

モルタル中の塩化物イオン濃度分布に及ぼす凍結または乾燥の影響

広島大学工学部 正会員 田澤 栄一
 ピー・エス・コンクリート 伊藤 祐一
 広島大学工学部 学生員 ○坂本 守

1. まえがき

コンクリート構造物には、種々の要因により塩化物イオンが含まれている場合が少なくなく、その塩化物イオンによってコンクリート構造物の耐久性が低下する。

コンクリート中の塩化物イオンは間隙水中に存在しており、凍結、乾燥等による相変化に伴い、その分布は変化すると思われる。そこで本研究は、モルタル供試体を用いて一面凍結、一面乾燥を行なった場合の塩化物イオンの分布変化を実験的に研究したものである。

2. 実験概要

2-1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は豊浦産標準砂、塩化物イオンとして食塩(NaCl 95%以上)を用いた。

2-2 供試体の形状及び製造方法

供試体の形状を図1に示す。図1中のノッチは供試体を割裂するために埋め込んだ。なお凍結用供試体には凍結深さに熱電対を埋め込んだ。供試体の製造はモルタルミキサで練り混ぜ、二層打ちとし、混練水にはモルタル重量の1%に相当するNaClを添加した。

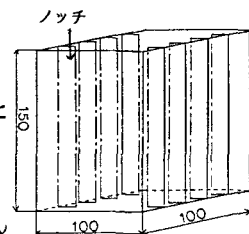


図1 供試体の形状 (mm)

表1 凍結実験計画

外気温 (℃)	-10	-20		
凍結温度 (℃)	-5	-5	-10	
凍結深さ 2cm	○			
4cm	○ △	○ △	○ △	
6cm	○ △	○		

○: 水セメント比60%

△: 水セメント比40%

2-3 凍結及び乾燥方法

凍結方法は一定温度にした低温槽に5面を断熱した供試体を入れ1面から徐冷する。また供試体温度は、予め埋め込んでおいた熱電対で測定する。乾燥方法は供試体の5面をシール材でコーティングし、20°C、50% R.H.の恒温恒湿室に放置し1面から乾燥させる。

2-4 実験計画

凍結の実験計画を表1、乾燥の実験計画を表2に示す。ここで外気温は低温槽内の温度、凍結深さは凍結面からの距離であり、凍結深さが凍結温度に至ったら直ちに供試体を割裂し、分析試料とする。

表2 乾燥実験計画

水セメント比	40%	60%
乾燥材令0週	○	○
2週	○	○
4週	○	○
8週	○	○

3. 試験結果及び考察

3-1 凍結試験

図2に凍結深さを変化させた時の塩化物イオン分布を示す。図2により凍結作用により凍結部に含まれていた塩化物イオンが未凍結部へ押し出され、凍結境界面付近で塩化物イオン濃度が最大となっていることがわかる。

次にW/Cによる比較を図3に示す。図3よりW/Cが大きい程凍結による塩化物イオンの移動量が多いことがわかる。これはW/Cが大きいとモルタルの組織が粗となり液相の量が増し凍結時に偏析を受ける塩化物イオン量が増すことと、液相の連続性が高まるため塩化物イオンの移動が容易になるためであると思われる。

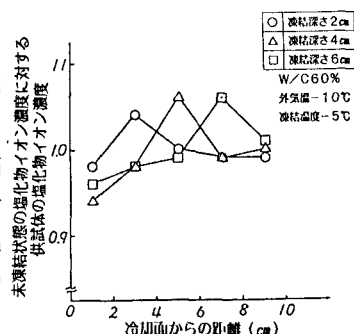


図2 凍結深さを変化させた時の塩化物イオン分布図

気温が低い程塩化物イオンの移動量が少なくなることがわかる。これは外気温が低い場合冷却速度が速くなり、凍結した結晶構造が微細な多結晶質となり、結晶間に塩化物イオンが多くとり残されたためと思われる。

図5は凍結温度を変化させた時の塩化物イオン分布である。凍結深さ4cmの断面が -10°C になった時は8~10cmの層も -5°C を下回り偏析作用を受けていると思われるが、供試体の厚さは10cmしかないため8~10cmの層に塩化物イオンが濃縮され図のような分布になったと思われる。またこの分布から、降温する程凍結による偏析が進むことが認められる。

