

Ⅲ-B 262

石炭灰を活用した海砂代替材の開発とその特性

中国電力(株) 土木部 正会員○新谷 登
中国電力(株) 土木部 正会員 齊藤 直
中国電力(株) 土木部 正会員 樋野 和俊
五洋建設(株) 技術研究所 正会員 車田 佳範
中国高压コンクリート工業(株) 名越 聖治

1. 概 要

瀬戸内海地方の港湾工事, 特に SCP 工法および SD 工法等で使用される砂材は, これまで瀬戸内海地方の良質な海砂を主材料に使用していたが, 瀬戸内各県におけるでの海砂の採取禁止・規制などにより代替材の開発が急務となっている。これまでも, 石炭灰を主材とした代替材の開発は進められてきたが, 材料混合と造粒を別々の機械で実施する必要があるなどコスト面で難点があった。このため中国電力では, 材料の混合と造粒を連続式ミキサだけで同時に行い石炭灰の固化造粒物を製造する技術開発に取組み, 海砂の価格と同程度で市場提供ができる代替材を開発した。本稿では, 代替材の技術開発の経緯と材料の特性について紹介する。

2. 代替材の開発

中国電力の石炭火力発電所から発生する標準的な石炭灰の性状は, 図-1および表-1に示すとおりである。石炭灰は, その粒度分布からはシルト・粘土にほぼ分類されるが, コンシステンシーが液性・塑性限界共に N.P.であるなど非常に微細な砂といった特性をもっている。また, 粒子形状が球形であることなどから, 石炭灰をセメント代替として活用したコンクリートは, プリージング量が増加することが知られている。

図-2に, 今回造粒実験に使用した連続式ミキサの概要図を示す。当ミキサは, 円筒形の本体内に数枚の攪拌翼を有した主軸が回転するものであり, この攪拌翼が, 粉体粒子に均一に水を与えると共に, 各粒子が接触することにより造粒する構造となっている。ただし, 保水性がないうえ水分分離の生じやすい石炭灰に, ミキサ混合等のエネルギーを与えると, 灰粒子間から造粒に必要な水分が逃げ出す状態となって造粒が困難であるため, 灰粒子の結合を促進し造粒を容易に行うためには何らかの工夫が必要であった。そこで今回開発した技術においては, 保水材としてペントナイト等の粘土分を造粒物の材料として微量添加することで, ミキサ混合時の造粒に必要な水分確保を行っている。このことにより図-3に示すとおり, 保水粘土分が核となって石炭灰等の粒子が結合し, 当ミキサによる造粒が可能となった。

図-4に, 連続式ミキサにて作製した石炭灰造粒物の状況を示す。

3. 石炭灰造粒物の材料特性

(1) 石炭灰造粒物の物理特性

石炭灰造粒物の主材料は, 石炭灰, セメント(固化材), ペントナイト(保水材)および水である。造粒における一般的な配合を表-2に, また同配合により作製した造粒物の物理特性を表-3に

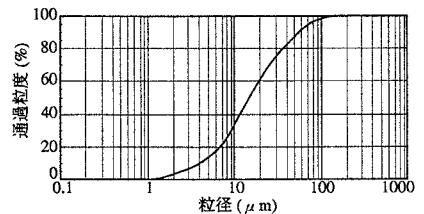


図-1 石炭灰の粒度

表-1 石炭灰の物理特性

項目	単位	物性値	化学組成
強熱減量	%	2.66	CaO 6% Fe₂O₃ 4% Al₂O₃ 26% その他 7% SiO₂ 57%
MB吸着量	mg/g	0.39	
フロー値	%	106.0	
比表面積	cm ² /g	2,700	
活性度(28日)	%	85.2	
液性限界	%	NP	
塑性限界	%	NP	新小野田(発)石炭灰原粉

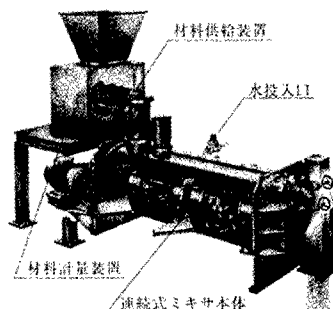


図-2 連続式ミキサ模式図

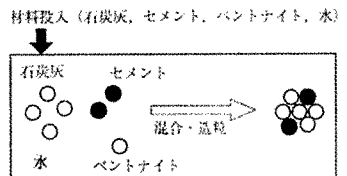


図-3 造粒過程のイメージ図

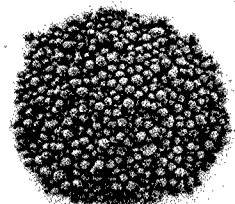


図-4 連続式ミキサで作製した石炭灰造粒物

キーワード: 石炭灰, 海砂, ペントナイト, 造粒, SCP

連絡先: 中国電力(株)土木部 (〒730-8701 広島市中区小町 4-33 TEL: 082-241-0211 FAX: 082-242-5989)

まとめて示す。

(2) ベントナイトの影響

図-5に、ベントナイト添加量と造粒時含水比および造粒物の圧潰強度の関係を示す。ベントナイトの添加量が多くなるほど造粒可能な含水比が低下し、それに伴い圧潰強度が増加していることがわかる。ここで図中の造粒時含水比は、連続式ミキサで造粒可能な最低含水比を示してあるが、ベントナイト添加量が多いほど造粒可能な含水比範囲が広がることも確認している。また図-6に、ベントナイトを添加した石炭灰の最適含水比試験の結果を示す。ベントナイトの添加により最適含水比が低下し、乾燥密度が増加している。以上の結果より、ベントナイトが石炭灰の造粒の一助として機能していることがわかる。また今回実験においては、連続式ミキサでの造粒時含水比は最適含水比の+3.0%程度であった。なお、ここで圧潰強度はJIS Z 8841に規定される方法で求めたものであり、圧潰強度 $\approx (1/4 \sim 1/5)$ 一軸圧縮強度の関係がある。

