

H1-21

## ひび割れを有する RC 部材の塩分浸透特性に関する基礎的研究 貫通ひび割れにおける塩分濃度分布

### Fundamental Study on Chloride Ion Permeability of Cracked Concrete Chloride Ion Concentration Distribution on the Penetration Cracks

○杉山崇斗<sup>1</sup>, 相澤悠<sup>1</sup>, 竜岳弘<sup>1</sup>, 齊藤準平<sup>2</sup>\*Shuto Sugiyama<sup>1</sup>, Yu Aizawa<sup>1</sup>, Takehiro Ryu<sup>1</sup>, Junpei Saito<sup>2</sup>

**Abstract:** In this study, for the purpose of clarifying salinity penetration characteristics around the cracks of cracked concrete, the chloride ion concentration distribution on the penetration cracks was investigated by submergence in salt water.

#### 1. はじめに

塩害は、コンクリート構造物にとって安全性、耐久性を損なう深刻な劣化原因である。しかし、交通輸荷重等によるひび割れの損傷を有するコンクリートの塩分濃度を評価する方法は、未だに精度が低い状態にある。その原因は、塩害の評価式がひび割れを有する場合の塩分浸透特性を正確に考慮されていないことにある。さらに、国土交通白書(平成 25 年度)<sup>1)</sup>においても、技術者数・予算不足や塩害における技術的知見の不足などを問題視しており、より精度の高い簡便な評価式の構築が急務である。

そこで本研究では、効率的な維持修繕計画の遂行が可能な評価式の構築のため、ひび割れを有するコンクリートのひび割れ周囲の塩分浸透特性を明らかにすることを目的として、貫通ひび割れが生じたコンクリートの塩分濃度分布について、実験的に検討を行った。

#### 2 実験方法

##### 2. 1 実験概要

本研究では、アクリル板を用いてひび割れを再現したモルタル供試体を作製し、浸せきによるコンクリート中の塩化物イオン(以下、Clと称す)の見掛けの拡散係数試験方法(JSCE-G 572-2013)に準じて実験を行った。実験は示方書に基づく塩分浸せき試験と、より実構造物に近い環境条件をモデル化した塩分乾湿繰り返し試験の2種類とし、ひび割れ深さ方向および、供試体の断面における奥行方向の塩分濃度分布に及ぼすひび割れ幅(以下、 $w_{cr}$ と称す)の影響について検討する。材料の配合および力学的性質を表-1に示す。

表-1 材料の配合および力学的性質

W/C (%)	S/C (vol%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )
		W	C	S		
55	400	258	468	1574	31.7	2160

#### 2. 2 実験方法

##### (1) 塩分乾湿繰り返し試験

乾湿繰り返し試験は、給水ポンプとタイマーを用いて12時間おきに乾燥と10%NaCl水溶液の湿潤が繰り返されるようにし、91日間行った。塩分侵入方向は、図-1(b)に示すように供試体上部から下部へ貫通する1方向とする。 $w_{cr}$ は0.2mmとする。分析方法、分析箇所は浸せき試験と同様とする。

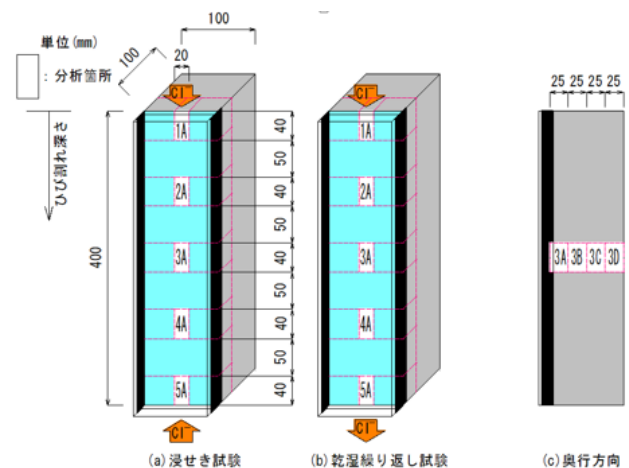


図-1 供試体概要

##### (2) 塩分浸せき試験

浸せき試験は、図-1(a)に示すように塩分浸透面付近における深さ方向と、図-1(c)に示すようにセンター部における奥行方向の塩分浸透挙動を調べるために、Cl濃度を分析する。供試体の大きさは貫通したひび割れを有する実構造物道路橋床版を想定した100mm×100mm×400mmである。塩分浸透面は、ひび割れと供試体の境界面である。 $w_{cr}$ は、0.1mm, 0.2mm, 0.4mm, 0.8mmとする。塩分侵入方向は2方向とし、ひび割れ深さは400mm、奥行は100mmとする。供試体数は、比較のためにひび割れがないものを含め、5体である。10%NaCl水溶液に91日間水平に設置し、浸せきした。

分析箇所は、塩分浸透面より 20mm の断面を用いて、塩分侵入位置より等間隔になるような5カ所の位置と、センター部は奥行方向について4カ所の位置のサンプルを分析する。Cl<sup>-</sup>の分析は、微粉末化、Cl<sup>-</sup>の抽出、ろ過そして分析の工程で行う。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3. 1 塩分乾湿繰り返し試験の塩分濃度分布

塩分乾湿繰り返し試験では、塩分侵入方向が供試体上部から下部へ貫通する1方向とする時にひび割れ深さが深くなると、Cl<sup>-</sup>濃度がどのように変化していくのかを検討した。

