

V-214 コンクリートの表面劣化に及ぼす塩化カルシウムの影響

○ 東北大学 学生員 佐野 功
 東北大学 正会員 三浦 尚
 東北大学 学生員 星 喜晴

1. まえがき

寒冷地の冬期路面の安全性確保の目的で使用されている凍結防止剤が、コンクリート構造物に付着・浸透した際に凍結・融解作用を受けると、コンクリートの表面劣化が著しくなると報告されており、今日、その使用量が增大するに従って、重大な問題となっている。

本研究では、塩化カルシウムの浸透したコンクリートが凍結・融解作用を受けた場合の劣化機構の解明を目的とした。この場合のコンクリートの表面劣化の原因としては、コンクリート表面部と内部との塩化カルシウム濃度の違いによる歪挙動の差、着雪したコンクリートに塩化カルシウムを散布した際の急冷作用によるコンクリート内部の温度歪、モルタルと粗骨材の同一濃度下での歪の差、化学的作用等が考えられる。そこで表面劣化発生実験として、表面劣化の様子を調べ、モルタル及び粗骨材の歪実験として、塩化カルシウムの浸透した両者が冷却・加熱を受けた際の歪挙動を測定し、急冷実験として、着雪したコンクリートに塩化カルシウムを散布した際に、表面付近に起こる急冷作用のもたらすコンクリートの温度変化を測定し、それらの影響を調べた。

2. 実験材料及び実験方法

本実験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。セメントは市販の普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材は宮城県白石川産川砂、粗骨材は宮城県丸森産砕石を使用した。表面劣化発生実験では、コンクリート供

表-1 コンクリートの配合表

G _{max} (mm)	W/C (%)	s/a (%)	Unit Content (kg/m ³)				
			W	C	S	G	AE剤(ml)
25	55	44	164	300	762	1110	1200

試体として10×10×10cmの角柱供試体を使用し、表-2に示す試験条件で凍結・融解作用30サイクルを行った。モルタル及び粗骨材の歪実験では、モルタル供試体として表-1の配合のコンクリートを5ミリふるいでのウェットスクリーニングを行い2.5×4×16cmの角柱供試体を使用し、モルタル及び粗骨材供試体表面に歪ゲージと熱電対を貼付し、+30℃

表-2 表面劣化発生実験での試験条件

試験名	養生条件	凍結条件 14時間 -18℃	融解条件 7時間 +20℃
		水中凍結 塩化カルシウム 濃度3%水溶液中	気中融解 恒温・恒湿室 湿度50%
標準試験	14日間水中養生		水中融解 塩化カルシウム 濃度3%水溶液中
水中融解試験	14日間水中養生		
前乾燥試験	10日間水中養生後 4日間乾燥		

～-20℃の温度範囲で冷却・加熱を行い、連続的に歪を測定した。コンクリートの急冷実験では供試体として18×18×6cmの床版を使用し、供試体表面に氷雪をのせ塩化カルシウム散布の際のコンクリートの温度変化を連続的に測定した。

3. 実験結果及び考察

表面劣化発生実験において、コンクリート表面付近でのセメントペーストの骨材界面からの剥離が観察された。図-1は凍結・融解作用30サイクル後の供試体の重量損失率と塩素イオン浸透深さを示す。凍結・融解作用前や作用中に湿潤状態のものは重量の損失が大きく、塩素イオン浸透深さが浅いことがわかった。従って、塩化カルシウムを伴うコンクリートの表面劣化は、コンクリートの乾燥が大きく影響するものと考えられる。

図-2は7日間、3%・10%・25%塩化カルシウムに浸漬したモルタルを+30℃～-20℃の温度範囲で冷却・加熱したときの歪挙動を示す。図-3は対応する粗骨材の歪挙動を示す。これより3%の塩化カルシウムが浸透した場合と25%を浸透させた場合とでモルタルの歪差が大変大きいことがわかった。又モル

タルの歪挙動の差に起因する応力にモルタルと粗骨材の歪の差に起因する応力が助長して働き、コンクリートの表面劣化の原因の一つとなることが確かめられた。以上のことから、塩化カルシウムがコンクリートへ浸透する場合、表面付近のみで高濃度となり深さ方向で濃度差が大きい場合に表面劣化が著しいと考えられる。湿潤状態のコンクリートに塩化カルシウムを浸透させるとこのような濃度分布になることが確かめられている¹⁾²⁾ことから、この場合に劣化が大きく、乾燥状態のコンクリートに浸透させた場合、深さ方向で濃度差が小さくなる為劣化が小さくとなると考えられる。

