

コンクリートのスケーリング抑制に対する電着工法の有効性に関する研究

東北工業大学大学院 学生会員 ○渡邊 裕
 東北工業大学 正会員 外門 正直
 東北工業大学大学院 学生会員 大谷 俊介

1. 背景

積雪寒冷地でのコンクリート構造物は、凍結と融解の繰返しにより、表面にスケーリングなどの劣化が生じる。加えて、塩化物イオンを含む凍結防止剤の使用量が急増することで、塩害による被害も増大する。これらの抑制対策として、海洋コンクリート構造物の補修工法として用いられている電着工法を適用することを考えた。本実験では凍結防止剤散布時に発生する融雪水（塩化カルシウム水溶液）を外部溶液として使用した場合の電着効果をスケーリング抵抗性で評価した。また、その時の最適な電着条件の選定も検討した。

2. 実験概要

(1) コンクリート供試体

本実験でのコンクリートの配合を表-1に示した。7×10×20cmの角柱供試体を作製し、鉄筋を図-1に示すように組み合わせて配置した。打ち込み後24hで脱型し、材齢28日まで標準養生（20±3℃）を行った。養生後に供試体試験面（型枠底面側）の一面を除く全ての面を塩化ビニル樹脂でシールし、2日間の気中静置（20℃、65%RH）を行った。

(2) 実験項目

a) プレスケーリング試験

塩化ビニル製の容器の底に高さ1cmのスペーサーを設置し、その上に養生後の供試体を配置し、塩化ナトリウム3%wt水溶液を供試体試験面から約5mmの高さまで注ぎ、凍結融解を行った。図-2に示した凍結融解サイクルで予め供試体試験面を劣化させるために24サイクル行った。終了後、スケーリング片を採取して105±5℃で24h乾燥させてから質量を測定し、プレスケーリング量を求めた。

b) 電着工法（通電及び無通電）

プレスケーリング試験後の供試体を図-1に示すように配置し、外部溶液を供試体試験面（底面）から約1cmの高さまで注ぎ、通電を行った。凍結防止剤として使用されている塩化カルシウム（CaCl₂）水溶液を外部溶液として使用する場合は、溶液濃度を3.8%wt及び10.5%wtの2種類、電流密度は、供試体試験面に対して1.0 A/m²及び3.0 A/m²の2種類とした。また、酢酸マグネシウム（Mg(CH₃COO)₂）水溶液を外部溶液として使用する場合は、電流密度1.0 A/m²、溶液濃度0.1 mol/l（約2.1%wt）の条件で通電を行った。無通電の場合は、塩化ビニル製の容器の底に設置した高さ1cmのスペーサーの上に供試体を配置し、蒸留水を供試体試験面から約1cmの高さまで注いだ。これら、計6種類の供試体で比較し、評価した。

c) 気中養生及び毛管吸水

通電及び無通電後の供試体を乾燥させるために21日間気中養生（20℃、65%RH）を行った後、乾燥した供試体を塩化ナトリウム3%wt水溶液に浸漬し、プレスケーリング試験と同様の方法で7日間供試体試験面を水

表-1 コンクリートの配合

Gmax (mm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	AE
15	4.0±1.0	50	37	178	356	629	1134	0.125

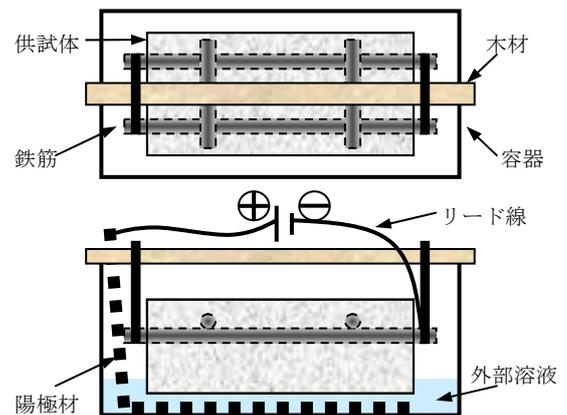


図-1 コンクリート供試体の通電方法

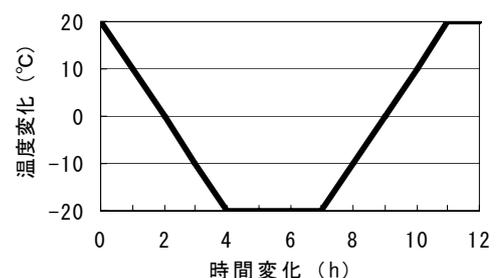


図-2 スケーリング試験の凍結融解サイクル

溶液に浸漬した。

d) スケーリング試験

スケーリング抵抗性を評価するために、通電及び無通電の供試体ともにプレスケーリング試験と同様の方法で凍結融解を42サイクルまで行った。14サイクル、28サイクル、42サイクル後にスケーリング片を採取して105±5℃で24h乾燥させてから質量を測定し、スケーリング量を求めた。

