

沿岸部の農業用コンクリート排水路 における表面含浸工法の適用性の検討

網走開発建設部 農業計画課 ○小泉 政和
鈴木 信也
藤井 祐聡

積雪寒冷地の沿岸部における農業用コンクリート排水路の中には、凍害と塩害による複合劣化が問題となっている場合がある。これに対する多種多様な表面処理材などによる予防保全対策のうち、経済性及び施工性において優れた表面含浸材の適用性を検証するため、鉄筋コンクリート試験体を用いた暴露試験を実施する。本報告では、けい酸塩系、シラン系及び無機系の表面含浸材を用いた試験内容について報告する。

キーワード：予防保全、塩害・凍害、表面含浸工法

1. はじめに

基幹的な農業水利施設の多くは、戦後、集中的に整備されており、老朽化などの進展により更新などが必要な時期を迎えている。一方、国と地方の厳しい財政状況を踏まえ、既存の農業水利施設に補修、補強など適切な長寿命化対策を講じ、既存施設の有効活用を図ることが求められている。

積雪寒冷地の沿岸部における農業用コンクリート排水路の中には、凍害と塩害による複合劣化が問題となっている場合がある（写真-1）。凍害は、スケーリングによる鉄筋かぶり減少や塩分拡散（塩害）を促進する。一方、塩害は、塩化物イオンの侵入とそれに伴う浸透圧の増加により水分浸透（凍害）を助長させる。これらの劣化が複合的に進行することにより、施設寿命を著しく低下させる。このため、このような複合劣化環境にある施設の補修、補強などを実施する際には、水分や塩分といった劣化因子の侵入抑制及び防止が効果的であり、立地条件に応じた適切な予防保全対策を選定する必要がある。



写真-1 試験地の複合劣化状況

2. 目的

本試験の目的は、このような凍害と塩害による複合劣化が生じている施設における劣化因子抑制工法の一つとして、経済性及び施工性において優れる表面含浸工法の暴露試験を行い、他工法との比較から適用性を検証するものである。

3. 工法

(1) 概要

表面処理工法は、コンクリート構造物の表面に保護措置を施す工法であり、大きく表面含浸工法と表面被覆工法に分類される。

a) 表面含浸工法

コンクリート表面から含浸材を浸み込ませてコンクリート表層部の組織を改質し、撥水性や遮水性などの機能を新たに付加する工法である。しかし、劣化因子の遮断を完璧に行うことは困難であることから、劣化速度の抑制効果に期待するものである。また、表面被覆工法と比較して短期間で施工でき経済性に優れる。

表面含浸工法のうち、けい酸塩系および無機系は、コンクリート内部の空隙を充填し緻密化することで透水抑制効果を得る工法である。一方、シラン系はコンクリート表面や細孔表面に撥水性を持たせる工法であり、コンクリート外部への水蒸気の透過・散逸を妨げない（透湿性がある）ため、コンクリート内部の滞留水に起因する凍害抑制も期待できる。

b) 表面被覆工法

コンクリート構造物の表面に劣化因子の侵入やコンクリートの剥落を抑制（または防止）する効果を有する被覆を形成する工法であり、有機または無機系の被覆材が用いられる。

(2) 選定工法

表面含浸工法として通気性や透湿性などの特性が異なるけい酸塩系、シラン系、無機系の3工法すべてを選定した。また、表面含浸工法と併せて、表面被覆工法（有機系・無機系）及び無対策を比較工法として設定し、計6工法の暴露試験により適用性の比較検証を行う（表-1）。

4. 試験方法について

試験方法については、コンクリートブロックを試験体として、表面処理を施した上、凍害及び塩害の複合劣化を受けている農業用排水路法面部に設置することとした。

(1) 試験地

暴露試験地は、オホーツク総合振興局管内斜里郡斜里町西部のオホーツク海沿岸部に位置するトーツル沼切替排水路（延長約200m、敷幅10m、壁高4mのRCフルーム水路）にて実施する（図-1）。

