

近赤外分光法を用いた PC グラウトの塩化物イオン濃度推定に関する基礎的研究

(株) フジタ建設コンサルタント 正会員 ○山本 晃臣
 徳島大学大学院社会産業理工学研究部 正会員 上田 隆雄
 中日本高速技術マーケティング (株) 正会員 野島 昭二
 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正会員 渡邊 晋也
 オリエンタル白石 (株) 正会員 渡瀬 博

1. 目的

既設ポストテンション PC 橋では、建設当時の PC グラウト材料・施工技術の未熟さなどによりグラウトの充填不良が確認されている。このような場合の補修対策として、充填不良部への PC グラウト再注入が行われているが、凍結防止剤や飛来塩分の影響を受けた PC 橋では、既設グラウト部に高濃度の塩化物イオン（以降、 Cl^- と記述する）が含有されていることもあり、PC グラウト再注入による PC 鋼材のマクロセル腐食が懸念されている¹⁾。このため、再注入用の PC グラウト材料を適切に選定する必要があり、既設グラウト部の Cl^- 濃度を効率的・効果的に把握することが可能な測定方法が求められている。

本実験は、1980 年頃の PC グラウトを模した供試体を作製し、著者らの既往研究²⁾である近赤外分光法を用いて、PC グラウトの Cl^- 濃度推定について実験的検討を行うとともに、本手法の実構造物への適用可能性について検討したものである。

2. 実験概要

2.1 供試体の作製

本実験で用いた PC グラウトの基本配合を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、混和剤にポゾリス No. 8、膨張材にアルミ粉末を用いることで 1980 年頃に使用されていた配合（水セメント比 48%）を再現した。

作製した供試体の一覧表を表-2に示す。供試体番号にはアルミ粉末 (A1)、ブリーディング (B) を区別する記号を付し、アルミ粉末の混入およびブリーディングの発生を行わない供試体番号には、各記号の最初に N を付した。供試体寸法は $\phi 150 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体とし、打設から 24 時間で脱型後、ブリーディングの発生がある供試体の打設面から

100mm で切断を行い、残り 100mm をブリーディングの発生がない供試体とした。

切断後の供試体は、塩水浸透面を除いてエポキシ樹脂を塗布し、10%の NaCl 溶液に 28 日間（真空脱泡 2 日、大気圧で 26 日）の塩水浸漬を行った。

表-1 PC グラウトの基本配合

W/C (%)	単位セメント量 C (kg/m^3)	混和剤 ポゾリス No. 8 (C×%)	膨張材 アルミ粉末 (C×%)
48	1256	0.25	0.007

表-2 供試体一覧

供試体番号	アルミ粉末の混入	ブリーディングの発生
A1/NB	あり	なし
A1/B	あり	あり
NA1/NB	なし	なし
NA1/B	なし	あり

2.2 近赤外分光法による測定

供試体作製前の粉末試料については、材料毎の吸光度スペクトルの特徴を把握するため、金属製の専用セルを用いて $\phi 10\text{mm}$ のプローブにより吸光度測定を実施した。

塩水浸漬後の供試体は、 $\phi 10\text{mm}$ のプローブを用いて塩水浸漬面に対して 5 点の吸光度測定を行い、各要因が吸光度スペクトルに与える影響を確認した。

さらに、近赤外分光法による全 Cl^- 濃度推定のため、 $\phi 25\text{mm}$ のハンマードリルにより塩水浸漬面に対して 3 箇所穿孔を行い、穿孔深さ 50mm まで 5mm 間隔に $\phi 6\text{mm}$ のプローブを用いて、穿孔先端面の吸光度測定を実施した。また、 $\phi 35\text{mm}$ 深さ 50mm でコア採取を行い、塩水浸透面から 10mm 間隔のスライスで深さ方向の全 Cl^- 濃度を JIS A 1154 に準拠した電位差滴定法（以降、JIS 法と記述する）により求め、近赤外分光法による全 Cl^- 濃度推定の精度確認を行った。

キーワード 近赤外分光法, PC グラウト, 塩化物イオン

連絡先 〒771-0204 徳島県板野郡北島町鯛浜字原 87-1 (株) フジタ建設コンサルタント TEL 088-698-2155

3. 実験結果

3.1 材料単体の測定結果

吸光度スペクトルの測定結果を図-1に示す。下図には、既往研究で全 Cl^- 濃度推定に寄与すると考えられているフリーデル氏塩、モノサルフェート、エトリンガイトの吸光度スペクトルを併せて示している。この結果から、アルミ粉末の吸光度ピークは見られないが、混和剤は 1,400nm および 2,250nm 付近に吸光度のピーク波長が確認された。なお、1,950nm 付近にも混和剤の吸光度ピークが確認されているが、全 Cl^- 濃度の推定には寄与しない波長域である。

