

論文 左官モルタルとして軽量モルタルを用いたタイル張り壁面の 耐久性

大久保孝昭*1・根本かおり*2・新井政満*3

要旨: 左官用軽量モルタルが建築構造物の外部用左官材料として用いられるようになってから約15年が経過した。平成四年に実施された調査では、外部用左官モルタルとして軽量モルタルが使用される割合は約65%に達している。本研究では、左官モルタルとして軽量モルタルを使用したタイル張り壁面が苛酷環境下に曝されたときの躯体と仕上げ層との接着一体性の変化に関する実験を行い、耐久性の観点から適切な仕様を定めるための基礎的な検討を行った。

キーワード: 軽量モルタル, 外壁, タイル, 接着一体性, 耐久性

1. はじめに

平成四年に実施された(社)日本左官業組合連合会および日本仕上材工業会の調査¹⁾では、外部用左官モルタルとして軽量モルタルが使用される割合は約65%に達している。普及の理由は、材料製造メーカーサイドが外部用と内部用の区別を行い、自発的に施工マニュアルを整備したことと軽量モルタルの作業性(こて伸び、こて離れ)が良好であることが主要因であると考えられる。また、浮きやひび割れ等のクレームが少ないという実績も長年にわたる普及を促してきた。ところが一方、公的機関の基準・仕様書等では外部用軽量モルタルの品質に関する規定は極めて少なく、その品質は基本的に材料製造メーカーの自主管理に任されているのが実状である。

本研究は外部用左官モルタルとして軽量モルタルを用いたタイル張り壁面の接着一体性に関する耐久性を検討するために行ったものである。ここで行った耐久性試験は、短期間の実験により試験体の耐久性を確認することを目的として通常的环境よりもかなり苛酷な外気環境変化を与えた。外気環境の変化は温度変化、散水および凍結融解とし、耐久性試験前後の試験体内部

の接着一体性の変化から実験的に検討を行っている。なお、一部の実験では耐久性試験時の試験体の変形状態からも考察を行った。

2. 試験体及び実験方法

2.1 試験体

実験に供した試験体の断面を図-1に示す。試験体は同図に示すように躯体コンクリート部分に種々の仕様で45二丁のモザイクタイル張りを施したタイル張り壁面とした。実験に供した試験体の種類を表-1に一括して示す。この表に示すように8種類の試験体を作製し、左官モルタル部分の種類、厚さおよび吸水調整方法がタイル張り壁面の耐久性に及ぼす影響を検討した。なお、躯体コンクリート部分は設計基準強度が24N/mm²の普通コンクリートとし、表中、軽量Aは塩ビ・炭カル系、軽量Bは発泡ス

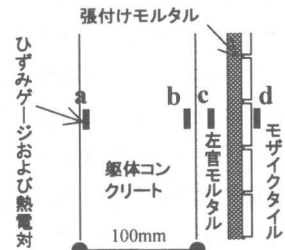


図-1 試験体断面

- *1 建設省建築研究所 企画部 国際研究協力官 工博(正会員)
- *2 建設省建築研究所 第四研究部 施工技術研究室 研究員
- *3 (財)建材試験センター 中央試験所 草加試験室 室長代理

表-1 試験体の種類

試験体 記号	吸水 調整材	左官モルタル		躯体 コンクリート	表層 仕上げ
		骨材種類	厚さ		
(1)	塗布	珪砂	10mm	強度 24N/mm ²	モザイクタイル (45×95mm /枚)
(2)		軽量A	10mm		
(3)		軽量B	10mm		
(4)		軽量C	10mm		
(5)	無し	軽量A	10mm	厚さ 100mm	
(6)	塗布	軽量A	5mm	100mm	
(7)		軽量A	15mm		
(8)		軽量A+珪砂	5mm+10mm		

チロール系さらに軽量CはEVA・炭カル系の骨材を用いた外部用軽量モルタルである。なお、躯体コンクリート部分の大きさは、接着試験用の試験体では400×200×100mm、軸ひずみ追従性用の試験体では400×100×100mmとした。試験体の作製は打込み後4週間気中養生したコンクリートに吸水調整を施して1層目のモルタル左官塗りを施し、1週間気中養生した後に2層目のモルタル、更に2週間気中養生してタイル張りを施した。

