

亜硝酸カルシウムを配合した曝露供試体の追跡調査による腐食抑制効果検証

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 正会員 ○小森 徹
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 野村 直子
中日本高速道路株式会社 正会員 柴崎 晃
中日本高速道路株式会社 正会員 稲葉 尚文

1. 目的

飛来塩分を受ける橋梁（石川県，北陸自動車道，プレテンション方式 PC 単純床版橋）において 1997 年に施工された上部工架替工事では，桁材に使用する W/C を 35%まで落とし，緻密なコンクリートを打設した．また，防錆剤として亜硝酸カルシウムを混入し，さらなる塩害対策を実施した．

当時は，亜硝酸カルシウム入りコンクリートでの塩化物イオン拡散の抑制効果は不明なことが多く，その効果検証のため，同年に，実橋と同様な条件で曝露供試体が作製された．

曝露供試体は，飛来塩分による塩化物イオンの浸透と防錆効果を検証するため，実橋と同様の材料にて内部に鉄筋を配置したコンクリート体に対して，表面被覆を施したもの・施さないものを比較できるよう，防錆剤と表面被覆の有無で 4 パターンを作製した．1997 年 11 月に，海岸沿いの橋梁下ヤードにて曝露を開始し，経過年ごとに供試体からコアを採取することで，追跡調査を実施した．

本研究では，合計 3 回の追跡調査において，塩化物

イオンの浸透量と，供試体内に配置した鉄筋(D10)と PC 鋼より線(1S15.2)の腐食状況を確認することで，初期配合した亜硝酸カルシウムと，緻密なコンクリート打設による腐食抑制効果を検証した．

2. 調査概要

2.1 曝露供試体の仕様

曝露供試体の仕様を表 1 に示す．防錆剤の配合量は，実橋梁の試験施工にて打設の施工性を確保できる最大量として亜硝酸イオン量 4.7kg/m³を配合した．

曝露供試体形状を図 1 に示す．深さ 50mm に鉄筋と PC 鋼より線を配置した．

2.2 追跡調査

追跡調査は3回実施した．調査年月を表 2 に示す．曝露供試体から，塩分量測定用のコアをφ55mmで採取し，図 2 に示す I～VI の深さに対して，全塩化物イオン濃度を電位差滴定法(JIS A 1154)で分析した．また鋼材を採取し，腐食度を目視確認した．

表 1 曝露供試体の仕様

配合区分	Gmax mm	Slump cm	Air %	W/C %	s/a %	単位量 (kg/m ³)							表面被覆
						W	C	s	G1	G2	Ad1	Ad2	
N(-)	20	12	4.5	35.0	43.0	155	443	748	599	400	3.54	—	なし
P(-)	20	12	4.5	35.0	43.0	155	443	748	599	400	3.54	13.0	なし
N(c)	20	12	4.5	35.0	43.0	155	443	748	599	400	3.54	—	あり
P(c)	20	12	4.5	35.0	43.0	155	443	748	599	400	3.54	13.0	あり

G1:20～15mm G2:15～5mm Ad1:高性能 AE 減水レベトル SP8N Ad2:防錆材キャー
【使用材料】セメント：秩父小野田早強セメント 粗骨材・細骨材：谷花産砕石



写真 1 供試体曝露状況（赤枠内）

表 2 調査年月

年月	経過月	調査
1997. 11 月	—	曝露開始
2003. 12 月	73 ヶ月	第 1 回追跡調査
2008. 12 月	133 ヶ月	第 2 回追跡調査
2022. 8 月	297 ヶ月	第 3 回追跡調査

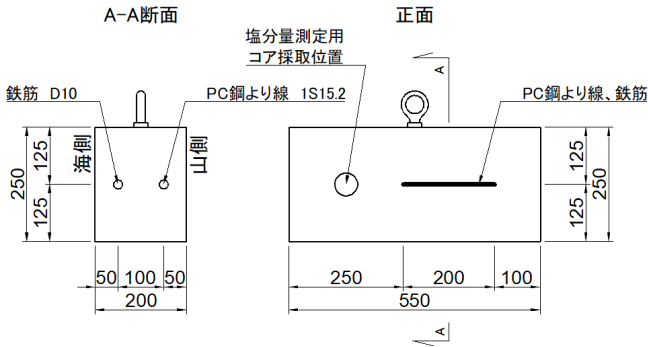


図 1 曝露供試体形状

キーワード 塩害，亜硝酸カルシウム，供試体，鋼材腐食度，飛来塩分，追跡調査

連絡先 〒920-0025 金沢市駅西本町 3-7-1
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 TEL076-264-7878

