

11. セメントモルタル塗り用吸水調整材の接着機構に関する研究

STUDY ON THE ADHESION MECHANISM OF THE PRIMER APPLIED
ON THE SURFACE OF SUBSTRATE CONCRETE

阿部 宏*, 平居孝之**, 本橋健司***

Hiroshi ABE *, Takayuki HIRAI ** and Kenji MOTOHASHI ***

[キーワード] セメントモルタル、吸水調整材、接着強度、吸水試験、電子顕微鏡、熱重量測定、水酸化カルシウム

[KEY WORDS] Cement Mortar, Primer, Adhesion Strength, Water Absorption, Scanning Electron Microscope, Thermogravimetry, Calcium Hydroxide

[ABSTRACT] Ethylene-vinyl acetate or polyacrylic ester emulsion have been used as primers to improve the adhesion strength between bonded mortar and substrate concrete. In this study, the adhesion mechanism between the bonded mortar and substrate concrete on which surface the primer was applied was investigated. The adhesive properties were examined by an adhesion test, water absorption test, observation of bonding interface by scanning electron microscope and analysis of calcium hydroxide in the bonded mortar by thermogravimetry.

From the results, the primer layer that was coated on the substrate concrete affected the adhesion strength between the bonded mortar and substrate concrete, the absorption of water in fresh bonded mortar and the degree of cement hydration in the bonded mortar. Regardless of the water content of the substrate concrete, an improvement in the adhesion strength between the bonded mortar and substrate concrete was gained by the application of the primer. Sufficient hydration of cement occurred in the bonded mortar around the bonded interface when the primer was applied on the surface of the substrate concrete.

* 大分大学大学院工学研究科

Graduate Student, Graduate school of Engineering, Oita University

** 大分大学工学部

Faculty of Engineering, Oita University

***建設省建築研究所

Building Research Institute

1. はじめに

左官工事やタイル工事などでコンクリート等セメント系下地に対しセメントモルタルを塗る場合、セメントの水和を促し接着性を向上する目的で下地処理を行う。下地処理方法としては、水湿し他にセメントモルタル塗り用吸水調整材の塗布、ポリマー混入セメントペースト塗りなどの方法がある。コンクリート下地とモルタルの接着不良による剥離は、コンクリートとモルタルの物性の相違すなわち、弾性率、ポアソン比、熱膨張係数などの物性がそれぞれ異なること、温度や水分の影響による膨張・収縮、クリープ等によって生じる剥離応力が原因である。このような剥離応力に対しコンクリート/モルタル界面での接着性が不十分な場合に、浮きまたは剥離に至る¹⁾。

吸水調整材に関する研究は、モルタル接着試験を中心とした初期接着^{2,3)}及び耐久性に関する研究⁴⁾や、変形追従性に関する研究⁵⁾などが行われているが、接着機構を含め未だ未解明な部分も多い。本研究では吸水調整材の効果を確認するため、モルタル接着試験以外に吸水試験、電子顕微鏡による接着界面近傍の観察及び塗り継ぎモルタル内部の水酸化カルシウム量を熱重量測定により定量分析することによりモルタル内部のセメントの水和の程度を把握し、吸水調整材の接着機構の考察を行った。

2. 試験方法

実験の要因として下地基板の含水状態、下地処理方法及び試験体の養生条件をTable 1に示す。吸水調整材は、市販品のエチレン-酢酸ビニル共重合エマルジョン系を用い、Table 1に示す濃度に水で希釈したものを150g/㎡塗布した。塗り継ぎモルタルの調合は、Table 2に示す豊浦標準砂モルタルを用いた。

Table 1 Factors and levels in experiment

| Factor | Level | |
|------------------------------------|--|--|
| Water content of substrate | Ordinary : Water content 7 wt% | |
| | Dry : Drying to constant weight at 105°C | |
| Application of primer on substrate | Mortar | Ingredient : Ethylene-vinyl acetate |
| | | Concentration : 22.3, 14.8, 11.4, 7.5 and 5.0% |
| | Water | Application of water 300g/㎡ |
| | Non primer | |
| Curing method | Primer | 20°C, 65% (RH) 24h |
| | After bonding | 20°C, 80% over (RH) 2d and |
| | mortar | 20°C, 65% (RH) 26d |

