイプがある。

外壁複合改修構工法の仕様書は、(独)都市再生機構(以降、UR と記す)が発行する「保全工事共通仕様書」ならびに「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」の「外壁複合改修構工法」が参考となるため、[別添資料F,G,H]にこれらを抜粋して掲載したので参照されたい。

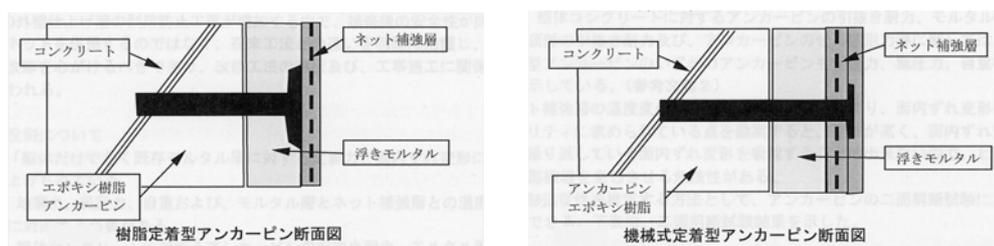


図 3.13 外壁複合改修構工法の種類

(b) 現状の外壁複合改修構工法の適用範囲

導入当初、下記 1)の部位を中心に補修・改修に用いられた。その後、外壁仕上げ材のはく落防止や建設廃棄物が少ない等の機能性の高さから、次第に下記 2)のように広い面積にも適用されるようになってきた。

- 1)外壁面等のバルコニー手摺り、パラペット、上裏、庇等の先端部や出隅部や隅角部分等(以下、狭小部という)の修繕
- 2)不具合が生じる可能性のある周囲を含めて総合的にはく落防止の改修を行う、外壁の面単位の修繕

また、外壁改修に外壁複合改修構工法を採用する際の判断材料について、外壁複合改修構工法を採用したことのある建物管理者にヒアリングを実施した。その結果、以下 i)～v)に示す意見が得られた。

- i)建物が高層である場合
- ii)6階建以上の建物でタイル仕上げである場合

iii) 2回目以降の改修である場合

iv) 建物下を通行する場合

v) モザイクタイル仕上げである場合(タイル寸法・厚さ、目地寸法が小さい等のことから適応できる工法が少ないこと並びに適応できる工法では美観の確保が難しい等のことがあるため)

(c) 外壁複合改修構工法に関する用語

用語に関しては明確に規定されたものはない。このため、表 3.11 に本報で用いている外壁複合改修構工法に関する主な用語について解説する。図 3.14 に概念図を用いて該当する部位を示すので参照されたい。

表 3.11 関連する用語

用語	内容
下地	塗付けなどの左官工事を施工するコンクリート躯体部分等の表面
改修層又は、既存仕上げ層(図 3.14-①)	モルタル塗りやタイル張りなど湿式の既存外壁仕上げ層で改修の対象となった部位。
ネット層(図 3.14-②)	浮き等の生じている既存の仕上げを押えるネット材と、ネットを伏せ(塗り)込むポリマーセメントモルタル等の材料をあわせた部位。
外壁複合改修層(図 3.14-③)	ネット層により既存仕上げ層をカバーし一体化させた部位。
アンカーピン又は、ピン(図 3.14-④)	ステンレス製(通常、SUS304)で改修層やネット層の躯体留め付けに用いるピン。形状は様々なものがあり、樹脂定着型はエポキシ樹脂接着剤と共に用い、機械式固定型のピンは心棒打込み式で躯体に物理的に固着させる。構法によって接着剤を併用するものもある。
新規仕上げ(層)(図 3.14-⑤)	外壁複合改修層の表面に行う塗膜や塗装材料で施工する新しい仕上げ(層)のこと。場合によってはタイル*で仕上げられることもある。

※ 新規仕上げをタイル張りとする場合(通称:タイル on タイル)は、複層改修層にかかる荷重が大きいことから仕上げ材の脱落防止・安全性の観点から構法により適用できないものもある。

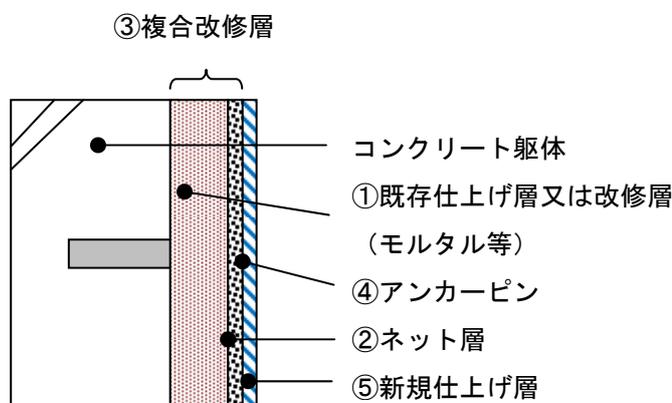


図 3.14 ピン外壁複合改修構工法断面

3.3.3 外壁複合改修構工法による改修外壁の経年劣化の整理

1) 外壁複合改修構工法の劣化事例の紹介

表 3.12 に、本検討で収集した外壁複合改修構工法により改修された外壁面の劣化事例3例の概要を示す。①1 例目は千葉市内に昭和 47 年頃に建設された RC 造集合住宅で、過去に大規模改修が行われ、外壁の一部を外壁複合改修構工法で改修し再び外壁に劣化が生じた事例である。②2 例目は広島県内の SRC 造集合住宅で、高架水槽等を囲うための屋根のないペントハウス内壁に試験的に外壁複合改修構工法を施工した事例である。③3 例目は建築研究所のばくろ試験場で平成 5 年から暴露試験を行っている事例である。

なお、これらの事例の工法は、機械式定着工法でネット材はビニロン繊維、プライマーがエチレン酢酸ビニル(EVA)エマルジョン、伏せ込み用 PCM(フィラー)はスチレンブタジエンラテックス(SBR)が用いられている。

表 3.12 収集した劣化事例の概要

地域	事例	備考
①千葉市内	RC 造集合住宅の外壁を外壁複合改修構工法で改修した、ベランダや廊下の軒天井や鼻先にふくれが生じ、H21 年 10 月にピンネット補修箇所を外壁複合改修構工法で再修繕した事例。	昭和 47 年頃竣工、平成 21 年に修繕箇所の再施工。
②広島県内	SRC 造 11 階(地下 1 階)建ての集合住宅。クーリングタワー、高架水槽等を囲うための屋根のないペントハウス内壁面(コンクリート打放し)に試験的にピンネット施工を実施。仕上げ無しの事例。建物の大規模改修工事に合わせてピンネット部分の測定を実施した。	平成 2 年に外壁複合改修構工法で施工。試行的な事例。
③茨城県つくば市	1500 mm×1500 mm×厚 150 mmのコンクリート下地に人工的にはく離箇所を設けて 2 水準のモルタル塗り(30 mmと 50 mm)を施し、外壁複合改修構工法を施した試験体 4 体について、屋外暴露試験し観察を行っている。仕上げ無し事例。	平成 5 年から暴露開始した暴露試験体の事例。

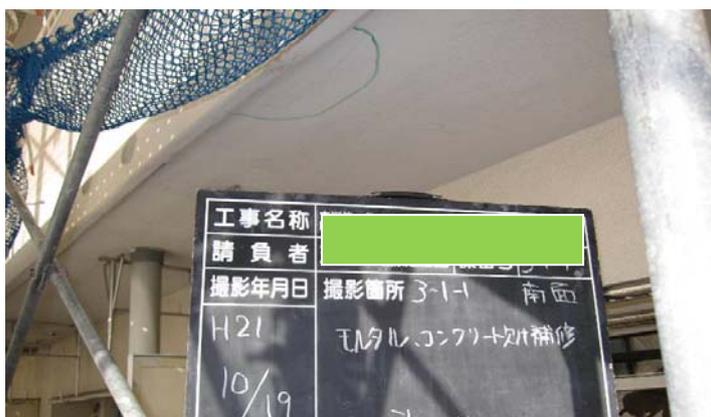
①千葉市内のピンネット工法で補修した建物外壁の事例について

写真 3.8 に、RC 造躯体のモルタル下地の塗装仕上げの劣化をピンネット工法で補修した建物外壁が経年劣化し、ベランダの軒天井にふくれの発生した部分を示した。この劣化事例は、ベランダの手すりのコンクリート取付け部分のひび割れや伸縮調整目地のシーリングの劣化部分等から雨水が浸入し、ピンネット工法補修部分の内側に水が溜りふくれが生じた事例である。

(a)劣化事象

劣化調査方法として、目視を中心として触診も実施し、調査結果からは以下のようなことが確認された。

- ・ピンネット及び下地に浮きが発生していた。
- ・浮きの発生箇所にあたるピンネット部分には、微細なクラックが見られた。
- ・既存のピンネット部分である、アンカーピンやネット、セメントフィラーには特段の劣化は見られなかった。



a. 施工前の不具合箇所



b. はつり作業による不具合箇所の除去

写真 3.8 集合住宅のベランダ軒裏天井に発生したふくれ(①千葉市内の物件)