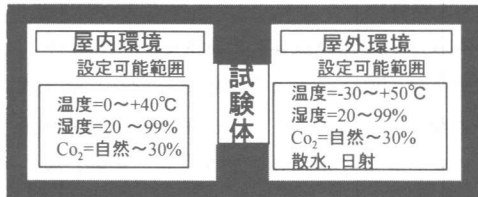


図-2 試験装置概要

2.2 耐久性試験の環境

タイル張り壁面の促進耐久性試験は図-2に示す装置を用いて行った。同図に示すように試験体は屋外環境と屋内環境との境界に設置し、各環境を変化させることにより試験体内部に温冷・乾湿ムーブメントを発生させて劣化応力を生じさせる試験方法とした。試験体は通常のタイル張り壁面の状態を想定して、コンクリート躯体が室内側、タイルが屋外環境側に面するように設置し、屋外環境を急激に変化させた。以下、設定した環境変化の概要を示す。

(a) 温冷ムーブメント試験

図-3(a)に示すように屋内環境は温度25℃、湿度70%一定とし、屋外側の気温のみ25±

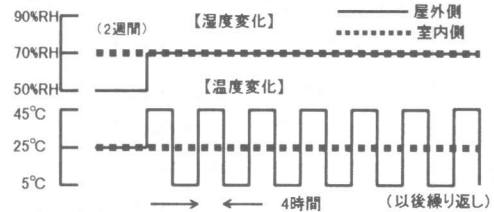
20℃(5℃~45℃)で急激に変化させた。温度変化の時間間隔は4時間、温度変化のサイクルは30サイクルとした。

(b) 散水試験

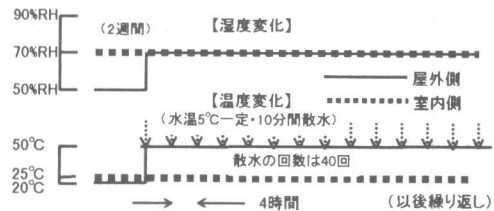
屋内環境は温度25℃、湿度70%一定とし、図-3(b)に示すように屋外側は50℃の気温のもとで4時間ごとに5℃の散水をタイル表面側に与えた。この実験は夏期において、直達日射で熱せられた外壁に夕立による降水が作用する場合を想定したもので、急激なタイル表面の温度低下、ならびに吸水・乾燥の影響を検討するために行ったものである。散水の繰返しサイクルは40サイクルとした。

(c) 片面凍結融解試験

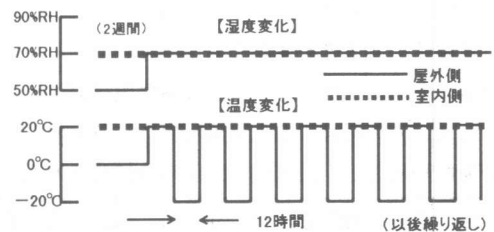
図-3(c)に示すように、屋外側の気温を-20℃から+20℃の間で12時間ごとに変動させて、試験体のタイル表面側で100サイクルの気中凍結・融解試験を行った。



(a) 温冷ムーブメント試験環境



(b) 散水試験環境



(c) 片面凍結融解試験環境

図-3 促進耐久性試験時の環境

2.3 物性試験項目

(1) 面外接着強度（直接引張試験）

コンクリート躯体と仕上げ材との面外接着強度は仕上げ材を躯体コンクリートの面外直交方向に直接引張って接着強度求める（建研式引張試験）試験方法で測定した。測定は耐久性試験の実施前と耐久性試験終了後の2回行った。

(2) 軸ひずみ追従性試験

直接引張試験に対し、面内の接着一体性を確認する試験として軸ひずみ追従性試験を行った。これは、コンクリート躯体と仕上げ材との剥離力が、伸縮に伴う相対ムーブメントで生じる場合が多いことを考慮した試験方法である。ここでは図-4に示すように、100×100×400mmの角柱コンクリートにタイル張りを施し、コンクリート部分のみに軸圧縮ひずみを生じさせて、この躯体変形に対する仕上げ材の追従性から接着一体性を判定した。この試験では、コンクリートひずみ、左官モルタルひずみおよびタイルひずみについてそれぞれ2カ所ずつ、ひずみの測定を行っている。

