

## タイル先付けプレキャストコンクリート工法の課題と対策

# PCa部材に貼替えられたタイルの 付着耐久性能について

—— 温冷繰り返し試験による長期耐久性の検証 ——

### 1. はじめに

“タイル先付けプレキャストコンクリート工法”が誕生してから40年以上の歳月が経過した。当初、タイル貼付けの熟練工不足からくる剥落防止を目指して、タイル型枠先付け工法と共に開発されたが、やがて高層化する現場の生産効率と品質の向上を目的とした部材のプレファブリケーション化の中で、無くてはならない仕上げ技術の一翼を担ってきた。

ところが近年、タイルの浮きや剥離といった事例が報告されており、協会でもタイル先付け工法への信頼の回復を急務と捕らえ、会員各社一丸となつての活動を行っている。

ここでは、こういった活動の最近の成果の一つとして位置付けられる、“貼替えタイルの付着性能に関する促進劣化試験”の結果について紹介する。



写真-1  
大阪ロイヤルホテル（1971年）  
45×45mmのタイルを打ち込んだ初期の例、40年近く経過した現在も健全な状態が維持されている

### 2. 貼替えタイルの付着性能に関する促進劣化試験

#### 2.1 試験の目的

PCa版の仕上げタイルの浮きや剥離の原因の一つに挙げられるのが、コンクリートの充填不良やタイルの打ち込み精度不良などの理由から、工場出荷前に貼替えられるタイルの接着

耐久性の課題があった。そこでプレコンシステム協会では、タイルの貼替え施工における材料、及び施工に関する協会指針となる、「タイルの貼替え指針・同解説（案）」（以下“貼替え指針（案）”）を平成20年4月に発行し、協会会員各社の製品品質の向上を図っている。



写真-2  
「タイルの貼替え指針・同解説（案）」  
平成20年4月発行

本試験では、“貼替え指針（案）”にならった方法でPCaメーカー5社によって貼替えられたタイルを対象に温冷繰り返し試験を行い、温度ひずみによる付着耐久性状の変化を把握することを目的とした。

#### 2.2 試験体及び使用材料

図-1に試験体の形状を示す。1体の試験体で行う引き抜き試験数はN=5とした。各試験体には、試験体表面に3箇所、内部に1箇所熱電対を設置し温度測定を行った。内部温度については、タイルの貼替え用モルタルと、下地コンクリートの界面付近に熱電対を設置し測定した。

試験体は、表-1に示すような調査条件の軽量一種コンクリートを使用して打設し、その後図-1に示す引き抜き試験を行うタイルの貼替えを行った。

試験体数は、温冷繰り返し試験の設定サイクルごとに引張り接着試験を行うために、表-2に示すような数量とした。

表-1 試験体コンクリートの調査条件

| コンクリート種類 | 設計基準強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | スランプ<br>(cm) | 空気量<br>(%) | W/C<br>(%) | S/a<br>(%) | 単位水量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------|--------------------------------|--------------|------------|------------|------------|------------------------------|
| 軽量一種     | 30.0                           | 8.0 ± 2.5    | 4.5 ± 1.5  | 46.8       | 46.0       | 159                          |

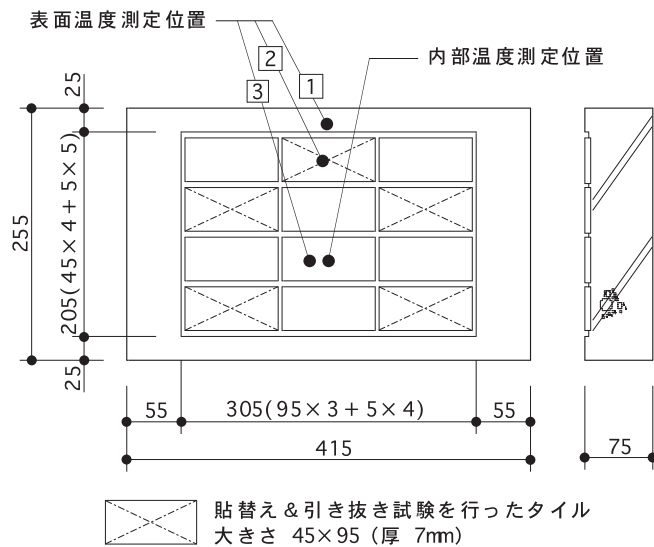


図-1 試験体図

養生方法は、コンクリート打ち込み後一晩常圧蒸気養生を施した。以後常温で気中養生とし、表-3に示すような材齢でタイルの貼替え、及び各試験に供した。

表-2 試験体数一覧

| No.      | 負荷した温冷繰返しサイクル数<br>と試験体数 | 試験体数 |
|----------|-------------------------|------|
| M社       | 0,30,60,90の各サイクルにつき1体ずつ | 4    |
| S社       |                         | 4    |
| D社       |                         | 4    |
| TW社      |                         | 4    |
| T社       | 0,90の各サイクルにつき1体ずつ       | 2    |
| N（貼替えなし） | 0,30,60,90の各サイクルにつき1体ずつ | 4    |
| 合計試験体数   |                         | 22   |

