

蛍光 X 線分析計を用いたコンクリート表面塩分調査

本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 ○堤 仁志
正会員 麓 興一郎
正会員 小川 和也

1. はじめに

塩害の原因となるコンクリート中の塩化物イオンは、骨材等による内在塩分及び飛来塩分等による外来塩分に起因し、コンクリート表面に付着した外来塩分は時間の経過とともに内部に浸透する。

既設コンクリート構造物中の塩化物イオン量は、ドリル法やコア法により試料を採取し、室内試験により分析することが一般的であるが、試料採取箇所は必ずしも表面塩分濃度の高い箇所を選定しているとは限らず、無作為であることも多い。

近年、従来では検出できなかった軽元素の測定が可能な蛍光 X 線分析計が開発されている。今回、蛍光 X 線分析計を用いてコンクリート表面の塩素量を測定し、表面塩素の分布状況を定量的に確認して試料採取箇所を選定する方法を試行し、スクリーニング手法としての蛍光 X 線分析計の適用性を考察した。本報は、その結果の報告である。

2. 使用機器

調査には、オリンパス製ハンドヘルド蛍光 X 線分析計 DELTA Premium を土壌 (Soil) モードにより使用した。当該機器は対象物材料の成分元素を ppm から 100% までの濃度で、素早く非破壊で分析可能な携帯型の分析計である。土壌 (Soil) モードは、主に農地の土壌調査等に使用されているものであるが、本モードで塩素が検出可能であることから、今回、試行的にコンクリート構造物の表面塩分調査に使用した。なお、当該機器の塩素検出限界は 200ppm である。

当該機器の重量は約 2kg であり容易に持ち運びができ、電源はリチウムイオンバッテリーにより 4～6 時間の使用が可能である。写真-1 のとおり X 線を放射する照射口を対象物に密着させて使用し、放射した X 線の波長を検出器で検知し測定する。検出範囲は直径 10mm である。



写真-1 使用機器の測定状況

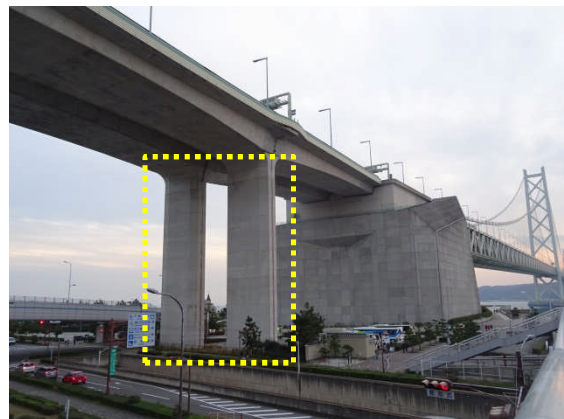


写真-2 調査対象橋脚（写真右が海側）

3. コンクリート表面塩分調査概要

本調査の対象としたコンクリート構造物は、神戸淡路鳴門自動車道の舞子高架橋（PC 8 径間連続ラーメン箱桁橋）である。当該橋梁は明石海峡大橋の神戸側取り付け高架橋であり、写真-2 のとおり海峡部に近接しているため、特に冬季の季節風により飛来塩分を含む海風の影響を受けやすい環境にある。

キーワード コンクリート、塩害、塩化物イオン、調査

連絡先 〒655-0852 兵庫県神戸市垂水区名谷町 549 番地 TEL : 078-709-0084

本調査は当該橋梁のうち、最も海に近い P7 橋脚の海側面において実施した。調査測点は図-1 のとおり高さ約 40m、幅約 10m の橋脚に対し、1 橋脚あたり鉛直方向の側線（約 5m 間隔で 4 側線）と水平方向の側線（約 3m 間隔で 3 側線）が交差する 12 点×2 橋脚の計 24 箇所を測定した。なお、測定値のばらつきを確認するため、1 箇所あたり各 3 回測定した。また、表面塩素以外に、深さ方向の塩素についても塩素分布の傾向が把握できるかを確認するため、上り線及び下り線の測点⑤において、表面から 20mm 毎にドリル法により試料を採取し、当該機器を用いて測定を行った値とコア法により採取した試料の室内試験結果を比較した。

4. コンクリート表面調査結果

表面塩素を測定した結果を表-1 に示す。表面塩素の分布として、鉛直方法では橋脚基部、水平方向では上り線側の塩素濃度が濃い傾向にある結果となった。この結果から当該橋脚は飛来塩分を含む季節風（西風）の影響を受けており、付着した表面塩分は降雨により洗い流され、橋脚基部に滞留していることが推測できる。

