

15. タイル剥離原因の究明に関する実験

恩村 定幸
谷沢 晋
山内 博記*

要 旨

近年発生したタイル剥離事故の原因を究明するための実験を実際のＲＣ壁で行った結果、下地の湿潤状態、吸水調整剤の濃度、使用道具などの施工条件の違いがタイルの付着性能に大きな影響を与えることが分かった。

キーワード

タイル／剥離／付着強度／モルタル下地工法／直張り工法／吸水調整剤

目 次

1. はじめに
2. 実験の目的と概要
3. 実験結果
4. ま と め

15. AN EXPERIMENT TO INVESTIGATE THE CAUSE OF TILE DELAMINATION

Sadayuki Onmura
Susumu Tanizawa
Hiroki Yamauchi

Abstract

An Experiment was carried out with actual reinforced concrete walls in order to track down the cause of recent tile delamination accidents.

As a result of the experiments, it was found that the differences in construction conditions, such as the wet situation of substrate, the density of water absorption regulating agent and the tools used, have an important influence upon the bond strength of tiles.

* 大阪本店建築部技術課

1. はじめに

高度経済成長期に施工された物件でタイルの剥離・落下事故が頻発したことが話題となった時期があったが、中には、人身事故を引き起こした事例もあり、当時、社会問題として大きく報道されていた。その後、BCS、ゼネコン各社、その他関係機関によって詳細な調査や検討が行われ、施工法、タイルの裏足形状などが改善されたことで、昨今、大規模なタイルの剥離事故例は減少してきている。しかし、最近になって、タイルの下地と張り付けモルタルとの界面での剥離事故が増加する傾向が見られるようになり、重大な瑕疵工事として問題が新たに提起されている。

この度、当社施工部門からの要請を受け、タイル剥離事故の原因を調査研究するための実験を行った。本報では、その実験の途中経過として、実験概要とタイル施工から8週間後に行った付着強度試験の結果について報告する。

2. 実験の目的と概要

タイル剥離事故の原因を究明するために、平成9年4月から技術研究所（大阪府高槻市）の敷地内にあるRC擁壁面に施工条件を様々に変えてタイル張り施工を行った。本実験は平成10年3月まで行う予定だが、第1回目の試験として、タイル張り施工後から8週間養生したタイルについて付着強度試験を行った。

2.1 実験のパラメータ設定

本実験のパラメータとパラメータ別に作成された試験面の番号を表-1に示す。パラメータを設定するに当たり、実際の剥離片を目視観察し、詳細な検討を行った結果、その剥離部位が全てタイルの張り付けモルタルと下地モルタル面に塗布された吸水調整剤の界面であることが分かったため（写真-1参照）、この点に留意するとともに、文献調査や現状調査をふまえた上で、表-1に示すようなパラメータを設定した。

次にパラメータとその設定した理由を列記する。

①下地の工法種別

モルタル下地工法に代わって直張り工法が近年急増している。

②下地の仕上げ工法種別

モルタル下地工法の場合、スタイロ鰻の使用が近年増加しているが、その使用を認めない文献もある。

また、直張り工法では、下地を全面補修する場合と

部分補修する場合の2例がある。

③吸水調整剤の塗布・未塗布

最近では、タイル張り施工を行う前に下地面に吸水調整剤を塗布するが多い。

④吸水調整剤塗布の場合のオープンタイム、希釈濃度

吸水調整剤の使用法（オープンタイムや希釈濃度）がメーカ側と使用者側、または職種別で異なっており、中には、この吸水調整剤を接着増強剤といった誤った認識で無造作に使用しているケースが多々見られる。

⑤下地面の乾燥状態

工事の進捗具合によっては、前日の大雨で下地面が非常に湿った状態、つまり下地面の乾湿状況が不適切であってもタイル張り施工をせざるをえないケースがある。

上記の他、壁面の方角違いによる温度応力の差や骨材（砂）の質の違いなどがパラメータとして考えられたが、実例を検討した結果、これらのパラメータがタイル剥離の主たる原因になることはないと判断して除外した。

