

石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの体積変化特性

石炭エネルギーセンター

松田 裕光

広野 IGCC パワー

正会員 ○松本 宗浩

1. はじめに

石炭ガス化複合発電（IGCC：Integrated coal Gasification Combined Cycle）では、石炭中の灰分はガス化炉内で熔融され、石炭ガス化スラグとして排出される。現在稼働中の常磐共同火力（株）勿来発電所 10 号機に加え、2020 年に勿来 IGCC 発電所、2021 年に広野 IGCC 発電所の運転開始が予定されており、3 地点合わせて 14 万 t/年程度の石炭ガス化スラグが発生する見込みである。この石炭ガス化スラグを細骨材として用いたコンクリートの一般特性についてはすでに複数の報告^{例えば 1) ~ 3)}がなされているが、本稿では、直近に採取した石炭ガス化スラグを用いたコンクリートの一般特性と体積変化特性に着目した試験結果について報告する。

2. 石炭ガス化スラグ

今回試験に使用した石炭ガス化スラグは、2018 年 3 月に勿来 10 号機で採取したものであり、回転式遠心砕塊装置により粉砕・粒度調整し、細骨材として表-1 の性状としたものを用いている。表中には参考に JIS A 5005（コンクリート用砕石及び砕砂）の規格を併記する。石炭ガス化スラグは、吸水率が極めて低いほか、アルカリ骨材反応性試験において無害という特徴を有している。

3. コンクリートの配合

今回の試験に用いたコンクリートは、石炭ガス化スラグ細骨材を川砂の容積置換により配合し、その置換率を 0, 50, 100% の 3 水準として、セメント種類別に配合ケースを設定した。

4. コンクリートの一般特性

(1) フレッシュ性状

石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートのフレッシュ性状を表-2 に示す。今回の配合では、混和剤量を大きく操作することなく、一定のスランプ・空気量の性状を得ることができた。一方、ブリーディング量については、スラグの置換率とともに大きくなる傾向が認められた。これは、石炭ガス化スラグ細骨材の表面が滑らかで、吸水率が低く親水性が小さいことが影響しているためと考えられる。

表-1 細骨材の品質試験結果

試験項目	石炭ガス化スラグ	JIS A 5005
絶乾密度(g/cm ³)	2.72	2.5 以上
表乾密度(g/cm ³)	2.73	—
吸水率(%)	0.24	3.5 以下
微粒分量(%)	5.9	9.0 以下
安定性損失量(%)	0.0	10 以下
アルカリ反応性(モルタルバー法)	無害	—
単位容積質量(kg/l)	1.89	—
実積率(%)	69.4	—
粒径判定実積率(%)	57.9	54 以上
膨張性(%)	-0.2	—

表-2 石炭ガス化スラグを用いたコンクリートの配合ならびにフレッシュ性状試験結果

種別	W/C (%)	置換率 (%)	配合記号	単位量(kg/cm³)					混和剤(%)		フレッシュ性状		ブリーディング量 (cm³/cm²)
				水	セメント	細骨材		粗骨材	AE 減水剤	AE 剤	スランプ (cm)	空気量 (%)	
						川砂	スラグ						
普通	50	0	N-K-100	162	324	833		977	1.0	0.003	12.5	4.4	0.09
		50	N-K-50	162	324	416	442	977	1.0	0.0025	13.0	4.3	0.14
		100	N-K-0	162	324		885	977	1.0	0.002	11.5	4.1	0.44
高炉 B 種	50	0	BB-K-100	155	310	843		988	1.0	0.003	11.0	4.5	0.05
		50	BB-K-50	155	310	421	448	988	1.0	0.0025	13.0	4.2	0.12
		100	BB-K-0	155	324		895	988	1.0	0.0025	12.5	4.2	0.33

キーワード IGCC, 石炭ガス化スラグ, 乾燥収縮, 線膨張係数

連絡先 〒979-0402 福島県双葉郡広野町大字下北迫字二ツ沼 58 番地 TEL0240-30-1122(代表)

(2) 圧縮強度

圧縮強度試験結果を図-1 に示す。普通セメントを用いた配合のスラグ置換率 100%で若干の強度低下が認められるが、全体としては既往の報告と同様に、スラグ置換率に関わらず圧縮強度はほぼ同等であることを確認した。

