

浸透性コンクリート保護材の塩害抑制効果確認 のための暴露試験の概要

柴田辰正・大田孝二・五島孝行

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート構造物（以下、RC構造物という。）の耐久性向上を目的に、従来の表面被覆工法等に比べて施工が容易で安価なシラン系浸透性コンクリート保護材（以下、浸透材という。）の開発が進んでいる。浸透材は、コンクリート面に塗布することで表層部に吸水防止層が形成され、鉄筋腐食の原因となる水分や塩化物イオン（飛来塩分や凍結防止剤）の浸透を抑制し、RC構造物の耐久性を向上させる材料である。

本試験は、今後、建設される新規の高速道路や、すでに供用されている既存高架橋の壁高欄等において、冬期に散布される凍結防止剤による塩害抑制を目的として、壁高欄に浸透材を塗布した場合の塩害抑制効果等を確認するものである。試験は、高速道路の壁高欄を想定して作製したコンクリート試験体に浸透材を塗布し、実際の状況を模擬した凍結防止剤散布の環境で暴露試験を行い、経年変化による塩化物イオン浸透濃度を測定する。暴露試験期間は、3年間を予定している。

なお、本試験の対象とする浸透材は、2012～2013年度に（一財）土木研究センターで実施した「撥水性を有する浸透性コンクリート保護材性能試験」¹⁾（以下、性能試験という。）に適合していると証明を受けた材料である。

本試験の塗布方向は、実際の壁高欄等への施工時と同じ横向き塗布とし、塗布時には浸透深さ（初期値）を測定して、性能試験時の下向き塗布の場合と比べ、浸透深さにどの程度の違いが出るかについても確認する。

2. 撥水性を有する浸透性コンクリート保護材の性能基準

2011年1月に、土木研究所資料第4186号「コンクリート表面保護工の施工環境と耐久性に関する研究－浸透性コンクリート保護材の性能持続性の

検証と性能評価方法の提案－」²⁾がまとめられた。

そこで、（一財）土木研究センターでは、2012年度より土木研究所資料第4186号に規定された「浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）」（以下、性能基準（案）という。）に基づく性能試験を実施し、性能証明書を発行している^{1),3)}。

性能基準（案）では、『『撥水性を有する浸透性コンクリート保護材』の性能は、100×100×100mmコンクリート試験体の2面に浸透材を塗布した場合の水中浸漬日数28日の質量変化率で判断する。性能判定を行う試験体すべての質量変化率が0.30%以下の場合、基準に適合していると判断する。』^{1),3)}としている。2013年度までに、9社10製品が性能基準（案）に適合の証明を受けている。

3. 模擬試験体（コンクリート試験体）

本試験に使用するコンクリート試験体は、図-1に示す模擬試験体で、その大きさは、高速道路の壁高欄を想定して、高さ800mm×長さ1000mm×厚さ150mmとした。

模擬試験体の両端面および上面、下面には、樹脂によるコーティングを施し、これらの方向からは水分や塩化物イオン等が侵入しないようにした。浸透材は残りの2つの側面に塗布した。

