

# モルタルの接着強度に及ぼす風の影響に関する基礎的研究

## FUNDAMENTAL STUDY ON EFFECT OF WIND ON ADHESIVE STRENGTH OF MORTAR

平居孝之\*, 村上 聖\*\*, 小笠原和博\*\*\*, 阿部 宏\*\*\*\*  
Takayuki HIRAI, Kiyoshi MURAKAMI, Kazuhiro OGASAWARA  
and Hiroshi ABE

The effect of wind on the adhesive strength of mortar and tile set in mortar which were trowelled to concrete wall was examined by experiment. The adhesive strength of mortar trowelled to concrete wall decreased when the mortar was exposed to wind during its curing. Meanwhile the adhesive strength on the interface between tile and setting mortar did not decrease when the tile was exposed to wind.

**Keywords :** *wind, mortar, adhesive strength, polymer, setting bed, tile*  
風, モルタル, 接着強度, ポリマー, 下地, タイル

### 1. 序

建築物の仕上げに広く用いられているモルタル下地原因があると考えられる外装材の剥離が問題になっている。このためモルタル下地の接着性に関する多くの研究がなされている。

例えば、モルタルに添加して接着性を向上する混和材に関して<sup>1-3)</sup>、モルタルを塗り付ける面に塗布する吸水調整材に関して<sup>4,5)</sup>、モルタルの厚さや砂の種類に関して<sup>6-8)</sup>、オープンタイムに関して<sup>3,9)</sup>、温度と湿度に関して<sup>2,10)</sup>、コンクリート面に凹凸を施して接合性を高めることに関して<sup>7,11)</sup>、などの研究が報告されている。

ところで、JASS15左官工事において、早期に乾燥するおそれのある場合は、通風・日射を避けるようシートがけ養生などを行うように決められているが、モルタルの養生中に当る風が接着強度に与える影響については、ほとんど研究報告が見られない。タイル直張りにおける張付けモルタル中の水分の蒸発について考察した研究において、風に言及している程度である<sup>2,12)</sup>。筆者は RC 躯体

に塗り付けたモルタルの剥離を調査した経験から、養生中に当る風がモルタルの接着強度にどのような影響を与えるかを試験により明らかにする必要があると考えていた。このことを調べるために行った基礎的な試験について述べる。

### 2. 試験方法

#### 1) 概要

モルタルをコンクリート板に塗り付け、風を当てる状態または当てない状態で養生し、接着強度の測定とモルタルの組織の走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を行った。またモルタルの上にタイルを張り付けた場合について、接着強度の測定を行った。

#### 2) 材料

モルタルの混練に用いた材料は、普通ポルトランドセメント、木曾砂 (2 mm)、大分産砂 (2.5mm)、川砂 2 と山砂 1 を混合したもの、上水道水、ポリマー (SBR 系、

\* 大分大学工学部共通講座 教授・工博

\*\* 熊本大学工学部建築学科 助教授・工博

\*\*\* INAX 施工技術研究所 研究員

\*\*\*\* 日本化成中央研究所 主任研究員

Prof., Dept. of Inter-departmental Study, Faculty of Eng., Oita Univ., Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Kumamoto Univ., Dr. Eng.

Research Eng. Installation Technology Laboratory, INAX Corporation

Chief Researcher, Central Research Laboratory, NIHON KASEI Co. LTD.