3. 実験結果及び考察

(1) スケーリング試験

実験結果を図-3に示した。スケーリング試験後の各供試体は、通電した供試体の方が無通電の供試体よりスケーリングを抑制することができた。塩化カルシウム水溶液で通電した供試体は、電流密度が高く、同じ電流密度でも溶液濃度の低い方がスケーリングを抑制する効果が高かった。これは、高い電流密度ほど表面被覆の効果が得られ、高い溶液濃度ほどコンクリートに浸透した場合に凍害を生じさせる浸透圧を増加させたためと考えられる。また、塩化カルシウム水溶液を使用し、最もスケーリングを抑制することができた

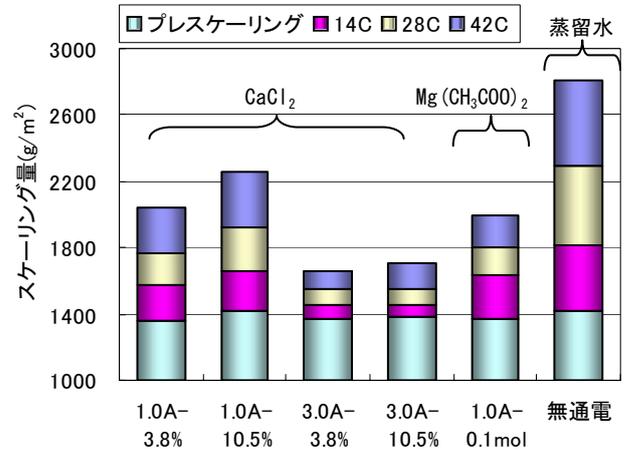
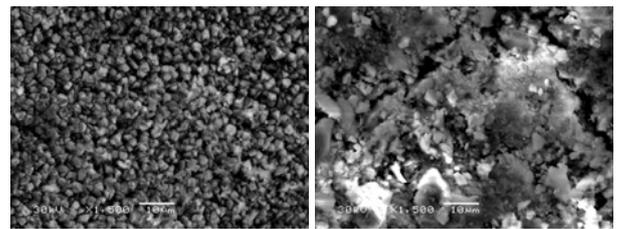


図-3 スケーリング量

電流密度 3.0A/m²、溶液濃度 3.8%wt の条件で通電した供試体は、電着工法の外部溶液として推奨されている酢酸マグネシウム水溶液を外部溶液として通電した供試体¹⁾よりもスケーリングを抑制することができた。

(2) 走査電子顕微鏡 (SEM) による観察と空気量及び気泡間隔係数の測定

この実験では、それぞれスケーリング試験とは別に作製した通電及び無通電後の供試体を使用した。電着物が析出した時の結晶の状態を SEM により (図-4 参照) 観察した。その結果、塩化カルシウム水溶液で通電し、電着物が析出した部分は、無通電の供試体より結晶が小さく密に生成しているのが分かった。これは、水酸化カルシウム (Ca(OH)₂) であると考えられ、これらの小さな結晶が密に生成されることでスケーリングを抑制できたと考えられる。また、空気量及び気泡間隔係数を測定した結果 (表-2 参照)、各供試体試験面から 25mm での空気量は、3.6~5.1% であることにに対し、5mm での空気量は、2.2~3.2% と減少した。これは、浸漬中にセメントの水和作用が促進されたことと、通電によりコンクリート中の気泡に電着物が析出したためと考えられる。しかし、気泡間隔係数を比較した場合には、大きな違いは見られなかったため、通電によりコンクリート内部の気泡へ電着物が析出することによる耐凍害性への影響は小さいものと考えられる。



CaCl₂ (3.0A-3.8%)

無通電

図-4 供試体試験面のSEM写真

表-2 空気量と気泡間隔係数

供試体の種類	供試体試験面から5mm		供試体試験面から25mm	
	空気量 (%)	気泡間隔係数 (μm)	空気量 (%)	気泡間隔係数 (μm)
1.0A-3.8%	2.2	186	3.7	175
1.0A-10.5%	2.6	181	3.6	187
3.0A-3.8%	2.7	168	4.0	167
3.0A-10.5%	3.1	145	4.1	144
1.0A-0.1mol	2.4	175	5.1	145
無通電	3.2	184	4.1	148

4. まとめ

本実験では、塩化カルシウムの外部溶液で電着工法を施したコンクリート供試体のスケーリング抵抗性をスケーリング試験により評価した。その結果、高い電流密度と低い溶液濃度で通電した供試体は、スケーリング量を大きく抑制することが分かった。

参考文献

1) 大即信明ほか：材料 Vol. 51, No. 5, pp. 573-580, 2002.