本事例では、材料試験を行っていないため物性等の変化のデータはない。

②広島県内のピンネット工法で補修したペントハウス壁の事例

写真 3.9 に、広島県内のピンネット工法で補修したペントハウス壁の該当部分を示した。通常、ピンネット工法で補修された仕上げ表面には塗装仕上げを施すが、この施工ではピンネット工法による劣化進行を検討するため、試験的に表面に塗装仕上げのない施工で経過を検討したものである。

(a)劣化事象



a. 仕上げが無い場合、風雨の当たる面はフィラーが洗い流されネットが露出している。



b. 風雨・紫外線の影響が少なかった面は、目立つ損傷は観察されない。

写真 3.9 施工後 20 年の外壁複合改修構工法改修面(②広島の物件のペントハウス内壁)

(b)劣化後の材料試験結果

外壁複合改修構工法については、施工時の品質としてアンカーピンの引抜き強度、ネット層の曲げ強度、セメントフィラー(以降、フィラーと記す)の付着強度等が測定の対象となっている。この事例では経年変化測定のため、ネット繊維の引張試験やフィラーの付着強度試験を実施した。

ネットの引張強度試験結果を示す。

i) ネットの採取箇所

ネット(種類:ビニロン繊維)の採取は、試験施工したペントハウスの東面内壁とし、

試料 A: 20 年間の風雨によってフィラーが洗い流され、繊維が露出して紫外線等の影響を大きく受けた箇所から採取

試料 B: 20 年間の風雨によってフィラーが洗い流され、繊維の表面が露出しかけており、

それほど大きな紫外線等の影響を受けていない箇所から採取

試料 C: 20 年間あまり風雨の影響を受けずにファイラーも洗い流されずに残っている箇所の内部から採取

ii) 試料採取方法

採取方法は、試料 A および B については、繊維を 20cm 程度にカッターナイフで切り、手で繊維を引っ張って採取した。試料 C については、採取する箇所に付着試験用のアタッチメントを長さ 20cm 程度採取できるように 2 個取り付け、接着剤が硬化後にアタッチメントの周辺をディスクサンダーで切り目を入れ、引張試験器を用いて繊維とファイラー面をはく離させて採取した。

iii) 試験方法

試験は、JIS L 1013「化学繊維フィラメント糸試験方法」の 8.5 引張試験に準拠し、切断時の強さおよび伸び率を測定した。試験機は、インストロン万能試験機を用い、採取したネットの損傷の少ない部分を 100mm 切り出し、チャック間距離 20mm、ヘッドスピード 20mm/min で引張って測定した(写真 3.10)。

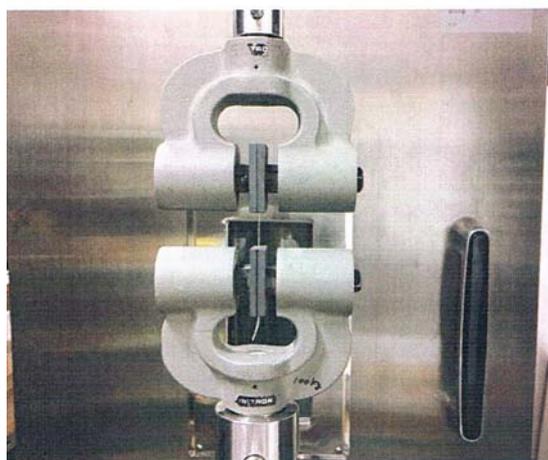


写真 3.10 引張試験状況

iv) 材料試験結果

試験結果を表 3.13 に示す。

ファイラーの劣化状態が異なる箇所から採取したネットの切断時の強さは、ファイラーの劣化が著しいほど低下する傾向があり、ファイラーの劣化が著しい箇所(試料A)で 98N、ファイラーが健全な箇所(試料 C)で 108Nであった。それらの強度は、未使用品の 85% 以上の強さが確認された。

伸び率は、ファイラーの劣化が著しい箇所(試料A)で 7.8%、ファイラーが健全な箇所(試料 C)で 6.8%であり、切断時の強さの傾向とは逆な結果となった。それらの伸び率は、未使用品の 70~80%程度である。

表 3.13 繊維ネット(ビニロン繊維)の引張試験結果

ネットの種類	No	切断時の強さ(N)	伸び率(%)
未使用品	①	108	9.4
	②	120	9.9
	③	120	10.5
	④	98	9.0
	⑤	125	10.7
	平均値	114 (100)	9.9 (100)
試料 A	①	92	8.0
	②	101	8.0
	③	100	7.5
	平均値	98 (86)	7.8 (79)
試料 B	①	107	8.5
	②	104	6.5
	③	94	7.5
	平均値	102 (89)	7.5 (76)
試料 C	①	101	6.5
	②	110	7.0
	③	112	7.0
	平均値	108 (95)	6.8 (69)

()内数値:未使用品に対する比率

v) 材料試験結果のまとめ

20 年前に外壁複合改修構工法で施工した広島県内の集合住宅壁から採取した繊維ネット(種類:ビニロン繊維)の引張試験を行った結果は以下のとおりである。

- (1)ファイラーの劣化状態が異なる箇所から採取したネットの破断時の強さは、ファイラーの劣化が著しいほど低下する傾向があった。
- (2)20 年経過した繊維ネットの破断時の強さは、未使用品の 85%以上の強さであった。
- (3)20 年経過した繊維ネットの伸び率は、未使用品の 70~80%程度であった。

③つくば市のピンネット工法で補修した暴露試験体の劣化の事例

写真 3.11 には、(独)建築研究所敷地内(つくば市)のピンネット工法で補修した暴露試験体を示した。平成 5 年から暴露を開始し、平成 22 年で 17 年目の経年劣化の状態を示している。本試験体は仕上げ表面には塗装を行わず、ネット層が直接暴露されている。

(a)劣化事象



a. 地面から 45 度の傾斜で暴露した試験体の表面。汚れがひどく表面観察しにくい状態であった。



b. 表面観察を行うため暴露試験体表面を高圧水洗浄で洗浄した。



c. 全体
試験体中央には大きなひび割れが観察できる。表面に見えるカット痕は、暴露 1 年、5 年、10 年目に実施したネット層の引張試験の跡。

写真 3.11 (1/2) 暴露 17.5 年目の外壁複合改修構工法施工試験体(③つくば市)



d. 繊維ネットの露出箇所の拡大
 ネットの繊維が一部切れている様子が観察されるが、完全に破断しているものは見られない。



e. 表面(セメントフィラー)とネット
 大小のひび割れが生じているが、繊維ネットの破断は観察されなかった。

写真 3.11 (2/2) 暴露 17.5 年目の外壁複合改修構工法施工試験体(③つくば市)

(b)劣化後の材料試験結果

外壁複合改修構工法については、施工時の品質としてアンカーピンの引抜き強度、ネット層の曲げ強度、セメントフィラー(以降、フィラーと記す)の付着強度等が測定の対象となっている。この事例では経年変化測定のため、繊維ネットの引張試験やフィラーの付着強度試験を実施した。

ネット層の付着強度測定ならびに繊維ネットの引張測定結果を示す。

暴露試験体は 4 体、試験体の種類は表 3.14 に示すとおり。測定はこのうちの 1 体で実施した。

i) 暴露 17 年目の外壁複合改修構工法の暴露試験体の測定事項

- ・ネット層(フィラー)の引張接着強度試験 N=3
- ・繊維ネットの引張試験 採取ネット長さ 20cm N=5

表 3.14 試験体の種類

試験体No.	モルタル厚 (mm)	浮きの有無	備考
No. 1	20	有	劣化調査のため 仕上げなし
No. 2		無	
No. 3	50	有	
No. 4		無	