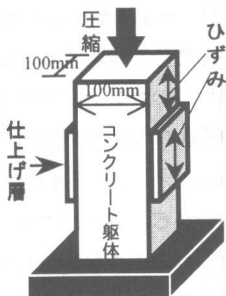


図-4 軸ひずみ追従性試験

(3) ひずみの測定

温冷・乾湿ムーブメント試験中の試験体内部のひずみおよび温度は図-1中のa～dの4カ所において電気抵抗線ひずみゲージおよびC-Cu熱電対により測定した。なお、この測定は試験体①、②および③についてのみ行っている。ひずみの計測値 ϵ_e から試験体内部に実際に生じるひずみ ϵ_k への補正は次式により行った。

$$\epsilon_k = \epsilon_e + \alpha_g \times \Delta T$$

ここに、 ϵ_e ：ひずみの計測値

ϵ_k ：試験体の実際の伸縮を表す実ひずみ

α_g ：ひずみゲージのみかけの線膨張係数

ΔT ：基準時刻からの試験体の温度変化

3. 実験結果および考察

3.1 面外接着強度（直接引張強度）の変化

耐久性試験前後の接着強度の変化の例を図-5に示す。同図は各試験体ごとに、耐久性試験前の接着強度（初期値）に対する各耐久性試験終了後の接着強度の割合を表したものである。同図に示すように試験体の仕様によって外気環境変化に対する耐力が異なることが明らかである。例えば凍結融解試験後の接着強度からは寒冷地では試験体⑥、⑧の仕様が適当であると言えるし、また試験体⑦の仕様は温冷ムーブメントを受ける部位では適当であるものの高温・散水の作用が大きい部位では好ましくないという考察が得られる。

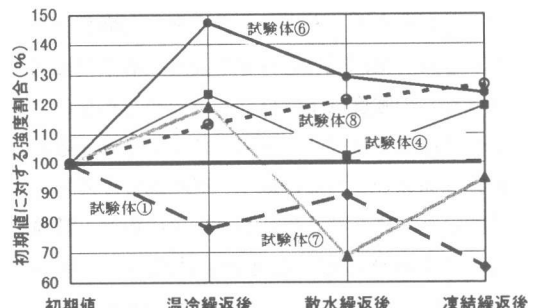
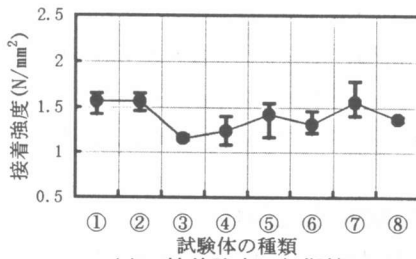


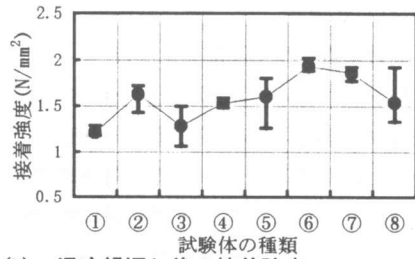
図-5 耐久性試験前後の接着強度の変化

図-6(a)～(d)にはすべての試験体の面外接着強度試験結果（5カ所の平均とばらつき）を示す。同図(a)は耐久性試験を行う前の各試験体の直接引張強度（初期値）、同図(b)～(d)は各耐久性試験終了後の直接引張強度を示したものである。

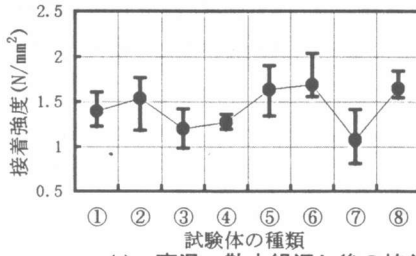
図-6(a)に示す各試験体の面外接着強度の初期値はほぼ $1.2\text{N/mm}^2 \sim 1.6\text{N/mm}^2$ の値を示しており、左官モルタルとして軽量B（発泡スチロール系骨材）を用いた試験体③の初期値が最も小さな値を示していることが分かる。これは



