

コンクリート中の塩分濃縮機構に関する実験的研究

広島大学工学部 正会員 田澤 栄一
 広島大学工学部 学生員 ○伊藤 祐一
 愛媛県庁 山下 憲治

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分が含まれている場合が少なくない。しかも、この塩分がコンクリート構造物の耐久性を低下させる原因の内の一つとなっている。

コンクリート中の塩分は間隙水中に存在しており、凍結、乾燥等による間隙水の相変化と共に塩分はその分布が変化すると思われる。そこで、本研究ではモルタル供試体を用いて一面凍結、一面乾燥時の塩分分布の変化について実験的に検討したものである。

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、細骨材は花崗岩系山砂、塩分は食塩 (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。ノッチの埋め込み位置を表1に示す。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ーで練り混ぜ、二層打ちとした。

W/Cは60% 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。

2-3 凍結及び乾燥方法

凍結方法は液体窒素を供試体の一面から吹きつけ徐冷する。凍結温度は混練水の凝固点降下を考慮し -2.7°C と定めた。また温度は供試体に埋め込んだ熱電対で測定した。乾燥方法は供試体の5面をシールして 20°C 50%R.H.の恒温恒湿室にて放置した。

3. 試験結果および考察

3-1 凍結試験

図2に凍結速度、図3に可溶性塩分量を示す。図3より凍結作用により凍結部に含まれていた塩分が未凍結部へと押し出されて、凍結境界面付近で塩分量が最大となっていることがわかる。また塩分量の最大値は凍結深さが深くなるにつれ大きくなると思われるが、凍結深さ4cmの供試体では、図2より凍結速度が早かったため、氷の結晶構造が微細な多結晶質になり、結晶中の空隙に塩分が取り残され、その結果塩分量の最大値が比較的小さくなったものと思われる。

次にブランクの塩分量と各凍結深さの塩分量の差より偏析係数Kを算出してみると表2に示すように

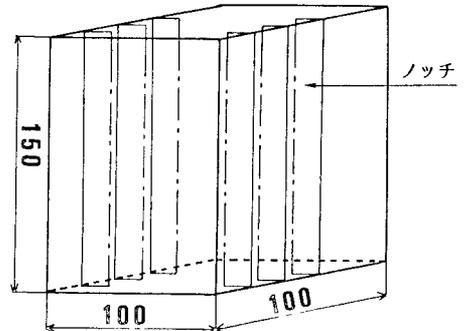


図1 供試体寸法 (mm)

表1 ノッチの位置

	ノッチの位置 (cm)
凍結深さ 2 cm	2, 4, 6
4 cm	4, 6, 8
6 cm	3, 6, 8
乾 燥	2, 4, 6

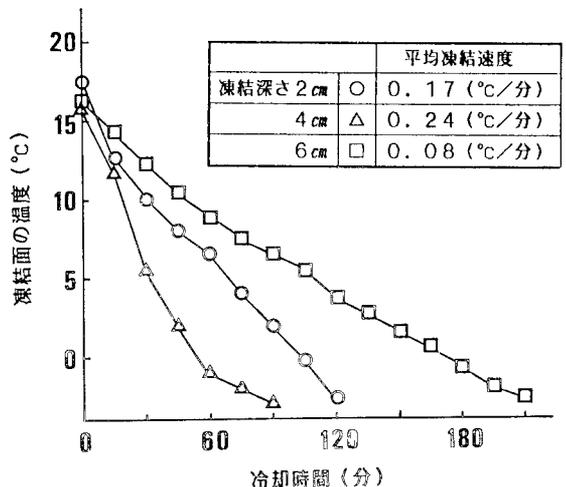


図2 凍結速度

0.81 ~ 0.95 となった。塩水溶液を同一条件で凍結させた時の偏析係数Kは0.90となり図3に示す塩分の濃縮が偏析によるものであることが裏づけられた。塩害の被害が日本海側の寒冷地で特に多い理由が、この見地から再検討されるべきである。