注)アンカーピンは

No.1,2 は、引張り試験用 GNS650 を使用 (ピンの違いは既存モルタル層の厚さの違い)
 No.3,4 は、引張り試験用 GNS680 を使用

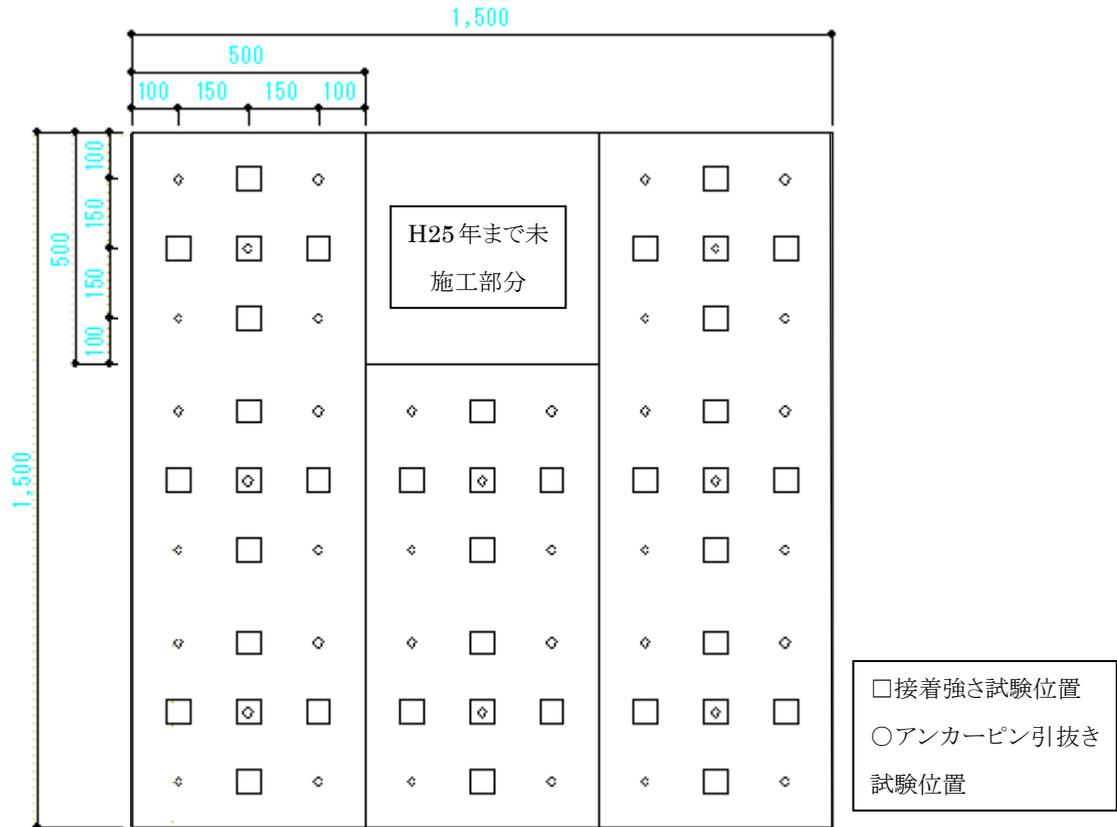


図 3.15 暴露試験体の形状

ii) 材料試験結果

a) 直接引張試験

暴露試験体のネット層、フィラーのカバー力を確認するため、日本建築仕上学会式の直接引張試験器を用いて付着性試験を実施した。試験は測定する箇所に付着試験用の治具(寸法: 45×144 mm)をエポキシ樹脂接着剤で取付け、接着剤が硬化後に治具周辺をディスクサンダーでコンクリート下地に達するまで切れ込みを入れ、引張試験機を用いて測定した(写真 3.12, 3.13)。結果を表 3.15 に示す。

表 3.15 引張接着強度試験結果 (治具寸法: 45×144 mm)

試験体番号	暴露試験体 付着強度試験 (N/mm ²)
No.1	0.71
No.2	0.51
No.3	0.50

注釈 1: 暴露試験 1 体について実施



a. 引張試験機用治具の取付け
ディスクサンダーで治具周辺に切れ込みを入れる作業。



b. 引張試験を装着

写真 3.12 引張試験準備



a.破断箇所

既存仕上げ層とセメントフィラーの界面: ネット層の凝集破断=8:2の割合。



b.破断箇所

人工はく離有の箇所と下地モルタルの界面破断



c.引張接着試験の破断面

写真 3.13 引張試験破断位置

b)繊維ネットの引張試験

繊維ネットの試料採取は写真 3.14 のとおり、試験体から 20cm の長さのものを 5 本採取した。試験方法は、前述の②広島県内と同様に、JIS L1013「化学繊維フィラメント糸試験方法」の 8.5 に準拠し実施した。試験結果は、表 3.16 のとおり。

採取したネットの破断時の強さは、平均 97N であり、未使用品の 85% 程度であった。伸び率は、平均 7.6% であり、未使用品の 77% 程度であった。これらのことから、17.5 年程度経過したネットの破断時の強さおよび伸び率は、未使用品に比較して、強さは 15% 程度、伸び率は 20% 程度低下したことが確認された。



写真 3.14 繊維ネットの採

表 3.16 繊維ネットの引張試験結果

ネットの種類	No.	切断時の強さ (N)	伸び率 (%)
未使用品	①	108	9.4
	②	120	9.9
	③	120	10.5
	④	98	9.0
	⑤	125	10.7
	平均値		114 (100)
つくば 建築研究所	①	100	7.5
	②	104	7.0
	③	96	8.0
	④	86	7.5
	⑤	97	8.0
	平均値		97 (85)

()内数値:未使用品に対する比率

iii) 材料試験結果のまとめ

- ・暴露 17 年が経過しても接着強度については、 $0.4\text{N}/\text{mm}^2$ の規定値よりも高い数値が得られた。
- ・繊維ネットの露出や塗付け材には大きなひび割れが生じ繊維ネットの毛羽立ちは見られたが、重大な破断は見られなかった。
- ・繊維ネットの破断時の強さは、平均 97N であり、未使用品の 85% 程度であった。
- ・繊維ネットの伸び率は、平均 7.6% であり、未使用品の 77% 程度であった。

今回施工後 17.5 年経過した繊維ネットの引張試験を行い、破断時の強さおよび伸び率は未使用品に比較して低下することが確認された。しかし、切断時の強さおよび伸び率がどの程度まで低下すると外壁複合改修構工法としての機能を確保できないかについては、明確な指標がないのが現状である。

(c) ①～③の劣化事例からの分析

収集した劣化事例およびピンネット補修の専門家の意見に基づき「外壁複合改修構工法の劣化(不具合)の発生しやすい部位」および「ピンネット特有の不具合とその原因の考察」についてまとめた。

i) 外壁複合改修構工法の劣化(不具合)が発生しやすい部位について

劣化の発生は、下記に示す各部位の既存層、ネット層において生じることが考えられる。

- ・パラペット、軒鼻先、軒裏などかぶりの小さい部分
- ・開口部、手すり、手すり壁
- ・ネット層の裏に水がまわる箇所(例えば、外に面した階段まわり等で防水していない部位からの雨水の浸入より水の回る箇所など)
- ・防水との取り合いが関係する箇所
- ・躯体に“じゃんか”がある箇所

上記のような部位に劣化が発生する原因の一つとして次のような背景がある。

- ・外壁複合改修構工法(ピンネット工法)は、採用当初はバルコニーや庇の鼻先など狭小部分の補修として用いられていた。このため、ひび割れ箇所や目地からの水の浸入があれば、これらの箇所にはふくれ等の不具合が生じやすい。
 - ・バルコニー等の鼻先は鉄筋が密集している上に、かぶり厚さが不足しがちである。そういった箇所の補修には、アンカーピンが十分に打ち込めない場合も考えられ、ピンの耐力不足が懸念される。

ii) 複合改修構工法特有の不具合とその原因の考察

- ・ネット層の亀裂・ネットの断裂等の不具合が生じる原因
 - 躯体コンクリートの挙動: 日射や温湿度環境変化に伴うコンクリートの伸縮挙動ならびに地震による躯体の変形等が考えられる。
- ・ポリマーセメントモルタル(PCM)の微細なひび割れが生じる不具合の原因
 - PCMの挙動および繊維ネットの挙動: 日射や気温変化による温冷・乾湿等によるPCM自体の伸縮挙動およびPCMと繊維ネットの伸縮率の差異が考えられる。
- ・旧モルタル層に著しい浮きが生じた場合の不具合の原因として
 - アンカーピンの固定不良: 補修施工時に使用したアンカーピンの長さ不足により躯体コンクリートに浮きの生じた既存層が固定できていないことが考えられる。

iii) その他

ピンネット補修した外装に、再度劣化による不具合が生じた千葉市の物件について、補修方法の概要の事例を[別添資料 I]に示す。

2) 劣化現象の種類と区分

外壁複合改修構工法による改修工事壁面の構成を図 3.16 のように整理することとし、初回の複合改修工事後の劣化について部位、劣化事象を整理する。なお、外壁複合改修構工法の劣化事例が現時点では少なく、考えられる劣化を想定し整理している部分もある。また、本節で対象とする劣化は外壁複合改修層とその関連部分に生ずるものとし、躯体(コンクリート)および新規仕上げの劣化についてはそれぞれの関連項にゆずる。

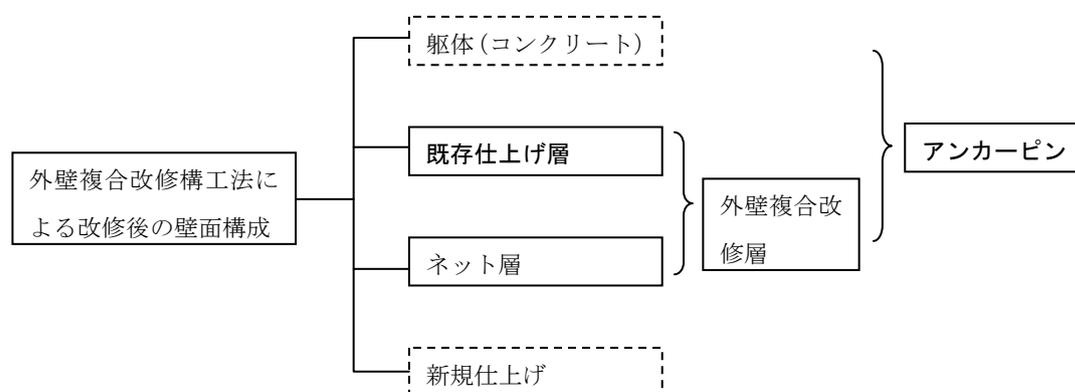


図 3.16 外壁複合改修構工法における劣化現象の検討の対象とする範囲

3) 外壁複合改修層の劣化現象

表 3.17 に劣化現象と部位との関係を示す。また、表 3.18～表 3.21 に関連部位の劣化現象を、表 3.22 に考えられる劣化現象と要因の関係を示す。

表 3.17 には、劣化現象の生じる外壁の構成部位の関係を示した。「○」は関係のあるもの、「—」は該当しないものを表している。同表からは、例えばひび割れは躯体からのひび割れと新規仕上げ層のひび割れでは、選定される補修・改修工法も異なる。

