

論文 樹脂を混合したタイル目地によるタイルの剥落低減に関する研究

棚橋 泰士*1・堀 淳一*1・河辺 伸二*2

要旨: タイルの剥落を低減させる目地材の検討において、防水性と剥落抵抗性の試験を実施した。防水性は透水試験、剥落抵抗性はタイルの面外方向への押抜き試験により評価した。その結果、目地モルタルの密度を上げることで裏面まで水が達しにくくなることと、さらに合成樹脂エマルジョン(以下、樹脂と表記する)を P/C50%混合することで防水効果が向上することが確認された。押抜き試験の荷重と変位の測定より、目地モルタルに樹脂を P/C50%混合したものと弾性接着剤は最大荷重後の荷重低下が緩やかで変位が大きくなってても一定以上の荷重が確認されたため、目地材として用いることでタイルの剥落抵抗性が確認された。

キーワード: タイル目地, 目地モルタル, 合成樹脂エマルジョン, 透水試験, 押抜き試験, 剥落

1. はじめに

タイルは多くの建築物の外装仕上げ材として用いられ、他の外装仕上げ材と比べ美装性、躯体保護性、メンテナンス性に優れている。一方、「タイル張り工法においては、剥落の危険を防止することが優先的に要求されるために、剥落安全性を優先的に確保する。」¹⁾とあるように、剥落による人的もしくは物的な危険があり、剥落を減少させるための検討が続けられている。

タイルの剥離は主にコンクリート躯体と下地調整モルタルの界面もしくはコンクリート躯体と張付けモルタルの界面で発生している。それに対し、タイル張り外壁の剥落防止工法²⁾として、立体繊維材料張り工法、先付け特殊繊維シートによるタイル張りモルタル層の剥落防止工法、コーン状係止部材及び短繊維混入モルタルを併

用したタイル張り工法等があり、コンクリート躯体の下地処理として超高压水洗浄法やMCR工法等がある。これらいずれの工法もコンクリート躯体と下地モルタルの界面もしくはコンクリート躯体と張付けモルタルの界面に特化した工法であり、目地材についての検討はあまりされていない。

そこで本研究では、剥落を低減させる目地材を検討することを目的として、以下2つの試験を行う。

- 1) タイルの剥離原因となりうる目地部からタイル裏への水の浸入について評価するため、防水性を透水試験により確認する。
- 2) タイルの剥落抵抗性として、タイルの押抜き試験を実施し、面外方向へ押し出した際の目地材による荷重と変位を確認する。

表-1 検討する目地材の組成

番号	略称	粉体組成 (重量割合)	樹脂系統 P/C重量割合/Tg	繊維種類 重量割合	備考
1	目地モルタルA	ポルトランドセメント (47), 珪砂 (51), 添加剤 (2)	— —/—	— —	圧縮強度 55N/mm ² (28日)
2	目地モルタルA +樹脂5%	ポルトランドセメント (47), 珪砂 (51), 添加剤 (2)	エチレン酢ビ系 (EVA) 5%/約-15°C	— —	番号1に樹脂混合
3	目地モルタルA +樹脂5%+繊維	ポルトランドセメント (47), 珪砂 (51), 添加剤 (2)	エチレン酢ビ系 (EVA) 5%/約-15°C	ナイロン (繊維長5mm) 粉体に対し0.3%	番号2に繊維混合
4	目地モルタルA +樹脂50%	ポルトランドセメント (47), 珪砂 (51), 添加剤 (2)	アクリル系 50%/約-20°C	— —	番号1に樹脂混合 可とう性
5	目地モルタルB	ポルトランドセメント (45), 珪砂 (50), 添加剤 (5)	— —/—	— —	圧縮強度 30N/mm ² (28日)
6	目地モルタルB +樹脂5%	ポルトランドセメント (45), 珪砂 (50), 添加剤 (5)	エチレン酢ビ系 (EVA) 5%/約-15°C	— —	番号5に樹脂混合
7	目地モルタルB +樹脂5%+繊維	ポルトランドセメント (45), 珪砂 (50), 添加剤 (5)	エチレン酢ビ系 (EVA) 5%/約-15°C	ナイロン (繊維長5mm) 粉体に対し0.3%	番号6に繊維混合
8	目地モルタルB +樹脂50%	ポルトランドセメント (45), 珪砂 (50), 添加剤 (5)	アクリル系 50%/約-20°C	— —	番号5に樹脂混合 可とう性
9	弾性接着剤	—	変性シリコーン系 —/—	— —	タイル張付け用 弾性接着剤

