

論文 高流動コンクリートへのタイル張りにおける熱冷繰返し 接着強度に及ぼす影響

村井 正¹⁾・柿崎正義²⁾・小笠原和博¹⁾

要旨：プレキャスト(複合)コンクリート部材を想定し、ベッド面にタイルを施工した試験体について、熱応力を繰返し作用させた後、タイルの接着力試験を実施した。その結果、高流動コンクリートの接着強度は、普通コンクリートと同等であり、良好な接着耐久性が得られた。また、現場打ちを想定し、型枠面にタイルを施工した試験体の接着強度と比較・検討を行ったが、コンクリート打込み方向に対するタイル施工面の違いは、高流動・普通コンクリートともに、タイルの接着強度に影響を与えないことがわかった。

キーワード：高流動コンクリート、タイル張り、熱冷繰返し、接着強度

1. はじめに

近年、流動性と材料分離抵抗性に優れた高流動コンクリートの研究が盛んで、実用段階に入っているが、タイル先付け工法に高流動コンクリートを適用した場合、セメントペーストのタイル面への漏出や、振動機の接触によるタイルの割れ等の不具合がなくなり、タイル面の仕上がりが良好になることが期待される。また、タイル張りには、現在のところ、後張り工法が広く採用されており、高流動コンクリートへのタイル張りを検討するためには、タイルの剥離防止上の観点から、両工法についてタイルの接着性を確認する必要がある。

筆者らは、1994年から1995年にかけて、実大寸法の壁面の一部を使用してタイル張りを行い、タイル面の仕上がりの評価及びタイルの接着力試験を実施した¹⁾。その結果、高流動コンクリートを適用したタイル先付け工法は、普通コンクリートの場合と比較して、仕上がりが良好であることが検証された。また、材齢14ヶ月における高流動コンクリートのタイル接着強度は、タイル先付け工法・後張り工法とも、普通コンクリートと同程度であった。

しかし、実躯体の壁面では、日射の影響や気温変化により、実験を行った壁面より大きい応

力が作用する可能性がある。そこで本研究は、次の試験体a, bについて熱応力を繰返し作用させ、タイルの接着耐久性について検討を行った。

a. プレキャスト(複合)コンクリート部材を想定し、ベッド面にタイル施工した試験体(以下、本文中では平打ちと記す)

b. 現場打ちを想定し、型枠面にタイル施工した試験体(以下、本文中では縦打ちと記す)
縦打ちの実験結果は、既に報告を行っているが、その結果では、高流動・普通コンクリートともに、タイル先付け工法・後張り工法のいずれの工法でも、熱応力による接着強度の低下が認められなかった²⁾。

本論文は、平打ちの実験結果及び平打ちと縦打ちの違いについて考察を行ったものである。

2. 実験概要

2.1 実験の要因と水準

実験の要因と水準を表-1に示す。「タイル施工法」の後張り工法は、コンクリート表面状態の違いによる接着強度の差を調べるため、コンクリート直張りとした。また、後張り工法では、「コンクリート面」及び「張付けモルタル種類」を要因として取上げた。なお、「コンクリート面」の凹凸面とは、凹凸の付いたポリエチレ

*1 (株)INAX 建材事業本部 建材技術研究所(正会員)

*2 鹿島 技術研究所 専門部長 工博(正会員)

ンシートを型枠せき板に取付けることにより、コンクリート表面に直径10mm、深さ3mmの凹部を14mm間隔の格子状に付与したものである。

2.2 水準の組合わせ

水準の組合わせを表-2に示す。表-2の各試験条件につき、3体の試験体を作製した。

2.3 コンクリートの品質管理目標

普通コンクリートの調査設計は、通常の建築工事で使用頻度の高い条件である設計基準強度 $24\text{N}/\text{mm}^2$ 、スランプ $18 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ とした。高流動コンクリートは、設計基準強度及び空気量を普通コンクリートと同じとし、スランプフローを $65 \pm 5\text{cm}$ に設定した。