固形分45%)、プライマー(EVA系吸水調整材)、保水剤(メチルセルロース)である。またモルタルを塗り付けるコンクリート板は、道路U字溝蓋(325×595×45mm、反撥式コンクリートテストハンマー測定のコア換算圧縮強度の平均は27.0MPa、標準偏差3.2MPa)を用いた。タイルは、小口平の磁器質無釉外装タイル(60×108×13mm、長辺方向裏足付き)を用いた。

### 3) 試験体の種類

ポリマーを混入しないプレーンモルタルと混入したポリマーモルタルについて、6mmずつの厚さの3層で18mm厚さにコンクリート板に塗り付けた試験体、さらにそれらの上にタイルを張り付けた試験体を作製した。

また、プレーンモルタルとポリマーモルタルを厚さ2.5mmでコンクリート板に塗り付けた試験体も作製した。なお2.5mm厚さのモルタルのうち、ポリマーモルタルをタイルの張付けモルタルに用いた。

モルタルを塗り付ける下地になる面の処理は、水湿しまたはプライマー塗布とした。

### 4) 調査

モルタルの調査を表1に示す。

18mm厚さのモルタルの調査は、一般的に使われているものを選び、水量は塗付けに都合のよい施工性が得られるように試し練りを行って決めた。試験体を作製したときのモルタルのフロー値は、プレーンモルタル下塗り

表1 モルタルの調査(重量比)

3層塗り18mm厚さプレーンモルタル
下塗り セメント1:大分産砂2.5:保水剤0.002:水0.53
中、上塗り セメント1:大分産砂3.0:保水剤0.002:水0.60
3層塗り18mm厚さポリマーモルタル
プレーンモルタルと同じ、ただし水の代わりにポリマーの水5倍希釈液を使用。
2.5mm厚さプレーンモルタル
セメント1:木曾砂1:保水剤0.002:水0.38
2.5mm厚さポリマーモルタル
2.5mmプレーンモルタルと同じ、ただし水の代わりにポリマーの水3倍希釈液を使用。

189mm、中塗り184mm、上塗り183mm、ポリマーモルタル下塗り193mm、中塗り182mm、上塗り176mmであった。

2.5mm厚さのモルタルの調査は、タイルの張付けモルタルに使われているものとした。

### 5) モルタル塗りとタイル張付け

コンクリート表面にプライマーを塗布する場合は、プライマー3倍水希釈液を150g/m<sup>2</sup>塗布し、オープンタイム3時間を置いてプライマーの乾きを確認した後、モルタルを塗り付けた。コンクリート表面に水湿しをする場合は、コンクリート表面に十分吸水させた後、浮き水を除去してモルタルを塗り付けた。これと同様に、タイルを張り付ける場合も、下地のモルタル表面にプライマー塗布または水湿しを行った。

モルタルの塗付けは、金こてを用いて一定の強めの力で金こてを抑えるようにして行った。タイル張付けは、改良圧着張りで行った。

### 6) 養生

平均気温約16°C、湿度約70%RHの室内で、表2に示すように風を当てない養生と、扇風機で風を当てる養生を行った。風を当てていたのは、3層塗り18mm厚さのモルタルの下塗り表面に2週間、中塗り表面に1日間、タイルを張り付けない上塗り表面に6週間、タイルを張り付ける上塗り表面に2週間、タイル表面に4週間、また2.5mm厚さのモルタル表面に5週間である。ただし、下地処理とモルタル塗付けの間は風を当てていない。

試験体の表面の全域に風をできるだけ均一に当てるように調整したが、ハンディタイプ電子風速計を用いて測定した風速は、平均0.5m/sでは0.3~0.7m/s、平均1.25m/sでは1.0~1.5m/s、平均1.6m/sでは1.2~2.0m/sの範囲で変動していた。

### 7) 測定方法

接着強度試験では、3層塗り厚さ18mmのモルタルの試験体に60×108mmの矩形で、厚さ2.5mmのモルタルの試験体に100×100mmの矩形で、コンクリート板まで達する縁切りの切込みをモルタルに入れ、切込みの矩形と同じ平面をもつ鋼製の治具をモルタルまたはタイルの

