

塩化物イオン溶出液への塩分センサの適用に関する検討

○株式会社ケミカル工事 正会員 福井 拓也, 株式会社ケミカル工事 正会員 神田 利之
株式会社ケミカル工事 非会員 西村 俊弥, 株式会社ケミカル工事 正会員 若杉 三紀夫

1. はじめに

硬化コンクリート中の塩分量の試験方法として JIS A 1154 (以下, JIS 法) が規格化されているが, 所定の試料調整および測定装置を必要とするため現場での適用に向かない. 近年では, 簡易な現場測定方法として, 近赤外分光を用いる方法¹⁾やポータブル電量滴定式塩分計²⁾を用いる方法 (以下, 電量滴定法) が検討されている. また, 櫻庭ら³⁾により塩分センサを用いた塩分の簡易測定方法等が提案されている. この方法では, 塩分センサと基準電極をコンクリート面に接触させ, その電位差からコンクリート中の可溶性塩化物イオン量を測定する. 本研究ではこのセンサを用いて, 塩分濃度既知のコンクリート試験体から調整した微粉末を熱水処理により可溶性塩化物イオン (以下, Cl⁻) 量を, 炭酸塩と熱水処理により全 Cl⁻量を測定し, JIS 法, 電量滴定法による測定結果と比較してその適用性を検討した.

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合および試料調整

コンクリート試験体の配合を表-1に示す. 普通ポルトランドセメントを用い, W/C=60, 70%とし, 各配合において, 混入した Cl⁻は 0, 2.5, 5, 10, 20kg/m³の 5水準とした.

試験体の養生条件は封緘養生で 28 日以上とし, 脱型後 0.15mm 以下に粉砕した.

2.2 測定方法

2.2.1 JIS 法

JIS 法では, JIS A 1154 に従って, 全 Cl⁻量および可溶性 Cl⁻量の測定を行った.

2.2.2 電量滴定法

電量滴定法では, 文献³⁾の全塩分迅速法を用いて全 Cl⁻量の測定を行った. また, 全 Cl⁻量は文献³⁾の関係式をもとに換算した.

$$C = \frac{W_w \times S}{W_s \times 100} \times 2,300 \quad (1)$$

ここに, S: 溶液中の Cl⁻濃度(%), W_w: 加えた加熱蒸留水(g), W_s: 試料秤量値(g), C: 全 Cl⁻量 (kg/m³), (コンクリートの単位体積重量: 2,300kg/m³)

2.2.3 センサ法

センサ法では, 文献³⁾の全塩分迅速法を用いて全 Cl⁻量の測定, 文献³⁾の可溶性塩分迅速法を用いて可溶性 Cl⁻量の測定を行った.

飽和 Ca(OH)₂溶液に各塩分濃度を追加した溶液を作成し, 塩分センサと飽和 KCl 溶液の Ag/AgCl 参照電極を用いて電位を求めると, 図-1 のようなキャリブレーションカーブが得られる³⁾. この相関より式-(2)が得られ, 式-(1), 式-(2)を用いて, 全 Cl⁻量および可溶性 Cl⁻量を換算した.

$$S = 10^{((-17.732E)+0.657)} \quad (2)$$

ここに, S: 溶液中の Cl⁻濃度(%), E: 電極間の測定電位(V)

3. 実験結果

コンクリート試験体に混入した Cl⁻量=0, 2.5, 5,

表-1 Cl⁻混入コンクリート試験体の配合

種類	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m ³)				混入した Cl ⁻ (kg/m ³)
			W	C	S	G	
N60	60	46.4	162	270	866	1016	0, 2.5, 5, 10, 20
N70	70	46.4	162	231	882	1034	0, 2.5, 5, 10, 20

キーワード 塩分センサ, 全塩化物イオン, 可溶性塩化物イオン, 劣化調査

連絡先 〒658-0024 兵庫県神戸市東灘区魚崎 浜町 5-5 (株)ケミカル工事本社 TEL : 078-411-9111

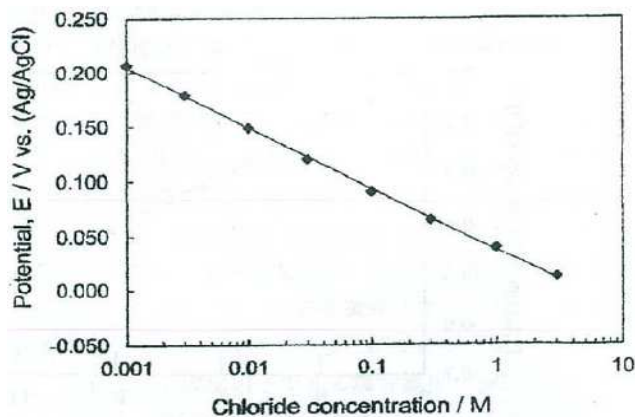


図-1 塩分センサのキャリブレーションカーブ

10, 20kg/m³における JIS 法, 電量滴定法およびセンサ法の測定結果を図-2 および図-3 に示す. センサ法の測定値は, JIS 法, 電量滴定法の測定値とほぼ同等な値が得られた. ただし, 計画塩分混入量が増加するにつれて徐々にばらつきが大きくなる傾向が見られた. 一般的に, 腐食発生限界の Cl⁻量は 1.2~2.0kg/m³と言われており, 5kg/m³以下の試験結果では, ばらつきが小さく劣化診断をする上で信頼性は高いと言える.