2.4 コンクリートの調合

表-3にコンクリートの調合を示す。高性能減水剤は高縮合トリアジン系化合物、AE減水剤にリグニンスルホン酸化合物、分離低減剤は低界面活性水溶性セルロースエーテルを用いた。

2.5 使用材料

使用材料を表-4に、コンクリート供試体の圧縮強度を図-1に、張付けモルタルの圧縮強度を図-2に示す。なお、コンクリート供試体は材齢8週、張付けモルタルは材齢4週まで封かん養生とし、熱冷繰返し期間中はタイル張り試験体と同一の環境においた。

2.6 試験体の作製

図-3にコンクリート打込み方向とタイル施工の関係を示す。試験体の大きさは、図-3に示すように $310 \times 410 \times 150\text{mm}$ とした。平打ち

表-1. 実験の因子と水準

要因	水準
A:コンクリート種類	A ₁ :高流動コンクリート A ₂ :普通コンクリート
B:タイル施工法	B ₁ :タイル先付け工法 B ₂ :後張り工法(直張り)
C:コンクリート面 (後張り工法のみ)	C ₁ :合板型枠面 C ₂ :表面処理合板型枠面 C ₃ :凹凸面
D:張付けモルタル種類 (後張り工法のみ)	D ₁ :ポリアセメントモルタル D ₂ :普通モルタル

表-2. 水準の組合わせ

No	コンクリート	施工法	コンクリート面	張付けモルタル
1	高流動	タイル	—	—
2	普通	先付け	—	—
3	高流動	後張り	合板型枠面	ポリアセメントモルタル
4		工法		普通モルタル
5			表面処理合板	ポリアセメントモルタル
6			型枠面	普通モルタル
7			凹凸面	ポリアセメントモルタル
8				普通モルタル
9	普通		合板型枠面	ポリアセメントモルタル
10				普通モルタル
11			表面処理合板	ポリアセメントモルタル
12			型枠面	普通モルタル
13			凹凸面	ポリアセメントモルタル
14				普通モルタル

表-3. コンクリートの調合

コンクリート	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)						
			水	セメント	細骨材	粗骨材	高性能減水剤	AE減水剤	分離低減剤
高流動	55.4	51.2	170	307	915	907	12.3	0.772(4倍液)	0.4
普通	55.4	46.6	175	316	824	980	—	0.790	—

注)セメント:普通ポルトランドセメント, 細骨材:君津産山砂(比重2.6), 粗骨材:鳥形山砕石(比重2.7)

表-4. 使用材料

材料	材料の仕様
型枠せき板	合板型枠面 : 日本農業規格に規定されるコンクリート型枠用合板2種 表面処理合板型枠面: 合板表面に樹脂系塗料を塗布したコンクリート型枠用合板 凹凸面 : 型枠せき板に凹凸付与した中空ポリエチレンシートを取付けたもの
タイル	50二丁モザイクタイル(磁器質乾式製法, 95×45×7mm)
張付けモルタル	現場調査モルタル(C:S=1:1) セメント:普通ポルトランドセメント, 骨材:けい砂, 混和剤:SBR系合成高分子エマルジョン
目地材	既製調査目地材