なお、劣化事象の整理を行うにあたり、外壁複合改修構工法は、躯体等の補修は適切に行ってから実施したものを前提としている。

表 3.17 劣化現象と部位との関係

現象	新規仕上げ ^{※1}	外壁複合改修層			躯体
		PCM・ネット	既存仕上げ	ピン	
ひび割れ	○	○	○	—	○
浮き	○	○	○	—	○ ^{※2}
はらみ	○	○	○	—	—
はく落	○	○	○	—	○ ^{※2}
ネットの異常 ^{※3}	—	○	—	—	—
ピンの異常 ^{※4}	—	—	—	○	—
エフロレッセンス	○	—	○	—	○
錆	—	—	—	○	○

※1 モルタル・タイル仕上げ、※2 かぶり部分、※3 断裂・毛羽立ちなど、

※4 ピンの抜け、変形、腐食など

表 3.18 外壁複合改修層部分の劣化現象

ひび割れ	外壁複合改修層の面の割れ、躯体（コンクリート）のひび割れを含む割れ
浮き	外壁複合改修層相互の接着界面、または外壁複合改修層と躯体（コンクリート）との接着界面の分離現象。浮きがさらに増大し、肉眼観察でもその異常が認められるような場合を特に区分して、「はらみ」と称することがある
はらみ	外壁複合改修層の浮きが進行し、面外方向に凸状に変形が増大して肉眼でも確認できるようになった状態
はく落	外壁複合改修層の脱落、躯体（コンクリート）からの脱落
ネットの異常	外壁複合改修層を形成する繊維ネットの破断、毛羽立ち、ヤセならびに消失
ピンの異常	アンカーピンの変形、ひび割れ又は欠損、腐食、引き抜け（脱落）、頭部飛び出しならびに頭抜け
エフロレッセンス	下地の可溶成分が表面に析出し、空気中の二酸化炭素ガス等との反応によって難溶性の白色物質が表面に沈着している現象
錆	腐食した鋼材、躯体の鉄筋腐食により錆が流出して表面に付着している状態

表 3.19 外壁複合改修層の劣化現象

ひび割れ	PCM・ネット部分の割れ、既存仕上げのひび割れを含む割れ
浮き	PCMとネット相互の接着界面、またはPCM・ネットと既存仕上げとの接着界面の分離現象
はらみ	PCMの浮きまたはPCM・ネットと既存仕上げとの浮きが進行し、面外方向に凸状に変形が増大して肉眼でも確認できるようになった状態
はく落	PCMの脱落、PCM・ネットの既存仕上げからの脱落
ネットの異常	繊維ネットが破断した状態。繊維の毛羽立ちが進行し繊維の束が切れた状態も含む
エフロレッセンス	PCM又は既存仕上げの可溶成分が表面に析出し、空気中の二酸化炭素ガス等との反応によって難溶性の白色物質が表面に沈着している現象

表 3.20 既存仕上げ層の劣化現象

ひび割れ	既存仕上げ及び躯体コンクリートのひび割れを含む割れ
浮き	既存仕上げの躯体コンクリートからの浮き
はらみ	既存仕上げの浮きが進行し、面外方向に凸状に変形が増大して肉眼でも確認できるようになった状態
はく落	既存仕上げの躯体コンクリートからの脱落
エフロレッセンス	既存仕上げの下地の可溶成分が表面に析出し、空気中の二酸化炭素ガス等との反応によって難溶性の白色物質が表面に沈着している現象
ピンの引き抜け	アンカーピンの引き抜け(脱落)

表 3.21 ピンの劣化現象

ピンの異常	ピンの引き抜け	アンカーピンの引き抜け(脱落)、頭部飛び出し及び、頭抜け
	ピンの破断	アンカーピンの変形、ひび割れまたは欠損、破断
	ピンの腐食	ピンの錆による膨張、穴あき、断面欠損

4) 外壁複合改修層の「劣化現象」と「原因」

外壁複合改修構工法により改修した外壁の外壁複合改修層には、表 3.22 に示したような劣化現象と要因の関係が考えられる。

表 3.22 外壁複合改修層の劣化現象と要因の関係

想定される劣化現象	想定される劣化要因											
	塵埃	紫外線	CO ₂	酸(酸性雨)	アルカリ	生物	大気中の塩分	温度・熱(凍害含む)	水(結露、雨)	外力(風、地震、積雪、その他)	下地ムーブメント	異種材料
ひび割れ								○		○	○	
浮き								○	○	○	○	
はらみ								○	○	○	○	
はく落								○		○	○	
ネットの異常	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	
ピンの異常			○					○		○	○	
エフロレッセンス			○	○					○			
錆			○				○	○				○

3.3.4 外壁複合改修構工法で改修された外壁の劣化調査・診断基準の考え方

1) 外壁複合改修構工法の点検・調査方法

外壁複合改修層に関する点検周期および点検方法について目安を表 3.23 に示す。新規仕上げおよび躯体等の点検方法については、それぞれの材料の点検方法で確認することとする。

外壁複合改修構工法による改修外壁の劣化現象の見られる箇所は、鼻先、軒裏、開口部、手すり周辺、階段まわり、防水との取り合い部分、シーリング周辺など、水が浸入した場合に水が回りやすい部分に生じやすい傾向があり、点検を行う場合は留意する。

表 3.23 外壁複合改修層に関する点検

項目	点検周期	点検方法
日常点検	適宜実施することとする。	目視
定期点検	実施義務のある点検 通常 1 回/年。竣工後もしくは、補修・改修工事が実施された場合は、1 年経過時には点検がおこなわれるものとする。	目視 (+必要に応じて打診)
臨時点検	<ul style="list-style-type: none"> 壁面の一部がはく落した場合、または自身・台風・火災等を受けた場合は、その後できるだけ早い時期に実施することとする。 新規仕上げの改修工事に伴う点検。既存塗膜等除去のために外壁複合改修層表面にサンダー掛けを行った場合には、PCM・ネットの異常点検を必ず行うこととする。 	目視 + 打診 (+微破壊試験) 目視 + 打診 (+微破壊試験)

点検・調査方法の案について表 3.24 に、目視の点検項目について表 3.25 に示す。点検・調査に際しては、現在までの補修記録、過去の修繕、改修等の記録を調査し、ひび割れや浮き・はらみなどの不具合の発生位置と照合する。

表 3.24 点検・調査方法(案)

劣化現象	調査項目		
	点検	一次診断	二次診断以降
ひび割れ	目視	<ul style="list-style-type: none"> 目視による詳細観察 触診(浮き等の状況チェック) 異常発生箇所周辺の打検 	<ul style="list-style-type: none"> 引張付着試験 (PCM・ネット層、既存仕上げ、躯体との付着評価)
浮き			
はらみ			
はく離			
ネットの異常		<ul style="list-style-type: none"> 目視による詳細観察 指触(ネットの状況チェック) 	<ul style="list-style-type: none"> 切り出したネットの引張試験
ピンの異常 (引き抜け、腐食等)		<ul style="list-style-type: none"> 目視による詳細観察 指触(ピンの状況チェック) 	<ul style="list-style-type: none"> ピンの引抜き試験 (施工してあるピンの測定/試験用にピンを打って測定)
漏水跡	<ul style="list-style-type: none"> 目視による詳細観察 指触(析出物等のチェック) 	<ul style="list-style-type: none"> 漏水箇所のチェック (必要に応じて破壊検査) 	

表 3.25 目視による外壁複合改修層と周辺の点検項目および点検方法

点検項目		点検内容
外壁複合改修層	ひび割れ	目視によりひび割れの方向、形状等のパターンを観察し、延べひび割れ幅を把握する
	浮き・はらみ	目視により外壁複合改修層の浮き、はらみの有無を観察する
	はく落	目視により、外壁複合改修層が欠落している部分の有無を観察する
	漏水	目視により漏水または漏水の痕跡の有無を観察する
	ネットの露出※1	目視により外壁複合改修層のネットの露出の有無を観察する
	ピンの引き抜け※2	目視によりピンの引き抜けの有無を観察する