コンクリート試験体作製に使用したコンクリートの使用材料および配合を表-1および表-2に示す。コンクリートの配合は、一般的に壁高欄に使用さ

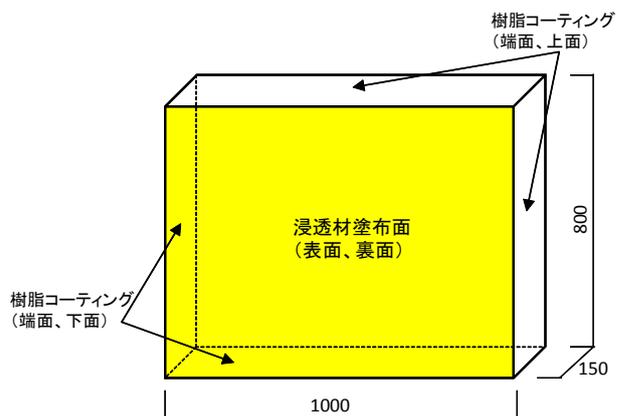


図-1 試験体の形状

表-1 使用材料

種類	記号	製造または産地	物性
セメント	C	太平洋セメント	普通ポルトランドセメント、密度：3.16g/cm ³
砕砂	S1	栃木県佐野市	表乾密度：2.66g/cm ³ 、粗粒率：3.30
山砂	S2	千葉県市原市	表乾密度：2.60g/cm ³ 、粗粒率：2.10
砕石	G	栃木県佐野市	2005、表乾密度：2.70g/cm ³ 、実積率：60.0%
混和剤	Ad	BASFジャパン	AE減水剤（標準形）I種

表-2 コンクリートの配合

呼び強度	スランブ (cm)	粗骨材最大寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					Ad
					C	W	S1	S2	G	
30	8	20	52.3	39.7	316	165	288	430	1124	C×1.0%

表-3 試験項目と採取コアの数量

測定項目	初期値 (2014年6月)	1冬経過後 (2015年春)	2冬経過後 (2016年春)	3冬経過後 (2017年春)	計
(1)浸透材浸透深さ	3本	3本*1	3本*1	3本*1	12本
(2)中性化深さ	—				
(3)塩化物イオン浸透濃度 (EPMA)	—	1本	1本	1本	3本
合計	3本	4本	4本	4本	15本

*1 各コアを割裂し、片方で浸透材浸透深さ、もう片方で中性化深さを測定する。

れているコンクリートの配合と同等のものとした。試験体は無筋コンクリートとした。コンクリートの配合条件は、普通ポルトランドセメント使用、スランブ8cm、呼び強度30 N/mm²、粗骨材最大寸法20mmとした。

4. 測定項目および測定頻度

4.1 測定項目

暴露試験実施後の測定項目は、(1)浸透材浸透深さ、(2)中性化深さ、および(3)塩化物イオン浸透濃度の3項目である。表-3に測定項目と数量とともに、今後のスケジュールを併せて示す。測定用供試体は、所定の暴露期間経過後、コンクリート試験体からコンクリートコア（φ75mm×長さ75mm）を採取するものとする。各測定項目の測定方法の概要を以下に示す。

(1)浸透材浸透深さ

採取したコンクリートコアを割裂する。分割したコアの片方の割裂面に墨汁を塗布し、浸透材が浸透した部分は着色されず、浸透していない部分は着色されることにより浸透深さを求める。浸透深さの測定はノギスを用い、測定方法は、JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」の中性化深さの測定に準じて実施する。

(2)中性化深さ

(1)の浸透深さ測定用のコンクリートコアの残りの片方を使用して実施する。JIS A 1152「コン

クリートの中性化深さの測定方法」に従い、割裂面にJIS K 8001「試薬試験方法通則」JA.4（指示薬）に規定されるフェノールフタレイン溶液を噴霧し、中性化した範囲（無色の範囲）をノギスで測定する。
(3)塩化物イオン

浸透濃度

採取したコンクリートコア（φ75mm）を用いて、電子線マイクロアナライザ（EPMA）にて塩化物イオン（Cl⁻）の浸透深さおよび濃度を測定する。図-2に示すようにコアの

中心付近を表面側から、深さ方向に40mm（縦方向も40mm）の大きさの板を切り出し、試験に供する。

4.2 測定頻度

冬期間（12月～3月）は、凍結防止剤を、都市内での散布頻度に近い回数（1回/週、合計12回の予定）、模擬試験体に散布する予定である。1冬経過毎に、試験体からコンクリートコアを採取し、(1)浸透材浸透深さ、(2)中性化深さ、(3)塩化物イオン浸透濃度を測定する。暴露試験期間は、3年間を予定しており、1冬経過毎に測定を行い、計3回の測定を行う予定である。なお、浸透材浸透深さのみ、塗布直後の深さ測定（初期値）と