全 Cl⁻量に含まれる可溶性 Cl⁻量の割合を図-4 に示す. 全 Cl⁻量に含まれる可溶性 Cl⁻量の割合は約 50%~90%の範囲で推移しており, 全 Cl⁻量が多くなるほど可溶性 Cl⁻量の割合は増加した. これは, Cl⁻量の増加に伴い, セメント中にフリーデル氏塩等で固定化できる Cl⁻量が上限に達した結果, 可溶性 Cl⁻量の占める割合が増加したものと推測される.

4. まとめ

- (1) センサ法による Cl⁻量の測定値は JIS 法および電量滴定法によるものとほぼ同等であった.
- (2) 全 Cl⁻量が増加するにつれて, 可溶性 Cl⁻量の割合は 50~90%の範囲で増加した.

参考文献

- 1) 山本晃臣他：近赤外分光法による実構造物の塩害劣化診断法, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1744-1749, 2012
- 2) 後藤年芳他：硬化コンクリート中の塩化物イオン含有量の現場迅速測定法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.2095-2100, 2009
- 3) 後藤年芳他：硬化コンクリート中の全塩化物イ

オン濃度迅速測定法の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.785-790, 2010

- 4) 櫻庭浩樹他：塩分センサを活用したはつり面の塩分量測定方法の提案, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 18 巻, pp.615-620, 2018.10
- 5) 西村俊弥：コンクリート内部センサー, 耐火物, 70 [9], pp.395-398, 2018

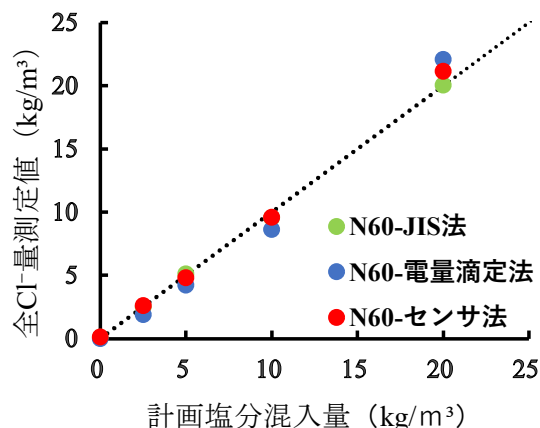


図-2 全 Cl⁻量の測定結果 (W/C=60)

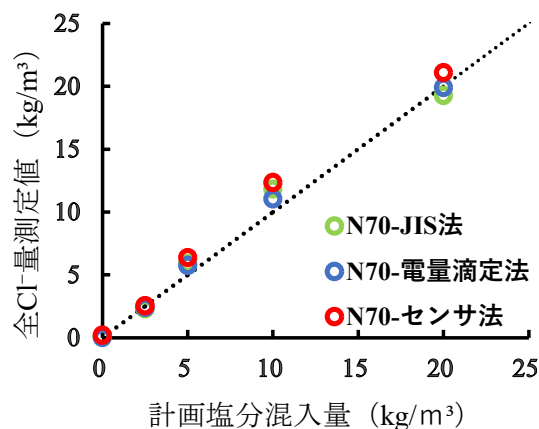


図-3 全 Cl⁻量の測定結果 (W/C=70)

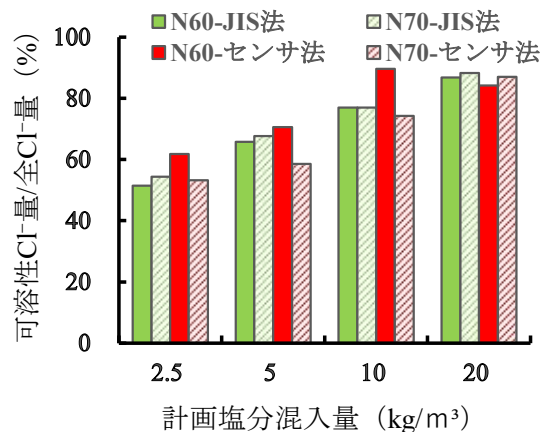


図-4 全 Cl⁻量に含まれる可溶性 Cl⁻量の割合