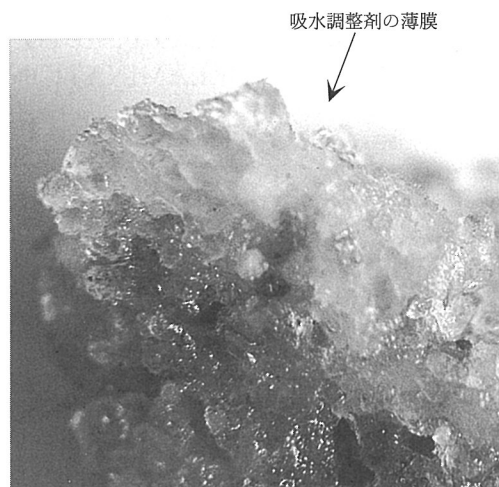
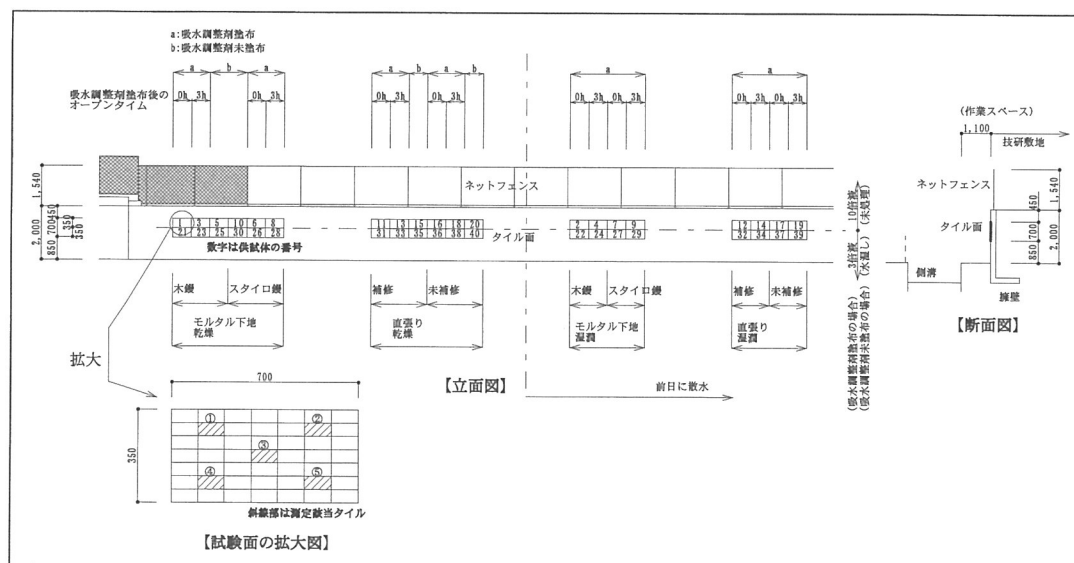


写真-1 Ca成分溶解後の剥離片の顕微鏡写真（40倍）

表－1 実験パラメータ

モルタル下地工法						直張り工法					
下地の仕 上げ工法 種別	吸水調 整剤の 塗布・ 未塗布	下地の表 面処理	R C 壁の乾 湿状態	吸水調 整剤の 希釈倍 率	試験面 の番号	下地の仕 上げ工法 種別	吸水調 整剤の 塗布・ 未塗布	下地の表 面処理	R C 壁の乾 湿状態	吸水調 整剤の 希釈倍 率	試験面 の番号
木鋲 仕上げ	塗 布	オープン タイム 0 h	乾燥	10倍液	1	下地補修 あり	塗 布	オープン タイム 0 h	乾燥	10倍液	11
				3倍液	21					3倍液	31
			湿潤	10倍液	2				湿潤	10倍液	12
		オープン タイム 3 h		3倍液	22					3倍液	32
			乾燥	10倍液	3			オープン タイム 3 h	乾燥	10倍液	13
				3倍液	23					3倍液	33
	未塗布	未処理 水湿し	湿潤	10倍液	4		未塗布	未処理 水湿し	湿潤	10倍液	14
				3倍液	24					3倍液	34
			乾燥	—	5				乾燥	—	15
				—	25					—	35
スタイロ 鋲仕上げ	塗 布	オープン タイム 0 h	乾燥	10倍液	6	下地補修 なし	塗 布	オープン タイム 0 h	乾燥	10倍液	16
				3倍液	26					3倍液	36
			湿潤	10倍液	7				湿潤	10倍液	17
		オープン タイム 3 h		3倍液	27					3倍液	37
			乾燥	10倍液	8			オープン タイム 3 h	乾燥	10倍液	18
				3倍液	28					3倍液	38
	未塗布	未処理 水湿し	湿潤	10倍液	9		未塗布	未処理 水湿し	湿潤	10倍液	19
				3倍液	29					3倍液	29
			乾燥	—	10				乾燥	—	20
				—	30					—	40