Table 2 Mix proportion of bonded mortar (wt.%)

| Ordinary portland cement | Toyura standard sand | Water |
|--------------------------|----------------------|-------|
| 27.4 | 54.8 | 17.8 |

2.1 モルタル接着試験

JIS A 6909 (建築用仕上塗材)に規定する試験用モルタル基板(70×70×20mm)を研磨紙で研磨、清拭し、Table 1に示す濃度に水で希釈した吸水調整材を150g/㎡の割合で塗布し24時間乾燥した。内寸40×40×10mmの型枠を基板に取り付け、Table 2に示す標準砂モルタルを型枠内にコテで塗り付けた。Table 1に示す養生条件で養生を行った後、鋼製治具を取り付けインストロン万能試験機を用いて(クロスヘッド速度1mm/min)最大引張荷重P[N]を測定し、接着強度を算出した。

2.2 吸水試験

2.1と同様にモルタル基板に吸水調整材を塗布し24時間乾燥後、JIS A 6916 (仕上塗材用下地調整材)に準じて4側面をエポキシ樹脂でシールした後、吸水調整材を塗布した面を下向きにして水中に

深さ 10mmまで浸漬し1, 3, 6, 12, 24, 48時間後の吸水量を測定した。

2. 3 電子顕微鏡による観察

下地/塗り継ぎモルタルの接着界面近傍を走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて倍率1000倍で観察した。試料は、液体窒素に浸漬し割裂後真空乾燥しPt-Pdを蒸着した。加速電圧は、20kVとした。

2. 4 塗り継ぎモルタル内部の水酸化カルシウムの分析

2.1と同様に熱重量測定(TG)用の試験体を作製した。ダイヤモンドカッターでモルタル基板を1mm以下まで削り取り、モルタル基板が残着した部分及び吸水調整材皮膜をカッターナイフで削り取った。取り出した塗り継ぎモルタルをアセトン脱水し真空乾燥後、鋼製ヤスリで接着界面近傍を削り取り分析試料を得た。同様にして接着界面から1, 3, 5mmの深さのモルタル部分からも分析試料を得た。TGの試験条件は、昇温速度5℃/分、最大感度20mg、分析試料は約50mgで空気雰囲気中で分析した。105℃にて15分間保持しこの時の重量を基準とし、チャートの380℃から650℃での重量減少幅から炭酸化した分を含めてCa(OH)₂量を算出した。また、比較として塗り継ぎモルタルと同じ調合のモルタルを封かん養生しCa(OH)₂量の分析を行った。

3. 結果及び考察

3.1 接着試験

1) 下地含水率：通常の場合

Fig.1にモルタル接着試験の試験結果を示す。接着強さは、吸水調整材塗布と水湿し及び無処理とを比較すると、吸水調整材塗布による接着強度は、1.5N/mm²以上と顕著に向上した。Fig.2に示すよう破断状況は、吸水調整材塗布はモルタル内部からの破断が支配的であったが、水湿し及び無処理は、下地/塗り継ぎモルタル界面から破断であった。

2) 下地含水率：乾燥の場合

Fig.1より接着強度は、通常の場合とほぼ同様の傾向を示し、下地含水率の影響は少ない。しかし破断状況は、吸水調整材塗布は同じくモルタル内部からの凝集破断であるが、水湿し及び無処理はモルタル内部から破断で、接着強さは1N/mm²以下で破断面も脆かった。モルタル中の水分が下地へ吸水し、セメントの水和が阻害されたためにモルタルの強度発現が不十分であると考えられる。

