

[39] コンクリート表面塗装材によるアルカリ骨材反応抑制効果に関する一実験

正会員 ○長橋 英彦（日本建築総合試験所）
 内田 博和（新井組 技術部）
 正会員 田村 博（日本建築総合試験所）
 中元 武彦（日本建築総合試験所）

1. はじめに

本実験は、現在多く用いられている各種のコンクリート用塗装材を有害又は無害の骨材を用いて製作した角柱モルタルの表面に塗布し、高温多湿・水中浸漬くり返し、乾湿くり返しおよび屋外暴露の各環境下に置く一方、同時に塗装材を塗布しない角柱モルタルを水分供給状態の異なった4種類の環境条件下（高温多湿、密封（Ⅰ）、密封（Ⅱ）、高温乾燥、詳細は後述）に置き、経過日数毎に超音波伝播速度の低下率および質量変化の測定を行ない、アルカリ骨材反応の進行状況と角柱モルタルの含水量の関係を比較・検討したものである。

2. 供試体

2.1 角柱モルタルについて

製作に用いた粗骨材は、ASTM C289-81「骨材の潜在反応試験方法（化学法）」により潜在的に有害（ $Sc: 690\text{mm}/\ell$, $Rc: 170\text{mm}/\ell$ ）又は無害（ $Sc: 25\text{mm}/\ell$, $Rc: 55\text{mm}/\ell$ ）と判定された2種類である。各粗骨材は粉砕した後水洗いし粒径 $0.15\text{mm}\sim 0.6\text{mm}$ 、 $0.6\text{mm}\sim 2.5\text{mm}$ および $2.5\text{mm}\sim 5.0\text{mm}$ の3種類にふるい分け乾燥した後、 $0.15\text{mm}\sim 0.6\text{mm}$ を 120g 、 $0.6\text{mm}\sim 2.5\text{mm}$ を 300g 、 $2.5\text{mm}\sim 5.0\text{mm}$ を 180g ずつ採取混合したものを供試用有害細骨材および無害細骨材とした。

この様にして得られた細骨材、セメント、豊浦標準砂およびモルタル中の全アルカリ量（ Na_2O 換算）がセメント質量の2.5%となるように調整した NaOH 水溶液を表-1に示す調合で混練し $40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 160\text{mm}$ の角柱モルタルを製作した。

表-1 モルタルの調合（1バッチ当たり）

セメント (g)	有害細骨材あるいは 無害細骨材 (g)	豊浦標準砂 (g)	水 (NaOH 水溶液) (g)
600	600	600	300

製作した角柱モルタルは、表-2に示すように各実験内容ごとに実験開始日まで55日間の養生を行なった。

表-2 実験前の養生方法および実験条件

試験環境の種類	実験前の養生方法および実験条件	
高温多湿・水中浸漬くり返し		25日 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 25 の各経過日数ごとに超音波伝播速度測定
乾湿くり返し		50日 0, 2, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 40, 50 の各経過日数ごとに超音波伝播速度測定
高温多湿		25日 各経過日ごとに超音波伝播速度測定
密封（Ⅰ）		25日 各経過日ごとに超音波伝播速度測定
密封（Ⅱ）		25日 各経過日ごとに超音波伝播速度測定
高温乾燥		25日 各経過日ごとに超音波伝播速度測定

2.2 各種塗装材料の塗布について

製作した角柱モルタルは26日間の標準気中養生の後、下記に示す4種類の塗材を各メーカーの標準施工仕様により塗布した(写真-1参照)。なお、塗材塗布時の角柱モルタルの含水率は、有害骨材を用いた角柱モルタルで6.8%、無害骨材を用いた角柱モルタルで7.2%であった。

1) エポキシ樹脂系塗料……下塗り(プライマー)、中塗り(フィラー層)、上塗り(2回塗り)の3工程からなる高防水性のエポキシ樹脂系塗料(合計塗布量:1.1kg/m²)。

2) 弾性系吹付塗材……JIS A6910「複層仕上塗材」に規定された、弾性付与型アクリルゴム系の仕上げ塗材で、下塗り(プライマー)、中塗り(主材)、上塗り(2回塗り)の3工程(2.75kg/m²)。

