

西日本旅客鉄道（株）正会員	○吉田 隆浩
西日本旅客鉄道（株）正会員	垣尾 徹
（株）レールテック 正会員	大江 崇元
（株）中研コンサルタント 正会員	後藤 年芳

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害調査について、短期間で精度良くコンクリート中の塩化物イオン濃度を測定することを目的として、可搬式電量滴定式塩分計による迅速測定法（以下、本方法）が開発されている。本方法を海岸構造物に適用した結果、JISA1154 による全塩化物イオン濃度と同等の測定結果が得られていることが報告されている¹⁾。しかしながら、現状では、内在塩分を含む硬化コンクリートへの適用性の検証は実施されていない。

そこで、海砂に起因した内在塩分を含むコンクリート構造物の劣化調査への適用を目的として、これらのコンクリート構造物からコンクリート粉末試料を採取し、JCI-SC5「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法」（以下、JCI 法）と本方法による測定結果を比較することで本方法の有用性を検証した。

2. 測定方法概要

本方法に用いる機器は、写真－1に示す可搬式電量滴定方式デジタル塩分測定器である。測定手順としては、最初にコンクリート構造物からドリル削孔により粉末試料を採取する。その後、室内等に持ち帰り、乳鉢による粉碎及び混ぜ合わせを行った後、ポリプロピレン製広口ビン（pp 広口ビン）に試料を計り取り、炭酸水素ナトリウムを 2g 添加する。ここで、既往の研究¹⁾では、採取したドリル粉を粉碎せずにそのまま試料として用いているが、ばらつきを小さくするために乳鉢による粉碎及び混ぜ合わせ工程を追加している。次に、pp 広口ビンに 80℃以上の蒸留水を加えて密封し、1 分毎に 5 回程度振ることで懸濁状態にして 10 分間繰り返す。その上澄み液をピペットで採取し、塩化物イオン濃度を本機器で計測する。本方法は塩化物イオンの溶出過程で炭酸塩を添加し、高温の蒸留水を用いることにより、固定化されているフリーデル氏塩の分解が生じることで全塩化物イオン濃度を測定するものである。測定した塩化物イオン濃度から次式により、塩化物イオン量を算出する。



写真－1 迅速測定法に用いる機器

$$C = \frac{W_w \times S}{W_s \times 100} \times 2,300$$

ここに、 C 塩化物イオン量(kg/m³) W_w 加えた加熱蒸留水(g)
 W_s 試料計り取り量(g) S 上澄み液の塩化物イオン濃度(%)
 (コンクリートの単位体積質量：2300kg/m³)

本機器の特徴としては、硝酸溶液等の現場での取り扱いが困難な薬品や器具類が不要であること、塩化物イオン濃度を 1/1000%まで測定できること等が挙げられる。

3. 検討内容

測定試料は、内陸部に位置する建設後約 40 年経過したコンクリート構造物から採取した。採取位置は、コンクリート表面より 40mm～100mm の位置としている。これは、塩化物を含んだコンクリート構造物では、中性化により塩化物イオンが移動濃縮することがわかっている²⁾ため、海砂に起因した内在塩分を含む

コンクリート構造物への適用性を評価するには、建設時に混入されていた塩化物イオン量、つまり移動濃縮の影響を受けていない深部の塩化物イオン量を評価する必要があるためである。なお、測定は、高架橋等から 85 試料を採取して JCI 法と本方法により実施し、これらの結果を比較検証した。

