

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

法政大学 大学院
法政大学 大学院
開発設計コンサルタント
法政大学

学生会員 ○池田 大樹
学生会員 村田 和哉
正会員 野嶋 潤一郎
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要因の一つに塩害がある。塩害は、コンクリート中の塩化物イオンの作用により鋼材が腐食、膨張することでコンクリートに引張力が働き、ひび割れが生じる劣化現象である。現在、実構造物において塩化物イオン量を把握する際には、コア試料を採取し化学分析を行っているが、局所的に構造物自体に損傷を与えてしまうことや、同一箇所による経時変化を確認することができないなどの問題点がある。非破壊検査で塩化物イオン量を測定することが可能になれば、実構造物に損傷を与えることなく、塩化物イオン量の経時変化を把握することが可能になる。

本研究では、配合や鉄筋のかぶりなどの条件が、コンクリート内部の塩分量と電磁波測定値の関係にどう影響を及ぼすか、室内供試体にて電磁波測定を行った。また、実構造物において、コンクリート内部の塩化物イオン量推定が可能であるか、塩化物イオン量推定式の算出とともに推定値と実測値の比較を行い、実用化に向けた検討を行った。

2.研究方法

2.1 室内供試体の電磁波測定

本検討は、電磁波による塩分量推定の実構造物への適用に向けた研究の一環として、含水率の影響を極力除いた状態で、塩分量や配合、鉄筋位置などが電磁波による測定値(振幅値、比誘電率)にどう影響するか、実験を行った。供試体寸法は、高さ 100mm×幅 100mm×長さ 400mm とした。土木学会コンクリート示方書では、塩化物イオンによる鋼材の腐食発生限界量を 1.2～2.4(kg/m³)と定めている。これを参考にして、塩化物イオン量 0, 1, 2, 3, 5, 10(kg/m³)の 6 水準で検討を行った。鉄筋は D16 を使用し、鉄筋位置 50mm, 70mm, 無筋の供試体を作製し、鉄筋位置 100mm は無筋の供試体の底面に鉄板を敷き測定した。供試体は、材齢 28 日まで水中養生し、28 日以後はビニルラップを巻き、恒温室内で封かん養生を行った。電磁波測定は週 1 回行い、併せて質量測定も行った。要因と水準を表-1、供試体の概要図を図-1 に示す。

表-1 要因と水準

要因	水準	詳細
塩分量(kg/m ³)	6	0, 1, 2, 3, 5, 10
鉄筋位置(mm)	3	50, 70, 100
水セメント比(%)	3	35, 45, 55

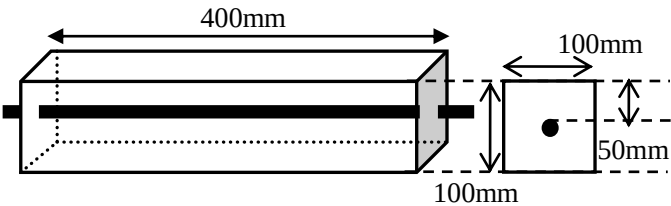


図-1 供試体概要図 鉄筋位置 50mm

2.2 実構造物の電磁波測定

本研究では、電磁波による塩分量推定の適用を検討するため、実構造物 A, B, C, 3ヶ所で電磁波測定を実施した。測定データから、各構造物の鉄筋位置における振幅値と比誘電率を算出し、化学分析によって測定した塩化物イオン量の分析結果と比較検討を行い、推定値を算出した。また、塩化物イオン量の推定では、室内供試体データや他現場のデータを用いて回帰分析を行い、より相関性の高い推定を行うための検討を実施した。

キーワード 非破壊検査 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 TEL 042-387-6286

3. 試験結果

3.1 室内供試体の電磁波測定

図-2 は養生期間に伴う振幅値の推移を示したものである。振幅値は時間の経過に伴い上昇する傾向を示した。ただし 90 日以降、振幅値はほぼ同等の値を示した。これは水和がある程度進行し、かつ供試体内の水分量が安定したためと思われる。図-3 は、振幅値と塩分量の関係を示したものである。塩分量が多いほど振幅値が小さくなる結果となった。これは、供試体内に塩化物イオンが多く存在するほど導電性が高くなるためと思われる。また、水セメント比が小さいほど振幅値が大きくなる結果となった。これは、水セメント比が小さいほどコンクリートの内部構造が緻密であり、空隙が小さいことから、電磁波の導電性が小さくなったためであると考えられる。

