電磁波レーダ装置による塩化物量の調査および検証

首都高技術株式会社　正会員　○影沢　雅人
同　上　正会員　安中　智

塩害被害を受けた構造物の調査手法としてはコンクリートコア採取やコンクリートの一部をはつり取って鉄筋の腐食状況を把握する方法が一般的である．本調査は，コンクリート中に塩化物イオンが存在する場合，電磁波レーダ装置から発信された電磁波エネルギーが減衰する現象に着目し，この現象を塩害調査に適用できないかを検証したものである．

1．目的

塩害劣化が推測されるコンクリート構造物に特殊電磁波レーダを用いたところ，コンクリート中の塩化物イオン量が多い箇所において，鉄筋が探査できない現象が確認された．これは塩化物イオン量の増加により電磁波の送信波または反射波エネルギーが減衰する現象が生じていると推測された．そこで，コンクリートコアを採取し電子線マイクロアナライザー分析（以下，ＥＰＭＡ分析）を行い，電磁波エネルギーが減衰する現象と塩化物イオン量との相関性について検証を行うものである．

2．特殊電磁波レーダ装置による調査

(1)調査位置

沿岸部に位置するトンネル内の壁面において調査を行った．調査範囲は，幅約 2.5m，高さ方向に約 1.8mの範囲とし，横方向に 3 側線，縦方向に 5 側線探査した．　**図-1** に調査範囲を示す．

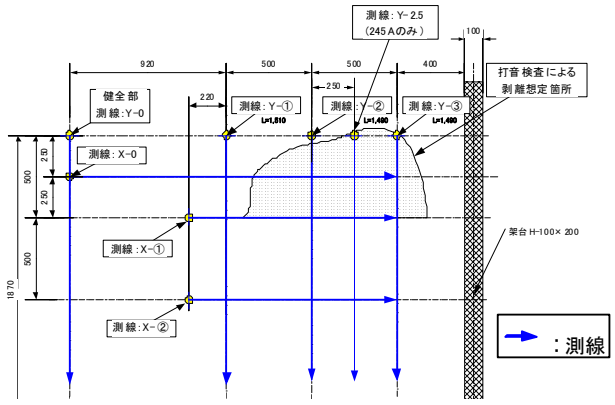

図-1　電磁波レーダによる調査範囲

(2)調査結果とコア採取位置

調査した結果を**図-2** に示す．**図-2** よりコアNo.1～No.3 およびNo.10 は鉄筋が鮮明に探査できる箇所，No.4～No.6 は不鮮明な箇所，No.7～No.9 は鉄筋が探査できない箇所である．この結果を基に下記の箇所においてコンクリートコアを採取した．

a)鉄筋が鮮明に見える箇所
b)鉄筋が不鮮明に見える箇所
c)鉄筋が探査できない箇所

なお，採取したコア本数は全体で 10 本，コアは呼び直径φ75mm，躯体表面から約 80mm まで採取した．

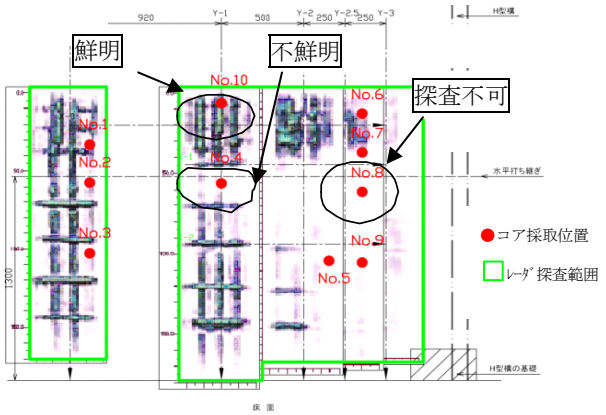

図-2　特殊電磁波レーダによる調査結果

3．電磁波と塩化物イオン量の調査結果

(1)鉄筋探査結果と塩化物イオン濃度の比較

表-1，**表-2** および**表-3** に探査結果と塩化物イオン濃度値の比較を示す．塩化物イオン濃度の最大値あるいは平均値が低い場合は探査結果の画像は鮮明であり，濃度が高くなると探査結果の画像が不鮮明又は探査できなくなる傾向が認められた．数値的には平均濃度が約 1.5kg/m^3 よりも低い場合は探査結果に影響が出ないが，約 8 kg/m^3 を超えると探査ができない事が確認された．

表-1　コア分析結果(鉄筋探査画像：鮮明)(kg/m^3)

コアNo.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 10
Cl^-最大濃度	3.16	4.29	1.93	1.72
Cl^-平均濃度	1.41	1.53	1.20	0.75

キーワード　塩害，電磁波レーダ，塩化物イオン
連絡先　〒105-0001　東京都港区虎ノ門三丁目 10 番 11 号　首都高技術株式会社　ＴＥＬ03-3578-5753

表-2　コア分析結果(鉄筋探査画像:不鮮明)(kg/m^3)

コアNo.	No.4	No.5	No.6
Cl$^-$最大濃度	7.42	11.48	12.99
Cl$^-$平均濃度	4.29	5.29	5.49

表-3　コア分析結果(鉄筋探査不可)(kg/m^3)

