タイルの接着強度に及ぼすシーラーの安定性に関する研究

STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ADHESIVE STRENGTH OF EXTERIOR WALL TILES AND THE STABILITY OF POLYMER FILMS USED AS SEALERS

安 伸二*, 小林 一輔**

Shinji YASU and Kazusuke KOBAYASHI

The relationship between the adhesive strength of exterior wall tiles and the stability of polymer films in alkali environment used as sealers is studied. Concrete specimens with differing alkali contents were prepared, and exterior wall tiles were bonded to these concrete specimens employing various polymer dispersion sealers by the floating method. The tiled specimens were then subjected to outdoor exposure and to alkali immersion tests over three year periods. The results of adhesion tests conducted during exposure are compared to the results of the stability in alkali environment of polymer films. It is pointed out that the adhesion of exterior wall tiles when polymers having ester linkage are used as sealers depends on the stability of the polymer films in alkali environment. Moreover, it is verified that the thicknesses of sealers set out in current building specifications are proper. And it became possible to obtain an index for the selection of suitable polymer dispersions used as sealers for concrete.

Keywords : tile, adhesive strength, floating method, polymer dispersion, polymer film, sealer, alkali

タイル, 接着強度, 圧着工法, ポリマーディスパージョン, ポリマーフィルム, シーラー, アルカリ

1. はじめに

近年、外壁タイルをコンクリートに張付ける際に、張付けモルタルの施工に先だってポリマーディスパージョンを塗布する工法が普及している。これは、モルタル中の水分がコンクリート躯体に吸収されることを防止する目的で、ポリマーディスパージョンによりポリマーフィルムを形成させるもので、コンクリート躯体とモルタルとの接着性を高める効果も期待している。この目的に用いられるポリマーディスパージョンはシーラー（吸水調整材）と呼ばれており、また、張付けモルタルとしては一般にシーラーと同じポリマーディスパージョンを用いたポリマーセメントモルタルが用いられている。しかし、最近の外壁タイルの落下事故の調査結果は、外壁タイルの落下原因がシーラーによって形成されたポリマーフィルムのアルカリ劣化に関係があることを示唆している¹⁾。

シーラーとして用いられるポリマーディスパージョンは一般にエステル結合を有するものが多く、これらは基

本的にはアルカリ溶液によってけん化作用を受けることになる。一方、シーラーによって形成されたポリマーフィルムはコンクリート躯体に接しているので、高濃度のアルカリ溶液である細孔溶液の影響を受けることになり、接着耐久性の低下が予想される。本文では、この点について明らかにするために、モデル供試体を作製してシーラーによって形成されたポリマーフィルムの化学的安定性と圧着工法によって作製したタイル供試体の接着強度との関係について検討を行ったものである。

2. 既往の研究

2.1 既往の研究と本研究の関係

本研究が主に追求したポリマーフィルムの化学的安定性とタイルの接着強度の関係を明らかにした研究はほとんど見あたらないが、シーラーとして使用したポリマーディスパージョンの種類とモルタルの接着強度の関係に

* 大成建設(株)技術研究所 博士(工学)

** 千葉工業大学土木工学科 教授・工博

Technical Research Center, Taisei Corporation, Dr. Eng.

Professor of Civil Engineering, Chiba Institute of Technology, Dr. Eng.

ついては、近藤、篠崎、Sanjayらによる報告がある。

近藤²⁾は、エチレン酢酸ビニル系及びポリアクリル酸エステル系のシーラーを塗布し、室内に1年放置した場合と屋外に3年暴露した場合のモルタルの接着強度を調べ、以下のような結果を得ている。

1)室内に1年放置した供試体の接着強度は、シーラー塗布の場合の方が無塗布の場合よりも大きく、シーラーとしては、エチレン・酢酸ビニル系のほうがポリアクリル酸エステル系よりも、また1回塗布の場合よりも2回塗布の場合の方が、それぞれ高い接着強度を示した。