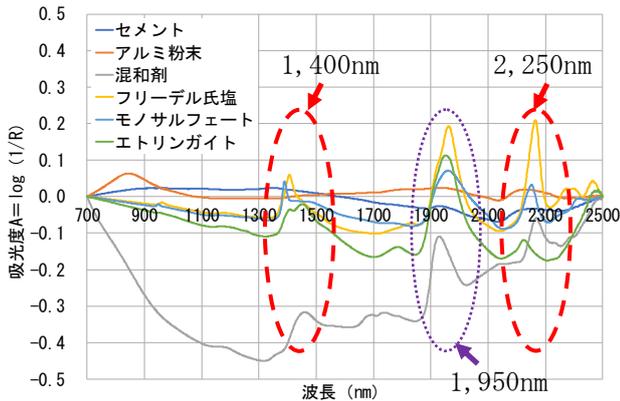


図-1 材料単体の吸光度スペクトル

3.2 供試体の測定結果

塩水浸漬後の供試体を測定した結果を図-2に示す。それぞれの吸光度スペクトルは、5点の測定値を平均して示している。この結果からは、1,400nm 付近に混和剤の影響と考えられる特異な吸光度スペクトルが見られ、2,250nm 付近ではブリーディングの影響と考えられる吸光度ピークの減少が確認された。

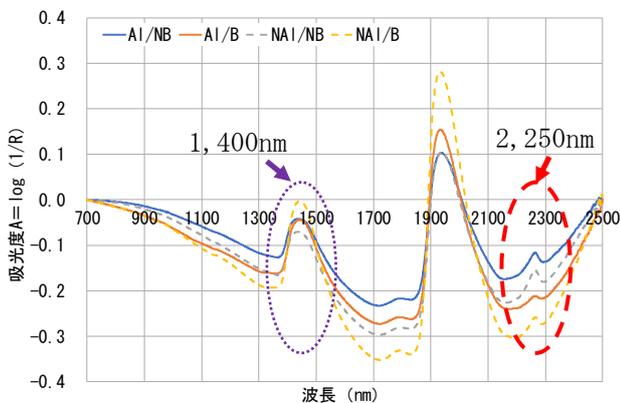


図-2 塩水浸漬供試体表面の吸光度スペクトル

3.3 全 Cl^- 濃度の推定

既往研究と同様の方法を用いて、穿孔先端面の吸光度データを説明変数とし、JIS法による全 Cl^- 濃度を目的変数とする重回帰分析を実施した。分析結果

を表-3に示す。下表では、従来方法の寄与率が低い結果となったため、混和剤の吸収ピーク 2,269nm を加えた 7 波長により、寄与率が向上することを確認した。これにより、ブリーディングの発生がない供試体については、JIS法と同様の傾向を示す良好な結果が得られた。

表-3 重回帰分析結果

説明変数*	アルミ粉末の混入	ブリーディングの発生	寄与率
6	あり・なし	なし	0.672
7	あり・なし	なし	0.995

*説明変数

6(従来方法) : 1412nm, 1430nm, 2230nm, 2252nm, 2266nm, 2300nm

7(混和剤追加) : 1412nm, 1430nm, 2230nm, 2252nm, 2266nm, 2269nm, 2300nm

4. 実構造物への適用

北陸地方の既設 PC 橋を対象として、本手法の適用可能性を検討した。図-3に測定状況を示す。吸光度測定は、 $\phi 15.5\text{mm}$ の調査孔に対して $\phi 6\text{mm}$ のプローブにより、既設グラウト表面の任意 5 点/孔の吸光度測定を実施した。表-4には、JIS法と同一箇所を実施した全 Cl^- 濃度の推定結果を示す。この結果からは、近赤外分光法の推定結果が最大で $+1.22\text{kg/m}^3$ の差となっているが、最小は -0.05kg/m^3 、平均値では $+0.42\text{kg/m}^3$ の差であり、比較的良好な結果が得られたことから、本手法が既設グラウト部の全 Cl^- 濃度の把握に活用できる可能性が示された。

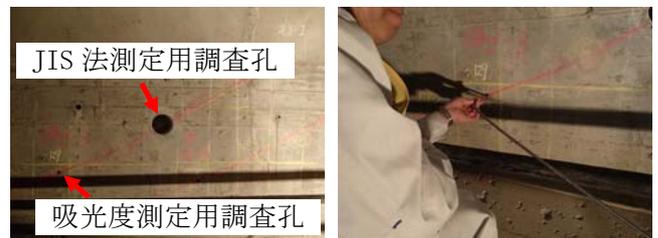


図-3 測定状況

表-4 全 Cl^- 濃度推定結果

		単位 : kg/m^3				
JIS法		0.81				
近赤外分光法 (平均値)	2.03	1.67	0.76	0.95	0.72	
	(1.23)					

参考文献

- 宮永憲一, 青木圭一, 横山貴士, 渡邊晋也 : PC グラウト再注入による鋼材腐食の影響検討, プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol. 23, pp. 451-456, 2014
- 山本晃臣, 上田隆雄, 郡政人, 七澤章 : 近赤外分光法による実構造物の塩害劣化診断方法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 34, No. 1, pp. 1744-1749, 2012