各種けい酸塩系表面含浸材によるスケーリング抵抗性

八戸工業大学大学院○学生会員　太田　晃博
八戸工業大学大学院　学生会員　佐藤　宇泰
八戸工業大学大学院　学生会員　渡邊　浩平
八戸工業大学　正会員　迫井　裕樹
八戸工業大学　正会員　阿波　稔

1.背景及び目的

積雪寒冷地域では、冬季路面の安全性確保のため、凍結防止剤が路面に大量散布され、コンクリートの劣化発生が懸念されるようになった。散布された凍結防止剤中の塩分は水に溶けコンクリート構造物表面から塩化物イオンが浸透する。するとコンクリート構造物自体の強度及び耐久性が著しく低下する。そこで近年、コンクリート構造物に対し、耐久性の向上によって要求性能を満足させる一つの手段として、コンクリート表面に保護層を設ける表面保護工法が実施されている。構造物の性能を向上させることが可能で、施工性や経済性に優れた表面含浸工法のうち、けい酸塩系表面含浸工法が挙げられる。研究室内でもその効果は確認されているが、シラン系表面含浸材と比較すると主成分や改質メカニズムの違いによる効果や実構造物における評価方法は確立されておらず、データの蓄積も十分ではない。

そこで本研究ではコンクリートのスケーリング抵抗性を改善させるために現在特に研究が進められているけい酸塩系表面含浸材に着目し、主成分や改質メカニズムの異なる表面含浸材を用いて室内試験におけるスケーリング抵抗性の評価を行った。

2.実験概要

2.1 使用材料および配合

本実験に用いたセメントは、普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm3)と高炉セメント B 種(3.14g/cm3)の二種類を使用した。細骨材として石灰岩砕砂(2.65g/cm^3 、F.M2.87、吸水率 0.69%)、天然砂(2.56g/cm^3 、F.M2.46、吸水率 1.77%)、粗骨材として石灰岩砕石 (2.69g/cm^3 、F.M6.67、吸水率 0.95%)、混和剤として AE 剤、AE 減水剤を使用した。基準とするコンクリートの示方配合を表 - 1 に示す。普通セメントは N、高炉セメントは B とし、配合は、水セメント比を 55%一定、空気量 5±0.5%、スランプ 8±1cm とした。

表 1　示方配合表

	W/C	s/a	単位量(kg/m^3)				AE 剤	AE 減水剤
	(%)	(%)	W	C	S	G	C×(%)	C×(%)
N	55	43.5	158	287	802	1062	0.02	0.2
B			158	287	800	1062	0.006	0.57

2.2 表面含浸材

本実験で使用したけい酸塩系表面含浸材は反応型 7 種、固化型 2 種の計 9 種を使用した。その特徴を以下に述べる。

1)反応型けい酸塩系表面含浸材の特徴

コンクリート中の水酸化カルシウムとの反応により C-S-H ゲルを生成して、コンクリート中の空隙を充填する材料である。材料が乾燥した後の残留物である乾燥固形分は、水分が供給されると融解し、再び水酸化カルシウムとの反応性を呈する。改質効果を発現させるためには、材料を溶解状態にしておく必要があり、適用後のコンクリートを継続的に湿潤状態に保つことが必要となる。主成分として、けい酸塩ナトリウムまたはけい酸塩カリウムの単体、もしくはその両者が高い質量割合で混合されている。本実験で使用した表面含浸材のうち、けい酸ナトリウム単体のものを、A、C、F、けい酸ナトリウムとけい酸カリウムを混合したものを B、D、なお、表面含浸材 G については固化型となっている。けい酸ナトリウムに撥水効果を付与したものを E、T、とする。

キーワード：コンクリート、耐久性、スケーリング、けい酸塩系表面含浸材
連絡先：青森県八戸市大字妙字大開 88-1　八戸工業大学　環境建設工学科　TEL0178-25-8076

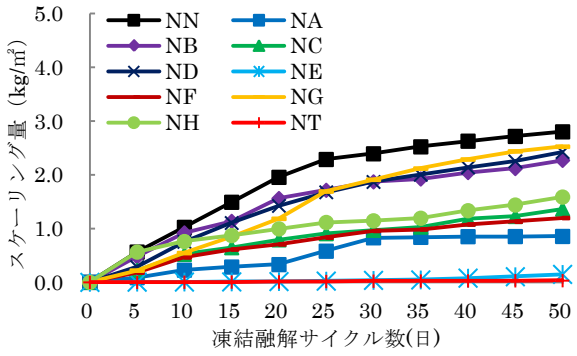

図-1　スケーリング試験結果(N)

