

# 簡易型ポータブル蛍光 X 線分析によるコンクリート中の塩分量の測定に関する研究

芝浦工業大学院 学生会員 ○松崎 晋一郎  
 アワーズテック(株) 永井 宏樹  
 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史  
 芝浦工業大学 フェロー会員 魚本 健人

## 1. 背景

今後、構造物のライフサイクルコストを低減させるためには、劣化状態を経済的かつ効率的に診断する手法が必要である。劣化現象の一つである塩害を取り上げると、従来の電位差滴定法は試料をサンプリングし、研究所等で微粉碎、試料乾燥などの多数の工程を踏むため、結果を得るのに数日かかり非効率であった。

一方、簡易型ポータブル蛍光 X 線装置は、作業工程が少なく簡易であり、試料当たりの測定時間は 5~10 分程度である。また従来の蛍光 X 線とは異なり軽量なため、現場で構造物を非破壊で測定することが可能である。本装置の適用に際し、測定精度および影響要因の把握が重要である。

## 2. 目的

本研究では、本分析法である蛍光 X 線法と公定分析法である電位差滴定法の相関関係を明らかにし、本分析法の精度と適用範囲を検討する。

## 3. 実験概要

供試体の作成に際し、練り混ぜ水に NaCl を溶かし塩分濃度を調整した。配合は水セメント比を 50%とし、骨材が分析精度に及ぼす影響を検証するためペースト(P)、モルタル(M)、コンクリート(C)の供試体を作成した(表-1)。以後、各供試体を図-1 のように表記する。養生は中性化による塩分の濃縮現象等の影響を排除するため、封緘養生した後に次の試験を行った。

### 1) 電位差滴定法(JIS A 154:2003)

### 2) 蛍光 X 線分析

試料に X 線を照射し、軽元素のスペクトル波形と強度を算出する。試料はドリル削孔した試料を模擬し、粉体試料は電位差滴定と同一のものを使用した。また、非破壊での測定を模擬し、供試体側面(以後、固体という)に直接 X 線を照射して測定を行った。

## 4. 実験結果

### 4.1 電位差滴定法による塩分量の測定

電位差滴定法と配合により求めた各供試体の単位体積あたりの推定塩分量の関係を図-2 に示す。両者はほぼ線形であるが、電位差滴定法による塩分量は推定値に比べ低い値を示した。電位差滴定法による塩分量は絶乾単位体積重量から求めたのに対し、推定値は全重量から算出したため、差が生じたと考えられる。

表-1 供試体条件と調整塩分量

記号	W/C (%)	練り水に溶かした塩分量(kg/m <sup>3</sup> )								
		0.0	0.1	0.5	1.0	3.0	5.0	10.0	25.0	
P	N	50	○	○	○	○	○	○	○	○
M			○	○	○	○	○	○	○	○
C			○	○		○			○	
P	BB	50	○	○	○	○	○	○	○	○
M			○	○	○	○	○	○	○	○
C			○	○		○			○	

\*モルタル(C:S=1:3)コンクリート(s/a=47%, Air=4.5%)



図-1 供試体の表記

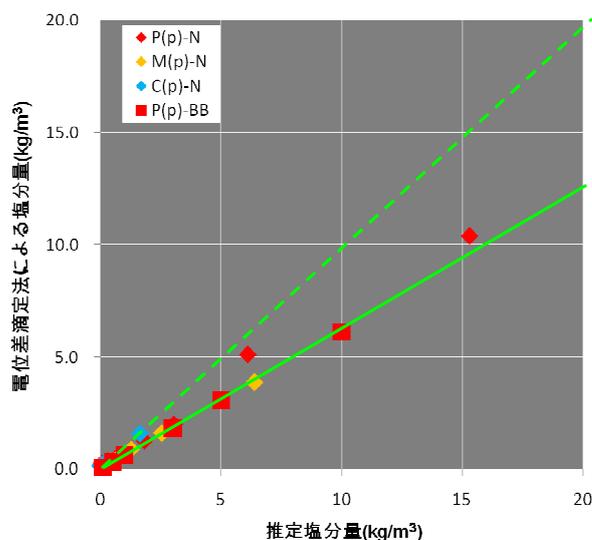


図-2 電位差滴定法と推定塩分量の関係

キーワード 塩害, 蛍光 X 線法, 電位差滴定法, 非破壊試験

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 Tel:03-5859-8356 E-mail:m509090@sic.shibaura-it.ac.jp

## 4.2 簡易型ポータブル蛍光 X 線分析

### 1) 蛍光 X 線法と練り混ぜ塩分量の関係

各供試体の蛍光 X 線法による塩化物の強度と配合より求めた塩分量の関係を図-3 に示す。粉体の試料では供試体の種類によらず高い精度を示した。一方、供試体を直接測定した場合は、塩化物の分布が不均質であるため、精度が低下していると考えられる。また、固体の試料では、供試体によらず塩分量 1.0kg/m<sup>3</sup> 以下の範囲でバラツキが大きく、精度が顕著に低下することが確認された。また、粉体の試料における塩化物の X 線強度に比べ、普通ポルトランドセメントは高い値、高炉スラグ B 種では低い値が得られた。これは、各セメント中の成分が塩化物イオンの固定化に起因していると考えられる<sup>1)</sup>ため、今後影響要因の検証が必要である。

