

立命館大学大学院理工学研究科	学生員	○佐野	慶成
立命館大学理工学部	非会員	杉山	和人
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。

コンクリートへの塩化物イオン（以下、 $\text{Cl}^-$ ）浸透の将来予測を行う際、見かけの拡散係数を用いて推定するのが一般的である。土木学会コンクリート標準示方書<sup>1)</sup>では、この見かけの拡散係数を水セメント比（以下、 $\text{W/C}$ ）の関数として示しており、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<sup>2), 3)</sup>もある。

そこで本研究では、既存コンクリート構造物の塩害劣化予測の際、分析用の試料の採取方法を提案することを目的とし、コンクリート中の  $\text{Cl}^-$  濃度のばらつきを評価することを試みた。このばらつき発生の要因として、 $\text{W/C}$  に着目し、 $\text{W/C}$  の異なるコンクリートブロックを 3%NaCl 溶液に浸漬させた実験を行った。所定期間浸漬させた後、EPMA 法を用いて、コンクリート内部の  $\text{Cl}^-$  濃度を測定した。さらに、EPMA 分析結果を用い、主に  $\text{Cl}^-$  が浸透するセメントペースト（以下、ペースト）部の  $\text{Cl}^-$  濃度分布から、試料ごとの見かけの拡散係数を求め、そのばらつきに与える  $\text{W/C}$  の影響を検討した。

## 2. 研究概要

本研究では、コンクリートへの塩分浸透をばらつかせる要因として  $\text{W/C}$  に着目した。試料名には検討要因を反映させ、 $\text{W/C}$  が 40, 50, 65% のものをそれぞれ  $\text{W/C40}$ ,  $\text{W/C50}$ ,  $\text{W/C65}$  とした。

各配合について 1 体ずつ、計 3 体のコンクリートブロック（ $400 \times 250 \times 100 \text{mm}$ ）を作製した。また、コンクリートブロック図を、浸漬方法、EPMA 分析試料の切り出し方法と共に図 - 1 に示す。一面からの

み塩分が浸透するように浸透面以外の 5 面にエポキシ樹脂を塗布した。12 ヶ月後、コンクリートブロックを取り出し、エポキシ樹脂塗布面から数 10mm 離れた部分を浸透面に対して直角方向に切断し、EPMA 分析用に試料（ $75 \times 60 \times$  厚さ 10mm）を切り出した後、EPMA 分析を行った。

$\text{Cl}^-$  は主にペースト中を浸透することが明らかになっており、骨材部分を除去した  $\text{Cl}^-$  濃度プロファイルを用いて検討を行うことにした。本研究では、 $\text{CaO}$  は 7.5~46%、 $\text{SiO}_2$  は 6~28%、 $\text{SO}_3$  は 0.4% 以上の範囲をペースト部分と見なし、骨材部分を除去した。

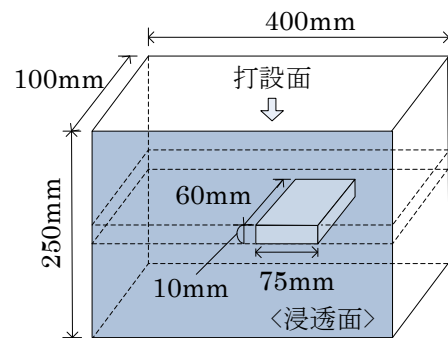


図 - 1 供試体寸法および試料採取方法

## 3. 結果および考察

### 3.1 $\text{Cl}^-$ 濃度プロファイルにおける比較

EPMA により分析した結果から、 $\text{W/C}$  による  $\text{Cl}^-$  浸透性状の違いを比較・検討した。比較には、試料  $\text{W/C40}$ ,  $\text{W/C50}$ , および  $\text{W/C65}$  を使用した。図 - 2 に、各試料を EPMA 分析し、浸透面からの深さごとの塩分濃度を算出し、 $\text{Cl}^-$  濃度プロファイルを作成した結果を示す。図 - 2 より、 $\text{W/C}$  が大きくなるにつれて、浸透面から同一深さの塩分濃度が高くなり、より深くまで  $\text{Cl}^-$  が浸透していることがわかる。以上のことから、 $\text{W/C}$  が大きくなるにつれて、 $\text{Cl}^-$  が浸透しやすくなることを確認した。

