

第V部門 コンクリートに塗布したシラン系表面含浸材の耐久性に関する検討

神戸大学工学部 学生員 ○河田 大樹
 神戸大学大学院 正会員 森川 英典

神戸大学大学院 学生員 谷河 雅大
 神戸大学大学院 正会員 中西 智美
 本州四国連絡高速道路(株) 正会員 竹口 昌弘

1. 研究背景・目的: シラン系表面含浸材は、含浸によりコンクリート表層部に撥水性と透湿性を付与する機能を持つ疎水層を形成し、アルカリシリカ反応（以下、ASR）を生じた構造物において吸水膨張の抑制を目的として使用される¹⁾。これまでの研究で ASR の劣化程度や W/C の違いを実験要因としてコンクリートの状態の違いによる補修性能への影響に関する実験や、含浸材の含浸深さが撥水性能、水分逸散性能に与える影響に関する基礎的実験を行ってきた。しかし、これらの実験では含浸材を塗布・養生後すぐに実験を行っているため、含浸材塗布後、しばらく経過した条件下において含浸材の性能が十分に発揮されるのかを評価した知見は得られていないのが現状である。そこで、本研究では反応性骨材を用いて打設したコンクリートの含水率調整を行い、含浸材を塗布した後、促進劣化させ、超音波伝播速度試験やひび割れ性状の違い、吸水率試験を行うことで、シラン系表面含浸材に関する耐久性について評価した。

2. 実験概要: 図-1 に吸水率試験供試体概要図を示す。また、表-1 にコンクリート配合を示す。供試体は、普通ポルトランドセメント及び反応性骨材（砕砂及び砕石）と非反応性骨材（兵庫県神戸市有野産砕石）を用いて作製した。劣化程度は、補修を実施してすぐの状態（パターン1）、約1年半気中養生させた状態（パターン2）、パターン2と同様の気中養生後に約3ヶ月の屋外暴露により劣化を進行させた状態（パターン3）の3パターンを作製した。表面含浸材施工時の含水状態を変えるため、塗布前に水中浸漬を実施し、含水率を調節した。含浸材の塗布は、浸漬後、表面含水率が標準状態の値（今回の実験では

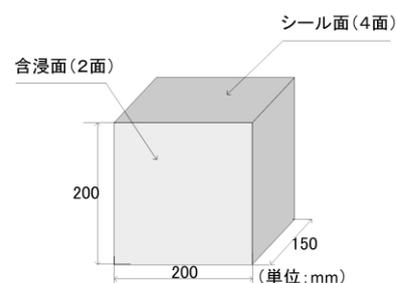


図-1 供試体概要

表-1 コンクリート配合

W/C (%)	Gmax (mm)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								AE減水剤 (ml/m ³)	NaCl (kg/m ³)
			W	C	S1(白)	S1	S2	G1(小)	G1(大)	G2		
50	20	45	179	361	252	252	336	308	308	411	721	15.5
60	20	47	180	301	270	270	360	305	305	407	601	16.0

3.0~3.5%程度)と近くなるように経過を見て塗布し、経過観測を開始した。実験要因は、劣化状態がパターン1~3それぞれに、W/Cが50%と60%、施工時含水率が標準(S)と高い(H)、使用した含浸材がシラン・シロキサン系(S1)とアルキルアルコキシシラン系(A)、無補修(N)の合計36体である。

2.1 吸水率試験概要: 供試体は、200×200mmの2面を含浸面とし、含浸材による補修を行った。残りの4面はポリウレタ系表面被覆材によるシール処理を実施した。含浸材を塗布し、各パターンの劣化期間が終了した後、平均16.8℃の水温の水に7日間浸漬させた。水中浸漬前後の質量差から吸水率を換算した。質量は秤量20kg、最小表示0.1gの電子天秤で測定を行った。

3. 実験結果: パターン3のW/C50%のひび割れ性状を図-2に、W/C60%のひび割れ性状を図-3に示す。この結果から、約3ヶ月の屋外暴露を行っても、無補修供試体に比べてひび割れ長さ密度、ひび割れ面積密度ともにW/Cに関わらず補修を行うことで抑制することができた。また、W/Cの違いで比較すると、W/C50%よりもW/C60%の方がひび割れ長さ密度、ひび割れ面積密度ともに小さくなる傾向が見られた。また、補修供試体(S1,A)において施工時の含水状態の違いで比較すると、W/C50%、W/C60%ともに含浸材施工時の含水状態の違いによるひび割れ長さ密度、ひび割れ面積密度の相関は確認できなかった。しかし、既往の研究においてシラン系表面含浸材は、ASR膨張によるひび割れ進展以降の撥水効果の低下が著しく、今後もシラン系表面含浸材の最適施工に向けて、含浸材塗布後しばらく

Taiki KAWATA, Masahiro TANIKAWA, Hidenori MORIKAWA, Satomi NAKANISHI and Masahiro TAKEGUTI

