

立命館大学理工学部 学生員 ○池田 唯順

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, コンクリート構造物の様々な環境下における劣化が問題になっており, 劣化診断技術をコンクリート構造物のメンテナンスに活用するための研究が数多く行われている. 高分解能であり2次元画像データを得ることができる電子プローブマイクロアナライザー(以下, EPMA)による分析もその一つである. しかし, コンクリートの材料的不均質性の評価が不十分であるという問題がある. そこで, 本研究では塩害劣化したコンクリートの診断にEPMA法を適用する場合に, Cl<sup>-</sup>濃度の推定に影響する要因について検討した.

2. 研究概要

2. 1 試料データ

分析に使用した試料の概要を表-1 に示す. EPMA による分析領域は, 1 ピクセル 100×100μm とした.

2. 2 検討方法

EPMA 法による Cl<sup>-</sup>濃度を推定する際のコア採取条件と分析条件を確立するために, 図-1 に示す研究フローに従い検討を行った. 本研究では, コア採取条件は Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルの量的評価, 分析条件は Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルの質的評価によって決定できると考え, 量的評価ではコア径と本数, 質的評価ではペースト部と判断する濃度範囲について検討した.

3. 質的評価

3. 1 評価方法

高分解能であるEPMA法ではCl<sup>-</sup>が浸透するセメントペースト部のデータのみを抽出することが可能であり, その方法にはペースト部と骨材部の主な岩石の化学成分の違いを利用したものがある<sup>1)</sup>. しかし, ペーストと判断する各元素の濃度範囲(以下, ペースト濃度範囲)の決定方法は明確に定義されていない. そこで, ペースト濃度範囲の違いがCl<sup>-</sup>濃度プロファイルの精度に与える影響を検討した

3. 2 分析条件

各試料において, ペースト濃度範囲を表-2のように分

表-1 分析試料

試料番号	W/C	暴露条件	試料寸法
No.1	40%	沖縄沿岸 3年	75mm×50mm
No.2	50%		

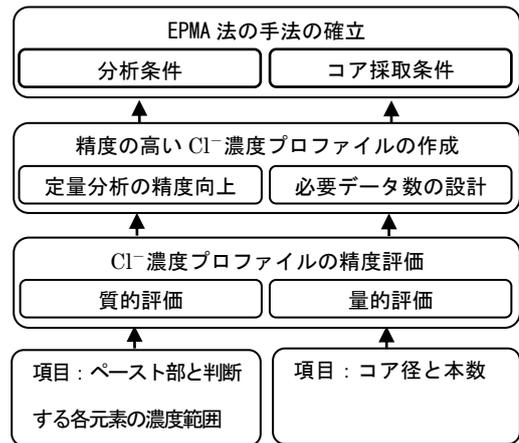


図-1 研究フロー

表-2 分析条件の分類

分析試料	ペースト濃度範囲 (mass%)			データ数
	番号	CaO	SiO <sub>2</sub>	
No.1	1	40 -45	15 -22	↓ 小 大
	2	37 -46	13 -23	
	3	32 -46	9 -29	
No.2	1	37 -43	15 -22	↓ 小 大
	2	35 -46	13 -25	
	3	30 -46	9 -30	

類し, 条件ごとに得られたペースト部分のデータより Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルを作成した結果を図-2に示す. 図-2より, ペースト濃度範囲を大きく取ると Cl<sup>-</sup>濃度は小さくなる事が分かる. これは, ペースト濃度範囲を大きく取るとペースト以外(骨材・空隙)のデータが増えるためだと推察される. しかし, 各分類条件において浸透面から同一深さの Cl<sup>-</sup>濃度の変動係数を求めたところ, 大きな差はなかった. したがって, ペースト濃度範囲の違いによりペースト部分のデータ数が多少変化しても, Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルに与える影響は大きくないと考えられる.

