

セメントの種類が蒸気養生を行ったコンクリートの耐凍害性に与える影響

岡山大学大学院 学生会員 ○瀧口 響
岡山大学大学院 王 亮
岡山大学大学院 正会員 藤井 隆史
岡山大学大学院 フェロー 綾野 克紀

1. はじめに

一般的にプレキャストコンクリート製品は、製造設備を整えた工場において、安定して製造されていると認識されている¹⁾。しかし、コンクリートに使用する材料や養生方法は工場により異なり、これらがコンクリートの性能に与える影響は小さい。そこで、本研究では、3種類のセメントを使用し、蒸気養生時の最高温度および脱型後の水中養生の有無が、コンクリートの耐凍害性に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

セメントには、普通ポルトランドセメント(OPC)、早強ポルトランドセメント(HPC)、高炉セメント B 種(BB)を用いた。細骨材には、硬質砂岩砕砂(表乾密度: 2.65 g/cm^3 , 吸水率: 1.53% , 粗粒率: 2.93)を、粗骨材には、硬質砂岩碎石(最大寸法: 20 mm , 表乾密度: 2.74 g/cm^3 , 吸水率: 0.45%)を用いた。化学混和剤には、高性能減水剤および AE 助剤を用い、スランプ $12 \pm 2.5 \text{ cm}$ および空気量 $4.5 \pm 1.5 \%$ の範囲内になるよう添加量を調整した。水セメント比は 45% 、単位水量は 170 kg/m^3 、単位粗骨材量は、 $1,020 \text{ kg/m}^3$ で一定とした。コンクリートは、打込み後 18 時間型枠内で養生を行ってから脱型した。蒸気養生の温度設定を図 1 に示す。脱型後、水中養生を行う供試体は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ で水中養生を材齢 7 日まで行った後、室内で気中養生を行った。水中養生を行わない供試体は、脱型後から室内で気中養生を行った。凍結融解試験には、JIS A 1148: 2010「コンクリートの凍結融解試験方法」の水中凍結融解方法(A 法)に、スケーリング試験は、JSCE-K 572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法(案)」にそれぞれ準拠して行った。試験開始時材齢は、いずれも 14 日とした。

3. 実験結果および考察

図 2、図 3 および図 4 はそれぞれ、最高温度が 20°C 、 50°C および 80°C で養生を行ったコンクリートの凍結融解試験結果を示したものである。図 2 より水中養生を行わず、セメントに HPC を用いた場合には、150 サイクル付近で相対動弾性係数が低下している。図 3 より最高温度が 50°C の蒸気養生を行った場合には、いずれのコンクリートも 300 サイクルの凍結融解作用後も相対動弾性係数を 80% 以上保持している。図 4 より最高温度が 80°C の蒸気養生を行い、OPC や HPC を用いた場合には、蒸気養生後から材齢 7 日まで水中養生を行ったものが、270 サイクルよりも早い段階で相対動弾性係数が 60% を下回っている。BB を用いた場合には、OPC や HPC を用いた場合に比べて、養生の影響を受けにくい。これに対して、OPC や HPC を用いたコンクリートでは、高温で蒸気養生を行ったり、水中養生をしなかった場合には、エントレインドエアを連行しても、耐凍害性が得られない場合がある。図 5 および図 6 は、それぞれ水中養生を行った場合および気中養生のみの場合の 56 サイクル後の供試体表面を撮影したものである。セメントの種類に着目すると、OPC や HPC を用いたものに比べて、BB を用いたものの方がスケーリング量は多い傾向にある。BB を用いたものでは、蒸気養生は行わず 20°C で気中養生を行ったもののスケーリング量が、ほかと比べて多くなっている。OPC や HPC を用いたコンクリートでは、図 2 および図 4 より凍結融解作用に対して、相対動弾性係数で表す内部劣化に対する抵抗性が低いコンクリートは、スケーリングに対する抵抗性も低くなる傾向にある。蒸気養生の最高温度に着目すると、いずれのセメントを用いた場合も、 50°C で養生を行ったものよりも、 80°C で養生を行ったものの方が、スケーリング量が多くなっている。

