

けい酸塩系表面含浸材の種類判定および各種劣化因子抑制効果に関する基礎的研究

鹿児島大学大学院 学生会員 ○中村 慎 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸 鹿児島大学工学部 非会員 西尾 拓真
鹿児島大学大学院 学生会員 伊藤 貴峰

1. はじめに

表面含浸工法に用いられる表面含浸材には、大別するとけい酸塩系表面含浸材、シラン系表面含浸材の2種類が存在し、シラン系に関してはある程度研究も進んでいる。その一方で、けい酸塩系表面含浸材に関しては、未だ研究が十分ではないのが現状である。例えば、けい酸塩系表面含浸材には反応型と固化型が存在し、反応型は、水を媒体としコンクリート内部に浸透、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応しC-S-Hゲルを生成することで組織を緻密化するのに対し、固化型は、コンクリート表面を乾燥させる事で、材料そのものが難溶性の物質となり組織を緻密化するといった反応型とは異なる改質機構を有することから、それぞれの性能を有効に発揮させる施工方法にも自ずと違いが出てくる。また、最近では異なる種類のけい酸塩を混合したタイプの含浸材も市販されており、含浸材が性能を発揮するための改質メカニズムもより複雑になってきている。

このような状況から、けい酸塩系表面含浸材の使用にあたっては、用いる含浸材が反応型であるか固化型であるかを適切に判定することが重要となるため、昨年制定された土木学会けい酸塩系含浸工法の設計施工指針（案）では、この種別判定を行うための試験方法を、土木学会基準JSCE-K572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法」の中の一つとして定めた¹⁾。本研究では、現在市販されている5種類のけい酸塩系表面含浸材を用いて反応性確認試験、種類判定試験を実施し、試験方法の妥当性と適用範囲について検証を行った結果について報告する。

2. 使用した表面含浸材の種類

本実験で使用した表面含浸材は、表-1に示すけい酸ナトリウムを主成分としたN1、N2、けい酸ナトリウム・けい酸カリウムを主成分としたNK1、NK2、けい酸リチウムを主成分としたLの計5種類である。

表-1 使用した表面含浸材

記号	主成分
N1	けい酸ナトリウム
N2	
NK1	けい酸ナトリウム
NK2	けい酸カリウム
L	けい酸リチウム

3. 種類判定試験とその結果

3.1 試験方法の概要

指針（案）による種別判定試験の概略は以下の通りである。試料は、開栓直後の希釈や濃縮を行っていないけい酸塩系表面含浸材を105℃環境で重量変化がなくなるまで乾燥させ乾燥固形分を採取したものを粉砕したものとする。試料と純水を試験管にそれぞれ規定量を投入して密閉した後、試験管を5回振り攪拌させ温度 $20\pm 2^\circ\text{C}$ の気中で72時間静置して、再び5回振り攪拌してろ過し、ろ液の状態を観察し試料の溶解性を確認する。さらに再反応については、別途用意したセメントペースト試験片を採取したろ液の試験管に入れて密閉し、ろ液中に白濁が確認されるまで7日経過ごとに最長28日間の目視観察を行う。指針（案）では、以上の試験において、溶解性試験で乾燥固形分が難溶性で沈殿物が残った場合には“固化型”と分類し、一方、ろ液が無色透明になった場合には、乾燥固形分は可溶性であると判断され、さらに、再反応試験において白濁が確認されるものを“反応型”に分類している。

表-2 指針(案)に基づく溶解性試験結果

含浸材種類	N1	N2	NK1	NK2	L
溶解状況					

3.2 試験結果

上記の試験方法により指針（案）通りの試験を行った結果を表-2に示す。この結果、固化型の成分であるけい酸リチウムを主成分とするL1については、明らかな沈殿物が確認され、“固化型”と判定された。一方、一般に反応型に分類されているけい酸ナトリウムあるいはけい酸カリウムを主成分とする含浸材については、NK2に

キーワード けい酸塩系表面含浸, 反応型, 固化型, 種類判定試験, 中性化

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学大学院理工学研究科海洋土木工学専攻

表-3 溶解性試験の各試験パターンの流れ

	指針(案)	パターン1	パターン2	パターン3
手順1	2. 36mmのふるいを通過し 1mmのふるいに留まる乾燥固形分採取			1mmのふるいを通過 する試料を採取
手順2	50gの純水と5gの試料を投入し、密閉			
手順3	上下に5回攪拌 72時間静置 上下5回攪拌	上下10回攪拌 72時間静置 上下10回攪拌	上下に5回攪拌 その後72時間まで 24時間経過ごとに 上下に5回攪拌	上下に5回攪拌 72時間静置 上下5回攪拌
手順4	ろ液を採取			
手順5	反応性確認試験			

