

プラントミキサで製造した高炉スラグを用いたコンクリートの耐凍害性とその改善に関する研究

岡山大学大学院 学生会員 ○田中 湧磨
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

凍結防止剤が散布される積雪寒冷地域において、凍害によるコンクリートの劣化が著しく、道路橋床版の取替え工事等の大規模な更新が必要とされる構造部材が増加している。工期の短縮のために、プレキャストコンクリート製品の活用が期待されている。プレキャストコンクリート部材を製造する工場では、生産性を高めるために、蒸気養生を行っている。細骨材に高炉スラグ細骨材を用いることでコンクリートの凍結融解抵抗性が向上する。また、結合材の一部に高炉スラグ微粉末を用いた場合は、蒸気養生を行うことで凍結融解抵抗性が向上する¹⁾。本研究では、プラントミキサにより製造した高炉スラグを用いたコンクリートの耐凍害性についての検討を行った。

2. 実験概要

表 1 に、実験を行なったプレキャスト製品の製造工場で使用されているコンクリートの配合を示す。結合材には普通ポルトランドセメント(OPC, 密度: 3.15g/cm^3)および高炉スラグ微粉末(GGBF, 密度: 2.90g/cm^3)を、細骨材には高炉スラグ細骨材(BFS, 表乾密度: 2.75g/cm^3 , 粗粒率: 2.10)を、粗骨材には砂岩碎石を 5~15mm(G1505, 表乾密度: 2.64g/cm^3)と 10~20mm(G2010, 表乾密度: 2.65g/cm^3)に分級して用いた。混和剤には増粘系高性能減水剤および増粘剤を使用した。供試体は、製品と同様に蒸気養生を行い、脱型後は、製品が養生される水槽と同環境下の水槽内で養生を行った。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。凍結水には、凍結防止剤による影響を考慮し、質量パーセント濃度が 10%の塩化ナトリウム水溶液を用いた。モルタル小片を用いた凍結融解には、一辺が 10mm の立方体モルタル小片を用いて試験を行った。凍結融解のサイクルは、3 時間をかけて -20°C まで温度を下げ、その後 9 時間 -20°C を保ち、3 時間をかけて 20°C まで温度を上昇させ、その後 3 時間 20°C を保ち 1 サイクルとした。融解工程終了後、モルタル小片を取り出し、崩れ落ちた部分を取り除いて質量を測定し、0 サイクル時点の質量に対する質量残存率を算出した。

3. 実験結果および考察

図 1 は、産地の異なる粗骨材を、モルタル小片と同じサイクルで凍結融解試験を行った結果を、質量残存率で示したものである。砂岩碎石 A, B は凍結融解作用を受けても、ほとんど質量を減少させることなく 56 サイクルまで到達しているのに対し、粘板岩碎石は質量残存率が大きく減少している。使用する粗骨材自身によっても凍結融解に対しての抵抗性が異なることが分かる。図 2 は、砂岩碎石 A を使用し製造したコンクリートの耐久性指数の変動を示したものである。この図より、水中養生期間を長く行うことで、耐凍害性が向上することがわかる。また、使用粗骨材を改善したのちも、まだ、耐久性指数に大きく変動があることが分かる。ここで、図 3 は、このコンクリートに使用した粗骨材に付着する微粒分の付着率の変動を示したものである。微粒分の付着率が大きい粗骨材を用いた供試体 No.12~16 は図 2 に示す試験開始材齢 56 日の耐久性指数が小さいことが分かる。図 4 は、水中養生の際の水温が耐凍害性に与える影響をモルタル小片で調べた結果である。この図より、水温が低い場合は凍結融解抵抗性が低いことが分かる。図 5 は、打ち込み時の気温と耐久性指数の関係を示したものである。この図より、打ち込み時の気温が低いと耐久性指数は小さくなることが分かるが、この結果は、前述の水中養生の際の水温も影響していると考えられる。供試体の水中養生は、屋外の現場水中で行われ、水温は気温に比例し変動しているためである。また、打ち込み時の気温が 24°C を下回るといずれのコンクリートも耐久性指数は 60 以下である。図 6 は、外気温が 24°C 以下の環境下で打設、養生を行った際の耐久性指数を示したものである。この図

キーワード 高炉スラグ細骨材, 耐凍害性, プラントミキサ, 外気温, 養生期間, 粗骨材の微粒分

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研究科 TEL&FAX 086-251-8920

表1 コンクリートの配合

W/C (%)	GGBF/B (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						高性能減水剤 (B×%)	増粘剤 (B×%)
				W	B		BFS	G			
					OPC	GGBF		G1505	G2010		
35	40	2.0	45.0	155	266	177	829	497	497	0.65	0.03