着雪したコンクリートに塩化カルシウムを散布

して急冷作用を起こすと、コンクリート表面は約12分で -1°C から -16°C まで温度が下がり、表面と内部で約 15°C の温度差が生じた。図-4は湿潤状態のモルタルの線膨張係数を用いて計算した深さ方向での温度歪分布

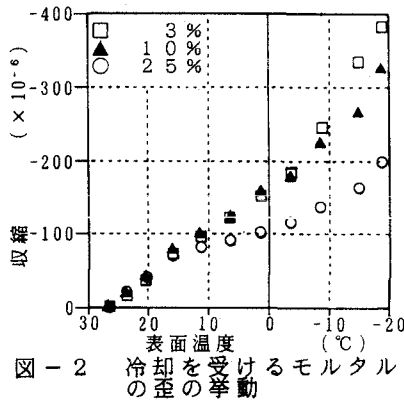


図-2 冷却を受けるモルタルの歪の挙動

を示す。深さ方向で温度歪に差が生じることにより、コンクリート表面に引張応力が働くことになる。実際の構造物は、本実験に用いた床版より厚いため表面での引張応力も更に増大し、コンクリートの引張強度以上になることも考えられ、これもコンクリートの表面劣化の原因の一つであるということが確かめられた。

4. 結論

凍結・融解作用下での塩化カルシウムの浸透によるコンクリート内部の歪の差及び塩化カルシウム散布のもたらす急冷作用による温度歪が、コンクリートの表面劣化の原因となり得ることが検証された。

尚、本研究に当たり終始協力して頂いた東北大学工学部板橋洋房助手に心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Misra, Sudhir and Uomoto Taketo: Water and Chloride Ion Penetration in Saturated and unsaturated concrete, 土木学会第44回年次学術講演会, 1968
- 2) 中下謙次・大即信明・Wee, Tiong, Huan・長瀧信義: セメント硬化体における塩素イオンの濃縮現象に関する検討, 土木学会第44回年次学術講演会, 1989

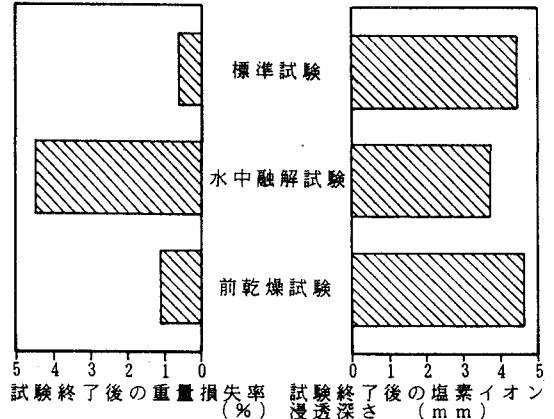


図-1 凍結融解試験終了後の劣化状況

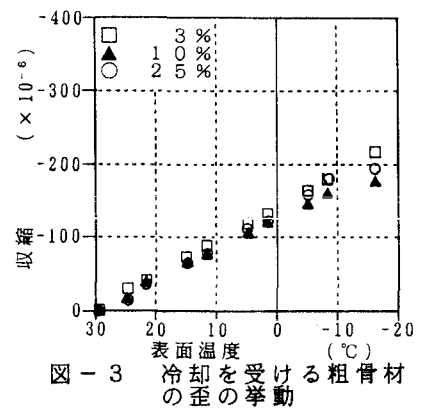


図-3 冷却を受ける粗骨材の歪の挙動

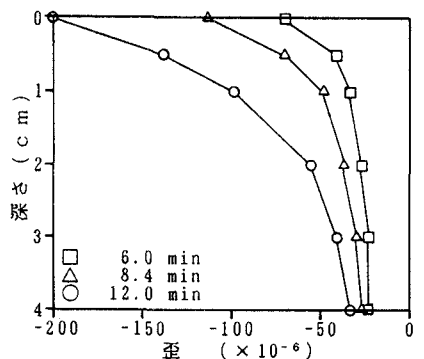


図-4 冷却作用による深さ方向での温度歪