*1 菊水化学工業(株) 技術開発本部

*2 名古屋工業大学大学院 教授・工博

2. 試験材料

本研究では、表-1 に示すモルタル系材料(番号 1~8)と、タイル張り用有機系接着剤(番号 9)を目地材として検討する。

圧縮強度の違いから 2 種類の目地モルタル(番号 1, 5)を選定し、それぞれに樹脂や繊維を添加した。番号 4, 8 の樹脂量 P/C50%は可とう性試験³⁾を実施し適合する中で最低樹脂量のものを選定した。番号 2, 3, 6, 7 の樹脂量 P/C5%は、一般的なポリマーセメント系断面修復材の樹脂割合が 5~15%であり、その下限値として選定した。番号 3, 7 の繊維量はタイル目地部に塗付ける際に作業性に影響を与えない範囲の上限量を選定した。

3. 試験概要

3.1 透水試験方法

筆者らは前回、防水性に着目したタイル目地のひび割れ補修に関する研究⁴⁾を行った。この試験方法を参考に透水試験を行った。試験の流れを図-1 に示す。試験は温度 23℃、湿度 50%の条件下で行った。目地材を内のり寸法 200×200×10mm の塩化ビニル樹脂製型枠にコテを用



図-1 透水試験の流れ

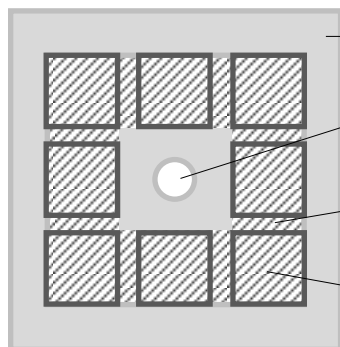


図-4 タイル張り付け図

い充填した。充填後 7 日間養生し、試験体を型枠から脱型した。なお、弾性接着剤は型枠に密着しており、脱型せずに試験を行った。材齢 26 日の時点で、直径 75mm のガラス製漏斗をシーリング材によって取り付けた。試験の様子を図-2 に示す。

材齢 28 日目に 23℃の水を漏斗に試験体の表面から高さ約 250mm まで入れ、24 時間経過させた。その後再度 23℃の水を漏斗に試験体の表面から高さ約 250mm まで入れ測定時の水頭の差を求めた。測定間隔は 1 時間ごとに 8 時間後まで測定し、24 時間後も測定した。1 時間当たりの透水量は、24 時間の総透水量を時間で除したもの

