蛍光Ｘ線分析装置を用いた塩化物イオン量の測定について

東日本高速道路㈱　正会員　東田典雅
東日本高速道路㈱　正会員　大澤正三
㈱ネクスコ東日本ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ　正会員　○細矢淳

１．はじめに

コンクリート構造物の塩害には、海岸地域の飛来塩分が原因となるもの、コンクリート材料に海砂を使用した内在塩分が原因となるもの、また、近年では、道路の凍結防止剤が原因となるもの等がある。高速道路においても橋梁等のコンクリート構造物が塩害により損傷を受け、補修対策が行われている。そのコンクリート構造物の健全度の指標及び補修対策を選定するにあたって、コンクリート構造物の塩化物イオン量の調査分析が行われている。従来は、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」（以下「電位差滴定法」という）により行なわれてきているが、より迅速で低コストの代替分析法が望まれている。その新たな分析法として検討した蛍光Ｘ線分析装置を用いた分析法について報告する。

２．蛍光Ｘ線分析法の概要と課題

電位差滴定法に代わる効率的な分析法として、高感度ポータブル蛍光Ｘ線分析装置による塩化物イオン濃度分析方法（以下「蛍光Ｘ線分析法」という）を検討した。蛍光Ｘ線分析法は、Ｘ線管球から発生したＸ線を試料に照射し、試料から放射された蛍光Ｘ線を分析する方法である。

蛍光Ｘ線分析装置は、写真－１のとおりコンパクトな装置となっており、コンクリート構造物から採取した試料を細粒化後、専用ケースに入れ２分程度で分析が完了する。そのため迅速に試験結果が得られるが、蛍光Ｘ線分析法と電位差滴定法の測定値の相関及び精度について検証する中で以下の課題を明らかにする必要がある。

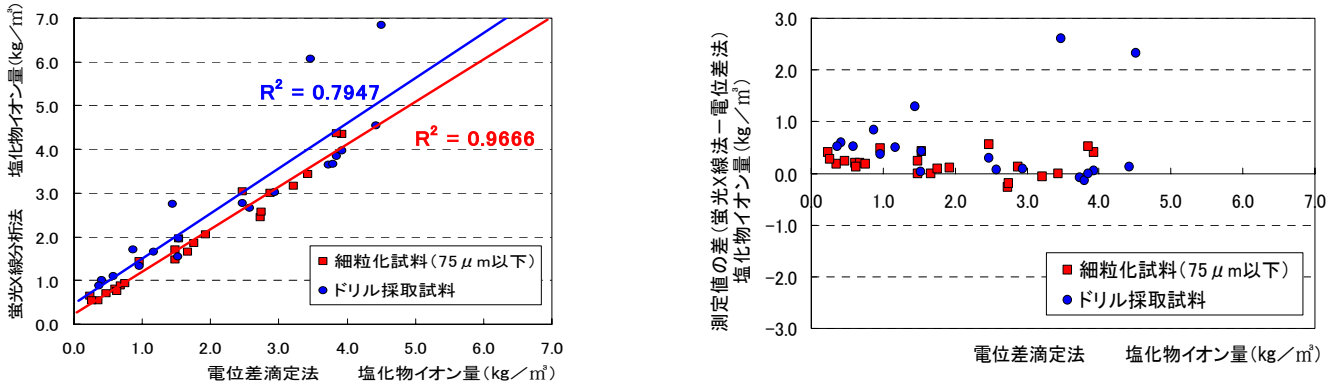
(1) 分析試料の粒度により、測定値にばらつきが生じるため、粒度による分析結果の影響の検証。
(2) 装置付属の標準サンプル試料から作成した検量線を用いた場合の測定精度についての検証。
(3) 地域性及び材料・配合が異なる構造物に同一検量線が適用できるかの検証。

写真－１　蛍光Ｘ線分析装置写真

３．蛍光Ｘ線分析法の課題に対する検討

(1) 分析試料の粒度による分析結果のばらつき

ドリルにより採取された試料を、細粒化を行わないまま、蛍光Ｘ線分析法により分析を行うと、電位差滴定法の分析との測定差が大きくなる結果となった。その解決方法として、採取試料を75μｍ以下まで細粒化することにより蛍光Ｘ線の強度が安定し、図－１に示すとおり測定差のばらつきを少なくすることが可能となった。なお、分析には装置付属の標準サンプル試料から作成した検量線を使用した。



図－１　粒度による相関及び測定差のばらつき

キーワード：塩害, 塩化物イオン, 分析方法, 蛍光Ｘ線分析, 高速道路
連絡先：〒116-0041　東京都荒川区東日暮里 5-7-18　コスモパークビル７階
㈱ネクスコ東日本エンジニアリング　土木技術部構造技術課　TEL：03-3805-7926

(2) 電位差滴定法と蛍光 X 線分析法の相関

蛍光 X 線分析装置付属の標準サンプル試料を使用した検量線による定量分析では、図－２（●）のとおり測定差が大きくなる結果となった。その原因として、装置付属の標準サンプル試料は、各濃度の塩化物を添加した骨材を含まないセメントペーストにより作成された供試体を測定したものであるため、実構造物のコンクリートとは、X 線強度と単位体積重量当りの塩化物イオン量の関係が異なることが考えられる。

その解決方法として、実構造物から採取した試料から検量線を作成することにした。この検量線を使用して電位差滴定法と蛍光 X 線分析法との分析値の相関を求めると図－２（▲）に示すとおり非常に良い相関が得られた。なお、分析には 75μm 以下まで細粒化した試料を使用した。

