

各種外壁タイル張り工法における引張接着強度の評価

高橋 愛枝^{*1}・久保田 浩^{*1}

Keywords : exterior-wall tile, bond strength, post tile method, tile precast concrete method, MCR method, organic adhesives method

外壁タイル, 引張接着強度, タイル後張り工法, タイル先付け PCa コンクリート工法, MCR 工法, 有機系接着剤張り工法

1. はじめに

集合住宅の外壁仕上げはタイルが採用されるケースが多い。これは、塗装材と比較すると高級感があり、耐久性が高いためである。しかし、外壁のタイルは剥離や剥落事故が多く、第三者災害につながる危険性があるため重大な問題となっている。

タイルの剥離を防止する工法には様々な種類がある。現場でタイルを張る「タイル後張り工法」では、躯体コンクリートの表面に凹凸を付与する方法として、MCR工法や超高压水洗浄法がある。これらの表面処理工法は、タイル剥離防止に有効な工法とされている¹⁾、²⁾。また、あらかじめ型枠面にタイルを配置してコンクリートを打設して一体化する「タイル先付けプレキャスト（以下、PCa）コンクリート工法」は、剥離防止工法としては最も信頼度が高い。この工法は、板状部材に適用するケースが多いが、RC建築物の高層化に伴い、高強度コンクリート柱に適用するケースが増加してきている。さらに近年では、ひずみ追従性の高い有機系の弾性接着剤を用いることにより剥離を防止する「有機系接着剤張り工法」の採用事例が増加する傾向にある。特に押出成形セメント板は、有機系接着剤によるタイル張りを採用する事例が多い。

これらの状況から、①10年間屋外暴露したタイル後張り試験体³⁾、②設計基準強度 150N/mm²クラスの高強度コンクリートを用いたタイル先付けPCa柱⁴⁾、③押出成形セメント板に有機系接着剤を用いた外壁大形タイル張り試験体⁵⁾、⁶⁾、についてタイルの接着強度を評価した結果を述べる。

2. 10年間屋外暴露したタイル後張り試験体の引張接着強度

2.1 目的

タイル後張り工法の耐久性検討を主目的に、普通コンクリートに、①コンクリート打設後の養生期間、②コンクリートの表面処理、③下地モルタルの種類、④タイル張り工法、を変えたタイル後張り工法で作製した試験体について、屋外暴露試験を実施している。屋外暴露期間が10年を経過したので、引張試験を実施し、引張接着強度を評価した。

2.2 試験体

試験体は、普通コンクリート（ $F_c=24\text{N/mm}^2$ ）を打設し、コンクリート打設後1週間で脱型した。

試験体の外観を写真-1に、試験水準を表-1に、試験体断面を図-1に示し、以下にその概要を示す。

2.2.1 コンクリート打設後の養生期間

モルタルおよびタイル張りは、打設後2週、4週および4ヶ月（暑中）後に実施した。

2.2.2 コンクリートの表面処理

コンクリートの表面はMCR工法面、普通合板面、塗装合板面、超高压水洗浄面とした。超高压水洗浄は、



写真-1 試験体の外観

Picture1 Externals of test piece

*1 技術センター建築技術研究所建築構工法研究室

水圧 120 N/mm²により実施し、表面の処理状態を所定の密度で処理したもの（100%）と密度間隔を粗く処理したもの（50%）の2種類に設定した。

2.2.3 下地モルタルの種類

下地モルタルの種類は、軽量骨材を用いた既製調合モルタルを主にして、現場調合モルタルおよび吹付けモルタルを用いた。厚塗りを想定した2回塗りも実施した。また、施工者の技能の違いが耐剥離性に与える影響を確認するため、熟練工と初心者の施工を比較した。

2.2.4 タイル張り工法

タイル張りは、50 二丁タイルを使用し、剥離が発生しやすい下地モルタルを省略した直張りとした。既製調合モルタルを張付けモルタルとし、モザイクタイル張り工法およびマスク張り工法で施工した。

2.3 試験方法

暴露試験体は、日射が当るようにタイル張り面が東または西に向くように配置し、10 年間千葉県の一位置で暴露した。引張試験は建研式接着力試験機を用いて、施工直後（4 週間後）、暴露 3 年後、暴露 10 年後に実施した。また、剥離の確認をテストハンマーによる打診検査で実施した。

2.4 試験結果および考察

2.4.1 打診検査の結果

打診検査の結果、2W1 面と 2W2 面（表-1 参照）にタイル 3～4 枚分の大きさで 2～3 箇所の剥離が認められた。また、2W4 面の中段に 1 割、下段に 3 割の剥離が認められた。その他の面には、剥離は認められなかった。

2.4.2 経年による接着強度の比較

経年による接着強度の比較を図-2 に示す。施工直後の全体的な平均接着強度は、1.29N/mm²であり、暴露 3 年が 1.45N/mm²、暴露 10 年が 1.81N/mm²であった。これより、経年によって接着強度が高くなっていった。また、標準偏差（ σ_n ）は、施工直後は 0.42、暴露 3 年が 0.50、暴露 10 年が 0.57 であった。

