

# 非定常状態における塩化物イオン濃度分布に着目した拡散係数の比較検討

九州大学大学院 学生会員 山時 翔 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴  
九州大学大学院 正会員 濱田 秀則 九州大学大学院 学生会員 烏田 慎也

## 1. はじめに

コンクリートの塩化物イオン拡散係数は浸漬法や電気泳動法により算出することができる。しかしながら、様々な検討がなされているものの、それら塩化物イオンの拡散係数の相関関係は明らかになっていない。そこで、本研究では浸漬法と電気泳動法両試験において、非定常状態における全塩化物イオン濃度分布を測定し、比較検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 コンクリートの配合および養生条件

表-1に本実験で作製したコンクリートの配合および、スランプ、空気量測定結果を示す。セメントは普通ポルトランドセメント（密度  $3.16\text{g/cm}^3$ ）を使用した。細骨材には除塩した海砂（表乾密度  $2.58\text{g/cm}^3$ ）を、粗骨材には碎石 2005（表乾密度  $2.91\text{g/cm}^3$ ）

表-1 コンクリートの配合および空気量測定結果

配合名	W/C (%)	単位量 ( $\text{kg/m}^3$ )				スランプ (cm)	空気量 (%)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		
N-55	55	175	318	832	1038	5.5	4.3
N-35	35	175	500	714	997	8.5	3.8

を使用した。コンクリートの水セメント比は 55%、35%とし目標空気量を 4.0%とした。また、作製したコンクリートは  $\phi 100 \times 200\text{mm}$  の円柱供試体であり、脱型後  $20^\circ\text{C}$  水中養生を行った。

### 2.2 実験方法

(1)電気泳動試験：作製した供試体より材齢 28 日で円柱供試体の中央部から  $\phi 100 \times 50\text{mm}$  の円板状の試験体を切り出し、土木学会規準 JSCE-G571-2003「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法」に従い電気泳動試験を行った。印加期間は 1 日および 3 日とし、その後 JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準拠し全塩化物イオン量を測定した。

(2)浸漬試験：作製した供試体より材齢 28 日で円柱供試体の中央部分を切断し、切断面以外をエポキシ樹脂で 2 日に分け 2 回塗布し、土木学会規準 JSCE-G572-2003「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見かけの拡散係数試験方法」に従い浸漬試験を行った。また、溶液濃度は電気泳動試験と比較するため 3%とした。浸漬期間は 3 ヶ月および 1 年とし、その後 JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準拠し全塩化物イオン量を測定した。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 浸漬試験

図-1 に浸漬期間 3 ヶ月および 1 年における N-55, N-35 の全塩化物イオン濃度分布を示す。図から、N-55 に関して、浸透面から深さ 0~10mm の全塩化物イオン濃度は浸漬期間に依らずほぼ一定値 ( $6.7\text{kg/m}^3$  前

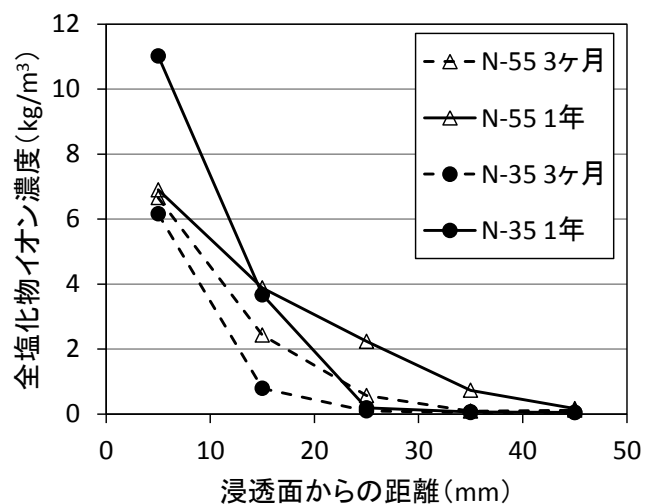


図-1 浸漬試験における各配合の全塩化物イオン濃度分布

後)を示していることが確認できる。また、浸漬期間1年では浸透面から深さ30~40mmでも全塩化物イオンが検出されていることから、N-55は塩分の浸透速度が比較的早く、浸漬期間3ヶ月で浸透面から0~10mm付近の全塩化物イオン濃度が限界値に達していると考えられる。

