

淡水が上面に滞水する環境時の表面含浸材による凍害抑制効果

(公財) 鉄道総合技術研究所 材料技術研究部 コンクリート材料 正会員 ○千頭 啓司
(公財) 鉄道総合技術研究所 材料技術研究部 コンクリート材料 正会員 上原 元樹

1. 目的

寒冷地の鉄道構造物において凍害が生じている箇所は多く確認されており¹⁾、コンクリート片の剥落による第3者被害あるいは断面欠損の進行による構造物の耐久性への懸念から、効果的な予防対策が求められている。本研究では、凍結防止剤が使用されておらず、淡水が作用する環境における表面含浸材の凍害抑制効果を明らかにすることを目的として、表面含浸材を塗布したコンクリート供試体を用いて凍結融解試験を行った。

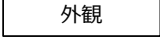
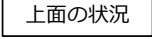
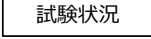
2. コンクリート供試体による凍結融解試験

表1に使用材料を、表2に配合を示す。凍害発生箇所のコンクリートでは空気量が少ないことが分かっており¹⁾、AE剤は使用しなかった。供試体は直径10cm×高さ20cmの円柱供試体を、材齢1日で脱型し、材齢21日に高さ方向に半分に切断したものを使用した。試験面は、打ち込み面とし、材齢75日まで温度20℃相対湿度60%の恒温恒湿室内で静置した後、表面含浸材を塗布した。コンクリートの圧縮強度は36.3 N/mm²、静弾性係数は23.8 kN/mm²であった。トレント法で測定した打ち込み面の表層透気係数によるグレーディングはいずれの供試体も「劣」であり、打ち込み面の表層部の物質透過抵抗性は比較的低く、凍害などの影響をある程度受けた状態のコンクリートを想定した条件となっている。

表 1 使用材料		表 2 配合							
セメント	普通ポルトランドセメント	粗骨材の 最大寸法 (mm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m³)			
細骨材	静岡県大井川水系陸砂					水	セメント	細骨材	粗骨材
粗骨材	東京都青梅産碎石	20	1.5	50	45	150	300	862	1079
練混ぜ水	上水道水								

3. 表面含浸材の施工

表面含浸材は、無塗布、シラン・シロキサン系（以下、シラン系）3種類、ケイ酸ナトリウム系（以下、ケイ酸塩系）1種類の計5種類とし、各3個ずつ製作した。表3に表面含浸材の諸特性を示す。塗布前に電気抵抗式水分計（道路橋床版水分計 HI-100）で測定した表面含水率は1.6～2.0%の範囲であった。塗布量は各材料の標準塗布量とした。また、標準塗布量での試験結果が良好であったNo.4シラン系に関しては、標準塗布量の2倍と5倍に増やした供試体を追加で製作した。図1に示すように、高架橋スラブ上面で凍害が発生している状態を模擬するために、上面の一面から水分が供給される状態とした。なお、水分の浸透と拡散を実環境状態と近づけるため、供試体の側面を樹脂等による被覆は行っていない。打ち込み面には防水テープとシリコーンシーラントを用いて堰を据え付け、1日間養生後に注水した。水分供給条件は常に滞水した状態とし、試験期間中に吸水や蒸発で上面の水が無くならないよう30mmの水頭とし、測定毎に水を追加した。試験はひび割れが発生することで上面の水分が滞水しなくなるまで繰り返し、最大で650サイクルまで実施した。

表3 表面含浸材の諸特性								
番号	成分	有効成分	状態	塗布量 (g/m ²)	撥水深さ※ (mm)			
No.1	ケイ酸ナトリウム	—	無色透明液状	150×2	—			
No.2	シラン・シロキサン	80%	白色ペースト状	200	3.2			
No.3	シラン・シロキサン	90%以上	半透明ジェル状	200	7.7			
No.4	シラン・シロキサン	90%以上	白色ジェル状	350	9.0			
				700	12.5			
				1050	25.2			