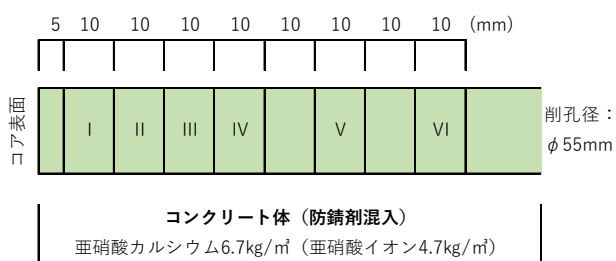


図2 塩化物イオン濃度の測定位置

3. 結果

3. 1 塩化物イオン量分析

(1) 供試体パターンごとの浸透比較

第3回追跡調査で得られた塩化物イオン濃度を図3に示す。図より下記の傾向が確認された。

- 1) 表面被覆のある供試体は、塩化物イオンの浸透がわずかであった。被覆の抑止効果と考えられる。
- 2) 表面被覆のない供試体は、飛来塩分の影響を受け、深さ10mmでは顕著に塩化物イオンの浸透が確認されたが、20mm位置では腐食発生限界値を下回り、かつ防錆雰囲気形成となるモル比0.8を満足する値となった。また鉄筋位置である50mmでは塩化物イオン濃度は微量であった。W/Cは35%と緻密なため、塩化物イオンの浸透が抑制されたと考えられる。

(2) 被覆なし供試体 経年比較

被覆なし供試体について、3回行った追跡調査結果の比較を図4に示す。また最小二乗法により算出した見かけの拡散係数(Dc)を図5に示す。結果は以下の通りである。

- 1) 飛来塩分の影響を受けることで、表面から10～20mmにおける塩化物イオン濃度は、時間経過とともに増加した。
- 2) 見かけの拡散係数は、経年減少傾向にあった。
- 3) コンクリート標準示方書¹⁾によるDcの計算値である $0.56 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{sec}$ より小さい値となった。

3. 2 鋼材の腐食度確認

第3回追跡調査(297ヶ月経過)において取り出した鋼材を写真2に示す。防錆剤の有無にかかわらず鉄筋には腐食が見られなかったが、PC鋼より線には、軽微な腐食が確認された。第1回追跡調査(73ヶ月経過)の時点でも同様の状態であったことから、腐食は進展していない。

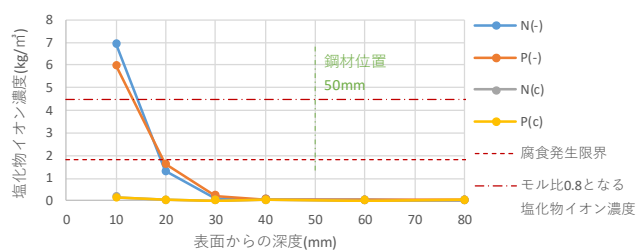


図3 供試体パターンごと塩化物イオン濃度

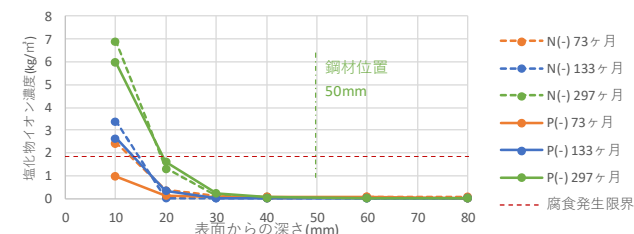


図4 塩化物イオン濃度の経年変化

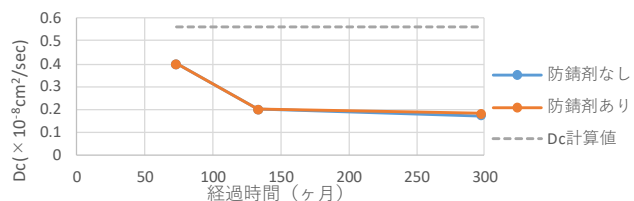


図5 見かけの拡散係数の経時変化



写真2 鋼材腐食状況(左:鉄筋 右:PC鋼より線)

4. まとめ

本研究によって、以下の知見が得られた。

- 1) 表面被覆を施さなかった供試体には、飛来塩分の影響を受け、供試体内部に塩化物イオンが拡散していたが、W/Cが35%と緻密なため、深部への浸透はわずかだった。
- 2) 塩化物イオンの拡散に対して、初期含有した亜硝酸カルシウム(亜硝酸イオン量で 4.7 kg/m^3)が供試体全体にあることで、鋼材位置のモル比(亜硝酸イオン/塩化物イオン)は0.8を上回り、防錆雰囲気を形成していた。
- 3) 供試体から鋼材を取り出した結果、297ヶ月経過時点で塩化物イオンによる腐食は進展せず、健全な状態であった。

参考文献

- 1) 土木学会：2018年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】，2018