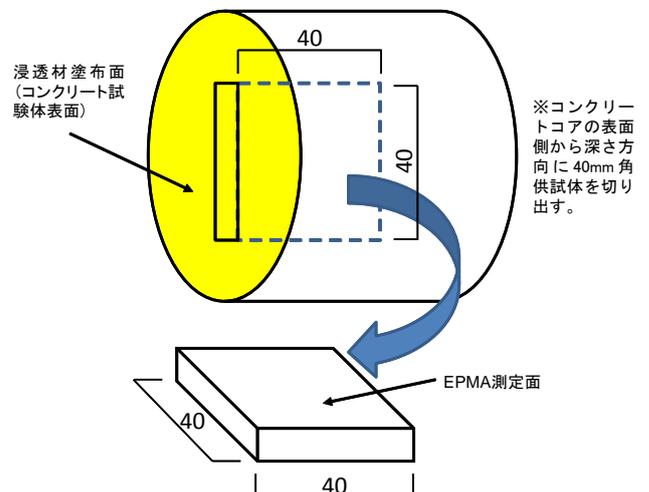


図-2 EPMA供試体のサンプリング

土研センター

表-4 コンクリートの物性

試験項目	フレッシュ時			圧縮強度 (N/mm ²)	
	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	材齢7日	材齢28日
測定値	9.5	4.5	22.0	31.9	39.9

表-5 浸透材の概要

No.	分類	タイプ	系統	塗布量 (g/m ²)
1	シラン系	ジェル	溶剤	200
2	シラン系	ジェル	溶剤	200
3	シラン系	液体	無溶剤	220
4	シラン系	ジェル	溶剤	250
5	シラン・シロキサン系	ジェル	水	200
6	シラン・シロキサン系	ジェル	無溶剤	200
7	シラン・シロキサン系	液体	水	250
8	シラン・シロキサン系	液体	溶剤	300



写真-1 試験体設置状況



写真-2 浸透材塗布状況

して、浸透材塗布後 2 週間で測定を行った。

5. 模擬試験体の設置および浸透材の塗布

5.1 模擬試験体の設置

模擬試験体製作時のフレッシュコンクリートの性状および圧縮強度試験結果を表-4に示す。暴露試験場所への設置は、材齢7日の圧縮強度が呼び強度以上であることを確認した後、実施した。

模擬試験体の設置場所（暴露場所）は、東京湾に面した場所である。

試験体は、写真-1 に示すように敷地内のフェンス沿いに無塗布 1 体を含めた 9 体を 1 列に並べて設置した。なお、模擬試験体は、暴露期間中に転倒することのないように転倒防止措置を施した。

5.2 浸透材の塗布

浸透材の塗布は、暴露試験場所へ設置してから 3 日後に実施した。コンクリート試験体に塗布した浸透材の概要を表-5に示す。塗布した浸透材は 8 種類で、シラン系が 4 種類、シラン・シロキサン系が 4 種類である。また、1m²当たりの塗布量は 200～300g であり、性能試験時の塗布量と同じである。タイプとしては、液体タイプのもものが 3 種類、ジェル状のもものが 5 種類となっている。

浸透材の塗布時および塗布直後に降雨があると浸透材の本来の性能が発揮できないため、確実に晴天となる日に実施した。また、コンクリート表面の含水率は、浸透材の性能に影響を及ぼすため、コンクリート表面水分計を用いて、表面含水率が 6.0% 以下であることを確認してから、塗布作業を実施した。

浸透材の塗布状況を写真-2に示す。

6. 浸透深さ（初期値）測定結果

図-3 は、縦軸に今回測定した横向き塗布の浸透材浸透深さ（初期値）を取り、横軸に性能試験時の下向き塗布の場合の浸透深さを取り、両者の関係を示した図である。図中の破線は、「横向き＝下向き」の場合のプロット位置を示す。また、

