

高炉スラグがコンクリートの耐凍害性に及ぼす影響

岡山大学大学院	学生会員	○森	雅聡
岡山大学大学院	学生会員	田中	俊光
ランデス(株)	正会員	Paweena	JARIYATHITIPONG
岡山大学大学院	正会員	藤井	隆史
岡山大学大学院	フェロー会員	綾野	克紀

1. はじめに

寒冷地域に設置された道路境界ブロック等のプレキャストコンクリート製品の一部には、凍結融解作用による早期劣化が見られる場合がある¹⁾。凍害劣化は、コンクリートの使用材料、配合、養生方法などにより影響される。また、凍結防止剤を散布する地域や沿岸地域など、塩害が同時に発生する環境下では劣化が促進される。本研究では、塩水を使って凍結融解試験を行い、高炉スラグを用いることで凍結融解抵抗性が向上することを示す。

2. 実験概要

結合材には、普通ポルトランドセメントおよび高炉スラグ微粉末を用いた。細骨材には、硬質砂岩砕砂（表乾密度： 2.65g/cm^3 ，吸水率：1.70%）および高炉スラグ細骨材（表乾密度： 2.69g/cm^3 ，吸水率：0.61%）を用いた。粗骨材には、硬質砂岩砕石（最大寸法：20mm，表乾密度： 2.74g/cm^3 ，吸水率：0.49%）を用いた。混和剤には、高性能減水剤、AE 剤および消泡剤を用いた。コンクリートの水結合材比は、25%および 40%とした。単位水量は 175kg/m^3 で、細骨材率は 50%と一定にした条件で配合を決定した。凍結融解試験は、JIS A 1148: 2010 に規定される水中凍結融解方法（A 法）に準拠して行った。本実験では、ゴム製の容器内の供試体を覆う水（凍結水）に、質量パーセント濃度で 10%の塩化ナトリウム水溶液を用いた。実験には、蒸気養生または常温養生を材齢 14 日まで行った $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ の角柱供試体を用いた。蒸気養生は、2007 年制定土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕に示される方法²⁾に従った。蒸気養生後は、水中養生を材齢 14 日まで行った。常温養生を行った供試体は、コンクリート打ち込み後、24 時間常温で型枠内養生を行った後に脱型し、材齢 14 日まで水中養生を行った。

3. 実験結果および考察

図 1 は、水セメント比が 25%のコンクリートにおける養生方法および空気量が、凍結融解抵抗性に及ぼす影響を調べた結果である。AE コンクリートおよび AE 剤を用いていないコンクリートの練混ぜ直後の空気量は、それぞれ、3.6%および 1.1%であった。AE 剤を添加しない場合は、200 サイクル程度で劣化しており、十分な凍結融解抵抗性が得られないことが分かる。図 2 は、水セメント比が 40%のコンクリートにおける養生方法および空気量が、凍結融解抵抗性に及ぼす影響を調べた結果である。AE コンクリートおよび AE 剤を用いていないコンクリートの練混ぜ直後の空気量は、それぞれ、3.6%および 2.2%であった。AE コンクリートでも、蒸気養生を行ったものは、150 サイクル程度の早期で劣化することが分かる。図 3 は、結合材への高炉スラグ微粉末の置換量が、凍結融解抵抗性に及ぼす影響を示したものである。いずれのコンクリートにも、AE 剤は用いておらず、練り混ぜ直後の空気量は、 $2.0 \pm 0.5\%$ であった。高炉スラグ微粉末を質量比で結合材の 60%用いたものは、AE 剤を用いなくても、十分な凍結融解抵抗性を持つことが分かる。一方、図 4 は、高炉スラグ細骨材の置換量がコンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響を示したものである。いずれのコンクリートにも、AE 剤は用いていない。高炉スラグ細骨材を、細骨材の質量比で 0%，33%，67%および 100%を置換したコンクリートの練混ぜ直後の空気量は、それぞれ、2.5%，2.6%，3.3%および 4.2%であった。この図より、細骨材に高炉スラグ細骨材を用いることでも、コンクリートの凍結融解抵抗性が向上することが分かる。図 5 は、細骨材に高炉スラグ細骨材のみを用いたコンクリートにおいて、高炉スラグ微粉末の置換量が、コンクリートの凍結融解抵抗性に及ぼす影響を示したものである。いずれのコンクリートも AE 剤を添加しておらず、練混ぜ直後の空気量は、 $3.5 \pm 0.7\%$ であった。細骨材に高炉スラグ細骨材を用いれば、結合材に占める高炉スラグ微粉末量に関係なく、高い凍結融解抵抗性が得られる。図 6 は、細骨材に高炉スラグ細骨

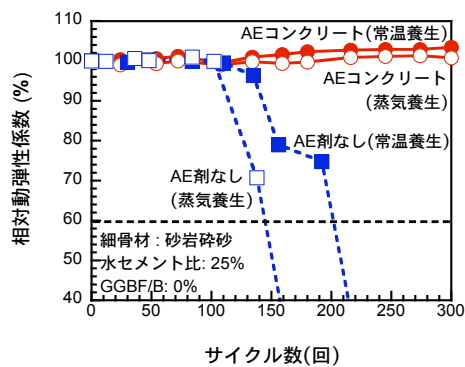


図 1 養生方法および空気量が及ぼす影響(W/C:25%)