2)屋外に3年間暴露した供試体ではポリアクリル酸エステル系のシーラーを用いた場合の接着強度が顕著に低下した。

篠崎³⁾は、エチレン・酢酸ビニル系のシーラーを下地コンクリートに塗布した場合、ただ単に下地コンクリートの水湿しを行った場合について6年間の屋外暴露の後、モルタルの接着強度試験を行い、1)水湿しを行った供試体は、暴露28日で全面剥離を生じたこと、2)シーラーの3倍液を塗布した供試体は、暴露6年においても接着強度の低下が認められなかったこと、などを明らかにしている。篠崎⁴⁾はさらに、同様な供試体について耐水及び耐アルカリ加水分解性試験を56日間実施し、酢酸ビニルが多いシーラーを除き、モルタルの接着強度の低下が生じなかったことを確認している。

Sanjay⁵⁾は下地モルタルにエチレン・酢酸ビニル系、ポリアクリル酸エステル系、スチレン・ブタジエンゴム系のシーラーを塗布した供試体を56日間水浸漬を行った後にモルタルの接着強度試験を実施し、ポリアクリル酸エステル系とスチレン・ブタジエンゴム系のシーラーの塗布は無塗布の場合よりも接着強度が低下することを明らかにしている。

2.2 シーラーの機能に関する既往の知見と本研究の関係

大浜は^{6) 7)}、シーラーの機能として、1)塗りモルタルの下地コンクリートへの吸水を抑制してドライアウトの防止を図るとともに下地からの気泡の発生を防止する、2)下地コンクリート表層部へのポリマーディスページョンの浸透により被着面の強化を図る、3)接着界面により形成されるポリマーフィルムを通して化学結合等を形成する、4)ポリマーフィルムにより接着界面に生じる応力の緩和を図る、の4点を挙げている。4)の機能については、大沢⁸⁾、小笠原⁹⁾がコンクリートにシーラーを塗布後モルタルを接着した試験体にせん断力を加え、シーラーがコンクリートの変形に対する緩衝効果があることを実験で確認している。

一方、難波^{10) 11)}は、結合材がいずれもセメント系材料である下地コンクリートとポリマーセメントモルタルはセメントの水和によって良くなじむので、この面からは両者が直接接することが望ましい。このような観点から、

ドライアウトを防止するためにシーラーを用いて両者の界面に形成させるポリマーフィルムは不連続なものでなければならない、と述べている。この場合、不連続の程度は、ドライアウトが防止できる範囲で不連続性が高いことが望ましいことになる。標準塗布量はこのような不連続膜を形成するのに必要な量として定められたものとする。ドライアウトを防止する必要がある期間はモルタルを施工してから長くとも2週間程度であり、この時点でシーラーによって形成されたポリマーフィルムの役割は終わったことになる。従って、タイルの接着強度は、下地コンクリートとモルタルというセメント硬化体どうしの接着強度と両者の界面に存在するポリマーフィルムと両者の接着強度（上記の大浜による3)の機能による）が相互に関与する複雑な接着機構によって支配されることになる。タイルの接着強度に及ぼす前者と後者の寄与率は、ポリマーフィルムの不連続の程度とこれを形成させるために用いたポリマーディスページョンの化学的安定性によって支配され、しかもこれらは時間の経過とともに変化するはずである。

ポリマーディスページョンの化学的安定性に関しては、下地コンクリート中の細孔溶液のアルカリ濃度とポリマーディスページョンの種類によって影響される。また、ポリマーフィルムの不連続の程度は下地コンクリートの表面状態に大きい変化がなければ主にシーラーの塗厚によって左右される。近年、現場では標準塗布量の何倍ものシーラーを塗布するような厚塗が行われる傾向があることが指摘されているが、このような厚塗は連続膜を形成させることになり、この場合、タイルの接着強度は結局のところ、ポリマーディスページョンの化学的安定性によって支配されることになる。このようなケースに関して近藤は、エチレン・酢酸ビニル系とポリアクリル酸エステル系のポリマーディスページョンをシーラーとして用いた場合について3年間の屋外暴露実験を行い、シーラーが造膜している（連続膜を形成している）場合には、シーラーの化学的劣化により剥離を起こす可能性がある」と指摘している。