表-3 タイル貼替え及び各試験時の材齢

| 作業、試験の内容  | 材齢（日）  |
|-----------|--------|
| タイルの貼替え作業 | 25     |
| 温冷繰返し試験開始 | 47     |
| 引張り接着強度試験 | 72～100 |

## 2.3 タイル貼替え作業の状況

試験体のタイルの貼替え作業は、協会会員会社5社により行った。貼替えに際しては、各社が標準的に使用している材料をそのまま使用した。表-4に、使用された貼付けモルタルの種類を示す。

既製調合モルタルとしては、タイル貼用として市販されている材料の他に、コンクリート角欠け補修用の材料が使用されて

表-4 貼付けモルタルの種類

| No. | 貼付け材料の用途                  | モルタル中の<br>合成樹脂成分 | 吸水調整材の<br>合成樹脂成分 | タイル裏面からののはつり深さ<br>(=貼付けモルタルの塗り厚)<br>(mm) |
|-----|---------------------------|------------------|------------------|------------------------------------------|
| M   | タイル貼用既調合<br>モルタル          | EVA              | EVA              | 10                                       |
| S   |                           |                  | 水湿し              | 5                                        |
| D   | コンクリート補修用既調<br>合モルタル      | SBR              | EVA              | 5                                        |
| TW  |                           | EVA              |                  | 15                                       |
| T   | 現場調合                      | PAE              |                  | 10                                       |
| N   | 貼替えずに打ち込みタイルの接着強度を検証する試験体 |                  |                  |                                          |

・ポリマーディスパージョンの種類は下記の通り

EVA: エチレン・酢酸ビニル      SBR: スチレン・ブタジエンゴム  
PAE: スチレン・アクリル

表-5 タイルの貼替え手順

|                |                                                                     |
|----------------|---------------------------------------------------------------------|
| タイルの<br>はつり    | 使用する貼付けモルタルの仕様に合わせた深さで周辺目地に切り込みを入れた後タイル及びコンクリートをはつり取る。              |
| 吸水調整材を<br>塗布   | はつったコンクリート下地面の清掃後、吸水調整材を塗布する。（試験体No.2だけ水湿しのみ）                       |
| タイルの<br>はつり貼付け | コンクリート下地面及びタイル裏面の両面にモルタルを塗り付ける。貼合わせ時に目地からモルタルがはみ出てくることを確認しながら圧着させる。 |
| 目地詰め           | 貼付けモルタルの硬化後、目地モルタルを充填し仕上げる。                                         |

いる。また、工場でモルタルを計量・調合するケースもあったが、ポリマーディスパージョンの種類で分類すると、本試験により協会会員各社が使用している材料をほぼ網羅して評価していると考えられる。

今回試験体の製作におけるタイルの貼替え手順を表-5に示す。この中で、“貼替え指針（案）”と異なる箇所を以下に整理する。

- 本試験では、ポリマーセメントモルタルの温冷繰返し前後における付着性状の変化を把握することを目的としたため、下地コンクリート側へのアンカー金物の固定、及び脱落防止のステンレス線の接着は行っていない。
- “貼替え指針（案）”では、貼替え部位のコンクリートのはつり深さを15mm程度としているが、使用した材料ごとにメーカー推奨の塗り厚は異なっている。事実各社の施工要領もメーカー推奨値に合わせて行われているため、今回も材料ごとにはつり深さを決めた。