(3) SCP代替材としての適用性評価

石炭灰造粒物をSCP材料として利用する場合、突き固めエネルギーによる粒子の破碎の影響を考慮する必要がある。ここではSCP施工時の突き固めエネルギーを6Ecと仮定し、室内で同様のエネルギーで突き固めた造粒物について、粒度試験、透水試験、三軸圧縮試験(CD試験)を実施した。

(3) SCP代替材としての適用性評価

石炭灰造粒物をSCP材料として利用する場合、突き固めエネルギーによる粒子の破碎の影響を考慮する必要がある。ここではSCP施工時の突き固めエネルギーを6Ecと仮定し、室内で同様のエネルギーで突き固めた造粒物について、粒度試験、透水試験、三軸圧縮試験(CD試験)を実施した。

図-7に、突き固めによる造粒物の粒度変化の様子を示す。突き固めエネルギーの増加により、粒径が細粒化する様子が伺えるが、6Ecでの突き固めにおいても細粒分の含有率はSCPの実績範囲外になるほどではない。図-8に透水試験、図-9に三軸圧縮試験の結果を示す。造粒物の透水係数は、6Ecにおいても 10^{-3} cm/sのオーダーの透水係数を保持しており、また内部摩擦角も40度以上と大きい。これらの実験結果より、連続式ミキサによって作製した石炭灰造粒物はSCP代替材として十分に適用可能であると思われる。

4. まとめ

連続式ミキサによる石炭灰の固化造粒技術を開発し、これにより作製した造粒物がSCP代替材として十分利用できることを確認した。今後は、さらなる低コスト化を目指して造粒実験を続けるとともに、早い時期に現場での実証実験を実施する予定である。

【謝辞】この技術は、中国電力と大林組、五洋建設、不動建設、中国高圧コンクリート工業（順不同）との共同研究により開発したものであり、この場を借りて関係者各位に感謝の意を表します。

石炭灰	セメント (普通ポルトランド)	ベントナイト (中国ベント)	水
90 %	10 %	3 % (*) FA+C に対し	23.5 % (*) FA+C+B に対し

試験項目	数 値
造粒物の形状	ほぼ球状
自然含水比 W_n (%)	11.6
粒の粒子密度 (g/cm^3)	1.811 (湿潤状態)
粒の湿潤密度 (g/cm^3)	1.747 (6Ec)
吸水率 (%)	16.4
スレーキング率 (%)	0.21
平均粒径 (mm)	7.50
圧潰強度 (MN/m^2)	7日: 1.096 28日: 1.606
内部摩擦角 ϕ (deg)	47.6 (6Ec)
透水係数 k (cm/s)	1.34×10^{-3} (6Ec)

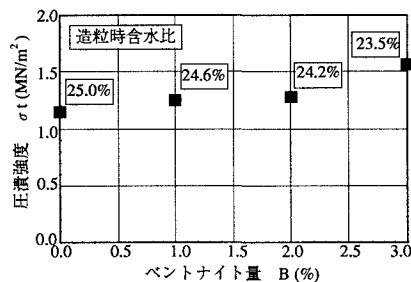


図-5 造粒時のベントナイトの影響

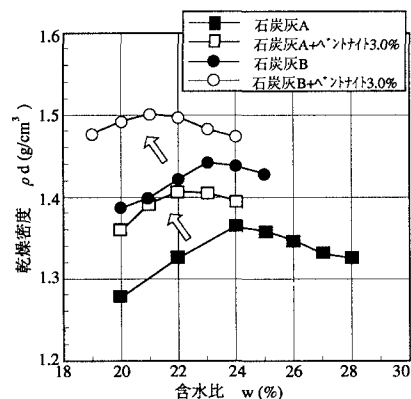


図-6 石炭灰の最適含水比試験

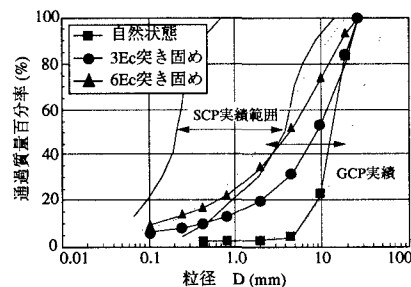


図-7 突き固めによる粒度の変化

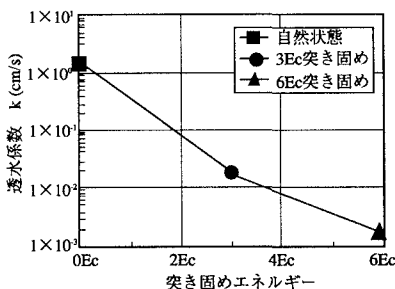


図-8 透水係数の変化

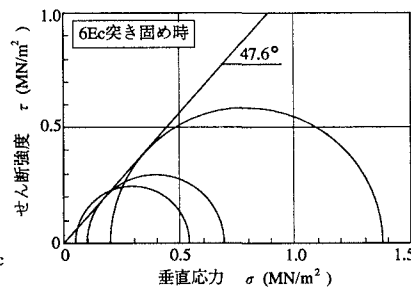


図-9 三軸圧縮試験 (CD試験) 結果