3.2 吸水試験

1) 下地含水率：通常の場合

Fig.3に下地含水率が通常の場合、各濃度の吸水調整材の下地に対する吸水量の経時変化を示す。いずれの濃度で塗布した場合でも長時間にわた

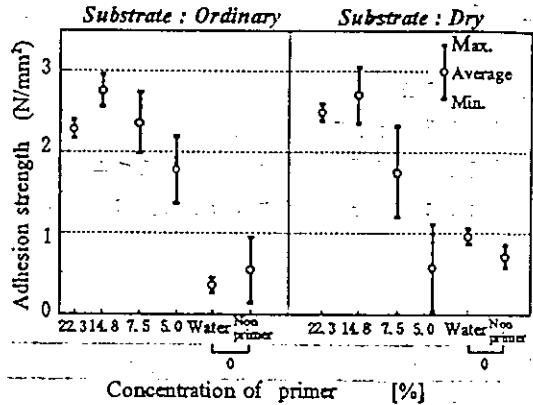


Fig.1 Relationship between concentration of primer and adhesion strength

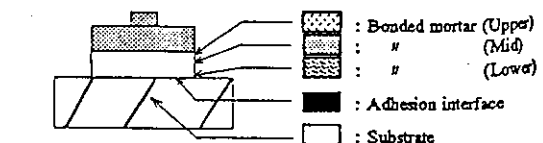
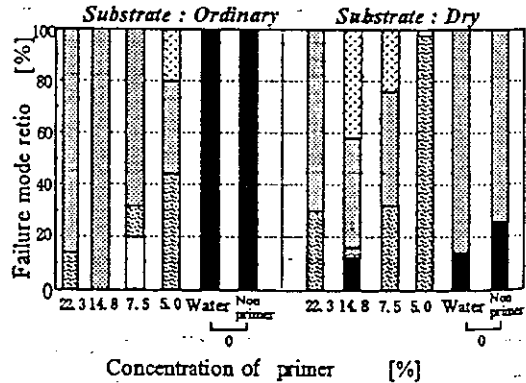


Fig.2 Failure mode of adhesion test

り緩やかに吸水が続いており、吸水調整材の濃度が高いほど吸水量は少ない。無処理の場合、24時間で約5g/49cm²であるがm²当たりりに換算すると1.0kg/m²の水を吸収する。10mm厚の塗り継ぎモルタル中に含まれる水量は、m²当たり3.5kgであるから通常の含水状態であっても、長時間にわたり吸水が続けば特に接着界面近傍においてモルタルがドライアウトする可能性がある。

2) 下地含水率 : 乾燥の場合

Fig. 4に下地含水率が乾燥の場合における吸水試験結果を示す。下地が通常の場合と比較し、より短時間で急激に吸水するため、吸水調整材濃度が適切な範囲でないとドライアウトにより塗り継ぎモルタルの強度発現が阻害される可能性がより高い。無処理は、24時間で18g/49cm² (3.7kg/m²)の吸水量があり、乾燥して吸水の大きい下地では吸水調整材の濃度が低いと吸水防止の効果がない。

3.3 走査型電子顕微鏡による観察

Fig. 5に下地が通常の場合のモルタル接着界面の観察写真を示す。各写真は吸水調整材の固形分量を各濃度に調整し塗りしモルタルを塗り継いだ試験体の電子顕微鏡写真である。吸水調整材の濃度にかかわらず接着界面に吸水調整材の連続層が観察された。また、吸水調整材の皮膜の厚さは研究報告に示すように吸水調整材の固形分濃度及び比重から計算される厚みとも対応する。また、下地が乾燥の場合も同様であった。

substrate : Ordinary

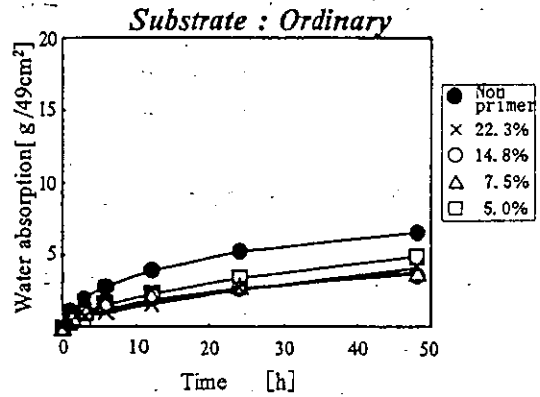


Fig.3 Relationship between time and water absorption with concentration of primer

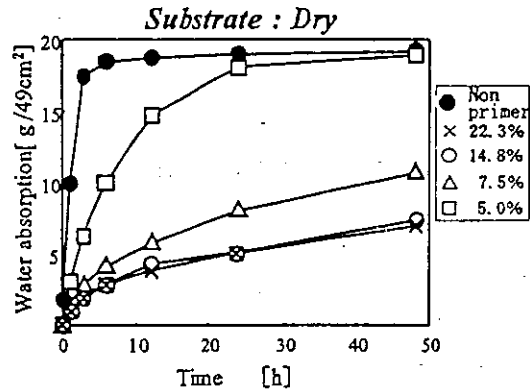


Fig.4 Relationship between time and water absorption with concentration of primer