一般的に外壁タイル仕上げは、経年劣化で接着強度が低下すると考えられている。しかし、本試験結果はこれとは異なる傾向を示した。この原因は、建物の外壁は外側と室内側の温湿度に相違が生じるが、本試験体においては両面が外気に晒されており日射による温度差が少ないためと考えられる。また、柱および梁などの拘束が無いためと考えられる。

表-1 試験水準

Table1 Test level

| 記号 | コンクリート表面処理 | タイル張り | 下地モルタル | タイル張り工法 | 備考 |
|----------|---------------------|-------|----------|---------|--------------|
| 1W1 | MCR 面 | 有 | — | マスク | |
| 1W2 | | | | モザイクタイル | |
| 1W5 右 | | | | | |
| 1W5 左 | | | | | |
| 1E7 | | 無 | 軽量 | — | |
| 2E12 | | | 軽量 2 回 | | |
| 2E13 | | | 現場調合 | | 初心者施工 |
| 1E6 | | | 現場調合 | | |
| 1W4 右 | | | 吹付け | | |
| 1W4 左 | | | | | |
| 1W3 | | | | | |
| 2W1 | 普通 合板 面 | 有 | — | マスク | |
| 2W2 | | | | モザイクタイル | |
| 2W5 | | | | | |
| 1E8 | | | | | 初心者施工 |
| 1E9 | | 無 | 軽量 | — | |
| 2W4 | | | 軽量 2 回 | | |
| 2W3 | | | 現場調合 2 回 | | |
| 1E10 | | | 吹付け | | |
| 2E11 | 塗装合板面 | 無 | 軽量 2 回 | — | 初心者施工 |
| 2E14 上段左 | 超高 圧水 洗淨 面 | 有 | — | モザイクタイル | 超高压洗淨 100%処理 |
| 2E14 上段右 | | | | マスク | 超高压洗淨 100%処理 |
| 2E14 中段左 | | | | モザイクタイル | 超高压洗淨 50%処理 |
| 2E14 中段右 | | | | マスク | 超高压洗淨 50%処理 |
| 2E14 下段 | | 無 | 軽量 | — | 超高压洗淨 50%処理 |
| 2E15 | | | 軽量 | | 超高压洗淨 100%処理 |

註）コンクリート打設後の養生期間は、超高压水洗淨面の記号 2E14 および 2E15 を除き、上段：2 週間、中段：4 週間、下段：4 ヶ月（暑中施工）である。

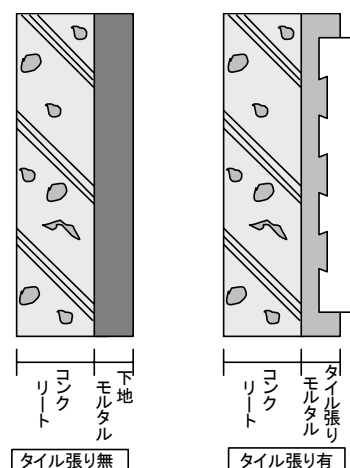


図-1 試験体断面
Fig.1 Section of test piece

2.4.3 コンクリート打設後の養生期間の比較

コンクリート打設後の養生期間による比較を図-3 に示す。いずれも経年で接着強度が増加しており、標準偏差もそれによって大きくなった。養生期間の違いによる差は、ほとんど無かった。

2.4.4 コンクリート表面処理の比較

コンクリート表面処理による比較を図-4に示す。接着強度が最も大きかったのは、超高压水洗浄面であった。この処理は処理程度を2水準としているが、今回の処理の差では両者に大きな差異は見られなかったため平均値とした。

暴露10年の試験結果は、施工直後および暴露3年の試験結果よりも接着強度が増加していた。この傾向は、全ての表面処理において同様であった。また、コンクリートの表面処理方法の違いにより破断位置に差異が生じた。MCR工法および超高压水洗浄法により表面処理を行ったものはモルタル位置での凝集破壊であったが、普通合板面はコンクリートとモルタルの界面での破断となったものが多数あり、接着強度もばらつきが大きい傾向であった。

これによりMCR工法および超高压水洗浄法によるコンクリート表面処理は、10年以上の剥離防止を維持できることが検証できた。

2.4.5 下地モルタルの比較

普通合板面での下地モルタルによる比較を図-5に示す。軽量モルタルおよび吹付けモルタルは接着強度が増加しており、標準偏差もそれに従って大きくなった。しかし、現場調合モルタルは接着強度の伸びは無く、標準偏差の値は大きい結果であった。

施工性が良好であるが物性（強度や長さ変化）について必ずしも評価を得ていない軽量モルタルは、接着強度が大きくなり破断位置もモルタルの凝集破壊が多く、良好な結果であった。現場調合モルタルは、暴露3年までに剥離の発生があったが、その後剥離の拡大は少なかった。しかし、破断位置は、コンクリートとモルタルの界面であったものが多くあり、10年を超える長期間の屋外暴露による剥離発生の可能性があると考えられる。なお、今回の試験結果からは、熟練工と

