

## 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの性能に結合材の種類が与える影響

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 フェロー会員 綾野 克紀

### 1. はじめに

脱型直後にプレストレスを導入するプレキャスト PC コンクリート製品を製造する工場では、若材齢での強度発現が必要となるため、一般的に、蒸気養生を行い、早強ポルトランドセメントを用いる。高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートは、蒸気養生を行なった際でも、AE 剤を用いることなく耐凍害性が得られること<sup>1)</sup>等、コンクリートの耐久性を向上させることが可能であることが示されている。本研究では、高炉スラグ細骨材を細骨材の全量に用いたコンクリートの性能に結合材が与える影響を検討した。

### 2. 実験概要

コンクリートの、結合材には、早強ポルトランドセメント(HPC, 密度:3.13 g/cm<sup>3</sup>, ブレーン値:4,600 cm<sup>2</sup>/g), 普通ポルトランドセメント(OPC, 密度:3.15 g/cm<sup>3</sup>, ブレーン値:3,350 cm<sup>2</sup>/g), 高炉セメント B 種(BB, 密度:3.04 g/cm<sup>3</sup>, ブレーン値:3,950 cm<sup>2</sup>/g)および高炉スラグ微粉末 4000(GGBS, 密度:2.89g/cm<sup>3</sup>, ブレーン値:4,250 cm<sup>2</sup>/g)を、細骨材には、高炉スラグ細骨材(BFS, 表乾密度:2.76 g/cm<sup>3</sup>, 吸水率:0.53%, 粗粒率 2.19)を、粗骨材には、硬質砂岩碎石(最大寸法:20mm, 表乾密度:2.72 g/cm<sup>3</sup>, 吸水率:0.52%, 粗粒率 6.82)を用いた。化学混和剤には、増粘剤一液型高性能減水剤およびカルシウムシリケート水和物系硬化促進剤<sup>2)</sup>(以下、硬化促進剤)を用い、AE 剤は用いていない。コンクリートの水結合材比は 35%, 単位水量は 155kg/m<sup>3</sup>, 単位粗骨材量は 1,078kg/m<sup>3</sup>で一定とした。

蒸気養生は、打込み後から 4 時間 20±2°Cで静置した後、15°C/時間の速さで 40°Cまで昇温を行った。最高温度の 40°Cを 5 時間保持した後、自然冷却によりコンクリートの温度を下げた。標準養生の供試体は、打込み後から脱型まで、20±2°Cの室内で養生を行った。脱型後は、20±2°Cの水中で試験開始まで養生を行なった。凍結融解試験は、100×100×400 mmの角柱供試体を用いて、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」に規定される水中凍結融解方法(A 法)に従い試験を行った。

### 3. 実験結果および考察

図 1 および図 2 に、それぞれ、材齢 28 日および 91 日まで標準養生を行なったコンクリートの耐凍害性に与える結合材の種類が影響を示す。高炉スラグ細骨材を細骨材の全量に用いたコンクリートは、AE 剤を用いなくても高い耐凍害性が得られるが、その効果は、結合材の種類の影響を受け、高炉セメント B 種や普通ポルトランドセメントに比べて、早強ポルトランドセメントを用いた場合には、所定の耐凍害性を得るためには、長い水中養生期間が必要であることがわかる。図 3 に、早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートの耐凍害性に高炉スラグ微粉末が与える影響を示す。早強ポルトランドセメントを用いた場合にも、結合材の一部を高炉スラグ微粉末に置換することで、耐凍害性が得られやすくなることがわかる。図 4 に、高炉スラグ微粉末が 18 時間圧縮強度に与える影響を示す。セメントの一部を高炉スラグ微粉末に置換して用いた場合、蒸気養生を行った場合にも、18 時間圧縮強度が低下することがわかる。図 5 は、18 時間圧縮強度に硬化促進剤が与える効果を示したものである。硬化促進剤を添加することで、水結合材比を下げたり、養生温度を上げたりすることなく、強度発現性を高めることが可能であることがわかる。図 6 は、硬化促進剤が耐凍害性に与える影響を示したものである。硬化促進剤を添加したコンクリートも、300 サイクルまで相対動弾性係数は低下していないことが分かる。

キーワード 高炉スラグ細骨材, 早強ポルトランドセメント, 耐凍害性, 圧縮強度, 硬化促進剤

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 TEL & FAX 086-251-8920

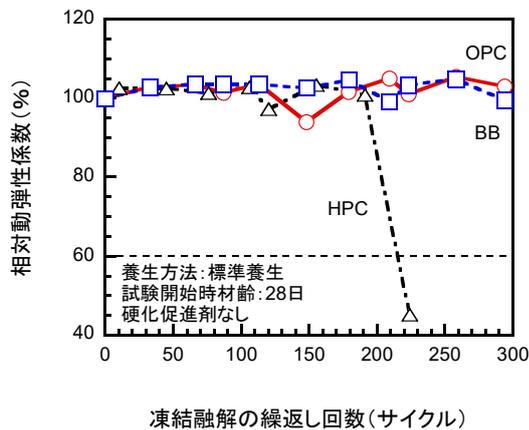


図1 結合材の種類が耐凍害性に与える影響 (試験開始時材齢 28 日)

