分光分析法を用いた非破壊コンクリート診断システムの開発

株式会社 IHI インフラシステム　正会員　○戸田　勝哉
株式会社 IHI インフラシステム　中村　善彦
株式会社 IHI 検査計測　倉田　孝男

１．まえがき

コンクリート構造物を診断する技術は，コア抜きによる調査や非破壊検査などが一般的に行われている．しかし，これらの測定は，調査のための足場が必要であり，コア抜きするには鉄筋位置など検査位置の制約があるので場所が限られる．分光分析は，非破壊でコンクリート表面の複数の劣化因子を定量化する技術として研究開発が行われてきた[1)]．本論文は，診断システムで用いる検量線の作成，護岸の測定結果について報告する．

２．非破壊コンクリート診断システム概要

図-1 に診断システムのプローブヘッドの概要を示す．本診断システムでは，ハロゲンランプをコンクリートに照射して，得られた反射光を分光分析する．図-2 に診断システムの出力フローを示す．測定時の波長域は，900～1700nm である．なお，分光分析によって得られた結果は，ケモメトリックスによる重回帰分析を行い，劣化因子の定量化を行った．ケモメトリックスは，上記波長域における塩化物イオン等に起因する複数の波長の相関を取ることで，外乱因子の影響を軽減できる手法である[2)]．また，測定された距離は，車輪と連動したエンコーダーにより測定位置を出力する．アウトプットは，各測定位置における塩化物イオン濃度，中性化，水セメント比等である．

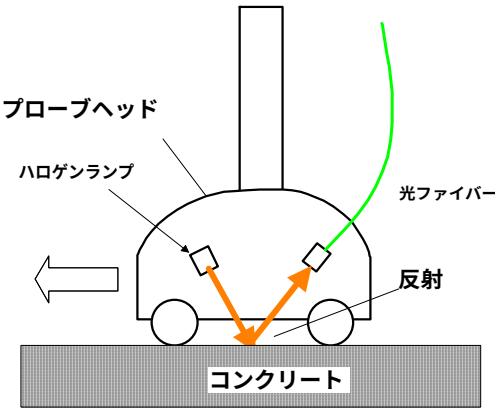

図-1　プローブヘッド概要

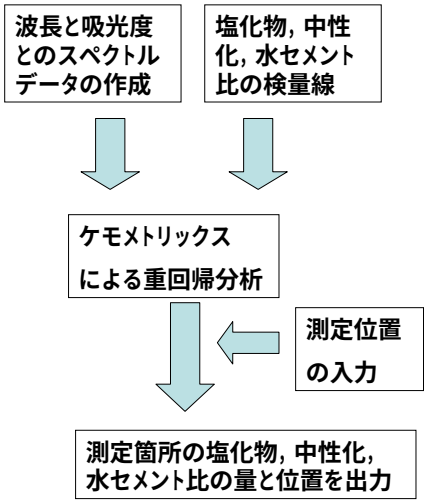

図-2　出力フロー

３．検量線の作成

実構造物のコンクリート表面を測定するためには，中性化の影響を軽減しなければならない．この理由は，中性化された状態と打設直後の状態では，出力結果が異なるためである。そこで，今回作成した検量線は，塩化物イオン濃度を変化させた試験体で中性化促進（CO_2 濃度 5%、温度 20℃、湿度 60%）を所定の期間行った．作成した検量線は，塩化物イオン濃度(0，1，3，5，10，20kg/m^3)，中性化促進期間(0，1，4，13 週)，水セメント比(40，50，60%)である．塩化物イオン濃度は，中性化促進終了後コンクリート表面の全塩分濃度(JCI-SC4)より求めた．

図-3 に，中性化促進 13 週における塩化物イオン濃度の検量線の測定結果を示す．この図より，コンクリート表面が完全に中性化されたにも関わらず，塩化物イオン濃度の設定値とケモメトリックスより出力された出力値が対応す

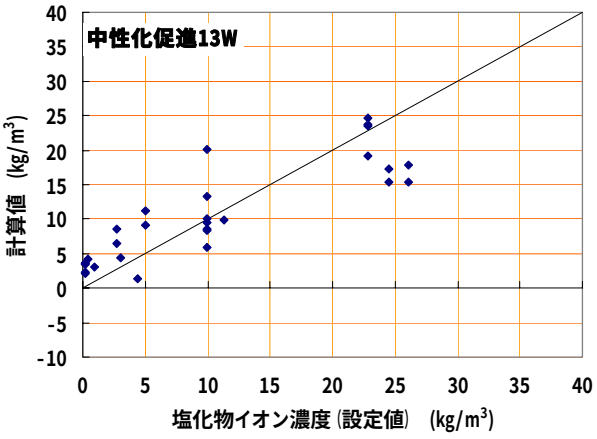

図-3　中性化促進させたコンクリートの塩化物イオン濃度の検量線

キーワード：海洋構造物，塩害，腐食，分光分析，非破壊
連絡先：〒108-0023　東京都港区芝浦 3-17-12　吾妻ビル　TEL03-3769-8604　FAX 03-3769-8608

る検量線が作成できた.