キーワード セメントの種類、養生温度、水中養生、凍結融解、スケーリング

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科 綾野・藤井研究室 TEL 086-251-8920

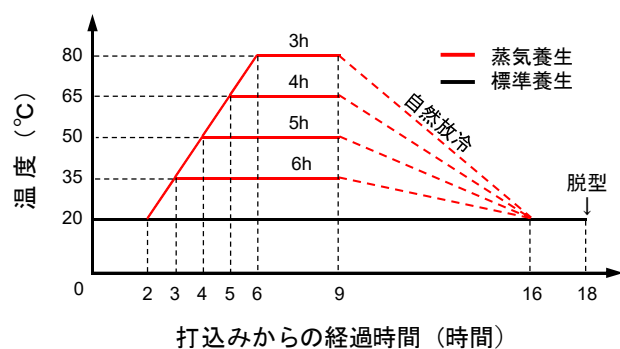


図1 蒸気養生の設定

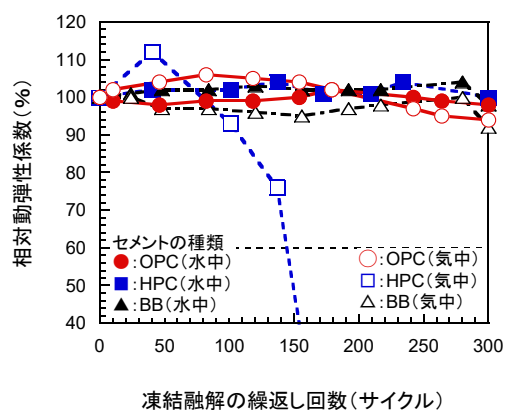


図2 20°Cで養生したコンクリートの耐凍害性

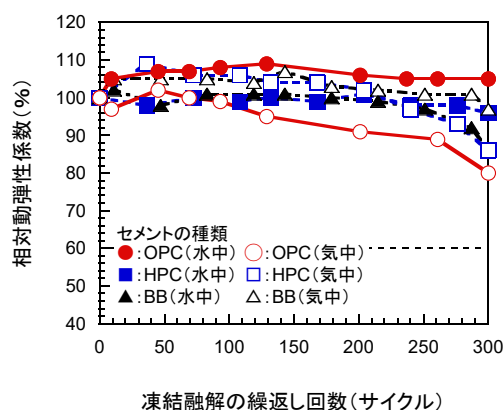


図3 50°Cで養生したコンクリートの耐凍害性

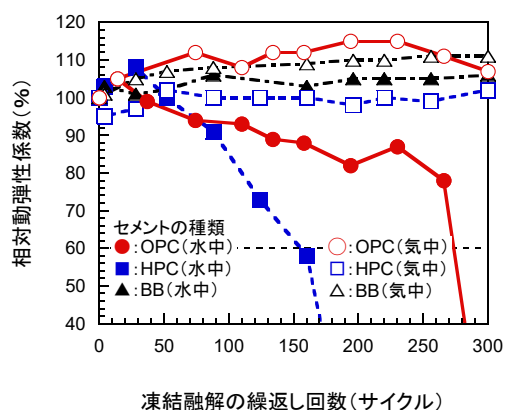


図4 80°Cで養生したコンクリートの耐凍害性

セメントの種類	最高温度		
	20°C	50°C	80°C
OPC	 15 g/m ²	 49 g/m ²	 315 g/m ²
HPC	 60 g/m ²	 10 g/m ²	 8,003 g/m ²
BB	 101 g/m ²	 393 g/m ²	 969 g/m ²

図5 スケーリング試験の結果 (水中養生)

セメントの種類	最高温度		
	20°C	50°C	80°C
OPC	 38 g/m ²	 110 g/m ²	 170 g/m ²
HPC	 584 g/m ²	 19 g/m ²	 186 g/m ²
BB	 1,520 g/m ²	 354 g/m ²	 1,066 g/m ²

図6 スケーリング試験の結果 (気中養生)

4. まとめ

セメントに OPC または HPC を用いたコンクリートを、高温の蒸気養生を行った場合や、十分な水中養生を行わなかった場合には、エントレインドエアを連行しても、耐凍害性が低下する場合がある。これに対し、BBを用いた AE コンクリートは、養生条件に寄らず、凍結融解作用による内部劣化に対して高い抵抗性を示す。スケーリングに対しては、養生方法の影響を受けやすく、蒸気養生を行わず気中養生のみを行った場合や、高温の蒸気養生を行った場合には、スケーリング量が多くなる。この傾向は、BBを用いた場合に顕著に表れる。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案，コンクリートライブラリ No. 148, 2016. 12