一方N-35に関して、浸透面から深さ0~10mm付近の全塩化物イオン濃度が増加している。これはN-55に比べN-35は塩化物イオン浸透抵抗性が高く、浸漬期間3ヶ月では深さ0~10mm付近において塩化物イオンが十分に浸透していないということが推察される。

### 3.2 電気泳動試験

図-2に印加期間1日および3日におけるN-55、N-35の全塩化物イオン濃度分布を示す。N-55に関して、浸透面から深さ0~10mmでは全塩化物イオン濃度が低下している。また、印加期間3日においては、深さ0~10mmよりも深さ10~20mm付近の方が全塩化物イオン濃度は若干ではあるが増加している。これは、電気泳動試験において陰極側NaCl溶液濃度が初期の0.50mol/lから減少するためであると考えられる。なお、その溶液濃度は印加期間1日で0.48mol/l、印加期間3日で0.45molにまで低下していた。

N-35に関しては、印加期間1日から3日にかけてどの深さにおいても全塩化物イオン濃度が増加していたが、印加期間が3日程度では浸透面から深さ20~30mmにおいて塩化物イオン濃度は検出されなかった。

### 3.3 両試験における全塩化物イオン濃度の比較

3.1および3.2の結果より、本実験の配合N-55では浸透面から深さ10mmにおいて全塩化物イオン濃度が同程度の値となった。これから、電位差を駆動力とする電気泳動試験でも、非定常状態の塩化物イオンの固定化現象が濃度差を駆動力とする浸漬試験と同様なメカニズムであると推察される。

また、N-35に関しては塩分浸透抵抗性が高いために、浸漬期間が1年においても浸透面から深さ10mm付近の塩分浸透が十分ではない可能性が考えられるが、電気泳動試験においても印加期間が長期にわたる程、全塩化物イオン濃度も増加するという点では同様の傾向を示しており、このことから、電気泳動試験の印加期間を長期に設定することで、浸透する塩化物イオン濃度の限界値が一致することが考えられる。これより、電気泳動試験における非定常状態の期間が、電気泳動法による実効拡散係数と浸漬法による見掛けの拡散係数との相関関係に影響を及ぼすパラメータであると考えられる。

## 4. まとめ

本実験では、非定常状態における浸漬試験および電気泳動試験の全塩化物イオン濃度分布を測定し、比較検討を行った。その結果、電位差を駆動力とする電気泳動試験と濃度差を駆動力とする浸漬試験両試験においても、非定常状態におけるセメントの塩分固定化現象は同様なメカニズムであると推察された。また、この結果より、電気泳動試験における非定常状態の期間を考慮することで、電気泳動法による実効拡散係数から浸漬法による見掛けの拡散係数に換算する際に用いられる換算係数 $k_1k_2$ に新たな補正を行うことが可能であり、水セメント比以外のその他要因を考慮した精度の高い換算係数が得られる可能性を見出すことができた。

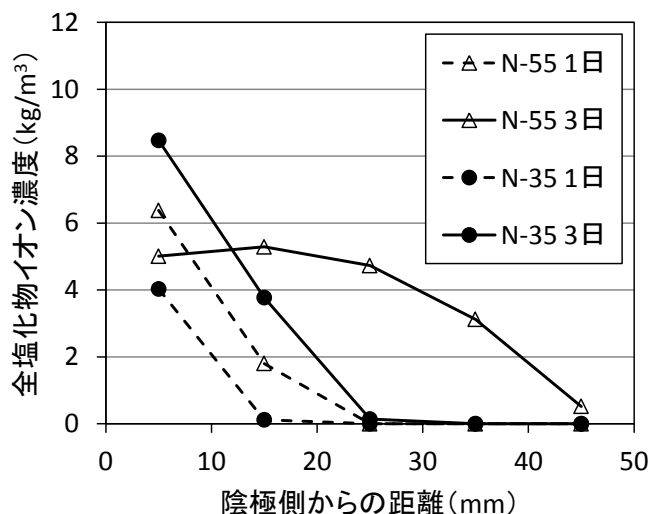


図-2 電気泳動試験における全塩化物イオン濃度分布