

自己治癒型ポリマーセメントモルタルの層間剥離に対する自己治癒性能に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○中塚 涼太 リーマテック株式会社 石田 耕生 福岡大学 樋原 弘貴
山口大学 山田 悠二 株式会社アジアホールディングス 羽山 稔

1. 目的

トンネル等の工事において、吹付け工法や断面修復工法によりポリマーセメントモルタル（以下、PCM と称す）を打ち継いだ際に、先に施工された PCM と後で施工された PCM の層間に剥離が生じ、これが劣化の起点となることが報告されてきている。そのため、層間の密実性を担保することが劣化防止の観点からは重要である。これに対し、自己治癒材を PCM に添加した自己治癒型 PCM を使用することで層間に生じた隙間を自己治癒により閉塞させ、これによって層間の密実性を得られる可能性がある¹⁾。本研究では、自己治癒材を添加した自己治癒型 PCM を屋外および屋内環境に暴露して経時的にモニタリングすることにより、自己治癒型 PCM が層間の密実性に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体の概要

図-1 に示すように、縦 300mm×横 300mm×高さ 70mm で下層を先打ちし、1 日置いて硬化させた後、上層を高さ 10mm で打ち継いで供試体を作製した。このとき、下層の硬化後に上層を通常通りに打ち継いだ場合と、層間剥離を模擬して下層上面中央の縦 200mm×横 200mm の範囲に水セメント比 70%のセメントペーストを塗布してから上層を打ち継いだ場合、下層上面中央の縦 200mm×横 200mm の範囲に海砂の微粒分（0.75mm 以下）を敷き均してから上層を打ち継いだ場合の計 3 水準の施工方法を設けた。打継ぎ部の状況を写真-1 に示す。また、材料の品質を確認する目的でφ50mm×高さ 100mm の円柱を作製した。

供試体作製に使用した材料は、CSA 系の自己治癒材を添加した自己治癒型 PCM および自己治癒材を添加していない PCM とし、表-1 に示すようなケースを設けた。PCM はプレミックス型の粉体 20kg に対し、3.2ℓ の水を混ぜて作製した。自己治癒材を添加する自己治癒型 PCM の場合では、プレミックス型の粉体 20kg に対して 270g の自己治癒材を添加した。PCM の練混ぜにはハンドミキサーを使用した。

2.2 曝露環境

作製した供試体は 7 日間の湿布養生後に屋外および屋内に曝露し、各種測定および目視確認を経時的に行った。屋外への曝露は雨や日光等が直接当たるような箇所を選定した。写真-2 に屋外での曝露状況を示す。屋内での曝露については、一定の温度・湿度環境（室温 20℃程度、湿度 60%）となる場所とした。また、品質確認のための圧縮強度試験用の円柱供試体も同様に 7 日間の湿布養生を行った後に、同様の環境下に静置させた。

2.3 試験方法

層間の密実性の経時的な変化を超音波試験によりモニタリングした。超音波試験は入力周波数を 28kHz とし、超音波センサは層間を挟む形で上層側と下層側に配置して透過法により超音波伝搬時間（μs）を測定した。センサ間の距離と超音波伝搬時間から、超音波伝搬速度（m/s）を算出した。測定箇所は供試体中央から縦 200mm×横 200mm の範囲の 3 箇所とし、その平均の超音波伝搬時間から超音波伝搬速度は求めた。また、超音波試験の前には含水状態を調整するために室内で供試体を静置させて乾燥させ、表面含水率が一定（4～5%）となることを確認した。表面含水率は、高周波モルタル・コンクリート水分計を供試体の表面に設置することにより測定した。圧縮強度試験は、JIS A 1108 に従って曝露試験終了後（材齢 147 日）に行った。

3. 結果および考察

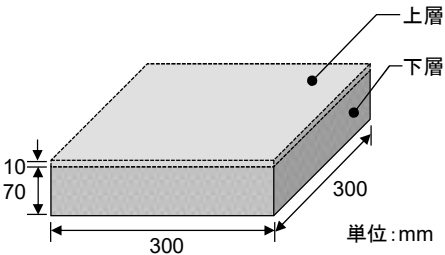


図-1 供試体概要



通常施工 セメントペースト塗布 微粒分敷き均し

写真-1 打継ぎ部の処理

表-1 供試体のパターン

打継ぎ条件	自己治癒材の添加	
	上層	下層
通常施工	×	×
	○	×
	○	○
セメントペーストを塗布	×	×
	○	×
	○	○
微粒分を敷き均す	×	×
	○	×
	○	○

キーワード 自己治癒材、層間剥離、自己治癒型ポリマーセメントモルタル、超音波伝播速度
連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8 丁目 19 番 1 号
福岡大学 TEL092-871-6631

3.1 層間のモニタリングの結果

図-2 に、屋内の環境に曝露した供試体の超音波伝搬速度の経時変化を示す。ここで、層間に微粒分を敷き均したケースにおいては、供試体を作製後の養生期間中に上層と下層が完全に剥離したため評価対象から除外しており、これは以降も同様である。なお、微粒分を敷き均した供試体はその後、湿布養生を行って層間に水を供給して自己治癒を試みたが回復はしなかった。

施工方法や自己治癒材の添加の有無によらず、屋内に曝露したケースではいずれも超音波伝搬速度が 4000m/s 付近を推移しており、ケース間での顕著な差は認められなかった。