1 箇所あたり各 3 回測定の結果については、最大で 1,000ppm 程度のばらつきがある測点はあったものの、ばらつきの平均値は±300ppm 程度であった。なお、各測定時に機器に表示される標準偏差は±50ppm 程度だったため、この測定値のばらつきは測定時の検出範囲（直径 10mm）のばらつきによるものと考えられる。

また、深さ方向の調査では、図-2 のとおり室内試験結果（塩化物含有量）と測定値（塩素濃度）の分布傾向が概ね同様であった。

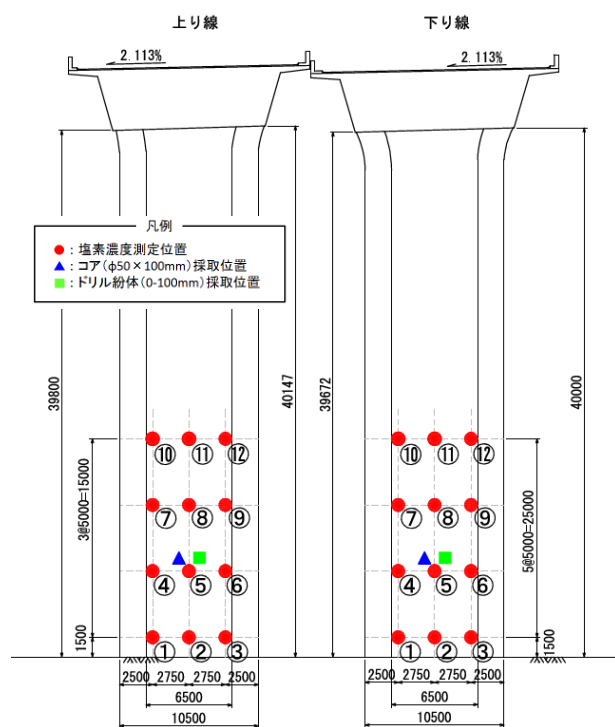


図-1 調査測点

表-1 コンクリート表面塩素測定結果

凡例： 200 < 1,000 < 2,000 < 単位: ppm

上り線						下り線					
⑩	741	⑪	948	⑫	687	⑩	530	⑪	554	⑫	658
	815		724		999		612		600		778
	653		1,087		1,407		855		926		857
⑦	641	⑧	977	⑨	954	⑦	595	⑧	1,140	⑨	839
	667		1,357		795		784		799		799
	792		1,798		972		753		915		956
	1,852		1,846		956		636		721		1,168
④	1,774	⑤	1,334	⑥	1,105	④	917	⑤	413	⑥	1,109
	2,222		1,660		1,034		693		1,023		1,273
	1,435		1,186		2,121		769		1,147		1,016
①	1,439	②	1,843	③	1,955	①	831	②	848	③	1,162
	2,270		1,793		3,050		758		1,276		1,351

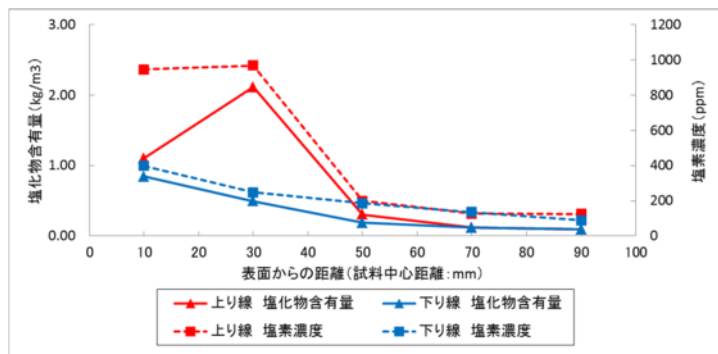


図-2 室内試験結果と測定値との比較

5. まとめ

今回調査の結果、測定値に多少のばらつきはあるもののコンクリート表面の塩素の濃度を定量的に把握することができ、さらに、深さ方向の塩素の分布傾向も把握できることがわかった。

深さ方向の傾向把握については、JIS A 1154: 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法では、試験のために約 20g の試料が必要であり、試料採取から分析機関へ依頼し結果を得るまでに数日要する。一方、当該機器を用いた方法では、試料が約 1g あれば試料を採取した現場で測定が可能であり、かなり簡易的である。

以上により、スクリーニング手法としての蛍光 X 線分析計の有効性を確認することができた。

なお、今回調査は 1 箇所 2 橋脚における限られたデータによる考察であるため、本手法の信頼性向上のためには、今後、更なるデータの蓄積が必要と考えられる。