

H1-15

ひび割れを有する RC 部材の塩分浸透特性
 —貫通ひび割れへの塩水流下における塩分濃度分布—

Fundamental Study on Chloride Ion Permeability of Cracked Concrete

-Using the Flowing Down Method of Salt Water into the Penetration Crack from the Surface of Floor Slab-

指導教授 齊藤 準平₂
 Jhuunpei Saito₂

江森 紀仁₁, 森本 慶₁, 渡部 拓大₁
 Kazuhito Emori₁, Kei Morimoto₁, Takahiro Watabe₁

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 flowing down method of 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、交通輪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。

そこで本研究は、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するため、道路橋に貫通ひび割れが生じた場合の凍結防止剤が融雪水によってコンクリート中に運ばれた時のコンクリートの塩分濃度分布について、実物大のモデル供試体に塩水流下をさせた実験により検討を行った。

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と、試験方法による違いを比較するために示方書に基づく塩分浸せき試験の 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%)	単位置量(kg/m^3)			圧縮強度 (N/mm^2)	単位容積質量 (kg/m^3)
		W	C	S		
55	400	258	468	1574	31.7	2160

備考) w:蒸留水, c:普通ポルトランドセメント, s:山砂(最大寸法2.5mm, 乾燥密度2.65 kg/cm^3)

2.2 実験方法

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タイマーで設定し、91日間実験を行った。供試体寸法は、100mm×100mm×400mmである。塩分侵入方向は、図-1(a)に示すように供試体上部から下部へ貫通する1方向とし、 w_{cr} は0.1mm, 0.2mm, 0.4mm, 0.8mmと比較のためにひび割れがないもの(開放型)を含め、5体である。分析箇所は、図-1(a)に示すように塩分浸透面より25mm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4カ所の位置の塩分浸透挙動を調べるために、Cl⁻濃度を分析する。Cl⁻の分析は、微粉末化、Cl⁻の抽出、ろ過そして分析の工程で行う。

塩分浸せき試験は図-1(b)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、塩分浸せき後のCl⁻濃度を分析する。塩分侵入方向は2方向とし、10%NaCl水溶液に91日間水平に設置し、浸せきした。分析方法、分析箇所、供試体数、供試体寸法、塩分浸透面、 w_{cr} は乾湿繰り返し試験と同様とする。

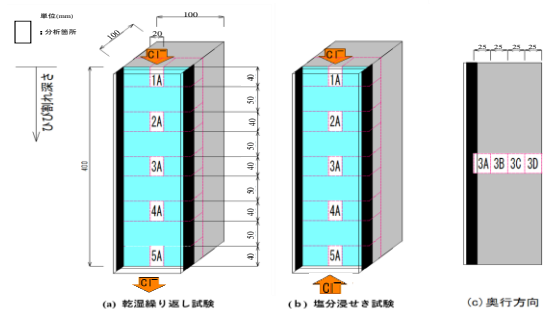


図-1 供試体概要

3. 実験結果および考察

3. 1 ひび割れ深さ方向の Cl⁻濃度

図-2に塩分乾湿繰り返し試験の各ひび割れ深さの Cl⁻濃度を示す。図より、塩水流下した場合は、全体的に Cl⁻濃度に及ぼす深さの位置関係やひび割れ幅の違いの影響に顕著な傾向が表れなかった。一方、図-3に示す塩分浸せき試験の各ひび割れ深さの Cl⁻濃度は、顕著な傾向が示され、 w_{cr} が大きくなるにつれて、Cl⁻濃度が減少していく傾向が見られた。また、ひび割れ開口部である1Aと5Aよりセンター方向の2Aと4Aに向かうにつれてCl⁻濃度が減少していく傾向が見られた。これは、ひび割れ幅の大きさによるCl⁻の侵入のしやすさや両端からのCl⁻の侵入のしやすさに起因していると考えられ、ひび割れ開口部付近よりセンター方向での塩分供給量が少ないためと考えられる。

