

電磁波を用いた塩化物イオン量推定法の実構造物への適用

法政大学 大学院 正会員 ○野嶋 潤一郎
 法政大学 大学院 学生会員 池田 大樹
 法政大学 正会員 溝渕 利明

1. 研究目的

鉄筋コンクリート構造物の劣化現象のひとつである塩害は、環境条件によって早く進行する場合があります、かぶりコンクリートの剥落や鋼材断面積の減少による耐力低下に至る場合があります。塩害の評価方法は、構造物からコアを採取し、化学分析を行うことによってコンクリート中の塩化物イオン量を求める方法が一般的である。しかし、コアの採取による評価方法は、その測定点のみの評価であること、構造物に弱点部を生じさせる場合があること、同一箇所での継続的な塩化物イオン量評価が行えないなどの課題を有している。

そこで本研究では、非破壊試験法の一つである電磁波波形を用いたコンクリート内の塩化物イオン量推定技術¹⁾²⁾³⁾を用いて、様々な環境下に置かれている海洋コンクリート工作物の塩化物イオン量調査を実施し、非破壊検査手法としての実用性の検討を行った。

2. 電磁波法の概要

電磁波法とは、電磁波の放射から受信に要した伝播時間より、埋設物の配置や距離を求める方法である。

塩化物イオン量の違いが電磁波の振幅値に与える影響を把握するために、室内で作製した供試体を用いて振幅値と塩化物イオン量の水セメント比ごとに比較した(図-1参照)。なお、測定を実施した供試体のかぶり深さは100mmである。

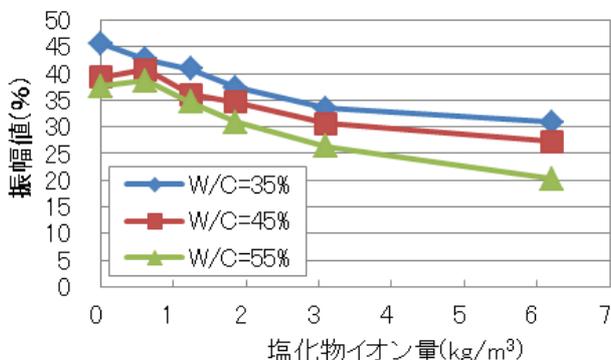


図-1 塩化物イオン量と振幅値の関係

図-1より、一部測定値にばらつきはあるものの、混入塩化物イオン量が多いほど電磁波の振幅値は小さく

なる傾向にあった。同結果より、振幅値に塩化物イオン量が与える影響を定量的に評価できる可能性が示唆された。また、水セメント比が小さいほど電磁波の振幅値は大きくなる傾向を示した。これは、水セメント比が小さい場合にはコンクリート内部の構造が緻密になることで振幅値が大きくなったためと考えられる。

3. 調査結果および塩化物イオン量に関する評価

3.1 塩化物イオン量の推定結果

複数地点の海洋コンクリート工作物に対し、電磁波法による実構造物調査を実施した。調査では電磁波レーダー(300~2,300kHz)による塩化物イオン量推定のための走査の他に、実測値を求めるための化学分析用試料採取を行った。

図-2は、各地点で得られた電磁波法による塩化物イオン量の推定値と化学分析によって求められた塩化物イオン量の実測値を比較した結果である。電磁波法による推定式のパラメータとしては、振幅値とW/Cの他に、かぶりと供用年数を用いており、塩化物イオン量の推定値と測定値との間に、比較的高い相関関係を確認することができた。

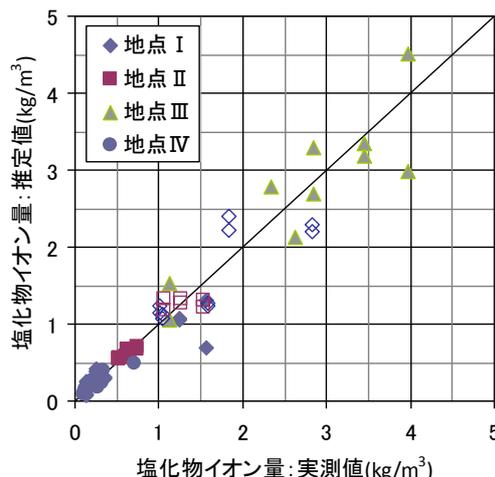


図-2 塩化物イオン量と振幅値の関係

3.2 塩化物イオン量の面的推定

写真-1は、地点Iの海上スラブにおける調査範囲および電磁波法による塩化物イオン量の推定結果である。

キーワード 塩害 電磁波 塩化物イオン

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学大学院デザイン工学研究科 TEL042-387-6286

同地点では、海水面からの距離の異なる3つの面における測定を実施しており、それぞれのスラブ面における塩化物イオン量の浸透量を確認した。図-3より、最も海水面に近いスラブAにおいて塩化物イオン量 $0.7\sim 0.8\text{kg/m}^3$ が最も多い分布を示しているのに対し、スラブBでは $0.4\sim 0.5\text{kg/m}^3$ 、スラブCでは $0.2\sim 0.3\text{kg/m}^3$ が最も多い分布となった。この結果から、海水面に近いスラブは全体的な塩化物イオン量が多く、海水面から離れるに従い塩化物イオン量が少なくなる傾向が面的に確認できた。