3) シリコン系撥水剤……コンクリート表面の防水に用いられる塗布型浸透性のシリコン系撥水剤で2回塗りとした(合計塗布量:0.5kg/m²)。

4) 砂壁状吹付材……JIS A6909「薄付け仕上塗材」に規定された外装用合成樹脂エマルション系の仕上塗材を2回塗り(合計塗布量:1.56kg/m²)。

なお、塗布を終えた各角柱モルタルは、17日間の標準気中養生の後それぞれの実験に供した。

3. 実験方法

供試体を数種の実験環境下に置き、実験開始日よりの各経過日数ごとに力学的性能の指標として超音波伝播速度を、塗材の防水性能の指標として質量を測定し、超音波伝播速度の低下率(%)および質量変化率(%)を求めた。

実験環境の種類は、塗材を塗布した供試体については①高温多湿・水中浸漬くり返し、②乾湿くり返し、③屋外暴露の3種類とし、無処理の供試体については、さらに④高温多湿、⑤密封(I)、⑥密封(II)、⑦高温乾燥の各環境を追加して実験を行なった。その詳細を下記に示す。

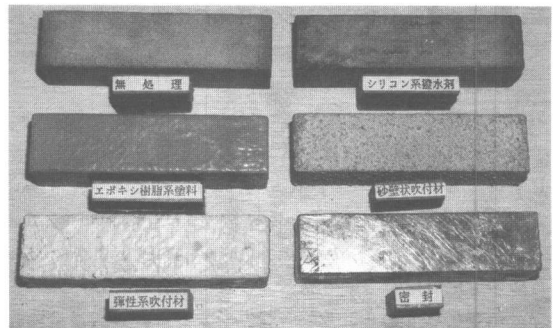


写真-1 供試体

①高温多湿・水中浸漬くり返し……温度40±1℃、湿度75±2%の高温多湿状態に6時間、水温20±2℃の水中浸漬1時間、次いで同じく高温多湿に16時間、水中浸漬1時間の合計24時間のくり返し操作を25日間行ない、所定の経過日数ごとに超音波伝播速度と質量の測定を行なった。

②乾湿くり返し……温度40±1℃、湿度30±2%の乾燥状態に5.5時間、その後温度40±1℃、湿度98±2%の湿潤状態に5.5時間、これを1サイクルとして50サイクル行い、途中所定の経過日数ごとに超音波伝播速度ならびに質量の測定を行なった。

③屋外暴露……供試体を屋上水平面に平置として並べ、暴露後3ヶ月、4ヶ月、6ヶ月の経過ごとに各測定を行なった。

④高温多湿……供試体を温度40±1℃、湿度98±2%の高温多湿状態に存置し、①と同じ要領で超音波伝播速度および質量測定を行なった。

⑤密封(I)……塗材塗布供試体と同様26日間標準気中養生を行なった後、ポリ塩化ビニリデンフィルムで密封し21日間標準状態に置いた後、温度40±1℃の槽内に置き①と同じ要領の測定を行なった。

⑥密封(II)……脱型後実験開始日まで標準水中養生を行なった角柱モルタルをポリ塩化ビニリデンフィルムで密封し、⑤と同じ要領で各測定を行なった。

⑦高温乾燥……標準気中養生を終えた角柱モルタルを温度40±1℃、湿度20±1%の恒温恒湿状態下に存置し、①と同じ要領で超音波伝播速度と質量の測定を行なった。

4. 実験結果

各種塗材を塗布した供試体による高温多湿・水中浸漬くり返し及び乾湿くり返しの実験結果をまとめ表-3に、また屋外暴露の実験結果を図-1に示す。そして表面無処理による各種環境下での実験結果をまとめ表-4に示した。次に各実験結果より得られた超音波伝播速度の低下率並びに質量変化率からアルカリ骨材反応による力学的性能並びに防水性能を検討するため、同一実験環境を与えた各供試体について有害骨材使用と無害骨材使用の場合の超音波伝播速度低下率の差及び質量変化の差の経時変化、すなわち、“アルカリ

表-3 各種表面処理試験体の実験結果

表面処理の種類	高温多湿・水中浸漬繰り返し						乾 湿 繰 り 返 し					
	有害骨材使用			無害骨材使用			有害骨材使用			無害骨材使用		
	超音波伝播速度低下率	ひびわれ	質量変化率	超音波伝播速度低下率	ひびわれ	質量変化率	超音波伝播速度低下率	ひびわれ	質量変化率	超音波伝播速度低下率	ひびわれ	質量変化率
エポキシ樹脂系塗料 (I)	× ₁	×	○	○	○	○	× ₁	×	○	○	○	○
弾性系吹付材	× ₂	×	○	○	○	○	× ₂	×	○	○	○	○
シリコン系撥水剤	× ₃	×	×	○	○	○	× ₄	×	○	○	○	○
砂壁状吹付材	× ₄	×	×	○	○	×	× ₅	×	○	○	○	○
表面無処理	× ₅	×	×	○	○	×	× ₃	×	○	○	○	○