暴露試験箇所の周辺状況を写真-2に示す。試験箇所は河口から約200m離れており、常時は直接波浪に接しないが、潮位上昇や時化の際には波が遡上する塩害環境である。また、試験箇所は網走国定公園に指定されており、自然環境の保全が必要な地域である。

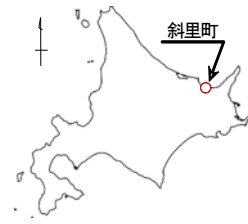


図-1 試験位置

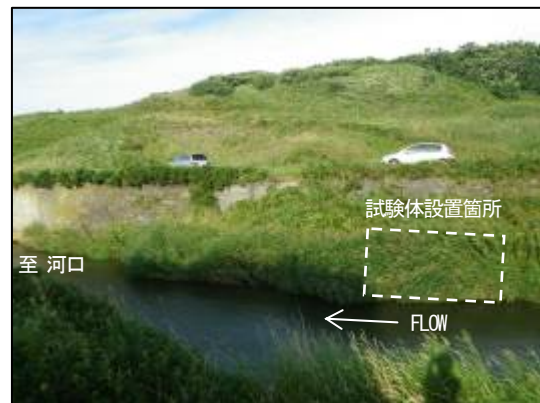


写真-2 試験地の周辺状況

表-1 6工法の特徴と期待される効果

	工法名	概要	通気性	遮水性	施工性	経済性
表面含浸工法	けい酸塩系 (けい酸塩類混合型)	コンクリート内部に含浸して未水とカルシウムと反応し、生成されたゲル状またはガラス状の結晶が空隙内部を充填する。	△ 空隙充填による通気性低下	○ 空隙充填による透水抑制	○ (1回塗)	◎
	シラン系 (溶剤系シラン)	コンクリート表面及び空隙表面に撥水層を形成する。	○ 空隙は充填されない	○ 撥水層による吸水防止	○ (1回塗)	◎
	無機系 (ガラス繊維系)	コンクリート内部に含浸してガラス状の結晶が空隙内部を充填する。	△ 空隙充填による通気性低下	○ 空隙充填による透水抑制	○ (1回塗)	◎
その他の比較工法	表面被覆工法(有機系) (アクリル系樹脂塗料)	コンクリート表面に緻密な有機被覆層を形成する。	× 緻密な被覆層による通気遮断	◎ 緻密な被覆層による遮水	△ (3回塗)	○
	表面被覆工法(無機系) (ポリアセチレン)	コンクリート表面に無機被覆を形成する。	△ 通気性をある程度有する	○ 被覆層による透水抑制	○ (1回塗)	△
	無対策	-	○	×	-	-

◎：優れる、○：あり、△：やや劣る、×：劣る

(2) 試験体

試験体は工場で作成し、ほぼ真西に面する傾斜壁に固定して暴露試験を行う計画とした。

a) コンクリート配合

コンクリートの配合を表-2に示す。配合は一般的な普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）、細骨材には陸砂（表乾密度 2.56g/cm³）、粗骨材には川砂利（表乾密度 2.58g/cm³、実積率 64.0%）を用いた。

なお、今回新たに製作したコンクリートブロックに表面処理を施して行う本試験方法においては、試験体外部からの塩分浸透だけでは各工法の有意な差が認められるまでに時間を要することとなる。このため、一般的な鉄筋腐食限界の下限値である 1.20kg/m³の塩化物イオンを予め混入させ、鉄筋腐食の生じやすい試験体とすることにより、検証期間の短縮を図っている。

b) 形状寸法

試験体の形状及び寸法を図-2に示す。外形寸法は、モニタリングにおけるコア採取（φ100mm）などを考慮して L×B=1,750×750mm とし、部材厚は背面からの塩化物イオンの浸透による影響を受けないように 200mm とした。試験体は、水中部、喫水部、気中部の 3 条件を満たすように各工法につき 2 試験体を製作した。