3-2 乾燥試験

図4に重量変化率、図5に可溶性塩分量を示す。乾燥日数1週間では重量が減少している

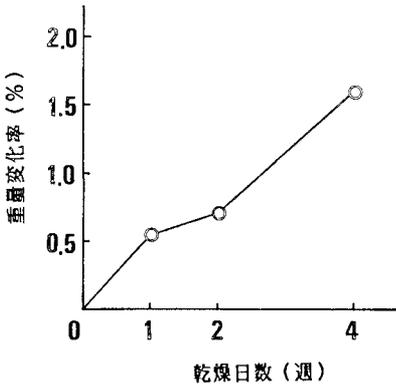


図4 重量変化率

のでモルタル中の間隙水は乾燥面へと移動していると思われるが、塩分分布はブランクとほとんど変わっていない。これはモルタル中の間隙水が連続した液相となっており

間隙水と共に塩分の移動が起こっても液相中が濃度平衡となるように拡散現象が働らくためと考えられる。乾燥日数2週間と4週間では乾燥面付近の塩分量は高濃度となり、これにより塩分が乾燥面へと移動したことがわかる。

4. まとめ

1) 塩分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の塩分濃度が大きくなるのがわかった。特に、凍結による塩分濃縮は凍結の進行により高濃度域がコンクリート内部へと移行することが明らかになった。濃縮の程度はコンクリートの含水状態、塩分含有量などのほか、凍結速度の影響も受ける。したがって寒冷地における塩害対策はこのような塩分濃縮が起こることを考慮して行なう必要がある。

2) 今回の実験では繰り返しを行なわなかったが、実際のコンクリートは乾湿繰り返しあるいは凍結融解の繰り返しを受けるので塩分分布はさらに複雑になるものと思われ、今後さらに研究を進めなければならない

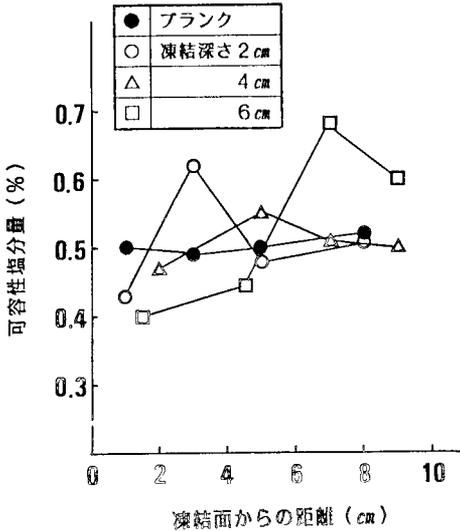


図3 可溶性塩分量

表2 偏析係数K

凍結深さ	区分	K
2cm	0~2cm	0.87
4cm	0~4cm	0.95
6cm	0~3cm	0.81
6cm	3~6cm	0.91
塩水溶液		0.90

偏析係数K

$$K = CS / CL$$

CS : 液相中の不純物濃度

CL : 固相中の不純物濃度

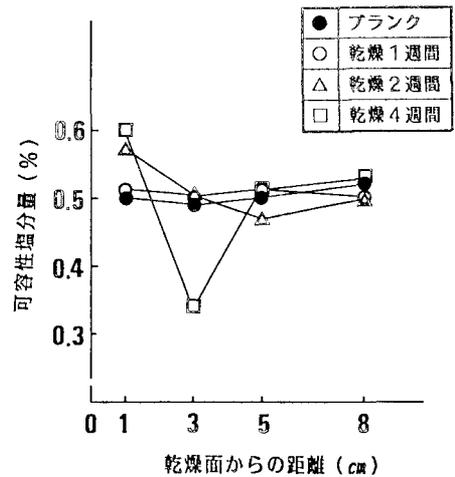


図5 可溶性塩分量