図-2 に、試験方法別のひび割れ深さの Cl<sup>-</sup>濃度の関係を示す。同じ  $w_{cr}$  の場合、常時湿潤状態である塩分浸せき試験より、乾湿繰り返し試験の方が Cl<sup>-</sup>濃度が高くなる傾向がみられた。また、ひび割れ深さ位置が深くなると、Cl<sup>-</sup>濃度が減少する傾向を示した。しかし、流出部付近で急激に増加する傾向がみられた。これは、流出部付近に NaCl 水溶液が滞留したためと考えられる。

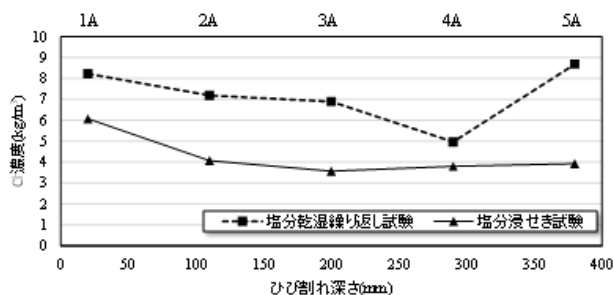


図-2 試験方法別ひび割れ深さの Cl<sup>-</sup>濃度

#### 3. 2 塩分浸せき試験の塩分濃度分布

塩分浸せき試験では、塩分侵入方向2方向の時にひび割れ深さや奥行が深くなると、Cl<sup>-</sup>濃度がどのように変化していくのかを検討した。

##### (1) ひび割れ深さ方向の Cl<sup>-</sup>濃度

図-3 に  $w_{cr}$  別のひび割れ深さの Cl<sup>-</sup>濃度の関係を示す。 $w_{cr}$  が大きくなるにつれて、Cl<sup>-</sup>濃度が増加する傾向がみられた。また、ひび割れ深さ位置が 3A に向かうにつれて Cl<sup>-</sup>濃度が減少していく傾向がみられた。これは、両端からの Cl<sup>-</sup>侵入に伴い、ひび割れ開口部付近よりセンター部での供給塩分量が少ないためと考えられる。

##### (2) 奥行方向の Cl<sup>-</sup>濃度

図-4(a) に  $w_{cr}$  別の 3A における奥行方向の Cl<sup>-</sup>濃度の関係を示す。奥行が深くなると、Cl<sup>-</sup>濃度が減少する濃度勾配と、ある深さで収束する傾向がみられた。また、その収束深さは、 $w_{cr}$  が大きくなるにつれて深くなることがわかった。これは、 $w_{cr}$  が大きくなるほど 3A に供給される Cl<sup>-</sup>が多くなるためと考えられる。

#### (3) 表面塩化物イオン量と見掛けの拡散係数

図-4(b) に  $w_{cr}$  別の 3A における表面塩化物イオン量と見掛けの拡散係数の関係を示す。本研究の塩分浸せき試験では、表面塩化物イオン量は  $w_{cr}$  が小さくなるにつれて少なくなる傾向がみられた。また、見掛けの拡散係数は  $w_{cr}$  に依存しない傾向となった。

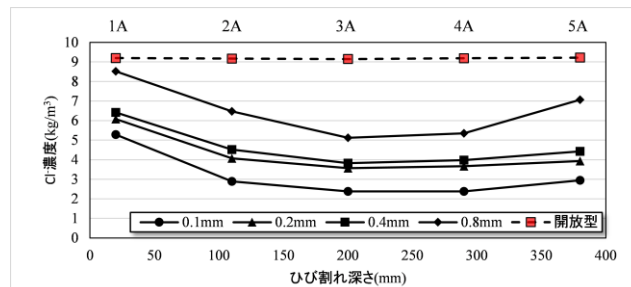


図-3  $w_{cr}$  別ひび割れ深さの Cl<sup>-</sup>濃度

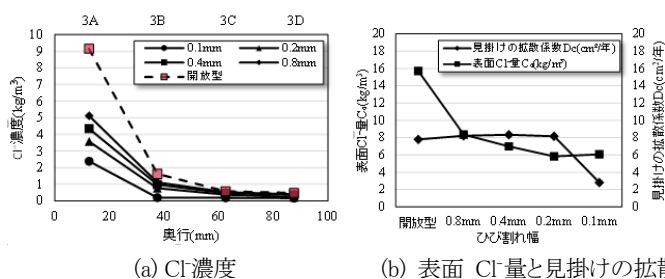


図-4  $w_{cr}$  別の奥行方向の分析結果

### 4. まとめ

#### 4. 1 乾湿繰り返し試験の塩分濃度分布

- ① 塩分浸せき試験より、乾湿繰り返し試験の方が Cl<sup>-</sup>濃度が高くなる傾向がみられた。
- ② ひび割れ深さ位置が深くなると、Cl<sup>-</sup>濃度が減少し、流出部付近で急激に増加する傾向がみられた。

#### 4. 2 塩分浸せき試験の塩分濃度分布

- ① ひび割れ深さ位置が深さ中央部に向かうにつれて、Cl<sup>-</sup>濃度が低下することがわかった。
- ② 断面の奥行が深くなると Cl<sup>-</sup>濃度が減少し、ある深さになると収束する傾向がみられる。また、その収束深さは、ひび割れ幅が大きくなるにつれて深くなることがわかった。
- ③ 表面塩化物イオン量はひび割れ幅が小さくなるにつれて少なくなる傾向がみられた。
- ④ 見掛けの拡散係数はひび割れ幅に依存しない傾向となった。

### 謝辞

論文執筆にあたりご協力して下さった加藤広紀様に厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 国土交通省 HP, 平成 25 年度国土交通白書