

電磁波及びインピーダンス法による塩分量評価

法政大学 学生会員 ○高橋伸彰, 玉木一平
 法政大学 正会員 溝渕利明
 (株)鹿島建設 芦澤良一

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の劣化要因の1つに塩害がある。塩害はコンクリートの含有塩化物イオンの作用により鋼材が腐食し鉄筋コンクリート構造物に損傷を与えるのだが、これはコンクリート中にある一定量以上存在すると鋼材の腐食が加速進行していき、最終的にひび割れを生じる危険性がある。実際のコンクリート構造物において含有塩化物イオン量を把握する際にはコアを抜き、化学分析を行う方法が一般的である。しかしながら、この方法では構造物自体に局所的ではあるが構造的な損傷を与え、また同一箇所による経時変化を見ることができない。非破壊検査法が可能となればこれらの問題は解決され、早い段階での対処が可能となる。これまでの研究より、電磁波法とインピーダンス法を用いてのコンクリートの含有塩化物イオン量の推定に可能性が見出されている。

2. 研究方法

供試体は電磁波法、インピーダンス法ともに 40×20×30cm (2005 年度作製) のものを使用し、浸漬 1 日乾燥 2 日を 1 サイクルとして測定を行った

電磁波法

スランプを 12 cm, 水セメント比を 45, 55, 65% とした 3 種類の供試体に 3% 塩水を浸漬させた。また、比較対象としてさらにスランプ 12 cm, 水セメント比 55% の供試体を真水浸漬したものとスランプ 21 cm, 水セメント比 65% の供試体に塩分浸漬を促進させるため 10% 塩水を浸漬させたものを加え、周波数 1.0GHz の Iron seeker (コマツエンジニアリング株式会社製) を電磁波測定装置に用い、時間計測による測定を行った。測定は反射物(鉄筋)を各深さ(5, 7, 10 cm)に埋設した供試体から得られた波形から無筋コンクリート供試体から得られた波形を減算処理することで反射物(鉄筋)からの反射波のみを得ることにより、その波形の比誘電率、振幅値を算出し、検討した。

インピーダンス法

スランプを 12 cm, 水セメント比を 45, 55, 65% とした供試体に 3% 塩水を浸漬させたものと、真水を浸漬させたものを用いた。コンクリートの各深さ(表面, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 cm)に埋設した 1 対の銀電極間にシンセサイザーから交流電流を流し、周波数(MHz)を変化させ、コンクリート内部に流れる電流の大きさの変化を電圧差(実効値(mV))としてオシロスコープから読み取る方法で行った。周波数は 36MHz~40MHz までとし、0.1MHz 間隔で周波数を大きくしていき実験を行った。コンクリート表面では、専用のアタッチメントを置き測定した。

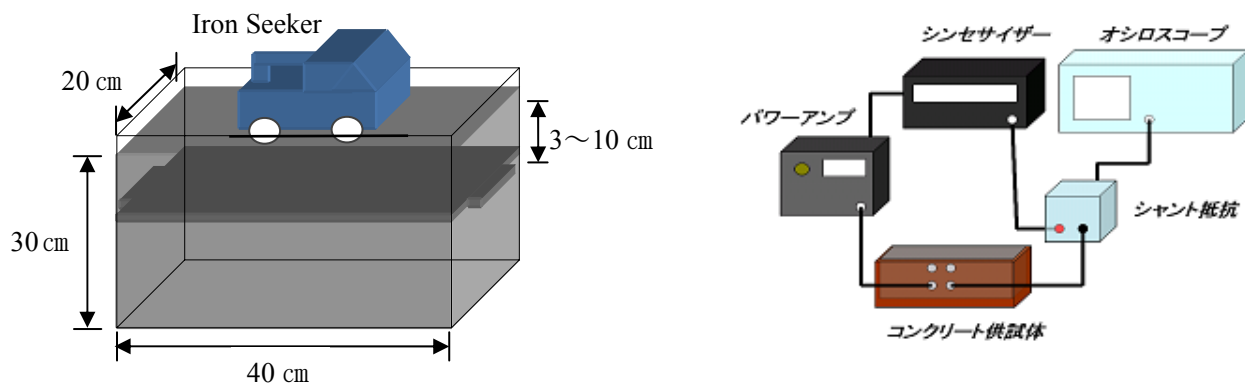


図1: 測定装置概要 (左: 電磁波法、右: インピーダンス法)