表2 モルタル塗りの日程と養生中の風の条件

3層塗り18mm厚さのプレーンモルタルとポリマーモルタルの試験体
下塗りの2週間後に中塗り、翌日上塗り、その6週間後に接着強度試験。この間、風を当てない、または平均風速0.5m/sの風を当てる、または平均風速1.25m/sの風を当てる。
3層塗り18mm厚さのプレーンモルタルとポリマーモルタルにタイルを張り付けた試験体
下塗りの2週間後に中塗り、翌日上塗り、その2週間後にタイル張付け、その4週間後に接着強度試験。この間、風を当てない、または平均風速0.5m/sの風を当てる、または平均風速1.25m/sの風を当てる。
2.5mm厚さのプレーンモルタルとポリマーモルタルの試験体
塗付けの5週間後に接着強度試験。この間、風を当てない、または平均風速1.6m/sの風を塗付けの後1週間だけ当てる。

表面にエポキシ樹脂接着剤で接着し、表面接着力試験器(建研式)により表面に垂直な方向に引っ張り、剥離するまでに耐えた最大荷重を測定した。測定の回数は試験の条件ごとに3回または6回とした。

SEM 観察では、接着強度に対する風の影響が大きく出た3層塗り18mm厚さのプレーンモルタルを塗り付けた試験体について、上塗りモルタルと下塗りモルタルから約5mm角の小片を切り出し、モルタルの組織をSEM(日立製作所製S-4000)を使って観察した。小片の観察面は、各層の表面すなわちコンクリートから最も離れた風を当てた面とした。また上塗りモルタルは、層の内部の縦断面についても観察した。小片の観察面は、研磨した後に金を蒸着した。小片の切り出しから金を蒸着するまでの期間は約1ヶ月で、その間は小片を容器に入れて保管した。

### 3. 試験結果

接着強度試験の結果を、単位面積当りの接着強度で表し、図1～図5に示す。図中の短い横線が平均値であり、その上下に延びた線の長さが標準偏差である。横軸は、養生中に当てた風の平均風速であり、風を当てない場合を風速0 m/sで表している。

接着強度試験で剥離した位置を図6～8に示す。図中の太い線の位置と長さが、剥離位置とその位置で剥離した割合を表している。

写真1～9にモルタル組織のSEM写真を示す。

### 4. 考察

#### 1) 接着強度に与える風の影響

図1の3層塗り18mm厚さのモルタルの接着強度を見ると、風を当てない場合に比べて風を当てると接着強度が小さくなっている。この傾向は、ポリマーモルタルにおいてそれほどでなく、プレーンモルタルにおいて著しい。プレーンモルタルでは、コンクリート表面にプライマーを塗布した場合と、水湿しをした場合のいずれにおいても、風速が大きいくほど接着強度が小さくなる。プライマーを塗布したコンクリート表面に塗り付けたプレーンモルタルの試験体で見ると、接着強度は風を当てない場合に比べて平均風速0.5m/sで7.2%低下し、平均風速1.25m/sで41.6%低下している。

図2の2.5mm厚さのモルタルの接着強度を見ると、風を当てると接着強度が小さくなる傾向が出ている。その傾向はポリマーモルタルよりプレーンモルタルの場合に著しい。これは、図1の3層塗り18mm厚さのモルタルの場合と同様の傾向である。

