

鉄筋腐食の進行抑制を目的とした既設コンクリート部材への表面含浸材塗布後6年間の追跡調査

(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 島多 昭典

1. はじめに

寒冷地では凍結融解と塩化物の複合作用に起因するコンクリート構造物の凍害および鉄筋腐食が懸念される。そのため構造物の耐久性向上およびライフサイクルコスト削減の観点から有効な劣化対策工が求められる。対策工は種々あるが、その一つに表面含浸工法がある。この工法は吸水抑制など所定の機能を発揮する表面含浸材をコンクリート表面に塗布・含浸させることで部材の耐久性を高める技術である。施工性や経済性に優れ、構造物の外観を変化させない等の長所を有する。この工法の適用対象は基本的に新設や打換え直後の部材¹⁾で、主に予防保全のために使用される。一方、近年は既存構造物を安全に長く使い続けるための取り組みが広くなされ、既設部材への表面含浸材の適用も検討されている²⁾。この背景に鑑み、著者らは劣化が比較的軽微な道路橋2橋の既設部材を対象に、鉄筋腐食の進行抑制効果を評価する目的で表面含浸材の試験施工を実施し、現在追跡調査を行っている。本報では6年間の調査結果について述べる。

2. 概要

図-1に道路橋の位置、表-1に使用した表面含浸材、写真-1に部材への塗布状況を示す。試験施工は北海道のA橋地覆とB橋主桁で行った。年間最低気温はA橋が約-25℃、B橋が約-20℃で、2橋とも冬期は凍結防止剤が散布される環境下に位置している。

A橋は1969年に架設された橋長40m、幅員5.5mの鋼成桁橋である。2002年に地覆の打換えが行われている。地覆の配合は水セメント比が52%、空気量が5%、最大粗骨材寸法が25mmで、早強ポルトランドセメントが使用されている。試験施工は打換えから2年が経過した2004年に行った。塗布前に地覆を確認したところ、粗骨材は露出していないものの、深さ3mm以下の軽微なスケールリングが部分的に発生していた。表面含浸材はコンクリート表層に吸水抑制機能を付与する市販の3種類のシラン系表面含浸材(以下、シランと記す)を使用した。なお、材料のみならず、施工を含めた工法として評価したい理由から施工方法や塗布量は統一せず、各メーカーの独自仕様に基づいて塗布を行った。

B橋は1958年に架設された橋長30m、幅員6.5mのPCT桁橋で、海岸線から約200mの位置にある。主桁の配合は不明であるが、設計基準強度は29.4N/mm²である。試験施工は供用から約50年経過した2007年に行った。塗布前に主桁を確認したところ、軸方向に1~2本のひび割れが確認された。ひび割れ幅は最大1.0mm程度だが、ほとんど変動していない。塩化物イオン量は表層(深さ0~20mm)が1.3~1.8kg/m³であったが、鉄筋近傍(深さ20~40mm)は0.2~0.3kg/m³で発錆限界の1.2kg/m³に達していない。ここではひび割れ補修と床版防水を施した後に表面含浸材を塗布した。表面含浸材は、2007年時点でA橋の追跡調査の結果が比較的良好であったシランs-3と、コンクリート表面に塗布した成分がコンクリート内部へ気化拡散して鉄筋表面に吸着し、化学的な保護被膜を形成する機能を有する市販のアミン系含浸性防錆材(以下、アミンと記す)を使用した。また、双方を併用した施工も行った。A橋ではコ

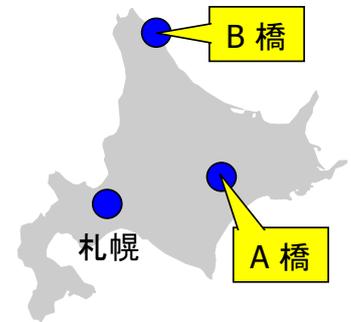


図-1 道路橋の位置

表-1 使用した表面含浸材

記号	s-1	s-2	s-3	a
種類	シラン			アミン
系統	溶剤	水	無溶剤	—
有効成分	11.5%	80%	90%	—
塗布量	300 g/m ²	200 g/m ²	400 g/m ²	0.3 ㎖/m ²
A橋	○			
地覆		○		
B橋			○	○
主桁			○	

A橋地覆(L側, 日向面)



A橋地覆(R側, 日陰面)



