

EPMAによるコンクリート中の塩化物量の定量化に関する検討

(株) 太平洋コンサルタント 正会員 ○大竹淳一郎, 正会員 小川 洋二
 太平洋セメント(株) 正会員 小川 彰一, 正会員 原 健悟
 (独) 土木研究所 正会員 森濱 和正

1. はじめに

近年、橋梁などの塩害調査では躯体の損傷を軽減するために小径コアが用いられている。しかし小径コアを用いた湿式分析はドリル法と同様に粗骨材の影響を受けやすい。このため、ペースト部で塩分濃度を評価できる EPMA により実構造物の塩害を調査し、小径コアによる塩害調査技術の可能性を見出した¹⁾。本報告では、土木研究所が保管する供用 30~35 年で実構造物から撤去した橋梁桁および橋脚について、φ25mm 小径コアと□80mm 平板を用いて EPMA によるコンクリート中の塩化物量の測定を実施し、スライス片による湿式分析結果、および土木研究所が過去に実施した調査結果^{2),3)}とを比較し、EPMA 法の妥当性について検討した。

2. 調査概要

調査対象は、日本海沿岸の A 橋桁、B 橋橋脚、C 橋の G2、G3 桁の全 4 躯体であり、それぞれから φ100mm のコアを採取した。これを図 1 のように調製し、各コアから φ25mm 小径コアを 3 本、□80mm 平板を 1 枚採取し、これらを用いて EPMA (測定元素: Cl, Si, S, Ca) を行った。そして残った部分は 2 cm 間隔で湿式分析を行った。なお、EPMA では、ペースト部分の Cl 濃度を見るために、 $5 < SiO_2$ 濃度 $< 30\%$ 、 $0.2\% < SO_3$ 濃度、 $7.5\% < CaO$ 濃度を示す部分を骨材と見なしてデータから排除した。図 2 に本報告における調査フローを示す。

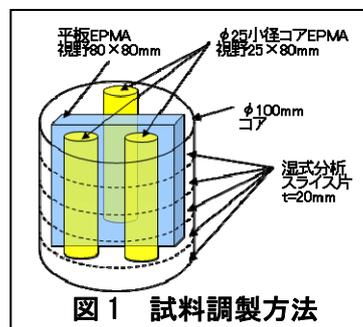


図1 試料調製方法

3. 方法および結果

面分析の結果を写真 1 に示す。小径コアは 3 本のうち 1 本のマッピング画像を掲載した。この面分析の結果を用いて、検量線法により Cl 濃度として定量化した。まず、骨材部分のデータを除去せず、試料中の深さ方向の Cl 濃度分布として図 3 に示した。その結果、小径コアでは 1 本毎の Cl 濃度に差が大きく、また、表 1 で示したとおり Fick

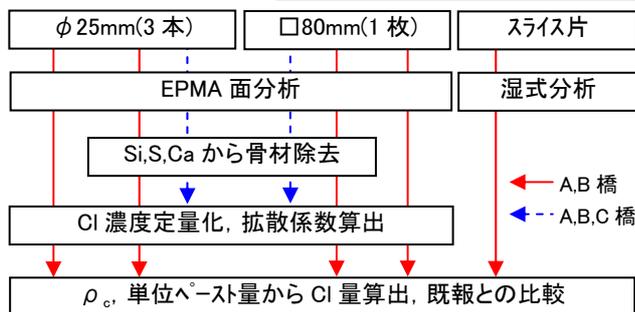


図2 調査フロー

の拡散方程式にフィッティングした見かけの拡散係数 D_a は、小径コア 3 本の平均値を採っても平板と大きな差が生じた。次に、骨材部分のデータを除去しペースト部の Cl 濃度として図 4 に、また D_a を算出した結果を表 2 に示した。ペースト部の Cl 濃度とすることで骨材の存在により生じる濃度の変動をほとんど受けず、小径コアを用いた場合でも各 3 本の差は小さくなり 4 躯体とも変動係数 CV は平均値のおよそ 8% 以内となった。

