

アルミニウムを添加した含浸材による表面硬度への影響に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○植 隆太郎

名古屋工業大学 正会員 吉田 亮

1. はじめに

我が国の社会基盤において、喫緊の課題としてコンクリート構造物の維持管理が取り上げられている。構造物の補修・補強方法には様々あるが、維持管理に費やすことのできる予算が限られていることもあり、作業性や経済性の良い表面含浸工法に注目が集まっている。表面含浸工法は、作業性・経済性が良く、予防保全の観点からも施工事例が増えている。表面含浸材はシラン系とけい酸塩系に大別され、前者は表層部には水層を形成、後者は表面の空隙を充填し、表層を緻密化することで、劣化因子の侵入抑制効果を付与することが可能である。既往の研究では、けい酸塩含浸材に水酸化カルシウム水溶液を改質水として塗布することが表面硬度向上につながるという結果²⁾がある。しかし、カルシウム添加による硬度上昇には限界がみられた。本研究ではカルシウムではなくアルミニウムに着目し、自然界によく存在するアルミノケイ酸を生成させることで、カルシウムと同等以上の表面硬度向上を目指す。

2. 実験概要

2.1 使用材料・塗布方法

表-1 に示した配合のセメントペースト角柱供試体 (10×10×20 mm) を使用した。これは、打設後 28 日水中養生で作製したものを使用した。全面に含浸材および改質水を塗布した。含浸材は、コロイダルシリカ (CS) を主成分とする水溶液 (以下、含浸材) を使用した。改質水はアルミニウムイオンを含む溶液を 4 種類用意した。ただし、表-2 により、No.2 は既往の研究²⁾ より飽和水溶液を使用した。No.3, 4 の試薬は水に不溶のため水酸化ナトリウム溶液に飽和まで溶かした。No.5, 6 は溶解度が小さい No.6 のアルミニウムイオン濃度にあわせて濃度を調整した。また、それぞれの電離後のイオンの影響によって No. 2, 3, 4 は pH 12~14 のアルカリ性溶液に、No. 5, 6 は pH 2~4 の酸性溶液となっている。塗布方法は、表-2 に示したようにひび割れが生じない程度に乾燥させた供試体に含浸材を塗布した後、1 時間半浸透・乾燥させて改質水を塗布した。その後、1 時間半静置して含浸材を再度塗布した。

表-1 セメントペーストの配合

セメントの種類	W/C (%)	単位量 (g)			
		水	セメント	高炉スラグ	AE 剤
OPC	100	1000	1000		3
BB		1000	550	450	3

表-2 塗布方法の種類

No.	塗布する改質水	塗布順番				
		1	→	2	→	3
0	ブランク					
1	含浸材のみ	含浸材	→		→	
2	Ca(OH) ₂					
3	Al ₂ O ₃					
4	Al(OH) ₃					
5	AlCl ₃					
6	AlK(SO ₄)·12H ₂ O			改質水		含浸材

※塗布前に湿度 60 %程度のデシケータ内で数時間静置した。

※塗布量は、膜厚が等しくなるよう 100 g/m²を基本とした。

2.2 ビッカース硬さ試験

含浸材の効果を評価するため、ビッカース硬さ試験 (JIS Z 2244) を行った。塗布後 14 日の表面硬度を測定した。試験力 $F=5$ N, 载荷時間 15 秒とし、圧こんの対角線の長さを測定し、次式(1)でビッカース硬さ HV を算出した。

$$HV = 0.102 \times \frac{F}{\frac{d^2}{2\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}} = 0.1891 \times \frac{F}{d^2} \quad (1)$$

ここに、 d : 圧こんの対角線長さの平均値 (mm), θ : 正四角すい圧子の対面角 (136°)

