鉄筋腐食に伴うコンクリート表面鉄分量測定へのポータブル蛍光Ｘ線分析装置の適用

東海旅客鉄道株式会社　正会員　○長谷川　昌明
正会員　　久保淳一郎　フェロー　関　　雅樹
正会員　　荒鹿　忠義

１．はじめに

コンクリート構造物の維持管理においては，経年劣化による構造物の耐力や性能の低下度を把握する必要がある．しかし，実際には目視主体の検査によってこれらを把握することは困難である．

ところで，コンクリート構造物の耐力を評価するにおいては，内部の鉄筋の腐食状態を知ることは有用である。鉄筋の腐食度を調査する場合，コンクリートをはつり鉄筋を目視・採取するか，もしくは自然電位・分極抵抗の測定が用いられる[1]．これらは鉄筋の腐食量を可能な限り正確に知ることが可能であるが，コンクリートを一部壊す，あるいは手間がかかるといった課題がある．筆者らは，実際のコンクリート構造物の健全度を把握するにおいては，鉄筋の腐食量を必ずしも正確に知る必要はなく，腐食レベルの差が判断できれば十分と考えており，現地で非破壊にて簡易に鉄筋の腐食度を判定できる手法を開発している．鉄筋の腐食が進行することによりコンクリート表面にひび割れが発生し，錆汁が生じることに着目し，ポータブル型蛍光X線分析装置にてコンクリート表面のひび割れ部の鉄分を含む元素成分をオンサイトで定量的に測定し，内部鉄筋の腐食度の推定を試みるものである．本稿ではまず装置の有用性および鉄筋の腐食との相関が得られるか，実験的に検討を行なった．

２．ポータブル蛍光X線分析装置による鉄分量測定

測定機器は，**写真－1** に示す土壌汚染の環境計測に実績のあるポータブル型蛍光X線分析装置を用いた．本装置はオンサイトで簡易に成分分析ができるとともに，コンクリート中の塩化物といった微量の軽元素の検出感度を高めた機器[2),3)]である．

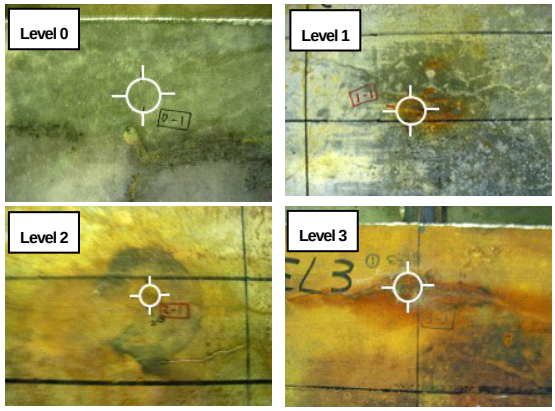
本装置の有効性を確認するため，鉄筋の腐食度をかえた4つの供試体（幅 240mm×高さ 360mm×長さ 3000mm の RC はり部材，かぶり：主鉄筋 38mm）で測定を実施した．内部鉄筋を早期に腐食させるため，はりを積算電流量 6.14A·日（以後「Level 1」と呼ぶ），61.40A·day（「Level 2」および 170.54A·day（「Level 3」）の 3 種類によって電食させた．比較のため電食させない試験体（打設してから 2 ヶ月程度自然環境に暴露）を「Level 0」とした．

測定は，**写真－2** に示すように，Level 0 を除く各供試体において鉄筋を腐食させひび割れが生じた下面を上に向けて，ひび割れ箇所を任意に 10 測点程度蛍光X線分析装置により成分の分析を行った．Level 0 の供試体では表面から任意に 3 点選定し，同様に分析を行った．

