

各種表面保護工法の併用が補修効果に与える影響に関する研究

福岡大学 正会員 ○樋原 弘貴 福岡大学大学院 正会員 添田 政司
 福岡大学 正会員 大和 竹史 福岡大学大学院 非会員 林 亮太

1. 目的

コンクリート構造物に対する補修工法の1つに表面保護工法がある。最近では、ポリマーセメントなどによる断面修復工法の後に、表面含浸工法を適用し、いわゆる表面保護工法の併用という事例が報告されている。さらには、性能が異なるシラン系とけい酸塩系表面含浸材の2種類を併用することも報告されている。しかし、各種表面保護工法を併用した場合の効果については、あまり研究がなされていない。そこで本研究は、実際に各種表面保護工法が併用された現場において供試体を作製し、吸水率試験、塩水浸漬試験、中性化促進試験によって評価を行った。

2. 試験概要

作製した供試体は、10×10×40 cmの型枠を施工現場に運び、実際の橋梁の断面修復材として使用されているポリマーセメントモルタルで打設を行ったものである。写真-1は、断面修復後に含浸材を施工した事例を示す。この事例に基づいて、現場と同様に材齢28日で供試体全面に含浸材を単独あるいは併用して塗布を行った。供試体は、①無塗布（ポリマーセメントモルタル）、②ポリマーセメントモルタル+シラン系（シランシロキシサン）、③ポリマーセメントモルタル+反応型けい酸塩系（ナトリウム系）、④ポリマーセメントモルタル+反応型けい酸塩系+シラン系の計4種類である。含浸材塗布後は、供試体を10 cm間隔でカットし、10×10×10 cmの立方供試体にした後、試験面以外はエポキシ樹脂で被覆した。吸水率試験は、JIS A 1404 に準じて水中浸漬過程にて所定の浸漬材齢にて質量を測定し、吸水量/初期値（浸漬前の絶乾状態の質量）により吸水率を算出した。塩水浸漬試験は、JSCE-G572 に準じて10%のNaCl溶液に91日間の浸漬を行い深さごとの全塩化物イオン量を測定し、Fickの拡散方程式により見かけの拡散係数を算出した。中性化促進試験は、JSCE-K571-2004 に準じて、所定の材齢にて供試体の割裂面にフェノールフタレイン溶液を散布し、その呈色域を測定した。



けい酸塩系のみ



シラン系のみ



けい酸塩系+シラン系

写真-1
表面保護工法の併用例

3. 実験結果および考察

図-1は、各種供試体の吸水率の経時変化を示す。いずれの含浸材を塗布した供試体の吸水率は、無塗布よりも小さくなる結果を示し、含浸材塗布によってポリマーセメントモルタルへの水分の浸透を抑制することが認められた。含浸材種類による違いについて見ると、シラン系を塗布した供試体の吸水率は、無塗布供試体の3/5程度、けい酸塩系および含浸材を併用した場合には4/5程度となる結果を示した。シラン系は、コンクリートに撥水層を形成する材料であるため、その改質機構から効果が最も高かったものと予想される。また、けい酸塩系においては、コンクリート中の Ca^{2+} と反応することで、空隙内に結晶を生成する材料である。そのため、セメント量が少ないポリマーセメントモルタルに塗布した場合には効果があま

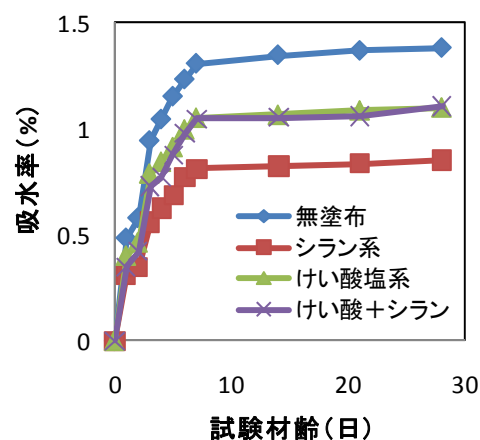


図-1 各種供試体の吸水率の経時変化

キーワード 断面修復材 表面含浸材 中性化 塩化物イオン

連絡先 〒814-0133 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学 TEL 092-871-6631