また、測定値は測定のはらつきを考慮し、全測定値の四分位範囲に近いものを抽出し、その平均値とした。

3. 実験結果および考察

ビッカース硬度試験の結果を表-3に示す。また、図-1に供試体それぞれのブランク(0)に対する硬度の増加率、図-2に含浸材のみ(1)に対する硬度の増加率を示す。

3. 1 塗布薬剤からみた表面硬度への影響

今回の試験で最もビッカース硬度が向上したのは OPC 供試体に酸化アルミニウム (Al_2O_3) を塗布した場合であった。また、No.5, 6 に比べて No.3, 4 の硬度が高い傾向にあることから、アルミニウムを添加したことに加えて、水酸化ナトリウムによるアルカリの添加が表面硬度向上をもたらしていると考えられる。しかし、本来劣化要因である酸を塗布している No.4, 5 や水酸化カルシウムを塗布した No.2 と比較して、一定の表面硬度向上がみられることからアルミニウムによる含浸材の効果向上があると考えられる。

3. 2 供試体種類からみた表面硬度への影響

図-2にみられるように含浸材のみを塗布した場合よりも改質水を塗布した場合の表面硬度の増加率は OPC の方が BB よりも高い傾向にある。これは、BB に含まれる高炉スラグ微粉末によるセメントの緻密化や化学抵抗性の向上により OPC に比べて含浸材や改質水の成分があまり含浸しなかったためだと考えられる。

4. まとめ

本研究では、けい酸塩系含浸材に改質水としてアルミニウムイオンを含む溶液を塗布した場合の表面硬度への影響について検討した。OPC と BB で改質効果に差が見られるものの、4 種類のアルミニウムイオン溶液において含浸材と併用することでカルシウムと同等以上の表面硬度上昇が確認できる結果となった。

謝 辞: 本研究では、日研株式会社 北村真也氏、三信建材工業株式会社 石田敦則氏、石田晃啓氏に多くのご協力をいただきました。ここに深く感謝を申し上げます。

参考文献: 1) 土木学会: けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案), コンクリートライブラリー137, 2012. 7

2) 佐光大樹: アルカリ土類金属を微量添加したけい酸塩系含浸材の硬度上昇効果, 平成 29 年度名古屋工業大学卒業論文, 2018

表-3 ビッカース硬さ試験結果

No.	ビッカース硬さ (HV 0.5/15)	
	OPC	BB
0	0.455	0.439
1	0.536	0.585
2	0.683	0.557
3	0.951	0.716
4	0.777	0.791
5	0.652	0.714
6	0.720	0.689

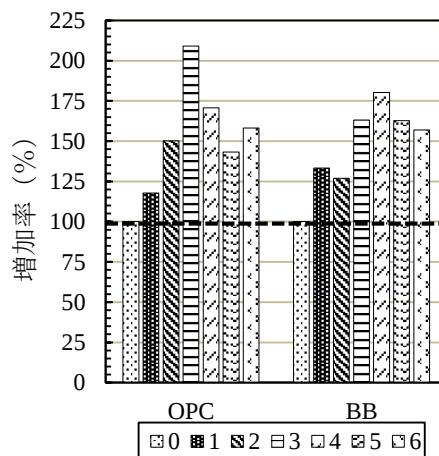


図-1 ブランク (0) を 100%としたときのビッカース硬度の増加率

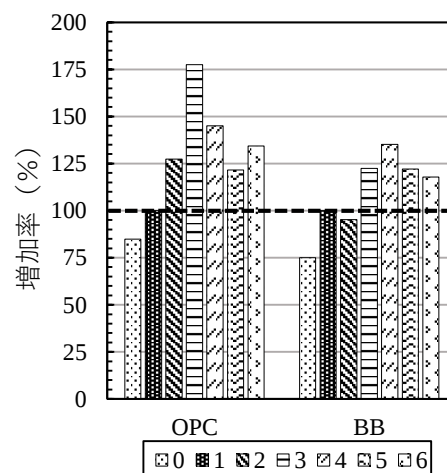


図-2 含浸材のみ (1) を 100%としたときのビッカース硬度の増加率