

石炭灰を混入したCSGコンクリートの強度特性

(株)熊谷組 正会員 藤木 広一
 (株)熊谷組 正会員 新谷 剛
 (株)熊谷組 正会員 林 順三

1. はじめに

近年、河床砂礫や掘削岩材を有効利用してダム建設を行うCSG工法が実用化¹⁾されている。CSG工法ではRCD工法と同様にローラーによる締め固めが行われるため、ローラーが載っても沈下しない硬練りコンクリートであると同時に適度のワーカビリティが要求される。このような相反する品質を持たせるためには骨材の空隙を充填し骨材間の距離を一定に保持できるだけの微粒分や細骨材の存在が重要であり、簡易な粒度調整や微粒分添加を行う改良されたCSG工法も報告²⁾されている。

一方、電力業界においては石炭火力発電の見直しとともに発電に伴う副産物として排出される石炭灰の処理問題が将来的にクローズアップすることを予測して石炭灰の安定処理方法とともにその有効利用方法が検討されている。

そこで本研究では微粒分や細骨材の不足分として石炭灰を用いることで改良されたCSG工法と同程度のワーカビリティならびに強度を有する材料を開発することを目的として石炭灰を混入したCSGコンクリートの室内試験を行い、石炭灰混入がコンシステンシーや圧縮強度に及ぼす影響について検討した。

2. 試験方法

(1) 材料 岩材(骨材) 現在までにCSG工法が適用された工事や人工島などの埋め立て工事に使用された掘削岩材の粒度分布を参考にして粒度の粗い(細粒分や細骨材含有率が非常に少ない)粒度分布を有する岩材を使用することを想定し、粒度調整したものを用いることとした(図-1、表-1(1)参照)。最大粒径は150mmを想定するが、本試験では材料の基本特性把握を目的とすることから、便宜上、最大粒径を40mmとした(全岩材に占める40mm以下の粒径の質量比は60%とする)。また、細粒分(0.15mm以下)は含まないものとする。岩質は泥岩~砂岩を原

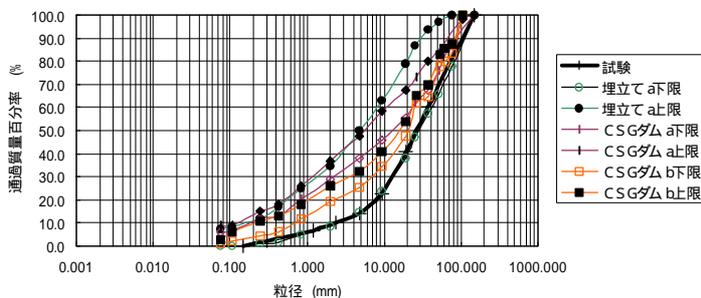


図-1 岩材の粒径加積曲線

表-1(1) 岩材の物性

項目	物性値
細骨材率 (%)	14
細骨材の密度 (g/cm ³)	2.646
細骨材の単位容積密度 (g/cm ³)	1.875
粗骨材の密度 (g/cm ³)	2.679
粗骨材の単位容積密度 (g/cm ³)	1.671
40mmふるい通過骨材の密度 (g/cm ³)	2.671
40mmふるい通過骨材の単位容積密度 (g/cm ³)	1.960
40mmふるい通過骨材の全骨材に対する割合 (%)	60

岩とする筑波変成岩類である。石粉 表-1(2)に示す岩材と同じ岩質の材料を用いた。石炭灰 表-1(3)に示す種石炭灰を用いた。セメント 普通ポルトランドセメントを用いた。

表-1(2) 石粉の物性

項目	物性値
最大粒径 D _{max} (mm)	0.150
平均粒径 D ₅₀ (mm)	0.030
土粒子密度 s (g/cm ³)	2.651

表-1(3) 石炭灰の物性

項目	物性値
種別	種
二酸化けい素 (%)	66.60
強熱減量 (%)	1.00
粒子密度 (g/cm ³)	2.100
45 μmふるい残量 (%)	28.7
比表面積 (cm ² /g)	3110
フロー値比 (%)	100
活性度指数(材令91日)(%)	94

(2) 配合および試験ケース 単位セメント量は80 kg/m³(粒径150mm以下の全岩材を考慮した配合における値)とした。石炭灰の単位混入量は40mm以下の岩材の空隙容積に対する石炭灰容積比で0.4, 0.6および0.8の3とおり設定(case FA0.4, FA0.6, FA0.8)した。単位水量は、それぞれのケースに対して単位水量をパラメーターとしたコンシステンシー試験(小型VC試験)を事前に実施し、VC値20秒を目安として決定することとした。また、

キーワード：CSGコンクリート、掘削岩材、石炭灰、人工地盤

連絡先：茨城県つくば市鬼が窪1043(株)熊谷組技術研究所、TEL 0298-47-7501、FAX 0298-47-7504

粒度調整材としての石炭灰の効果を検討する意味で石炭灰の代わりに石炭灰と同等容積の石粉を混合したケース (case SP0.4, SP0.6, SP0.8)、および石炭灰と石粉をそれぞれ同等容積の 1/2 ずつ混入したケース (case FASPO.4, FASPO.6, FASPO.8)、さらに石炭灰も石粉混入しないケース (case N) を実施した。各ケースの配合を試験結果と併せて表-2 に示す。

(3) 供試体の作製方法 圧縮強度試験供試体の大きさは直径 15 cm、高さ 30 cm とした。材料の混練はパン型ミキサー (容量 100L) を用いた。また、試験体の締め固めは R C D コンクリートの圧縮強度試験標準供試体のそれに準拠することとし振動台を用いて行った。供試体は試験材齢 (1 週、4 週および 13 週) まで温度 20 °C、湿度 80% で養生を行った。

