

石炭ガス化スラグ細骨材を用いた高流動コンクリートに関する基礎的研究

東海大学大学院 学生会員 ○木戸 遥大

東京電力ホールディングス株式会社 正会員 松浦 忠孝

佐藤工業株式会社 正会員 小山 広光

東海大学 正会員 伊達 重之

1. はじめに

近年、発電効率と環境性能に優れた石炭ガス化複合発電システム(IGCC: Integrated Coal Gasification Combined Cycle, 以下, IGCC とする)が注目されている. この発電時に排出される石炭ガス化スラグ(CGS: Coal Gasification Slag, 以下, CGS)の建設業界での利用については既に多く検討されている. また, 建設業界では作業の省力化などを目的とし, 高流動コンクリートが活用されている. しかし, CGS を細骨材として高流動コンクリートに使用した事例は少ない. そこで, CGS を細骨材として高流動コンクリートに使用した際に想定されるフレッシュ性状および硬化特性に及ぼす影響について評価することを目的に検討を行った.

2. 実験概要

2. 1 各種条件

表-1, 表-2 に使用材料, 配合条件を示し, 図-1 に細骨材のふるい分け試験の結果を示す. なお, 図中に示す破線部は JIS A 5011-5 に規定されている細骨材の粒度分布規定範囲である. 本研究では細骨材に川砂を使用し, CGS を川砂に対して容積置換する割合を CGS 置換率とし 0, 25, 50% の 3 水準を設けた. 細骨材の粒度はコンクリートのフレッシュ性状に影響を及ぼすとされているため, ふるい分け試験により本研究で使用した細骨材の粒度分布は JIS の規定範囲内であることを確認した. また, 本研究では増粘剤系の自己充填ランク 2 配合での使用を想定し, 単位セメント量は 500kg を基準に配合設計を行い, 化学混和剤を適宜使用した.

2. 2 試験項目

2. 2. 1 フレッシュ性状

本研究では高流動コンクリートに CGS を使用した際のフレッシュ性状に与える影響を定量的に評価することを目的とし, 土木学会コンクリート標準示方書を参考に, スランプフロー試験, 空気量試験, U 型充填試験, V 型漏斗試験器を用いた流下試験を行った. スランプフロー試験の目標値を 600~700(mm)とし, 30 分毎に練上がりから 90 分までの経時変化を確認した. また, 実験で使用したコンクリートと同等とされるモルタルを作製し, 羽沈入式粘度測定試験を用いて静置下での塑性粘度の測定を行った. なお, 塑性粘度の測定では CGS 置換率に加え, 単位水量一定のもと異なる単位セメント量(450kg, 475kg, 500kg)を設け比較を行った.

表-1 使用材料

材料	記号	種類	備考
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度:3.16(g/cm ³)
細骨材	S1	川砂 (神奈川県山北産)	密度:2.69(g/cm ³) 吸水率:1.46%
	S2	CGS	密度:2.78(g/cm ³) 吸水率:0.47%
粗骨材	G	2005 砕石	密度:2.62(g/cm ³) 吸水率:1.60%
化学混和剤	AE	AE 剤	密度:1.04(g/cm ³)
	SP	高性能 AE 減水剤 (増粘性一液)	密度:1.08(g/cm ³)

表-2 配合条件

CGS 置換率 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)
0	34	54	300	170
25				
50				

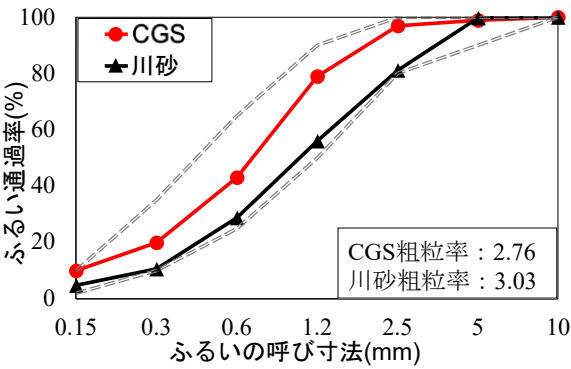


図-1 ふるい分け試験結果

キーワード: 石炭ガス化スラグ細骨材, 高流動コンクリート, 塑性粘度, 圧縮強度

連絡先: 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学大学院工学研究科 Tel: 0463-58-1211

2. 2. 2 硬化特性

硬化特性を確認するために JIS A 1108 に準拠し圧縮強度試験を行った。試験は $\phi 100 \times 200(\text{mm})$ の円柱供試体を所定の材齢まで標準養生したものを用いた。