り得られないと予想されたが¹⁾、今回の試験においては、その効果が認められた。一方の、含浸材を併用した場合の効果は、シラン系を単独で塗布した場合よりも小さく、けい酸塩系と同程度であったことから、互いの含浸材の性能が十分に発揮されていないと考えられる。図-2は、供試体ごとの見かけの塩分拡散係数を示す。いずれの含浸材を塗布した供試体で見かけの塩分拡散係数は、無塗布よりも小さいものの、併用した場合には含浸材を単独で塗布した場合よりも効果が小さかった。図-3は、供試体ごとの中性化深さの経時変化を示す。シラン系あるいは、けい酸塩系を単独で塗布した場合の中性化深さは、試験材齢91日において、無塗布の2/3、1/3程度それぞれ小さくなったのに対し、併用した場合には、むしろ無塗布よりも5/3程度大きくなった。中性化に対しては、含浸材を併用したことによって、むしろ促進される結果を示した。この点については今後検討する必要があるが、これまでの研究成果を踏まえ考察すると^{2) 3) 4)}、シラン系とけい酸塩系は、性能を発揮させるための機構が異なるため本来ならば相乗効果は得られると推察される。通常、反応型けい酸塩系を施工する場合には、塗布後に散水处理を行って含浸材をコンクリート内部に浸透させ、空隙中の Ca^{2+} と反応させる工程が図られる。しかし、今回調査対象とした含浸材を併用した施工現場においては、シラン系は施工対象構造物が乾燥している状態でなければ、施工が難しい材料であるため、けい酸塩系を塗布した後に散水处理を行わず、そのまま乾燥させてシラン系を塗布する施工方法が行われたことが一因と考えられる。つまり、反応型けい酸塩系が Ca^{2+} と反応できない場合には、コンクリート表層で水ガラスとして残存してしまう恐れがある。そこにシラン系を塗布した場合には、コンクリート中のSiと結合するはずであったシラン系含浸材は、水ガラスのSiと結合したものと推察される。水ガラスは吸水性があり、またシラン系の撥水層によって外部からの水分の供給がなされなかったと考え、モルタル中の水分を水ガラスが吸水してしまい、結果的にモルタル内の含水率が低下したことで、中性化が促進されたものと考えられる。以上のことから、ポリマーセメントモルタルに含浸材を単独で塗布した場合には、所定の効果が発揮されるものの、さらなる相乗効果を狙って併用した場合には、施工方法によっては含浸材単独に比べて効果が小さく、むしろ中性化に対しては促進する懸念が示唆された。

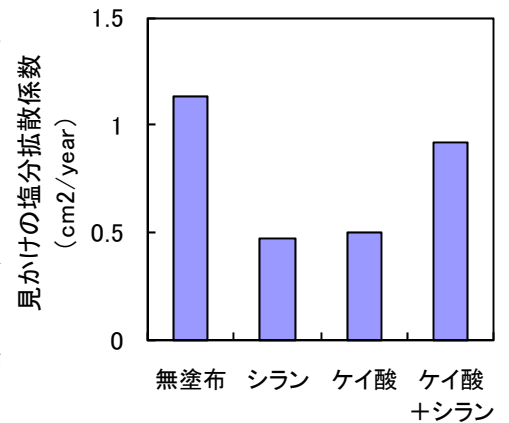


図-2 供試体で見かけの塩分拡散係数

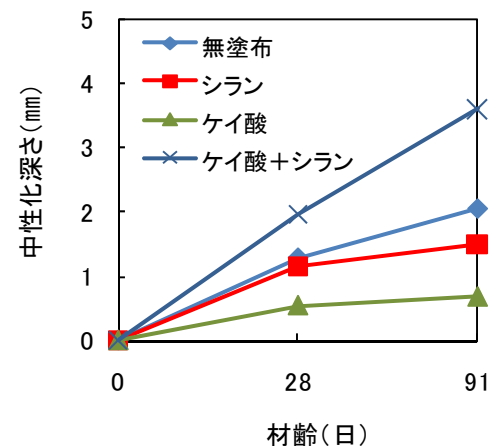


図-3 中性化深さの経時変化

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- i) ポリマーセメントモルタルにけい酸塩系を塗布した場合においても所定の効果が発揮されることが分かった。
- ii) けい酸塩系とシラン系を併用した場合には、吸水や塩分の浸透抑制効果は、単独で使用した場合よりも得られる効果は低いものとなった。
- iii) けい酸塩系とシラン系を併用した場合の中性化は、施工方法によってはむしろ無塗布よりも促進する可能性がある。
- iv) 併用した場合に得られる効果が小さかった理由として、けい酸塩系を塗布した際の散水处理が行われなかったことが一因と考えられる。

参考文献 1) 樋原ら：ケイ酸塩系表面含浸材の浸透特性および保護性能に関する基礎的研究，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第8巻，pp77-84,2008 2) 樋原ら：各種表面含浸材の性能把握と効果の違いに関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集 Vol32, No.1, pp1619-1624, 2010 3) 樋原ら：ケイ酸塩系表面含浸材を用いたひび割れ補修による止水効果に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.31, No.1, pp1933-1938, 2009 4) 樋原ら：ケイ酸質系表面含浸材の浸透深さと浸透域でのコンクリート品質に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.29, No.2, pp547-552, 2007