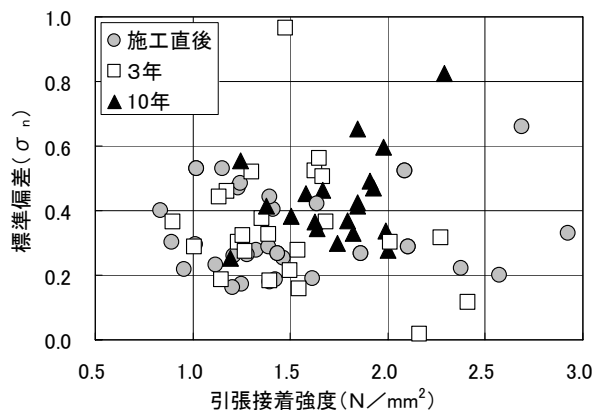


図-2 経年による接着強度の比較
Fig.2 Comparison of bond strength by years

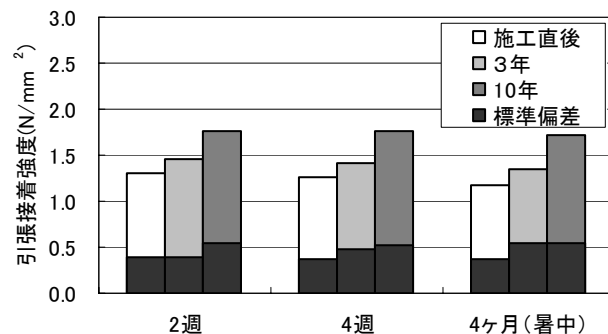


図-3 コンクリート打設後の養生期間の比較
Fig.3 Comparison of concrete at care period

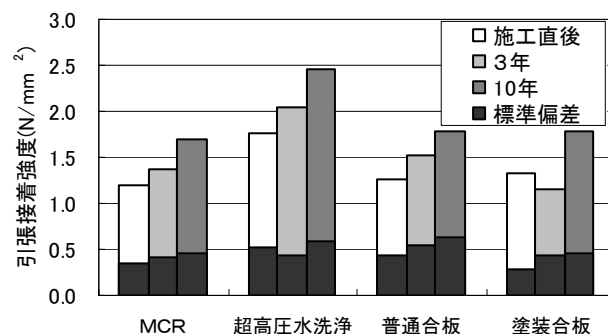


図-4 コンクリート表面処理の比較
Fig.4 Comparison of surfaces of concrete

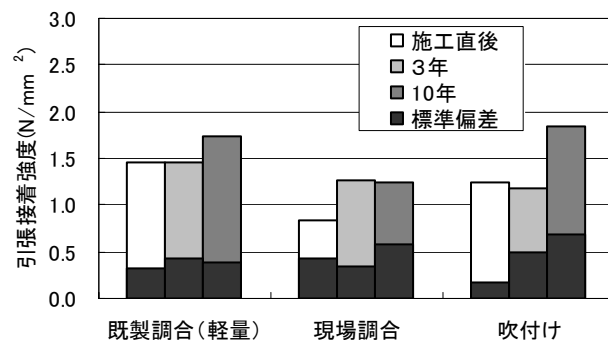


図-5 下地モルタルの比較（普通合板面）
Fig.5 Comparison of the groundwork mortar (Common plywood)

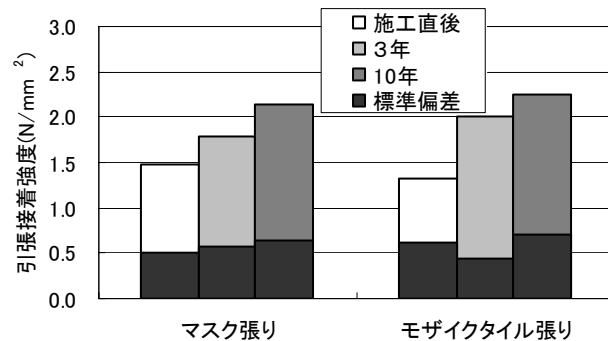


図-6 タイル張り工法の比較
Fig.6 Comparison of tiled methods

初心者による接着強度の差はほとんど無かったため平均値とした。

2.4.6 タイル張り工法の比較

タイル張り工法による比較を図-6 に示す。50 二丁モザイクタイルをモザイクタイル張り、マスク張りをを行ったものの結果に明確な差異は無かった。

2.5 まとめ

試験結果のまとめを以下に示す。

- ① 屋外暴露 10 年の試験結果は、施工直後および暴露 3 年の試験結果よりも接着強度が増加していた。この傾向は、全ての施工条件において同様であった。
- ② コンクリート打設後の養生期間の違いによる差は、ほとんど無かった。
- ③ コンクリート表面処理の違いは、普通合板面では、剥離の発生があったが、MCR 工法および超高压水洗浄法により処理した面では、剥離の発生が無く良好な結果であった。特に超高压水洗浄した面は、接着強度が高くばらつきが少なく、際立って良好な結果であった。
- ④ 下地モルタルは、軽量モルタルと吹付けモルタルに差は認められなかったが、現場調合のモルタルは長期間での剥離発生の可能性があることが分かった。
- ⑤ タイル張り工法の違いによる結果に明確な差異は無かった。

