

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○佐野 慶成
立命館大学大学院理工学研究科 学生員 豊田 亮太
立命館大学大学院理工学研究科 学生員 池田 唯順
立命館大学理工学部 正会員 水田 真紀
立命館大学理工学部 正会員 児島 孝之

1. はじめに

今日の塩害調査において、構造物に与える損傷を軽減するために、小径コアを用いた劣化診断が提案されているが、コンクリートの材料的不均一性の影響で診断結果にばらつきが生じてしまうことが問題視されている。

本研究では、そのばらつき発生の要因として浸漬・暴露期間に着目した。土木学会コンクリート標準示方書において、見かけの拡散係数は経時的には変化しないと定められている。しかし一方で、見かけの拡散係数や表面塩分量は経時的に変化し、経年後に一定値に収束していくという報告もある¹⁾。このことから、塩分浸透は材齢毎の水和度の違いによる影響を受ける可能性がある。また、塩害期間が長くなるにつれて浸透深さは大きくなるため、骨材を迂回して塩化物イオンが浸透することから、ばらつきが大きくなることも予想される。

そこで本研究では、このばらつき発生の要因として浸漬および暴露期間に着目し、浸漬期間の異なるコンクリートと、塩害を受けた実構造物から採取したコンクリートの塩化物イオン濃度プロファイルについて比較・検討を行った。

2. 研究概要

本研究では、塩害環境にさらされている期間と塩分浸透のばらつきの関係性を検討するため、NaCl 溶液に浸漬する期間を変化させた試料についての比較を行った。さらに、30～35 年間供用された実構造物から採取した試料とも比較した。

実験室内で 3%の NaCl 溶液に浸漬した供試体の寸法と浸漬状況を図 2.1 に示す。1 面からのみ塩分が浸透するように供試体の浸透面以外の他の 5 面にエポキシ樹脂を塗布し、3 ヶ月間の浸漬後、幅 75mm の部分を切り出し、EPMA 分析を行った。さらに、切断面に再度エポキシ樹脂を塗布し、分析に使用した供試体を引き続き浸漬させ、12 カ月経て、T-12 供試

体を切り出した。各試料の名称を T-3, T-12 とする。また、T-36 は浸漬期間を 36 ヶ月とした試料であり、他の 2 試料と同配合であるが、使用材料が異なっている。

また、実構造物から採取した試料も比較対象として用いた。試料は 4 種類で、同様の塩害環境下に建設された道路橋の桁から採取し、それぞれ A, B, C, D 橋桁と称することにする。また、各試料のコンクリートの配合は不明である。

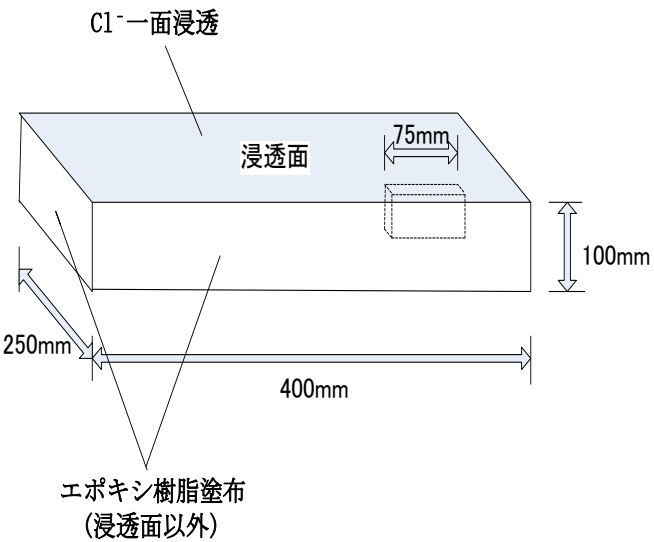


図 2.1 供試体寸法及び浸漬状況

表 2.1 分析試料一覧

試料名	W/C (%)	G _{max} (mm)	単位セメント量 (kg/m ³)	期間 (月)
T-3	50	20	320	3
T-12				12
T-36				36

※ G_{max}：最大骨材寸法

3. 考察

EPMA 分析を行うにあたり、ペースト部の塩化物イオン濃度（以下、 Cl^- 濃度）を見るために、骨材と見なす範囲をデータから排除した後に Cl^- 濃度プロファイルを作成し、比較・検討を行った。ペースト部の濃度範囲を表 3.1 に示す。この範囲は、骨材とみなす範囲が塩化物イオン濃度に与える影響について検討された既往の研究²⁾に基づき決定した。

図 3.1 は、浸漬期間の異なる試料の Cl^- 濃度プロファイルである。図 3.1 より、3 試料は表面塩分量が概ね一致しており、浸漬期間が長ければ長いほど同一深さでの浸透塩分量が増加しているのが分かる。