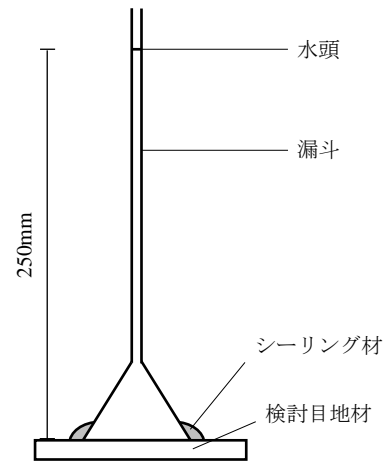


図-2 試験模式図



図-3 押抜き試験の流れ

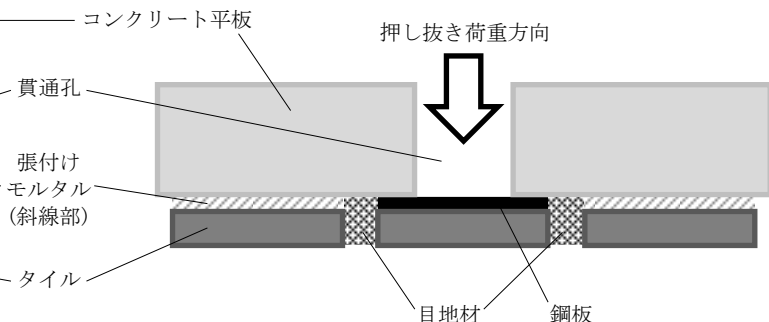


図-5 押抜き試験の模式図

とした。試験を n=3 行い、平均値を求めた。

3.2 押抜き試験方法

試験の流れを図-3 に示す。試験面寸法 300×300×厚さ 60mm で試験面中央にφ25mm の貫通孔を設けたコンクリート平板を基板とした。タイルは3×3 列にカットした9枚の45 角モザイクタイルを使用した。中央のタイルをあらかじめ取り除いた状態で、基板の貫通孔が中心になるよう張付けモルタルを用いて張り付け (図-4)、温度 23℃ の条件下で 24 時間養生した。その後、貫通孔の上部に張付けモルタルの厚み分だけ鋼板で嵩上げたタイルを置き、目地の深さがタイル厚さの 2/9 以下になるまで目地材を充填した。養生は温度 23℃ で目地材の材齢 28 日まで行った。

試験はテンシロン万能材料試験機 RTG-1310 型 (株式会社オリエンテック社製) を用い毎分 1mm で中央のタイルをコンクリート平板背面から面外方向へ押し出し (図-5)、荷重と変位の測定を行った。変位は、試験機の載荷板の移動量とした。試験は n=3 行い、平均値を求めた。

