

シラン系表面含浸材を試験施工した寒冷地の道路橋地覆コンクリートの追跡調査3年目までの評価

(独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○遠藤 裕丈
 (独)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 田口 史雄
 北海道開発局 建設部 道路維持課 非会員 小野 俊博
 北海道開発局 建設部 道路建設課 非会員 登 靖博

1. はじめに

寒冷地のコンクリート構造物は厳しい環境下に曝されており、凍結融解の単独および凍結融解と塩化物による複合作用（以下、複合劣化と称す）を受けやすい。代表的な劣化形態として、スケーリングの進行に伴うかぶりコンクリートの損傷があげられ、塩化物イオンの浸透速度の増加による鋼材の早期腐食が懸念される。近年、ライフサイクルコスト縮減の観点から、予防保全的な構造物の維持管理の重要性が益々必要と認識されている。このため、劣化抑制対策の検討にあたっては、対策効果の持続性と対策費の軽減が求められている。

複合劣化の抑制が期待される技術の一つにシラン系材料を用いた表面含浸材がある。これは、コンクリートの表層に吸水抑制機能を付与し、水や塩分等の劣化因子の浸透を抑制することで部材の延命を図ることを目的に使用される浸透性の材料である。この材料は、①材工費が比較的安価 ②施工が容易で特殊な技能を要しない ③無色透明のため構造物の質感は保持される ④浸透性のため内部の浸透部分では紫外線劣化の影響を受けない等の長所を有する。しかし、寒冷地の構造物に施工した場合の効果の持続性についてはデータが少ないため、北海道内の道路橋の地覆コンクリートにおいて試験施工を行い、その効果の持続性を検証するため追跡調査を実施した。本論では、施工後3年間の評価を述べる。

2. 試験施工

試験施工は、北海道の道東地方に位置するA橋とB橋の地覆コンクリートにおいて2004年10月に実施した（写真-1）。2橋とも、年間の最低気温が約-25℃で、冬期は凍結防止剤が散布される地域に位置し、複合作用を受ける厳しい環境下に曝されている。施工部位は2橋とも日射面である。A橋の地覆コンクリートは、試験施工の14日前に打換えられており先行劣化は受けていない。一方、B橋の地覆コンクリートは、打換え後2冬が経過しており軽微なスケーリング（ASTM評価¹⁾で1程度）が生じている。なお、地覆コンクリートの配合は表-1の通りである。コンクリートの空気量はA橋が4.5%でB橋が5.0%、粗骨材の最大寸法はA橋が40mmでB橋が25mmである。



写真-1 試験施工(A橋)

表面含浸材は、良好な撥水及び浸透性が期待される5種類を選定した。本論では、材料名をNo.1～5と標記する。No.1～3は水系、No.4は溶剤系、No.5は無溶剤系である。施工は、地覆を6区間に分け（うち1区間は無塗布区間）、1材料1区間とした。なお、ここでは材料単独ではなく施工法を含む工法として評価する理由から、施工は各社の独自仕様に基づいて行った。各々の材料の塗布量は200～400g/m²である。

3. 調査内容

調査は、スケーリング面積率、超音波伝播速度、表面水分率の測定を行った。スケーリング面積率は、スケーリング箇所をチョークで囲ってトレース後、画像処理により面積を求めた。なお、本論では、施工面積に占めるスケーリング箇所の面積の割合をスケーリング面積率と定義する。超音波伝播速度は、コンクリート表面に20×20cm間隔のメッシュをチョークで描き、メッシュ交点に発・受信子を設置（距

表-1 地覆コンクリートの配合

橋	セメント種類	単位量(kg/m ³)				
		水	セメント	膨張材	細骨材	粗骨材
A	普通	145	252	30	713	1144
B	早強	138	267	30	778	1111

表-2 過年度に実施した室内試験の結果(初期性能の相对比较)²⁾

試験項目	無塗布	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
材料の浸透性・JSCE-K571 2004 (数値は表面含浸材の浸透深さ[mm])	—	2.9	1.6	2.9	2.4	6.6
吸水抑制効果・JSCE-K571 2004 (数値は透水比)	—	0.11	1.03	0.07	0.06	0.01
遮塩性・塩水浸漬期間90日 (数値は塩化物イオンの浸透深さ[mm])	11.5	9.2	8.9	2.3	1.9	≒0
凍結融解抵抗性・ASTM-C 672 (数値はスケーリング抑制効果持続率[%])	—	25	10	50	75	75

キーワード 凍結融解, 凍結防止剤, スケーリング, シラン系表面含浸材, 試験施工

〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 TEL 011-841-1719 FAX 011-837-8165

離は20cm)して表層を伝播する超音波の速度を1区間につき100~120点測定した。表面水分率は、高周波式(20MHz)コンクリート水分計を使用し、深さ1cm(本計測器で測定が可能な最も浅い位置)の水分率を調べた。なお、筆者らは試験施工に先立ち、表面含浸剤の浸透性状など初期性能の相対比較を目的とした室内試験(W/C=45%, 高炉B種使用)を過年度に実施しており、表-2に概略結果を示す²⁾。