また、試験体の設置は、安定性を考慮し傾斜壁（法勾配 1:1.5）にもたれ掛け、各試験体を連結金具により一体化させた上、アンカーにより固定した（図-3）。

c) 表面処理

表面処理工法は、試験体の表面及び背面に施し、その他の外周 4 面については、モニタリング時の影響を排除するため、エポキシ樹脂プライマー及びエポキシ樹脂パテ、エポキシ樹脂塗料中塗材を塗布することで、遮塩性及び遮水性を確保した（図-2、3）。

d) 照合電極

鉄筋の腐食は、電子等が移動することによって生じることから、腐食状況に応じて電位変化が発生する。この電位変化を測定する（自然電位法³⁾）ため、コンクリート内部に照合電極を埋設し、鉄筋の腐食推定を行う。

照合電極の設置については、表面ひび割れ防止などを目的として配筋した鉄筋（最小鉄筋量 500mm²/m、被り 75mm）にスペーサーを用いて固定し、各工法につき水中部、喫水部、気中部の 3 箇所に照合電極を配置した（図-2、3、写真-3）。

表-2 コンクリートの配合

	設計基準強度	スラブ	空気量	水セメント比	粗骨材最大寸法	単位体積量	初期塩分量
	N/mm ²	cm	%	%	mm	kg/m ³	kg/m ³
RC-A	21	8.0	5.0	55	20-25	280	1.20