5. コンクリートの体積変化特性

(1) 乾燥収縮

乾燥収縮による長さ変化を JIS A 1129-3 により測定した結果を図-2 に示す。

セメント種類によらずスラグ置換率が高くなると乾燥収縮が小さくなることが確認された。これは石炭ガス化スラグ細骨材の利用に伴うブリーディング量の増加によって、硬化体中の自由水分が減少し、乾燥作用による蒸散水分量が少なくなったためと考えられる。

乾燥収縮の低減は、長尺構造物や開口等入り隅のひび割れ防止に有効であり、石炭ガス化スラグ細骨材利用のメリットといえる。

(2) 線膨張係数

線膨張係数の試験結果を表-3 に示す。石炭ガス化スラグ細骨材を使用することにより線膨張係数がおよそ $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 小さくなることが分かった。

線膨張係数の低減は、マスコンクリートや温度変化を受けるコンクリートの内部応力軽減に有効であり、これも石炭ガス化スラグ細骨材利用のメリットといえる。

6. まとめ

本稿で示した成果は、IGCC に係る八法人（石炭エネルギーセンター、東京電力フュエル&パワー、中国電力、電源開発、常磐共同火力、大崎クールジェン、勿来 IGCC パワー、広野 IGCC パワー）の共同運営によるスラグ骨材の規格化に向けて行った試験から得たものである。

今回の試験結果では、既存の報告と同様の傾向の一般特性が確認されたほか、乾燥収縮や線膨張係数の低減など、コンクリートの体積変化特性において有利となる試験結果を得た。今後は、実構造物への適用試験などを実施し、石炭ガス化スラグの利用促進に向け更なる検討を進めていく。

参考文献

- 1) 北辻政文：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.1，2006
- 2) 山中友仁ほか：石炭ガス化溶融スラグ細骨材の適応性に関する実験的研究，Cement Science and Concrete Technology，Vol.71，2017
- 3) 石川嘉崇ほか：石炭溶融スラグ細骨材のコンクリート用細骨材としての有用性についての検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1，2009

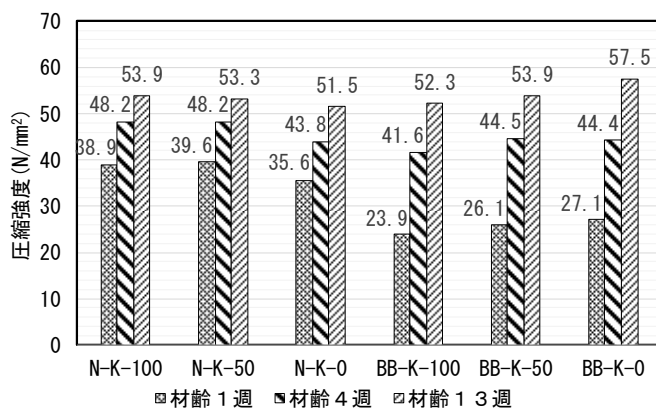


図-1 コンクリートの圧縮強度試験結果

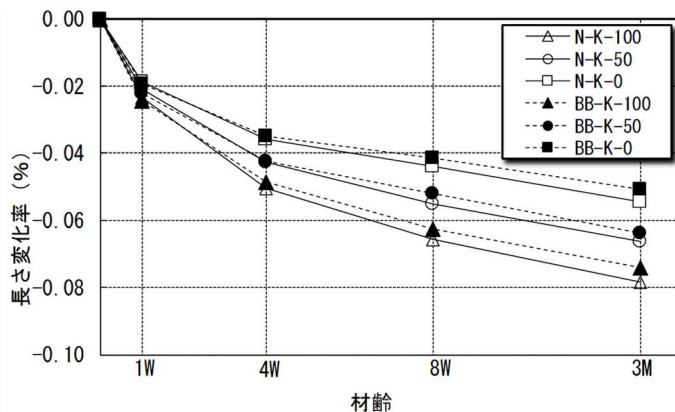


図-2 長さ変化試験結果

表-3 線膨張係数試験結果

セメント種別	スラグ置換率 (%)	線膨張係数($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	
		各値	平均値
普通	0	7.75	7.90
		8.05	
	100	6.82	6.91
		6.99	