

## 石炭灰造粒物のSCP打設試験における改良特性（その1．改良効果）

中国電力 正会員 ○樋野 和俊 正会員 斉藤 直  
山口大学 正会員 兵動 正幸 正会員 中田 幸男  
不動建設 正会員 村田 基治

### 1. はじめに

瀬戸内海各県における海砂の採取禁止・規制などにより、代替材の開発が急務となっている情勢の中、中国電力をはじめ共同研究により、海砂の価格と同等以下で市場提供ができる石炭灰を使用した海砂代替材を開発し、試験機による造粒試験と室内試験による品質確認<sup>1)</sup>を終えている。この代替材の現場への適用を進めていく上で、実機を用いて陸上SCP打設の実証試験を行い改良効果とその施工性について確認を行った。本稿では、この実証試験により得られた石炭灰造粒物の海砂代替材としての改良効果について紹介する。

### 2. 石炭灰造粒物の概要

石炭灰造粒物の主材料は、石炭灰、セメント、ペントナイトおよび水である。造粒における基本配合を表-1に、また同配合により製造した造粒物（写真-1）の物理特性を表-2に示す。造粒物の品質の基本的考え方としては、地盤改良用の砂杭（SCP、SD）を始め、排水用敷砂・置換砂など護岸工事用の海砂代替材としての品質を満足することを念頭に開発した。

表-1 石炭灰造粒物基本配合

| 石炭灰 | 固化材                          | 保水材          | 水                           |
|-----|------------------------------|--------------|-----------------------------|
| 87% | 普通ポルタント <sup>1)</sup><br>10% | ペントナイト<br>3% | 水道水<br>20～24% <sup>2)</sup> |

※すべて重量比、<sup>1)</sup>は粉体総重量に対する比



写真-1 石炭灰造粒物

表-2 石炭灰造粒物物理特性

|             |                       |            |                       |
|-------------|-----------------------|------------|-----------------------|
| 造粒物の形状      | 球形                    | 平均粒径       | 7.50mm                |
| 自然含水比       | 11.60%                | 圧潰強度(7日)   | 0.6～0.8MPa            |
| 単一粒子密度(湿潤)  | 1.811t/m <sup>3</sup> | (28日)      | 1.2～1.6MPa            |
| 6Ec突固密度(湿潤) | 1.700t/m <sup>3</sup> | 内部摩擦角(6Ec) | 47.6°                 |
| 吸水率         | 16.40%                | 透水係数(6Ec)  | 1.34×10 <sup>-3</sup> |
| スレーキング率     | 0.40%                 |            | cm/sec                |

### 2. 現地実証試験概要

実証試験は、山口県内の干拓地において護岸下等の強度増加を主目的とした低置換(改良率：10%)の試験打設(杭長9.5m、杭径φ700mm)を図-1に示す配置で行い、表-3に示す品質確認を行った。試験打設には、石炭灰造粒物と比較対象用として海砂の2種類を使用した。干拓地の地層はGL-4.5mまでが平成5年～6年にかけて浚渫土を吹き込んだ埋立層(粘性土)であり、GL-4.5m以深が在来砂質土層となっている。

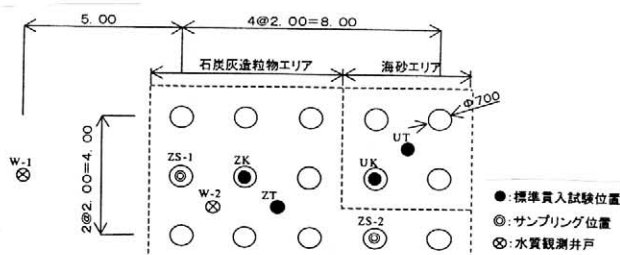


図-1 試験打設配置図

表-3 品質確認試験項目

| 項目         | 内容                           |
|------------|------------------------------|
| SCP改良効果の確認 | 杭間・杭芯のN値分布<br>不攪乱試料の3軸圧縮強度試験 |
| 施工性評価      | 平均造成時間・材料割増し率                |
| 周辺環境評価     | pH測定、重金属の溶出試験                |

### 3. 試験結果

図-2に杭芯N値および杭間N値の結果を示す。杭間N値は、埋立層(GL-4.5m以下)においては低置換改良

キーワード：石炭灰、海砂、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:082-242-6367）

のため、石炭灰造粒物、海砂ともに改良効果はみられないものの、GL-5m 以深の砂質土層において、通常海砂と同等の値を示しており、海砂と同等の改良効果(改良前の砂質土層N値3~12)が得られていることがわかる。

表-4 3軸圧縮強度試験結果

| 砂杭No. | 採取深度(GL-m) | 粘着力Cd(MPa) | 内部摩擦角 $\phi$ (°) |
|-------|------------|------------|------------------|
| 造粒材杭① | 0.0~3.0m   | 0.014      | 39.9             |
|       | 3.0~6.0m   | 0.021      | 40.1             |
|       | 6.0~9.0m   | 0.055      | 40.9             |
| 造粒材杭② | 0.0~3.0m   | 0.015      | 43.4             |
|       | 3.0~6.0m   | 0.030      | 43.8             |
|       | 6.0~9.0m   | 0.041      | 46.3             |
| 平均値   |            | 0.029      | 42.4             |

