

石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートのひび割れ抵抗性に関する一考察

安藤ハザマ 正会員 ○高木 亮一， 東京パワーテクノロジー 辻光俊
勿来 IGCC パワー 青天目 悠太，東京電力HD 正会員 松浦忠孝

1. はじめに

石炭ガス化スラグの発生量は年間 10～20 万トンに達し，将来石炭ガス化複合発電（Integrated coal Gasification Combined Cycle，以下，IGCC）の普及により更なる拡大が見込まれている．石炭ガス化スラグは天然骨材資源の枯渇に対応する再生資源としても注目されており，2020 年 10 月には「コンクリート用スラグ骨材-第 5 部石炭ガス化スラグ骨材（JIS A 5011-5）」として JIS 規格が新たに制定・公示された¹⁾．本稿では，今後有効利用が進むと考えられる石炭ガス化スラグ細骨材（以下、CGS）を用いたコンクリートの基本的性状の把握することを目的に，ひび割れに対する抵抗性に着目した試験結果について報告する．

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1 に，配合およびフレッシュ性状を表-2 に示す．使用した CGS（JIS A 5011-5 適合品）は 1 種類とした．試験水準は，細骨材に占める CGS の混合率（容積比）を 0，50，100 の 3 水準，目標スランブを 12，18 cm の 2 水準，計 6 水準とした．本試験の配合は，水セメント比一定で，目標スランブ毎に単位水量を固定とし，混和剤量によって目標のフレッシュ性状となるように調整した．目標のフレッシュ性状を得るための混和剤量は，CGS の置換率が高くなると AD の使用量は若干少なくなり，AE の使用量は若干多くなったが，標準的な混和剤の使用量の範囲内に収まっており，既往の研究²⁾と同様の傾向を確認することができた．

2.2 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表-3 に示す．試験体への打込み後，材齢 1 日までは封緘養生，そ

表-1 使用材料

材料名称	記号	密度 (g/cm ³)	備考
水	W	1.00	つくば市上水道水
セメント	C	3.15	普通ポルトランドセメント
山砂	S	2.58※	吸水率 2.36%，粗粒率 2.81
石炭ガス化スラグ細骨材	CGS	2.80※	勿来 IGCC 産，吸水率 0.22% 粗粒率 2.72，炭素含有率 0.08%
碎石	G	2.64※	吸水率 0.81%，実積率 59.5%
混和剤	AD	－	AE 減水剤
	AE	－	空気量調整剤（AE 剤）

※：表乾密度

表-3 試験項目および試験方法

項目	準拠した規準	備考
スランブ	JIS A 1101	－
空気量	JIS A 1128	－
拘束ひび割れ	JIS A 1151	試験開始：打込み後 7 日
圧縮強度	JIS A 1108	試験体寸法：φ10×20cm 試験材齢：打込み後 7， 14，21，28 日および 拘束ひび割れ発生時
静弾性係数	JIS A 1149	
引張強度	JIS A 1113	

表-2 配合およびフレッシュ性状

記号	CGS 混合率 (%)	目標		W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤(C×%)		フレッシュ性状	
		スランブ (cm)	空気量 (%)			W	C	S	CGS	G	AD	AE	スランブ (cm)	空気量 (%)
12-0	0	12±2.5	4.5±1.5	50	44.0	160	320	787	－	1024	1.2	0.002	11.5	4.7
12-50	50							392	428		1.2	0.003	12.0	4.2
12-100	100							－	854		0.9	0.005	13.5	5.4
18-0	0	18±2.5	4.5±1.5	50	44.0	173	346	764	－	993	1.2	0.002	17.5	4.9
18-50	50							382	414		1.2	0.004	18.5	5.4
18-100	100							－	829		0.9	0.004	19.5	5.2

キーワード 石炭ガス化スラグ細骨材，石炭ガス化複合発電（IGCC），ひび割れ抵抗性，長さ変化

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 TEL 029-858-8813

の後材齢 7 日までは湿布養生，材齢 7 日以降は恒温恒湿室（20℃，60％）にて気乾養生を実施した。

3. 試験結果

3. 1 拘束ひび割れ試験

拘束ひび割れ試験結果を表－4 に示す。試験は 1 水準につき 3 本実施した。ひび割れ発生までの乾燥期間は，目標スランプ 12cm では CGS の混合率 0％で 22.7 日，50％で 36.7 日，100％で 99.0 日，目標スランプ 18cm では 0％で 16.0 日，50％で 38.3 日，100％で 37.5 日であった。目標スランプ 12cm の CGS 混合率 100％では 1 本のみひび割れが発生し，その他の 2 本はひび割れの発生は確認できなかった。CGS 混合率 100％では 1 本はひび割れの発生は確認できなかった。CGS の混合率が上がるほどひび割れ発生までの乾燥期間は長くなっており，CGS を使用した場合，ひび割れに対する抵抗性は向上していた。特に目標スランプ 12cm ではその傾向が顕著であった。