A 橋、B 橋について、EPMA で得られた Cl 濃度からコンクリート中の塩化物量 (kg/m^3) に換算し、湿式分析、

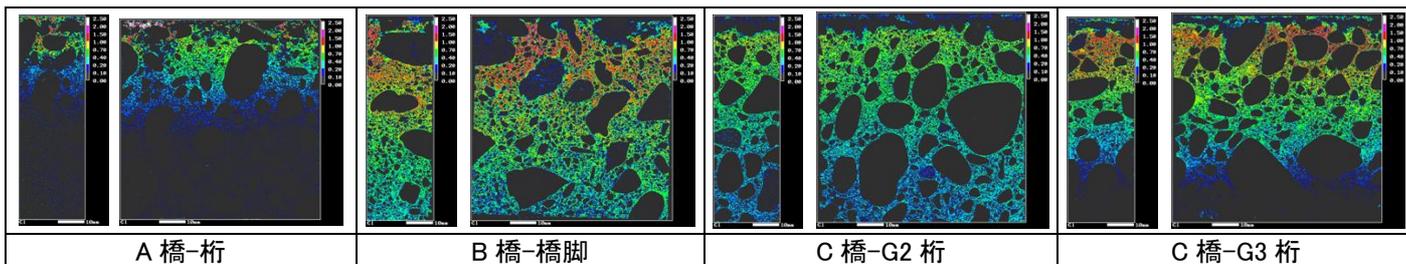


写真1 EPMAによるCl面分析結果

キーワード 小径コア, EPMA, 塩化物イオン, 拡散係数, 湿式分析
 連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 (株) 太平洋コンサルタント研究センター TEL 043-498-3882

既報の調査^{2),3)}と比較した結果を図5に示す。換算方法として、骨材込みのC1濃度分布を用いる場合は、C1濃度(mass%)と試料の単位容積質量 ρ_c との積として求められるが、骨材部分を除去したデータを用いる場合は、配合を仮定する必要があり、ペーストC1濃度と単位ペースト量{A橋:W=160,C=400kg/m³,B橋:W=170,C=310kg/m³と仮定}との積として算出した。A橋について、表層付近のEPMAの値にバラツキが見られるが、塩化物量はいずれの手法でもほぼ一致した。B橋について、骨材込みの結果にはバラツキが見られるが塩化物量は湿式分析と一致し、また、骨材を除去したペースト濃度を用いた推定値は、バラツキは小さいが、他の手法よりも小さな塩化物量を示した。これは、配合の仮定が実際と異なっているためと考えられる。

4. 結論

- 1) 小径コアを用いたEPMAによるC1分析では、骨材部のデータを除去することで、見かけの拡散係数 D_a の算定が可能であった。
- 2) 塩化物量については、湿式分析や既報結果と概ね一致した。また正確な配合が分かれば、ペースト濃度から直接塩化物量を推定できる。
- 3) 数箇所から小径コアを採取することで、塩化物量推定でも精度が向上し、実務において小径コアによる塩害調査が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 大竹ら：実構造物から採取した小径コアを用いたEPMAによる塩害劣化調査，土木学会第63回年次学術講演会概要集，pp1019-1020，2008年
- 2) 土木研究所ほか：コンクリート構造物の鉄筋腐食診断技術に関する共同研究報告書，2001年3月
- 3) 田中ら：海洋環境化で長年供用された橋梁への簡易塩分量測定法の実施例，土木学会第58回年次学術講演会概要集，pp147-148，2000年

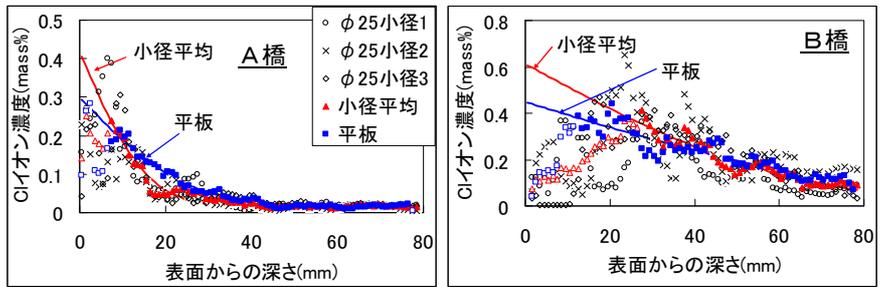


図3 CI濃度分布と拡散方程式へのフィッティング(骨材込み)