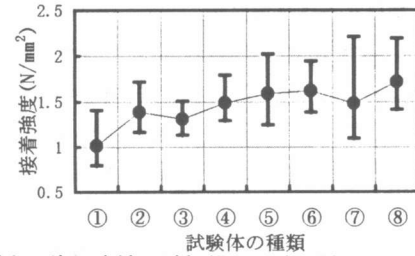
(a) 接合強度の初期値



(b) 温冷繰返し後の接合強度



(c) 高温・散水繰返し後の接合強度



(d) 片面凍結・融解繰返し後の接合強度

図-6 各試験体の接合強度

軽量Bモルタルの引張強度が小さいためである。

図-6(b)に示す温冷ムーブメントの繰返しを受けた後の面外接着強度は特に試験体①(硅砂モルタル使用)が初期値に比べてその低下が大きいことが分かる。左官モルタルとして軽量モルタルを用いた試験体②~⑧の面外接着強度は初期値からの強度低下はほとんど認められない。

これは温冷ムーブメントにより生じる界面応力を弾性係数の小さな軽量モルタル部分の変形が緩和したためと考えられる。散水の繰返し試験後の各試験体の接合強度試験結果を示す図-6(c)では、厚さ15mmの軽量モルタルを施した試験体⑦が初期値に対する強度低下が大きいことが分かる。これは軽量モルタル部分の体積が大きい試験体⑦はモルタル部分の吸水量が多く、乾湿ムーブメントが大きくなったためと考えられる。また、若干ではあるが硅砂モルタルを用いた試験体①は初期値に比べて面外接着強度が低下している。片面凍結融解試験終了後の面外接着強度を示す図-6(d)では、硅砂モルタルを用いた試験体①の強度低下が大きいことが分かる。また、強度低下は認められないものの、試験体⑤、⑦および⑧は接合強度のばらつきが非常に大きくなっていることが明かである。

3.2 軸ひずみ追従性の変化

左官モルタルの種類の影響を検討するため、図-7に試験体①、②、③および⑧の耐久性試験実施前の軸ひずみ追従性を示している。剥離の発生はコンクリートひずみ増加に対する仕上げ材のひずみ増加割合が変化した時点として判定した²⁾。図-7中の波線がこれを表している。左官モルタルとして硅砂モルタルを使用した試験体①の剥離発生時のコンクリートひずみは約680 μ であり、軽量モルタルを使用した②、③は1000 μ 以上のコンクリート軸ひずみに追従していることが分かる。これはコンクリートの軸ひずみを弾性係数の小さな軽量モルタルが吸収し、界面に作用するせん断応力を低減したためと推察される。

図-7と同様の方法で求めた各試験体の軸追従ひずみ(剥離発生時のコンクリートひずみ)を表-2に一括して示した。軽量モルタルを使用した試験体②~⑦は800 μ 以上のコンクリートひずみに追従している。また、試験体⑧は図-7(d)に示す⑧同様、モルタルのひずみは単調に増加し、タイル部分のひずみのみ低下した。このことはこれらに試験体ではモルタルとコンクリート間での剥離は生じなかったことを表す。