これによりMCR 工法および超高压水洗浄法によるコンクリート表面処理は、各種条件が変わっても 10 年以上の剥離防止を維持できることが検証できた。また、下地モルタルとして現場調合モルタルを使用した場合や普通合板面に直張りの施工は、剥離の発生が認められ、耐久性に問題があることが確認できた。

3. 高強度コンクリートを用いたタイル先付け PCa 柱の引張接着強度

3.1 目的

高強度コンクリートは、初期の自己収縮が大きい傾向にあり、タイル先付けPCaコンクリート工法に高強度コンクリートを適用する場合には、先付けしたタイルに必要な接着強度が確保されているかを実験的に検証しておく必要がある。そこで、 $F_c=150\text{N/mm}^2$ クラスの高強度コンクリートを用いた実大のタイル先付けPCa柱部材と比較用の通常コンクリートを製作し、①コンクリート強度、②タイルの大きさ、③タイル裏面

処理、④タイル裏足の方向、⑤打設方向、を変えて引張試験を実施し、引張接着強度を評価した。

3.2 試験体

試験水準を表-2 に示す。実験に用いたタイルは一般的に用いられている磁器質の 50 二丁と 50 角のモザイクタイルである。タイルの裏面には、タイルに発生するひずみを低減して耐剥離性能を向上させるため、アクリルシリコン樹脂を約 $10\mu\text{m}$ の厚さで塗装した。試験体は五角柱とし、コンクリートの打込み方向がタイルの接着強度に影響を及ぼす可能性があるため、縦打ちのものと横打ちのものを、さらにタイル裏足の方向を変えて製作した。柱試験体の形状を図-7 に示す。また、タイルとコンクリートの接着に及ぼす内部拘束の影響が不明であるため、配筋量は実際の超高層建築物鉄筋コンクリート造の設計をもとに定めた。コンクリートの使用材料と調合を表-3~4 に示す。

表-2 試験水準

Table2 Test level

| | |
|---------------|--------------------------------------------|
| コンクリートの設計基準強度 | 150N/mm ² , 60N/mm ² |
| タイルの種類 | 50 二丁タイル, 50 角タイル |
| タイルの裏面処理 | 裏面処理なし, 裏面処理あり |
| タイル裏足の方向 | 縦, 横 |
| 打設方向 (型枠の角度) | 縦(垂直面), 横 (図-7 参照) |

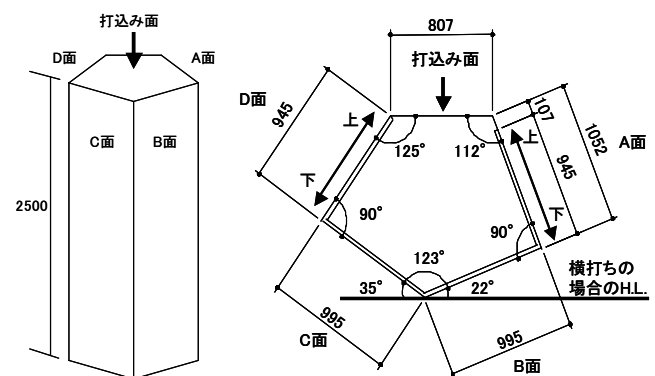


図-7 柱の形状 (左: 縦打ち, 右: 横打ち)

Fig.7 Shape of pillar (Left: length, Right: side)

表-3 使用材料

Table3 Test materials

| | | |
|-------|-------|---------------------------------------------------------------------------|
| Fc150 | 結合材 | 普通ポルトランドセメント : スラグせっこう系結合材 : シリカフェム=7 : 2 : 1 (密度 2.99g/cm ³) |
| | 粗骨材 | 安山岩系砕石 (表乾密度 2.65g/cm ³) |
| | 細骨材 | 安山岩系砕砂 (表乾密度 2.63g/cm ³) |
| | 化学混和剤 | ポリカルボン酸系高性能減水剤 |
| Fc60 | 結合材 | 普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm ³) |
| | 粗骨材 | 石灰岩系砕石 (表乾密度 2.72g/cm ³) |
| | 細骨材 | 石灰岩系砕砂 : 陸砂=5 : 5 (表乾密度 2.64g/cm ³) |
| | 化学混和剤 | ポリカルボン酸系高性能減水剤 |

3.3 試験方法

建研式接着力試験機を用いてタイルの引張接着強度を測定した。測定箇所を図-8～9に示す。引張試験は、コンクリートの圧縮強度の増加が比較的小さくなる材齢8週から約3週間に亘って実施した。

縦打ち試験体は、タイルを張った4つの面はいずれも垂直であるため、タイル角度は 90° とした。横打ち試験体は、タイル角度がA面は 68° 、BおよびC面はタイルの裏足面が上向きとなっており底面とほぼ同じであるため 180° 、D面は 55° とした。