図-3 には、屋外に曝露した供試体の超音波伝搬速度の経時変化を示す。なお、図中の凡例は図-2 と同様である。まず、通常施工を行ったケースに着目すると、自己治癒型 PCM を用いたもの（有-無および有-有）では、室内環境下に曝露した場合と同様に超音波伝搬速度は 4000m/s 付近を推移した。一方、自己治癒材を添加していない PCM を用いた場合（無-無）では、材齢 7 日から材齢 32 日にかけて超音波伝搬速度が低下し、その後、一旦は回復したが材齢が経つにつれて再び低下する傾向にあった。

セメントペーストを層間に塗布したケースでは、上述と同様に自己治癒型 PCM を用いた場合（有-無および有-有）には超音波伝搬速度が 4000m/s 付近を推移した。自己治癒材を添加していない PCM を用いた場合（無-無）には、屋内環境に曝露した場合と同様に材齢 7 日から材齢 32 日にかけて超音波伝搬速度が低下する傾向を示したが、通常施工した場合よりもその低下が著しくなった。その後も通常施工した場合と同様に一旦は回復の兆候を示したものの、材齢経過に伴って再び著しい超音波伝搬速度の低下が認められた。今回使用したセメントペーストは水セメント比を相当に高く設定しており、粗な硬化体が形成されたものと考えられ、通常施工したケースよりも層間の密実性が劣りやすくなったものと考えられる。そのため、自己治癒材を添加していない PCM では、セメントペーストを塗布した場合に著しい超音波伝搬速度の低下が見られたものと考えられる。一方、自己治癒型 PCM では、自己治癒材の効果によってセメントペーストを塗布した厳しい条件下においても十分な密実性を得られることが確認できた。

写真-2 には、層間にセメントペーストを塗布した場合の屋外曝露における材齢 32 日時点での層間の様子を示す。自己治癒材を添加していない PCM を用いた場合では相関にひび割れが生じているのに対し、自己治癒型 PCM を用いた場合にはひび割れが生じていなかった。これより、目視確認の結果においても自己治癒型 PCM の方が層間の状態が良好であることが認められる。

3.2 付着強度試験結果

図-4 に、層間にセメントペーストを塗布した場合の付着強度試験結果を示す。無-無の屋外曝露は、試験前に剥離しており測定ができなかった。自己治癒型 PCM の付着強度は、いずれの供試体においても無-無に比べて高い結果を示した。無-無に比べて 2 倍以上の付着強度を示しており、層間を十分に CSA 系膨張材が充てんし、付着の確保に寄与していると考えられる。

4. まとめ

自己治癒型 PCM を使用することによって、PCM の層間剥離に対する抵抗性を示し、再劣化の観点から有効な材料であった。

参考文献

- 1) 森田卓ら：ひび割れ自己治癒組成物を用いた漏水防止対策に関する基礎的研究，コンクリート工学次論文集，Vol.32，No.1，pp.1577-1582，2010

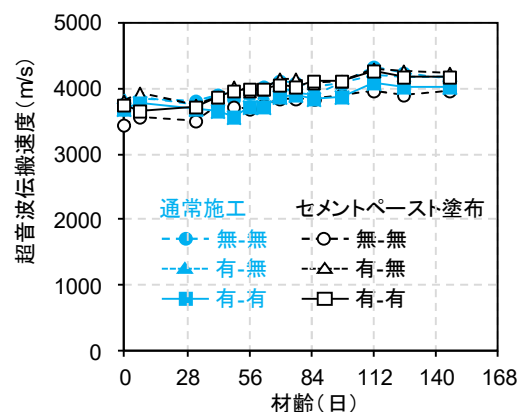


図-2 屋内曝露での超音波伝搬速度

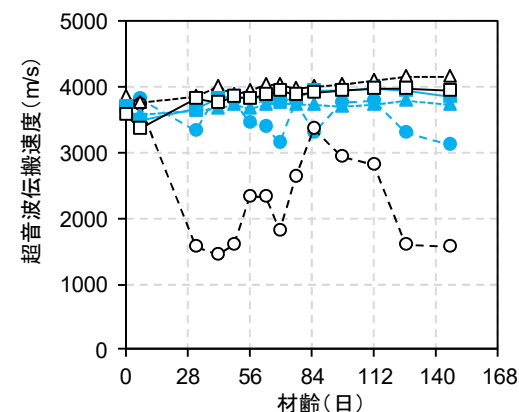


図-3 屋外曝露での超音波伝搬速度

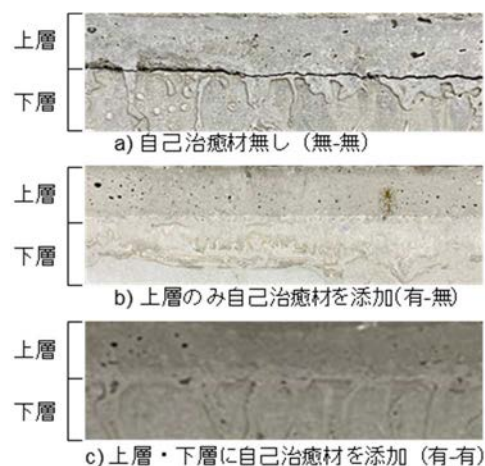


写真-2 材齢 32 日の打継ぎ部の

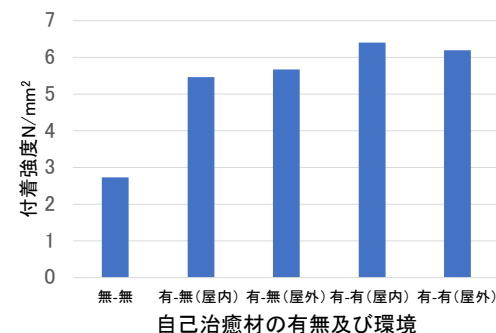


図-4 付着強度試験