Concentration : 14.8% 7.5% 5.0% 5 μm

Fig.5 SEM photographs of bonding interfaces and details

3.4 塗り継ぎモルタル内部の水酸化カルシウムの定量分析結果

1) 封かん養生したモルタル中のCa(OH)₂量

TGは、目的とする物質の熱分解反応及び分解温度が既知であれば数10mgの微量試料で精度良く分析することができるため、セメントの水和により生成したCa(OH)₂の定量分析に適する。Fig. 6にTGにより測定した各物質について105°Cの重量を基準した重量変化を示す。標準砂モルタル中のセメントの水和により生じた重量減量は、400~500°Cの温度範囲で観察された。

Fig. 7に封かん養生したモルタル中のCa(OH)₂量を材令毎に測定した結果を示す。水和後約6時間経過し、モルタル中のCa(OH)₂量が急激に増加し材令7日以後は一定となった。普通ポルトランドセメントが完全に水和すると約25~33%のCa(OH)₂を生成するが、モルタル内に含まれるCa(OH)₂量は骨材を含むため7~8%であった。

2) 塗り継ぎモルタル中のCa(OH)₂量

Fig. 8は塗り継ぎモルタルに含まれるCa(OH)₂量の接着界面からの深さ方向への分布を示す。Fig. 8より下地含水率が通常の場合、吸水調整材の濃度によるモルタル中のセメントの水和への影響は小さいが、接着界面近傍のCa(OH)₂量は、モルタル内部と比べ約2%高い。これは、SEM観察からモルタル界面近傍にセメント分の多い層が存在するためである。気乾養生のため封かん

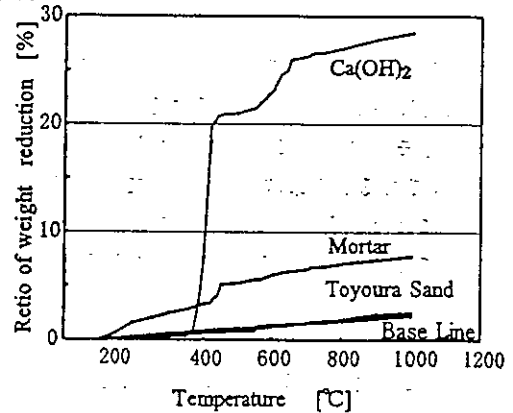
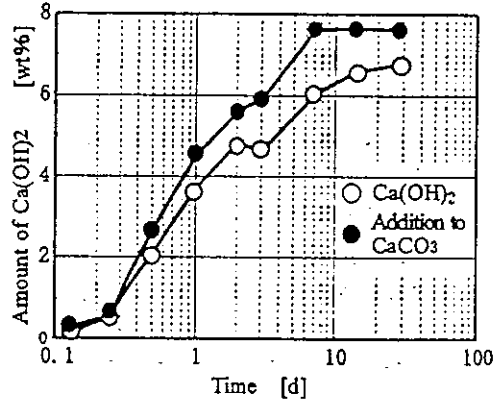
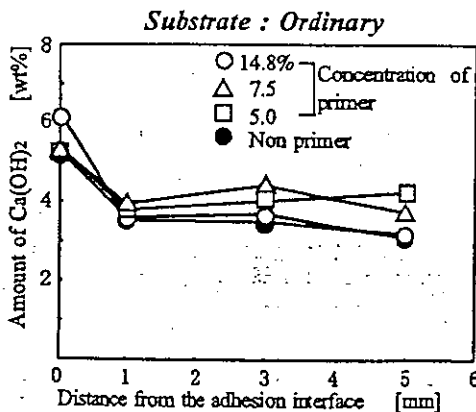
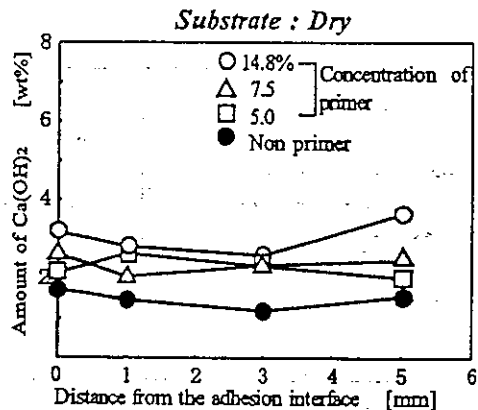