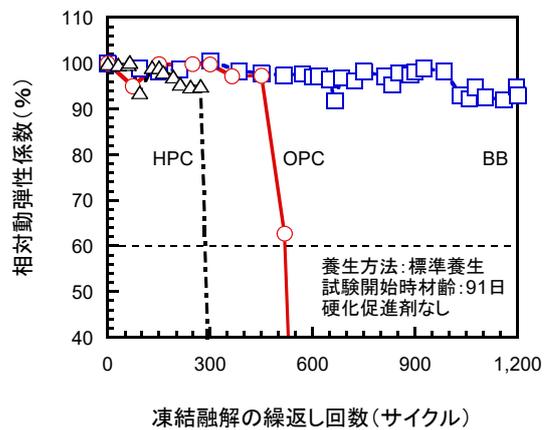


図2 結合材の種類が耐凍害性に与える影響 (試験開始時材齢 91 日)

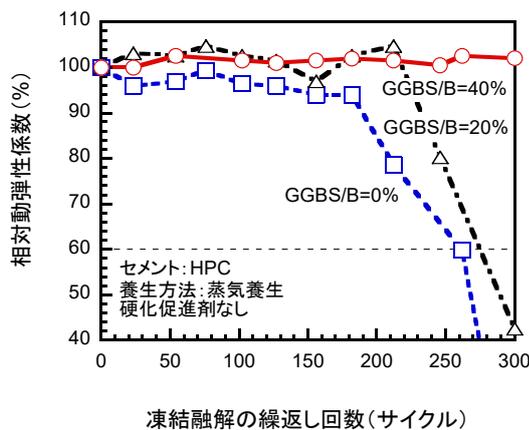


図3 高炉スラグ微粉末が耐凍害性に与える影響

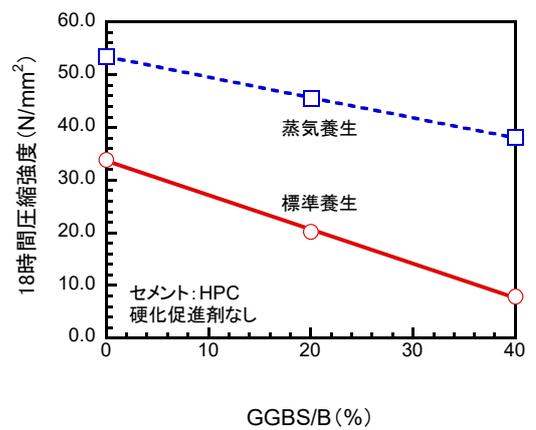


図4 高炉スラグ微粉末が圧縮強度に与える影響

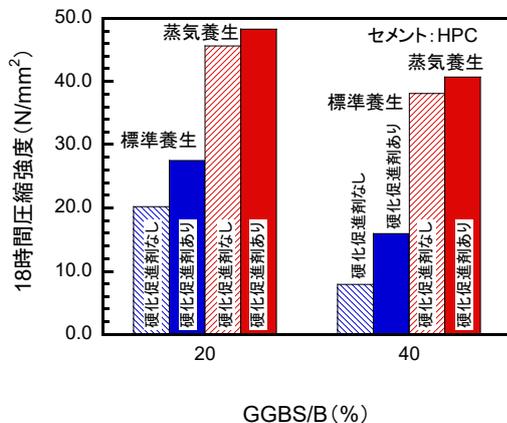


図5 18 時間圧縮強度に硬化促進剤が与える効果

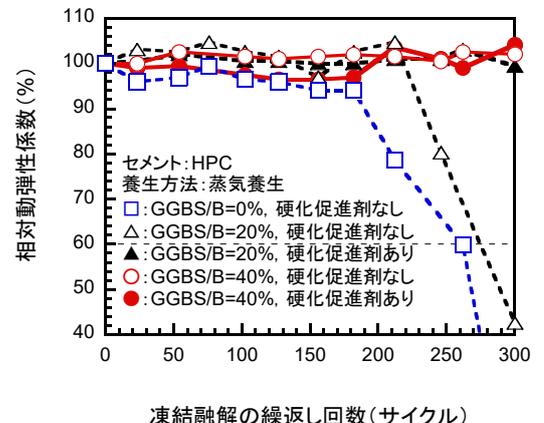


図6 硬化促進剤が耐凍害性に与える影響

#### 4. まとめ

早強ポルトランドセメントを用いた場合でも、高炉スラグ微粉末を併用すれば、耐凍害性が得られやすくなるが、若材齢での強度は小さくなる。硬化促進剤を用いれば、水結合材比を小さくしたり、蒸気養生の温度を上げたりすることなく強度発現性を高めることが可能である。また、硬化促進剤は高炉スラグを用いたコンクリートの耐凍害性に悪影響はもたらさない。

#### 参考文献

- 1) 綾野克紀, 藤井隆史: 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの耐凍害性に関する研究, 土木学会論文集 E2, Vol. 70, No. 4, pp.417-427, 2014.12
- 2) 小泉信一, 井元晴丈, 馬場勇介, 山崎遥平: C-S-H 系早強剤を用いたコンクリートの強度発現性および耐久性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.154-159, 2014.6