#### 2) セメント水和生成物に与える風の影響

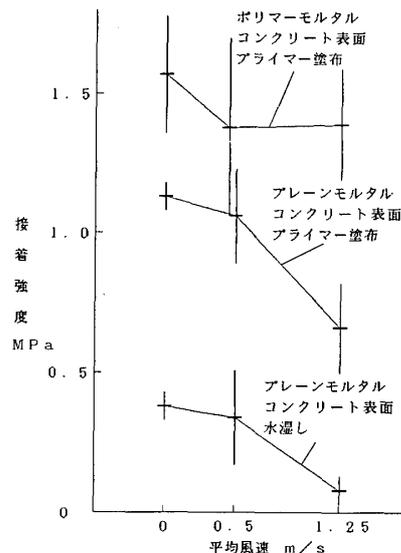


図1 3層塗り18mm厚モルタルの接着強度

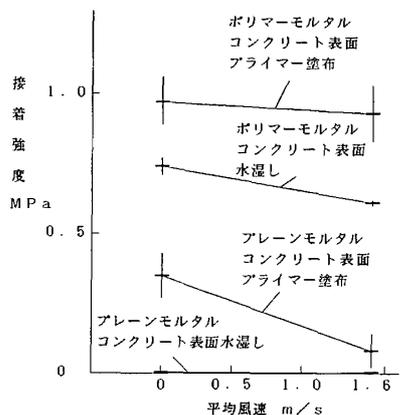


図2 2.5mm厚モルタルの接着強度

セメントの水和生成物では、水中養生のときC-S-Hなどの水和物が発達した針状の結晶が常に見られる。しかし養生中に水分が散逸するドライアウトが起こると、水和反応の進行が抑制されて水和物は十分に発達しないため、針状の水和物が減り粒状の微細な水和物が増える。ただし、針状の結晶は炭酸化により炭酸カルシウムやシリカゲルの微細な粒状になるので、炭酸化の影響を考慮する必要がある。

写真1～3の3層塗り18mm厚さのプレーンモルタルの上塗りの表面のSEM写真には、風を当てても当てなくても針状の水和物がほとんど見られず、微細な粒状の水和物が大半を占めている。上塗りモルタルの表面は蒸発などにより水分が散逸し、セメント水和物が十分に発達しなかったものと考えられる。ただし、針状の結晶が出来ていたが、炭酸化のために消失したという可能性は残る。

写真4～6の3層塗り18mm厚さのプレーンモルタル



写真1 風が当たらないプレーンモルタル上塗り表面のSEM写真

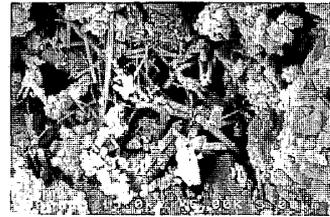


写真7 風が当たらないプレーンモルタル下塗り表面のSEM写真

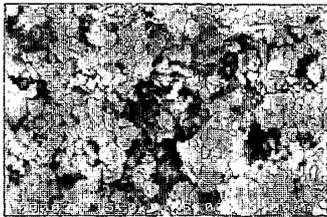


写真2 風速0.5m/sの風が当たったプレーンモルタル上塗り表面のSEM写真



写真8 風速0.5m/sの風が当たったプレーンモルタル下塗り表面のSEM写真

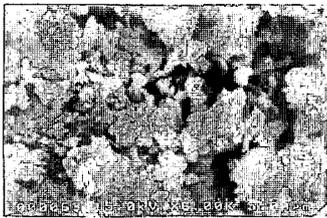


写真3 風速1.25m/sの風が当たったプレーンモルタル上塗り表面のSEM写真

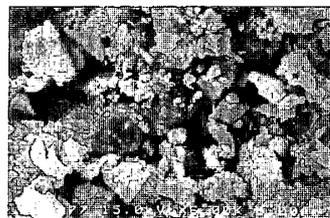


写真9 風速1.25m/sの風が当たったプレーンモルタル下塗り表面のSEM写真

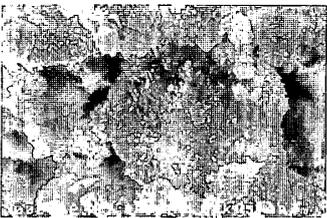


写真4 風が当たらないプレーンモルタル上塗り内部のSEM写真



写真5 風速0.5m/sの風が当たったプレーンモルタル上塗り内部のSEM写真

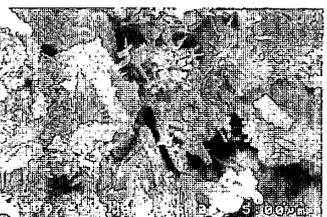


写真6 風速1.25m/sの風が当たったプレーンモルタル上塗り内部のSEM写真

の上塗りの内部の断面のSEM写真には、針状の水和物が見られ、風を当てた場合に比べて当てない場合の方が針状の水和物が多い。風を当てた場合は、当てない場合に比べてドライアウトの影響が大きく、モルタルの内部でもセメント水和生成物の発達が阻害されたと考えられる。