3.3 鉄筋位置における塩化物イオン量の算出

実構造物における面的な塩化物イオン量の推定を実施することができたが、推定を行った塩化物イオン量はあくまで部材表面から鉄筋位置までの平均塩化物イオン量である。塩害による劣化の進行を的確に判断するためには、塩化物イオン量の分布を求め、鉄筋位置における塩化物イオン量を把握する必要がある。そこで、電位差滴定試験から得られた拡散係数をもとに、塩化物イオンの浸透を考慮することで鉄筋位置における塩化物イオン量の算出を行った(図-4参照)。その結果、拡散係数による塩分浸透モデルから求めた塩化物イオン量の分布は、別途化学分析結果から得られた塩化物イオン量の深さ方向の分布とほぼ一致し、鉄筋位置における塩化物イオンの算定が精度良く行われている事が確認された。

算出した鉄筋位置における塩化物イオン量の面的分布状況を写真-2に示す。塩化物イオンのコンクリート内部への浸透による鋼材の腐食発生限界量は、一般的に $1.2\sim 2.4\text{kg/m}^3$ の範囲とされている。その範囲を参考にすると、写真-2において黄色から赤色で示す箇所において、鉄筋の腐食が発生している可能性があると判断できる。これにより、鉄筋腐食の可能性が高い範囲をある程度推定することができ、対策が必要な範囲を選定することが可能であると思われる。

4. まとめ

本研究で得られた結果より、電磁波法を用いることで実構造物における塩化物イオン量の簡易かつ広域な推測を行うことの可能性と取得された平均塩化物イオン量の維持管理への活用方法を見出した。今後の研究課題としては、①コンクリート比誘電率設定方法の検証、②中性化による複合劣化の影響評価、③波形処理の自動化による解析スピードの向上などが挙げられる。

参考文献

- 1) 溝渕利明, 新井淳一, 須田久美子, 斎藤健一: 電磁波による鉄筋コンクリート中の塩分測定に関する一考察, 第24回コンクリート工学講演会, No.1, pp.1509-1514, 2002.6
- 2) T. Mizobuchi, K. Yokozeki and R. ashizawa, Applicability of Estimation of Chloride Content in Cover concrete using Electromagnetic Wave and Impedance Method, on Site Assessment of Concrete, Masonry and Timber, 2008.09
- 3) 池田大樹, 村田和哉, 野嶋潤一郎, 溝渕利明: 電磁波による塩分量推定の実構造物への適用に向けた検討. 土木学会第66回年次学術講演会, 2011.

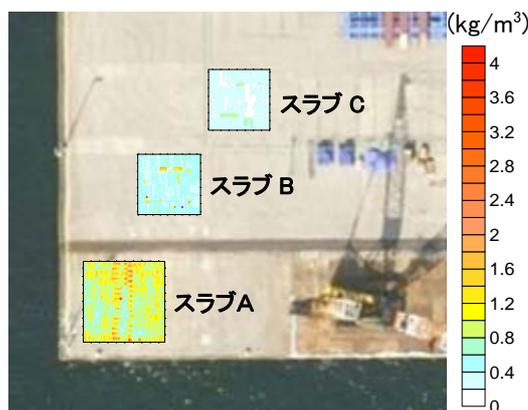


写真-1 地点I 海上スラブ調査結果

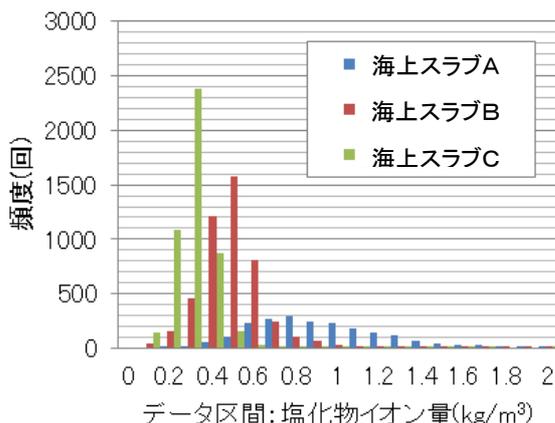


図-3 地点I 塩化物イオン量のヒストグラム

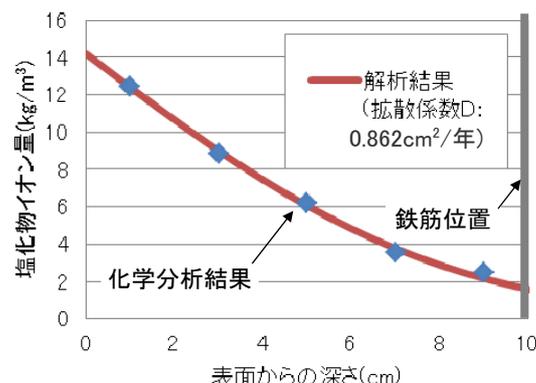


図-4 地点II 塩化物イオン量の分布

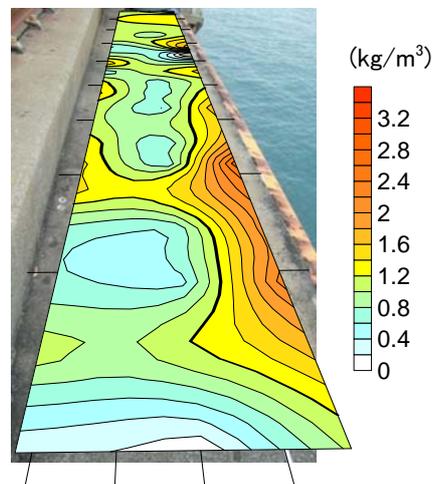


写真-2 地点II 鉄筋位置における推定塩化物イオン量分布