この点は、今後“貼替え指針（案）”の改訂の際には、アンカー金物の固定方法などと合わせて検討する考えである。

以下に作業手順の概要を示す。



写真-3 貼替え前の試験体



写真-4 はつり時の深さに合わせて目地部に切り込みを入れる



写真-5 コンクリートを所要の深さまでのはつり



写真-6 タイル裏から15mmはつったもの、手前は埋め込みの熱電対

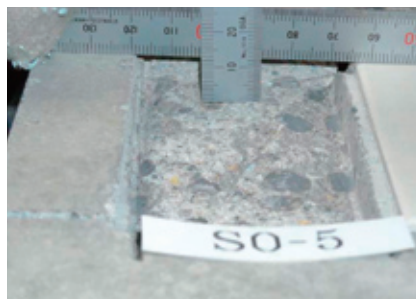


写真-7 タイル裏から5mmはつったもの



写真-8 下地コンクリート面に吸水調整剤を塗布する



写真-9 下地コンクリート面に貼付けモルタルを塗布する



写真-10 タイル裏面にも貼付けモルタルを塗布する



写真-11 タイルを圧着し、目地部からはみ出る余分なモルタルは除去する



写真-12 治具を使用し周辺タイルとの面、目地通りなどを合わせる



写真-13 目地詰め用モルタルを目地に充填して仕上げて、清掃後完了



### 3. 試験方法

#### 3.1 温冷繰り返し試験

温冷繰り返し試験は、JSTM J 7001<sup>1996</sup>「実大外壁等の日射熱による熱変形性及び耐久性試験方法」に準拠しながら、90 サイクルまで行った。1 サイクルを 8 時間で、4 時間加熱、4 時間冷却とし、温度は試験体の内部温度（貼付けモルタルと下地コンクリートの界面の温度）で評価し、加熱時に 80℃ 前後、冷却時に -20℃ 前後となるように設置した。写真 -14 に温冷繰り返し試験装置内の試験体設置状況を、図 -2 に、初期の 150 時間までの試験体の温度履歴を示す。



写真 -14 温冷繰り返し試験の状況

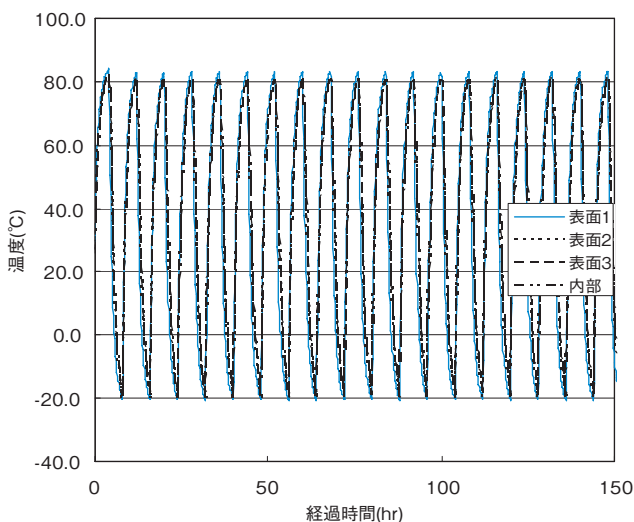


図 -2 温冷繰り返し試験時の温度測定結果

#### 3.2 引張り接着強度試験

引き抜きタイル周辺の目地には、貼替え時にコンクリートを

はつり込んだ深さまで予め切り込みを入れて、周辺との縁を切った。引張り接着強度試験は、インストロン型万能試験機を使用して行い、写真 -15 に示すように、引き抜き箇所ごとに試験体の位置を移動させながら固定し、エポキシ樹脂で固定された鋼製アタッチメントを試験機のテンションロッドへ接続して行った。引き抜き速度は、JIS A 6909（建築用仕上げ塗材）