図－1 試験体配置図

2.2 実験概要

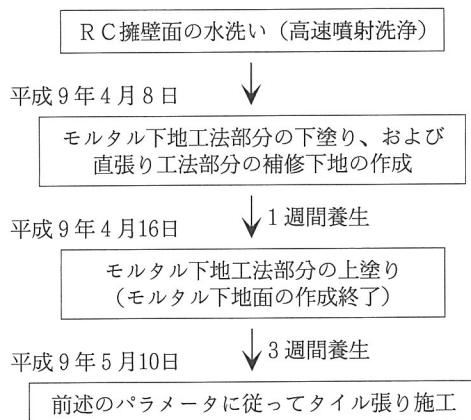
(1) 使用材料

モルタル下地工法の場合のタイル下地の下塗りについてはサンドモルタル（セメント40kg：軽量発泡骨材25kg：水20kg：吸水調整剤1kg調合）を使用し、また、上塗りについてはC：S＝1：3調合の普通モルタルを使用した。直張り工法の場合の補修下地材には、プレミックスされた市販の材料を用いた。タイルには45二丁の磁器タイル（45×95mm）を用い、タイルの張り付けモルタルには、プレミックスされた市販の材料を用いた。

なお、これら本実験に用いた材料は、現在作業所で最も頻繁に使用されているものである。

(2) 試験面の作成

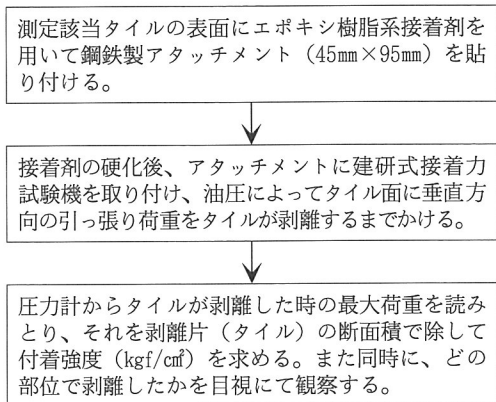
高さ2m、東向きのRC擁壁の垂直面に以下の工程で試験面を作成した（図－1参照）。



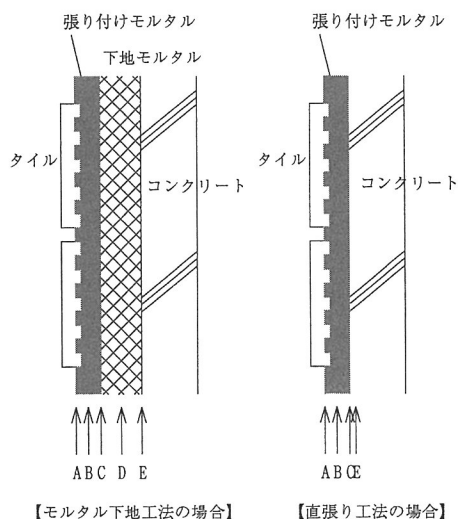
タイル張りの施工法として、モルタル下地工法・吸水調整剤塗布部分についてはマスク工法を、それ以外の部分については2度塗り圧着工法を採用した。また、乾燥下地面部分には雨水の影響を受けないようシート養生を施し、湿潤下地面部分には、タイル施工前日に散水を7回（1回30分程度）行うことで湿潤した下地面を作成した。

(3) 試験方法

タイル張り施工後から8週間養生したタイルについて、建研式接着力試験機（最大荷重1,500kg）を用いて次の手順で引っ張り試験を行った。



図－1の試験面の拡大図に示すように、一つの試験面につき5ヶ所のタイル（図中斜線部分）で付着強度試験を行ったが、5つの付着強度値から最高値と最低値を除いた3つの値の平均をその試験面の付着強度とした。また、図－2に示すようにモルタル下地工法の場合は5つ、直張り工法の場合は4つの剥離部位を設定し、各部位の面積比を5つのタイルについて平均したものをその試験面の剥離部位率（％表示）とした。