本研究は、圧着工法によって施工されたタイルの接着強度とシーラーによって形成されたポリマーフィルムの高アルカリ環境下における化学的安定性との関係を明らかにすることにより、シーラーに適したポリマーディスページョンとその望ましい塗布量についての知見を得ることを目的として実施したものである。

3. 実験方法

3.1 実験の手法

本研究では、圧着工法によって施工されるタイルの接着強度とシーラーによって形成されたポリマーフィルム

の化学的安定性との関係を明らかにするために、以下のような2つのシリーズの実験を行った。

シリーズⅠ：下地コンクリートに標準量のシーラーを塗布した場合について、接着強度の経時変化に及ぼすポリマーディスパージョンの種類と下地コンクリートのアルカリ濃度の影響を調べる実験

シリーズⅡ：下地コンクリートに塗布するシーラーの塗布量を標準量の3倍量及び5倍量とした場合について、接着強度の経時変化に及ぼす塗布量の影響を調べる実験

さて、圧着工法によって施工されたタイルの接着強度は、シーラーの塗布を通じて形成されるポリマーフィルムの化学的安定性のみによって支配されるのではなく、温度変化及び湿度変化に起因する differential movement (thermal movement と moisture movement) などの物理的要因によっても左右されることは良く知られている。本研究では、このような物理的要因による影響を分離して調べるため、接着強度を調べる供試体を屋外に暴露すると同時に室内においてアルカリ溶液中に浸漬する場合についても実験を行った。後者の環境では上記のような物理的要因の影響をほとんど受けないので、これら2つの環境において得られた結果を対比することによって、接着強度の経時変化に及ぼす物理的要因の影響を評価できると考えたからである。

3.2 実験の概要

シーラーとして用いたポリマーディスパージョンは、シリーズⅠの実験の場合には、エチレン・酢酸ビニル共重合体系（以下、EVAと略称）、メタクリル酸メチル・アクリル酸ブチル共重合体系（以下、PAE-1と略称）、アクリル酸ブチル・スチレン共重合体系（以下、PAE-2と略称）及びポリ酢酸ビニル系（以下、PVACと略称）の4種類、シリーズⅡの実験ではEVA、PAE-1の2種類である。これらのポリマーディスパージョンの性質を表-1に示す。

表-1 ポリマーディスパージョンの性質

シーラーの種類	固形分 (%)	pH (20℃)	粘度 (20℃ cP)	比重 (20℃)	最低造膜温度(℃)
EVA	45.1	6.0	640	1.06	0
PAE-1	45.5	8.8	110	1.06	10
PAE-2	34.8	7.6	170	1.03	0
PVAC	45.7	5.8	1300	1.08	2

下地コンクリートは、そのアルカリ量を変化させるために、シリーズⅠでは2Nの水酸化ナトリウム溶液を練り混ぜ水に添加することにより、使用したセメント中の等価換算Na₂O量(R₂O)がそれぞれ0.58%（無添加）、1.2%、

1.8%、シリーズⅡでは1.8%になるようにした。

暴露期間は、シリーズⅠの場合には1080日とし、シリーズⅡの場合には540日とした。

供試体は、下地コンクリートにシーラーを塗布してポリマーフィルムを形成させた後、ポリマーセメントモルタルを介してタイルを接着して作製した。供試体の形状寸法は、シリーズⅠの実験の場合には、300×300×100mm（下地コンクリート）の平板状、シリーズⅡの実験では、100×100×400mm（下地コンクリート）の梁状のものである。これらの上にシーラーを介して施工された約5mm厚さのポリマーセメントモルタル層と同時に圧着されたタイルが存在する。