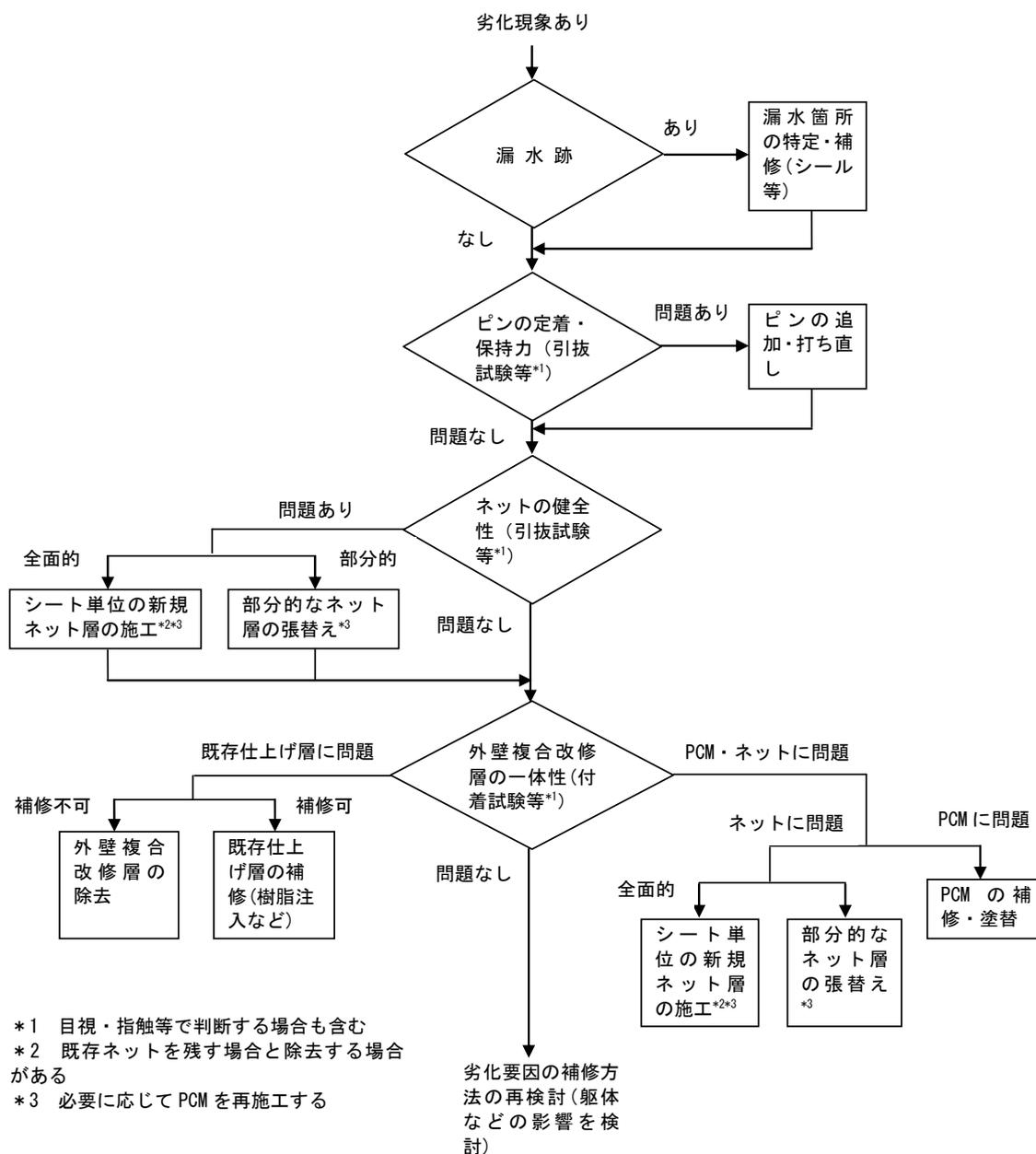
※1 点検結果からネットの露出が観察された場合には、繊維ネットの異常（繊維ネットの破断や錆の有無）について観察する。

※2 点検結果からピンの引き抜けが観察された場合には、その位置、本数、引き抜けた痕の状況を観察する。

3.3.5 外壁複合改修構工法の補修・改修の考え方

1) 外壁複合改修層の補修・改修の考え方

外壁複合改修構工法で改修した外壁複合改修層の補修・改修には図 3.17 に示したような考え方が考えられる。なお、外壁複合改修構工法の新規仕上げは、外壁複合改修層および躯体にかかる荷重・外力を考慮し、はく落防止などの安全性が確保できるものとするとともに、全体の耐久性を考慮し材料を選定する。



※複数の補修・改修工法が必要となる場合がある

図 3.17 外壁複合改修層の補修・改修工法の考え方(案)

3.3.6 外壁複合改修構工法の課題

現状における外壁複合改修構工法の課題として、以下が挙げられる。

1) 施工手順および品質監理の標準化

国交省官庁営繕部監修の改修工事標準仕様書および建築改修工事設計指針(平成 22 年度版時点)において、外壁複合改修構工法に関する規定が示されていない。第 1 回目の外壁複合改修構工法の施工手順を試みに示す[別添資料]。

今後、施工手順や品質監理の項目について標準化がなされることが期待される。

2) 耐用年数

現時点において、外壁複合改修構工法で改修を行った場合の耐用年は明らかとなっていない。近年、施工後 10 年以上の屋外暴露試験や施工物件の実態調査が行われ、結果が報告されている^{4),5)}。これらの結果から、施工が良好なものについて、施工後 10 年程度においては、十分な耐久性を有することが示されている。しかし、それ以上の長期間となると、現段階では不明であり、今後のデータ蓄積が待たれるところである。なお、外壁複合改修構工法だけではなく、鉄筋コンクリート造躯体全体での耐用年数という視点も必要であり、コンクリート躯体の保護効果や美観に対する考え方の整理も必要と考えられる。

3) 調査・診断方法

外壁複合改修構工法のモルタルやタイルの浮きに対する改修では、これらの既存層の浮き部分は一部浮いた状態のまま改修される場合もある。この場合、一般的な浮きの検査方法(打診、サーモグラフィなど)では、正確な診断が難しいことが指摘されている。また、外壁複合改修層とコンクリート躯体との一体性は、基本的にピンの保持力で担保されていることから、通常モルタルやタイルの浮きの考え方とは異なると考えられ、外壁複合改修層に対する劣化診断手法の開発が必要である。

4) 補修・改修方法

外壁複合改修構工法によって改修された場合の現在考えられる補修方法について示したが、実際のデータ蓄積から検証を行う必要があると考えられる。また、次の改修については、劣化の限界状態を考慮し、それに対する適切な改修構工法を検討・開発することが必要と考えられる。

参考文献・論文

- 1) 公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成 22 年版,国土交通省大臣官房官庁営繕部監修,2010.5,(財)建築保全センター
- 2) 建築改修工事監理指針平成 22 年版,国土交通省大臣官房官庁営繕部監修,2010.12,(財)建築保全センター
- 3) 外装仕上げの耐久性向上技術,国土交通省大臣官房官庁営繕部監修,1987,技報堂出版
- 4) 建築物の耐久計画に関する考え方,(社)日本建築学会,1988,丸善
- 5) 外壁改修工事の基本的な考え方(湿式編),(社)日本建築学会,1994.11,丸善
- 6) 外壁剥落防止のための設計・施工指針・同解説,日本建築仕上学会,1994,技術書院
- 7) 保全工事共通仕様書 平成 20 年版,UR都市機構,2008.10,(財)都市再生共済会
- 8) 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 20 年版,UR 都市機構,2008.10,(財)都市再生共済会
- 9) 在永,馬場,他;ピンネット改修工法の性能評価(その 1~その 3),大会学術講演会研究発表論文集,pp.189-200,1993,日本建築仕上学会
- 10) 本橋,近藤,他;アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究(その 1~その 5),大会学術講演会研究発表論文集,pp.169-188,1993,日本建築仕上学会
- 11) 本橋,近藤ら;アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究(その 6~その 8),大会学術講演会研究発表論文集,pp.65-76,1994,日本建築仕上学会
- 12) 長谷川直司,馬場明生,在永末徳,千歩修;外壁複合改修構工法の基本概念,学術講演梗概集/近畿p2,1996.9,(社)日本建築学会
- 13) 西村清一,須賀直樹,小関大司;ピンネット工法の性能評価,学術講演梗概集/北陸p73-76,2002.8,(社)日本建築学会
- 14) 松村政典,馬場明生,在永末徳,守明子,原田進,小嶋秀典,森田和宏;外壁複合改修構工法の追従性能に関する実験的研究:その 1 試験方法の提案,大会学術講演会,p139-142,2003,日本建築仕上学会
- 15) 森田和宏,馬場明生,在永末徳,守明子,原田進,小嶋秀典,松村政典;外壁複合改修構工法の追従性能に関する実験的研究:その 2 試験結果,大会学術講演会,p143-146,2003,日本建築仕上学会
- 16) 沼田誠史,後藤康明,張英豪,他;外壁剥落防止工法の水平加力実験における性能評価,コンクリート工学年次論文集,p661-666,日本コンクリート工学協会
- 17) 渡辺清彦,他;外壁複合改修工法の実態調査に基づく耐久性評価,大会学術講演会研究発表論文集,pp.163-166,2005.10,日本建築仕上学会
- 18) 近藤照夫;外壁複合改修構工法(ピンネット工法)の開発と展開,FINEX.p20,日本建築仕上学会
- 19) 坂本裕輔;外壁複合改修工法を対象とした旧建築物の経年劣化に関する研究,NEWS97,pp58-65,2005.7,BELCA