図-4 に,塩化物イオンの相関係数出力結果を示す.1400nm 付近に高い相関関係のあるピークが存在することが観測された.同様に,中性化および水セメント比の検量線を作成した結果,中性化の有無に関わらず検量線を作成することができた.全ての検量線で,設定値と計算値の間に相関関係を明確に見出すことができたので,この波長領域でのコンクリート表面の塩化物イオン濃度,中性化,水セメント比の計算結果の出力が可能となった.

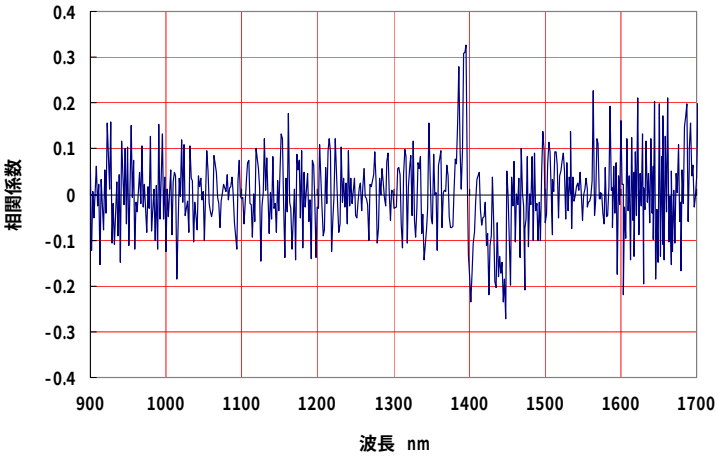

図-4 塩化物イオンの相関係数出力結果

4．護岸の測定結果

測定対象であるコンクリートは,施工後 40 年経過したケーソンで,常時海水の影響を受ける海洋構造物である.コア抜きして表面から 10mm までの全塩分濃度を測定した結果,9.8～15.8kg/m³ までの範囲で分布していることが確認されている.

図-5 に測定状況を示す.測定範囲は,150×100mm の面積を,エンコーダーと連動することで 8mm ピッチの間隔で線的に測定し,出力することが可能である.図-6 に,護岸の表面塩化物イオン濃度の出力結果を示す.図中では走査距離 1m を超えたあたりで,30kg/m³ を超える高い濃度の塩化物イオンが存在することが分かる.このように,本診断システムは,塩化物イオン濃度が高い位置を検出することが可能である.また,本診断システムでは,太陽光などの外乱因子の影響が軽減でき,光源からの距離を一定にできるので,測定結果の高精度化が可能となった.さらに,1 回の測定で,炭酸カルシウムの濃度分布や水セメント比の分布を出力することが可能であるため,複数の劣化診断が可能であることがわかった.

図-5 護岸の測定状況

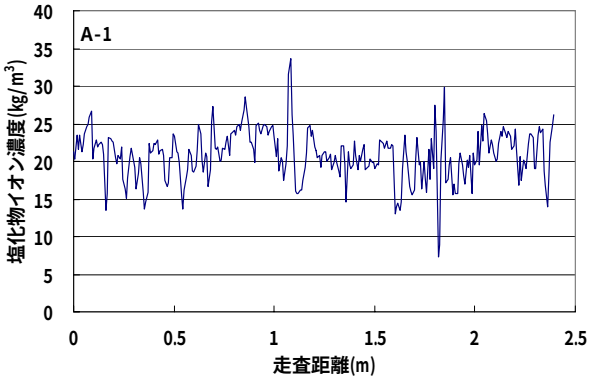

図-6 護岸の測定結果

5．まとめ

外乱因子の影響を受けない検量線およびプローブヘッドが完成したことで,非破壊検査での実構造物のコンクリート診断が可能となった.この診断システムを用いれば,非破壊検査を実施する位置や,コア抜きを実施する箇所の選定のためのスクリーニング手法として役立つ.さらに,現場で短時間に,劣化因子の物質の同定および定量化,劣化箇所の検出が可能であるため,実用的なコンクリート診断システムといえる.今後は,実構造物を測定し,そこで得られる課題の抽出や光源の改良等を進める予定である.本診断システムが実用化されれば,非破壊検査の簡略化,検査の簡略化,構造物の診断精度の向上が期待される.

＜参考文献＞

1) 戸田勝哉,倉田孝男:マルチスペクトル法を用いた実橋梁のコンクリート表面塩分測定に関する研究,土木学会第 64 回年次学術講演会,pp.701-702,2009
2) 戸田勝哉,倉田孝男,喜多達夫,魚本健人:ケモメトリックス手法を用いた近赤外領域でのコンクリート診断技術開発,コンクリート工学,Vol.45,No.11,pp.20-26,2007