1534213 t@stu.kobe-u.ac.jp

屋外曝露したときのひび割れ進展のメカニズムや、補修面含水率が高いときの撥水効果の持続の解明に向けて十分な検討をしていく必要がある。また、図-4~7に吸水率試験のパターン1からパターン3の変化を示す。この結果から、約1年半の気中養生や約3ヶ月の屋外曝露を行い、劣化を促進させても無補修供試体と比べて、補修を行った供試体はW/C50%、60%ともに吸水率は低くなっており、吸水率に対する補修材の高い耐久性を示した。また、施工時の含水状態で比較すると、パターン1のときには施工時の含水率が高いほど吸水率が抑制されていたが、劣化促進すると、補修材S1、Aともに、施工時の含水率が高い供試体のほうが吸水率が高くなる傾向を示した。既往研究より、含浸材施工後すぐに吸水率試験を行うと含水率が高いほうが高い撥水性能を示す傾向がみられたが、含浸材塗布後しばらく経過した供試体においては、施工時の含水率が高い供試体のほうが撥水性能が低下することが分かった。これは、施工時含水率が高いほど含浸深さが小さくなっており、屋外曝露した際の紫外線照射による疎水層への影響が大きくなったからではないかと考えられる。さらにこの結果は、シラン系表面含浸材はASR膨張によるひび割れ進展以降の撥水効果の低下が著しく、また塗布時の補修面含水率が比較的高い場合にはシラン系表面含浸材の撥水効果の持続には問題があるという久保らの研究結果²⁾と一致していた。

4.まとめ：本論文では含浸材塗布後、劣化促進を行った供試体のひび割れ性状、吸水率の変化から含浸材の耐久性の評価を行った。(1)ひび割れ性状の結果より、含浸材塗布後、屋外曝露を行っても、無補修供試体に比べてひび割れ長さ密度、ひび割れ面積密度ともにW/Cに関わらず補修を行うことで抑制

することができた。W/Cの違いで比較すると、W/C50%よりもW/C60%の方がひび割れ長さ密度、ひび割れ面積密度ともに小さくなる傾向が見られた。この原因としてはセメント中のアルカリ量が影響している可能性が考えられる。一方で、吸水率はW/C60%の方が高くなっているが、これはW/Cが高いほどコンクリート中の細孔が多く、水分が侵入しやすくなっている可能性が考えられる。(2)吸水率の変化の結果より、補修供試体では劣化を促進させても、無補修供試体と比べて吸水率は低くなっており、補修材の吸水率に対する耐久性を確認できた。また施工時含水率が高い供試体においては、耐久性が低下する傾向がみられた。

参考文献：1) 松本茂，新名勉，江良和徳，村橋大介，宮川豊章：シラン系表面含浸材および亜硝酸リチウムのASR膨張抑制効果に関する基礎的研究，土木学会論文集E，Vol.66，No.3，pp.288-300，2010.8.

2) 久保善司，外岡広紀，林大介，坂田昇：種々の発水系材料によるASR膨張抑制効果について，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No.1，pp.1621-1626，2005.

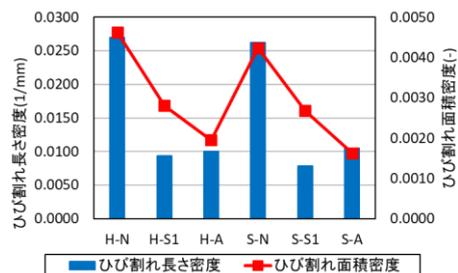


図-2 ひび割れ性状 (W/C50%)

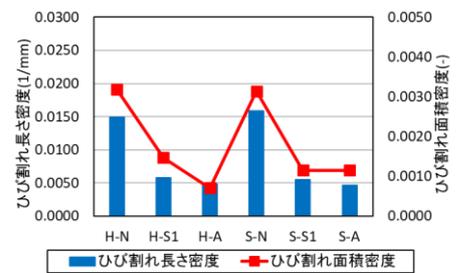


図-3 ひび割れ性状 (W/C60%)

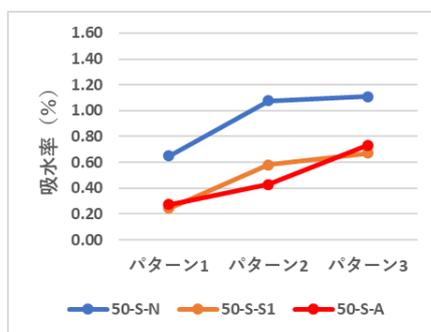


図-4 吸水率 (W/C50%、標準)

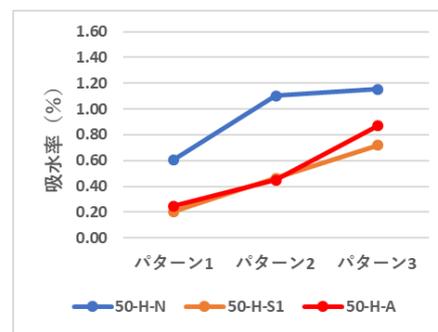


図-5 吸水率 (W/C50%、高い)

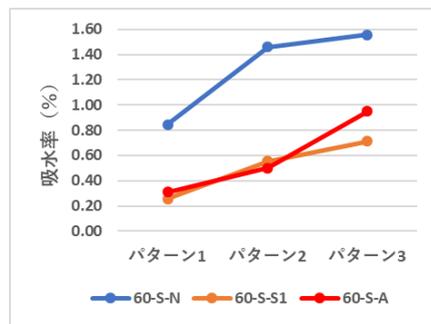


図-6 吸水率 (W/C60%、標準)

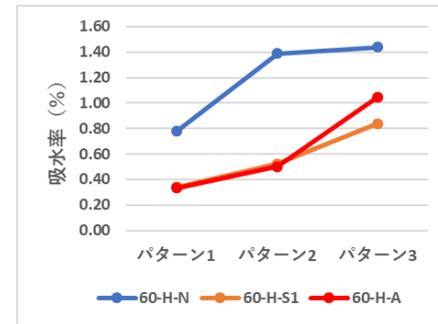


図-7 吸水率 (W/C60%、高い)