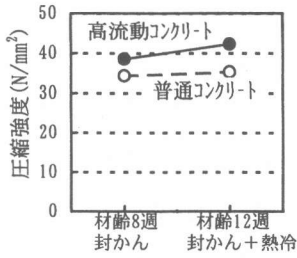


図-1. コンクリート供試体の圧縮強度

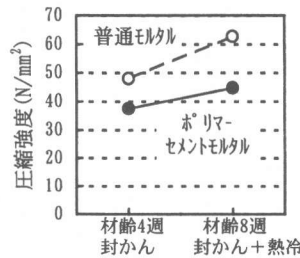


図-2. 張付けモルタルの圧縮強度

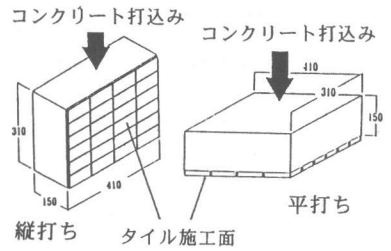


図-3. コンクリート打込み方向とタイル施工面の関係

はタイル施工面が底面(ベッド面)となるように、縦打ちはタイル施工面が側面(型枠面)となるように型枠を作製した。コンクリートの打込みは型枠内に1層で行った。締固めは、箱形振動器を用い、普通コンクリートが挿入2箇所、高流動コンクリートが締固め不要、加振時間は1箇所5秒間の条件で実施した。タイル先付け工法はタイルシート法を採用した。実験は、後張り工法の試験体とコンクリート材齢を同一にするため、コンクリート打込み後8週間空中養生した後に行った。後張り工法は、コンクリート打込み後空中で4週養生を行った後、モザイクタイル張りでタイルを張付けた。実験は、タイル張り後4週間空中養生を行った後に実施した。

2.7 実験方法

(1) 熱冷繰返し試験

タイル張り試験体の熱冷繰返し試験は、コンクリートの材齢が8~12週に、日本建築工学会の「M-101セメントモルタル塗り用吸水調整材の品質基準」における熱冷繰返し抵抗性試験に準じて行った。図-4に試験体のタイル表面の温度曲線を示す。加熱は、発熱体により、試験体のタイル面側から105分間行い、タイル表面温度が70℃になるようにした。引続き、タイル表面に15±5℃の冷却水を15分間散水することにより、室温まで冷却した。この加熱・冷却の過程を1サイクルとし、300サイクル実施することによって、試験体に熱応力を繰返し作用させた。

(2) 接着力試験

熱冷繰返し試験の前後に、建研式接着力試験機を用いて接着力試験を行い、タイルの接着強

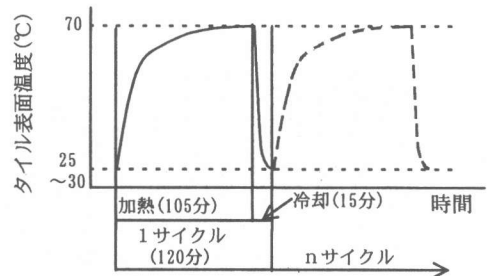


図-4. 熱冷繰返し試験中のタイル表面温度

度とその破断箇所の面積割合を調べた。破断箇所の面積割合は、接着力試験後の破断面を目視で観察することによって求めた。試験は、1板体中のランダムな4枚のタイルについて実施し、その平均値をデータとした。

(3) コンクリート表面粗さ試験

合板型枠面及び表面処理合板型枠面について、触針式表面粗さ測定器を用い、JIS B 0601「表面粗さの定義と表示」に準じ、カットオフ値8mmの条件でコンクリート表面の中心線平均粗さの測定を実施した。測定は、せき板の木目方向に対し平行及び垂直方向に、1つの試験条件につき2体の試験体について行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 平打ちの接着特性

