

ポータブル型蛍光 X 線分析装置によるコンクリートの塩化物量の測定

東京大学生産技術研究所 正会員 ○金田 尚志

三協株式会社 正会員 佐藤 登

株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正会員 船越 博行

東京大学生産技術研究所 フェロー 魚本 健人

1. はじめに

コンクリート中の塩化物量の測定を行う際、一般に電位差滴定法が用いられている。しかし、試料の調整・分析に時間がかかることと、分析コストが高いという問題がある。そこで、現場で簡易に短時間で塩化物量の測定が可能なポータブル型蛍光 X 線分析装置に着目し、その適用性を検証してきた¹⁾。PC 橋から採取したコンクリートコアの塩化物量を測定した結果、従来の電位差滴定法による結果と同様な傾向を示した。本手法を導入することで、測定効率が大幅に向上することが確認された。

2. エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置の原理^{2, 3)}

X 線を試料に照射した時、試料から発生する蛍光 X 線を検出・分光して元素分析を行う装置を蛍光 X 線分析装置という。蛍光 X 線は、試料を構成する元素固有の波長(エネルギー)を持つので、簡単に定性分析ができ、各スペクトルの強度から組成分析ができる。エネルギー分散型は、X 線管が小型で空冷が可能であり、蛍光 X 線は半導体検出器で検出し、マルチチャンネル波高分析器で純電氣的に分光されるため、大きな分光部が必要ない。そのため、装置が小型化でき、ポータブル型への応用が可能となる。

3. 実験概要

3.1 検量線の作成

蛍光 X 線分析で塩素を検出するには、Cl-K α 線(2.621 keV)を用いる。これは、測定試料中の Cl が一次 X 線により励起され、K 殻の電子が外殻にはじき飛ばされ、その空孔を埋めるために L 殻の電子が落ちてくる際に 2.621 keV の蛍光 X 線を放射するからである。したがって 2.621 keV の蛍光 X 線強度から、Cl 濃度が推定できる。蛍光 X 線分析では、塩化物の状態(塩化ナトリウム、塩化マグネシウム等の化合物種類、固定塩分、可溶性塩分)によらず、Cl の絶対量を測定するので、全塩分量を検出している。

はじめに Cl 濃度が既知の標準サンプルから検量線を作成する。図-1 に Cl 濃度と蛍光 X 線カウント数の関係を示す。塩化物量が増えると、2.621 keV のカウント数が増えることが確認できる。ここで、2.621 keV を頂点とするスペクトル波形のピーク面積を用いて検量線を作成する。図-2 のように Cl 濃度と Cl ピーク面積の相関が非常に高いことが確認できる。したがって、Cl 濃度が未知の試料は、測定された蛍光 X 線スペクトルの Cl ピーク面積を検量線に代入することで、塩化物量が推定できる。