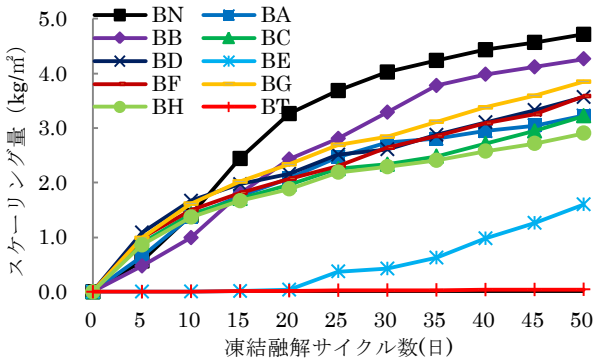

図-2　スケーリング試験結果(B)

2）固化型けい酸塩系表面含浸材の特徴

材料自体の乾燥により固化が進行し、その固化物によってコンクリート中の空隙を充填する材料である。材料が乾燥した後の固化物は難溶性である。ただし、塗布の初期段階である溶液時においては、反応型と同様に、C-S-H ゲルを生成する。改質効果を発現させるためには、乾燥固化物の生成を促す必要があり、適用後のコンクリートを速やかに乾燥させることが必要となる。主成分として、けい酸リチウムが高い質量割合で混合されている。本実験で使用した表面含浸材のうち、けい酸リチウムを主成分とするものを H とする。

3. 実験方法と養生

1）　表面処理方法

供試体は材齢 28 日まで水中養生後、恒温室(20℃・60%RH)で 2 日間の乾燥を行った。その後、各種けい酸塩系表面含浸材を塗布し、2 日間の気中養生を行った。さらに 28 日間の散水養生の後、28 日間の気中養生を行い、試験開始とする。なお、高炉セメント B 種も同様の条件で試験開始とする。

2）　スケーリング試験

供試体は、220×220×80mm の平板供試体とし、ASTM C 672 に準拠して行った。試験面を打設側面とする。温度条件とサイクルを自動制御とし、試験水には NaCl 3%溶液を用いた。

4. 実験結果および考察

普通セメントのスケーリング試験結果を図-1 に示す。この結果より、表面含浸材を用いたコンクリートはスケーリングを抑制する効果が見られた。試験開始直後は大きな差は見られなかったが、凍結融解サイクル数の増加とともに、表面含浸材の効果が認められ、表面含浸材を塗布したコンクリートは無塗布のコンクリートと比較し、スケーリング量を抑える効果が見られた。また、スケーリング抑制効果に及ぼす主成分の違いに着目すると、けい酸ナトリウム＋撥水（E、T）＞けい酸ナトリウム（A、C、F）けい酸リチウム（H）＞けい酸ナトリウム＋けい酸カリウム（B、D、G）となり、主成分の混合使用より単体使用が効果は確認された。図-2 は高炉セメント B 種を用いたコンクリートのスケーリング試験結果である。含浸材の有無、種類によらず、高炉セメントを用いた際には、普通セメントよりスケーリングが多く発生することが確認された。しかし、表面含浸材を用いることで無塗布の場合よりもスケーリングを抑制する効果が見られた。高炉セメント B 種は試験開始直後から差は見られた。凍結融解サイクル数が進むとともに、表面含浸材の効果が見られ、表面含浸材を塗布したコンクリートは無塗布のコンクリートと比較し、スケーリング量を抑える効果が見られた。また、高炉セメント B 種も普通ポルトランドセメントと同様に主成分の違いによる効果は大きく分けると、けい酸ナトリウム＋撥水（E、T）＞けい酸ナトリウム（A、C、F）けい酸リチウム（H）＞けい酸ナトリウム＋けい酸カリウム（B、D、G）となり、普通セメントを用いた時と同様に主成分の混合使用より単体使用が効果は確認された。

5. まとめ

N と B のスケーリング結果はどちらも凍結融解サイクル数が進むとともに、表面含浸材の効果の違いが見られてきた。特に N のスケーリングはけい酸ナトリウム＋撥水においては凍結融解サイクル数 50 サイクル時点では、スケーリングはほとんど発生しなかった。しかし、実際の現場で使用するには、効果の持続性が重要であることから今後継続的な試験が必要と考えられる。

謝辞：本研究は、(社）東北建設協会「平成 23 年度　技術開発支援金」の交付を受けて実施したものである。