3.4 試験結果および考察

3.4.1 コンクリート強度

接着強度試験結果の平均値を図-10に示す。 150N/mm^2 クラスのコンクリートを用いた柱のタイルの接着強度は、 60N/mm^2 クラスのコンクリートを用いた柱に比べて明らかに高い値を示した。破断面は、一部のタイルでコンクリートやタイルの裏足が破壊した例はあったものの、基本的にはコンクリートとタイルの界面近傍のコンクリートの破断であった。いずれのタイルの接着強度も国土交通省の建築工事監理指針¹⁾および日本建築学会の建築工事標準仕様書JASS19「陶磁器質タイル張り工事」²⁾に示されるタイル先付けPCaコンクリート工法のタイル接着力の規定値(0.6N/mm^2)に対して平均値においては十分な余裕を持っていた。

3.4.2 タイルの大きさ

図-10に示すように、50二丁タイルよりも50角タイルのほうが、接着強度が高い値を示した。

3.4.3 タイル裏面処理

タイル裏面処理の違いによる引張接着強度を図-11に示す。接着強度は、 150N/mm^2 の50二丁では裏面処理無しの方が高いが、 60N/mm^2 では裏面処理有りの方が高かった。これは、 150N/mm^2 の場合は、裏面処理材の樹脂とコンクリートの接着強度よりも、コンクリートの引張強度の方が高いためであると考えられる。逆に、 60N/mm^2 の場合は裏面処理材の樹脂とコンクリートの接着強度の方が高いと考えられる。

3.4.4 タイル裏足の方向

タイル裏足方向の違いによる引張接着強度を図-12に示す。タイル裏足方向の違いは、若干縦方向の方が引張接着強度は大きい傾向を示している。しかし、今回の実験範囲では、裏足の方向はタイルの接着強度に大きな影響を与えなかった。

表-4 調合

Table4 Mixture

| 調合 | W/B (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | スラングもしくはスラングフロー目標値 (cm) |
|-------|---------|--------------------------|-----|-----|------|-------------------------|
| | | 結合材 | 水 | 細骨材 | 粗骨材 | |
| Fc150 | 16.0 | 1000 | 160 | 471 | 827 | 75(スラングフロー) |
| Fc60 | 31.0 | 500 | 155 | 686 | 1107 | 10(スラング) |