また、図 3.2 は、浸漬期間の異なる試料の浸透深さ毎の Cl^- 濃度の変動係数を算出した結果を示したグラフである。図 3.2 より、浸漬期間が長ければ長いほどそれぞれの値が小さくなっているのがわかる。これは、経年的に塩分浸透のばらつきが小さくなることを示唆している。

さらに経年変化を検討するために、供用期間が 30～35 年の実構造物から採取した試料の Cl^- 濃度プロファイルおよび Cl^- 濃度の変動係数を示したグラフを作成し、比較・検討を行った。図 3.3 は、実構造物から採取した試料 A～D 橋桁の Cl^- 濃度プロファイルである。図 3.3 より、これらの試料はそれぞれ大きく異なる傾向を示した。これは、環境条件やコンクリートの配合が異なっていた可能性がある。

続いて、図 3.4 は浸透深さ毎の Cl^- 濃度の変動係数について示したグラフである。図 3.4 より、表層部を除くと、0.3～0.5 程度の低い値を示し、一定値に収束していく傾向が見られた。このことから、材齢が長くなるにつれて、コンクリートの水和が進行し、空隙構造が安定してきたことから、塩分浸透のばらつきは小さくなる可能性があることを示唆した。

4. 結論

浸漬および暴露期間が長ければ長いほど、塩分はより内部まで浸透するが、塩分浸透のばらつきは小さくなる。

参考文献

- 1) 岡村甫ら：塩害を受けるコンクリート道路橋の耐久性評価，21 世紀 COE プログラム社会マネジメント・システム高知工科大学報告書，2006
- 2) 池田唯順ら：EPMA による塩化物イオン濃度の推定方法の統計的手法を用いた評価，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 9 巻，pp125-130，2009

表 3.1 ペースト部の濃度範囲

元素	ペーストの濃度範囲 (%)
CaO	7.5～46
SiO_2	6～28
SO_3	0.4<—

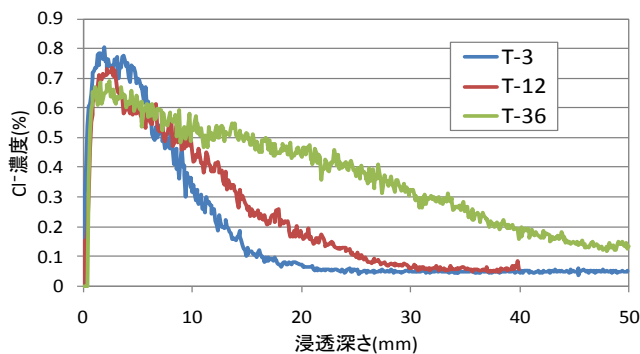


図 3.1 Cl^- 濃度における比較（浸漬）

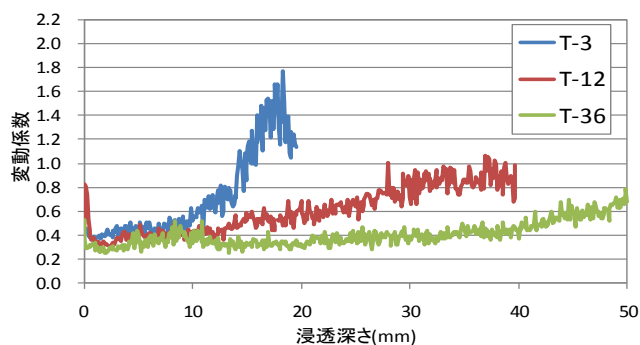


図 3.2 変動係数における比較（浸漬）

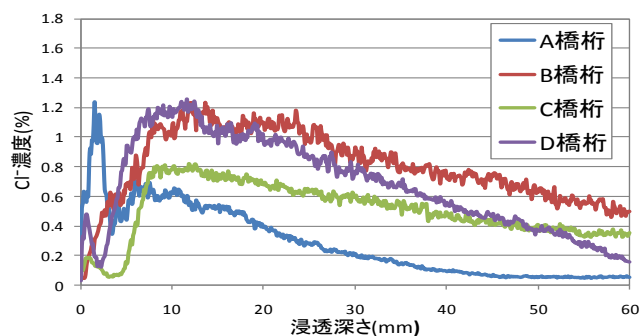


図 3.3 Cl^- 濃度における比較（暴露）

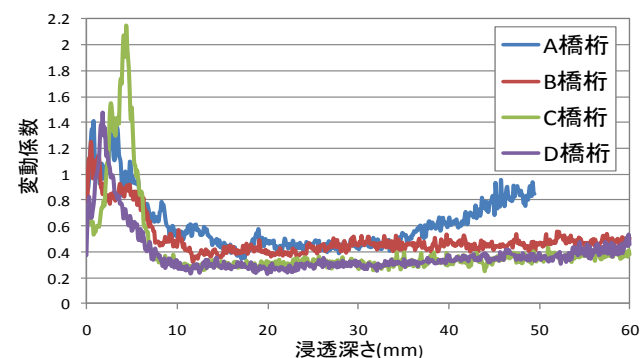


図 3.4 変動係数における比較（暴露）