【凡例】

A:張り付けモルタルとタイルの界面

B:張り付けモルタルの内部

C:下地モルタル（または補修下地）と張り付けモルタルの界面

D:下地モルタル内部

E:コンクリート壁表面、または内部

図－2 剥離部位の名称

3. 実験結果と考察

付着強度を各パラメータごとに比較したものを図－3～13に、各試験面での最低付着強度を比較したものを図－14に、各パラメータごとの剥離部位率を比較したものを表－2に示す。

3.1 工法種別での実験結果

図－3および図－9から、モルタル下地工法は直張り工法よりも付着強度が大きい、直張り工法でも補修下地がない場合の付着強度はモルタル下地工法とほぼ同等であることがわかる。

3.2 モルタル下地工法での実験結果

モルタル下地工法では、各図より以下のことが明らかである。

- ①スタイロ鋺仕上げと木鋺仕上げでの付着強度差はほとんど見られない（図－4参照）。
- ②吸水調整剤を塗布した場合の方が発現した強度値のばらつきが大きい（図－5参照）。このことは、吸水調整剤の仕様に問題があることを意味する。
- ③吸水調整剤塗布後のオープンタイムは付着強度に大きな影響を与えない（図－6参照）。
- ④乾燥下地よりも湿潤下地の方が付着強度が大きい（図－7参照）。
- ⑤吸水調整剤の希釈濃度については、濃いもの（3倍液）に比べて薄いもの（10倍液）の方が付着強度が大きい（図－8参照）。
- ⑥モルタル下地工法では、スタイロ鋺を使用し、濃い（3倍液）吸水調整剤を塗布した場合に低い付着強度となる可能性（不良施工の危険度）が高い（図－14参照）。
- ⑦剥離部位については、タイルの張り付けモルタルと下地モルタルとの界面、および下地モルタル内部での剥離が多い（表－2参照）。
- ⑧過去の事故例で多く見られるようなタイルの張り付けモルタルと下地モルタルとの界面での剥離（図－2のC部での剥離）に注目すると、木鋺仕上げに比べてスタイロ鋺仕上げの方が、また、吸水調整剤を塗布しない場合に比べて塗布した場合の方が、その部位での剥離率が高い。吸水調整剤塗布後のオープンタイム、吸水調整剤の希釈倍率および下地の乾湿等の別では大きな差異は見られていない（表－2参照）。

3.3 直張り工法での実験結果

直張り工法では、各図より以下のことが明らかである。

- ①吸水調整剤を塗布した場合の方が付着強度は大きい、発現した強度値のばらつきは非常に大きい（図－10参照）。このことは、モルタル下地工法と同様に吸水調整剤の仕様に問題があることを意味する。
- ②吸水調整剤塗布後のオープンタイムは付着強度に大きな影響を与えない（図－11参照）。
- ③乾燥下地よりも湿潤下地の方が付着強度が大きく、その影響はモルタル下地工法よりも顕著である（図－12参照）。
- ④吸水調整剤の希釈濃度については、モルタル下地工法とは逆に、薄いもの（10倍液）に比べて濃いもの（3倍液）の方が付着強度が大きい（図－13参照）。
- ⑤直張り工法では、薄い（10倍液）吸水調整剤を塗布した場合に低い付着強度となる可能性（不良施工の危険度）が高い（図－14参照）。
- ⑥剥離部位については、ほとんどがRC壁の表層か、または内部である（表－2参照）。
- ⑦未補修下地に吸水調整剤を塗布し、オープンタイムが3hの場合についてのみ、張り付けモルタルと下地との界面での剥離が見られる（表－2参照）。

3.4 追記

モルタル下地工法、直張り工法とも乾燥下地よりも湿潤下地の方が大きい付着強度が得られることが分かったが、本実験で下地に散水したのは、当初は不適切な下地を作成するのが目的であった。しかし、散水することで適度の湿気を壁面に与え、結果的にドライアウトの防止につながったものと思われる。また、吸水調整剤の希釈濃度が付着強度に大きく影響することが実験結果から明確となったが、ここで述べた吸水調整剤の濃度値は決して普遍的なものではない。季節(温・湿度の差)、下地の含水率の違い等によって吸水調整剤の濃度が決められてくるものと考える。

