

## 防水剤と防錆剤を使用したコンクリートの耐凍害性の検討

太平洋セメント(株) 正会員 ○ 樋口 貴泰  
 同上 正会員 兵頭 彦次  
 太平洋マテリアル(株) 正会員 佐竹 伸也  
 (株)富士ピー・エス 正会員 徳光 卓

### 1. はじめに

近年、凍結防止剤散布にともなうコンクリート構造物の塩害・凍害複合劣化が問題となっている。筆者らは、これらの対策技術として、撥水性を有するパラフィン系防水剤と鉄筋防食のための亜硝酸系防錆剤を組み合わせることにより、コンクリート中の鋼材腐食発生塩化物イオン濃度が高くなることや凍結融解抵抗性が向上することなどを実験的に確認してきた<sup>1)</sup>。本検討では、凍結融解抵抗性に及ぼすパラフィン系防水剤と亜硝酸系防錆剤の影響を明らかにするため、両混和剤を単独使用した場合および併用した場合について実験を行った。また、水中および気中養生した場合の影響についても併せて検討した。

### 2. 実験概要

表-1 にコンクリートの使用材料を示す。上水道水、早強ポルトランドセメント、山砂、碎石 2005、パラフィン系防水剤(固形分濃度 40%)、亜硝酸系防錆剤を使用した。

表-2 にコンクリートの配合、フレッシュコンクリートの性状、標準養生供試体の材齢 28 日強度を示す。コンクリートの種類は、防水剤および防錆剤をそれぞれ単独使用したコンクリート(防水、防錆)、防水剤と防錆剤を併用したコンクリート(併用)、いずれも未使用の基準コンクリート(基準)の 4 種類とした。水セメント比は 55%、単位水量は 167kg/m<sup>3</sup> とした。防水剤と防錆剤はそれぞれ単位水量の一部として混和した。目標スランブは 12±2cm とした。各混和剤の効果を判別しやすくするために空気量は 3%以下に設定した。

表-3 に試験項目および方法を示す。凍結融解試験は JIS A 1148 の A 法に準拠した。ただし、供試体の養生方法は、材齢 28 日まで水中養生する一般的な方法に加え、材齢 7 日まで水中養生した後、材齢 28 日まで 20℃ -60%R.H.で気中養生する 2 種類の方法で実験を行った。

これは、パラフィン系防水剤の効果が、撥水作用によるものと思われたため、コンクリートを気中養生し、水が浸透する余地を与えたほうが、その効果が明確になるであろうと考えたことによる。なお、養生方法の違いの影響については、基準および併用コンクリートについてのみ検討を行った。

### 3. 実験結果

#### (1) 相対動弾性係数

図-1 に、供試体を水中養生した場合の凍結融解試験結果を示す。基準コンクリートは、凍結融解 50 サイクル程度で相対動弾性係数が 60%を下回った。これは、空気量が 2%程度と少なかったことが影響したと考えられる。一方、防水剤を単独使用したコンクリートは、凍結融解 300 サイクルにおいても、相対動弾性係数 90%程度を維持していた。さらに、防錆剤を単独したものについても防水剤とほぼ同様の結果が得られた。防錆剤に使用されている亜硝酸塩は凝固点降下作用があり、

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	種類
水	W	上水道水
セメント	C	早強ポルトランドセメント
細骨材	S	山砂
粗骨材	G	碎石2005
防水剤	P	パラフィン系防水剤
防錆剤	CN	亜硝酸系防錆剤

表-2 コンクリートの配合

種類	W/C (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					フレッシュコンクリート		圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
		W	C	S	G	P	CN	スランブ (cm)		空気量 (%)
基準	55	167	304	874	929	0	0	11.0	2.1	51.2
防水						4.5	0	12.3	2.5	49.8
防錆						0	3.8	11.7	2.4	52.3
併用						4.5	3.8	10.0	2.5	47.9

表-3 試験方法

試験項目	方法
スランブ	JIS A 1101
空気量	JIS A 1128
圧縮強度	JIS A 1108
凍結融解試験	JIS A 1148,A法
気泡間隔係数	ASTM C 457,リニアトラバース法

キーワード 防水剤, 防錆剤, 凍結融解抵抗性, 気泡間隔係数, 養生方法

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント株式会社 中央研究所 TEL043-498-3844

フレッシュコンクリートの凍結を防ぐための耐寒剤としても利用されている。このような効果が、硬化コンクリート中の液状水に対しても有利に作用した可能性がある。両混和剤を併用したコンクリートは、それぞれ単独使用した場合よりも凍結融解抵抗性が向上しており、併用した効果が確認された。