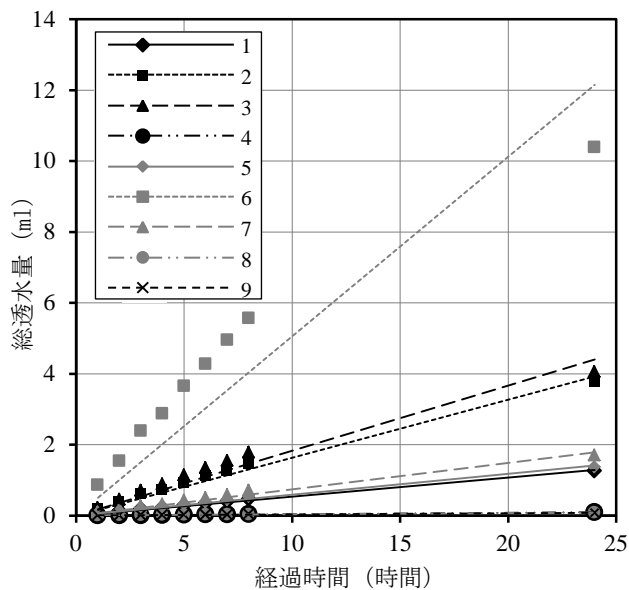


図-6 総透水量の変化と回帰直線

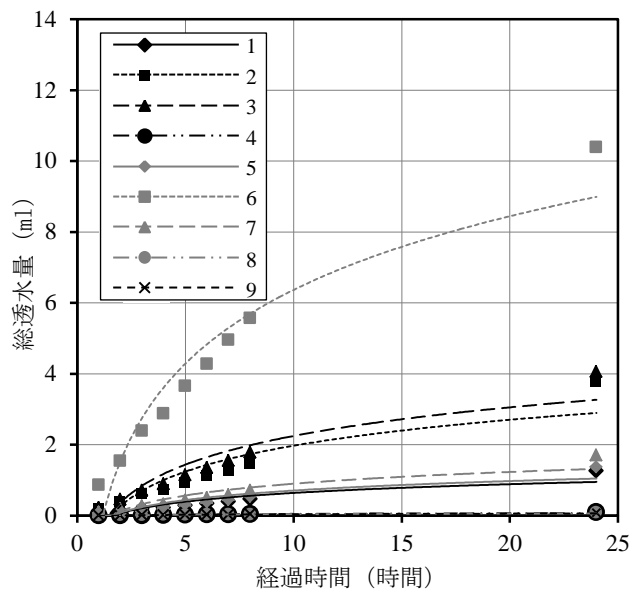


図-7 総透水量の変化と回帰曲線

表-3 回帰直線と回帰曲線の式と相関係数

番号	略称	回帰直線		回帰曲線	
		式	相関係数 (R ²)	式	相関係数 (R ²)
1	目地モルタルA	$y = 0.054x$	0.997	$y = 0.356\ln(x) - 0.179$	0.795
2	目地モルタルA+樹脂5%	$y = 0.164x$	0.987	$y = 1.055\ln(x) - 0.458$	0.814
3	目地モルタルA+樹脂5%+繊維	$y = 0.183x$	0.956	$y = 1.165\ln(x) - 0.436$	0.858
4	目地モルタルA+樹脂50%	$y = 0.004x$	0.988	$y = 0.029\ln(x) - 0.018$	0.820
5	目地モルタルB	$y = 0.059x$	0.992	$y = 0.386\ln(x) - 0.181$	0.809
6	目地モルタルB+樹脂5%	$y = 0.506x$	0.812	$y = 2.999\ln(x) - 0.540$	0.915
7	目地モルタルB+樹脂5%+繊維	$y = 0.004x$	0.989	$y = 0.479\ln(x) - 0.203$	0.820
8	目地モルタルB+樹脂50%	$y = 0.075x$	0.982	$y = 0.023\ln(x) - 0.009$	0.769
9	弾性接着剤	$y = 0.003x$	0.961	$y = 0.023\ln(x) - 0.012$	0.783

4. 試験結果と考察

4.1 透水試験

4.1.1 試験結果

1 時間当たりの透水量、試験体裏面の状況、透水量を点数化したものを表-2 に示す。透水量の点数化は透水量 0.05ml 未満が 1 点、0.05ml 以上から 0.10ml 未満が 2 点、以下 0.10ml 増加ごとに 1 点ずつ増加させた。番号 1,5,7 は 0.05~0.07ml と似た透水量となったが裏面状況に

表-2 透水量と裏面の状況

番号	1時間当たりの透水量 (ml)	透水量点数化	裏面の状況
1	0.05	2	変化なし
2	0.16	3	裏面濡れ色
3	0.17	3	裏面濡れ色
4	0.00	1	変化なし
5	0.06	2	変化なし
6	0.43	6	漏水 (2/3), 裏面濡れ色 (1/3)
7	0.07	2	漏水 (1/3), 裏面濡れ色 (2/3)
8	0.00	1	変化なし
9	0.00	1	変化なし

差がみられた。樹脂を P/C5%混合した番号 2,3,6 は相対的に透水量が多くなり、裏面に濡れ色や漏水がみられた。樹脂を P/C50%混合した番号 4,8 と弾性接着剤(番号 9)はほぼ透水がみられなかった。

図-6 に総透水量の変化と線形近似による回帰直線を示し、図-7 に総透水量の変化と対数近似による回帰曲線を示し、表-3 に回帰直線と回帰曲線の式と相関係数を示す。透水量は経過時間に正比例し増加しており、回帰直線において、高い相関関係を示した。ただし、1 時間当たりの透水量で最大の透水量を示した番号 6 については、回帰曲線の方が高い相関関係を示した。

4.1.2 考察

本試験の回帰直線と回帰曲線を比較すると、1 時間当たりの透水量が多くなった番号 6 を除き、回帰直線の相関関係が高く経過時間当たりの透水量の推測も容易となった。

樹脂を P/C5%混合したものについて透水量の増加と、試験体裏面に濡れ色や漏水がみられた要因を推察するため、モルタル系の目地材について、乾燥密度と吸水量を確認した。乾燥密度は目地材を 70×70×5mm の大きさでモルタル板に塗り付け、硬化乾燥させた物について重量を測定した。吸水試験は JIS A 6916⁵⁾を参考にし、1 時間後の吸水量を求めた。試験結果を図-8 に示す。X 軸が乾燥密度、Y 軸が吸水量、円の直径が透水量を点数化したものを表す。結果、3 つのグループに分類される傾向がみられた。

