

石炭灰を活用した海砂代替材の品質特性 ～長期安定性について～

五洋建設(株) 技術研究所 正会員○車田 佳範
山口大学工学部 正会員 浜田 純夫
中国電力(株) 土木部 正会員 斉藤 直
中国電力(株) 土木部 正会員 樋野 和俊
中国電力(株) 土木部 正会員 新谷 登

1. 概 要

前報¹⁾においては、スキ型ショベル羽根式高速混合機（以後、連続式ミキサとする）による石炭灰の固化造粒技術を開発したので、その経緯と強度特性について報告した。石炭灰固化造粒物の主な適用用途としては、近年の瀬戸内海での海砂の採取禁止および規制を鑑み、サンドコンパクションパイル工法などにおける海砂代替材としての利用を考えており、今年度中には製品として供給を開始する予定となっている。この度、造粒後1年を経過した造粒物を対象に、長期安定性を確認する試験を実施し良好な結果を得たので主にそれらについて報告する。

2. 石炭灰造粒物の物理特性

図-1に、主材料である石炭灰原粉を示す。また図-2に、連続式ミキサにより固化造粒した石炭灰造粒物の様子を示す。

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-1に、また同配合により作製した造粒物の物理特性を表-2にまとめて示す。造粒物の作製方法の詳細については、文献1)を参照して頂きたい。

3. 長期安定性の検討

(1) 基本的な考え方

造粒物の主な利用用途としては、SCP工法などにおける海砂代替材料を考えている。この場合、材料は海水および地下水と、水中に長期間置かれることになる。そこで長期安定性の検討にあたっては、

室内で28日封かん養生した造粒物を、その後水道水中に浸漬し、約1年間放置したものを供試体として利用した。現在のところ、製品としての材料供給は28日養生材料を考えており、この実験条件は材料使用における実状に即しているものと思われる。

(2) 強度特性

図-3に、造粒物の圧潰強度（JIS Z 8841）の経時変化を示す。ここで、91日材料までは室内養生、1年材料は水中養生によるものである。長期間水中に養生した場合においても強度の劣化は起こっておらず、わずかながらではあるが増加傾向にある。

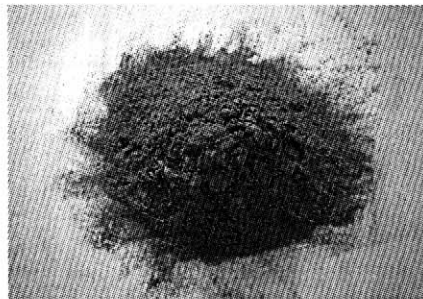


図-1 石炭灰

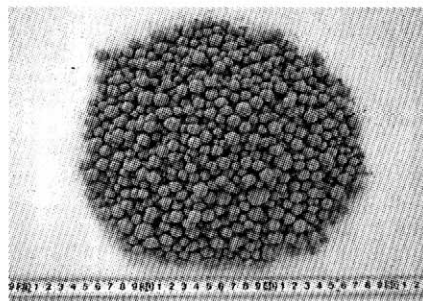


図-2 連続式ミキサによる造粒物

表-1 石炭灰造粒物の基本配合

石炭灰	セメント (普通ポルト)	ペントナイト (中国ペント)	水
87 %	10 %	3 %	23.5 %

*) 水は粉体重量に対して

表-2 石炭灰造粒物の物理特性

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)
湿潤単体 (g/cm^3)	1.747 (6Ec突固め)
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)	1.606
内部摩擦角 ϕ (deg)	47.6 (6Ec)
透水係数 k (cm/s)	1.34×10^{-3} (6Ec)

*1) 結果は全て28日封かん養生供試体

*2) 6EcはSCP打設に伴うエネルギーに相当

*3) 圧潰強度は、JIS Z 8841に基づく

キーワード：石炭灰、造粒、圧潰強度、透水試験、溶出試験

連絡先：中国電力株式会社土木部石炭灰有効活用プロジェクト

〒730-8701 広島市中区小町 4-33 TEL: 082-241-0211 FAX: 082-523-6367

(3) 透水性

石炭灰造粒物は、主材料である石炭灰を少量のセメントにより固化処理したものであり、水中に長期間放置した場合、造粒物同士の再付着などにより、透水性が低下することが心配された。そこで長期的な透水性を確認するための透水試験を実施した。実験方法は、28日封かん養生した試料をSCPの打設エネルギーに相当する6Ec ($33.6 \times 10^5 \text{J/m}^3$) のエネルギーで透水試験容器内で突き固め、所定の密度になったことを確認してから、透水試験容器ごと水中に浸清し、1年間放置した。その後、容器を取り出しそのまま定水位透水試験の供試体とした。

図-4に、透水試験の結果を示す。1年水中に放置した場合においても、透水係数は低下しないことがわかる。また実験終了後、供試体を取り出し造粒物同士の付着の状況を目視により確認したが、粒子間が付着しダンゴ状態になっているようなことは全く認められなかった。

