

統計解析による EPMA 法に適したコア径の決定方法について

立命館大学 学生員 ○池田 唯順・宮地 修平
立命館大学 正会員 水田 真紀・岡本 享久・児島 孝之
太平洋セメント(株) 正会員 小川 彰一・森 寛晃

1. はじめに

近年,劣化診断の技術の進歩は目覚しく,多種多様な診断技術をコンクリート構造物のメンテナンスに応用する研究が行われている。画像による情報を与えてくれる電子プローブアナライザー(以下,EPMA)による面分析もその一つである。しかし,骨材の偏在が測定結果に大きな影響を及ぼすことが知られている。そこで,本研究では塩害劣化したコンクリートの EPMA 法による分析データを統計解析することにより,ある一定精度の塩化物イオン濃度プロファイルを作成し,その結果を得るために必要なコア径の決定方法について示す。

2. EPMA 法による面分析

2.1 分析試料の概要

表-1 分析試料

W/C	40%
暴露条件	NaCl 3%溶液 20 浸漬 3 年
試料寸法	75mm × 60mm

EPMA 法による分析に使用した分析試料の概要を表-1 に示す。最大粗骨材寸法は 20mm である。

2.2 分析方法

1 ピクセルの寸法を $100 \times 100 \mu\text{m}$ とし, 750×600 ピクセルの分析を行った。次にこの分析データを利用して塩化物イオン濃度プロファイルを作成するが,塩化物イオンがほとんど浸透しない骨材部分のデータを含めると EPMA 法で得られるカラーマップと異なったイメージの濃度分布になってしまう。そこで,既に提案されている手法^{1),2)}を用いて,骨材とセメントペースト部分を区別し,今後の統計解析ではセメントペースト部分の塩化物イオン濃度データを使用した。

3. 統計解析方法

解析のフローを図-1 に示し,以下に説明を加える。

まず,全データを統計処理することにより,データの分布状況,バラつきを調べ,正規分布として取り扱えるかどうかを判断する。

前章で記したが,EPMA 法による面分析では,ある限られた範囲内でも膨大なデータを得ることができる。この特長を活かし,表-1 に示す分析試料を 1 つのサンプルとする母集団(同様の環境にあるコンクリート全体)の塩化物イオン濃度プロファイルを推定する。

コア径を 30~50mm に変化させ,そのデータから得られた塩化物イオン濃度プロファイルと得られた推定値との適合性を判断する。ここで,コア径の異なるサンプルについては,表-1 に示す分析試料から抽出している。

1 本のコンクリートコアから,精度の高い塩化物イオン濃度プロファイルを作成できるコア径を決定する。

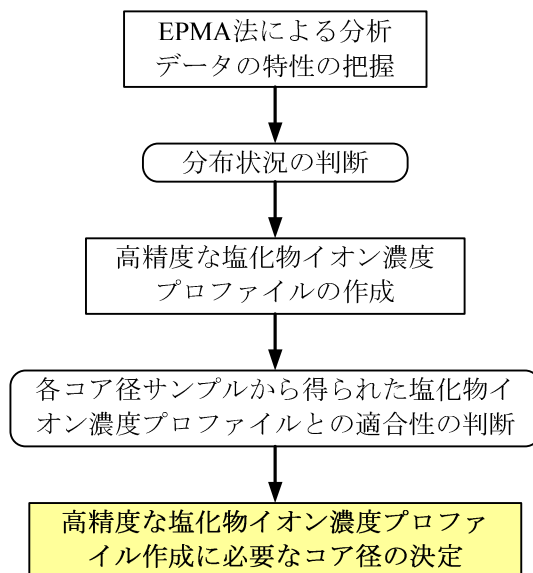


図-1 統計解析フロー

キーワード EPMA, コア径, 統計解析, 母平均の区間推定

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部都市システム工学科 TEL 077-561-3344

4. 統計解析結果および考察

4.1 母集団の塩化物イオン濃度プロファイルの推定

まず, EPMA 法による分析データについて統計処理を行った結果, 塩化物イオン浸透面から同一深さのセメントペースト部分の塩化物イオン濃度は, 正規分布に近似されると判断できた. このことから, 分析試料を 1 サンプルとする母集団の平均値(母平均)をある幅を持たせて推定することが可能である. また, この幅が推定の精度(信頼度)にあたる. 以下に, その手順を示す.