グループ A は樹脂を P/C50%混合したもので、相対的に吸水量と透水量が少ない傾向であった。

グループ B は目地モルタルを使用したもので、相対的に密度が高めで、吸水量が多いものの透水量は少なく、裏面に水の影響は確認されなかった。

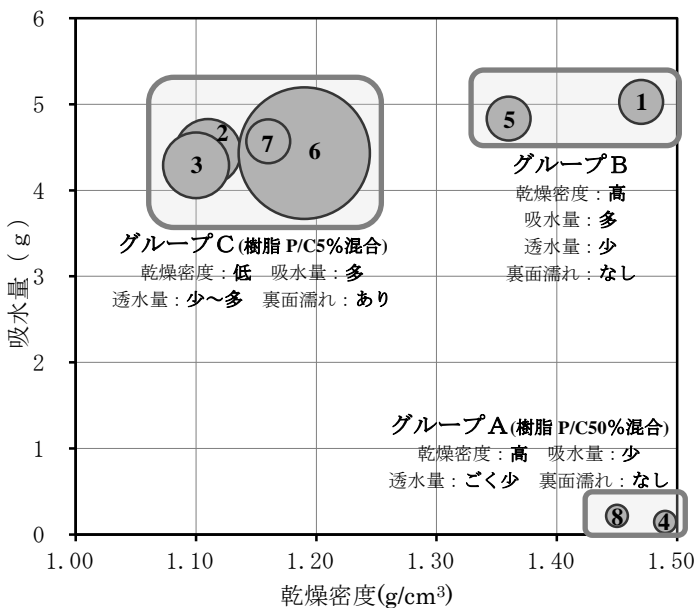


図-8 透水量, 吸水量, 乾燥密度の関係

グループ C は樹脂を P/C5%混合したもので、相対的に密度が低く、吸水量と透水量も多く、裏面に水の影響が確認された。

以上より、グループ A は吸水量が少なくなったことから、目地モルタルに樹脂を P/C50%混合したことで樹脂膜が形成され、防水性が向上したと考えられる。それに対し、グループ C は密度が低かったことから、樹脂の混合によりエントラップドエアが増大し、緻密化できなかったため、硬化後に空隙となり水路が形成されやすくなったと考えられる。さらに吸水量が多いことから、樹脂量が少なかったことで樹脂による防水効果も発揮されなかった。これらのことから裏面に水の影響が確認されたと考えられる。

4.2. 押抜き試験

4.2.1 試験結果

目地材破断時の荷重平均値と目地材破断時の変位平均値を図-9 に示す。試験前後の試験体の状態を写真-1, 2 に示す。目地材ごとに荷重と変位の変化を図-10~18 に示す。図は n=3 のすべてについて示した。図-10~18 の荷重-変位曲線より 2 回以上荷重の上昇があるものに関して、2 回目以降の荷重上昇は試験中に偏荷重がかかり目地材がタイル間に挟まれた際の荷重に起因して上昇している可能性が考えられた。そこで、図-9 目地材破断時の荷重と目地材破断時の変位は 1 回目の荷重上昇時に確認された最も高い荷重を目地材破壊時の荷重とし、その時の変位を目地材破断時の変位とした。

目地材破断時の荷重と目地材破断時の変位は番号 1, 2, 3, 5, 6, 7 と番号 4, 8, 9 でそれぞれ指数近似の傾向が

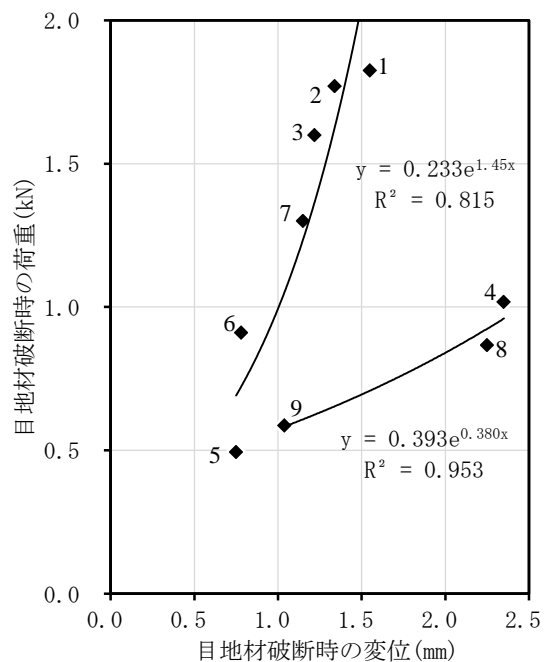


図-9 押抜き試験の目地材破断時の荷重と目地材破断時の変位

見られた。

目地材破断時の荷重は目地材の種類に着目すると目地モルタル A を使用した番号 1, 2, 3, 4 が相対的に高く、目地モルタル B に樹脂を混合した番号 6, 7, 8 が次