(4) 環境に対する影響

石炭灰造粒物を海砂代替材料として利用する場合、周辺環境に悪影響を及ぼさないことは、最も重要な課題である。特に水中に長期間放置した場合問題となるのは、造粒物からの六価クロムなどの土壤汚染に係る重金属類の溶出である。表-3に、石炭灰造粒物の溶出試験の結果を示す。供試体は28日封かん試料であり、溶出試験方法は環境庁告示46号試験に基づく。この結果より造粒物からの環境基準を上回る重金属の溶出がないことがわかる。

また長期水浸した場合の浸清水についても溶出試験を実施した。実験方法は、石炭灰造粒物を46号試験と同様に、固液比1:10となるように容器内で水浸させ、上部を密封し1年間放置した。浸清水の溶出試験結果を、表-4に示す。この結果、長期的にも造粒物からの汚染物質の溶出は認められず、環境上特に悪影響のないことが確認された。

4. まとめ

連続式ミキサにより作製した石炭灰造粒物について、長期安定性に関する各種実験を行った。その結果、当造粒物は、強度、透水性、環境影響のいずれの面からも、長期間水中に浸清させた場合でも、安定した材料であることが確認された。

【謝 辞】

これらの実験は、中国電力と大林組、五洋建設、中国高圧コンクリート工業、不動産建設との共同研究として実施したものであり、この場を借りて関係者各位に感謝の意を表します。

【参考文献】

1) 新谷、斉藤、樋野、車田、名越：石炭灰を活用した海砂代替材の開発とその特性、土木学会第54回年次学術講演会講演概要集、pp.526-527、1999。

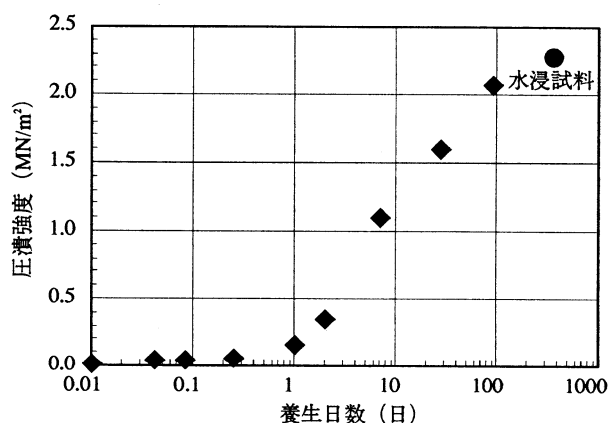


図-3 圧潰強度の経時変化

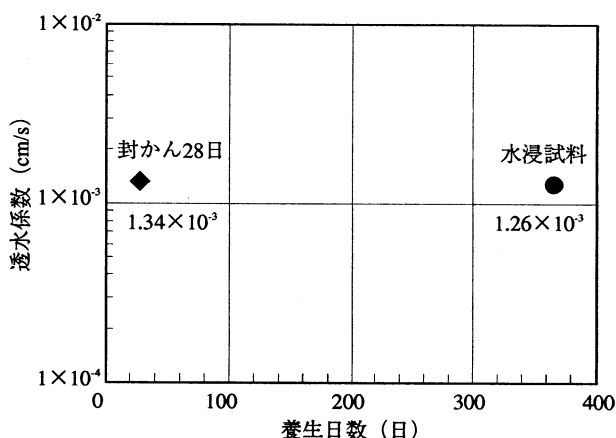


図-4 1年水中養生後の透水係数

表-3 造粒物の溶出試験結果 (28日養生試料)

項 目	計量結果	基準値	単 位
カドミウム	0.0002未満	0.01以下	mg/l
全シアン	不検出	不検出	mg/l
有機磷	不検出	不検出	mg/l
鉛	0.01	0.01以下	mg/l
六価クロム	0.029	0.05以下	mg/l
砒素	0.001未満	0.01以下	mg/l
総水銀	0.0005未満	0.0005以下	mg/l
アルキル水銀	不検出	不検出	mg/l
PCB	不検出	不検出	mg/l
銅	13	125未満	mg/kg
セレン	0.001未満	0.01以下	mg/l
トリクロロエチレン	0.001未満	0.03以下	mg/l
チウラム	0.0005未満	0.006以下	mg/l
シマジン	0.0003未満	0.003以下	mg/l
ホウ素	0.04未満	—	mg/l

表-4 浸清水の溶出試験 (1年間水浸後)

項 目	計量結果	基準値	単 位
カドミウム	0.0004	0.01以下	mg/l
全シアン	不検出	不検出	mg/l
鉛	0.009	0.01以下	mg/l
六価クロム	0.005	0.05以下	mg/l
砒素	0.001未満	0.01以下	mg/l
総水銀	0.0005未満	0.0005以下	mg/l
アルキル水銀	不検出	不検出	mg/l