3.2 実構造物の電磁波測定

本検討では、目的変数を塩化物イオン推定値として、3 ヶ所の現場ごとに重回帰分析を行った。以下、説明変数を振幅値、比誘電率、水セメント比とし、3 現場 18 箇所の塩分分析結果と、電磁波測定値から算出した塩化物イオン量推定式を示す。

$$C_C = -0.472\alpha - 0.0323\varepsilon + 0.363W/C - 11.2 \quad \text{重相関係数 } 0.838$$

C_C : 塩化物イオン推定値(kg/m³)

α : 振幅値(%) ε : 比誘電率 W/C : 水セメント比

上記の塩化物イオン量推定式を用いて、各地点の塩化物イオン推定値を算出した。その推定値と、化学分析による測定値を比較した結果を、図-4 に示す。また、塩化物イオン量推定式を用いて推定分布を作成した。その一例として、実構造物 A のスラブ上面における塩化物イオン量の推定分布を、図-5 及び図-6 に示す。図-5、図-6 から、海に近い箇所ほど塩分を多く含む結果となった。これは、海水面との距離が近い方が海水の飛沫作用を多く受けるためと考えられる。

4. まとめ

室内供試体では、供試体内の含水率の影響を極力除いた条件下で測定を行い、塩化物イオン量が多いほど電磁波の振幅値が小さくなる結果を示した。また、水セメント比が小さく、鉄筋位置が浅いほど振幅値が大きくなる傾向を示した。よって、室内供試体において、水セメント比、鉄筋位置を考慮した振幅値と、含水率を考慮した比誘電率を用いることで、電磁波によってコンクリート内部の塩化物イオン量推定を行える可能性があると考えられる。また、実構造物への適用性を検討したところ、異なる現場の測定点を含む場合でも、重回帰分析の説明変数に電磁波測定の振幅値と比誘電率、各現場の水セメント比を用いることで、塩化物イオン量推定において高い相関関係が得られた。今後は、塩分量推定に影響を与える要因について、さらに検討を行っていく予定である。

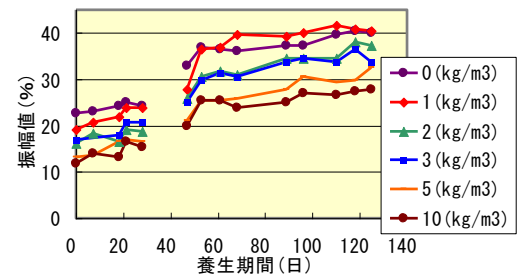


図-2 振幅値 $W/C=45\%$ 鉄板位置 100mm

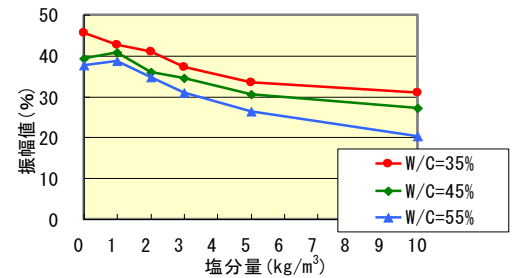


図-3 振幅値 鉄板位置 100mm

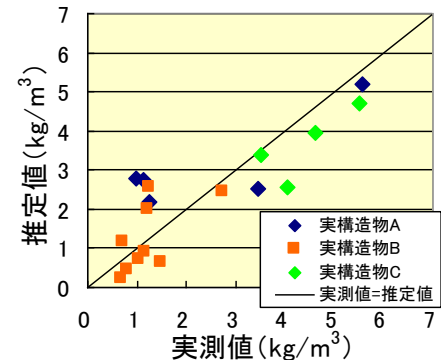


図-4 塩化物イオン量 推定値と実測値

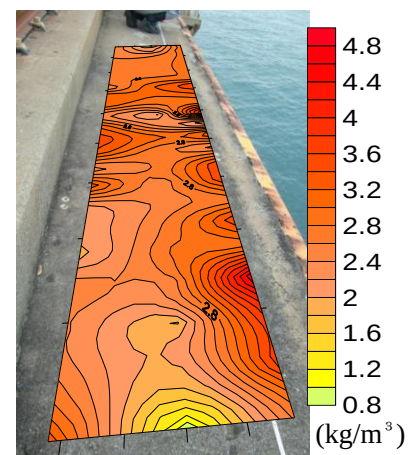


図-5 塩化物イオン量推定分布

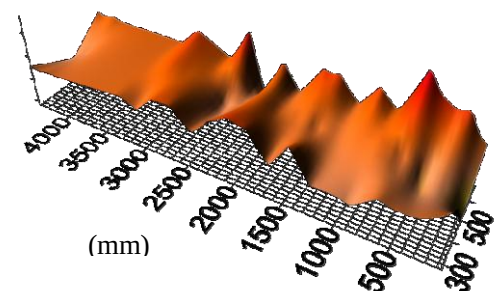


図-6 3D マッピング推定分布