4. 結果

測定結果を図-1に示す。結果は、横軸に本方法による測定結果、縦軸に JCI 法による測定結果を示している。図より、既報¹⁾の海岸構造物への適用結果と比較して、回帰直線の傾きがほぼ同じで、同等の高い相関性が認められるものの、y 軸との切片が小さい点に相違が見られる。ここで、図-2に測定された塩化物イオン量が 1.0kg/m³ 未満の結果を、図-3に 1.0kg/m³ 以上の結果を示す。図-2より、本方法は JCI 法と比較してより高い値が示されているのに対して、図-3ではばらつきは認められるものの JCI 法と同等の測定結果を示していることがわかる。既往の研究¹⁾によると、試薬塩化ナトリウムを添加した普通セメントのペーストに本方法を適用した結果、フリーデル氏塩以外の水和物に固定されている塩化物イオンが存在するため、JCI 法と比較して低い値が示されることが報告されている。一方で、本研究では、未中性化領域の硬化コンクリート中に内在する塩化物イオン量を評価しており、同様に、フリーデル氏塩以外の水和物に固定されている塩化物イオンが抽出できているか明らかではないものの、内在する塩化物イオン量が少ないと、コンクリート中の粗骨材の影響で塩化物イオン濃度が高く評価されるものと考えられる。実務においては、内在する塩化物イオン量の評価として、鋼材の腐食限界塩化物イオン量 1.2kg/m³ に達しているかどうかを判別することも多く、本方法では、閾値付近を精度良く評価できていることから内在塩分を含む硬化コンクリートへの適用は可能であると考えられる。

5. まとめ

塩化物イオン濃度迅速測定法について、海砂に起因した内在塩分を含むコンクリート構造物への適用性を確認した。JCI-SC5「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法」と比較した結果、両者に高い相関性が認められ、鋼材の腐食限界塩化物イオン濃度付近では特に精度の高い結果が得られることがわかった。塩化物イオン濃度は、中性化深さや鉄筋腐食度等とともにコンクリート構造物の劣化予測や補修工法の選定に重要な指標である。今後、本方法を活用して、コンクリート構造物の適切な維持管理に取り組むこととしている。

【参考文献】

- 1)近藤英彦，後藤年芳，野島昭二：硬化コンクリートの塩化物イオン濃度迅速測定法に関する研究と適用，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 10 巻，2010.10
- 2)荒巻智，泉並良二，竹並秩男，堀井義浩：鉄筋コンクリート構造物における鉄筋腐食要因の推定，土木学会第 55 回年次学術講演会，2000.9

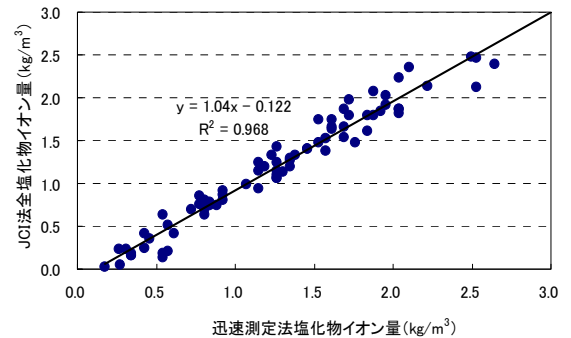


図-1 測定結果

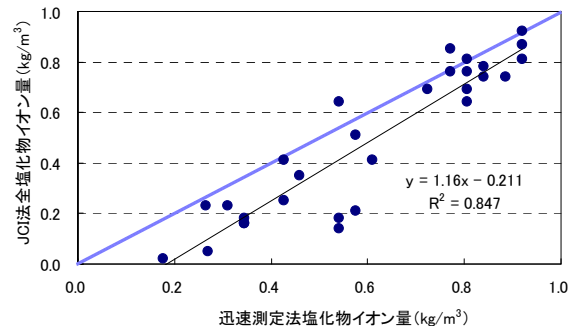


図-2 測定結果(C= 1.0kg/m³ 未満)

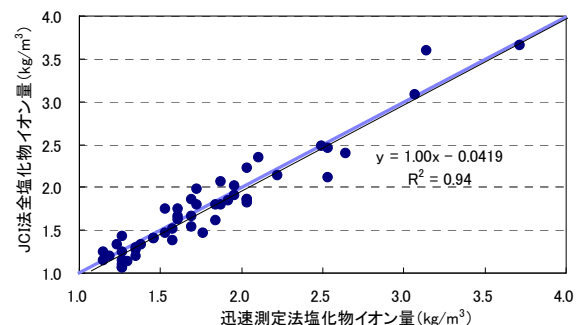


図-3 測定結果(C= 1.0kg/m³ 以上)