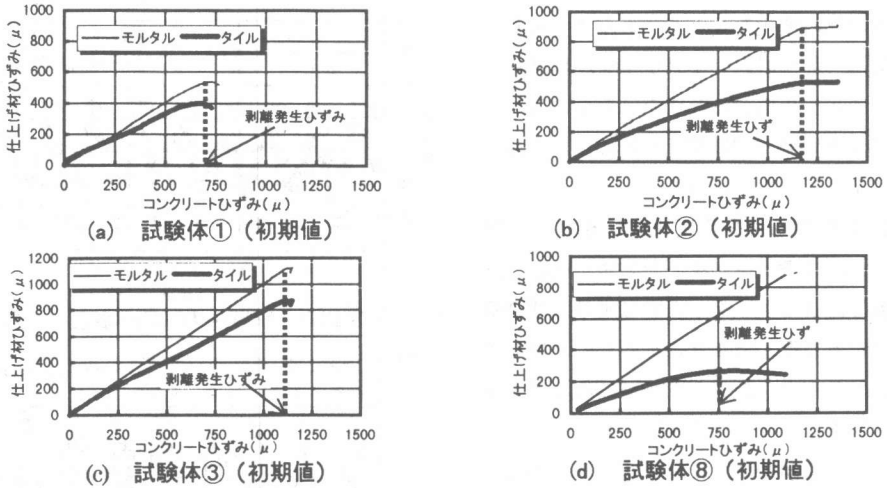


図-7 軸ひずみ追従性試験結果（初期値）の例

躯体コンクリート表面に対する吸水調整材塗布が軸ひずみ追従性に及ぼす影響は試験体②と⑤を比較すればわかる。試験体②は吸水調整材塗布、試験体⑤は塗布していないもので、このほかは全く同一の仕様である。耐久性試験実施前の初期値、温冷繰返し、散水繰返しおよび凍結融解を繰返し後の実験結果ともに吸水調整材を塗布した試験体②の追従性が大きいことが分かる。このことは吸水調整材塗布が外気環境の変化に伴う軸ひずみ追従性の耐久性確保に有効であることを示している。

3.3 耐久性試験時のひずみ変化

温冷繰返し試験中における試験体温度変化の例として試験体①の測定結果を図-8 に示した。実験は温冷繰返し30サイクルまで実施したが

ここでは最初の10サイクルのみ示している。屋外環境の気温変化(7℃~4.5℃)に対して、タイル表面は1.6℃~3.7℃の間で変化し、室内側のコンクリート表面は2.0℃~3.2℃の範囲で変動していることが分かる。温冷繰返し試験中における試験体ひずみの例として試験体①と②の実ひずみの経時変化を図-9(a), (b)に示した。これらも最初の10サイクルのみのひずみ変化を示している。屋外環境側の気温変動に伴う温度変動はタイル表面が最も大きい、実ひずみの変動はタイル、左官モルタルおよびモルタル界面側のコンクリートにほとんど差がなく約±100μ程度で変動している。これはタイルの線膨張係数がモルタル、コンクリートに比べて小さいためである。図-10 は左官モルタルとして試験体②の軽量モルタル部分のみの

表-2 軸ひずみ追従性試験結果一覧

試験体	吸水調整材	左官モルタル		剥離が生じたときのコンクリート軸ひずみ(μ)			
		骨材種類	厚さ	初期値	温冷繰返し後	散水繰返し後	凍結繰返し後
①	塗布	珪砂	10mm	680(モ)	750(モ)	580(モ)	700(モ)
②		軽量A	10mm	1150(モ)	1100(タ)	850(タ)	900(モ)
③		軽量B	10mm	1150(モ)	1200(モ)	1150(タ)	800(モ)
④		軽量C	10mm	720(モ)	1100(モ)	1400(タ)	1350(タ)
⑤	無し	軽量A	10mm	800(モ)	800(タ)	800(モ)	700(モ)
⑥	塗布	軽量A	5mm	900(タ)	850(タ)	900(タ)	800(タ)
⑦		軽量A	15mm	1150(モ)	1100(タ)	1100(タ)	750(モ)
⑧		軽量A+珪砂	5mm+10mm	750(タ)	700(タ)	850(タ)	850(モ)

※表中(モ)は「コンクリートと左官モルタル間の剥離」

※表中(タ)は「モルタルの凝集破壊」または「張付モルタルとタイル間の剥離」

実ひずみの経時変化を30サイクルまで示したものである。温冷繰返し10サイクル程度までは、軽量モルタル部分のひずみは温冷の繰返しによって徐々に伸び側に移行しており、それ以降は一定値に収束している。