表-2 試験ケースの配合および試験結果

Case No	Vr (%)	C (kg/m3)	W (kg/m3)	A (kg/m3)	A40 (kg/m3)	Fs (kg/m3)	Ff (kg/m3)	W/C	W/(C+Ff)	"	'''	91 (N/mm2)
N	0.00	80	48	2194	1316	0	0	0.60	0.60	0.41	0.41	4.7
FA0.4	0.40	80	92	2169	1301	0	148	1.15	0.40	1.06	1.06	26.9
FA0.6	0.60	80	102	2062	1237	0	212	1.28	0.35	1.36	1.36	22.2
FA0.8	0.80	80	114	1958	1175	0	268	1.43	0.33	1.67	1.67	18.4
FASPO.4	0.40	80	98	2154	1292	93	74	1.23	0.64	1.10	1.13	19.6
FASPO.6	0.60	80	106	2052	1231	133	105	1.33	0.57	1.39	1.55	18.6
FASPO.8	0.80	80	115	1956	1173	169	134	1.44	0.54	1.68	2.14	17.0
SP0.4	0.40	80	102	2144	1286	185	0	1.28	1.28	1.13	1.22	12.7
SP0.6	0.60	80	112	2038	1223	264	0	1.40	1.40	1.43	2.07	10.5
SP0.8	0.80	80	120	1944	1166	336	0	1.50	1.50	1.72	4.59	8.8

(備考) C : 単位セメント量、 W : 単位水量、 A : 単位骨材量、 A40 : 40mm ふるいを通過する骨材の単位量、 Fs : 石粉の単位量、 Ff : 単位石炭灰量、 W/C : 水セメント比、 W/(C+Ff) : 水結合材比、 Vr : 石炭灰の容積が (石粉 + 石炭灰) 容積に占める割合、 : (石粉 + 石炭灰 + セメント + 水) 容積が細骨材 (石粉を細骨材として取り扱わない) の空隙容積に占める割合、 : (細骨材 + 石粉 + 石炭灰 + セメント + 水) 容積が粗骨材の空隙容積に占める割合、 ' : (石粉 + 石炭灰) 容積が 40mm ふるいを通過する骨材 (石粉を骨材として取り扱わない) の空隙容積に占める割合、 " : (石粉 + 石炭灰 + セメント + 水) 容積が 40mm ふるいを通過する骨材 (石粉を骨材として取り扱わない) の空隙容積に占める割合、 ''' : (石炭灰 + セメント + 水) 容積が 40mm ふるいを通過する骨材 (石粉を骨材として取り扱う) の空隙容積に占める割合、 91 : 圧縮強度 (13 週)

3 . 試験結果

(1) コンシステンシー 石炭灰を混入した場合の小型 V C 試験結果を図-2 に示す。この図から、石炭灰の混入量が多くなるにつれて所要の V C 値を得るための単位水量が増加することがわかる。この結果は細粒分の増加によるサクション (内部応力 : 負圧) 増大に見合う水量が必要であるためと考えられる。

(2) 圧縮強度 石炭灰および石粉の混入量と圧縮強度の関係を図-3 に示す。この図と表-2 から、粒度調整材として何も混入しないケースと比較して石炭灰や石粉を粒度調整材として混入した場合、圧縮強度が飛躍的に増大することが明らかである。また、石粉の代わりに石炭灰を用いた方が圧縮強度が大きい。これは、石炭灰を用いた方が水セメント比が小さい (水結合材比で評価するとさらに小さい) こと、石炭灰が結合材として作用することが要因であると考えられる。

4 . まとめ

微粒分や細骨材の不足分として石炭灰を用いた C S G コンクリートの圧縮強度特性について室内試験を実施した結果、石炭灰を粒度調整材として混入した場合、圧縮強度が飛躍的に増大することがわかった。このような材料は発電所建設工事において基礎掘削に伴って発生する岩材や埋立岩材を有効利用して人工地盤を築造する場合などに適用できるものと考えられ、今後、合理的な施工法についても検討したい。

(参考文献)

- 1) 豊田ら : 掘削残土、河床堆積物を用いた C S G 構造物、土木技術資料、Vol.42、No.5、2000.5
- 2) 服部ら : C S G 工法の貯砂ダムへの適用、ダム技術、No.132、1997.9

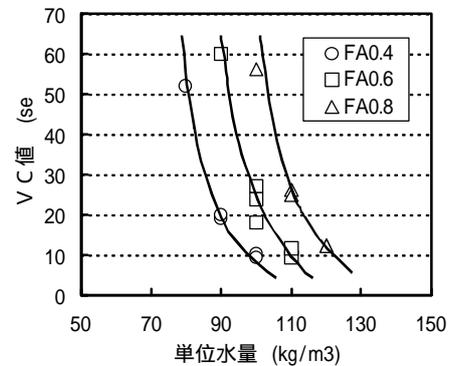


図-2 小型 V C 試験結果

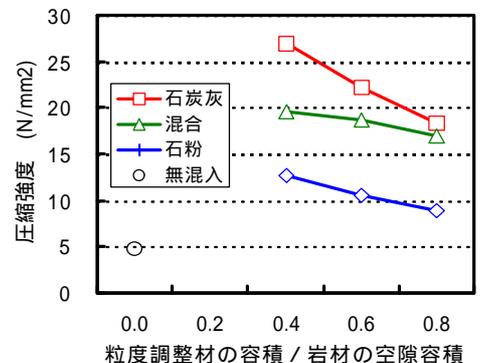


図-3 圧縮強度と容積比の関係