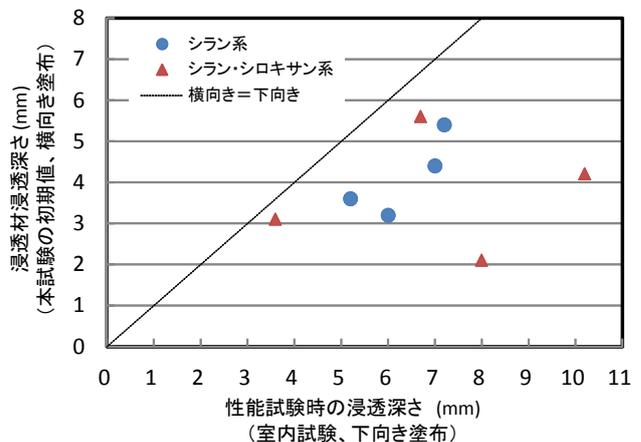


図-3 浸透材の浸透深さの下向き塗布（性能試験時）との比較

写真-3 は、浸透材浸透深さ測定状況の一例を示したものである。

8種類の浸透材のうち、浸透材浸透深さ（横向き塗布）は、最大のものが5.6mm、最小のものが2.1mmであった。また、全ての浸透材で、性能試験結果（下向き塗布）に比べて、浸透深さが小さくなった。その差は、最大のもので6.0mm、最小のもので0.5mmであった。また、最も低下したものの割合は、下向き塗布に比べて26.3%となった。

既往の研究⁴⁾では、シラン系浸透材は下向き塗布に比べて横向き、上向きは浸透深さが小さくなり、シラン・シロキサン系浸透材では、塗布方向にかかわらず同等であると報告されている。しかし、本試験結果では、そのような傾向は確認されず、シラン系、シラン・シロキサン系ともに低下量の大きいものも小さいものも確認された。

7. 今後の予定

本暴露試験は、2014年5月より開始し、現在までに、初期値の測定のみが終了した。表-3に示したように今後3年間にわたり、凍結防止剤散布状況を模擬した環境で、浸透材塗布コンクリートの暴露試験を行い、経年劣化の測定を行っていく予定である。

なお、塩害抑制効果等の経年変化については、今後も報告する予定である。

謝 辞

本暴露試験を実施するに当たり、模擬試験体の設置場所の提供、諸条件の設定等に関して首都高速道路(株)、および性能試験適合材料メーカー各社のご協力を得ました。ここに付記して謝意を表します。



写真-3 浸透材浸透深さ測定の一例

左：浸透材が浸透した部分は非着色、浸透していない部分は墨汁により黒色に着色
右：割裂したコアの残り（墨汁を塗布していない）

参考文献

- 1) 土木研究センターホームページ
(<http://www.pwrc.or.jp/concrete.html>)
- 2) 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ（新材料）：コンクリート表面保護工の施工環境と耐久性に関する研究－浸透性コンクリート保護材の性能持続性の検証と性能評価方法の提案－、土木研究所資料第4186号、2011.1
- 3) 柴田辰正、五島孝行、大田孝二：撥水性を有する浸透性コンクリート保護材性能試験、土木技術資料、第54巻、第9号、pp.60～63、2012
- 4) 林大介、坂田昇、三村敏幸、神沢弘：シラン・シロキサン系撥水材の塗布方法に関する一実験、コンクリート工学年次論文集、Vol.23、No.1、pp.415～420、2001

柴田辰正



(一財)土木研究センター企画・審査部コンクリート研究室 次長
Tatsumasa SHIBATA

大田孝二



(一財)土木研究センター企画・審査部長兼コンクリート研究室長、工博
Dr. Koji OHTA

五島孝行



(一財)土木研究センター企画・審査部コンクリート研究室 次長
Takayuki GOTO