

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

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、ひび割れを導入した暴露試験体を用いて長期的に表面鉄分量の測定を行い、その変化について考察をする。

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。筆者らは、鉄筋を電食させた試験体を用いてコンクリート表面の鉄分量を定量的に測定し、内部鉄筋の腐食量と測定鉄分量の相関性から本装置の有効性を示した⁴⁾。



写真-1 ポータブル型蛍光X線分析装置

そこで、本装置による表面鉄分測定量から内部鉄筋の

腐食量を推定する手法を確立するためには、鉄筋の腐食度に加え、内在塩分、コンクリート強度(水セメント比)、鉄筋かぶり厚、ひび割れ幅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と考えた。本試験のために、上記パラメータを変数とした表-1に示す42本の試験体を準備した。

表-1 試験体一覧

内在塩分	水セメント比(%)	鉄筋被り厚(mm)	ひび割れ幅(mm)	製作数(本)	付与番号
なし	60	10	0.1	3	60-0-10-1~3
			0.2	3	60-0-10-4~6
		20	0.1	3	60-0-20-1~3
			0.2	3	60-0-20-4~6
		30	0.1	3	60-0-30-1~3
			0.2	3	60-0-30-4~6
	70	10	0.1	3	70-0-10-1~3
			0.2	3	70-0-10-4~6
		20	0.1	3	70-0-20-1~3
			0.2	3	70-0-20-4~6
		30	0.1	3	70-0-30-1~3
			0.2	3	70-0-30-4~6
あり 1.2kg/m ³	60	20	0.1	3	60-1.2-20-1~3
			0.2	3	60-1.2-20-4~6

試験体の形状および寸法は図-1に示すとおりであり、幅100mm×高さ100mm×長さ400mmの直方体にSD295、D6の鉄筋1本を試験体下面のかぶり厚がそれぞれ10mm~30mmとなるよう内部に配置した。試験体のコンクリートを打設して28日後に、載荷試験装置を用いて各試験体下面中央部にそれぞれ0.1mm~0.2mmのひび割れが入るよう載荷を行った。実際に試験体に導入されたひび割れ幅は、0.1mm~0.3mmとなった。試験体の外観を写真-2に示す。

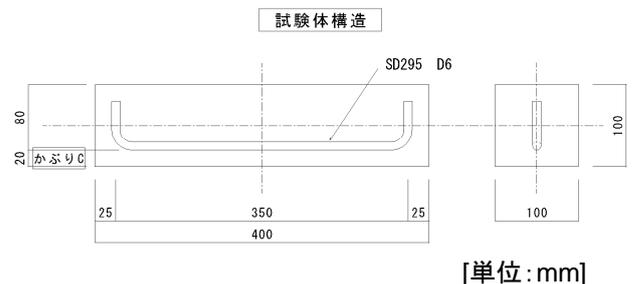


図-1 試験体形状および寸法

試験体の鉄筋腐食促進は、電食とせず暴露試験により行うこととした。そこで、本試験においては、試験体を日当たりのよい屋外に暴露し、1日1回3%食塩水をひび割れ部にしみ込ませて、試験開始後1ヵ月後および4ヵ月後に表面鉄分量の測定を行った。

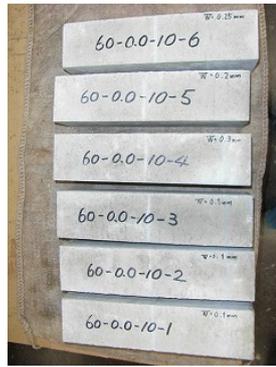
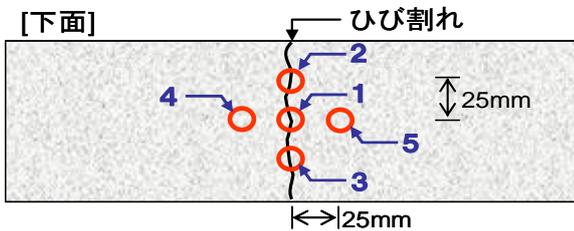


写真-2 試験体外観

各試験体の表面鉄分量測定位置を図-2に示す。ひび割れに沿った中央部および上下2箇所、ひび割れから左右に25mm離れた箇所2箇所の計5箇所とし、それぞれ図に示す測定番号を付した。



1:中央、2:25mm上、3:25mm下、4:25mm左、5:25mm右

図-2 試験体測定位置

腐食促進1ヵ月後の全試験体の測定位置1から5における表面鉄分量の重量百分率を図-3に示す。なおこのとき、全試験体の表面における錆汁の発生に有意な差は見られなかった。

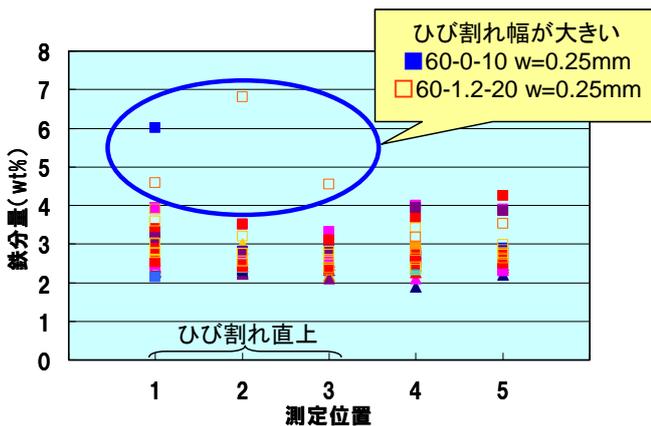


図-3 腐食促進1ヵ月後の測定結果

図より、ひび割れ幅の大きい試験体でひび割れ直上部において、他の試験体より相対的に多くの鉄分量が検出されていることがわかる。次に、腐食促進1ヵ月後と4ヵ月後の鉄分量の比較を3つの試験体を対象に図-4に示す。

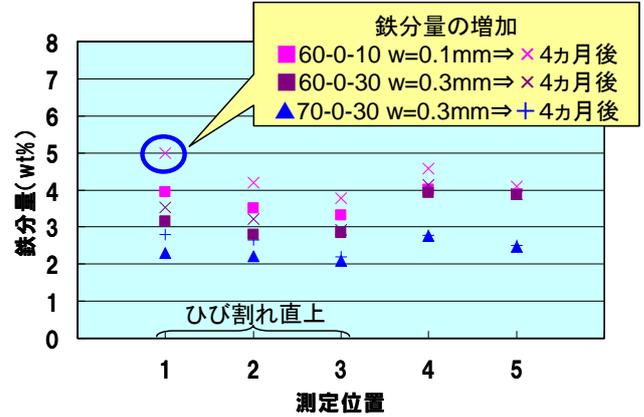


図-4 腐食促進1ヵ月後と4ヵ月後の比較

図より、ひび割れの大きさに関わらず鉄筋の腐食の進行に伴いひび割れ部の表面鉄分量が増加しており、それを定量的に捉えていることがわかる。

3. まとめ

本試験の結果、ひび割れの大きい試験体ほど内部鉄筋の腐食が進行し、それに伴い相対的に表面鉄分量が多く測定されることがわかった。しかし、内部塩分量や鉄筋かぶり厚、水セメント比による有意な差は得られなかった。引き続き、暴露試験を継続し多くのデータを取る必要があるものと思われる。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

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。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
- 4) 長谷川昌明・久保淳一郎・関雅樹・荒鹿忠義: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, 63 回土木学会年次学術講演会講演概要集, V-177, pp.353-354, 2008.9