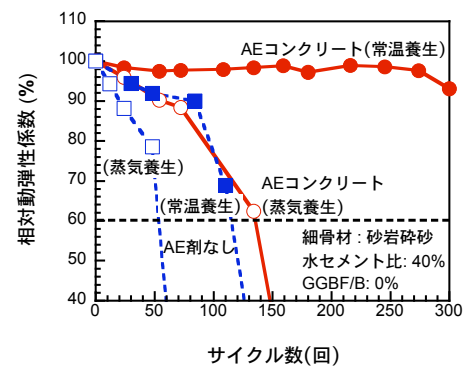


図 2 養生方法および空気量が及ぼす影響(W/C:40%)

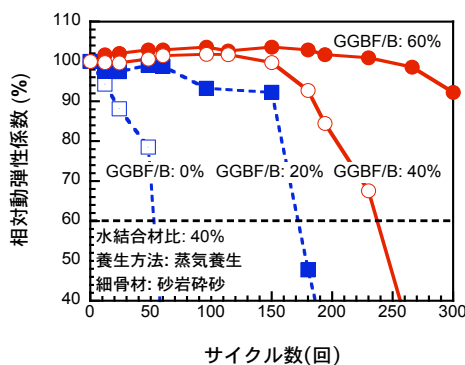


図 3 高炉スラグ微粉末量が及ぼす影響

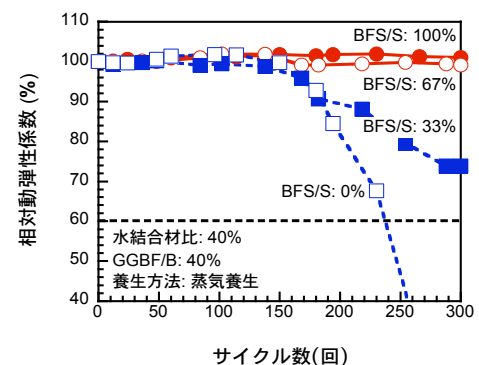


図 4 高炉スラグ細骨材量が及ぼす影響

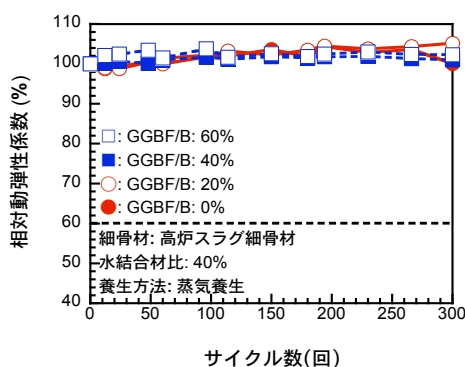


図 5 高炉スラグ微粉末量が及ぼす影響

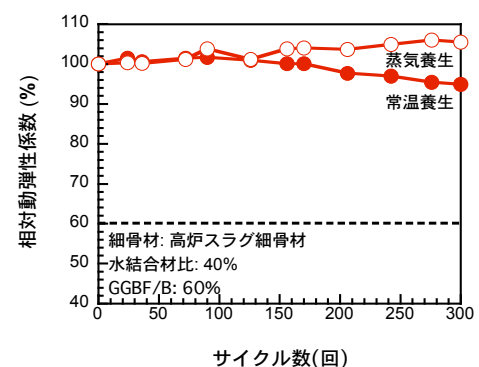


図 6 消泡剤を用いたコンクリートの凍結融解試験結果

材を用いると多くなるエントラップトエアを, 消泡剤によって取り除いたコンクリートの凍結融解試験結果である。コンクリートの練混ぜ直後の空気量は, 2.4%である。高炉スラグ細骨材および高炉スラグ微粉末を併用することで, コンクリート中の空気を取り除き, 蒸気養生を行った場合でも, 十分な凍結融解抵抗性が得られることが分かる。

4. まとめ

水セメント比が 40%程度のコンクリートの場合, AE 剤を用いても, 蒸気養生を行うと, 凍結融解作用により, 早期に劣化する場合がある。高炉スラグ微粉末を結合材の一部と置換すること, もしくは, 細骨材に高炉スラグ細骨材を用いることで水結合材比が 40%程度のコンクリートであっても, AE 剤を用いることもなく, また, 蒸気養生を行っても, 十分な凍結融解抵抗性が得られることを, 凍結水に塩水を用いた凍結融解試験によって, 確認した。

参考文献

- 1) 全国コンクリート製品協会東北支部：プレキャストコンクリート製品の早期劣化に影響を及ぼす製造的要因の研究, コンクリート二次製品技術研究会実験結果報告書, 2011
- 2) 土木学会コンクリート委員会：2007 年制定コンクリート標準示方書 [施工編], 土木学会, p. 430, 2008.3