

反応型けい酸塩系表面含浸材の種類判定試験方法の改善と これに基づく性能評価結果について

鹿児島大学大学院 学生会員 ○畑野 貴洋 鹿児島大学工学部 非会員 田所 翔
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

1. はじめに

表面含浸工法に用いられるけい酸塩系表面含浸材には反応型と固化型が存在する。このうち、反応型は水を媒体としコンクリート内部に浸透して $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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。このため、それぞれの性能を有効に発揮させる施工方法等も異なるが、いずれの含浸材も透明であるため、両者の違いを目視での判断することは不可能である。更に、最近では異なる種類のけい酸塩を混合した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はより複雑になっている。このような状況に鑑み、2012年に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、けい酸塩系表面含浸材の使用にあたり、用いる含浸材が反応型か固化型かを判定するための試験方法を、土木学会基準 JSCE-K572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法」の中で定めている¹⁾。

ところが、最近の研究において、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は反応型と判断されるのに対して、この両者を混合した含浸材の試験を行ったところ、固化型と判定されるケースがあることが確認された²⁾。そこで本研究では、けい酸ナトリウムとけい酸カリウムの配合割合を変えてけい酸塩系表面含浸工法指針(案)に準じた種類判定試験を実施し、この試験の妥当性と問題点について検証を行った。

2. 使用した表面含浸材の種類

本検討で使用した表面含浸材中の Na と K のモル濃度比を表-1に示す。ここでは、反応型に分類されるけい酸ナトリウムとけい酸カリウムの混合比率を Na : K モル比で 10:0

表-1 種類判定に用いた含浸材中の Na と K のモル濃度比

けい酸ナトリウムとけい酸カリウムの割合(モル比 Na:K)										
10:0	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5	4:6	3:7	2:8	1:9	0:10

から 0:10 まで変化させた計 11 種類について、検討を行った。

3. 指針(案)に準じた種別判定試験方法の概要

指針(案)による種別判定試験は、以下の手順で行った。すなわち、①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、炉乾燥機にて重量変化がなくなるまで 105℃で乾燥させ、乾燥固形分を採取する。②この乾燥固形分を粉砕し、ふるい試験により目開きが公称 2.36mm のふるいを通過し、目開きが公称 1mm のふるいに留まるものを採取し、これを試料とする。③太径の試験管に入れた 50g の蒸留水に採取した乾燥固形分 5.0g を投入し栓で蓋をする。④密閉後、試験管を 5 回振り攪拌させ、温度 20±2℃の気中で 72 時間静置する。⑤再び 5 回振り攪拌させた後、乾燥固形分の溶解状態を目視により確認する。⑥確認の結果、乾燥固形分が難溶性で沈殿した場合には“固化型”と分類し、乾燥固形分が可溶性で溶解した場合には“反応型”に分類する。

4. 反応性の確認試験結果

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、けい酸ナトリウムとけい酸カリウムの配合割合が Na : K=10 : 0 から 8 : 2 までの 3 配合については、含浸材の乾燥固形分が蒸留水に溶解し、反応型と判定できた。一方で、Na : K=7 : 3 から 0 : 10 の混合割合については、けい酸ナトリウムとけい酸カリウムのいずれが主成分であっても含浸材は反応型に分類されるはずであるにもかかわらず、蒸留水中に白濁または固形物の沈殿が確認され、明らかに固化型と判定される特徴を示した。

キーワード けい酸塩系表面含浸材, 種類判定, 中性化

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学海洋土木工学科 TEL 099-285-8471

このため、この原因について検討したところ、含浸材中の成分を乾燥させて採取する際、指針(案)では、含浸材を炉乾燥で 105℃まで乾燥させて採取することになっているが、けい酸カリウムの割合がその乾燥固形分の 20%以下である場合には、固形分は無色透明であったのに対して、けい酸カリウム分の割合がそれ以上となると、採取する固形分が白色となることが、明らかとなった。すなわち、このことから、高温で乾燥させる過程で、けい酸カリウムが変質し、その溶解性が低くなった可能性が示唆された。