図-5に各試験体の熱冷前後の接着強度を、図-6に接着力試験における各試験体の破断箇所の面積割合を、図-7に後張り工法における各要因の平均接着強度を示す。

(1) 熱冷前と熱冷後の違い

図-5より、No.3を除く試験体の熱冷後の接

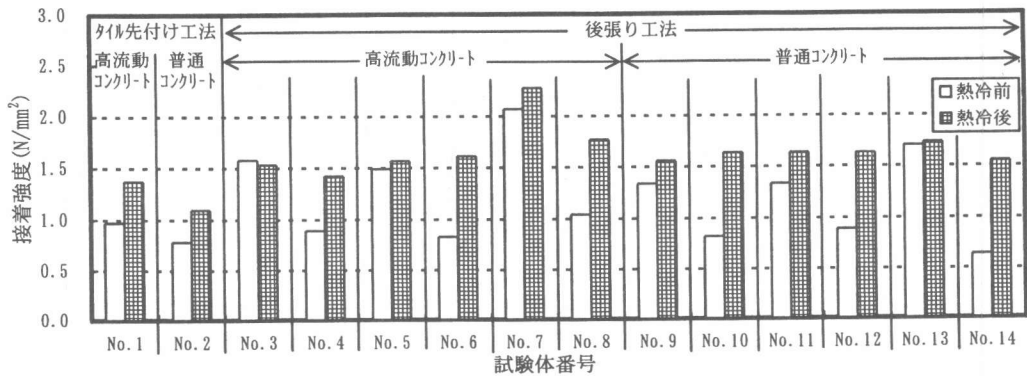
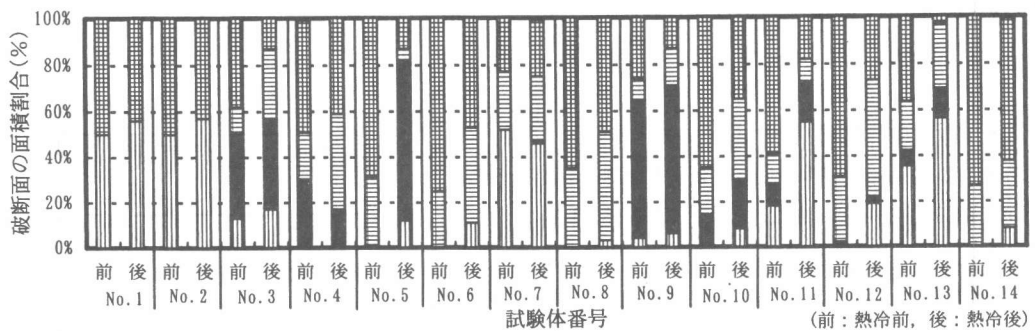
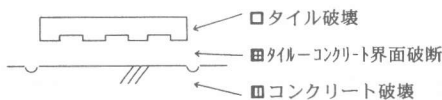


図-5. 各試験体の熱冷前後の接着強度



※タイル先付け工法 (No. 1, 2) の破断箇所



※後張り工法 (No. 3~14) の破断箇所



図-6. 接着力試験における各試験体の破断箇所の面積割合

着強度は、熱冷前に比べて2~140%増加していた。No. 3は熱冷後に接着強度が熱冷前の3%減少しているが、標準偏差(熱冷後で 0.406N/mm^2)を考えるとばらつきの範囲内と考えられる。

図-6より破断状態を調べると、タイル先付け工法 (No. 1, 2) は、熱冷前と比較して熱冷後はタイル-コンクリート界面破断が少なく、コンクリート破壊が多い。後張り工法 (No. 3~14) は、熱冷前と比較して熱冷後はタイル-張付けモルタル界面破断が少なく、張付けモルタル破壊が多い。熱冷後の張付けモルタル-コンクリート界面破断の割合の変化量は、No. 5を除く試験体は、-14~8%の範囲内にある。No. 5では熱冷前1%から熱冷後70%と大きく増加しているが、No. 5の接着強度は熱冷前 1.49N/mm^2 、熱冷後 1.56N/mm^2 と熱冷後でも十分な値を保持してい

ることより、熱応力によって劣化したとは考えにくい。以上より、本実験では熱応力による接着強度の低下はみられないと考えられる。

(2) タイル先付け工法の接着特性

図-5より、接着強度は高流動コンクリートの方が普通コンクリートより大きい。これは高流動コンクリートの方が圧縮強度が大きいためと考えられる(図-1)。図-6より破断状態を調べると、高流動・普通コンクリートともに、タイル-コンクリート界面破断及びコンクリート破壊であるが、これはタイル裏足凹部にコンクリートが充填した状態で破断していることを示している。従って、高流動コンクリートは、振動締固めが不要であるが、タイル裏足凹部へのコンクリートの充填は普通コンクリートと同程度であったといえる。