図-2 に、養生条件別の凍結融解試験結果を示す。基準コンクリートの相対動弾性係数が 60%を下回る養生条件別の凍結融解サイクル数は、水中養生が 50 サイクル程度であるのに対し、気中養生では 270 サイクル程度まで長くなっている。これは、気中養生することによって、コンクリート内部が不飽和となり、凍結水圧が緩和されたためと考えられる。一方、併用コンクリートについては、養生方法による明確な差異は認められなかった。

(2) 質量変化率

図-3 に、水中養生あるいは気中養生した供試体の凍結融解サイクルと質量変化率との関係を養生条件別に示す。劣化が進捗し質量が急激に減少する前の段階においては、養生条件によらず基準コンクリートと併用コンクリートの質量変化挙動に大きな差は認められなかった。防水剤の作用によって水の浸透が抑制されているならば、気中養生した供試体の質量減少率は差が生じてくるはずである。このことから、凍結融解作用下においては、防水剤の撥水性が必ずしも有効に作用していない可能性が考えられた。

(3) 気泡間隔係数

図-4 に、気泡間隔係数と耐久性指数との関係を示す。各コンクリートの気泡間隔係数は、おおむね 400~550 $\mu\text{m}$ の範囲であった。基準コンクリートに比べると、混和剤を使用したコンクリートのほうがやや気泡間隔係数が小さくなるものがあった。ただし、凍結融解抵抗性の目安となる 250 $\mu\text{m}$  に対しては、いずれも大きな値を示しており、この範囲において結果に大きな影響を及ぼした可能性は考えにくい。

防水剤については、凍結融解下における撥水作用が十分でないことや気泡構造を改善していないにも拘わらず、凍結融解抵抗性が向上した理由としては、パラフィンが疎水性化合物であることが影響した可能性<sup>2)</sup>が考えられる。これについては、今後の検討課題としたい。

4. まとめ

本検討では、パラフィン系防水剤と亜硝酸系防錆剤がそれぞれ単独で凍結融解抵抗性の向上に寄与していること、両者を組み合わせると併用効果が得られることを確認した。また、気泡間隔係数および気中養生した供試体の質量変化率より、防水剤が凍結融解抵抗性を向上させる機構について考察を加えた。

参考文献

1)徳光卓ほか:コンクリートの耐塩害性および耐凍害性を向上させる混和剤の開発,プレストレストコンクリート工学会,第24回シンポジウム論文集,2015  
 2)西祐宜ほか:凍結融解作用による劣化抵抗性を改善した疎水性化合物系収縮低減剤の諸特性,日本建築学会構造系論文集 vol.79, No696, pp.191-200, 2014

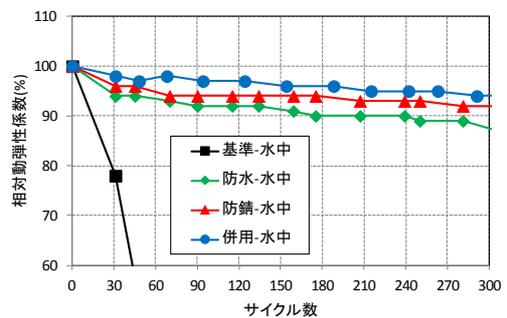


図-1 凍結融解試験結果(混和剤種類の影響)

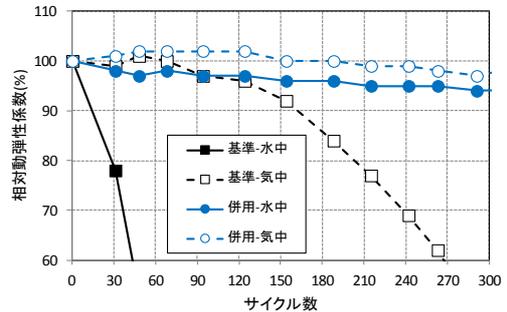


図-2 凍結融解試験結果(養生方法の影響)

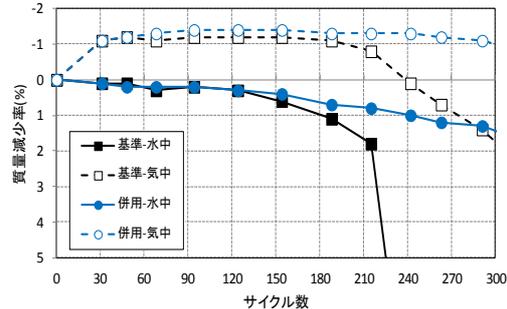


図-3 質量減少率

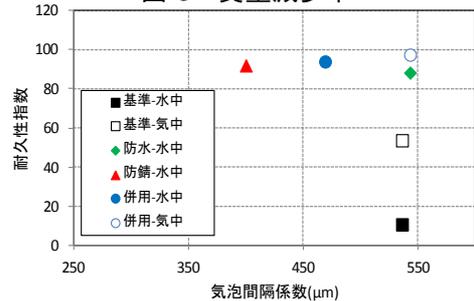


図-4 気泡間隔係数と耐久性指数の関係