コンクリートの耐凍害性に与えるセメントの種類と蒸気養生の影響

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くない．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，硬質砂岩砕石（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±2.5 cm および空気量 4.5±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 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±2℃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℃，50℃および 80℃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℃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℃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℃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℃で養生を行ったものよりも，80℃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

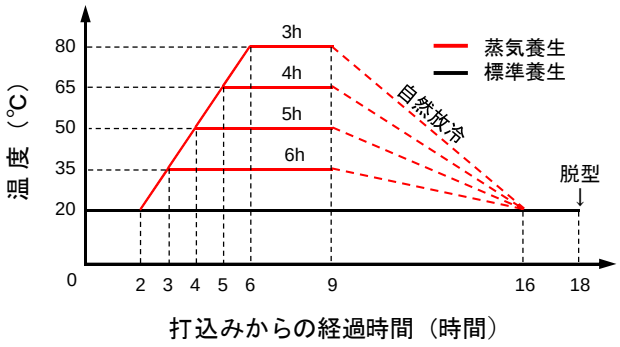


図１　蒸気養生の設定

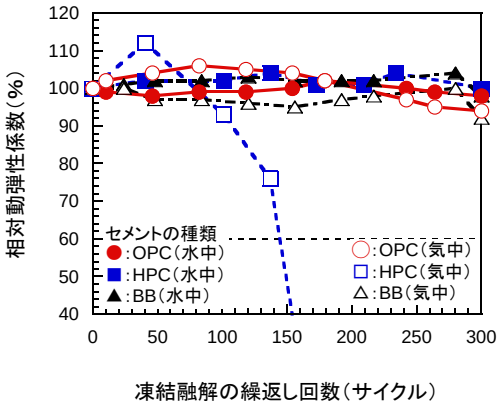


図２　20℃で養生したコンクリートの耐凍害性

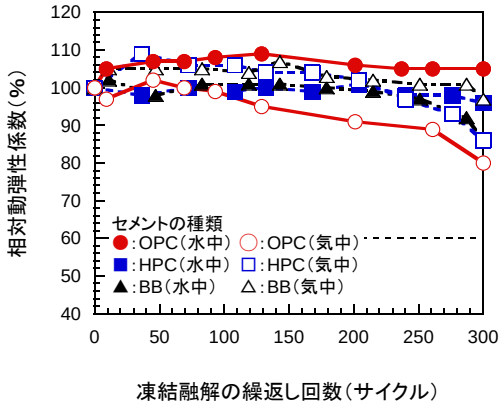


図３　50℃で養生したコンクリートの耐凍害性

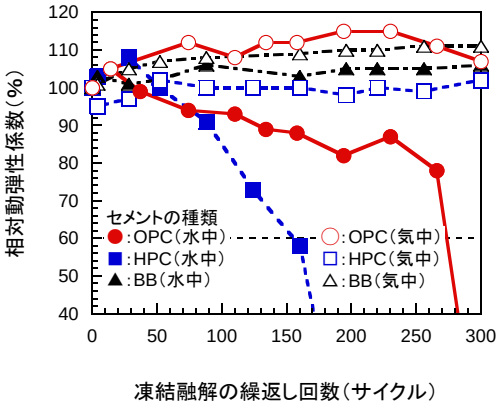


図４　80℃で養生したコンクリートの耐凍害性

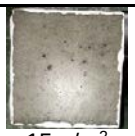
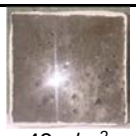
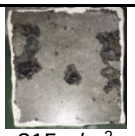
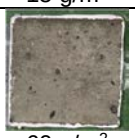
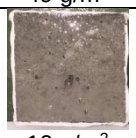
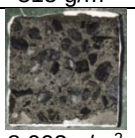
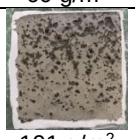
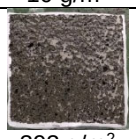
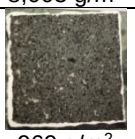
セメントの種類	最高温度		
	20℃	50℃	80℃
OPC	 15 g/m^2	 49 g/m^2	 315 g/m^2
HPC	 60 g/m^2	 10 g/m^2	 8,003 g/m^2
BB	 101 g/m^2	 393 g/m^2	 969 g/m^2

図５　スケーリング試験の結果（水中養生）

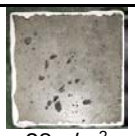
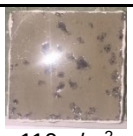
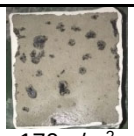
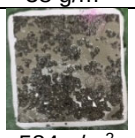
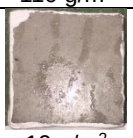
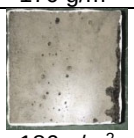
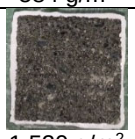
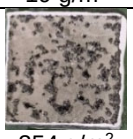
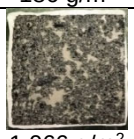
セメントの種類	最高温度		
	20℃	50℃	80℃
OPC	 38 g/m^2	 110 g/m^2	 170 g/m^2
HPC	 584 g/m^2	 19 g/m^2	 186 g/m^2
BB	 1,520 g/m^2	 354 g/m^2	 1,066 g/m^2

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