写真7～9の3層塗り18mm厚さのプレーンモルタルの下塗りの表面のSEM写真を見ると、写真7の風を当てない場合は、針状のよく発達した結晶が見られる。それに比べると写真8の風速0.5m/sの風を当てた場合は、針状の結晶は見られるが長さが短く発達していない。また写真9の風速1.25m/sの風を当てた場合は、ほとんど針状の結晶が見られない。写真8と9の下塗りモルタルの場合は、中塗りモルタルの塗付けまでの2週間風に当てており、この間にドライアウトのためにセメント水和生成物の発達が阻害されたものと考えられる。

モルタルは、セメント水和生成物がよく発達するほど、緻密な組織になり強度が大きくなる。したがって、風を当てたために起こる接着強度の低下は、ドライアウトが原因であると考えられる。

### 3) タイル張付けの場合

図3～図5に示すように、タイルを張り付けた場合の接着強度は、タイル張付けの下地になるモルタルの接着

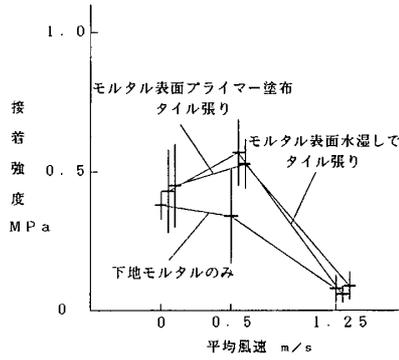


図3 3層塗り18mm厚プレーンモルタル（コンクリート表面水湿し）にタイルを張り付けた場合と張り付けない場合の接着強度

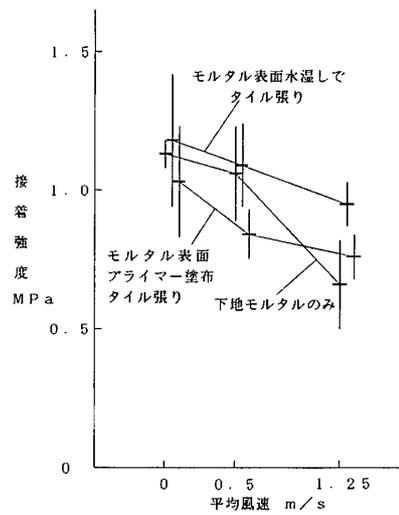


図4 3層塗り18mm厚プレーンモルタル（コンクリート表面プライマー塗布）にタイルを張り付けた場合と張り付けない場合の接着強度

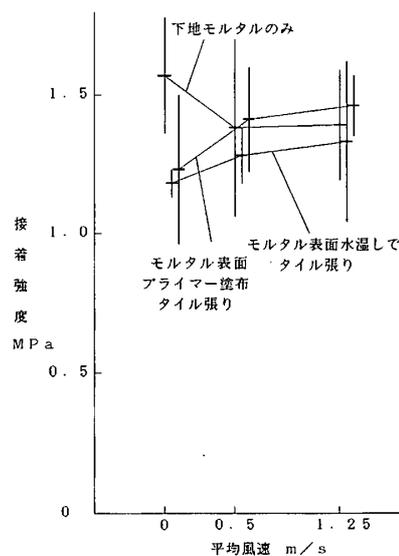


図5 3層塗り18mm厚ポリマーモルタル（コンクリート表面プライマー塗布）にタイルを張り付けた場合と張り付けない場合の接着強度

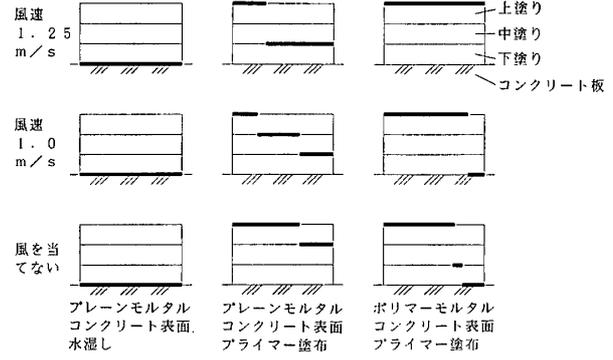


図6 タイルを張り付けない試験体の剥離位置とその割合

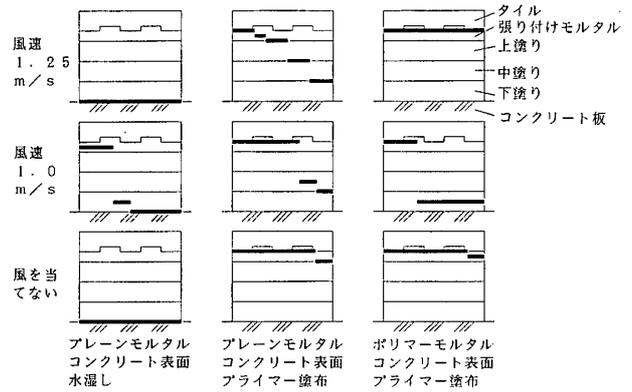