いで高くなり、目地モルタル B と弾性接着剤に低い傾向がみられた。樹脂量に注目すると、樹脂を P/C50%混合した場合に目地材破断時の荷重が低くなる傾向となったが、樹脂を混合していない番号 5 は極端に低くなった。

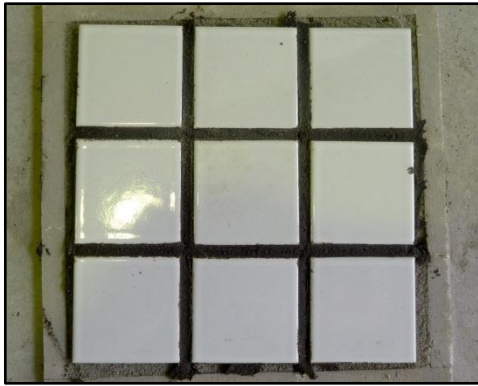


写真-1 押抜き試験前の状態
(目地モルタル+樹脂 50%)



写真-2 押抜き試験後の状態
(目地モルタル+樹脂 50%)

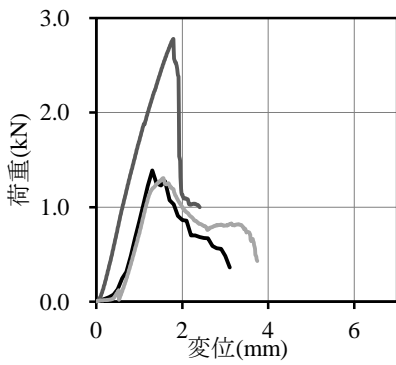


図-10 荷重-変位曲線 番号 1

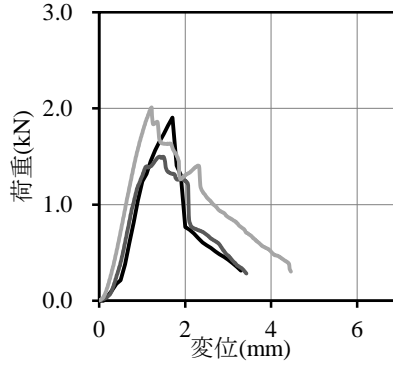


図-11 荷重-変位曲線 番号 2

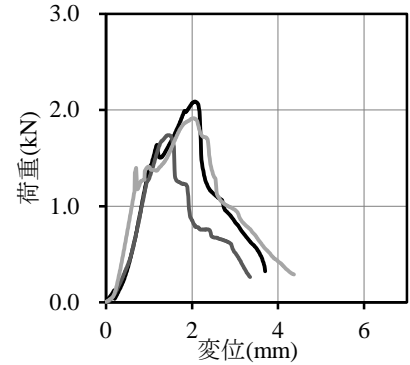


図-12 荷重-変位曲線 番号 3

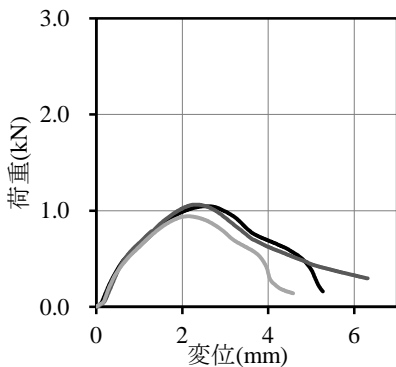


図-13 荷重-変位曲線 番号 4

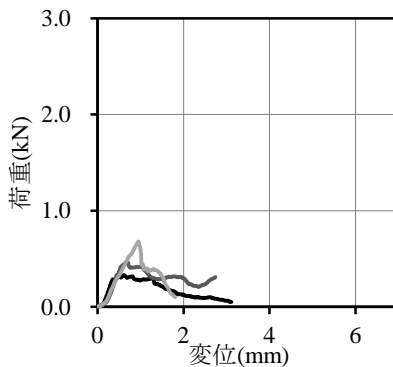


図-14 荷重-変位曲線 番号 5

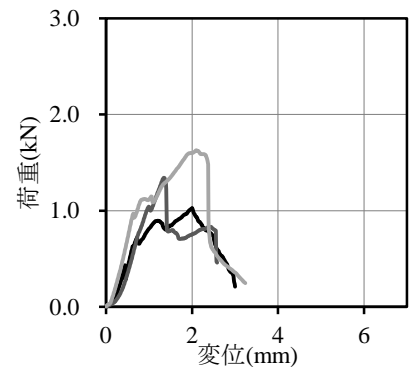


図-15 荷重-変位曲線 番号 6

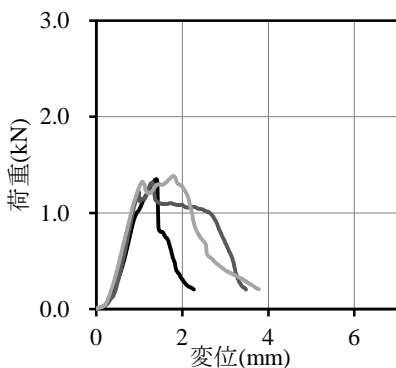


図-16 荷重-変位曲線 番号 7

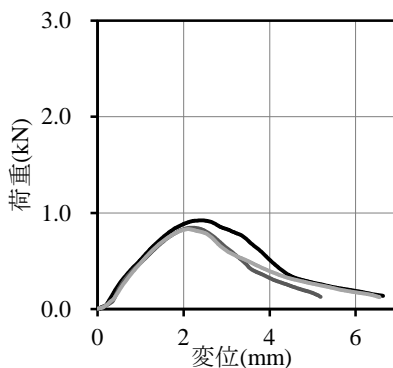


図-17 荷重-変位曲線 番号 8

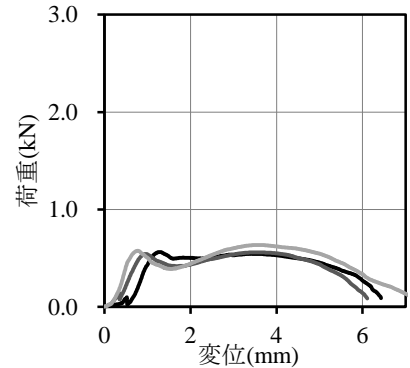


図-18 荷重-変位曲線 番号 9

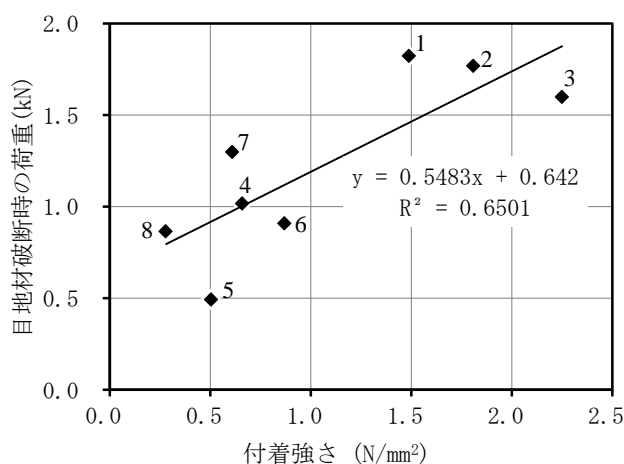


図-19 強度の比較