5. 反応性の確認試験の改良とその結果

上記のことから、反応性確認試験の結果に及ぼす試料乾燥温度の影響を検討するため、乾燥温度を 95℃、85℃、75℃と変化させた場合について、それぞれの溶解性試験を実施した。その結果、表-3 に示すように、乾燥温度 95℃、85℃においては各 Na : K の比率における乾燥成分の溶解性の状況は 105℃の場合と同様であったが、乾燥温度 75℃の場合には Na : K=6 : 4 までは可溶性を示した。さらに 55℃、35℃と温度を下げ溶解性試験を行ったところ、すべてのけい酸ナトリウムとけい酸カリウムの配合割合において可溶性を示すことが確認された。すなわち、この結果から、けい酸カリウムの溶解度には、含浸材を乾燥させて成分を抽出する際の乾燥温度が関係していることが、明確となった。

6. けい酸ナトリウム・けい酸カリウム混合系含浸材の

性能確認試験結果

上記の検討から反応型と判断されたけい酸ナトリウム・けい酸カリウム混合型含浸材をコンクリートに塗布した場合の耐久性向上効果の検討例として、表-4 に示す 5 種類の反応型けい酸塩系含浸材を塗布したコンクリートの中性化抵抗性試験結果を図-1 に示す。この結果から、含浸材を塗布したいずれのコンクリートにおいても無塗布の場合に比べて中性化を抑制する効果が認められ、また、けい酸ナトリウムとけい酸カリウムを併用した場合でも、その配合割合の如何にかかわらず、それぞれを単独使用した場合と遜色ない効果が発揮されていることを確認した。

7. まとめ

土木学会規準(案)に示されたけい酸塩系表面含浸材の種類判定試験に準じた場合に、けい酸ナトリウムとけい酸カリウム混合型含浸材が固化型と判定される場合のある原因が、含浸材から固形分を抽出する際の高温乾燥過程でけい酸カリウムが変質することであり、けい酸カリウムを含む場合の種類判定時には 35℃程度の低温乾燥により固形分採取を行う必要があることを明確にした。また、けい酸ナトリウム・けい酸カリウム混合系含浸材の性能は、その配合割合の如何によらず単独使用の場合と同等の性能を発揮することも確認した。

参考文献：1) けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案)，土木学会，2012

2) 中村慎ほか，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
土木学会第 68 回年次学術講演会，V-149，pp.297-298，2013

表-2 各種 Na : K の配合割合における溶解性試験結果

	けい酸ナトリウム、けい酸カリウムの配合割合(モル比 Na:K)											固化型
	10:0	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5	4:6	3:7	2:8	1:9	0:10	
試験開始直後												Li
72時間経過												

表-3 含浸材の乾燥温度を変更した場合の溶解性試験結果

乾燥温度(℃)	けい酸ナトリウム:けい酸カリウム(モル比)										
	10:0	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5	4:6	3:7	2:8	1:9	0:10
105											
95											
85											
75											
55											
35											

表-4 中性化促進試験に用いた含浸材種類

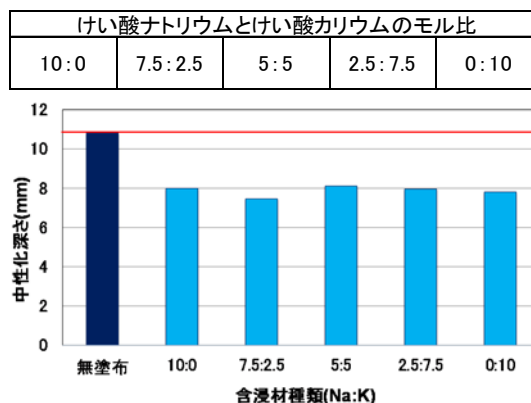


図-1 各種 Na : K の配合割合における中性化促進試験結果(促進 56 日)