3.3 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。

下地コンクリートに用いた骨材は、細骨材が荒川産川砂(5mm以下)、粗骨材が秩父両神産碎石(20mm以下)である。張付けモルタルには、5号及び6号珪砂を用いた。

タイルは、JIS A 5209 (陶磁器質タイル) に規定する磁器質タイルの45二丁掛（色：乳白色、寸法：95×45mm、厚さ：7.3mm、裏足高さ：1.5mm）を用いた。

3.4 コンクリート及びポリマーセメントモルタルの調合

(1) コンクリートの調合

タイルの張付けに用いたコンクリートの調合は表-2に示すように、水セメント比60%、スランプを12cmで一定にした。

表-2 コンクリートの調合

粗骨材の最大寸法 (mm)	目標スランプ (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)			
				セメント	水	細骨材	粗骨材
20	12	60	48	342	205	856	960

(2) ポリマーセメントモルタルの調合

ポリマーセメントモルタルの調合は、外装タイルの張付けモルタルの仕様に準じて重量比でセメント：砂（絶乾状態の5号珪砂と6号珪砂を同量混合したもの）：水の重量比が1：1：0.34で、ポリマーセメント比=10%、メチルセルロースをセメント重量の0.2%とした。

3.5 供試体の作製

(1) 下地コンクリートの作製

下地コンクリートは、脱型後20℃、70%RHの恒温室内において28日間養生した。

(2) 供試体の作製

下地コンクリートは養生後、打込み面のレイタンスをワイヤブラシで完全に除去後、シーラー塗布を行った。塗布は、原液：水=1：2の3倍希釈液（固形分約15%）により行った。塗布量は、標準量の場合は固形分が30g/m²

になるようにした。標準量の3倍量と5倍量塗布する供試体は、固形分がそれぞれ90g/m²、150g/m²になるようにした。シーラーを塗布した試験体は、20℃、70%RHの恒温室内に1日間養生した。

タイルは、JIS R 5201（セメントの物理試験方法）に準じた方法で練り混ぜたポリマーセメントモルタルを約5mm塗った下地コンクリートの上に置き、圧着工法で張付けた。ポリマーセメントモルタルを練り混ぜた後タイルを張付けるまでの時間は5分以内とした。タイルを張付けた供試体は、2日間20℃、70%RHの恒温室内に2日間養生した後、暴露試験を行った。

3.6 供試体の暴露方法

(1) 屋外暴露

暴露方法は、供試体をJIS A 1410（プラスチック建築材料の屋外暴露試験方法）に準じて水平面から30度傾け、方角は1日中太陽光に暴露されるように南向きに設置した。設置場所は、習志野市の障害物のない日当りの良い建物の屋上である。

(2) アルカリ水浸漬

実際の建物では、シーラーにより形成されたポリマーフィルム面に建物躯体のコンクリートの毛細管空隙を通してアルカリ分を含んだ水が供給される。アルカリ水浸漬は、この条件をモデル化するために行ったものである。なお、コンクリートの細孔溶液のアルカリは、Na⁺、K⁺が主であり、Ca²⁺が微量であること、pHが13程度であることを考慮して、アルカリ水として0.1Nの水酸化ナトリウム溶液を用いた。

供試体は、図-1に示すようにタイル面を空气中に曝し、下部から上部にアルカリ水が移動するように側面をエポキシ樹脂でシールした。アルカリの浸漬高さは、コンクリート面までとし、常時この面まで浸漬するようにアルカリ液の供給を行った。

図-1 アルカリ水浸漬試験体の設置方法

3.7 試験方法

(1) 接着強度試験

タイルの接着強度試験の供試体は、試験を行うタイルの周囲の目地にコンクリートに達するまで切込みを入れて周囲との縁を切った後、タイルに鋼製アタッチメントをエポキシ樹脂接着剤を用いて張付けた。