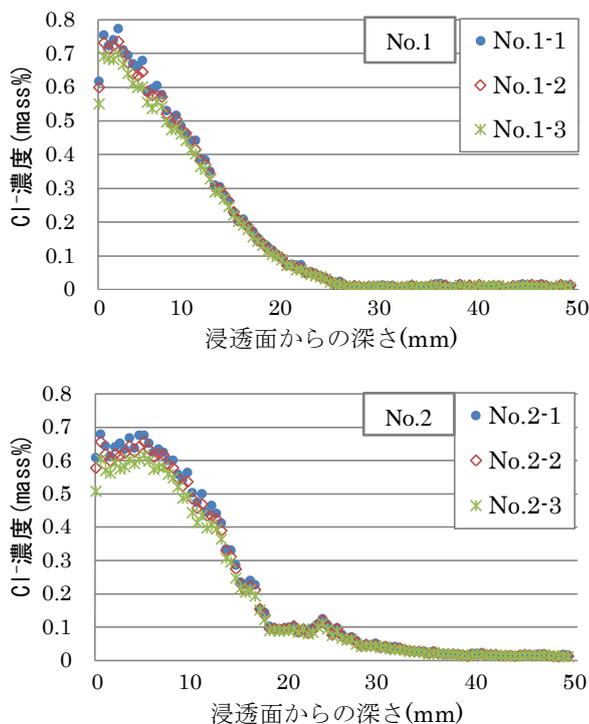


図-2 ペースト濃度範囲の異なる Cl<sup>-</sup>濃度プロファイル

#### 4. 量的評価

##### 4. 1 評価方法

まず、1本のコアのペースト部の全 Cl<sup>-</sup>濃度データから、コンクリート構造物全体の Cl<sup>-</sup>濃度の平均値を統計的手法を用いて信頼度 95%で区間推定し、その推定結果から Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルを作成した。次に、同一のコア内で、分析に用いる範囲を決め、その範囲をコア径と想定し、Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルを作成した。そして、区間推定した結果との適合性によりコンクリート構造物全体の Cl<sup>-</sup>濃度を推測するのに適したコア径と本数を検討した。

##### 4. 2 コア採取条件の提案

図-3 に示す方法で φ75mm のコアを、φ37.5mm コア 2本、φ25mm コア 3本に、分析範囲が重ならない条件で分け、Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルを作成した結果を図-4 に示す。ここで、信頼限界とは、ペースト部の全 Cl<sup>-</sup>濃度データの区間推定から得られた結果である。図-4 から分かるように、分析範囲が重ならないような範囲で Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルを作成すると、それぞれ形状が全く異なったものとなり信頼区間からも大きく逸脱する結果となった。これは、骨材の分布状況が異なること、表面の状態やコンクリートが置かれる環境により Cl<sup>-</sup>が浸透する初期値が異なることから、既往の報告<sup>2)</sup>と同様に Cl<sup>-</sup>がバラツキながら浸透していること

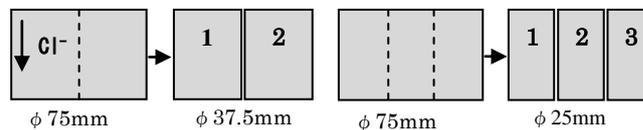


図-3 分析範囲

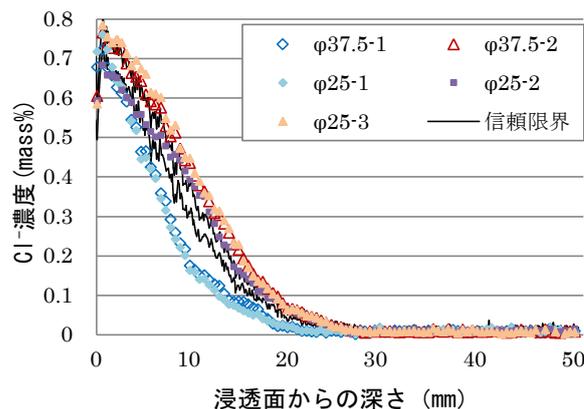


図-4 採取箇所の違いによる Cl<sup>-</sup>濃度プロファイル

を示唆している。また、コア径が 37.5mm と 25mm の Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルに差が見られなかったことから、EPMA 法ではコア径を小さくしても精度の高い Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルを得ることができると考えられる。つまり、小径コア試験法は、分析領域が微小で膨大なデータが得られる EPMA 法の特徴を活かした試験方法であるといえる。したがって、塩害による劣化状況を EPMA 法で診断する場合、大きいコアを 1本採取するより、コア径を小さくし複数本採取する方が信頼性の高い劣化予測が可能になると考えられる。

#### 5. 結論

(1) 本検討の範囲内では、ペースト濃度範囲の違いが Cl<sup>-</sup>濃度プロファイルに与える影響は大きくないと考えられる。

(2) コンクリート中の Cl<sup>-</sup>の浸透はコアを採取する場所によって異なる挙動となるため、複数本採取する方が信頼性の高い劣化予測が可能になると考えられる。

#### 参考文献

- 1) D.Mori et al.: Applications of electron probe micro analyzer for measurement of Cl concentration profile in concrete, Journal of Advanced Concrete Technology Vol.4, No.3, pp.369-383(2006)
- 2) 小松原健ほか: 塩害を受けたコンクリート構造物の塩化物イオン量の分布状況, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp2051-2056, 2006