

コンクリート中の塩分濃縮現象におよぼす凍結回数の影響

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○山下 寛生
長岡工業高等専門学校 正会員 佐藤 國雄
長岡技術科学大学 小倉 孝道

1. はじめに

寒冷地におけるコンクリート構造物の塩害は、凍結作用によって塩分濃縮が起こるため、塩分浸透速度が速くなり、鋼材腐食発生時期が早くなることが予想される。コンクリート中の組織は複雑に入り組んでいて、毛細管内の摩擦抵抗も大きいため、1回の凍結では全ての塩分が濃縮されない可能性がある。そこで本研究では、凍結回数に着目し、塩分を入れたモルタル供試体に繰り返し凍結を作用させることにより、コンクリート中の塩分濃縮現象を実験的に検討した。

2. 塩分濃縮現象

寒冷地コンクリートは外気温が低いほど塩化物イオンの浸透速度が速くなり、腐食開始時期も早くなることが報告されている。コンクリートが凍結した際に塩分浸透が促進される理由は次のように考えられる。図-1のように、冷気によりコンクリートが冷やされると、毛細管空隙を満たしていた水は表面から徐々に凍結する。凍結した水は溶けていた塩分を分離し、その塩分がコンクリートの内部へと浸透して、鉄筋に近い位置での塩分濃度が高くなってしまいうからである。この現象を塩分の濃縮という。

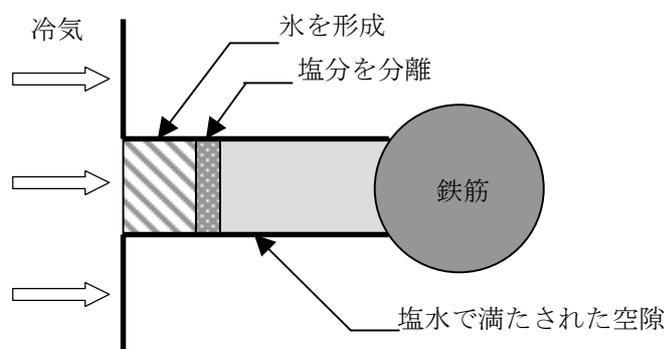


図-1

3. 実験方法

3.1 実験条件

実験条件を表-1に示す。また供試体表面から凍結するように供試体を発砲スチロールの型枠に入れ、表面から9cm凍結させた。

3.2 試料採取方法

モルタル供試体が凍結後、供試体表面から3cm間隔にドリルで深さ5cmの穴を等間隔に4ヶ所あけ、それぞれ粉末状の試料を採取した。

3.3 塩分濃度測定方法

日本コンクリート工学協会の規準案を準用して試料の調整を行い、塩分濃度を測定した。

表-1 実験条件

凍結回数	0・1・2・8・15・30回
供試体寸法	Φ10×20cm
塩分濃度	0.6kg/m ³
外気温	-20度

表-2 モルタルの配合

W/C (%)	S/C	単位量(kg/m ³)			
		W	C	S	NaCl
50	2.4	275	550	1430	0.6

キーワード：

塩害 塩分濃縮 寒冷地

連絡先：

〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 長岡工業高等専門学校環境都市工学科

T E L 0258-34-9278 E-mail : skunio@nagaoka-ct.ac.jp

4. 実験結果

4.1 凍結回数1回の塩分濃度分布

凍結を1回作用させた結果を図-2に示す。グラフより表面からの距離が3 cmのところは塩分濃度が初期濃度より低下していることがわかる。また表面からの距離が9 cmに近づくにつれて塩分濃度が増加し9 cm以降は減少している。表面から9 cmは凍結深さと一致するので塩分濃縮が起こったと思われる。塩分濃縮の平均値は9%であった。

4.2 凍結回数2回以降の塩分濃度分布

凍結を2回作用させた結果を図-3、凍結8回を図-4、凍結15回を図-5に示す。グラフより凍結回数1回のグラフと同様の傾向を示していることがわかる。表面から9 cmは凍結深さと一致するので塩分濃縮が起こったと思われる。塩分濃縮の平均値は2回で30%、8回で14%、15回で20%であった。すべての結果において、凍結深さ9 cmで最大の塩分濃度の上昇がみられた。また、凍結2回では実験結果に大きなばらつきがみられた。凍結1回と2回を比較してみると塩分濃度は上昇している。しかし、凍結2回と8回を比較してみると塩分濃度は減少している。また8回と15回を比較してみると塩分濃度は上昇している。凍結回数が増加するのに塩分濃度が減少することは考えにくいので凍結2回の結果は信頼性に欠けるとと思われる。