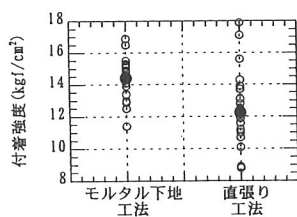


図-3 工法別付着強度

(凡例)
○: 各試験面の平均付着強度
●: 全体の平均付着強度

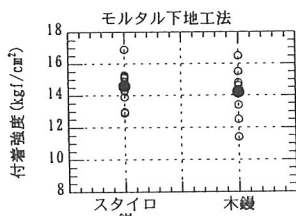


図-4 仕上げ別付着強度

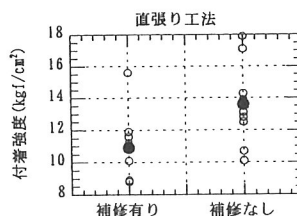


図-9 下地補修の有無

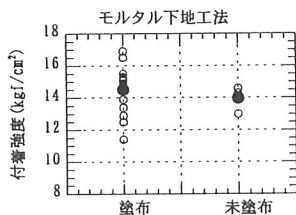


図-5 吸水調整剤の塗布・未塗布

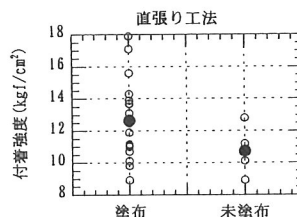


図-10 吸水調整剤の塗布・未塗布

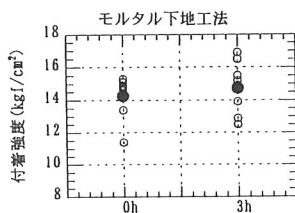


図-6 吸水調整剤塗布後のオープンタイム

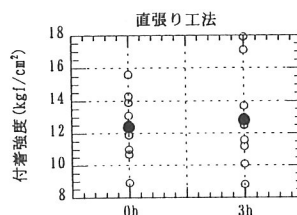


図-11 吸水調整剤塗布後のオープンタイム

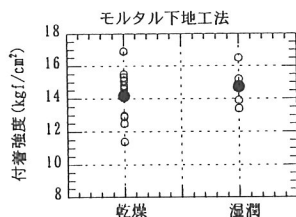


図-7 下地の乾燥状態

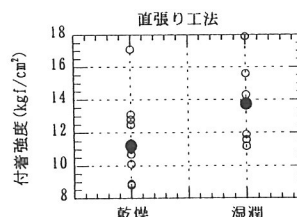


図-12 下地の乾燥状態

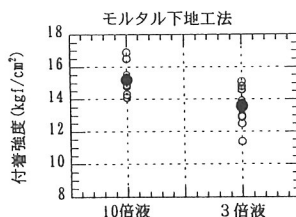


図-8 吸水調整剤の希釈濃度

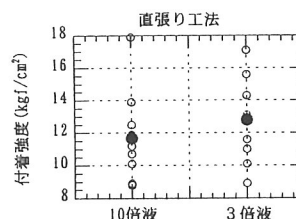
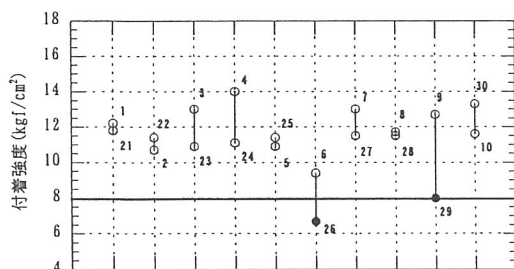
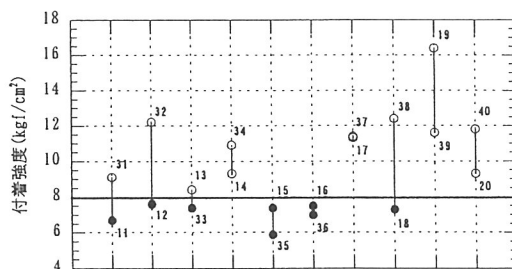