3. 2 力学的特性

引張強度試験結果を図－1 に，強度試験結果（力学的特性）を表－5 に示す。目標スランプ 12cm，18cm とともに，CGS の混合率が上がるほど圧縮強度および引張強度は若干低く，ひび割れ発生時点の引張強度も低くなっていた。本試験で得られた引張強度と静弾性係数から，ひび割れ発生時におけるひずみを算出した。目標スランプ 12cm，18cm とともに，CGS の混合率が上がるほどひび割れ発生時におけるひずみは小さくなっていた。CGS を使用した場合，乾燥収縮が低減することが既往の研究^{3) 4)}で確認されている。CGS の使用によって引張強度は低く，ひび割れ発生時のひずみは小さくなるが，乾燥収縮の低減により内部に発生する引張応力も低減し，3. 1 のようなひび割れ抵抗性の向上が認められたものと考えられる。

4. まとめ

石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートでは，山砂を用いた場合と比較して，ひび割れ発生時におけるひずみは小さくなるものの，乾燥収縮量が小さくなることで乾燥収縮ひび割れに対する抵抗性が向上するものと考えられる。

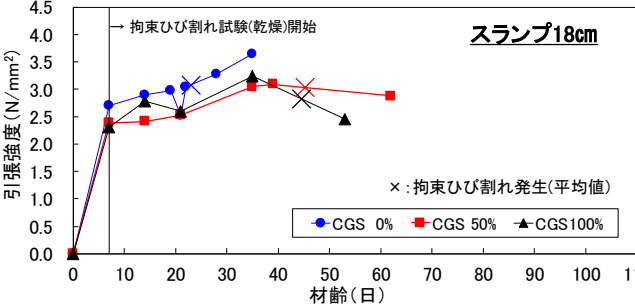
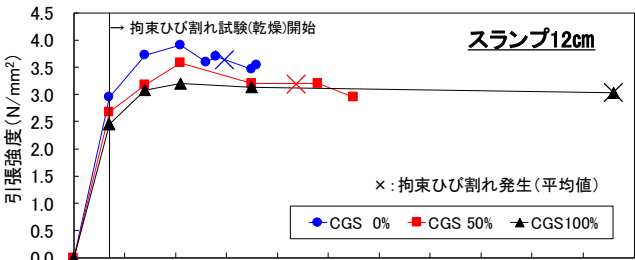
本稿で示した成果は，NEDO 助成事業並びにより実施した試験結果から得たものである。

参考文献

1) JIS A 5011-5：2020（コンクリート用スラグ細骨材－第 5 部：石炭ガス化スラグ）
2) 長瀧他：JIS A 5011-5（コンクリート用スラグ骨材－第 5 部：石炭ガス化スラグ骨材）の制定概要，コンクリートテクノ，Vol. 40，No. 2，pp. 10-14，2021. 2
3) 小林他：石炭ガス化溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの諸性状および凍結融解抵抗性に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 41，No. 1，2019
4) 松田他：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，土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会 2019 V-528

表－4 拘束ひび割れ試験結果

	ひび割れ発生までの乾燥期間（日）			
	No. 1	No. 2	No. 3	平均
12-0	19	29	20	22.7
12-50	45	33	32	36.7
12-100	未発生	99	未発生	99.0
18-0	15	21	12	16.0
18-50	31	30	54	38.3
18-100	未発生	37	38	37.5



図－1 引張強度試験結果

表－5 力学特性

	圧縮強度※ (N/mm²)	ひび割れ発生時		
		静弾性係数 (kN/mm²)	引張強度 (N/mm²)	ひずみ (-)
12-0	44.5	27.4	3.64	132.8
12-50	40.5	28.2	3.20	113.6
12-100	38.3	27.4	3.04	110.7
18-0	42.9	26.7	3.08	115.4
18-50	37.6	26.7	3.04	113.7
18-100	39.9	31.2	2.83	90.6

※：乾燥期間 28 日における圧縮強度