5. 考察

今回の実験では凍結回数1回・2回・8回・15回においてそれぞれ初期濃度より9%・30%・14%・20%の塩分濃縮を確認することができた。図-6より凍結2回を除けば、凍結回数の増加とともに塩分濃度は上昇傾向にあるといえる。凍結回数が増加するごとに塩分濃度上昇率も増加した理由として次のようなことが考えられる。モルタルを形成する前は水とセメントがそれぞれ独立して存在し塩分も水の中に自由に存在している。しかし、この水とセメントが水和反応し、水和物を形成すると、自由に動ける塩分の量が減少してしまう。よって、ここで1回凍結を作用させても自由に移動できる塩分というのはわずかなものだけとなるため濃度上昇率は小さくなったと考えられる。凍結回数が増加すると、1回目以降の凍結により内部の塩分濃度が高くなる。内部の塩分濃度が高くなると、自由に移動できる塩分の量が増加する。この移動できる塩分が2回目以降の凍結により内部へ移動したため、塩分濃度上昇率は増加したと考えられる。凍結回数が増加すると、塩分濃縮は促進されることがわかった。

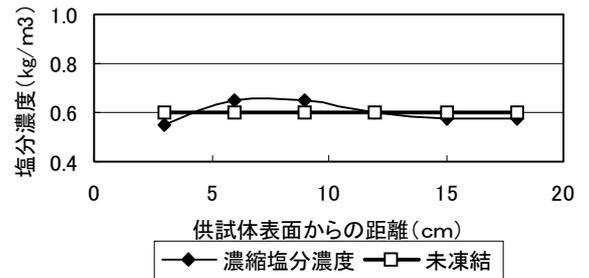


図-2 凍結回数1回の塩分濃度分布

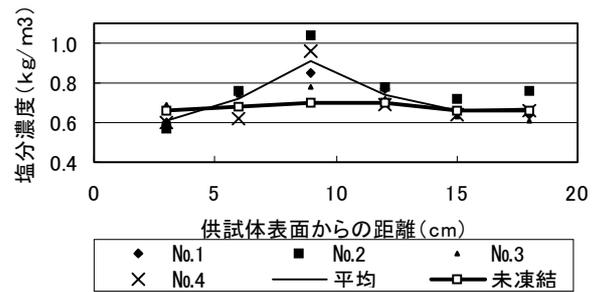


図-3 凍結回数2回の塩分濃度分布

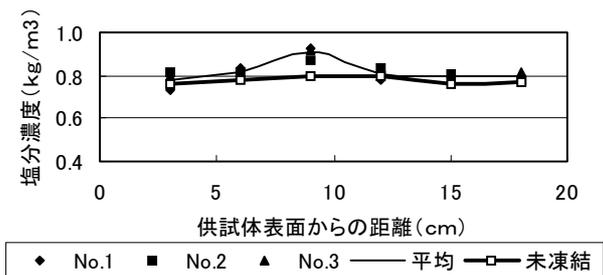


図-4 凍結回数8回の塩分濃度分布

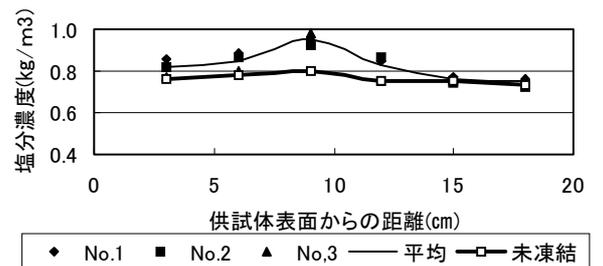


図-5 凍結回数15回の塩分濃度分布

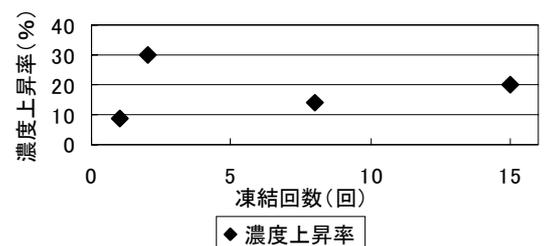


図-6 凍結回数と濃度上昇率の関係