3.4 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法

3.4.1 はじめに

3.2 で外壁タイル張り仕上げ及び外壁セメントモルタル塗り仕上げの維持保全に関する技術課題の抽出結果について報告したが、その中でタイル直張り仕上げ外壁の改修工法の標準化の必要性が指摘された。本節では、タイル直張り仕上げ外壁の改修工法の標準化に関する検討結果について報告する。タイル直張り仕上げ外壁は、下地となる構造体コンクリート仕上げ面の精度の確保のもと、モルタル下地の施工を無くすことで工期短縮とコスト削減等の効果が得られることから近年急速に普及した。このため最近では、一般的なタイル張り仕上げ外壁の改修工事と共に、モルタル下地のないタイル直張り仕上げ外壁の改修工事も増加しており、改修工法の標準化が望まれている。

モルタル下地を有するタイル張り仕上げ外壁に対する改修工法は、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成 22 年版」(以降、「改修標仕」と記す)等で標準化されている。タイル直張り仕上げ外壁の改修工事では、下地の構造体コンクリートとタイル間に、原則的には、張付けモルタルしか存在していない。したがって、モルタル下地層が存在している場合と比較して、モルタル層の厚さが小さいため、モルタル下地があるタイル張り仕上げ外壁と同様な要領で改修工事が適応できないケースがある。例えば、浮き補修のためエポキシ樹脂注入を実施した場合には、張付けモルタル層の割れ、浮きの拡大、注入量の減少等が懸念される。ただし、タイル直張り仕上げ外壁のモルタル層に関しては、モルタル下地の施工は無くなったが、下地コンクリートの面精度は向上してきてはいるとは言えほとんどの建物で不陸調整、段差補正がモルタルつけ送りにより行われており、張付けモルタル厚さだけではないことが多い。

以上のような認識のもとに、タイル直張り仕上げ外壁の改修工法について検討した。

3.4.2 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フローについて

(1) 検討方法

(独)建築研究所が組織した、学識経験者、公共団体技術者、材料製造業者、集合住宅管理技術者ならびに専門工事業者等で構成される委員会において、タイル直張り外壁の改修に関する問題点の整理、既存資料や工事記録の収集、意見交換等を行い、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針 平成 22 年版」(以降、改修工事監理指針と記す)に示されている「タイル張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フロー」を参考にして「タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フロー」(以降、工法選定フローと記す)を提案した。

提案する当該工法選定フローを図 3.19 に示す。

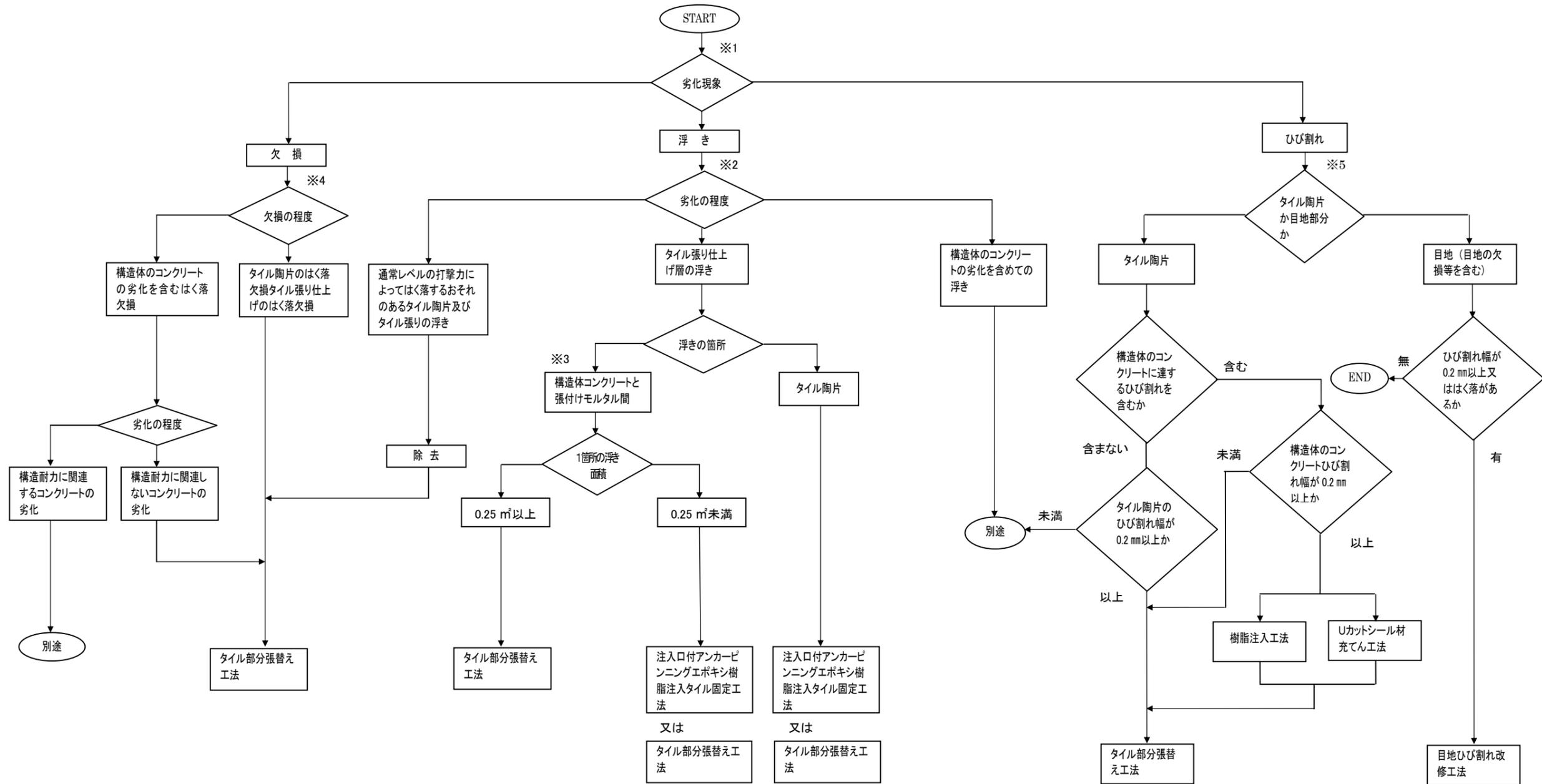


図 3.19 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フロー(案)

3.4.3 タイル直張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工法選定フローの概要

本報告書が対象とするタイル直張り仕上げ外壁の改修工事は、既存の鉄筋コンクリート造又は鉄骨鉄筋コンクリート造の外装タイル張りの部分の経年劣化によるひび割れ、浮き、欠損等の劣化に対する改修を示している。また、これらの目地部分の劣化に対する改修も示す。

(2) 図 3.19 工法選定フローの注釈について

タイル直張り仕上げ外壁の改修工法の選定にあたり、まず、外装材の劣化の程度を判断し対応を選択する。以下に、選定フローに示した注釈※1～※5 について示す。

※1 「劣化現象」は、①浮き、又は、はらみの場合、②はがれ、又は、はく落等の欠損がある場合、③構造体のひび割れの有無に関係なくタイル、又は、目地部分にひび割れがある場合に適用する。

※2 「浮き」は、タイル陶片の浮き、タイル張りの浮きを対象とし、構造体コンクリートからの浮きで構造耐力に係わる場合は、別途とする。

浮きには、浮きが進行し面外に変形したはらみ、又は、ふくれも含める。どの部分で浮いているか、浮き代はどの位かを見極める。

浮き部分でも、通常レベルの打撃力によって容易にはく落する場合は、欠損の扱いで対応する。

※3 「個々の浮き部が隣接している場合」は、1箇所と見なす。

※4 「欠損」は、タイル陶片の欠損、又は、タイル張りの欠損を対象とし、構造体コンクリートからの欠損で構造耐力に係わる場合は別途とする。

※5 「タイル張りのひび割れ」は、①タイル部分に生じるひび割れと、②タイル目地部分に生じるひび割れとに分けて考え、さらに、タイル部分に生じるひび割れは、構造体のコンクリートのひび割れを含む場合と含まない場合とに分ける。

