

けい酸塩系表面含浸材の種類判定試験における溶解条件の影響

金沢工業大学 正会員 ○大嶋 俊一 金沢工業大学 佐藤 遥
富士化学(株) 正会員 西野 英哉 富士化学(株) 正会員 黒岩 大地
(株)エバプロテクト 正会員 高島 達行 金沢工業大学 正会員 宮里 心一

1. はじめに

けい酸塩系表面含浸材は、主に反応型と固化型に大別され、両者は異なる改質機構を有する。反応型は水を媒体として内部に浸透し、コンクリート中の Ca^{2+} との反応により $\text{C}\cdot\text{S}\cdot\text{H}$ ゲルを生成し表層を緻密化するため、湿潤条件で施工するのに対し、固化型は材料そのものが乾燥により難溶性の物質になり、表層を緻密化するため、乾燥条件で施工する。したがって、含浸材の性能を有効に発揮させるためには、施工方法の選択が重要であり、2012年に定められた土木学会基準 **JSCE-K572**「けい酸塩系表面含浸材の試験方法（案）」の中の種類判定試験により、含浸材の種類を判定する方法が定められている。しかしながら、けい酸塩系表面含浸材の主成分であるけい酸アルカリは含水化合物であり、乾燥温度はその性状に大きく影響し、規定の 105°C で乾燥固形分を作製した場合、誤った種類判定結果を引き起こす可能性があることを報告した¹⁾。本研究では、異なる乾燥温度で作製した乾燥固形分を用いて、溶解試験における溶解条件が種類判定試験に及ぼす影響について検討した。また、複数のけい酸アルカリを主成分とした混合型の表面含浸材についても同様の種類判定試験を行い、主成分が試験結果に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

JSCE-K572における種類判定試験の概略を以下に示す。けい酸塩系表面含浸材を $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ にて乾燥し、乾燥固形分を作製する。得られた乾燥固形分試料 $5.0\pm 0.1\text{g}$ と純水 $50.0\pm 0.1\text{g}$ とを試験管に入れ、溶解試験を行う。溶解試験では、密栓した試験管を上下に5回振り、 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ の気中で72時間静置し、再度上下に5回振り、溶解状態を確認する。その後、ろ過して、ろ液の状態を観察し、ろ液 6mL とセメントペースト片 $1.5\pm 0.3\text{g}$ とを試験管に入れ、反応性確認試験を行う。溶解試験において試料が難溶性で溶解残渣が確認できた場合は固化型とし、乾燥固形分が溶解し、無色透明の溶液となり、かつ反応性確認試験において白濁が確認された場合は反応型とする。本研究では、25、60、 105°C の乾燥温度で乾燥固形分を作製した。また、溶解試験では、25、40、 60°C にて、マグネチックスターラーを用いて24時間攪拌することで、試料の溶解性を確認した。本研究で用いたけい酸塩系表面含浸材は、表1に示す単独成分3種類と混合型4種類の計7種類である。

表1 本研究で用いたけい酸塩系表面含浸材の種類

記号	主成分
N	けい酸 Na
K	けい酸 K
L	けい酸 Li
NK	けい酸 Na・けい酸 K
NL	けい酸 Na・けい酸 Li
KL	けい酸 K・けい酸 Li
NKL	けい酸 Na・けい酸 K・けい酸 Li

3. 結果と考察

各試料における乾燥固形分率は、 105°C で乾燥した場合、最も乾燥固形分率が低くなった。また、けい酸 Li を含む含浸材では、 60°C と 105°C で乾燥固形分率の差が小さく、白色の乾燥固形分となったものが多かった。一方、反応型である含浸材 N では、透明な乾燥固形分が得られたが、含浸材 K では 105°C では白色の固形分が得られた。また、含浸材 NK および NKL では 60°C では透明となったが、 105°C では白色となった。

次に溶解試験における各試料の溶解性を表2に示す。規準の 105°C で乾燥した固形分は溶解温度に関わらず全ての試料が難溶性であり、既に報告しているように、間違った種類判定結果を導く可能性が高い。