B橋主桁



写真-1 部材への塗布状況

キーワード コンクリート, 耐久性, 表面含浸材, 追跡調査

〒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

ア採取による吸水防止層の厚さと JIS A 1154 による塩化物イオン量, B 橋では分極抵抗法による鉄筋腐食速度の測定を行った。

3. 結果・考察

3.1 A 橋地覆 (塩化物イオンの浸透抑制効果に関する評価)

表-2 に A 橋地覆で調べた吸水防止層の厚さを示す。厚さにはばらつきはあるものの, 吸水防止層の存在を確認することができた。図-2 に深さ 4cm までの塩化物イオン量の分布を示す。塗布を行った部位に浸透している塩化物イオン量は, 日向面の s-1 を除いて, 全体的に無塗布に比べると低い値であった。ここで, 土木構造物の耐久性設計で広く使用される Fick の拡散方程式の第 2 法則の解³⁾を用いて, 今回調べた無塗布の塩化物イオン量の分布から, 塗布時 (2004 年時点) における地覆の深さ 0~4cm 間のおおよその塩化物イオン総量を計算したところ, 日向面は 3.5kg/m³, 日陰面は 2.4kg/m³となった。今回調査した日向面の s-1 以外の塗布部位の塗布後 6 年経過時における深さ 0~4cm 間の塩化物イオン総量は, 日向面が 3.1~3.4 kg/m³, 日陰面が 2.4~2.7 kg/m³であり, 塗布前から既に先行的に浸透している塩化物イオン量とほぼ同程度であった (図-3)。このことは, 塗布部位における塗布後の塩化物イオンの浸透量は全体的に小さいことを示唆している。なお, 日向面の s-1 と s-2 に着目すると, 吸水防止層の厚さは双方ほぼ同じ値であったものの, 塩化物イオン量は有効成分量が多い s-2 の方が小さい結果が示された。追跡調査 6 年の範囲内で, 既設部材でも劣化が比較的軽微であれば, 適切な材料を選定することにより塩化物イオンの浸透抑制が期待される知見を得ることができた。

3.2 B 橋主桁 (腐食速度の経年変化に関する評価)

図-4 に B 橋主桁で調べた腐食速度の経年変化を示す。塗布前はいずれも腐食速度はグレードIVの領域にあった。塗布直後は無塗布を含めて全ケースの腐食速度が低下した。無塗布については冬期施工であった関係で, 塗布に際して桁全体を防寒シートで囲い, 部材の水分率を低下させる保温作業を行ったため, コンクリート自体の電気抵抗が一時的に高まったことが要因と考えられる。しかしながら, 無塗布の腐食速度はその後グレードIVの域に留まった。一方, 塗布した部材は, 速効性を有するシランは塗布後早期から, アミンについても塗布から約 1 年経過後から腐食速度が経年的に減少し, グレードIVからIIIおよびIIへの改善が確認された。追跡調査 4~5 年目でシランのみ塗布した部位の腐食速度が一時的に増加した後, 再び低下に転ずる傾向を示したが, この原因は不明である。本調査の範囲では, 塗布後 6 年経過した時点でもシランのみ, アミンのみ, ならびに双方の併用, いずれのケースも腐食速度の低減効果が持続していることが確認された。

4. まとめ

北海道の 2 橋で行っている, 鉄筋腐食の進行抑制を目的とした既設部材への表面含浸材塗布後 6 年間の追跡調査の結果について述べた。6 年の範囲内で, 劣化の程度が比較的軽微であれば適切な材料を選定することで効果が期待される知見を得た。なお, ライフサイクルコストに大きな影響を与える対策工の効果・有効性の評価には継続的なデータの収集・検証が不可欠であり, 構造物の長寿命化が求められる昨今の情勢に鑑み, 今後も追跡調査を継続する予定である。

【参考文献】

- 1) 平成 25 年度北海道開発局道路設計要領, 第 3 集, 第 2 編, 参考資料 B 「道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項」
- 2) 石川巧ほか: 表面含浸材が劣化した構造物の耐久性に与える効果の検証, 第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2011.3.
- 3) 2013 年度制定コンクリート標準示方書「維持管理編」, p.171, 土木学会, 2013.10.

表-2 吸水防止層の厚さ(A 橋地覆・塗布後 6 年経過)

部位 記号	日向面			日陰面		
	s-1	s-2	s-3	s-1	s-2	s-3
厚さ(mm)	1.8	1.7	5.1	0.9	7.3	13.7

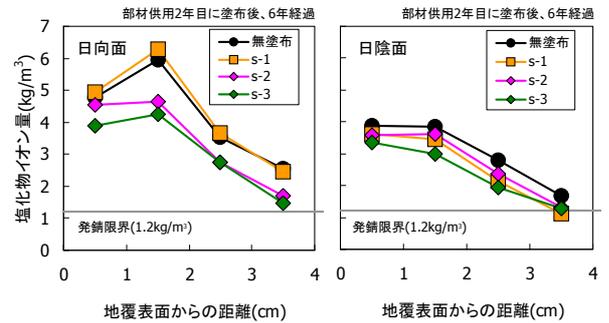


図-2 深さ方向の塩化物イオン量の分布 (A 橋地覆)

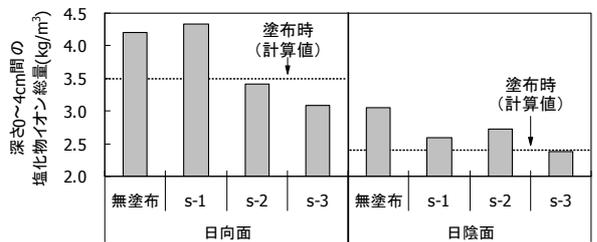


図-3 深さ 0~4cm 間の塩化物イオン総量 (A 橋地覆)

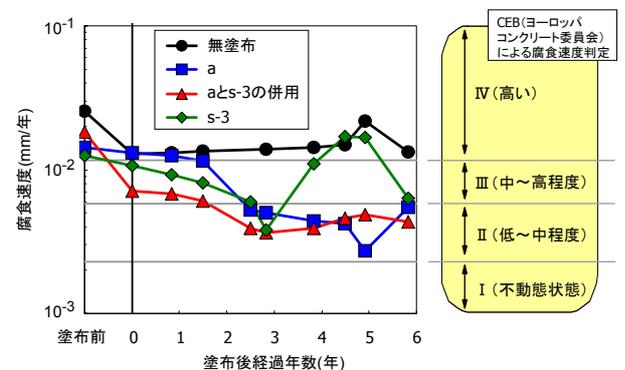


図-4 腐食速度の経年変化 (B 橋主桁)