表1 拡散係数算出結果(骨材込み)

	見かけの拡散係数 D_a (cm ² /年)	
	$\phi 25$ 小径コア (平均±C.V.)	□80 平板
A 橋	①0.011 ②0.061 ③0.011 (0.028±1.031)	0.054
B 橋	①0.344 ②0.387 ③0.304 (0.350±0.120)	0.600

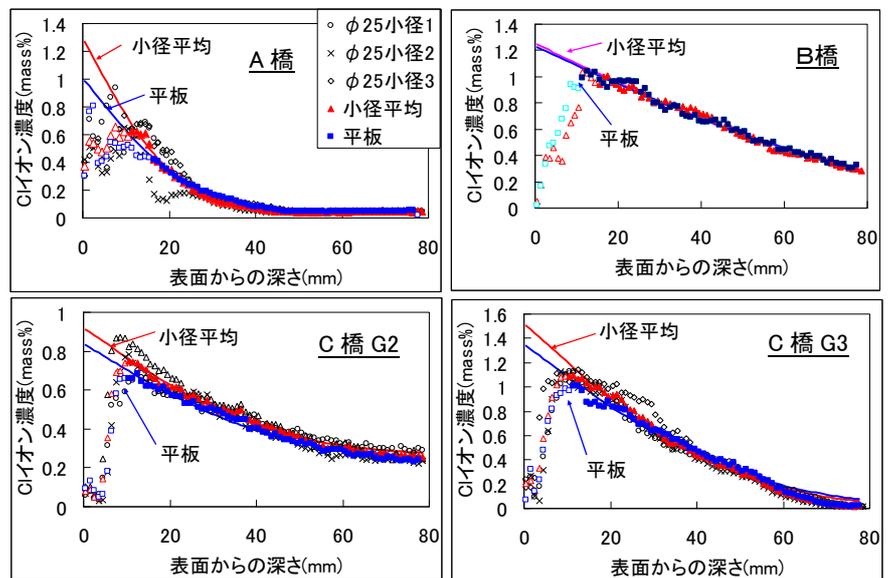


図4 ペースト中CI濃度による拡散方程式へのフィッティング(骨材除去)

表2 拡散係数算出結果(骨材除去)

	見かけの拡散係数 D_a (cm ² /年)	
	$\phi 25$ 小径コア (平均±C.V.)	□80 平板
A 橋	①0.037 ②0.035 ③0.041 (0.038±0.081)	0.053
B 橋	①0.573 ②0.668 ③0.619 (0.620±0.077)	0.650
C 橋 G2	①0.205 ②0.181 ③0.182 (0.189±0.072)	0.204
C 橋 G3	①0.246 ②0.220 ③0.231 (0.232±0.056)	0.275

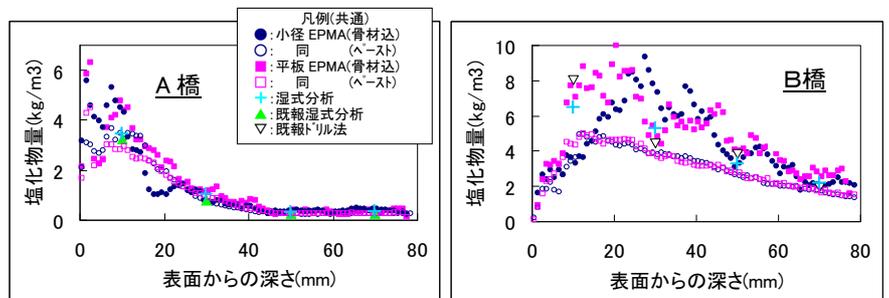


図5 EPMAと湿式分析との比較