(3) 地域性及び配合が異なる構造物への適用

実構造物から採取した試料からの同じ検量線を使用し、構造物が建設された年代、地域による材料・コンクリート配合及び気象条件等の違う４地域の構造物 105 試料について分析を行った結果を図－３に示す。電位差滴定法と高い相関が得られ、各相関線に大きな違いがないことから地域性にとらわれず適用できることが確認できた。

また、コンクリートの配合の異なる構造物の比較として、図－４に示すとおり構造区分別に電位差滴定法と高い相関がえられ、相関線も、殆ど一致している。そのため、配合の異なる構造物に対しても適用できることが確認できた。

４．　まとめ

(1) 蛍光 X 線分析法は、実構造物から採取した試料から作成した検量線を使用し、測定試料を一定の粒度以下に細粒化することにより電位差滴定法と同程度の測定結果を得ることができる。

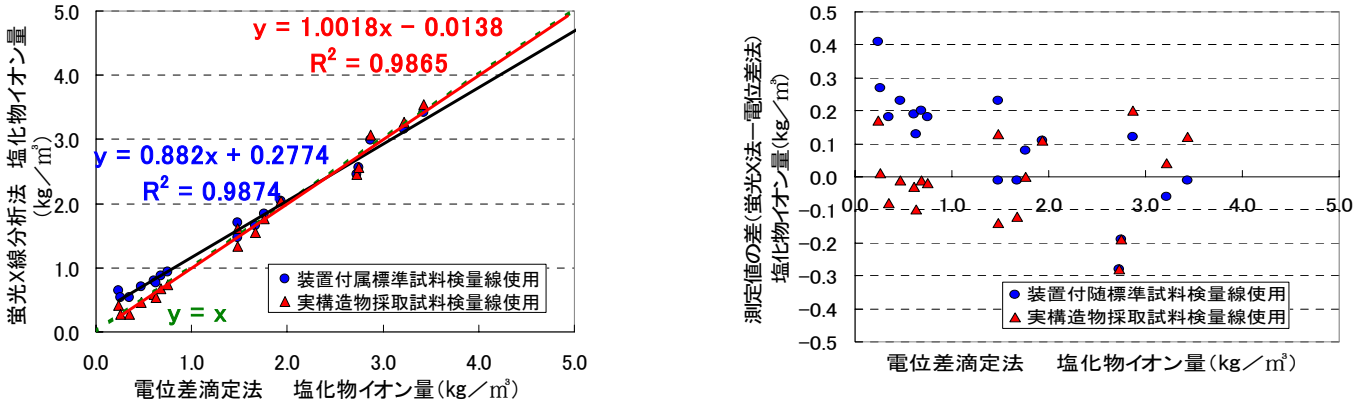
(2) 地域性及び材料・配合が異なる構造物に対しても同一の検量線を適用できることが確認できた。

(3) 測定試料は 75μm 以下に細粒化を行っているが分析の効率化のために 150μm 以下に細粒化した試料について測定精度の確認を行う予定である。

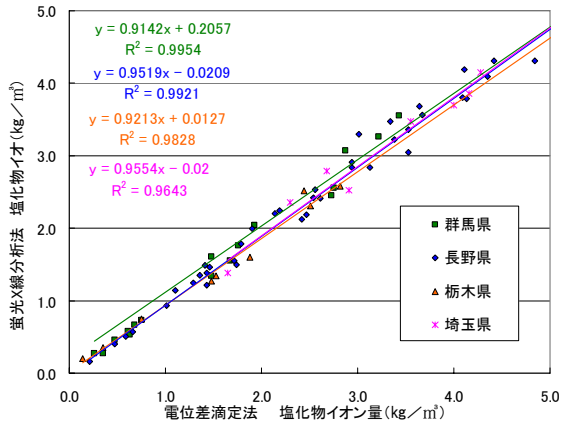
参考文献

1) 金田尚志，石川幸宏，魚本健人：ポータブル型蛍光Ｘ線分析装置を用いたコンクリートの分析，コンクリート工学年次論文集，Vol. 28, No.1, 2006

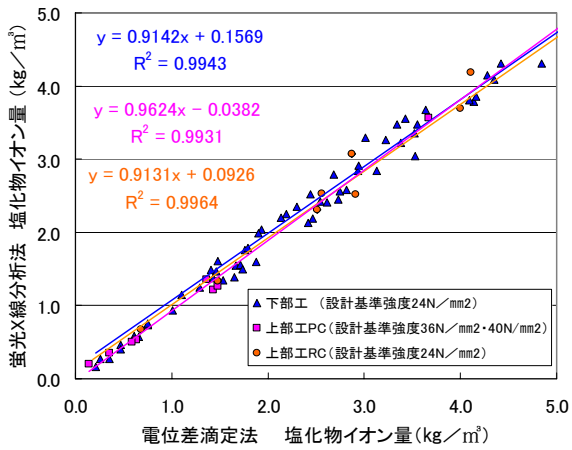
2) 東田典雅, 大澤正三, 細矢　淳：蛍光 X 線分析装置を用いた塩化物イオン量の測定について，第 28 回日本道路会議，論文番号 40043



図－２　検量線の相違による蛍光 X 線分析法と電位差滴定法との相関及び測定差のばらつき



図－３　地域性による相関



図－４　配合が異なる構造物による相関