表-4 表面無処理試験体の実験結果

試験環境	高温多湿・水中浸漬繰り返し		乾湿繰り返し		高温多湿		密封 (I)		密封 (II)		高温乾燥	
使用骨材	有害	無害	有害	無害	有害	無害	有害	無害	有害	無害	有害	無害
超音波伝播速度低下率	× ₆	○	× ₄	○	× ₅	○	× ₁	○	× ₂	○	× ₃	×
ひびわれ	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○
質量低下率	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×

注) 超音波伝播速度低下率 : ○ …… 低下率 5% 以下

×_n …… 低下率 5% 以上であり、低下率の大きなものから付けた順位が n 番目

ひびわれ (モルタル表面) : ○ …… 無

質量変化率 : ○ …… 変化率の絶対値が 1% 以下

×

× …… 変化率の絶対値が 1% 以上

骨材反応による超音波伝播速度低下率及び質量変化率”を求め、各種塗材を塗布して行なった高温多湿・水中浸漬くり返しの結果を図-2、図-3に、乾湿くり返しの結果を図-4、図-5に示した。また表面無処理について行なった各種環境下での実験結果を図-6、図-7に示した。

各種塗材を塗布した角柱モルタルで行なった実験結果より次のようなことがわかった。

エポキシ樹脂系塗料を塗布した場合、質量変化が極めて小さく優れた防水性能を有しているが、超音波伝播速度の低下率はその他のものに比べて大きく、アルカリ骨材反応による劣化が顕著で塗材表面ではひびわれは認められなかったもののモルタル表面では顕著なひびわれが認められた。また弾性系吹付材の場合には、エポキシ系塗料に比べ超音波伝播速度の低下率が僅かに小さくなったがほぼ同じ結果が得られた。シリコン撥水剤については、乾湿くり返しの場合に外部からの水は遮断しモルタル内部の水を放出する効果が認められ、僅かにアルカリ骨材反応を抑制する効果も認められたが、ひびわれを防止するまでには至らなかった。なお、高温多湿・水中浸漬くり返しではひびわれ発生にともなって質量が増加し、反応抑制効果もほとんど認められなかった。砂壁状吹付材を塗布した場合には、表面無処理の場合とほぼ同程度の超音波伝播速度の低下率及び質量変化率が得られ、アルカリ骨材反応を抑制する効果は認められなかった。また屋外暴露による実験では、エポキシ系塗料、弾性系吹付材、砂壁状吹付材そして無処理の順に超音波伝播速度の低下率が大きく、他の2種類の環境条件下での実験と同じ傾向を示した。

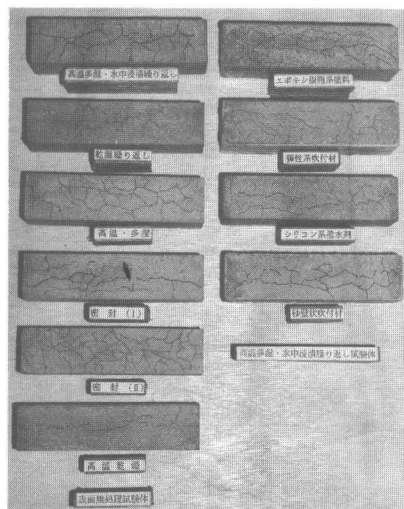
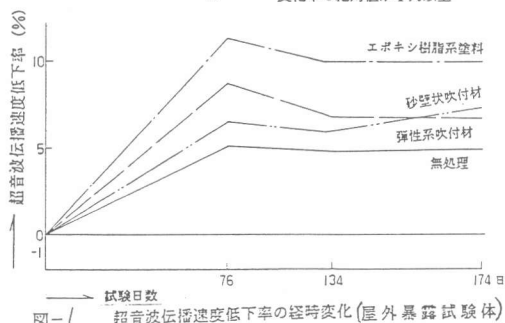


写真-2 ひびわれ発生状況

次に、表面無処理の供試体を用い各種の環境下で行なった実験によれば、アルカリ骨材反応による超音波伝播速度の低下率は、密封（Ⅰ）が最も大きく、密封（Ⅱ）、高温多湿・水中浸漬くり返し、高温多湿、乾湿くり返し、そして高温乾燥の順に小さくなり、防水性能の良い表面処理の場合に劣化が著しく、放湿性のある表面処理の場合に劣化が抑制されるという傾向が確認できた。また、モルタルを乾燥すればアルカリ骨材反応を抑制できることが判ったが、モルタルを乾燥することによって無害骨材使用の場合でも若干超音波伝播速度の低下率が大きくなることも判明しているので、乾燥方法については今後さらに詳細な検討が必要であろう。