図7 モルタル表面水湿してタイルを張り付けた試験体の剥離位置とその割合

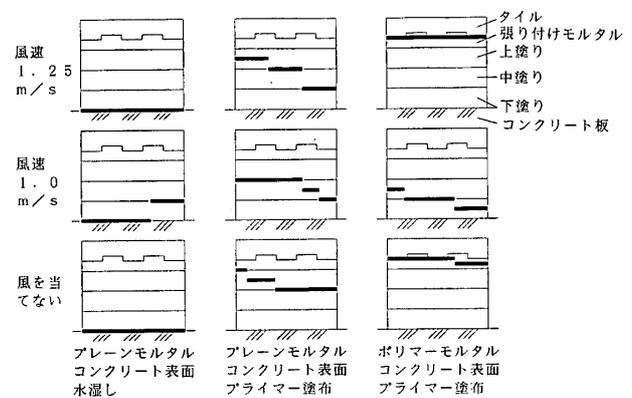


図8 モルタル表面プライマー塗布でタイルを張り付けた試験体の剥離位置とその割合

強度と似た値になっている。また図6と図7と図8を比べると、接着強度試験で剥離した位置とその割合は、似た様相を示しているものが多い。これより、タイルを張り付けた試験体の接着強度は、下地になったモルタルの接着強度によって決まっていると考えられる。

コンクリート表面にプライマーを塗付してモルタルを塗り付けた試験体は、モルタル表面の剥離の割合が多いが、この上にタイルを張り付けた場合試験体は、モルタ

ル表面における剥離が少なくなっている。これは、タイルを張り付けることでモルタル表面が張付けモルタルとタイルで被覆保護されたために、モルタル表面の強度が向上したためと考えられる。

なお、コンクリート表面に水湿しをしてプレーンモルタルを塗り付けた試験体は、タイルを張り付けたものも張り付けないものもコンクリートとモルタルの界面における剥離が多い。これは、コンクリートとモルタルの界面の接着強度が、モルタルの表面や層間の接着強度に比べて低いためである。

#### 4) その他

プレーンモルタルよりポリマーモルタルの接着強度が大きく、また水湿しよりプライマー塗布の接着強度が大きくなっているが、これらは従来の研究と同じ結果である。

### 5. 結論

コンクリートに塗り付けたモルタルの試験体は、養生中に風を当てると風を当てない場合に比べて接着強度が低くなった。この傾向は、プレーンモルタルで顕著であった。ポリマーモルタルではプレーンモルタルほど風の影響を受けなかった。風によるモルタルの接着強度の低下の原因は、セメント水和生成物の発達をSEMで観察した結果、ドライアウトであると考えられた。