ひび割れの発生部分、ひび割れ幅及びひび割れの動きの有無について見極める。

浮き、又は、欠損があり、かつ、漏水がある場合は、コンクリート打放し外壁の改修において、ひび割れがあり、かつ、漏水がある場合を適応することになる。

(3) ひび割れ改修工法選定フローの考え方

外壁に生じたひび割れは、雨水等の浸入が直接影響する。このため劣化調査において、ひび割れの発生部分、ひび割れ幅及びひび割れの挙動の有無について見極める必要がある。補修・改修工法の選定は劣化状況に応じて、補修・改修工法の内から最適な工法を選定する。また、目地部分のひび割れのみの軽微なものについては、目地の改修工法による。ひび割れ部での漏水や錆汁が認められる場合やひび割れ部に浮きが共存する場合は、劣化したタイル張り仕上げ層の一部を撤去し、コンクリート部分におけるひび割れの有無及び状態を確認するのが一般的である。

図 3.19 の「ひび割れ部改修工法」の選定フロー部分を参照されたい。タイル直張り仕上げ外壁のひび割れ改修に関して、モルタル下地がある場合と同様に考えても差し支えないと判断し、選定フローは改修工事監理指針の「タイル張り仕上げ外壁(手張り工法)の改修工事選定フロー」をほぼ引用した。

(a) ひび割れ改修工事で重要なのは、ひび割れの挙動の有無を判断し、「挙動のあるひび割れ」の場合はタイル部分張替えの材料として、外装タイル張り用有機系接着剤(JIS A 5557)を用いることである。すなわち、「挙動のあるひび割れ」の上にポリマーセメントモルタルでタイルを直張り施工した場合には、タイルやタイル仕上げ層に再度ひび割れが生じる可能性が高く、それを回避するために変形追従性の高い有機系接着剤を利用することが推奨される。

「挙動のないひび割れ」の場合は「タイル部分張替え工法」が適用され、この場合のタイル部分張替え材料としては、ポリマーセメントモルタルまたは外装タイル張り用有機系接着剤を適用することができる。

(b) 選定フローでは、タイル陶片のひび割れ及び目地部分のひび割れについては、ひび割れ幅が 0.2 mm未満では改修は必要とせず、経過観察を求めている。どの程度のひび割れ幅から、ひびわれ補修を実施するかは議論となる点であるが、タイル直張り仕上げ外壁の場合も、改修工事監理指針に示されたコンクリート打放し仕上げ外壁、モルタル塗り仕上げ外壁、および、タイル張り仕上げ外壁(モルタル下地あり)と同様の判断基準としている。

(c) タイル陶片に生じるひび割れについては、構造体コンクリートに達するひび割れか否かを判定する。構造体コンクリートに達するひび割れであり、かつ、コンクリートひび割れ幅が 0.2 mm以上である場合については、ひび割れ部のタイル張り仕上げを除去し、改修工事監理指針に示されたように、コンクリートのひび割れを樹脂注入工法又はUカットシール材充填工法で補修する。この時、ひび割れ幅の確認ならびにひび割れが挙動するか否かの判断が運用上のポイントとなる。すなわち、ひび割れ幅が 0.2 mm以上 1.0 mm以下には樹脂注入工法又はUカットシール材充填工法(挙動のあるひび割れの場合)とし、1.0 mmを超える場合にはUカットシール材充填工法とするなど、ひび割れの幅や挙動の有無により工法と材料を適切に選定することが重要である。

コンクリートのひび割れ部を改修した後のタイル部分張替えの材料には、前述したように構造体コンクリートのひび割れ挙動の特性により、「タイル部分張替え工法」または「外装タイル張り用有機系接着剤によるタイル部分張替え工法」を適用する。

(4) 欠損部改修工法の選定フローの考え方

(a) タイル直張り仕上げの欠損部改修は、タイル仕上げ層(ここでは、タイル陶片及び張付けモルタル)のはく落欠損部、下地構造体コンクリートの劣化を含むはく落欠損部で構造体コンクリートの耐力に関係しないと判断される欠損に適用する。

図 3.19 の「欠損部改修工法」の選定フローを参照されたい。基本的な考え方はモルタル下地がある場合と同様である。欠損の補修方法は、タイル仕上げ層以外の部分はコンクリート打放し仕上げ外壁及びモルタル塗り仕上げ外壁による。タイル直張り仕上げにはモルタル下地は原則的に存在しないため改修工事監理指針の「タイル張替え工法」は該当せず、「タイル部分張替え工法」のみ適用している。

(b) タイル部分張替え工法は、①タイル陶片又は張付けモルタルからのはく落欠損部、②浮きのうち、通常レベルの打撃力によってはく落するおそれのあるタイル陶片又は張付けモルタルからの浮き部除去部分、③ひび割れの周囲のタイル陶片又は張付けモルタルからの浮き部除去部分及び、④タイル陶片のひび割れのうち幅 0.2 mm以上のひび割れ除去部分に、タイル張り仕上げをする改修に適する。

(5) 浮き部改修工法の選定フローの考え方

(a) 図 3.19 の「浮き部改修工法」の選定フローを参照されたい。選定フローではモルタル下地がある場合と同様に、まず、劣化の程度を判断し対応を選択する。すなわち、通常レベルの打撃力によってはく落するタイル陶片およびタイル張り仕上げ層は、無理に注入等を実施せずに除去して、タイル陶片のはく落、タイル張り仕上げ層の欠損として対処する。また、構造体コンクリートの劣化を含む浮き(鉄筋が腐食して、かぶりコンクリートと一体になって浮きが生じているようなケース)では、単にタイル直張り仕上げ層の改修のみでなく別途検討が必要である。

上記以外の浮きについては、浮き発生箇所がタイル陶片のみであるか、構造体コンクリートと張付けモルタル間であるかを判定する。タイル陶片のみの浮きである場合は、図 3.20 に示した「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」または、タイル陶片を除去し、「タイル部分張替え工法」を適用する。

(b) 次に、構造体コンクリートと張付けモルタル間で浮きが生じている場合には連続した 1 箇所の浮き面積が 0.25m^2 以上であるか、 0.25m^2 未満であるかを判断する。

0.25m^2 未満の場合は、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」または、タイル直張り仕上げ層を除去し「タイル部分張替え工法」を適用する。

0.25m^2 以上の連続した浮きの場合には、タイル直張り仕上げ層を除去し「タイル部分張替え工法」を適用する。

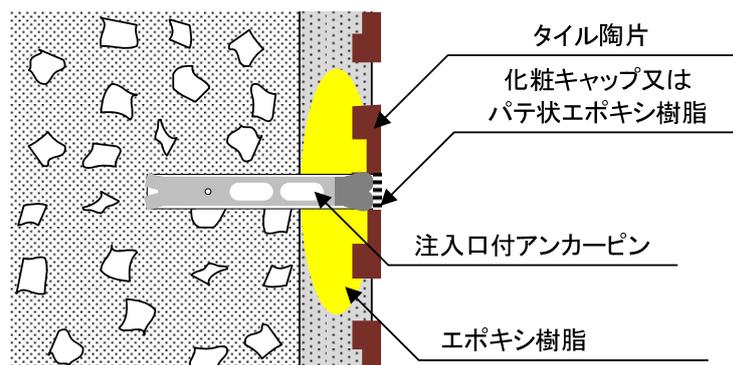


図 3.20 注入口付アンカーピンニング
エポキシ樹脂注入タイル固定工法

(6) タイル直張り仕上げ外壁の改修工事における留意点

① タイル部分張替え施工の注意点

外装タイル張り用有機系接着剤でタイル部分張替えを行う場合には、接着面に当初施工された吸水調整材が残っていると接着力が低くなる。このため、接着面はサンダー掛け等により吸水調整材を除去し粉塵をきれいに清掃した後、十分に乾燥させた状態で張付け施工を行う。すなわち、有機系接着剤によるタイル張りにおいて、水湿しや吸水調整材の適用は接着性を阻害するため注意が必要である。

② タイルの穿孔

改修標仕等で規定される補修工法のなかで「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」はタイル陶片浮きに適用する唯一の工法である。この際のタイルの穿孔には、タイル陶片中央部分に行うため無振動ドリルを使用する。

3.4.4 選定フローに関する浮き部改修の技術的課題

図 3.19 に示した選定フローについては、すべてが技術的根拠や実験データに裏付けられているというものではない。経験とエキスパートジャッジによる部分が多い。以下に、主要な技術的課題を整理する。

(1) タイル直張り仕上げ層のモルタルの厚さ

タイル直張り仕上げ外壁においても不陸調整や段差修正のための部分的なモルタル塗り等が行われる場合がある。また、張付けモルタルの厚さもタイルの形状や張付け工法により異なる。本節を担当した委員会の議論では、経験から判断して、下地調整や段差修正モルタルの厚さを含めて 10 mm 厚以上のモルタル層が存在すれば、同図に示した選定フローではなく、下地モルタルが存在する場合の改修工法選定フローが適用できると考えている。したがって、同図で提案しているのは不陸調整等のモルタルを含めた全モルタル層の厚さがおおよそ 10 mm 以下であることを前提としている。この点に関する実験・調査データの蓄積が望まれる。

(2)「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」

タイル陶片のみの浮き、 0.25m^2 未満のタイル張り層の浮きに対しては、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」または「タイル部分張替え工法」が適用される。当然ながら、モザイクタイルのような小さいタイルに「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」を適用するのは効率的でない。また、タイル陶片の中央を 2 段掘り、皿掘りするためには一定以上のタイルの厚さが必要である。そのような理由から、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」は小口タイル以上を対象としており、浮いているタイル陶片すべてに注入口付アンカーピンを打つことを原則としている。