### 3.2 見かけの拡散係数における比較

W/Cの違いが見かけの拡散係数に及ぼす影響を検討するため、W/Cの異なる試料について見かけの拡散係数を算出し、比較を行った。

見かけの拡散係数は、図-3に示す方法で幅75mmの各試料を分割し、浸透面の幅25mmの試料5つと幅75mmの試料1つについて算出した。ここで、幅を25mmとしたのは、小径コアの適用可能性、そして採取箇所の違いによるばらつきを検討するためである。また、見かけの拡散係数はフィックの第2法則として知られる拡散方程式の解を用いて算出した。

図-4は、各試料の見かけの拡散係数を算出し、W/Cと見かけの拡散係数の関係を示したグラフである。ここで、幅25mmの試料のデータを白抜きマーカーで示し、幅75mmの試料から算出した見かけの拡散係数と区別した。図-4より、W/Cが大きくなるにつれて見かけの拡散係数の値も大きくなる傾向が観察された。

さらに図-4より、W/C=65%の場合、他のW/Cに比べて、25mm幅を対象とした箇所ごとの見かけの拡散係数に大きなばらつきが見られた。このことから、W/Cが65%程度に大きくなると見かけの拡散係数のばらつきが大きくなる可能性を示唆した。また、W/Cが50%以下の場合、試料の幅を25mmにしても、幅75mmの試料から得られた見かけの拡散係数と比べて大きな差異はなかった。

このことから、W/Cが50%以下のコンクリートであれば、幅25mmの小径コアでも、一般的な採取コア幅75mmと同程度の見かけの拡散係数が得られる可能性があることがわかった。一方、W/Cが65%程度以上に大きいコンクリートの場合、試料とする対象箇所ごとのばらつきが大きく、見かけの拡散係数を算出する際の試料幅の決定には注意が必要である。

### 4. 結論

W/CはCl<sup>-</sup>の見かけの拡散係数に影響を与え、W/Cが大きくなるほど、見かけの拡散係数も増加する。また、本研究の設定範囲では、W/C=65%の場合、見かけの拡散係数のばらつきが大きいが、W/C=40~50%であれば、幅25mmの試料でも幅75mmの試料とほぼ同じ見かけの拡散係数を得ることができた。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（設計編），pp.55, 2007
- 2) 日本コンクリート協会：自然環境下のコンクリート性能研究委員会報告，自然環境とコンクリート性能に関するシンポジウム論文集，pp.347-363, 1993, 5

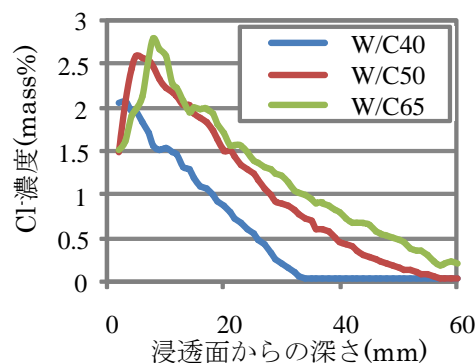


図-2 W/CにおけるCl<sup>-</sup>濃度プロファイル

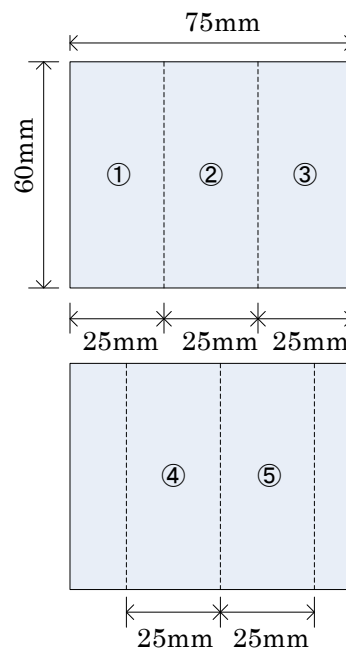


図-3 試料分割方法

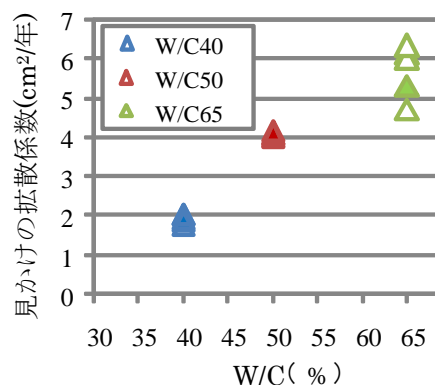


図-4 W/Cと拡散係数

- 3) 金谷光秀，梶田佳寛，安部道彦，西山直洋：海岸に暴露したコンクリート中の塩化物イオン拡散性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18, No1, pp.747-752, 1996