平均風速1.25m/sの風をモルタル塗付け直後から接着強度を測定するまでの8週間当てたとき、プライマーを塗付したコンクリート表面に塗り付けたプレーンモルタルの試験体の接着強度は、風を当てない場合に比べて41.6%低下した。

タイルを張り付けた試験体の接着強度は、下地になるモルタルの接着強度と似ており、下地のモルタルの接着強度によって決まっていると考えられた。ただし、タイルと張付けモルタルが下地モルタルを保護被覆することになるので、下地モルタル表面における剥離が減少する傾向が見られた。

今回の試験結果から、風に対する従来の養生の方法を再検討する必要があると考えられる。一般にモルタルの塗り付け後の急激な乾燥を防ぐために通風を避けるように養生しているが、比較的小さな風速の風が長期間当る場合や、塗り付け直後に養生してもその後仕上げで覆われるまでの間に風が当る場合などは、特に風に対する養生はしておらず、このような場合にモルタルの接着強度がどのようになるかを調べなければならない。

また、モルタルの接着強度を向上する方法について、モルタルの調合や下地の塗付け面の処理方法に重点が置

かれて研究されているが、塗り付けたモルタルが表面からドライアウトするのを防ぐように、塗り付け後のモルタル表面の処理方法についても研究すべきである。

#### 謝辞

本研究に協力をいただいた大分大学大学院生松田忠広氏に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 金完基, 大濱嘉彦, 出村克宜, 再乳化形粉末樹脂混入ポリマーセメントモルタルの接着性, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp425-426, 平成6年
- 2) 吉川一三, 鈴木修, タイル直張り工法の研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp393-394, 昭和61年
- 3) 近藤敏, 大濱嘉彦, 出村克宜, S.N. Pareek, ポリマーセメントモルタルによる左官用モルタルのモルタル下地に対する接着性の改善, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp241-242, 平成4年
- 4) 澤田英二, 横山良, 軽量モルタルの付着性に及ぼす吸水調整剤濃度の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp927-928, 平成5年
- 5) 近藤照夫, 青柳久, 丸一俊雄, 三浦寛, セメントモルタル塗り用吸水調整材の性能評価, その3. 1年間の屋外暴露におけるモルタル接着性の経時変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp37-38, 平成3年
- 6) 加藤一馬, 山崎健一, 小笠原和博, 網本浩二, 軽量セメントモルタルへのタイル張りについての検討, その1. 軽量セメントモルタルの物性と浮き・剥離の発生状況(180日経過), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp923-924, 平成5年
- 7) 山崎健一, 藤井銘純, 大津達也, 小笠原和博, 網本浩二, コンクリート表面形状とモルタルの付着性に関する研究, その3. 外装仕上げ方法と剥離抑制効果一屋外暴露1年間の結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp235-236, 平成4年
- 8) 難波連太郎, 林好正, 小室富雄, 鈴木光, 補修用・仕上用厚塗りセメントモルタルの特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp1205-1206, 平成4年
- 9) 久米国幹, シーラーを用いた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 A, pp243-244, 平成4年
- 10) 大濱嘉彦, 荻隆行, 出村克宜, ポリマーセメントモルタルの接着耐久性試験方法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp67-68, 昭和62年
- 11) 三枝一仁, 久保田浩, 凹凸面に施工されたタイルの接着性能試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp23-24, 平成3年
- 12) 山本俊彦, 大谷博, 大岡督尚, 外装タイルの剥離防止に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集〈構造系〉, pp429-430, 昭和59年

(1995年7月3日原稿受理, 1995年9月6日採用決定)