4. 結果および考察

図-1は地覆のトレース図の一例である。塗り潰しの部分はスケーリング箇所を表している。スケーリングは、地覆の垂直面に多く発生している。これは、凍結防止剤を含む融雪水が地覆垂直面に沿って流れていることと凍結融解を受けていることの相乗作用によるものと推測できる。以下、本論では凍結防止剤の影響を最も受けていた垂直面の調査結果について述べる。

図-2にA橋のスケーリング面積率の経年変化を示す。施工3年後の面積率は無塗布区間が43%(図-1)に対し、No.2の塗布区間が28%, それ以外は8~15%で、面積率は無塗布の約1/5~3/5倍となっており、3年経過後もスケーリングを低く抑制する効果が持続されていることを確認した。3年目の面積率はNo.2>1>3>5>4の順に小さくなっている。なお、表-2に示したスケーリング抑制効果持続サイクルは、値が大きいほどスケーリングの発生が遅く、スケーリング発生に対する抵抗性が高いことを表しているが、3年目の面積率の順はこれと概ね対応している。図-3にA橋の超音波伝播速度の経年変化を示す。速度は区間内の全ての測定値の平均である。施工直後はいずれの区間もほぼ同じ値であったが、施工1年後に塗布区間の速度が無塗布区間を下回り、2, 3年後にはNo.3, 5でこの傾向がより明瞭に表れていた。図-3の凡例には3年目の表面水分率の結果を併記しているが、超音波伝播速度は表面水分率が小さい区間において遅い傾向にあることが読み取れる。このことから、コンクリートの含水率が低下したために超音波伝播速度が遅くなったものと推察される。

次に、B橋のスケーリング面積率の増加量と超音波伝播速度の経年変化を図-4, 5に示す。B橋の地覆は、施工前から先行劣化を受けているため、スケーリング面積率の初期値は区間で異なる。そのため、ここでは測定値から初期値を差し引いてスケーリング面積率の増加量で整理している。3年目の調査において、塗布区間の一部にやや大きなスケーリングが認められた。A橋でみられた塗布区間の超音波伝播速度が無塗布区間を下回る傾向がB橋の地覆では見受けられなかったことから、吸水抑制効果の発現に至らなかったひびわれ箇所から水分が浸透していることが考えられる。なお、表面含浸材によって表層組織は疎水化されているため、組織内での凍結余剰水の流動抵抗性が増大し、これに伴って大きな水圧が表層に作用したためにスケーリングに至ったプロセスが推察される。なお、劣化速度は各々の初期値によっても異なると考えられ、先行劣化の程度に応じた効果については今後も追跡調査も継続して検証を行う必要がある。

以上のことから、新設・打換え部材に対しては、劣化を低く抑制する効果の持続が期待されると考えられる。一方、既設部材については施工に着手する前に適用の可否を詳細に検討する必要があることが明らかとなった。

参考文献

- 1) Standard test method for scaling resistance of concrete surfaces exposed to deicing chemicals: American Society for Testing and Materials C 672
- 2) 遠藤ほか: 寒冷環境下におけるシラン系表面含浸材によるコンクリートの保護効果に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, 第28巻, No. 1, pp. 2081-2086 2006. 6

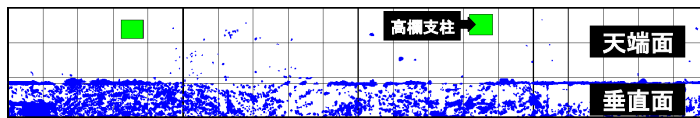


図-1 トレース図(A橋3年目, 無塗布区間, 垂直面のスケーリング面積率43%)

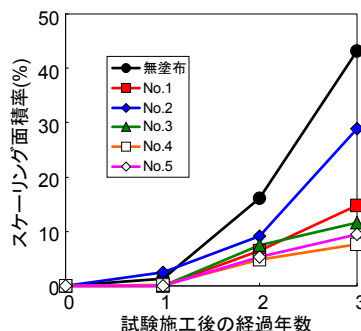


図-2 スケーリング面積率(A)

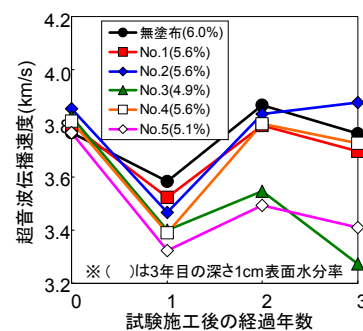


図-3 超音波伝播速度(A)

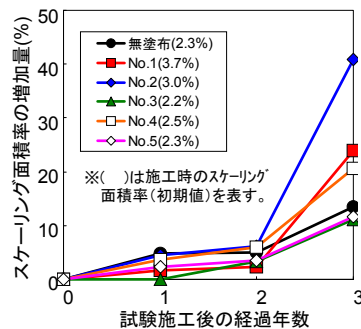


図-4 スケーリング面積率の増加量(B)

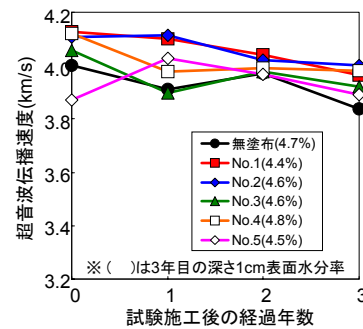


図-5 超音波伝播速度(B)