写真－1　ポータブル型蛍光Ｘ線分析装置

写真－２　蛍光Ｘ線分析装置による測定状況

各供試体の測定面の状況を**写真－3** に示す．電食の電流を大きくし，鉄筋の腐食が大きい供試体ほどひび割れからの錆が多く発生しているように見える．

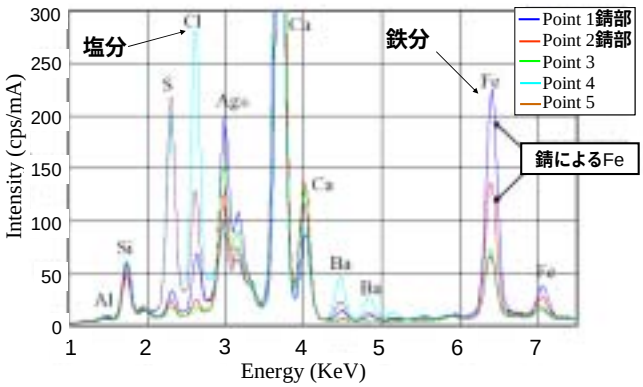


写真－3　各供試体の測定面の状況

蛍光X線分析装置により得られたスペクトルの一例を**図**

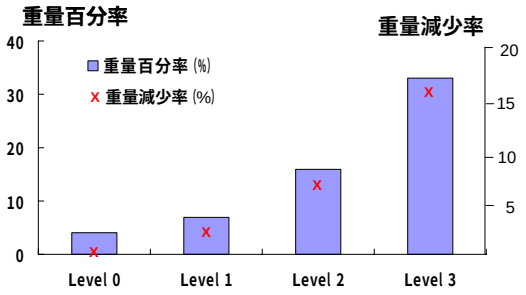
キーワード　蛍光X線分析装置，鉄筋腐食，鉄分量，非破壊，オンサイト分析
連絡先　〒485-0801　愛知県小牧市大山 1545-33 東海旅客鉄道㈱　総合技術本部　技術開発部　TEL:0568-47-5374 FAX:0568-47-5364

ー1 に示す．コンクリートの成分である Ca や Si のほか，Cl や Fe を検出していることがわかる．Cl は外部溶液（3%食塩水）からの電食による侵入であると考えられる．各供試体の測定結果から，鉄筋の腐食が大きい試験体ほど Fe のスペクトル強度が大きいことがわかった．また，鉄筋に含まれるその他の元素，例えば Al や Zn については，もともとの量が微量であることもあり，コンクリート表面での有意な差は見られなかった．



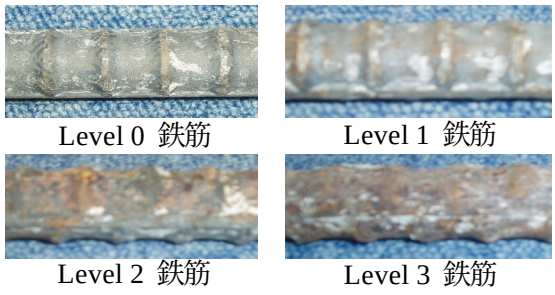
図ー1　測定スペクトルの例

測定により得られたスペクトルから，各元素の重量百分率を計算し，鉄分について示したものが**図ー2** である．図より，鉄筋腐食の進んだ試験体ほどひび割れを通ってコンクリート表面に鉄分が漏出している傾向が，この装置により捉えられている．また，本装置によりコンクリート表面の鉄錆を定量化できることがわかった．



図ー2　表面の鉄分重量百分率と内部鉄筋の重量減少率

試験終了後に試験体を解体し、鉄筋の重量減少率を測定した結果，Level 0 で 0%，Level 1 で 2%，Level 2 で 6%，Level 3 で 15%であった（**図ー2**）．参考に，各試験体より取り出した鉄筋の腐食度合いを**写真ー4** に示す。このことから，鉄筋の腐食による重量減少とひび割れから生じる錆汁の鉄分量とは相関があると言える．



写真ー4　各レベル試験体中の鉄筋の腐食状況

3．まとめ

本研究では，ポータブル型蛍光X線分析装置によりコンクリート表面の鉄分量を定量的に測定が可能であることがわかった．また，内部の鉄筋の腐食量と測定鉄分量との相関が得られることがわかった．

本試験においては，試験体の種類や試験条件が少ないことから，鉄分量と鉄筋腐食量との定量的関係式の提案には至らないが，今後試験を積み重ねることで，オンサイトでのポータブル型蛍光X線分析装置による鉄分の測定量から内部鉄筋の腐食量を推定できる可能性がある．その結果，鉄筋の残存耐力から構造物が現在保有する耐力や性能を知ることができると考えている．

4．おわりに

この手法を確立するためには，鉄筋の腐食度に加え，今後は鉄筋径やかぶり厚，コンクリート強度などをパラメータとした数多くの試験を実施する必要がある．さらに，本装置はポータブルでオンサイトでの測定が可能であることが特徴であるが，現場のコンクリート構造物はそれぞれ環境条件が異なるため，環境条件による違いがコンクリート表面の元素成分に及ぼす影響を，現場での測定実績を積み重ねて解明する必要がある．

なお，蛍光X線分析装置によるコンクリート表面の成分分析につきましては，試験の実施およびデータ整理にあたり，アワーズテック株式会社中嶋様，永井様にご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説（コンクリート構造物），財団法人鉄道技術研究所編，丸善株式会社，2007.1

2) 金田尚志・石川幸宏・魚本健人：ポータブル型蛍光X線分析装置を用いたコンクリートの分析，コンクリート工学協会論文集 28 巻 1 号，pp.1793-1798，2006

3) 金田尚志・魚本健人：塩化物測定用ポータブル型蛍光X線分析装置の開発，コンクリート工学協会論文集 29 巻 1 号，pp.1095-1100，2007