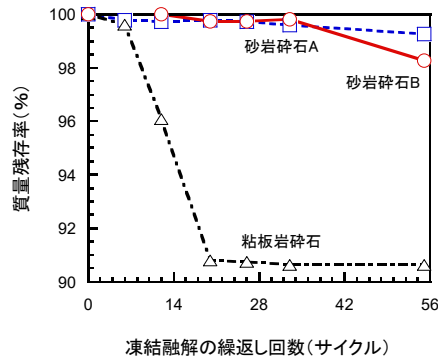


図1 粗骨材の耐凍害性

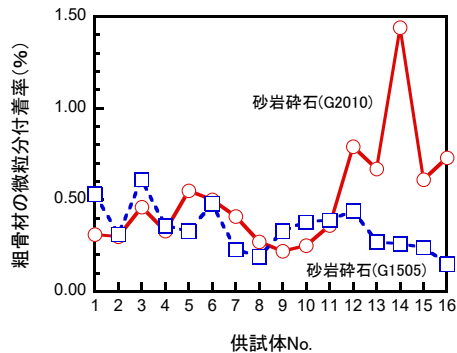


図3 粗骨材に付着する微粒分の付着率の変動

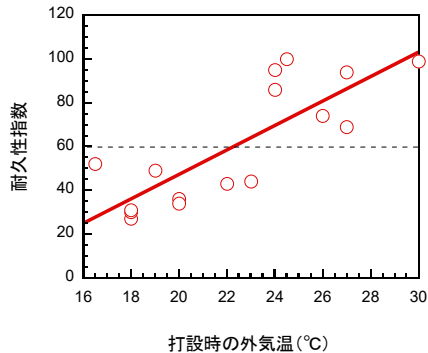


図5 打設時の気温と耐久性指数の関係

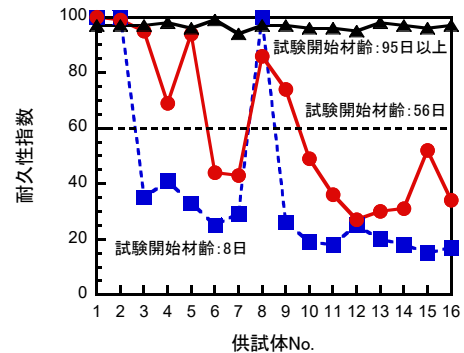


図2 耐久性指数の変動

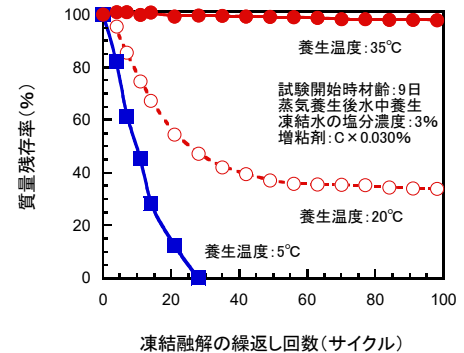


図4 養生温度が凍結融解抵抗性に与える影響

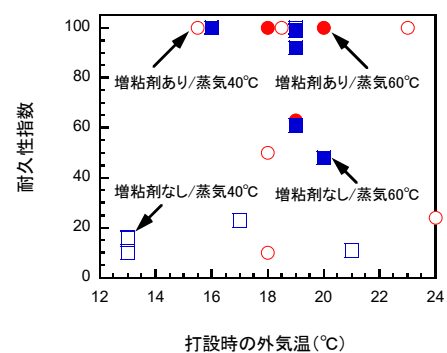


図6 蒸気養生温度と増粘剤の影響

より、蒸気温度を 60°Cにすることや、増粘剤を用いることにより、打ち込み時の気温が低い環境下でも、高い耐久性指数をもったコンクリートの製造が可能であることが分かる。

4. まとめ

高炉スラグを用いたコンクリートをプラントミキサで製造し、耐凍害性を検討した。その結果、使用する粗骨材の種類、粗骨材に付着する微粒分の量により耐凍害性が低下することが分かった。また、打設時の気温および養生時の温度の変動もコンクリートの耐凍害性に大きな影響を与える。特に、冬場の水温が低いときには水中養生を行なっても耐凍害性を得られない場合がある。しかし、増粘剤を使用すること、蒸気養生温度や水中養生の温度を高くすること、養生期間を長くすることで耐凍害性が得られることが分かった。

参考文献

- 1) 山内守他：高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性に与える養生方法および増粘剤の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.39，No.1，pp.829-834，2017