接着強度試験は建研式接着試験機と容量30トンのリーレ型油圧式引張試験機を用いて行った。後者は図-2に示

すように、4個の小型油圧シリンダーによって試験体を支持する試作装置を試験機のクロスヘッド上部に装着し、試験体をその上に乗せて偏心荷重を除いた状態で引張試験を行うものである。当初は前者の試験機を用いて接着試験を行っていたが、偏心荷重などの点で信頼性に疑問を抱いたため、途中から後者を使用した。同一の試験体に張り付けられたタイルについて両者の試験機を用いて接着試験を行った結果では、いずれの試験機を用いても大きな差は認められなかった。なお、それぞれシリーズⅠの実験では暴露日数1080日後、シリーズⅡの実験では暴露日数540日後で後者の試験機を用いて接着強度試験を実施した。

接着強度は、タイルの接着破壊までに要した引張荷重を接着面積で除し、3個の平均値として求めた。破壊箇所割合は、破壊面をトレース用紙に写し取った後、切り取って重量測定を行い調べた。

図-2 試作装置と万能試験機への設置状況

(2) 赤外分光分析

接着強度試験の結果とシーラーの劣化の関連性を検討するために行ったもので、試料は標準量の5倍量を塗布したシーラーから採取した。試料は、接着強度試験で剥がしたタイル試験片の張付けモルタルの表面を3N塩酸に1時間浸漬、十分に水洗した後ピンセットで採取した。採取した試料は、純水で洗浄、真空乾燥を行った後に分析に供した。

赤外分光分析は、試料に砂が固着していたので、フッ化水素酸溶液に浸漬して砂を溶解した後、KBr錠剤法により400～4000cm⁻¹の波数範囲で行った。

なお、あらかじめシーラー状に調製したポリマーフィルムを塩酸とフッ酸に浸漬し、それらの薬品が赤外分光分析に与える影響を調べたが、影響は認められなかった。

4. シリーズIの実験結果と考察

図-3～6は、それぞれEVA系、2種類のPAE系及びPVAC系のシーラーをアルカリ量の異なるコンクリート表面に標準量塗布して作製した供試体を、それぞれ屋外暴露及び実験室のアルカリ溶液に浸漬した場合における接着強度の経時変化を示したものである。図-7に試料の破壊状況を示すが、その破壊は一部を除き、主にコンクリートとモルタルの界面であった。

これらの図のうち、PVAC系の一部の結果を除き、共同的に認められる傾向は、暴露期間の経過とともに接着強度は次第に上昇するが、暴露期間が500～700日に達すると低下し始めることである。

一般に圧着工法によって施工されるタイルの接着強度は、大別して温度変化や湿度変化に起因する物理的な要因とシーラーのアルカリ劣化のような化学的要因の2つの要因によって支配されると言われている。しかし、今回のように屋外暴露を行った場合の接着強度の経時変化が、室内におけるアルカリ溶液浸漬の場合と同様な傾向を示したことは、これらのシーラーを使用した場合のタイルの接着耐久性が、シーラーのアルカリ劣化という化学的要因によって支配されることを意味する。これらのシーラーはエステル結合を有しているが、このエステル結合がアルカリ環境下においてはけん化反応によって切断される結果、劣化が進行するのである。この切断が急

<凡例> ● : R2O=0.58% ▲ : R2O=1.2% ■ : R2O=1.8%

図-4 PAE-1を標準量塗布した供試体の接着強度変化

<凡例> ● : R2O=0.58% ▲ : R2O=1.2% ■ : R2O=1.8%

図-3 EVAを標準量塗布した供試体の接着強度変化

<凡例> ● : R2O=0.58% ▲ : R2O=1.2% ■ : R2O=1.8%

図-5 PAE-2を標準量塗布した供試体の接着強度変化

図-6 PVACを標準量塗布した供試体の接着強度変化

速に進行する時期は接着強度が低下し始める時期（500～700日）とはほぼ対応していることが確認されている¹²⁾。

さて、図-3～5に示したようなシーラーを標準量塗布した場合における接着強度の経時変化に関しては、図-8に示したような機構が考えられる。即ち、暴露初期においては、タイルの接着強度は主にシーラーとセメント硬化体との接着機構に依存し、この場合、接着強度は初期にはシーラーによって形成されたポリマーフィルムの下地コンクリートに対する粘着力によって左右されるが、時間の経過とともにアルカリに対する反応性の影響を受けるようになる。後者の要因に関しては、ある段階までは接着力を増大させるが、けん化反応によるポリマーフィルムの劣化が進行するに従って接着力は次第に低下する。一方、ポリマーフィルムが不連続の部分では、ポリマーセメントモルタルと下地コンクリートの結合がセメントの水和反応によって進行する。