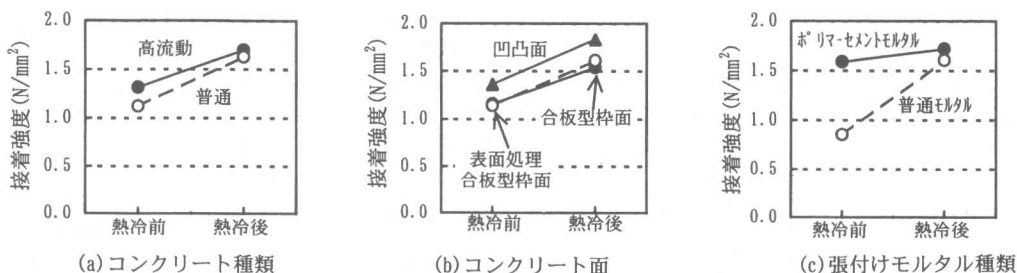


図-7. 後張り工法における各要因の平均接着強度

(3)後張り工法の接着特性

①コンクリート種類による違い

図-7 (a)より、高流動コンクリートの方が平均接着強度が大きいですが、これは図-1より、高流動コンクリートの方が圧縮強度が大きいためと考えられる。

②コンクリート面による違い

図-7 (b)より、凹凸面の平均接着強度が大きく、合板面及び表面処理合板面は同程度である。図-6より熱冷後の張付けモルタル-コンクリート界面破断を調べると、合板型枠面36%、表面処理合板型枠面22%、凹凸面3%であり、凹凸面が他のコンクリート面に比較して少ない。このことがコンクリート面による違いに影響を与えていると考えられる。

③張付けモルタルによる違い

図-7 (c)より、熱冷前は普通モルタルよりポリマーセメントモルタルの方が平均接着強度が大きいですが、熱冷後は普通モルタルが熱冷前の88%の増加しているのに対し、ポリマーセメントモルタルは平均8%の増加にとどまっております。図-2より、張付けモルタルの圧縮強度を調べると、普通モルタル・ポリマーセメントモルタルとも熱冷後は増加しているが、ポリマーセメントモルタルは熱冷前に既に高いレベルの接着強度が得られているため、圧縮強度の増加の影響は普通モルタルより小さかったと考えられる。

3.2 平打ちと縦打ちの違いについて

本節では、コンクリート打込み方法の違いが

接着強度へ及ぼす影響を調べるため、今回得られた平打ちの接着強度を、縦打ちの接着強度²⁾と比較・検討を行った。また、コンクリート表面状態の違いは接着強度に影響を与える可能性があるため、平打ちと縦打ちのコンクリート表面の中心線平均粗さの測定を行った。

(1)コンクリート表面粗さ

図-8に平打ちと縦打ちのコンクリート表面の中心線平均粗さを示す。図-8より、表面処理合板型枠面の中心線平均粗さは、コンクリート・打込み方法・測定方向によらず約5 μm 程度である。合板型枠面の中心線平均粗さは、コンクリートによる差はみられないが、木目と平行より垂直の方が大きい。また、平打ちより縦打

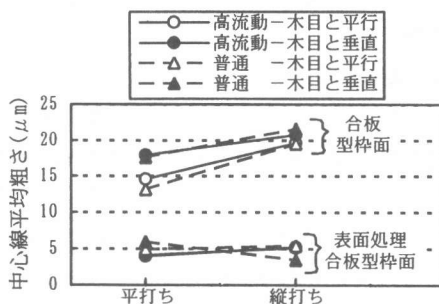


図-8. 平打ちと縦打ちのコンクリート表面粗さ

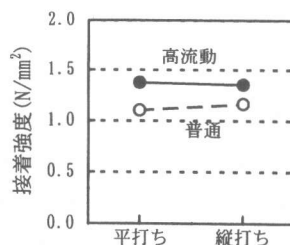


図-9. 平打ちと縦打ちの熱冷後の平均接着強度(タイル先付け工法)