乾湿繰り返し試験が塩分浸せき試験と比べ、顕著な挙動を示さなかったのは、まずは塩水流下実験の原理が、ひび割れ上部から下部へ重力によって塩水流下させることから、ひび割れへの侵入は強制的になり、ひび割れ内部の溶液中のCl⁻濃度分布に差が生じないためと考える。さらに加えて、乾燥と湿潤を繰り返すことから、それらの複合的な影響が複雑なCl⁻の浸透機構を生じさせているものと考えられる。すなわち、塩分浸せきの浸透の原理が塩水とコンクリート中の液相間の濃度勾配の平衡を基にするのに対し、乾湿繰り返しは、濃度の平衡だけでなく塩水とコンクリート中の乾燥によって生じた空隙への侵入が浸透要因としているため、この条件では乾燥のしやすさがCl⁻濃度の増加に起因するわけである。そのような機構から考察すると、Cl⁻濃度へのひび割れ幅の影響は、 w_{cr} が小さい場合開放型より低くなる傾向が見られた。また、流入部や内部より流出部5AのほうがCl⁻濃度は高くなる傾向が見られた。このように乾燥のしやすい場所やしやすい条件によってCl⁻濃度が高くなっていることから説明できる。

3. 2 奥行き方向の Cl⁻濃度

図-4(a)に w_{cr} 別の3Aにおける奥行き方向のCl⁻濃度の関係を示す。奥行きが深くなるとCl⁻濃度が減少する濃度勾配があり、ある深さで収束する傾向が見られたが、主に乾燥のしやすさに起因すると考えられる。

3. 3 表面塩化物イオン量と見掛けの拡散係数

図-4(a)の濃度分布を用いて、フィックの第2法則に基づいた拡散方程式の解から、Cl⁻を回帰分析し、表面の塩化物イオンならびに見掛けの拡散係数を同時に算出した。図-4(b)に表面塩化物イオン量と見掛けの拡散係数の関係を示す。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正の相関が見られた。ただし、見掛けの拡散係数の w_{cr} への影響は、いずれともいえる。

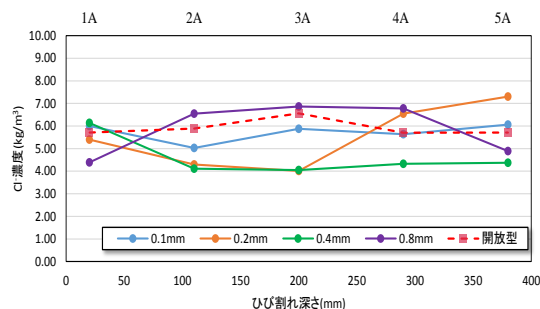


図-2 各ひび割れ深さの Cl⁻濃度 (塩水流下)

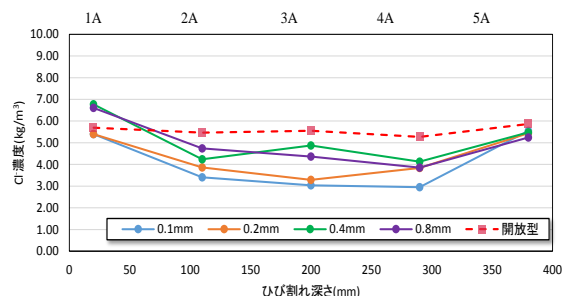
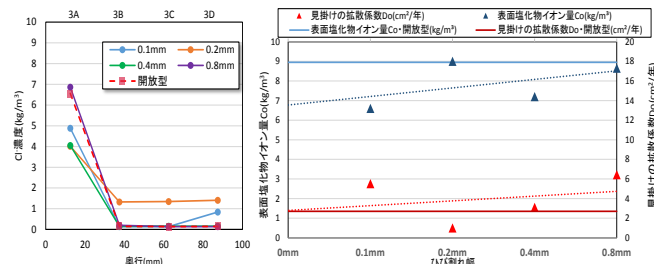


図-3 各ひび割れ深さの Cl⁻濃度 (塩分浸せき)



(a) Cl⁻濃度 (b) 表面 Cl⁻量と見掛けの拡散係数

図-4 w_{cr} 別奥行き方向の分析結果

4. まとめ

- ① Cl⁻濃度分布においてひび割れ深さ方向の Cl⁻濃度は塩分浸せき試験と比べ、ひび割れ幅の違いの影響は表れにくい。
- ② 開放型がひび割れ有りより Cl⁻濃度が高くひび割れを有する場合は流出部の Cl⁻濃度が高い。これは、主に乾燥のしやすさに起因すると考えられる。
- ③ ひび割れ幅の大きさの影響は、表面塩化物イオン量に正の相関がみられたが、見掛けの拡散係数は有無のいずれともとれる。

参考文献

- 1) 伊代田岳史, 矢島哲司, 魚本健人:「コンクリートのひび割れが塩分浸透深さに及ぼす影響」, 土木学会第53回年次学術講演会, pp.210-211, 1998.10