一方、「注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法」のエポキシ樹脂の注入量はコンクリートとモルタル界面に注入する場合と異なり 25g/穴 より少なくてもよいが、既存の技術資料においても注入量については規定されていない。今後の課題である。

また、注入口付アンカーピンもタイル陶片のみの固定であれば、小径ものも考えられる。このような注入口付アンカーピンの評価も今後の課題として残されている。

(3)外壁複合改修構工法

図 3.19 の選定フローには示していないが、構造体コンクリートと張付けモルタルの間の浮きに対しては、外壁複合改修構工法(いわゆるピンネット工法)の適用も可能である。浮きの進展が予想される場合やはく落の危険性が高い部位等には適していると考えられる。

同図に外壁複合改修構工法が含まれていないのは、「改修標仕」で標準化されていないためである。

(4) (注入口付)アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法の適用可能性

本報告書の検討委員会の議論では、限定された条件の下で、工夫をすればモルタル下地が存在する場合と同じように(注入口付)アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法を適用できるという意見もあり、実際の適用事例も紹介された。しかし、条件によって、エポキシ樹脂の注入量や注入速度を変えたり、(注入口付)アンカーピンニングの本数や配置を変える必要があり、工法として標準化のなされている段階ではないと判断した。今後のデータ蓄積が必要である。

参考文献

- 1) 根本かおり他、「建築物の長期使用に対応した外装仕上げ・防水層の維持保全手法の開発 その 2 湿式外壁仕上げの繰返し補修に関する課題の抽出」日本建築学会大会学術講演梗概集 p.191-192 (2010)
- 2) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針 平成 22 年版(上巻)」 p.312-313 (2010)

3.5 注入口付アンカーピンについて

3.5.1 はじめに

タイル張り仕上げやモルタル塗り仕上げ外壁の浮き補修工法として、注入口付アンカーピンを用いた工法もこれまで数多く実施され、それまでの補修施工現場の声を反映し工法や材料の改良なども進んでいる。

国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成 22 年度版」で示されている呼び径 $\phi 6$ mmの注入口付アンカーピンに加え、市場の注入口付アンカーピンを調べると呼び径 $\phi 6$ mm未満のものがあり、改修工事後の安全性確保のためにその評価が必要であることが確認された。また、既存の実験方法も評価試験用試験体の作製が難しく、また実験方法も難しいことから改善の声があったため、再検討することが必要であることがこれまでの調査から認識できた。

本検討では、施工現場における至急の検討課題である注入口付アンカーピンの品質等について評価試験方法の今後の課題の抽出、整理した。

3.5.2 注入口付アンカーピンの品質

- a)注入口付アンカーピンは、均質で、油脂分や汚れなど接着に有害と認められる異物の付着があってはならない。
- b)注入口付アンカーピンは、穿孔部に挿入の後、専用の打込み工具で容易に開脚し、躯体に固着できるものでなければならない。
- c)注入口付アンカーピンは、「試験方法」によって試験し、表 3.26 の規定に適合しなければならない。

表 3.26 品質

試験項目	試験条件	ピンの種類		
		T	D	
引抜き強度	23±2°C	1,500N/本以上	1,500N/本以上	
モルタル部からの頭抜け強度		1,000N/本以上	1,000N/本以上注	
せん断強度		エポキシ樹脂を注入した場合	100 kN/体以上	100 kN/体以上
		ピンのみの場合	2,500N/本以上	2,500N/本以上
漏れ性能		漏れのないこと	漏れのないこと	

3.5.3 注入口付アンカーピンの種類

現在、現場で普及している注入口付アンカーピンの呼び径および長さ種類について表 3.28 に整理したので参考にされたい。また、写真 3.15 に注入口付アンカーピンの画像を示した。

表 3.27 種類および記号

種類	記号	区分内容
テーパ型	T	頭部の形状がテーパ状で、この部分が穿孔部仕上げ面と密着してエポキシ樹脂の漏れを防ぐタイプ
段付型	D	頭部の径がアンカーピンの外径より大きく、この部分が穿孔部仕上げ面と密着してエポキシ樹脂の漏れを防ぐタイプ

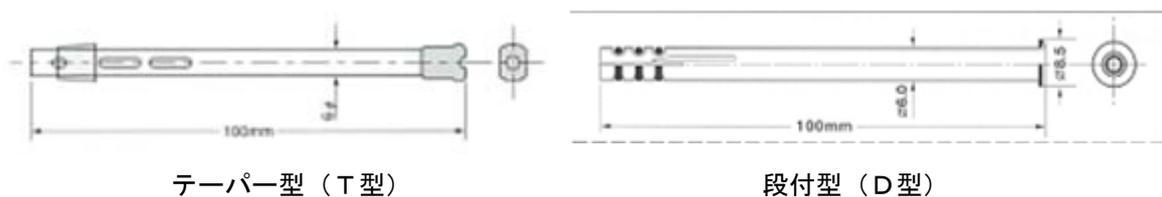


図 3.20 注入口付アンカーピン形状の例

表 3.28 普及している注入口付アンカーピンの種類

No.	会社名	ピン記号	径 mm	長さ mm	適用仕上げ厚さ mm <small>※カタログより抜粋</small>
1	D社	SSP-650	6	50	10～30
		SSP-670	6	70	30～50
		SSP-610	6	100	特殊用途(受注生産)
2	R社	GNA-43	6	43	10～30
		GNA-68	6	68	30～60
		MNA-43	6	43	10～30
		MNA-68	6	68	30～60
		PNA-50	6	50	10～30
		PNA-70	6	70	30～60
3	K社	CPE-650	6	50	10～30
		CPE-670	6	70	30～50
		CPE-610	6	100	50～80(受注生産)
		CPE-550	4.7	50	10～30
		CPE-570	4.7	70	30～50
4	I社	DB4.5-45R	4.5	45	記載なし
		DB4.5-55R	4.5	55	同上
		DB6-45R	6	45	同上
		DB6-55R	6	55	同上
		DB6-75R	6	75	同上
		DB6-100R	6	100	同上
		PA4.5-45R	4.5	45	同上
		PA4.5-55R	4.5	55	同上
		PA6-45R	6	45	同上
		PA6-55R	6	55	同上
		PA6-75R	6	75	同上
		PA6-100R	6	100	同上
5	NS社	50	6	50	10～30
		70	6	70	30～50
		100	6	100	特殊用途(受注生産)

写真 3.15 注入口付アンカーピンの種類(1/2)

種 類	形 状
D社 (T型)	
R社 (D型)	
K社 (T型)	

写真 3.15 注入口付アンカーピンの種類(2/2)

<p>I 社その① (D 型)</p>	
<p>I 社その② (D 型)</p>	
<p>N 社 (T 型)</p>	

3.5.4 注入口付アンカーピンの課題と展望

注入口付アンカーピンは、呼び径が $\phi 6$ mmのものについては、(社)建築研究振興協会が注入口付アンカーピンの品質・性能評価についてまとめた際に評価試験を実施し、品質が確認されている。同様に径が $\phi 6$ mm以下のピンについても、品質・評価試験を実施し、現場で使用されるピンの施工品質を確保することが必要である。

このため、品質・評価試験方法を簡便なものとし、公共の試験機関でも実施でき、ピンメーカーが評価試験を受けやすくするため、(社)建築研究振興協会の「注入口付アンカーピンの品質・評価試験」の試験方法の見直しを今後の検討で図ることが必要である。

参考として(社)建築研究振興協会報告書を[別添資料D]に掲載する。

3.6 まとめ

本章では、直張り工法によるタイル張り仕上げ外壁の合理的な改修工法、外壁複合改修構工法により改修された外壁の耐久性予測とその具体的な保全技術について検討を行った。

タイル張り仕上げ外壁およびセメントモルタル塗り仕上げ外壁を長期的に保全する上で、以下のような技術的な課題が残されており(3.2.3の再掲)、今後も検討を続ける必要がある。

- ①外壁仕上げの補修後検査および劣化診断における浮き検出に関する問題
- ②ひび割れ補修近傍に生じる新しいひび割れおよび再補修に関する問題
- ③外壁複合改修構工法で改修された壁面の2回目以降の改修工法に関する問題
- ④タイル下地モルタルに軽量モルタルが用いられていた場合の補修工法の問題
- ⑤弾性接着剤で補修した箇所の打音検査の信頼性と再補修工法(既存接着層の除去等)に関する問題

[参考文献]

- 1)国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成22年度版」, (財)建築保全センター
- 2)国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針(平成22年度版)」, (財)建築保全センター
- 3)「注入口付アンカーピンの品質・性能基準(1998年)(2002年3月改訂)注入口付アンカーピン品質・性能基準検討委員会」, (社)建築研究振興協会
- 4)「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保ならびに維持保全の開発に関する検討委員会 平成21年度報告書」, 独立行政法人建築研究所