これは10サイクル程度までは相対ムーブメントにより軽量モルタル部分に微細なひび割れが進展し、10サイクル以降は生じたひび割れが開閉を繰り返したことによるものと推察される。このモルタル部分の微細ひび割れは温冷ムーブメントにより生じる内部応力を吸収し、その結果として前節までに示したように軽量モルタルを用いた試験体の接着強度が低下しないものと考えられる。この傾向は発泡スチロール系の軽量モルタルBを用いた試験体③は顕著であり、本実験の範囲では左官モルタル部分のひずみは伸び側に移行し続けた。この微細ひび割れに関しては今後顕微鏡による観察実験を行う予定である。

4. まとめ

外部用軽量モルタルを用いたタイル張り壁面の仕様と耐久性との関係について、本実験結果から得られた主な知見は以下の通りである。

1. ここで試験した軽量モルタルはコンクリートとの接着強度に関する耐久性に関して、珪砂モルタルと同等またはそれ以上の性能を示した。
2. 軽量モルタル部分の吸水量が大きい仕様、すなわち軽量モルタルの厚さが15mmの試験体では乾湿ムーブメントにより、接着強度が低下しやすい。
3. 吸水調整材の塗布は接着強度向上に寄与し、特に凍結融解繰返し後の接着強度低下を防ぐ。

参考文献

- 1) サンドモルタルの外壁に対する使用状況とモルタル接着増強剤のプライマーとしての使用状況、(社)日本左官業連合会、日本仕上材工業会、平成4年4月
- 2) 打込み型枠構工法ガイドライン、建築研究所報告、PP86-88、1997.11

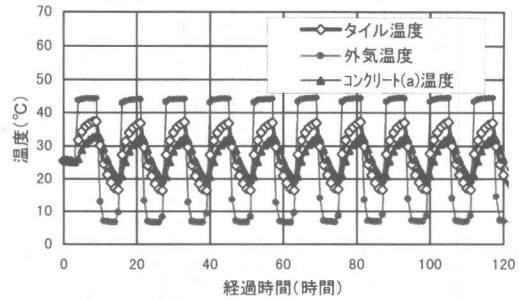
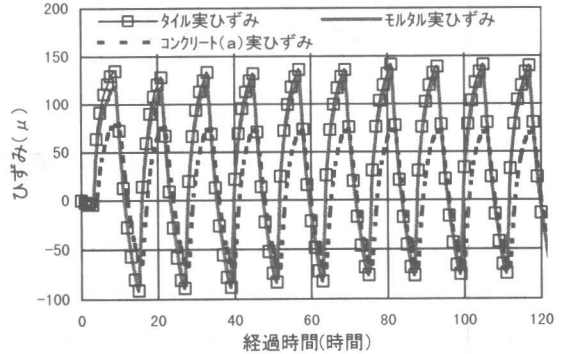
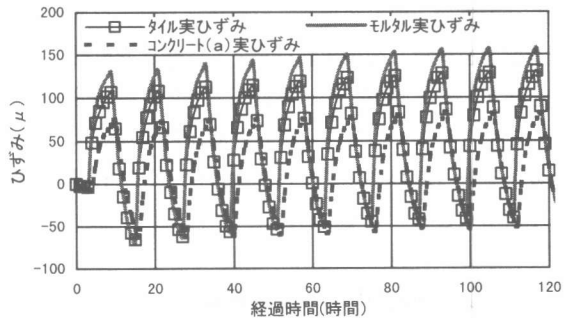


図-8 温冷繰返し試験中の試験体温度(試験体①)



(a) 試験体①



(b) 試験体②

図-9 温冷繰返し試験中の試験体ひずみの例

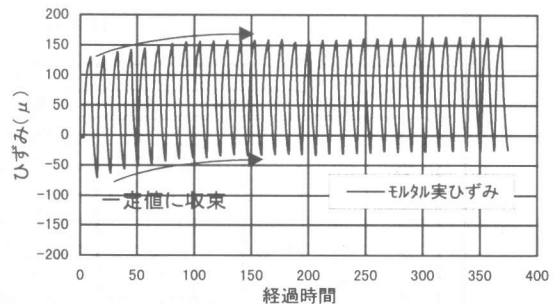


図-10 温冷繰返し試験中における軽量モルタル部分のひずみ変化(試験体②)