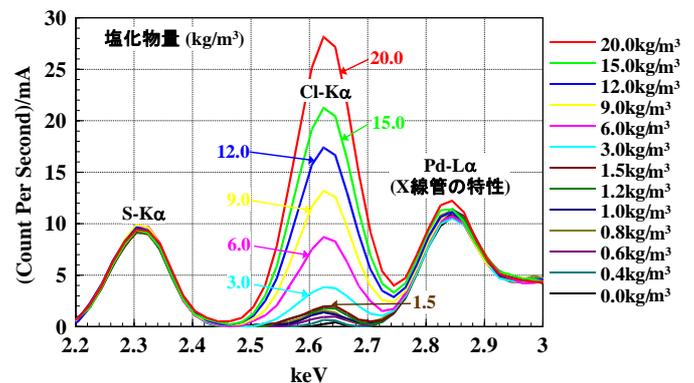


図-1 Cl 濃度と蛍光 X 線カウント数

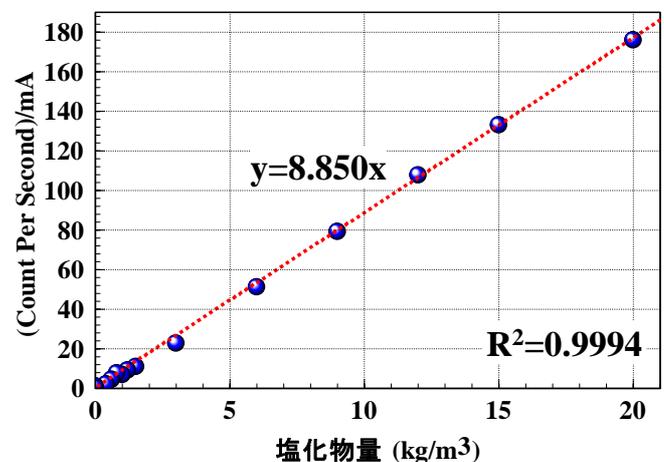


図-2 Cl 濃度と Cl ピーク面積の関係

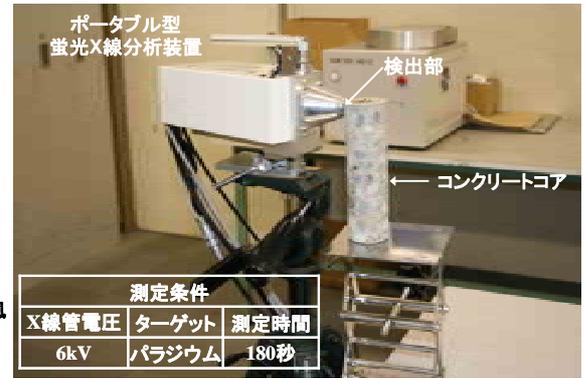
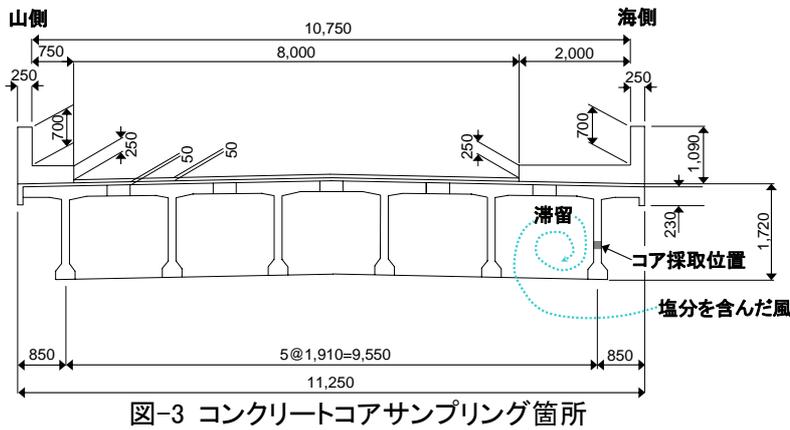


写真-1 コンクリートコアの塩化物量測定

3.2 コンクリートコアの塩化物量の測定

日本海側のPC T桁橋から採取したコンクリートコアの塩化物量の測定をポータブル型蛍光X線分析装置を用いて行った。図-3のとおり、T桁のウェブから貫通コアを採取し、コア側面の塩化物量を深さごとに測定した(写真-1)。一測定点につき180秒で測定し、深さごとに三箇所を平均とし、その深さの塩化物量とした。図-4に塩化物量の分布を示す。海側は風雨により、ウェブ表面が洗い流されるため、塩化物量は低い。山側は風雨の影響を受けにくく、海側からの塩分を含んだ風が主桁間に滞留するため、塩化物量が高くなっている。表面から0.5cmの塩化物量が大きく、1.5cmで急激に低下している理由は、コンクリートコアを確認したところ、表面から1cm付近に粗骨材が密集しており、塩化物の浸透経路が少なかったためと考えられる。従来の電位差滴定法の結果と比較しても同様な傾向を示していることが確認できる。

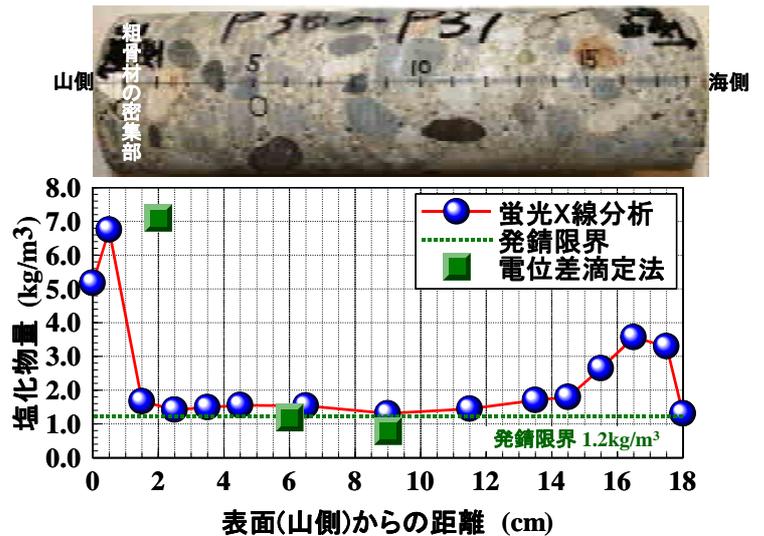


図-4 コンクリートコアの塩化物分布

4. 結論

蛍光X線分析装置により、コンクリート中の塩化物量が精度よく測定できることが確認された。一測定点の測定時間を短くすると精度が若干落ちるが、120秒以上に設定すると安定した測定結果が得られる。

従来の手法のように、コアサンプルを採取し、試験室に持ち帰って電位差滴定測定を行うより、測定時間が短縮され、現場で瞬時に結果を得ることができる。したがって、検査効率の向上ならびにコストダウンが可能となる。他の分析手法と比較し、蛍光X線分析法は化学薬品を使用せず、測定面の事前処理を必要としないため、非破壊、無公害、低エネルギー、環境負荷の少ない検査手法であり、コンクリートの劣化検査への応用が期待される。今後は、各種条件が測定精度に及ぼす影響について検討していきたい。

謝辞: 本実験を行うにあたり、アワーズテック株式会社の永井宏樹氏、中嶋佳秀氏に多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 金田尚志・石川幸宏・魚本健人: エネルギー分散型ポータブル蛍光X線分析装置によるコンクリートのオンサイト分析, コンクリート工学, Vol.44, No.6, 2006.6
- 2) 社団法人日本分析機器工業会: 分析機器の手引き, 2005.8
- 3) 中井泉編集・日本分析化学会 X線分析研究懇談会監修: 蛍光X線分析の実際, 朝倉書店, 2005.10