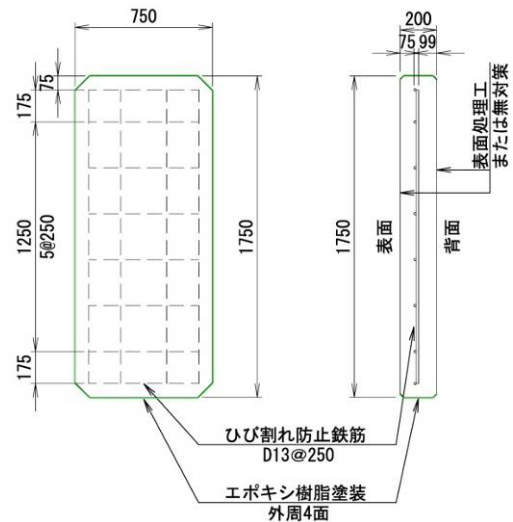


図-2 試験体形状

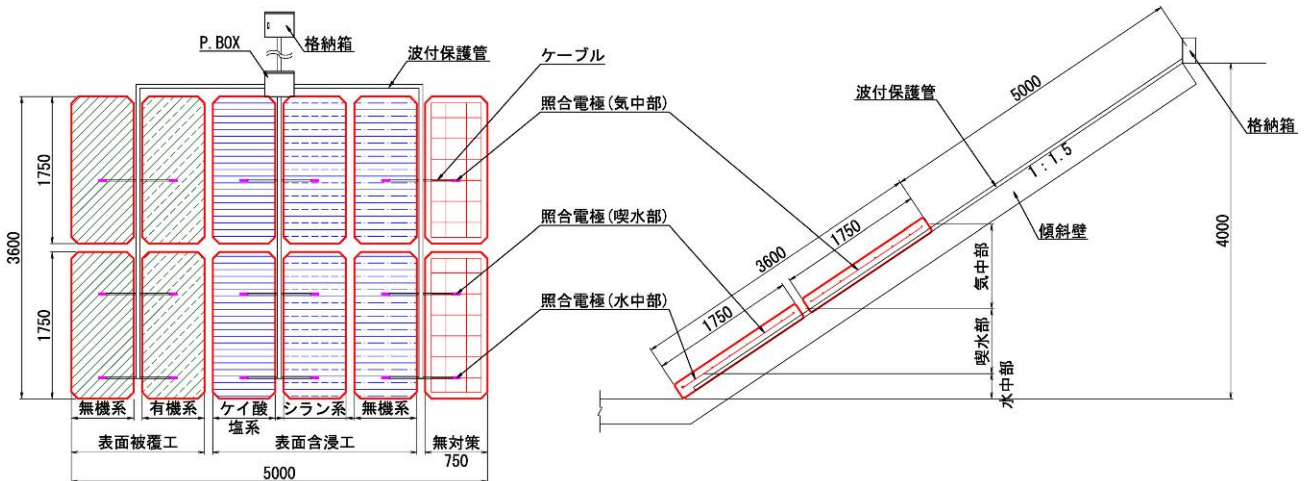


図-3 試験体及び照合電極の設置方法

5. モニタリング調査

モニタリング調査項目を表-3に示す。

自然電位の計測にあたっては、暴露試験前に初期値を計測する。また、計測値の評価については、コンクリート内部の水分量や塩化物イオン濃度などの腐食環境の差異による電位変化についても着目する。

モニタリング調査は、平成 25 年より年 1 回、3 年間実施する予定である。

6. 今後について

今後は、モニタリング調査の結果を取りまとめ、各工法の耐凍害性及び遮塩性を評価し、表面含浸工法の適用性を検証する予定である。

本試験結果が、凍害と塩害の複合劣化を受けている農業水利施設における予防保全対策の一助となることを期待している。

参考文献

- 1) (独)土木研究所 寒地土木研究所「凍害が疑われる構造物の調査・対策手引書(案)」(2011)
- 2) 「JIS A1154 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」(2012)
- 3) (社)日本コンクリート工学協会「コンクリートの診断技術'12」(2012)

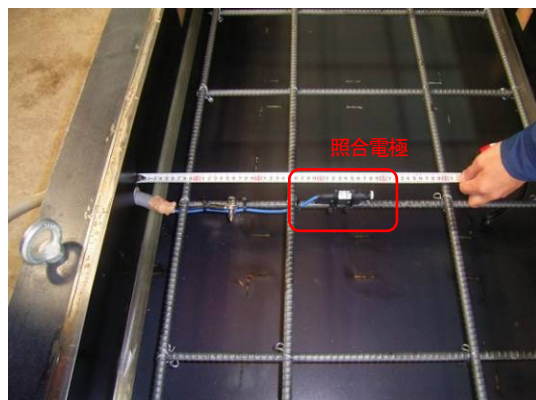


写真-3 試験体（照合電極の設置状況）

表-3 モニタリング項目の概要と目的

項目	概要	目的	備考
①コア採取	試験体から、コンクリート用コアドリルを用いて、φ100mmのコアを1工法につき3本（水中部、喫水部、気中部）採取する。	項目②～⑤の実施	
②外観目視	目視によりコア及び採取跡を観察し、含浸材の浸透状況、凍害深さを記録する。	施工状況の確認 耐凍害性の評価	
③凍害深さ測定 ¹⁾	採取コアを用いて超音波伝播速度測定により、凍害深さを計測する。	耐凍害性の評価	
④含水率測定	採取コアをスライスし、スライス片の自然状態の重量を測定する。スライスを粉碎後、絶乾後の重量を測定し、自然状態重量と絶乾重量差から含水率を算定する。各スライス片の含水率からコンクリート内部の水分分布を求め、蒸発や浸透による水分の出入りの有無や程度を把握する。	遮水性・通気性（耐凍害性）の評価	
⑤塩化物イオン濃度測定	含水率測定に供したコンクリート粉末を用いて、塩化物イオン濃度を定量する。各スライス片の塩化物イオン濃度からコンクリート内部の塩分分布を求め、塩分浸透の有無や程度を把握する。	遮塩性の評価	JIS A1154 ²⁾
⑥自然電位測定 ³⁾	試験体打設時に埋設した照合電極により、鉄筋が腐食するとき生じる電位を測定する。測定箇所は、1工法につき3箇所（水中部、喫水部、気中部）とし、同時に試験体の表面温度を計測し温度補正を行う。	遮塩性の評価	