写真-1はEVA系のシーラーを標準量塗布して形成されたモルタル表面のSEM像を示したものである。部分的にポリマーフィルム（黒色部分）の間にセメント水和物（白色部分）が認められ、シーラーを標準量塗布した場合にはポリマーフィルムが存在しない部分が局所的に存在することが分かる。

タイルの接着強度は以上のような異なる接着機構によ

図-7 シリーズ I 供試体の破断状況

図-8 シーラーを塗布したタイルの接着強度変化のモデル図

って得られる接着力の和として表される。セメント系相互間の結合によって生じる接着力は大体において材齢3ヶ月程度で最大値に達するので、その後の接着力はポリマーフィルムのアルカリに対する挙動によって支配されることになる。例えば、アルカリとの反応速度による接着力の変化、反応が進行してフィルムが溶解した場合に

写真-1 EVAシーラーを標準量塗布したモルタル表面

生じる溶解残さの行方などによって左右されることになる。

PVAC系の場合には、EVA系やPAE系のものに比べてやや異なる傾向が認められる。即ち、屋外暴露の場合、接着強度はアルカリ量が0.58%と1.2%の場合には暴露期間が長期にわたるに従って低下する傾向が認められるが、アルカリ量が1.8%の場合には暴露期間が500日前後までは比較的急速に低下した接着強度が、その後は増大に転じ、3年を経過すると初期の接着強度を上回る値を示している。

図-9は、このような特異な接着強度の経時変化を説明するためのモデルである。まず、PVAC系のポリマーフィルムの特徴としてアルカリ溶液に接すると容易に溶解する¹²⁾。暴露初期にはシーラーとして形成されたポリマーフィルムは下地コンクリートから供給されるアルカリ（細孔溶液）の作用を受けて溶解が進行するが、その速度は細孔溶液のアルカリ濃度が高いほど顕著に現われる。また、溶解の進行に伴ってポリマーフィルムの凝集力が低下するため接着強度も低下する（分解期）。

下地コンクリートのアルカリ濃度が著しく高い場合、セメント硬化体組織は多孔質となるため¹³⁾、アルカリ量が1.8%の場合には細孔溶液の移動も活発になる。このような供試体を屋外に暴露した場合、乾燥湿潤の繰返しや温度変化により溶解成分は少しずつ下地コンクリート中の空隙などに吸収され、最終的には界面にはほとんどシーラーが存在しないと同等な状態になる。即ち、同じセメント系である下地コンクリートとポリマーセメントモルタルが直接接することになるので、未水和セメント粒子の水和反応の進行により全体としての接着力が上昇することになる。一方、アルカリ溶液に浸漬した場合には屋外暴露に比べて物質移動が生じにくいので溶解成分が界面に残存する結果、接着強度は低下の一途を辿ることになる。

図-9 PVACシーラーのアルカリの作用と接着強度変化のモデル図

5. シリーズⅡの実験結果と考察

図-10～11はそれぞれEVA系及びPAE系のシーラーを下地コンクリート（ $R_2O=1.8\%$ ）にそれぞれ標準量、3倍量、5倍量塗布して作製した供試体を、屋外暴露及び実験室内でアルカリ溶液に浸漬した場合における接着強度の経時変化を示したものである。図-12に試料の破壊状況を示すが、一部を除き、その破壊はコンクリートとモルタルの界面、即ち、シーラーの部分で生じていた。これらの図に共通して認められる傾向は、1)シーラーの塗布量の多い供試体の接着強度は暴露期間が1年を越える時点