以上のことから、塩害の被害が日本海側の寒冷地において特に多い理由の1つに、凍結により塩化物イオンが移動し部分的に高濃度域を形成するという要因があることが認められた。

3-2 乾燥試験

乾燥材令を変化させた時の塩化物イオン分布を図6に示す。図6によって、乾燥材令8週までは2~6cmの層内の塩化物イオンが0~2cmの層へ移動していることが認められる。これは乾燥によってモルタル中の塩化物イオンを含んだ間隙水中が乾燥面へと移動し、水分が蒸発しても塩化物イオンは残留し蓄積されるためであると思われる。

また乾燥材令が長くなるにつれ、乾燥面付近の濃度が増加していくことがわかる。また乾燥材令8週においては2~4cmの層の濃度も増加しており、間隙水の気化する実質的な乾燥面が供試体内部へと移動していることが認められる。

図7は乾燥材令8週におけるW/Cの比較を示した図である。この図からW/Cが高い程塩化物イオンの移動量が多くなることがわかる。これはW/Cが高くなることによってモルタルの組織が粗となり間隙水の移動が容易になるためであると思われる。

4 まとめ

1) 塩化物イオンを含んだモルタルが凍結、乾燥作用を受けた場合、凍結境界面あるいは乾燥面付近において塩化物イオン濃度が大きくなることがわかった。またその移動量は凍結ではW/C、凍結深さ、冷却速度などによって左右され、乾燥ではW/C、乾燥材令によって異なることが認められた。したがって寒冷地においては、このような塩化物イオンの移動が起こることを考慮し、塩害対策を行う必要がある。

2) 実際のコンクリート構造物では、凍結融解、乾湿の繰り返しなどの複雑な影響を受けることが考えられ、コンクリート構造物内の塩化物イオンの分布は浸透・拡散の影響ばかりでなく、液相の相変化の影響を受けることが明らかになった。

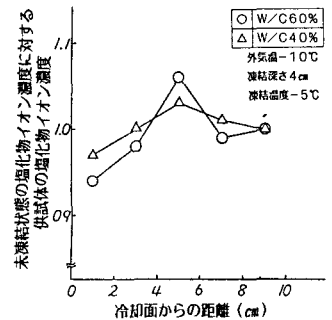


図3 W/Cを変化させた時の塩化物イオン分布図

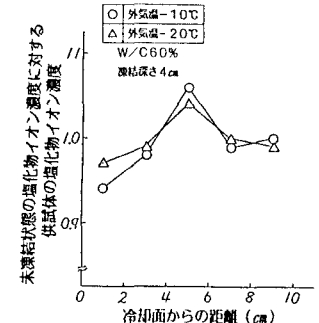


図4 外気温を変化させた時の塩化物イオン分布図

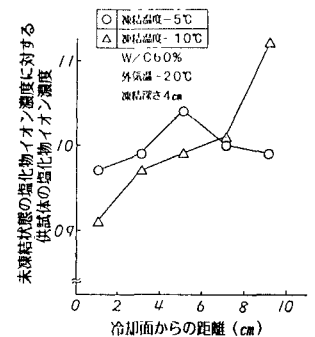


図5 凍結温度を変化させた時の塩化物イオン分布図

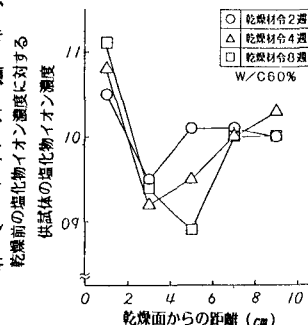


図6 各乾燥材令における塩化物イオン分布図

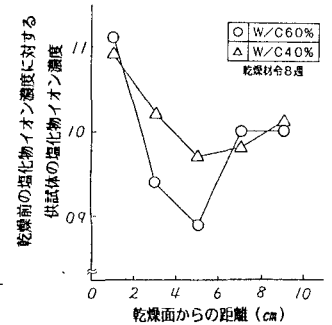


図7 W/Cの比較による塩化物イオン分布図