

# 石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの骨材種類がフレッシュ性状に及ぼす影響

千葉工業大学 学生会員 ○三井 駿輔 渡邊 大河 加納 龍斗 花咲 魁人 池田 信義  
 石川 椋大 重本 憂大 正会員 橋本 紳一郎  
 東京電力HD 正会員 松浦 忠孝 清水建設 正会員 御領園 悠司

## 1. はじめに

近年、石炭火力発電よりCO<sub>2</sub>排出量の削減を可能とする石炭ガス化複合発電(以降IGCC)の利用が進んでいる。一方、発電時に石炭ガス化スラグ(以降CGS)が年間約数万トン副生され、CGSの処理費用が掛かることや埋立て地不足などの問題が挙げられている。したがって、CGSの有効活用が不可欠である。

また、環境保全の観点から、天然骨材に対する人工骨材(砕砂・砕石)の使用量が増加しているが、品質管理が困難であり、供給量には限りがある。

以上から、コンクリートへのCGSの利用が期待されている。それに対し、既往の研究ではコンクリートのフレッシュ性状におけるCGS置換率と配合条件の関係に関して報告されているが、骨材が基礎性状に及ぼす影響に関しては明確化されていない。そこで、本研究では、骨材の品質や種類に着目し、CGSを用いたコンクリートとモルタルでフレッシュ性状に与える骨材の影響を検討した。

## 2. コンクリートの評価試験

### 2.1 実験概要

使用材料を表-1に示す。本実験では実積率の低い砕砂・砕石、砕砂・砕石と比較して実積率の良い山砂・石灰石を用いた。

次に、コンクリート配合を表-2に示す。配合No.1を基準に配合No.2はCGS置換率30%、配合No.3はCGS置換率50%で検討を行った。また、配合No.4~6では使用骨材を変更して同様に検討を行った。

評価試験は、スランブ・空気量試験(JIS A 1101・JIS A 1128)を行った後、加振ボックス充填試験(土木学会規準:JSCE-F 701-2018 の試験方法(案))、ブリーディング試験(JIS A 1123)を実施した。

目標スランブはすべての配合において12±2.5cmに設定し、目標空気量は5.0±1.0%とした。

### 2.2 実験結果

表-3にフレッシュ性状試験の結果を示す。すべての配合において目標値を満足したため2.1に示した試験を実施した。

図-1に加振ボックス充填試験の結果を示す。砕砂を用いた配合ではCGS置換率0%と比較して、CGS置換率50%まで間隙通過速度及び粗骨材量比率が改善する傾向が見られ、CGS置換率30%が最も有効であつ

表-1 使用骨材

使用材料	物性	
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16g/cm <sup>3</sup>
練混ぜ水	W	上水道水
細骨材	S1	砕砂, 東京都八王子市 表乾密度: 2.61g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 1.79%, 粗粒率: 2.99, 実積率: 55.9%
	S2	山砂, 千葉県富津市 表乾密度: 2.61g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 2.23%, 粗粒率: 2.54, 実積率: 64.0%
	CGS	石炭ガス化スラグ, 勿来IGCC 発電所産 表乾密度: 2.79g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 0.29% 炭素含有率: 0.08%, 粗粒率: 2.66, 実積率: 69.7%
粗骨材	G1	硬質砂岩砕石 2005, 東京都八王子市 表乾密度: 2.64g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 0.68% 粗粒率: 6.59, 実積率: 59.4%
	G2	石灰岩砕石 2005, 高知県吾川群 表乾密度: 2.70g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 0.75% 粗粒率: 6.59, 実積率: 61.0%

表-2 コンクリート配合

配合 No.	W/C (%)	s/a (%)	置換率 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						
				C	W	S1	S2	CGS	G1	G2
1	50	47	0	330	165	835	-	-	-	-
2			30			584	-	268	952	-
3			50			417	-	446	-	-
4	50	47	0	280	140	-	885	-	-	-
5			30			619	284	-	1032	
6			50			442	473	-	-	

表-3 コンクリートフレッシュ性状試験結果

配合 No.	目標スランブ (cm)	スランブ (cm)	目標空気量 (%)	空気量 (%)
1	12±2.5	13.5	5.0±1.0	4.9
2		12.5		5.1
3		12.0		4.9
4	12±2.5	12.5	5.0±1.0	5.8
5		11.5		4.8
6		12.0		4.3

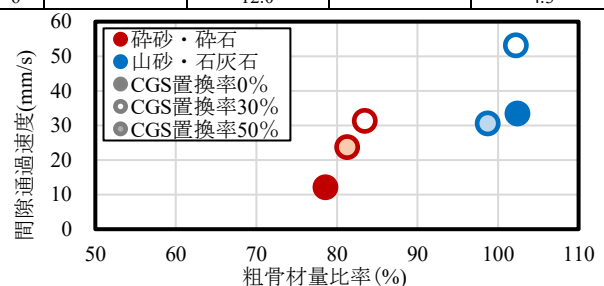


図-1 加振ボックス充填試験結果

た。また、山砂を用いた配合では、どの置換率においても粗骨材量比率が高く、間隙通過速度においてもCGS置換率によらず性状は良好であり、砕砂と同様にCGS置換率30%が最も有効であった。

図-2にブリーディング試験結果を示す。砕砂を用いた配合ではCGS置換率0%と30%のブリーディング量が同程度であったが、CGS置換率50%まで置換すると、ブリーディング量の増大が見られた。また、山砂