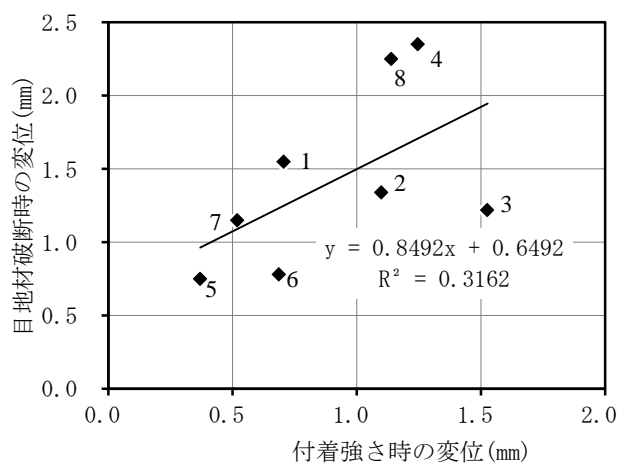


図-20 変位の比較

繊維量に注目すると、本研究の範囲内では繊維を混合したものは荷重の影響は見られなかった。

目地材破断時の変位は、樹脂を P/C50%混合した番号 4,8 が大きくなった。目地材の種類に着目すると目地モルタル A(番号 1,2,3,4)の方が目地モルタル B(番号 5,6,7,8)と比べ僅かに大きい傾向となった。樹脂量について着目すると、樹脂が多いことで変位が大きくなる傾向となった。繊維量について本試験では傾向がみられなかった。

図-10~18 の荷重-変位曲線よりモルタル系の中で、目地材に樹脂を P/C50%混合したもの以外の番号 1,2,3,5,6,7 は最大荷重が出ると急激に荷重が減少する傾向がみられた。

目地材に樹脂を P/C50%混合した番号 4,8 と番号 9 は荷重が低いものの、最大荷重後の荷重低下が緩やかとなっており、変位が大きくなる傾向がみられた。

4.2.2 考察

樹脂を P/C5%混合したもの、繊維を混合したものは、変位の上昇に対する効果がみられなかった。

変位に対して荷重の保持力があるのは最大荷重後に荷重低下が緩やかで変位が大きくなってても一定以上の荷重が確認された樹脂を P/C50%混合したもの(番号 4,8)、弾性接着剤を使用したもの(番号 9)である。これらは他の目地材と比べ変位が約 1.5 倍大きくなっており、剥落抵抗性があると考えられる。

目地材破断時の荷重は材料の凝集力に起因し変化するものと考え、モルタル系目地材について付着強さの確認を行った。付着強さは JIS A 6916⁶⁾を参考に行った。押抜き試験の目地材破断時の荷重と付着強さの関係を図-19 に示し、押抜き試験の目地材破断時の変位と付着強さの破断時の変位を図-20 に示す。強度の比較では、付着強さ大きくなるほど押抜き試験の目地材破断時の荷重が大きくなる傾向が見られた。同じく変位の比較では、付着強さ破断時の変位が大きくなるほど押し抜き試験の目地材破断時の変位も大きくなる傾向がみられた。