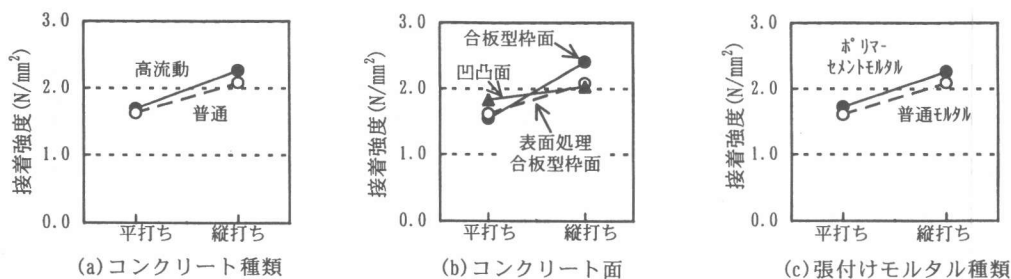


図-10. 平打ちと縦打ちの熱冷後の平均接着強度(後張り工法)

ちの方が大きい傾向がある。この原因の一つとして、合板自体の表面粗さが異なっていたことが考えられる。

(2) 熱冷後の平均接着強度

図-9にタイル先付け工法の、図-10に後張り工法の平打ちと縦打ちの熱冷後の平均接着強度を示す。

① タイル先付け工法

図-9より、平均接着強度は、高流動コンクリートでは平打ち 1.37N/mm^2 、縦打ち 1.35N/mm^2 、普通コンクリートでは平打ち 1.10N/mm^2 、縦打ち 1.16N/mm^2 であり、高流動・普通コンクリートとも平打ちと縦打ちはほぼ同等であった。従って、タイル先付け工法におけるコンクリート打込み方法の違いは、タイルの平均接着強度には影響を与えないといえる。

② 後張り工法

図-10(a)~(c)より、全ての要因において、平打ちの平均接着強度は縦打ちの64~78%程度で、縦打ちより小さい。ただし、図-10(b)より、「凹凸面」では、平打ちの平均接着強度は、縦打ちの90%であり、他のコンクリート面と比較すると平打ちでも大きい接着強度が得られている。平打ちと縦打ちの平均接着強度の違いについては、平打ちと縦打ちでコンクリート表面粗さが変わらない表面処理合板型砕面においても、平均接着強度が縦打ちの方が大きいことより(図-10(b))、コンクリート表面粗さ以外の要因が影響を与えていると考えられる。張付けモルタルの「封かん+熱冷」の強度を調べると、例えばポリマーセメントモルタルでは、平打ち

44.8N/mm^2 、縦打ち 46.4N/mm^2 と縦打ちの方が大きい。普通モルタルの圧縮強度も同様に平打ちより縦打ちの方が大きい。また、後張り工法では、張付けモルタルを塗付ける際のこて圧、タイル叩き押さえの際の叩き強さ等の違いにより接着強度は異なる。平打ちと縦打ちの接着強度の違いには、このような要因が影響を及ぼしていると考えられる。

4. まとめ

- (1) 高流動コンクリートへのタイル張りでは、今回加えた熱応力の範囲では、接着強度の顕著な低下は認められず、良好な接着耐久性が得られた。
- (2) タイル先付け工法・後張り工法ともに高流動コンクリートは普通コンクリートと同等の接着強度が得られた。
- (3) 今回の実験の条件では、コンクリート打込み方法の違いは、タイルの接着強度へは影響を与えなかったと考えられる。

参考文献

- 1) 村井 正, 柿崎正義, 小笠原和博: タイル型枠先付け工法への高流動コンクリートの適用化, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 1, pp. 121-126, 1997
- 2) 小笠原和博, 柿崎正義, 村井 正: 高流動コンクリートへのタイル張りに関する研究 その2. 熱冷繰返しによる接着特性の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(A-1), pp. 455-456, 1997. 9