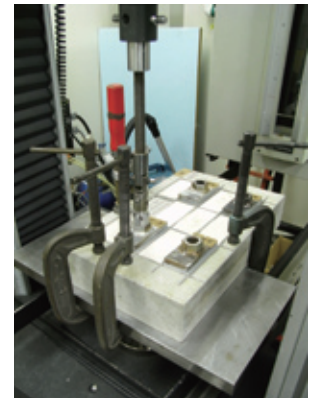


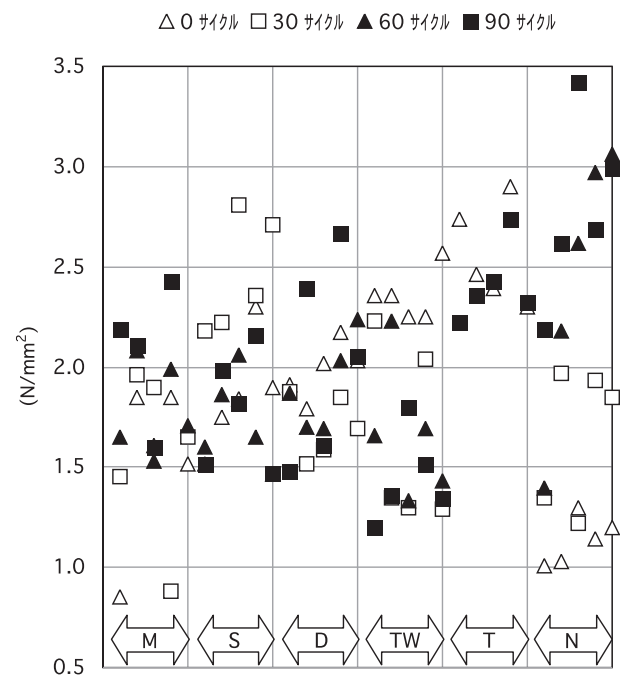
写真 -15 引き抜き試験状況

7.9 付着強さ試験の項を参考に、1750N / min とし、タイル破壊まで単調引張り载荷とした。

### 4. 試験結果

#### 4.1 接着強さ

図 -3 に引張り接着強度試験の結果を示す。いずれの試験体も、PCa 版先付けタイルの接着強さの評価目安である 0.6N / mm<sup>2</sup> 以上の強度を確保していた。



・各試験時の試験体コンクリートの圧縮強度は、材齢 72 日以上を経過しいずれも 50N / mm<sup>2</sup> 前後であった。

図 -3 接着強さの試験結果

## 4.2 破断状況

貼付けモルタルの破断状況は、ほとんどが貼付けモルタルと下地コンクリートの界面付近におけるいずれかの材破断であった。その他タイル裏面近傍でのモルタル材破断もあったが、これら破断状況の違いによる強度上の差異は認められなかった。



写真-16 引き抜き試験後の状況



写真-17 モルタルと下地コンクリート界面付近で破断

## 4.3 温冷繰り返し試験の影響

今回の試験では、温冷繰り返しサイクルと接着強度との間に一定の性状を見極めることは出来なかった。また、軽量一種コンクリートに打ち込んで貼替えないタイル（試験体Nシリーズ）の接着強度が、温冷繰り返しサイクルを重ねるごとに大きく進展していくのが確認された（表-6参照）。

表-6 貼替えないタイルの付着強さ（N=5の平均値）

| 温冷繰り返しサイクル数 | 付着強さ平均値 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------|------------------------------|
| 0           | 1.14                         |
| 30          | 1.66                         |
| 60          | 2.45                         |
| 90          | 2.78                         |



写真-18 温冷繰り返しを行っていない引き抜き試験後のタイル



写真-19 90サイクルを負荷した引き抜き試験後のタイル

そこで、温冷繰り返し後の試験体の強度が変化していないかどうかを検証するために、試験体から5cmφ×高さ6cmのコアを抜いて、圧縮強度試験を行った。

試験結果から、温冷繰り返し負荷による各試験体の圧縮強度の変化は生じていないことが確認された。一方、写真-18、19に示すように、タイル裏面へのコンクリートの付着量に顕著な差が見受けられ、今後貼替え部位との差や、実製品との違いな



写真-20 貼替えない試験体から



写真-21 1体からN=3のコアを採取  
コアを採取

表-7 コア試験体による圧縮強度試験結果

| 温冷繰り返しサイクル数 | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------|---------------------------|
| 0           | 46.2                      |
| 30          | 40.9                      |
| 60          | 42.1                      |
| 90          | 41.8                      |

どを検証していく必要があると考えられる。

## 5. まとめ

昨年発行された、「タイルの貼替え指針・同解説（案）」の要領に基づいて貼替えられたタイルの、長期的な付着耐久性を確認することを目的とした温冷繰り返し試験を実施した。貼付け用材料として、タイル貼付け用やコンクリート角欠け補修用の既成調合モルタル、あるいは現場調合モルタルなど、現在使用されている代表的なものを評価したが、いずれも実用上問題の無い接着強度を保持していることが確認された。

協会では今後も継続して、以下のような活動を予定している。

- 地域ごとの長期暴露試験の実施・評価
- 出荷前に貼替えなければならない要因そのものを減らすことを目的とした、プレキャストコンクリート部材の設計、製造に関わる手引きの発行

これらは、昭和55（1980）年にPCSAより会員各社へ配布された、「タイル先付けPC部材製作指針」の改訂という形を取りながら、安心して使って頂ける「PCa版タイル先付け工法」の確立を目指し努力していきたい。

## 【謝辞】

本試験の実施に当たっては、社団法人「全国タイル業協会」の多大な協力を賜りました。ここに深く謝意を表します。

プレコンシステム協会 技術部会長  
佐々木 哲也