キーワード: 塩害、非破壊検査法、フィックの第二方程式

連絡先: 東京都小金井市梶野町 3-7-2 TEL: 042-387-6286

3. 研究成果

電磁波法による測定

測定結果より得られる振幅値、比誘電率について以下のようなことが明らかとなった。

<振幅値>

- ・水セメント比が小さいほど（セメント量が多いほど）大きくなる。
- ・真水浸漬と塩水浸漬の比較によると塩分が浸透していくほど値は小さくなる。

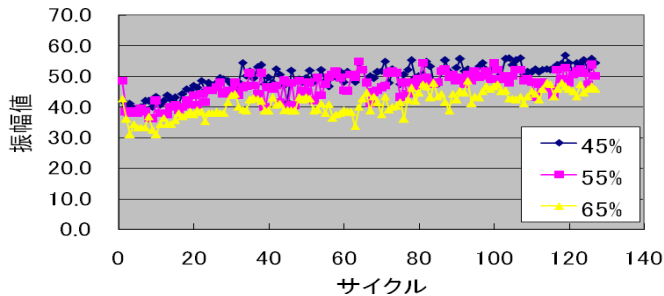


図2：w/cによる振幅値の比較（鉄筋深さ5cm）

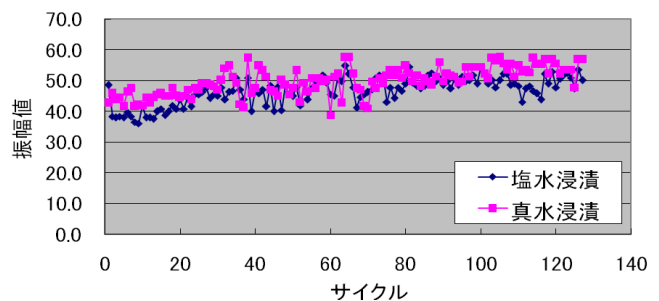


図3：浸漬溶液による振幅値の比較
(w/c=45%、鉄筋深さ5cm)

<比誘電率>

- ・鉄筋深さが深くなるほど値は小さくなる。
- ・水セメント比や浸漬溶液の違いによる数値の変化はほとんどない。

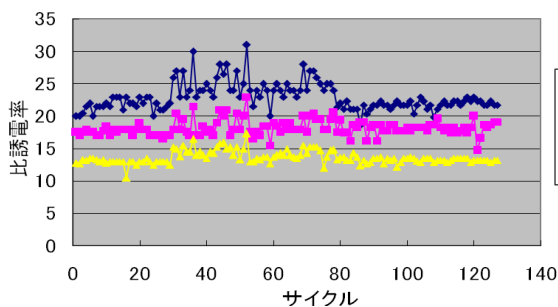


図4：鉄筋深さによる比誘電率の比較（w/c=45%）

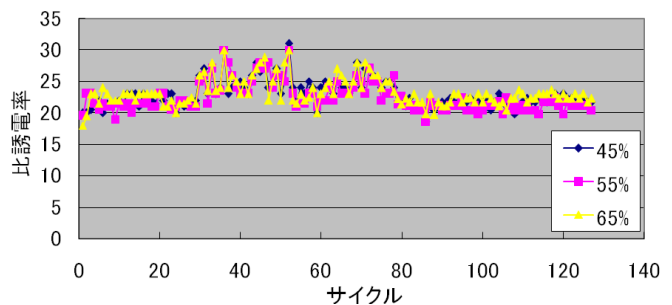


図5：w/cによる比誘電率の比較（鉄筋深さ5cm）

塩分分析の結果

インピーダンス法によって測定したかぶり深さ1～10cmの最大実行値と可溶性塩分量とを比較し表面部での塩分濃度を推定し、フィックの第二方程式を用いて両者をグラフ化した。可溶性塩分量の測定結果とフィックの拡散予測の結果より多少の違いがあったものの、グラフの概形はほぼ一致したと言える。

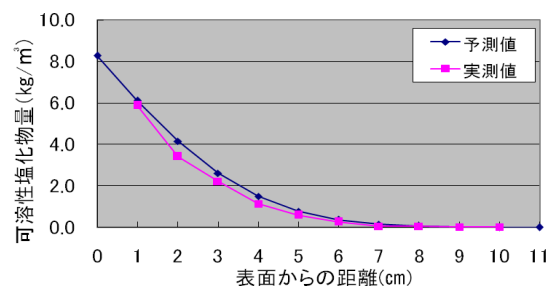


図6：含有塩分の実測値と予測値（w/c=55%）

推定式の算出

電磁波法による測定で得られる振幅値 α ・比誘電率 ε と配合条件から水セメント比 w/c 、環境条件から含水率 μ をパラメータとして推定してみた。

$$C_c = 0.10028 \times w/c - 0.05172\mu + 0.02802\varepsilon + 0.04458\alpha - 4.6750$$

この式から求められる推定塩分量と塩分分析を行い得られた実際の塩分量との間にはばらつきはあるものの微少なものであると考えられる。

参考文献

- 1) 新井淳一，溝淵利明，坂田昇，須田久美子：非破壊による鉄筋コンクリート中の塩化物測定に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.1515-1520、2002年

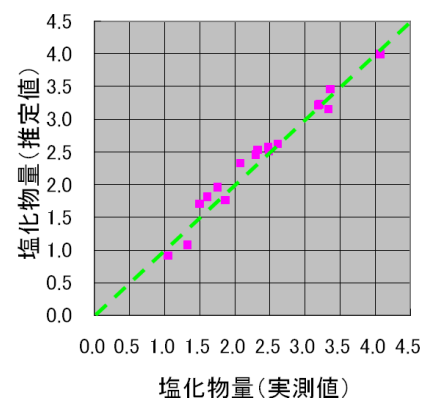


図7：推定式の評価