表-4 改良した各溶解試験による溶解状況

含浸材種類	N1	N2	NK1	NK2
パターン1				
パターン2				
パターン3				

については、固形分が純水に完全に溶解し溶液が無色透明となったことで可溶性であると判定されたものの、その他の材料は、溶液の白濁や一部固形分の沈殿がみられ、可溶性であることを明確には確認できなかった。

4. 判定試験方法の改良とその結果の考察

指針(案)に示された試験方法で種類判定を行った結果から、特に反応型に分類される主成分を含むものにおいて、明確には分類できない状況が確認されたことから、これが、材料自身の有する特長であるか、あるいは、試験方法の問題によるものなのかを確認するため、新たに、試験中の溶解度を向上させる事を目的として、指針(案)の試験内容を変えた

表-3に示す3パターンで、あらためて試験を行った。その結果を表-4に示す。指針(案)の方法で反応型と判定されたNK2については全てのパターンで沈殿物が無く、同様に“反応型”とみなせたのに対し、N2およびNK1では、いずれのパターンでも沈殿物が残る状況であった。また、N1については、攪拌回数を増やしたパターン1でのみ沈殿物がなく反応型と判定される状況であった。ただし、各攪拌パターンにおける溶解状況を個々に比較すると、反応性と目される全ての材料において、攪拌方法に応じて溶解度が変化したことから、これらの含浸材には一定の溶解性があるものと考えられた。すなわち、このことから、溶解性試験において反応型に分類されるけい酸塩を主成分とする含浸材の沈殿物については、固化型であることを示すものではなく、反応型における溶解性の違いを示す指標として捉える方が妥当であり、これらの溶解性の違いは、主成分以外の成分やそれらとの相互作用によって生じるものと思われる。例えば、NK1の場合には、いずれの攪拌パターンにおいても溶液全体に白濁が生じており、攪拌パターンによる溶解性の変化も小さかった。これは、NK1に、反応型の主成分だけでなく、固化型の特徴を有する他の成分も混在している可能性が考えられた。

図-1は、材齢28日のコンクリートに各含浸材を塗布し、その後の養生条件を変化させた後に、中性化抑制効果検討し、無塗布試験体との比率で評価した結果である。それぞれの含浸材で最も中性化抑制効果が高いのは、N1, N2, NK1, NK2では散水を十分に行って反応を促進させた「散水14日」であり、Lの場合は十分に乾燥させた「気中28日」であることから、前者の4つが反応型、後者のLが固化型であることが確認できる。さらに、同じ反応型でも塗布後養生が与える影響が異なり、例えば、溶解性試験において最も溶解性の高かったNK2は、塗布後養生の影響が小さく、養生散水が少なくてもコンクリート中に含まれる水分により、溶解および反応が進行する状況が予想された。一方、溶解性の低かったNK1は、散水で効果が上がる反応型である反面、固化型のLと同様に乾燥度合いに応じて抑制効果が上がる傾向を示しており、材料に固化作用を有する成分も含まれていることが示唆される。

このように、現行の種類判定試験方法における判別基準は、固化型と反応型を判別するには必ずしも適切でない場合があるものの、判定試験を上手く活用することで含浸材の有する固有の反応特性をより詳細に把握できる可能性があることも明確となった。

参考文献：1) コンクリートライブラリー137 けい酸塩系表面含浸工法的设计施工指針(案)、土木学会、2012

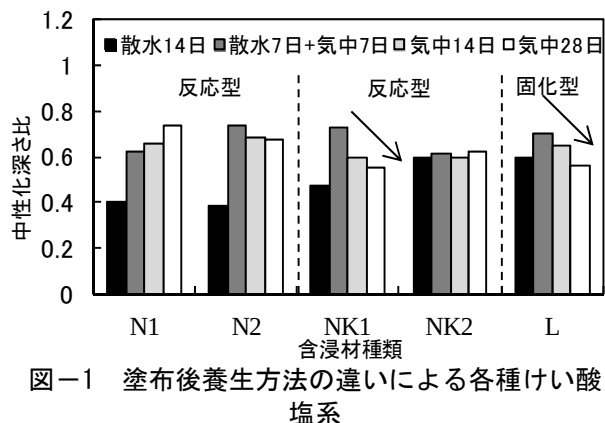


図-1 塗布後養生方法の違いによる各種けい酸塩系