### 2) 骨材の影響の確認

粉体と固体の試料の相違から、表層部と内部は骨材等の量が異なることが予想される。そこで、骨材がコンクリート表層の塩化物の X 線強度に及ぼす影響を把握する目的で、粉体の試料を用いてモルタル、コンクリートの骨材体積により補正した塩化物の X 線強度を図-4 に示す。補正後の強度は、供試体によらずほぼ同一の値を示すことから、粉体の試料では骨材による補正は可能であることを確認した。

## 4.3 電位差滴定法と簡易蛍光 X 法による比較

電位差滴定法と蛍光 X 線法による測定塩分量の関係を図-5 に示す。粉体の試料では供試体の種類、セメントの種類によらず同一の検量線で評価することが可能である。一方、固体の供試体では相関性が低く、正確な推定は困難だと考えられる。

## 5. 結論

- 1) 蛍光 X 線分析法と電位差滴定法の比較より、粉体の試料では両者は相関が高く、本試験で使用した簡易型ポータブル蛍光 X 線装置による塩分量の測定値は信頼性が高い。
- 2) 非破壊を模擬した固体では、バラツキがみられ、特に塩分量が少ない範囲では顕著に精度が低下する。

### 《参考文献》

宮原茂禎, 丸屋剛, 石田哲也: セメントおよび混和剤の種類が塩素の固定化に与える影響, 大成建設技術センター報 第39号(2006), 24-1~24-9

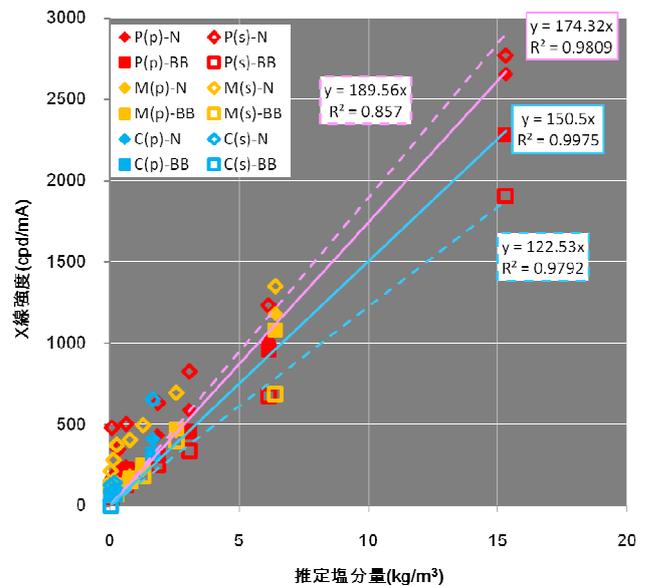


図-3 塩化物の X 線強度と推定塩分量の関係

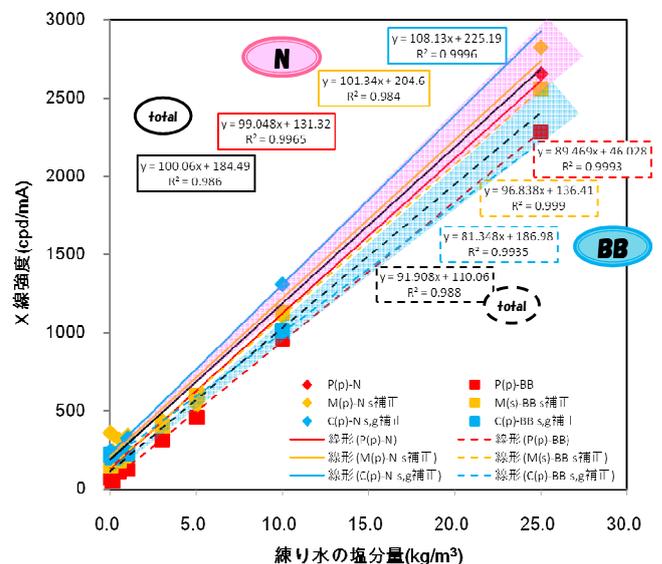


図-4 骨材量を補正した塩分量 (粉体)

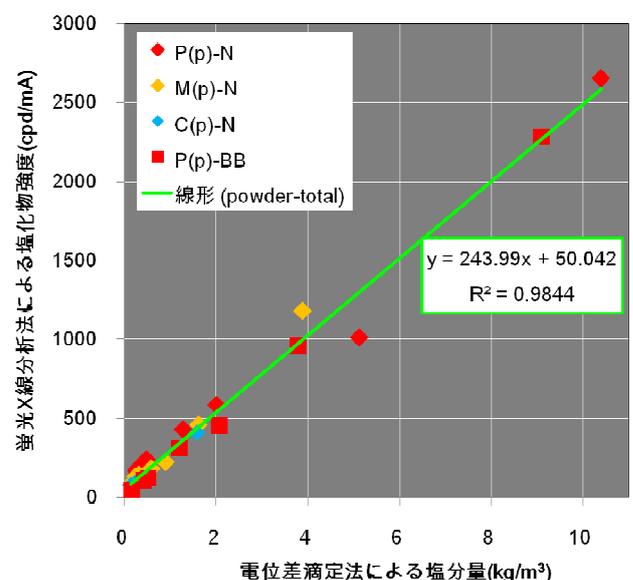


図-5 電位差滴定法と蛍光 X 線法の比較