※凍結融解試験後に確認した撥水深さ（供試体3個の平均値を記載）

図1 供試体状況

キーワード 凍害、スケーリング、表面含浸材、凍結融解試験、コンクリート

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 材料技術研究部 TEL 042-573-7338

4. 凍結融解試験結果

図2に凍結融解試験終了サイクルを示す。無塗布の供試体は凍結融解サイクルが進むにつれて、80サイクル程度からスケーリングが発生し、その後、ひび割れが発生・進展することで最終的には滞水できなくなり試験が終了した。表面含浸材を標準量塗布した供試体では、スケーリング進行が無塗布の供試体と比較して遅く、130サイクル程度でスケーリングが発生した。また、ひび割れ発生も遅くなり、試験終了サイクルはいずれも増加した。シラン系とケイ酸塩系を比較すると、シラン系 No.3 以外はシラン系を塗布した方が試験終了サイクルは増加した。さらに、シラン系 No.4 の塗布量を2倍、5倍と増やしたケースでは、スケーリングは標準量塗布の場合と同様に130サイクル程度で発生したが、ひび割れ発生は遅くなり、塗布量を5倍にした供試体では650サイクルまでひび割れは発生せず650回で凍結融解を打ち切った。図3に試験終了後に蛍光エポキシ樹脂を使用し、ひび割れを調査した写真を示す。無塗布の供試体ではひび割れが多く発生し、特に粗骨材との界面にひび割れが生じているのが確認されるが、シラン系 No.4 を2倍塗布したケースでは650サイクルの試験後もひび割れが生じていないことが分かる。また、図4にシラン系表面含浸材を塗布した供試体の試験終了サイクル数と供試体内部における撥水深さの関係を示す。種類により試験終了サイクル数と撥水深さの関係は異なるものの、撥水深さが大きくなるほど試験終了サイクル数が増加する傾向が見られる。また、シラン系 No.4 では塗布量を増加させることで撥水深さが大きくなり、試験終了サイクル数が顕著に増加した。そのため、シラン系表面含浸材については重ね塗りや繰返し塗布が凍害抑制に対して有効であることが明らかになった。一方で、図5に示すように、シラン系 No.4 を2倍・5倍塗布したケースにおいても粗骨材の露出が見られたことから、表面含浸材でスケーリングを完全に抑制することは難しいことが明らかになった。

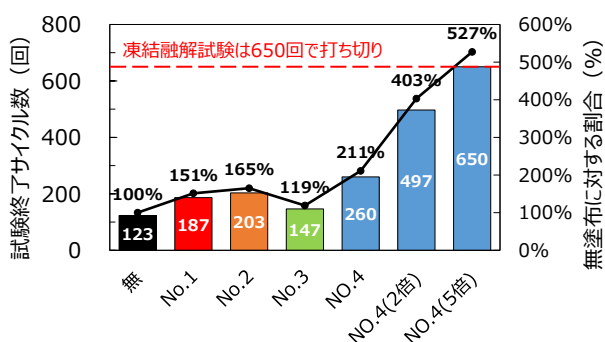


図2 凍結融解試験終了サイクル

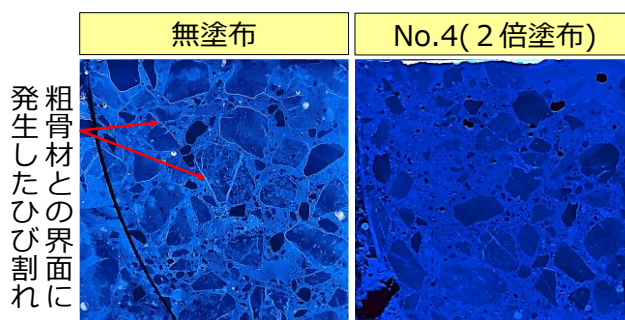


図3 ひび割れ比較

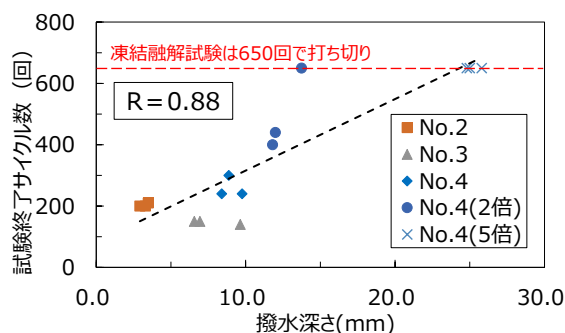


図4 試験終了サイクルと撥水深さ

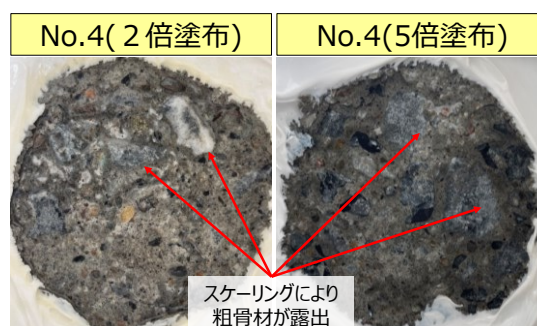


図5 スケーリング状況 (600 サイクル時)

5. まとめ

コンクリート供試体による凍結融解試験の結果から、表面含浸材の塗布が凍害によるひび割れ抑制に有効であり、塗布量を多くし撥水深さを増加させることでひび割れ抑制効果が高まることがわかった。一方で、表面含浸材でスケーリングを完全に抑制することは困難であることがわかった。

参考文献

- 1) 菅原寛文, 廣田元嗣: 寒冷地に位置する高架橋の劣化に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.2, pp.1219-1224, 2017