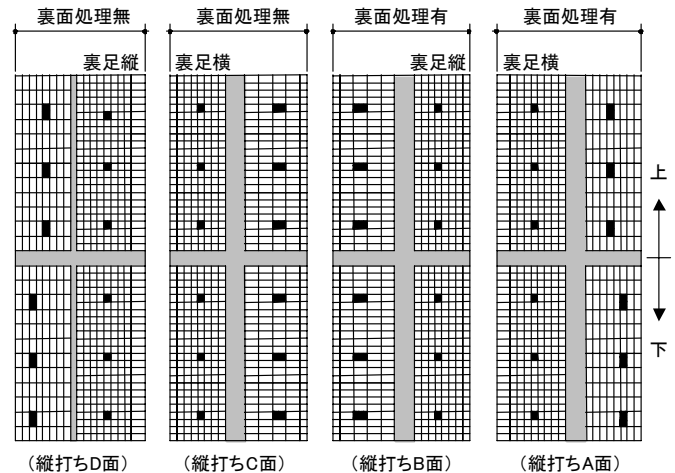


図-8 縦打ち試験体測定箇所

Fig.8 Measurement part of length test piece

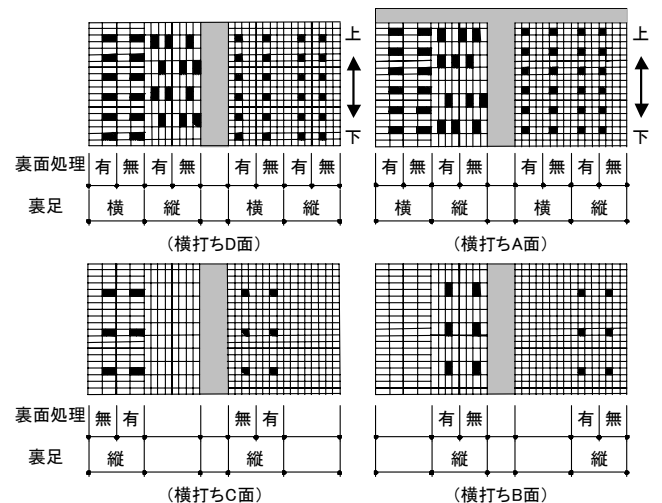


図-9 横打ち試験体測定箇所

Fig.9 Measurement part of side test piece

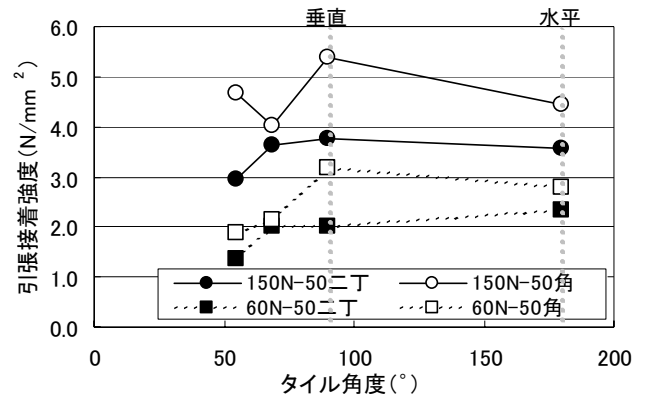


図-10 引張接着強度試験結果の平均値

Fig.10 Average of test result of bond strength

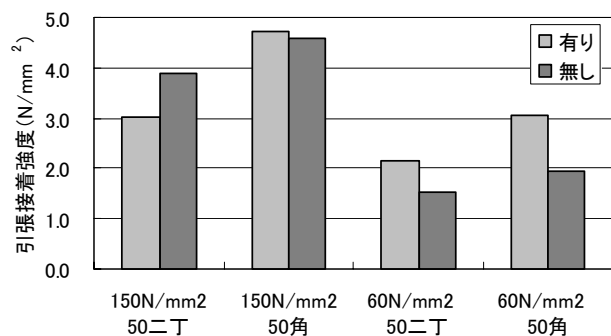


図-11 タイル裏面処理の違いによる引張接着強度

Fig.11 Bond strength by difference of the tile back processing

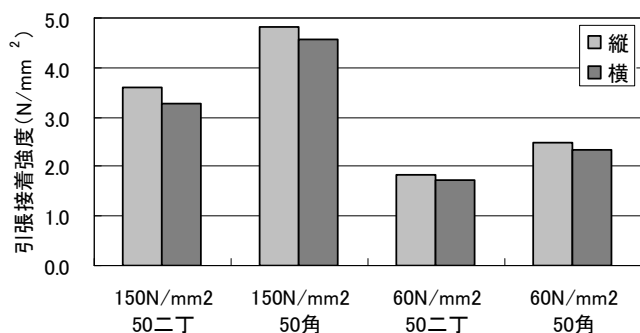


図-12 タイル裏足方向の違いによる引張接着強度

Fig.12 Bond strength by difference of direction of tile back foot

3.4.5 打設方向

60N/mm²の横打ちの3点は、接着強度が0.6N/mm²以下であった。これらは、いずれもタイル角度が90°未満(A, D面)であり、縦打ちおよび横打ちの底面には0.6N/mm²以下は認められなかった。接着強度が低かったのは、コンクリート中の気泡がタイル裏面に回り込み、接着面積が小さくなったためである。したがって、せき板の角度が垂直よりも内側に傾斜しているような形状のPCa部材を作製する場合には、事前に製造実験などで接着強度を確認する必要があるといえる。

図-10に示すように、横打ちのタイル角度55°(D面)は、縦打ちおよび横打ちの底面と比較すると、150N/mm²の50角タイル以外は差が認められ、接着強度が低いことが分かった。横打ちの打ち込み角度68°

(A面)は、50角タイルの縦打ちとの差が認められ、接着強度が低いことが分かった。横打ちの底面と縦打ちには差が認められなかった。また、縦打ちで上部と下部を比較すると、一般的には下部の方が自重がかかるため上部の方が接着強度が低いと考えられるが、本試験では差はほとんど認められなかった。

3.5 まとめ

試験結果のまとめを以下に示す。

- ① 150N/mm²クラスの柱にタイルを打ち込んだ場合の接着強度は、60N/mm²クラスに比べて明らかに高い値を示した。
- ② 50二丁タイルよりも50角タイルのほうが、接着強度が高い値を示した。
- ③ 60N/mm²クラスでは、タイルの裏面処理をしたほうが、タイルの接着強度を向上できた。
- ④ 今回の実験範囲では、裏足の方向はタイルの接着強度に大きな影響を与えなかった。
- ⑤ ほとんどのタイルは接着力の規定値(0.6N/mm²)に対して十分な余裕を持っていたが、型枠内面の角度が垂直よりも内側に傾斜しているケースでは、接着強度が0.6N/mm²を下回るものがあった。

4. 押出成形セメント板に有機系接着剤を用いた外壁大形タイル張りの引張接着強度

4.1 目的

押出成形セメント板に有機系接着剤を用いた外壁タイル張りの検討は、モザイクタイルでの報告はあるが⁷⁾、大形タイルでの検討は報告されていない。押出成形セメント板に有機系接着剤で大形タイルを張り、各種養生および処理をした後、タイルの引張試験を実施し、引張接着強度を評価した。

4.2 供試材料

下地は、押出成形セメント板のフラットパネル形状とした。有機系接着剤は、JIS A 5557:2006「外装タイル張り用有機系接着剤」規格品の変成シリコーン樹脂系の1液反応硬化形で、A社製とB社製の2種類とした。タイルは、300角(295×295mm)のI社製とII社製の2種類とした。いずれもJIS A 5209:2008「陶磁器質タイル」の吸水率による区分でI類(3.0%以下)のタイルであり、この規格を満足している。

4.3 試験体

試験体を図-13に、試験水準を表-5に示す。

試験体Pは、300×300mmの押出成形セメント板を使用し、有機系接着剤を塗布した後、40角(40×40mm)にカットした2種類のタイルを5枚ずつ張り付けた。試験体Qは、600×590mmの押出成形セメント板を使用し、有機系接着剤を塗布した後、300角タイルを4枚張り付けた。試験体数は表-5に示す。