母集団の分散は未知であるので,

$$\text{標本平均} = \frac{\text{データの和}}{\text{データの数}}$$

$$\text{分散} = \frac{\text{データ数} \times (\text{データ})^2 \text{の和} - (\text{データの和})^2}{\text{データ数} \times (\text{データ数} - 1)}$$

$$\text{信頼限界} = \text{サンプル平均} \pm k \sqrt{\frac{\text{分散}}{\text{データ数}}}$$

ここで, k の値はデータ数が 30 以下のときは t 分布表, データ数が 30 以上のときは正規分布表を使用する.

よって, 信頼度を 95%としたとき, 母集団の塩化物イオン濃度プロファイルの信頼限界は図-2 の実線のように推定することができた.

4.2 コア径の決定

図-2 には, コア径を 30, 40, 50mm としたときの, ある深さのセメントペースト部分の塩化物イオン濃度の平均値も母集団の信頼限界とともに示している. コア径が大きくなるほど, セメントペースト部分の幅が増え, データ数も増加するため, 推定された母集団の信頼限界により近づいた. しかし, 今回検討した中で最小のコア径 30mm においても, 信頼限界から大きく逸脱することはなかったことから, EPMA 法による面分析では限られた測定範囲内でも膨大なデータを得ることができ, コア径を小さくすることが可能であることがわかった. 今回の検討では, 径 30mm のコンクリートコア 1 本でも, 十分な精度の塩化物イオン濃度プロファイルを作成できることを示すことができた.

5. 結論

EPMA 法による面分析では膨大な分析データを得られることから, 塩化物イオン濃度プロファイルを作成する場合に必要なコンクリートのコア径を小さくすることができる.

参考文献

- 1) 土木学会: コンクリート技術シリーズ No.69「硬化コンクリートのミクロの世界を拓く新しい土木学会規程の制定 - EPMA 法による面分析方法と微量成分溶出試験方法について - 」, pp.64-67, 2006
- 2) 森 大介, 細川佳史, 山田一夫, 山本正義: コンクリート中の塩化物イオン濃度プロファイル測定への EPMA の適用, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, pp.867-872, 2004

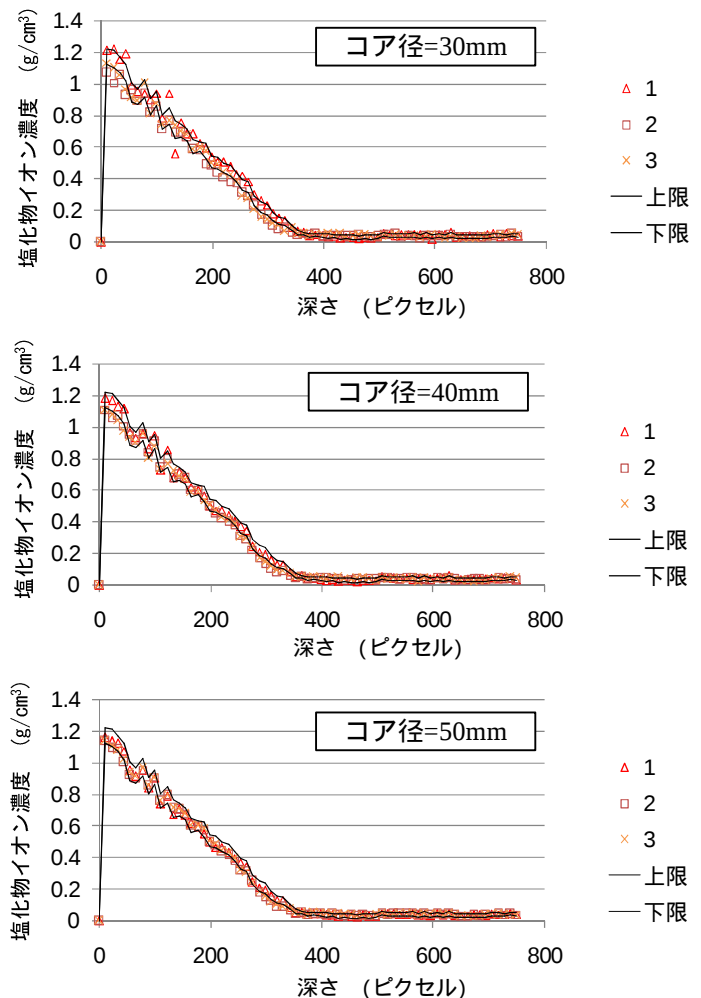


図-2 塩化物イオン濃度プロファイルの適合性