図-13 吸水調整剤の希釈濃度



モルタル下地工法



直張り工法

注 ●は施工不良が発生する可能性のあることを示す。
試験面の番号と施工条件は下記のとおりである。

- 26：モルタル下地＋スタイロ饅＋吸水調整剤塗布＋0h＋乾燥下地＋3倍液
- 29：モルタル下地＋スタイロ饅＋吸水調整剤塗布＋3h＋湿潤下地＋3倍液
- 11：直張り＋補修有り＋吸水調整剤塗布＋0h＋乾燥下地＋10倍液
- 12：直張り＋補修有り＋吸水調整剤塗布＋0h＋湿潤下地＋10倍液
- 33：直張り＋補修有り＋吸水調整剤塗布＋3h＋乾燥下地＋3倍液
- 15：直張り＋補修有り＋吸水調整剤未塗布＋下地未処理＋乾燥下地
- 35：直張り＋補修有り＋吸水調整剤未塗布＋下地未処理＋乾燥下地
- 16：直張り＋補修無し＋吸水調整剤塗布＋0h＋乾燥下地＋10倍液
- 36：直張り＋補修無し＋吸水調整剤塗布＋0h＋乾燥下地＋3倍液
- 18：直張り＋補修無し＋吸水調整剤塗布＋3h＋乾燥下地＋10倍液

図－14 各試験面での最低付着強度

表－2 各パラメータごとの剥離部位率（％）

モルタル下地工法						直張り工法				
	A	B	C	D	E		A	B	C	E
木饅仕上げ	1.5	5.1	26.0	67.0	0.4	補修あり	0	2.0	0.4	97.6
スタイロ饅仕上げ	0	2.7	38.0	58.6	0.7	補修なし	0.4	15.3	4.4	79.9
吸水調整剤塗布	0.6	3.3	37.6	57.9	0.6	吸水調整剤塗布	0.3	6.4	2.8	90.5
吸水調整剤未塗布	1.5	6.5	9.5	82.5	0	吸水調整剤未塗布	0	17.8	1	81.2
オープンタイム0 h	0	0.6	41.3	57.1	1.0	オープンタイム0 h	0	0.8	0	99.2
オープンタイム3 h	1.1	5.9	34.0	58.6	0.4	オープンタイム3 h	0.5	12.0	5.5	82.0
乾燥下地	1.3	4.2	28.9	65.6	0	乾燥下地	0	10.8	1.3	87.9
湿潤下地	0	3.5	36.6	58.5	1.4	湿潤下地	0.5	5.5	4.0	90.0
10倍液	0.3	5.3	32.1	61.0	1.3	10倍液	0.4	4.9	2.2	92.5
3倍液	1.3	3.3	38.1	57.3	0	3倍液	0	7.4	3.1	89.5

	A	B	C	D	E
モルタル下地工法	0.8	3.9	32.0	62.8	0.5
直張り工法	0.2	8.7	2.4	0	88.7

* 近年C部分での剥離が多い

4. まとめ

タイル剥離事故の原因を究明するため、実際のRC壁で施工実験を行った結果、施工に際しては以下の点に注意しなければならないことが分かった。

- ①下地面の湿り気状態がタイルの付着強度に大きく影響する。
- ②吸水調整剤の濃度は、施工時期や下地の状態を良く見極めたうえで判断することが必要である。
- ③吸水調整剤を使用しなくても水湿し等を行うことで適切な下地を作成することが可能である。
- ④スタイロフォームについては、明確ではないが、その使用は極力避けた方が良い。

本実験はある一定の時期に短期間養生した供試体に限って行った実験結果であるため、タイル張り施工法の施工標準を定めるには、さらに詳細な試験と検討が必要である。今回は短期間（8週）養生した供試体の実験結果を報告したが、平成10年3月に長期間（48週）養生した供試体について再度試験を行う予定があるので、次報でその結果を報告したい。

[参考文献]

- 1) 山崎、藤井、小笠原、他：下地モルタルと張り付けモルタルの付着性に関する研究 その1～その3,日本建築学会大会学術講演梗概集,1994～1996
- 2) 倉内、他：下地モルタルの表面状態の測定法について,日本建築学会大会学術講演梗概集,1994,pp1331～pp1332
- 3) 外装タイル張りの剥離現状と防止策について①～③,月刊タイル,1996.8～10
- 4) 久米：シーラを用いたRC造外壁下塗モルタルの接着強度に関する検討,日本建築学会大会学術講演梗概集,1992,pp243～pp244
- 5) 近藤、三浦、他：左官用塗布タイプ接着増強剤の性能評価 その1～その3,日本建築学会大会学術講演梗概集,1990～1991
- 6) 篠崎、他：合成樹脂エマルジョンシーラーを用いた外壁モルタル塗り工法に関する検討その1、その2,日本建築学会大会学術講演梗概集,1991,pp41～pp44