4.4 試験方法

4.4.1 試験体の養生および処理方法

JIS A 5557「外装タイル張り用有機系接着剤」に準じて、標準養生、低温硬化養生、アルカリ温水浸漬処理、凍結融解処理、熱劣化処理を実施した。ただし、標準養生は 25℃前後の室温養生とし、湿度は制御しなかった。また、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」に準じて、熱冷繰返し抵抗性試験を実施した。

4.4.2 引張試験

各養生および処理終了後、建研式接着力試験機により引張試験を行った。試験体 P は、各タイルと有機系接着剤毎に 5 箇所測定した。試験体 Q は、タイル 1 枚に対して 5 箇所に 40mm 角の切込みを入れ、計 10 箇所測定した。

JIS A 5557 を満足するためには、標準養生で 0.6 N/mm²以上かつ凝集破壊率 75%以上、低温硬化養生、アルカリ温水浸漬処理、凍結融解処理、熱劣化処理後で 0.4 N/mm²以上かつ凝集破壊率 50%以上であると規定されているので、これに準じて評価を実施した。熱冷繰返し抵抗性に関しては、JISに規定はないため、低温硬化養生、アルカリ温水浸漬処理、凍結融解処理、熱劣化処理と同様に、接着強度 0.4 N/mm²以上かつ凝集破壊率 50%以上を基準に評価を実施した。

4.5 試験結果および考察

試験結果を表-6 に示す。接着強度は 5 点の平均値、破断面は 5 点の結果の範囲を示した。いずれの養生、処理においても、タイルの種類による接着強度の差はほとんど認められなかった。各養生および処理後の結果を以下に示す。

4.5.1 室温養生

接着強度は、接着剤 A の方が 60%程度高いが、接着剤 A と接着剤 B のいずれも JIS 規格を満足していた。破断面は、接着剤 A は JIS 規格を満足していなかったが、接着剤 B は JIS 規格を満足していた。

4.5.2 低温硬化養生

接着強度は、接着剤 A の方が 85%程度高いが、接着剤 A と接着剤 B のいずれも JIS 規格を満足していた。室温養生と比較すると接着強度が低下していた。破断面は、接着剤 A と接着剤 B のいずれも JIS 規格を満足していた。

4.5.3 アルカリ温水浸漬処理

接着強度は、接着剤 A の方が 25%程度高いが、接着剤 A と接着剤 B のいずれも JIS 規格を満足していた。

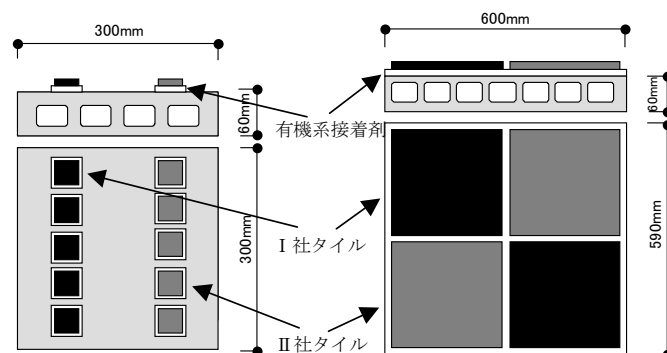


図-13 試験体（左：試験体 P，右：試験体 Q）
Fig.13 Test piece (Left : Test piece P, Right : Test piece Q)

表-5 試験水準

Table5 Test level

| 項目 | 試験方法 | 試験体 | |
|---------------|-------------------|-----|---|
| | | 形状 | 数 |
| 1. 標準養生 | JIS A 5557 : 2006 | P | 1 |
| 2. 低温硬化養生 | JIS A 5557 : 2006 | P | 1 |
| 3. アルカリ温水浸漬処理 | JIS A 5557 : 2006 | P | 1 |
| 4. 凍結融解処理 | JIS A 5557 : 2006 | P | 1 |
| 5. 熱劣化処理 | JIS A 5557 : 2006 | P | 1 |
| 6. 熱冷繰返し抵抗性処理 | 日本建築仕上学会規格 | Q | 2 |