5. 結論

本研究により以下の結果が得られた。

- 1) 目地モルタルは吸水量が多いものの、透水量は少なく、裏面まで水が達しにくい材料であることが分かった。目地モルタルの密度を上げることで裏面への水の影響を低減させることができ、さらに樹脂を混合することで防水効果が向上する。ただし、樹脂の混合によりエントラップドエアが増加する場合は防水効果が低下する場合がある。
- 2) 目地モルタルに樹脂を P/C50%混合したもの、弾性接着剤を使用したものは、変位が大きくなってても一定以上の荷重が確認された。ここからタイル目地に可とう性のような柔軟性のある目地材を使用することで剥落抵抗性がみられる。

今後の課題

本研究で効果がみられた材料はいずれも組成中に樹脂の割合が多く、紫外線や熱などによる劣化によって性能が低下する可能性が考えられる。今後は目地材を劣化させた後の性能評価が必要である。

参考文献

- 1) 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，p.3，2012
- 2) 一般社団法人公共建築協会：建築工事監理指針平成 25 年版（下巻），pp.134-140，2013
- 3) JIS A 6909：建築用仕上塗材，7.27 可とう性試験，2013
- 4) 堀淳一，棚橋泰士，河辺伸二，嘉戸裕之：防水性に着目したタイル目地のひび割れ補修に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1，pp.1633-1638，2013
- 5) JIS A 6916：建築用下地調整材，7.14 吸水試験，2013
- 6) JIS A 6916：建築用下地調整材，7.13 付着強さ試験，2013