

微粒分をフライアッシュで補填した石炭溶融スラグを用いたコンクリートの基本性状

電源開発 正会員 石川 嘉崇
 電源開発 正会員 有菌 大樹
 シーテック 非会員 木下 茂

1. 目的

最近、従来の微粉炭火力発電とは異なり石炭をガス化して発電する石炭ガス化複合発電(IGCC)が、21世紀の高效率石炭火力発電技術として中長期的に導入拡大を図るべく注目されており、日本国内でも鋭意開発が進められている。この方式では、従来の微粉炭火力発電から排出される石炭灰の代わりに、石炭溶融スラグが排出される。

既往の研究¹⁾によれば、スラグを磨砕することによって生じる微粒分に含まれる未燃炭素分により、コンクリートの空気量を調節することが難しくなることが報告されている。そこで本稿では、スラグの微粒分を除去し、微粒分の代替としてフライアッシュ(以下、FA)を添加したコンクリートについて、一連の実験を実施した。FAを添加することによる石炭溶融スラグを用いたコンクリートのフレッシュ性状の改善と耐久性の向上効果を検討することを目的とした。

2. 使用材料

試験に使用した材料を、表-1に示す。石炭溶融スラグとしては、磨砕後水洗して微粒分(0.150mm以下)を除去したものをを用いた。

3. 配合および試験水準

試験の配合条件および試験水準を、表-2に示す。試験水準としては、陸砂100%の場合、石炭溶融スラグ細骨材の場合(微粒分なしの場合、体積置換で細骨材の5%FA補填の場合、10%FA補填の場合)の4水準とした。

4. 試験概要

各配合について、フレッシュ性状試験(スランプ、空気量、ブリーディング)、強度試験(圧縮 JIS A 1108)、静弾性係数試験(圧縮 JIS A 1108)、促進中性化試験(JIS A 1153)、コンクリートの長さ変化試験(JIS A 1129-3)を実施した。

表-1 使用材料

材料	種類	仕様など
セメント	普通ポルトランドセメント(OPC)	密度 3.16g/cm ³
細骨材1	陸砂(S)	阿部川産(表乾密度 2.59g/cm ³ , 吸水率 2.16%)
細骨材2	石炭溶融スラグ(Sg)	IGCCスラグ(表乾密度 2.63g/cm ³ , 吸水率 2.00%, 実績率 67.3%)
粗骨材	砕石(G)	青梅産 20-05(表乾密度 2.66g/cm ³ , 吸水率 0.44%, 実績率 60%)
混和材	フライアッシュ(FA)	M火力発電所産FA種(密度 2.28g/cm ³ , ブレーン値 3,800 cm ² /g)
混和剤	AE減水剤 AE助剤	リガコンクリート酸化化合物とポリオール複合体(セメント重量の0.25%) アルキル-テル系(陸砂の場合)および高アルキルポリカルボン酸系(石炭溶融スラグ細骨材の場合)
練混ぜ水	上水道水(W)	茅ヶ崎市上水道水

表-2 配合条件および試験水準

配合	W/C	Sg/(S+Sg)	補填率	空気量	s/a	単体量 (kg/m ³)					減水剤 (kg/m ³)	AE助剤 (kg/m ³)	
	(%)	(%)				(%)	(%)	(%)	W	OPC			FA
OPC	50.0	0	0	4.5	48.0	179	358	0	0	824	917	0.895	0.010
ES100+FA0	50.0	100	0	4.5	48.0	179	358	0	837	0	917	0.895	0.057
ES100+FA5	50.0	100	5	4.5	48.0	179	358	36	795	0	917	0.895	0.086
ES100+FA10	50.0	100	10	4.5	48.0	179	358	72	753	0	917	0.895	0.100

キーワード 石炭ガス化複合発電, 石炭溶融スラグ, フライアッシュ, 微粒分

連絡先 〒253-0041 茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発茅ヶ崎研究所 石川 嘉崇 TEL 0467-87-1211