<凡例> ○：無塗布 ●：標準量 ▲：3倍量 ■：5倍量

図-10 EVAの塗布量を変えた供試体の接着強度変化

<凡例> ○：無塗布 ●：標準量 ▲：3倍量 ■：5倍量

図-11 PAE-1の塗布量を変えた供試体の接着強度変化

図-12 シリーズⅡ供試体の破断状況

から顕著に低下し始めるが、シーラーを標準量塗布した供試体では暴露1年6ヶ月の時点でも強度の変化は少ないこと、2)このような接着強度の低下傾向は暴露条件の如何を問わず認められること、の2点である。

下地コンクリートに対して多量のシーラーを塗布した場合に、接着強度の低下が顕著となる理由は、既に述べたように形成されたポリマーフィルムが連続膜となった

ためと考えられる。写真-2は、このことを確かめるために水セメント比が65%のモルタルにEVA系のシーラーを3倍量塗布して形成されたポリマーフィルムの表面状態を走査型電子顕微鏡によって観察したSEM像を示したものである。この写真から、ポリマーフィルムは連続膜状態となっていることが示されており、このことはタイルの接着強度がシーラーとして使用したポリマーディスページョンの化学的安定性によって支配されることを意味する。即ち、下地コンクリートに供給される高濃度のアルカリ ($R_2O=1.8\%$) 溶液の作用によるポリマーフィルムの劣化が接着強度の低下を招く原因と考えられる。

図-13は、EVA系のようなエステル結合を有するポリマーの劣化が、けん化反応によって進行することを確認するために、暴露日数が540日の時点でEVA系の供試体(図-10に示したシーラーの塗布量を標準量の5倍量としたもの)から採取したポリマーフィルムについて赤外分光分析を行った結果である。図-13から、屋外暴露とアルカリ水浸漬の場合の赤外吸収スペクトルを塗布前の場

写真-2 EVAシーラーを3倍量塗布したモルタル表面

図-13 EVA供試体のシーラーの赤外分光分析結果

合と比較すると、1)エステル結合の存在を示す 1720cm^{-1} と 1250cm^{-1} のピークが小さくなっており、この傾向は特にアルカリ水浸漬の場合に顕著であること、2) OH^- の存在を示す 3300cm^{-1} のピークが塗布前の場合より大きくなっていること、などがわかる。1)の結果は、高濃度のアルカリによってエステル結合が切断されたことを示しており、2)の結果は、式-1に示すようにエチレン・酢酸ビニル共重合体がエチレンビニールアルコールに変化したことを示している。以上の結果は、EVA系のようなエステル結合を有するシーラーによって形成されたポリマーフィルムが高濃度のアルカリの作用によってエステル側鎖が切断され、劣化が進行することを裏づけている。

6 結論

圧着工法によって施工されたタイルの接着耐久性に及ぼすシーラーの化学的安定性について検討を行った結果、以下のような結論が得られた。

(1) ポリアクリル酸エステル系及びエチレン・酢酸ビニル共重合体系のようなエステル結合を有するシーラーを用いて施工したタイルの接着耐久性を支配する主な要因は、下地コンクリートから供給されるアルカリ溶液によるシーラーの劣化であることが明らかとなった。

(2) ポリマーディスパージョンの種類と接着耐久性の関係は、アクリル酸ブチル・スチレン系やエチレン・酢酸ビニル系のような共重合体系のシーラーを用いた場合にポリ酢酸ビニル単独重合体より優れた接着耐久性が得られることが確かめられた。

なお、エチレン・酢酸ビニル系のシーラーを用いた場合でも、これを厚塗りした場合には、シーラーのアルカリ劣化によりタイルの接着強度が低下することが確かめられた。

(3) 圧着工法によってタイルを施工する場合に現在適用されているシーラーの標準塗布量は、下地コンクリートとポリマーセメントモルタルの界面に不連続なポリマーフィルムを形成させることによってドライアウトの防止というシーラー本来の機能と、そのアルカリ劣化という異なる要因を考慮した合理的なものであり、この塗布量の時に最も優れた接着耐久性が得られることが確認された。