3. 結果および考察

フレッシュ性状試験において U 型充填試験および V 型漏斗試験機による流下試験ともに自己充填ランク 2 の目標値を満足したため各種試験を行った。

図-2 に経過時間とスランプフローの関係を示す。図-2 より CGS 置換率 50%における練上がり 90 分後のスランプフローロスが CGS 置換率 0%と比較し約 10%低いことが確認された。また、一般的にコンクリートに吸水率の低い骨材を使用することで流動性が向上することが知られている。しかし、本研究では練上がりの目標スランプフロー値を揃える目的で化学混和剤を添加したが、いずれの CGS 置換率においても化学混和剤の添加量に大きな差が無かった。そのため、本研究において CGS は天然骨材と同様に高流動コンクリートの細骨材としての使用が可能ではないかと考えられる。

図-3 に CGS 置換率ごとの単位セメント量と塑性粘度の関係を示す。図-3 より単位セメント量 450kg と 475kg においては CGS を使用することで塑性粘度の低減を確認した。しかし、単位セメント量 500kg においては CGS を使用することで塑性粘度が増大することが確認された。このことから本研究においては高流動コンクリートに CGS を使用することで単位セメント量 500kg においては塑性粘度が増大するものの、単位セメント量 475kg までであれば置換率に関わらず塑性粘度を低減することが可能であると考えられる。また、川砂と比較して粒度が細かい CGS を使用したことで、塑性粘度の増大が予想されたが、本研究においては CGS を使用することで塑性粘度の低減が確認された。これは、CGS がガラス質であることなどが影響したものと考えられる。

図-4 に CGS 置換率と圧縮強度の関係を示す。図-4 より CGS 置換率増加に伴い圧縮強度が大きくなることを確認した。また CGS 置換率 50%においては CGS 置換率 0%と比較した場合、圧縮強度が約 13%大きくなることを確認した。既往の研究より、コンクリートに CGS を使用した場合、材齢 28 日以降の圧縮強度は CGS が有する反応性により、強度発現が付加され増加傾向になることが確認されている²⁾。本研究においても高流動コンクリートに CGS を使用することで CGS が持つ反応性が強度発現に影響を及ぼしたため圧縮強度が向上したと考えられる。

4. まとめ

本研究において高流動コンクリートに CGS を使用する上で留意点はあるものの、フレッシュ性状においてスランプフローロスの低減や塑性粘度の低減を確認した。また、硬化特性においては CGS 置換率 0%と比較して圧縮強度が約 13%向上した。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書・施工編，pp227-237，2012
- 2) 北辻政文ほか：石炭ガス化溶融スラグのコンクリート用細骨材としての利用に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.615-621，2006

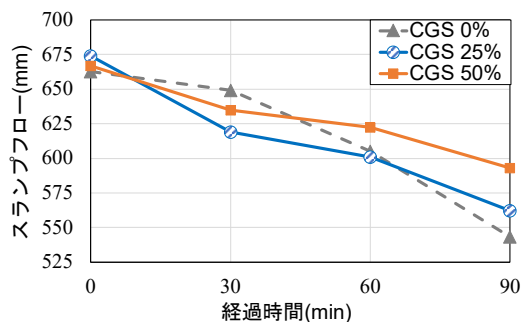


図-2 経過時間とスランプフローの関係
(単位セメント量：500kg)

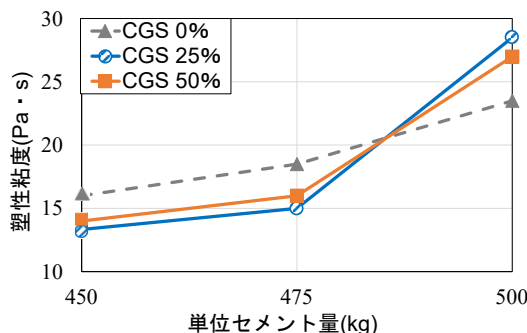


図-3 CGS 置換率ごとの単位セメント量と塑性粘度の関係

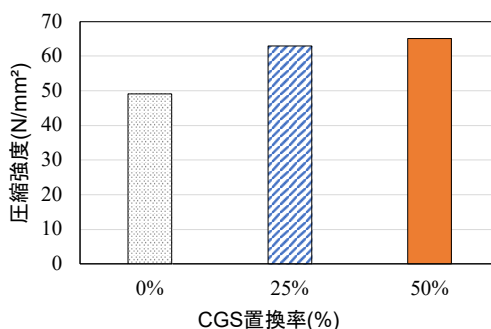


図-4 CGS 置換率と圧縮強度の関係
(材齢：28 日)