表-6 引張接着試験結果

Table6 Test result of bond strength

| 養生・処理 | 接着剤 | タイル | 接着強度 (N/mm ²) | 破断面 (%) |
|----------|-----|-----|---------------------------|----------------------------|
| 室温 | A | I | 1.69 | a/b:10~50、b:5~20、b/c:45~70 |
| | | II | 1.68 | a/b:5~30、b:5~35、b/c:55~80 |
| | B | I | 0.99 | b:100 |
| | | II | 1.09 | b:100 |
| 低温硬化 | A | I | 1.59 | b:100 |
| | | II | 1.57 | a/b:0~5、b:95~100 |
| | B | I | 0.83 | b:100 |
| | | II | 0.87 | b:100 |
| アルカリ温水浸漬 | A | I | 1.52 | b/c:100 |
| | | II | 1.52 | b/c:100 |
| | B | I | 1.17 | b:100 |
| | | II | 1.29 | b:100 |
| 凍結融解 | A | I | 1.63 | a/b:0~15、b:85~100 |
| | | II | 1.62 | a/b:0~10、b:90~100 |
| | B | I | 1.07 | b:100 |
| | | II | 1.25 | b:100 |
| 熱劣化 | A | I | 2.16 | b/c:100 |
| | | II | 2.43 | b/c:100 |
| | B | I | 1.32 | b:100 |
| | | II | 1.44 | b:100 |
| 熱冷繰返し抵抗性 | A | I | 1.25 | b/c:90~100、b:0~10 |
| | | II | 1.31 | a:0~5、b/c:75~95、b:5~20 |
| | B | I | 0.93 | a:10~15、b:85~90 |
| | | II | 1.01 | a:10~25、b:75~90 |

a : タイル破壊, b : 接着剤破壊, a/b : タイルと接着剤界面,
b/c : 接着剤と押出成形セメント板界面

室温養生と比較すると接着剤 A は接着強度が低下し、接着剤 B は接着強度が増加していたが、差は小さく、アルカリ温水浸漬処理による影響は小さい。破断面は、接着剤 A は JIS 規格を満足していなかったが、接着剤 B は JIS 規格を満足していた。

4.5.4 凍結融解処理

接着強度は、接着剤 A の方が 40%程度高いが、接着剤 A と接着剤 B のいずれも JIS 規格を満足していた。室温養生と比較するとほぼ同程度の接着強度であり、凍結融解処理による影響はほとんどない。破断面は、接着剤 A と接着剤 B のいずれも JIS 規格を満足していた。

4.5.5 熱劣化処理

接着強度は、接着剤 A の方が 65%程度高く、接着剤 A と接着剤 B のいずれも JIS 規格を満足していた。室温養生と比較するといずれも接着強度が大きく増加し、熱劣化による影響が認められた。破断面は、接着剤 A は JIS 規格を満足していなかったが、接着剤 B は JIS 規格を満足していた。

4.5.6 熱冷繰返し抵抗性

接着強度は、接着剤 A の方が 40%程度高く、接着剤 A と接着剤 B のいずれも 0.4 N/mm^2 以上であった。室温養生と比較すると接着剤 B の接着強度の低下は小さいが、接着剤 A は接着強度が大きく低下し、熱冷繰返しの影響による劣化が認められた。破断面は、凝集破壊率 50%以上を接着剤 A は満足していなかったが、接着剤 B は満足していた。なお、破断面にタイルの破断が認められるが、切込みを入れた時点でタイルが破断したためである。

以上の結果から、接着剤 A は、押出成形セメント板が下地の場合に、接着強度に問題がないが、凝集破壊率が低く、接着性能に問題があることが分かった。

4.6 まとめ

試験結果のまとめを以下に示す。

- ① タイルの種類による接着強度の差は認められなかった。
- ② 有機系接着剤の種類については、接着剤 A は押出

成形セメント板と接着剤の界面破壊率が非常に高く、JIS 規格を満足していないことから、押出成形セメント板が下地の場合は接着剤の選定が重要であることが分かった。

5. 総括

タイル剥離防止に有効な工法とされている、タイル後張り工法である MCR 工法と超高压水洗浄法、 $F_c=150\text{N/mm}^2$ クラスの高強度コンクリートを用いたタイル先付け PCa コンクリート工法および押出成形セメント板に有機系接着剤を用いたタイル張り工法の引張接着強度を把握することができた。

また、これらの工法を実建物にも適用し、現状では剥離事例はなく、問題がないことが分かっている。さらに、タイルのひずみ追従性試験を実施して評価し、良好な結果も得られている。今後は、接着強度の妥当性について検討する予定である。

参考文献

- 1) 公共建築協会：平成 16 年版 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 建築工事監理指針（下巻）
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS19「陶磁器質タイル張り工事」，2005
- 3) 久保田浩他：10 年暴露したタイル後張り試験体の引張接着強度の評価，日本建築学会大会学術講演会研究発表論文集，pp.143～146，2006.10
- 4) 久保田浩他：設計基準強度 150N/mm^2 クラスの高強度コンクリートを用いたタイル先付け PCa 部材のタイル接着強度に関する実験的研究，日本建築学会技術報告集，第 24 号，pp.15～20，2006.12
- 5) 川上俊夫他：押出成形セメント板に有機系接着剤を用いた外壁大形タイル張りに関する検討 その 1 接着強度試験結果，日本建築学会大会学術講演梗概集 A，pp.409～410，2009.8
- 6) 久保田浩他：押出成形セメント板に有機系接着剤を用いた外壁大形タイル張りに関する検討 その 2 熱冷繰返し抵抗性試験と繰返し曲げ試験結果，日本建築学会大会学術講演梗概集 A，pp.411～412，2009.8
- 7) 三谷一房他：押出成形セメント板における有機系接着剤を用いた外壁タイル張りの接着性評価，日本建築学会大会学術講演梗概集 A，pp.119～120，2008.9