しかし、以上の結果はあくまでも3年間という限定された暴露試験を通じて得られたものであり、より長期間における接着耐久性を予測するための基礎資料を与えたものである。長期間におけるタイルの接着耐久性を定量的に予測するためには今後さらなる検討が必要と考える。

シーラーの使用にあたっては、その本来の目的である張付け材料であるモルタルのドライアウトを防止した後は、コンクリートとモルタル間の接着強度に影響を与えない形で存在することが望ましい。

あとがき

本論文は、著者の1人が千葉工業大学大学院在学中に博士論文⁽⁴⁾として取りまとめた内容の一部である。

[謝辞]

本研究の実施に当たって多大な御協力を頂いた千葉工業大学の小原二郎理事、千葉工業大学土木工学科の森弥広講師及びコンクリート研究室の卒研究生に対して深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 上村克郎：外壁仕上げの剥落とその対策、第3会全国外壁補修工事業共同組合連合会金沢総会における講演要旨、1991.5.28
- 2) 近藤照夫他：セメントモルタル塗り用吸水調整材の性能評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、(その1)：1990年10月、pp.123~124、(その2)：1991年9月、pp.35~36、(その3)：1991年9月、pp.37~38、(その4)：1993年9月、pp.929~930
- 3) 篠崎征夫他：合成エマルジョンシーラを用いた外壁モルタル塗り工法に関する検討 その1 屋外暴露実験結果(6年間)、1991年日本建築学会大会学術梗概集、pp.41~42
- 4) 篠崎征夫他：モルタル接着における躯体面処理材としての塗布形エマルジョンに関する検討、昭和60年日本建築学会大会学術梗概集、pp.583~584
- 5) Sanjay N. PAREEK、大浜嘉彦、出村克宣：ADHESION DURABILITY OF BONDED MORTAR TO POLYMER DISPERSION COATED MORTAR SUBSTRATES、1991年 日本建築学会大会学術梗概集、pp.39~40
- 6) 大浜嘉彦：ポリマーラテックス及びエマルジョンの建設材料としての利用、Polyfile(ポリファイル)、pp.39~44、1989年11月
- 7) Sanjay N. PAREEK、大浜嘉彦、出村克宣：ポリマーディスパージョンを用いた下地処理による塗継ぎモルタルの接着性改善効果、1989年 日本建築学会大会学術梗概集、pp.27~30
- 8) 大沢清八：左官用モルタルの付着性能の評価に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第441号、pp.17~24、1992年11月
- 9) 小笠原和博、平居孝之他：モルタル塗り用吸水調整材に関する研究 吸水調整材塗布界面の挙動について、日本建築士学会1992年大会講演会研究発表論文集、pp.27~30
- 10) 難波連太郎：タイル落下事故のいろいろ 原因と対策、建築保全、Vol.67、pp.89~102、1990年9月
- 11) 難波連太郎：コンクリート構造物の外壁におけるタイル・モルタル仕上層の剥離防止対策、コンクリート工学、Vol.29、No.9、pp.5~18、1991.9
- 12) 安 伸二、小林一輔：ポリマーディスパージョンによって形成されたポリフィルムの耐アルカリ性に関する2、3の考察、コンクリート工学論文集、Vol.5、No.1、pp.99~108、1994
- 13) 小林一輔、小倉盛衛：セメント中のアルカリがコンクリートの諸性状に及ぼす影響、東京大学生産技術研究所報告、第35巻、第2号、pp.53、平成元年3月
- 14) 安 伸二：ポリマーディスパージョンによって形成されたポリマーフィルムとそのコンクリート環境下における安定性に関する研究、平成5年度千葉工業大学博士課程論文

(1994年8月24日原稿受理、1995年5月16日採用決定)