杭の強度は、杭芯N値および表-4に示す不攪乱試料による3軸圧縮強度試験結果により判定した。石炭灰造粒材は粒径が大きく標準貫入試験では重錘落下時に粒子が踊るため大きな値を得られていないが、不攪乱試料での3軸圧縮試験結果では内部摩擦角 $\phi=40^\circ$ 程度を期待することができることから、杭の強度は海砂の通常設計値 $\phi=30^\circ\sim35^\circ$ と同等の強度を期待できる。

また、図-3に示すN値による内部摩擦角 $\phi$ の想定は、従来の評価法「港湾の施設の技術上の基準」の推定式と比べて、約 $5^\circ$ 高い内部摩擦角となる。設計定数としては、 $\phi=40^\circ$ の活用が可能と考えられ、この定数を使用した場合には図-4に示すとおり海砂と同等のせん断強度を得ることが可能である。図-5に打設後の石炭灰造粒物杭の粒度分布を示すが、この結果からも明らかとなり、現地打設後の粒度分布は概ね砂~碎石の実績範囲を確保できているため、室内試験で確認した透水係数( $10^{-3}$ オーダー)を確保していると考えられる。また、現地に設置した観測井戸の測定結果から、pHの変動および水質中からの重金属等の溶出も見られず、周辺環境に与える影響もないことが確認できた。

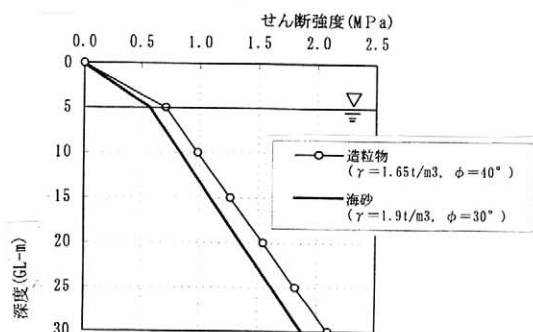


図-4 砂杭と石炭灰造粒物のせん断強度

#### 4. まとめ

石炭灰を使った海砂代替材は、試験機による造粒試験・室内試験および本現地実証試験を通じて護岸工事等へ十分採用できるものであることを確認した。現在これらの試験結果を踏まえ、中国電力(株)の既設発電所構内に年間15万 $m^3$ の製造設備の構築中であり、平成12年10月からの商品販売を前に引き続き海上による実証試験を実施する予定である。文末になりましたが、この技術は中国電力と大林組、五洋建設、不動建設、中国高压コンクリート工業(順不同)との共同研究により開発したものであり、また山口大学工学部におきまして技術的ご指導をして頂き、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) 齊藤他「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 1999.9

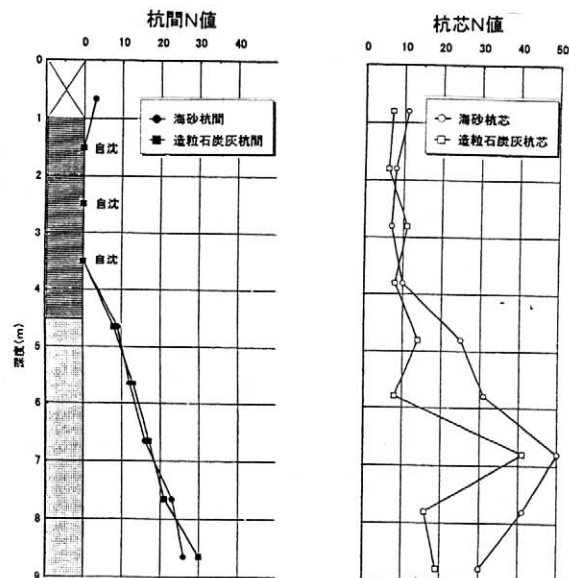


図-2 杭間・杭芯のN値分布

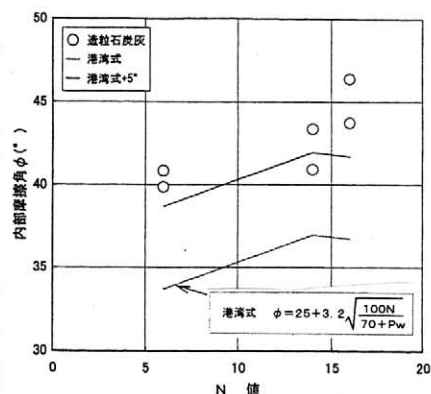


図-3 N値と内部摩擦角

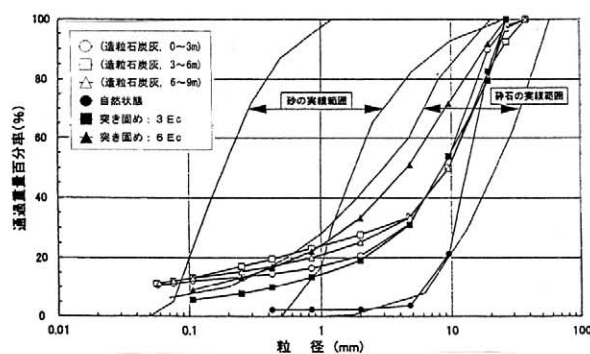


図-5 砂杭打設時の粒度分布