

論文 実構造物調査におけるドリル採取試料を用いた蛍光 X 線法の適用性に関する研究

法政大学（現：日本工営） 正会員 ○渡部 瑠依子
 開発設計コンサルタント 正会員 野嶋 潤一郎
 法政大学 正会員 溝渕 利明

1. はじめに

本研究では、蛍光 X 線法を用いたコンクリート内部の塩化物イオン量の推定について検討を行った。本検査は、ドリル法にて採取した粉末試料に対して蛍光 X 線法による塩化物イオン量の分析を行い、コンクリート中の深さ方向の塩化物イオン量推定を行う手法である。本手法を確立することができれば、従来行っていたコア採取がドリル採取となり、損傷範囲を少なく、かつ蛍光 X 線を用いることにより、現場での推定・評価が可能となる。

また既往の研究¹⁾における電磁波レーダ法を用いた鉄筋位置までの塩化物イオン量推定手法と本手法を組み合わせることにより、従来と比較し損傷範囲を少なく、面的な評価を現場にて行うことができる。

既往の研究²⁾において、実構造物よりドリル法にて採取したコンクリート粉末試料を用いて、蛍光 X 線法の適用性に関する検証を行っており、蛍光 X 線法より得られる塩素量(PPM 値)と塩化物イオン量の実測値(kg/m³)との間に高い相関性があることが確認されている。一方で、蛍光 X 線法の測定精度の具体的な検討や蛍光 X 線法と電磁波レーダ法を用いた実構造物調査が行われていない。そこで本研究では、既往の研究²⁾において行われてきた試験結果を用いて蛍光 X 線法の測定精度に関する検討を行うとともに、蛍光 X 線法と電磁波レーダ法による実構造物調査を行い、実構造物調査における本手法の適用性に関する検討を行うこととした。

2-1. 蛍光 X 線法の測定精度に関する検討

既往の研究²⁾において、4 現場よりドリル法にて採取したコンクリート粉末試料計 813 試料に対し、蓄積データより得られた推定式を用いて算出した塩化物イオン量の推定値と電位差滴定法より得られた塩

化物イオン量の測定値との比較を図-1に、頻度分布図を図-2に示す。蛍光 X 線法より得られる推定値と電位差滴定法より得られる測定値に高い相関性を確認した。また、図-2に示す頻度分布図から、大部分の試料が 95%信頼区間を示しており、本手法を用いて塩化物イオン量の推定を出来る可能性を示している。

また、各ブロックの深さ方向における塩化物イオン量の傾向を確認したところ、比較的精度よく捉えており、電磁波レーダ法を用いて面的評価を行う際に必要となる拡散係数および表面塩化物イオン量ともに差異が小さいことが確認できた。よって、蛍光 X 線法と電磁波レーダ法を用いて実構造物の面的な評価を行うことのできる可能性を見出したと考えられるため、実構造物調査を実施することとした。

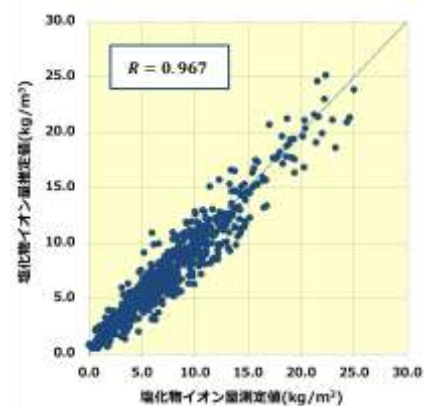


図-1 測定値と推定値との比較

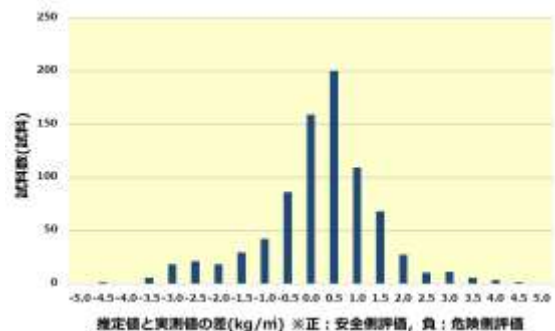


図-2 頻度分布図

キーワード 蛍光X線法, 塩化物イオン量推定, ドリル採取, 電磁波レーダー法, 実構造物調査
 連絡先 法政大学 コンクリート材料研究室 東京都小金井市梶野町 3-7-2 (042-387-6269)