コアNo.	No.7	No.8	No.9
Cl$^-$最大濃度	16.56	15.19	13.79
Cl$^-$平均濃度	8.19	10.75	8.07

(2)塩化物イオン濃度の分析結果

ＥＰＭＡ分析結果を**図-3** に示す．**図-3** は塩化物イオン量の分布状況を示し，**図-4**，5 のグラフは採取したコアの塩化物イオン濃度分布を示す．分析結果より，鉄筋が探査できなかったコアNo.8 では塩化物イオン濃度は高く，コアNo.10 では低いことが確認された．

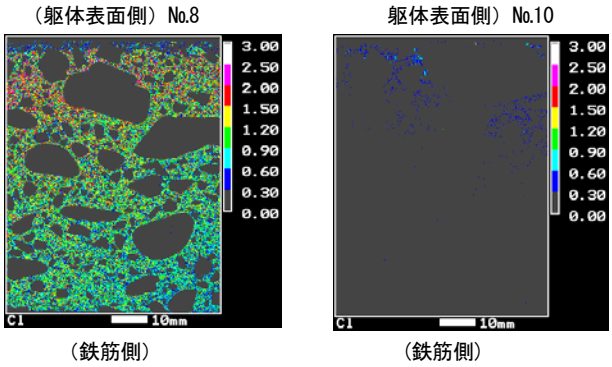

図-3　ＥＰＭＡ分析結果

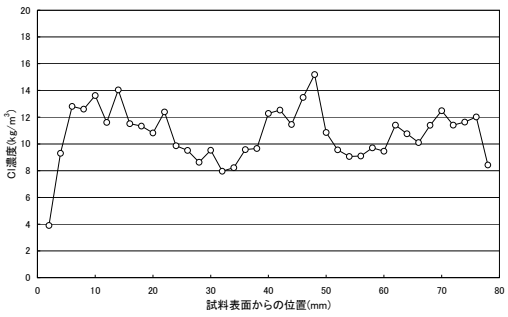

図-4　Cl$^-$濃度分析結果（コアNo.8）

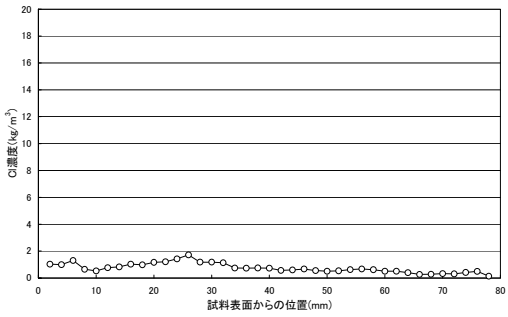

図-5　Cl$^-$濃度分析結果（コアNo.10）

(3)調査結果と鉄筋腐食状況との比較

本調査では補修工事に併せて鉄筋の腐食状況を調査した．鉄筋の腐食状況と調査結果の図を重ね合わせると，鉄筋が探査できない範囲と腐食している範囲がほぼ一致していることが確認できた．

なお，**図-6** において，赤色は鉄筋の著しい腐食，青色は表面の錆び，黒色は健全な状態を示す．

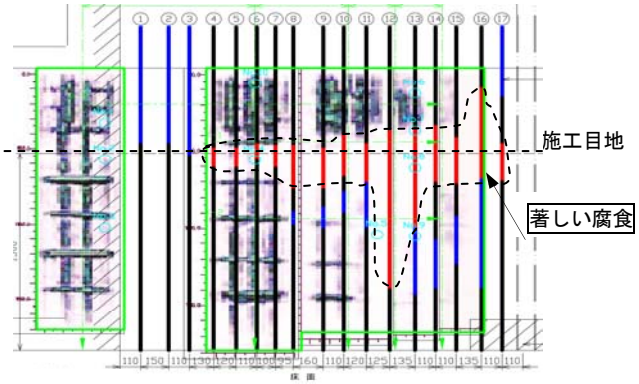

図-6　鉄筋腐食状況と探査結果

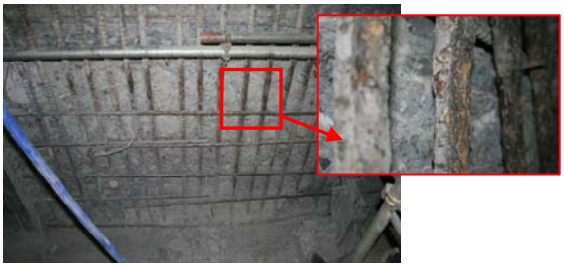

図-7　鉄筋腐食状況

４．まとめ

今回の調査では，実構造物において電磁波と塩化物イオン量との間に相関性が認められることが判明した．この結果を踏まえ，電磁波レーダを使った塩害調査への適用事例として，

a)塩化物イオンが含まれているかの定性的判断
b)塩化物イオンの平面分布状況の把握
c)コンクリートコア採取位置の選定把握

上記の 3 項目が考えられ，詳細調査の事前調査等，コンクリート構造物の塩害調査の効率化が期待できる．また，本調査方法は塩化物イオンの分布状況を面的に捉えることができることから，コンクリート構造物の維持管理における一つの調査手法としての使用が期待できる．