今回の実験は、反応を促進するため高いアルカリ濃度のモルタルを用いたこと、モルタルの表面処理を行なう時点でモルタルの含水率が7%程度であったことなど、極めて限られた範囲のものであり、さらに低いアルカリ濃度下での実験やモルタルの含水率をより低くして表面処理した場合についての検討が必要であり、これらの点について今後検討を続ける予定である。

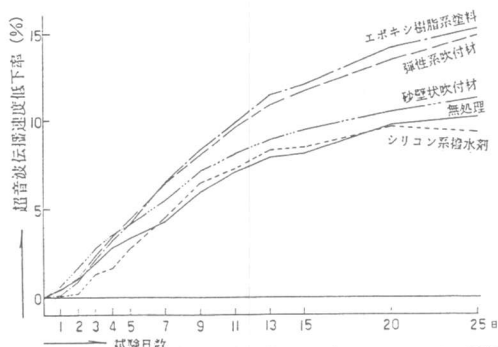


図-2 アルカリ骨材反応による超音波伝播速度低下率の経時変化 (高温多湿・水中浸漬くり返し試験体)

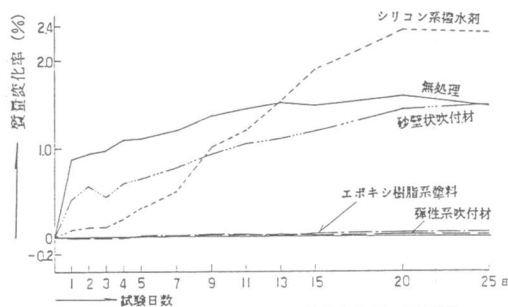


図-3 アルカリ骨材反応による質量変化率の経時変化 (高温多湿・水中浸漬くり返し試験体)

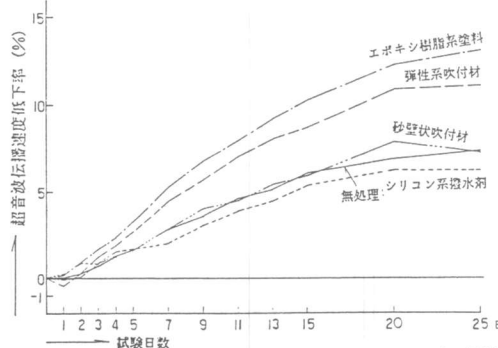


図-4 アルカリ骨材反応による超音波伝播速度低下率の経時変化 (乾湿くり返し試験体)

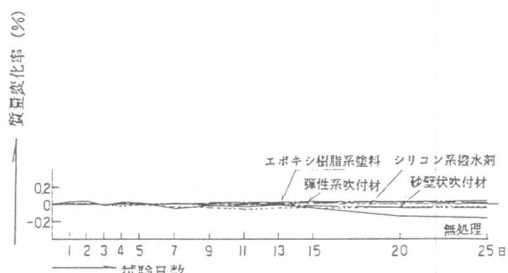


図-5 アルカリ骨材反応による質量変化率の経時変化 (乾湿くり返し試験体)

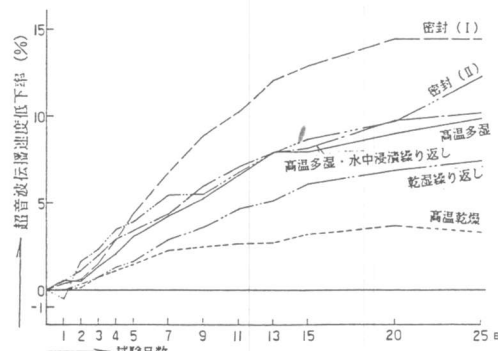


図-6 アルカリ骨材反応による超音波伝播速度低下率の経時変化 (表面無処理試験体)

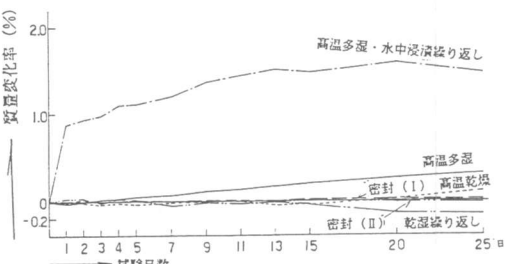


図-7 アルカリ骨材反応による質量変化率の経時変化 (表面無処理試験体)