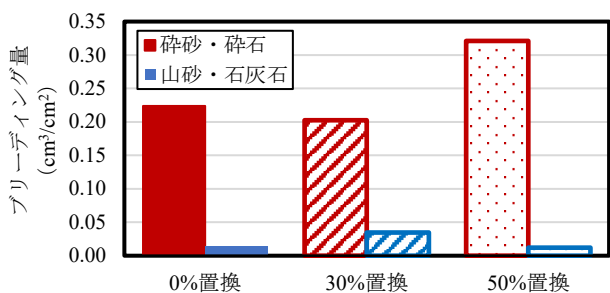


図-2 ブリーディング試験結果

を用いた配合では、CGS 置換率によって差異は確認できたが、ブリーディング量はどの置換率においても少ない傾向にあった。

### 3. モルタルの評価試験

#### 3.1 実施概要

使用材料は、コンクリート配合と同様の材料(表-1)を用いた。次に、モルタル配合を表-4に示す。コンクリート配合を基に、配合No.1'~No.6'を決定した。評価試験は、基礎性状試験であるモルタルフロー・空気量試験(JIS R 5201・JIS A 1128)を行った。その後、羽根沈入式粘度測定試験、ブリーディング試験を行い、骨材の影響要因について検証した。また、ブリーディング試験では2L容器を用いて(JIS A 1123)を参考に試験を実施した。目標モルタルフローはすべての配合において12.5±2.5cmに設定し、目標空気量は7.5±1.5%に設定した。

#### 3.2 実験結果及び考察

表-5に評価試験の結果を示す。羽根沈入試験静置時の塑性粘度は、砕砂を用いた配合と比べて山砂を用いた配合のほうが大きかった。また、加振時では静置時の塑性粘度を保持した上で降伏値が減少した。そのため、CGS 置換率の上昇に伴い、材料分離抵抗性を損なうことなく、モルタルの流動性が向上する傾向が確認できた。これは、実積率が良く、吸水率の低いCGSの使用量の増加により流動性が改善されたことが考えられる。

#### 3.3 コンクリートとモルタルの比較

図-3に加振時の降伏値と間隙通過速度の関係を示す。加振時の降伏値と間隙通過速度の結果から、砕砂を用いた配合と山砂を用いた配合の双方においてCGS置換率30%まで流動性の改善が見られた。砕砂・砕石配合のCGS置換率50%は、モルタルが先行し、粗骨材が鉄筋障害に残留したため、間隙通過速度が低下したと考えられる。

図-4にコンクリートとモルタルのブリーディング量の関係を示す。山砂を用いた配合では、どの置換率においてもコンクリートとモルタルのブリーディング量は同程度であった。一方で砕砂を用いた配合ではCGS置換率30%までは山砂を用いた配合と同様の傾向が見られたが、CGS置換率50%でコンクリートのブリーディング量が突出した。

表-4 モルタル配合

配合 No.	W/C (%)	s/c (%)	置換率 (%)	単位量(kg/m³)				
				C	W	S1	S2	CGS
1'	50	2.53	0	516	258	1306	-	-
2'		2.58	30			914		419
3'		2.62	50			653		698
4'	50	3.15	0	454	227	-	1431	-
5'		3.22	30			-	1002	459
6'		3.26	50			-	716	765

表-5 評価試験結果

配合 No.	フロー練り直 (cm)	フロー15打 (cm)	空気量 (%)	羽根沈入試験 静置		羽根沈入試験 加振	
				降伏値 (Pa)	塑性粘度 (Pa·s)	降伏値 (Pa)	塑性粘度 (Pa·s)
1'	13.7	21.9	7.3	247	4	522	-
2'	13.4	21.9	6.3	309	5	283	3
3'	14.6	20.9	8.3	230	4	105	6
4'	10.7	15.2	7.9	911	32	696	30
5'	11.5	17.4	8.5	172	30	174	32
6'	13.2	21.6	8.8	317	34	153	22

※No.1'の加振時の塑性粘度は非常に低い値であったため計測不可

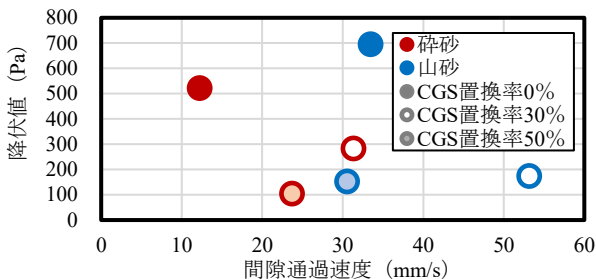


図-3 間隙通過速度と降伏値の関係

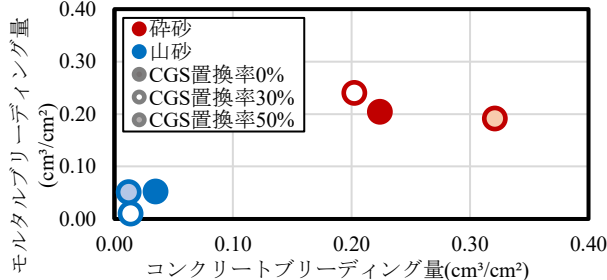


図-4 ブリーディング量の関係

以上から、CGS置換を行うことでモルタルの流動性の改善が確認された。骨材の影響に関しては、山砂を用いた配合では、石灰石の影響は確認されなかったが、砕砂を用いたCGS置換率50%の配合では、砕石の影響が確認された。

### 4. まとめ

コンクリートとモルタルの試験結果の比較により、CGS 置換率の上昇に伴いモルタルの性状は向上するが、実績率の低い砕石の影響が顕著になることが示唆された。今後、使用材料の組み合わせを変更した実験を行い、骨材の影響について詳細な分析を実施したい。

### 参考文献

1) 渡邊大河, 橋本紳一郎, 御領園悠司, 松浦忠孝: 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に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.1