2-2. 調査概要

実構造物における塩化物イオン量の推定手順を以下に示す。本調査の対象構造物は栈橋であり、試料採取位置は塩害の環境条件として最も厳しい飛沫帯に該当するスラブ面とした。

手順1：電磁波レーダを用いて対象スラブ面の鉄筋かぶり位置を測定する。

手順2：ドリル法にて1 cm毎のコンクリート粉末試料を採取する。

手順3：蛍光X線による測定を行い、蓄積データより得られた推定式から塩化物イオン量の推定値(kg/m^3)を算出する。蓄積データより得られた推定式を式(1)に示す。

$$C_f = 1.60 \times 10^{-3} f_x + 8.05 \times 10^{-1} \quad \text{式(1)}$$

ここで、 C_f ：塩化物イオン量の分析結果(kg/m^3)

f_x ：蛍光X線法による塩素量の割合(PPM)

手順4：Fick の拡散方程式より鉄筋位置までの塩化物イオン量推定を行い、対象スラブ面における塩化物イオン量の分布図を作成する。

なお本調査では、従来から行われているコンクリートコアを用いた室内試験による化学分析を実施し、従来法と本手法との比較も行うこととした。

調査より得られた、コア採取—電位差滴定法とドリル採取—蛍光X線法より得られた深さ方向の塩化物イオン量および電磁波レーダ法の調査結果より得られた、鉄筋位置における塩化物イオン量分布図を図-3に示す。電磁波レーダ法と蛍光X線法を併用することにより、従来法と比較して損傷範囲を少なく、かつ面的な評価を現場にて評価できる可能性を見出した。

一方で、ドリル採取—蛍光X線法より得られた推定値は、コア採取—電位差滴定法より得られる測定値と比較し、塩化物イオン量を安全側に評価する結果となった。今回対象とした構造物は、鉄筋位置における塩化物イオン量が少なく、鉄筋位置において、鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度($1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 程度)付近を有する実構造物(潜伏期から進展期にかけて劣化進行している構造物)に対しても、同様の調査を行い、本手法の適用性を検証していく必要があると考えられる。

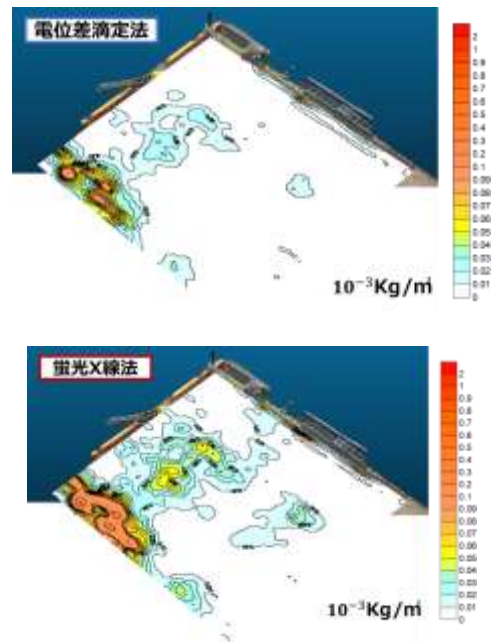


図-3 鉄筋位置における塩化物イオン量分布図

3. まとめ

本研究では、蛍光X線法の測定精度に関する検討を行うとともに、蛍光X線法と電磁波レーダ法による実構造物調査を行い、実構造物調査における本手法の適用性に関する検討を行うこととした。以下に本研究より得られた知見を示す。

- (1) 蛍光X線法より得られる塩素量(PPM 値)から塩化物イオン量(kg/m^3)へ変換する推定式は、現場ごとに異なる。
- (2) 蛍光X線法より得られる推定値は、深さ方向における塩化物イオン量の傾向を比較的精度よく捉えており、実構造物調査結果より、電磁波レーダ法と蛍光X線法を併用することにより、従来法と比較して損傷範囲を少なく、かつ面的な評価を現場にて評価できる可能性を見出した。

参考文献

- (1) 野嶋 潤一郎, 池田 大樹, 内田 真未, 溝渕 利明：電磁波による塩化物イオン量推定手法を用いた塩害の劣化進行予測に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.1741-1746, 2013.7
- (2) 渡部 瑠依子, 溝渕 利明：蛍光X線を用いた塩化物イオン量推定に関する研究, 土木学会第72回年次学術講演概要集, V-270, 2017.9