Fig.6 Relationship between temperature and weight reduction

Fig.7 Relationship between age and amount of Ca(OH)₂ in seal curing mortarFig.8 Relationship between distance from adhesion interface and amount of Ca(OH)₂Fig.9 Relationship between distance from adhesion interface and amount of Ca(OH)₂

養生のモルタルと比較し、吸水調整材濃度に関わらず塗り継ぎモルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が約4%と少ないが、これは下地への吸収以外にも水分が蒸発したためである⁵⁾。また下地が乾燥した場合の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量の分布をFig. 9に示す。濃度の高い吸水調整材を塗布したモルタル内部の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量は通常の場合と同じく約4%近くであるのに対し、濃度が低い吸水調整材塗布、水湿し及び無処理では $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が2%と低い。封かん養生したモルタルの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量2%は、Fig. 6より加水後12時間に相当する量であり、モルタル中の水分が下地に吸水されドライアウト状態にあることが本分析の結果から判る。

Fig. 10は、界面近傍におけるモルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量を下地の含水率と比較している。下地の含水率が接着界面近傍のモルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量に大きく影響しており、乾燥した下地では $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が少なく、セメントの水和が不十分であった。下地含水率の影響について、接着試験では接着強さに差が見られなかったが、塗り継ぎモルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量を分析結果からモルタル中のセメントの水和に対する下地含水率の影響を明確に捕られた。吸水調整材の効果として、接着界面近傍の塗り継ぎモルタル中のセメントの水和が進むことが確認できた。

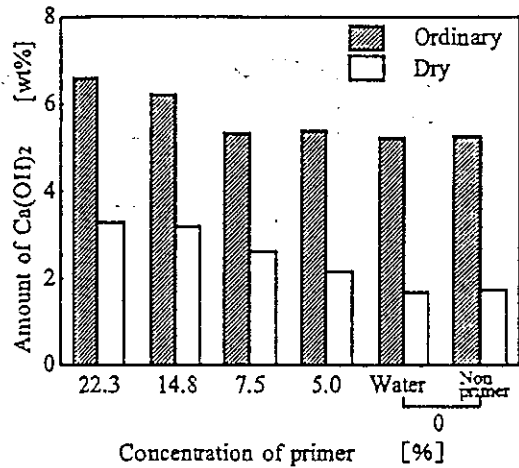


Fig.10 Amount of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in bonded mortar in the adhesion interface

4. 結論

- ① 接着試験結果より適正な濃度の吸水調整材を塗布することにより、下地の含水率の影響を受けことなく塗り継ぎモルタルの接着性が改善された。
- ② 吸水試験及び塗り継ぎモルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の分析結果から吸水調整材は、塗り継ぎモルタル中の水分の移行を適度に調整しセメントの水和を妨げることなくドライアウト防止効果があることが認められた。
- ③ SEMによる観察から本研究の濃度範囲では、吸水調整材は下地面に吸水調整材の連続した皮膜を形成することが観察された。
- ④ 適正な濃度範囲の吸水調整材を下地に塗布することにより、下地含水率の影響が少なくなり接着強度や塗り継ぎモルタルのセメントの水和が保たれる。吸水調整材の接着機構として、接着界面近傍に緻密なモルタル層を形成することにより接着性が向上すると考えられる。
- ④ TGによる塗り継ぎモルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の分析結果から得られたモルタル中のセメントの水和程度と、接着試験、吸水試験などの結果から吸水調整材の効果を検証することができた。

「参考文献」

- 1) 小笠原和博, 平居孝之, 綱本浩二, 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-, 日本建築仕上学会大論文集, pp. 27~31, (1992)
- 2) 阿部宏, 本橋健司, モルタル塗り用吸水調整材による初期接着メカニズムに関する研究, 日本建築学会大会要集A, pp. 925~926, (1993)
- 3) S. N. Pareek, 大濱嘉彦, 出村克宜, Adhesion durability of bonded mortar to polymer dispersion coated mortar substrates, 日本建築学会大会要集A, pp. 39~40, (1991)
- 4) 近藤昭夫, 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年間の屋外曝露におけるモルタル接着性の経時変化, 日本建築学会大会要集A, pp. 37~38, (1991)