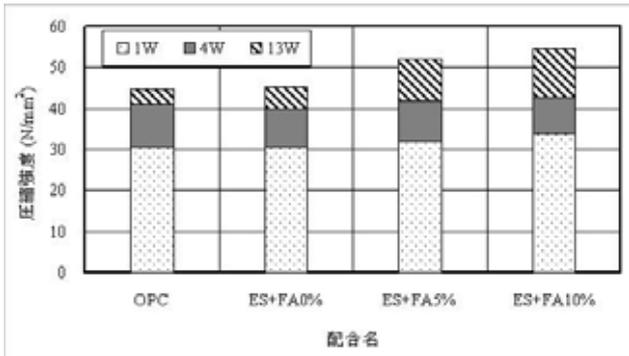


図-1 圧縮強度試験結果

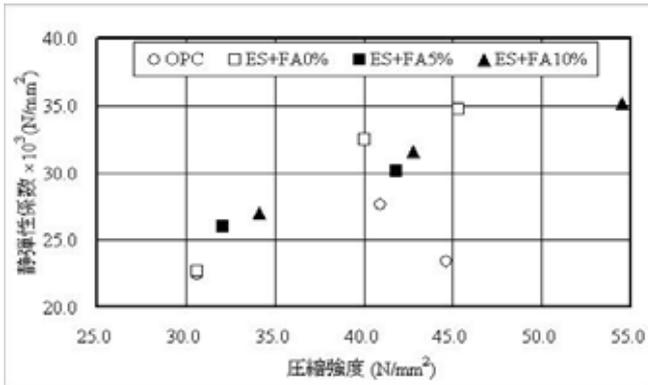


図-2 圧縮強度と静弾性係数の関係

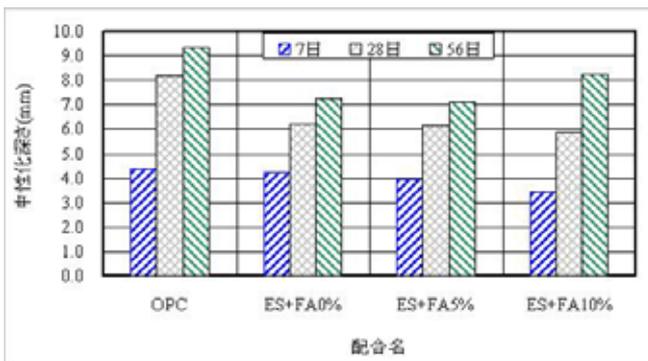


図-3 中性化深さ試験結果

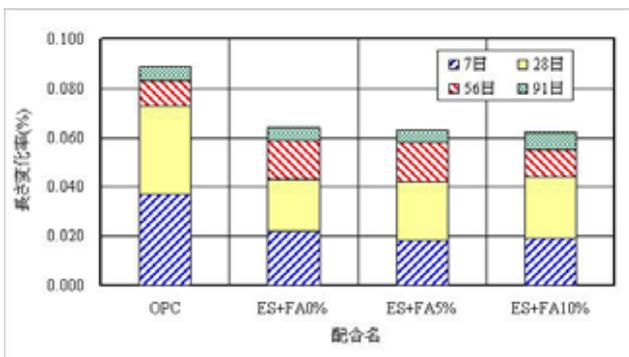


図-4 長さ変化試験結果

5. 試験結果と考察

今回の実験では、フレッシュ性状については、細骨材の種類や FA の置換率を変化させても単位水量は変動せず、スランプおよび空気量とも目標性能(スランプ：18±2.5cm，空気量：4.5±1.5%)を満足した。また、FA を 10%補填したもの (ES+FA10%) では、天然砂(OPC)と同等のブリーディング量であった。

図-1 は圧縮強度を配合別に比較したものである。これによると、FA を補填することでいずれの材齢においても圧縮強度が増大した。細骨材の一部に FA を置換したことで水結合材比が低くなり、結果として圧縮強度が大きくなったためと考えられる。なお、FA を置換していないもの(ES+FA0%)は、いずれの材齢においても天然砂(OPC)と同程度の強度発現である。

図-2 に圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。これによると、FA を補填することでやや静弾性係数が大きくなるが、天然砂と同程度の値であり十分な弾性係数を有しているといえる。以上より、0.150mm 以下を除去した石炭溶融スラグ細骨材の一部に FA を置換した細骨材を用いたコンクリートは、天然砂を用いたものと同程度以上の力学性能を有していることを確認した。

図-3 に促進中性化試験結果を示す。促進材齢が 7 日、28 日の結果では、FA を補填することで中性化深さは小さくなっている。細骨材の一部を FA に置換したことで水結合材比が低くなり、結果として中性化深さが小さくなったためと考えられる。しかし促進材齢が 56 日ではポゾラン反応が進行して FA の補填の多いものは中性化深さが大きくなる傾向となる。

図-4 に、長さ変化率の測定結果を示す。乾燥収縮量は、天然砂に比べ石炭溶融スラグ細骨材を用いたほうが大幅に小さくなり、また FA の補填率が大きくなるに従って小さくなる傾向となる。これは、石炭溶融スラグの物理的な性状に起因するものと考えられる。

6. おわりに

スラグの微粒分を除去して、微粒分の代替として FA を添加したコンクリートについて一連の実験を実施し、その効果を検討した。フレッシュ性状、強度特性、乾燥収縮特性については、良好な結果が得られた。今後、他の耐久性試験等のより詳細な検討を実施する予定である。

参考文献

1) 石川他：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，2009