キーワード けい酸塩系表面含浸材, 種類判定試験, 溶解試験, 溶解条件,
連絡先 〒921-8501 石川県野々市市扇が丘 7-1 金沢工業大学 バイオ・化学部 TEL 076-274-9266

一方、25℃で乾燥した試料は、すべて可溶となり、一般に固化型とされる含浸材 L においても可溶であり、25℃での乾燥も適切ではないことが示唆された。また、乾燥温度 60℃・溶解温度 60℃においても含浸材 L は可溶であり、高すぎる溶解温度は試料の溶解性が高くなるため、種類判定試験には適していないことが示唆された。なお、含浸材 N において、乾燥温度 60℃・溶解温度 40℃の条件で、極少量の溶け残りが生じたが、溶解温度 25℃で完全溶解しており、実験操作ミスが疑われる。

溶解試験後のろ液を用いて反応性確認試験を行ったところ、乾燥温度 105℃のけい酸 Li を含む含浸材では、反応性を示さないものが多く、けい酸 Li 特有の難溶性固化物が生成したことが原因であると考えられる。一方、その他の試料においては、C-S-H ゲルの生成が確認でき、反応性を示した。また、難溶性の試料であっても、溶解温度が高いほど、C-S-H ゲルの量が多くなり、完全溶解しなくても、乾燥固形分の一部が溶解することにより、反応性を示すことが確認された。

表 3 に各試料における種類判定試験結果を示す。単独成分の含浸材および一般的に反応型と考えることができる含浸材 NK において、適切な種類判定試験結果が得られたのは、乾燥温度 60℃・溶解温度 25℃であり、現行の試験条件よりも適切な種類判定が可能であることが示唆された。一方、主成分にけい酸 Li を含む混合型の含浸材では、乾燥温度 60℃・溶解温度 25℃では、全て固化型と判定された。しかしながら、主成分としてけい酸 Li を混合した混合型の含浸材は、混合型にすることで反応型と固化型の中間の性質となり、改質メカニズムが複雑となる。そのため、適切な施工方法と種類判定との関係性に関する検討が必要であるが、溶解試験における溶解度や反応性確認試験における C-S-H ゲルの生成量などを考慮した種類判定を行うことが重要であると考えられる。

参考文献

1) 大嶋俊一ほか：けい酸塩系表面含浸材の各種試験（種類判定・含浸深さ・塗布確認）における基礎検討，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 14 巻，pp.573-580，2014

表 2 溶解試験における各試料の溶解性

	乾燥温度			乾燥温度		
	25℃	60℃	105℃	25℃	60℃	105℃
溶解温度	含浸材 N			含浸材 K		
25℃	可	可	難	可	可	難
40℃	可	※	難	可	可	難
60℃	可	可	難	可	可	難
	含浸材 L			含浸材 NK		
25℃	可	難	難	可	可	難
40℃	可	難	難	可	可	難
60℃	可	可	難	可	可	難
	含浸材 NL			含浸材 KL		
25℃	可	難	難	可	難	難
40℃	可	難	難	可	難	難
60℃	可	可	難	可	難	難
	含浸材 NKL			可：可溶 ※：可溶（難溶の可能性あり） 難：難溶		
25℃	可	難	難			
40℃	可	難	難			
60℃	可	難	難			

表 3 各試料における種類判定試験結果

	乾燥温度			乾燥温度		
	25℃	60℃	105℃	25℃	60℃	105℃
溶解温度	含浸材 N			含浸材 K		
25℃	反	反	固	反	反	固
40℃	反	固	固	反	反	固
60℃	反	反	固	反	反	固
	含浸材 L			含浸材 NK		
25℃	反	固	固	反	反	固
40℃	反	固	固	反	反	固
60℃	反	反	固	反	反	固
	含浸材 NL			含浸材 KL		
25℃	反	固	固	反	固	固
40℃	反	固	固	反	固	固
60℃	反	反	固	反	固	固
	含浸材 NKL			反：反応型 固：固化型		
25℃	反	固	固			
40℃	反	固	固			
60℃	反	固	固			