

石炭灰造粒物の海上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、平成12年10月より年間15万m³の製造プラントを新小野田発電所構内に設置して製造を進めている。これまでに、試験機による造粒試験と室内試験による品質確認^{1),2)}と陸上打設試験^{3),4)}を実施し、その適用性を確認しているが、今回実プラントで製造した石炭灰造粒物について海洋SCP打設の実証試験を行い改良効果とその施工性・環境影響調査を行った。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、ベ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ている。

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 ³	(28日)	1.2~1.6MPa
6Ec突固密度(湿潤)	1.700t/m ³	内部摩擦角(6Ec)	47.6°
吸水率	16.40%	透水係数(6Ec)	1.34×10 ⁻³ cm/sec
スレーキング率	0.40%		

表-1 石炭灰造粒物基本配合

石炭灰	固化材	保水材	水
87%	普通ポルトランド 10%	ベントナイト 3%	水道水 20~24% ¹⁾

※すべて重量比、¹⁾は粉体総重量に対する比



写真-1 石炭灰造粒物

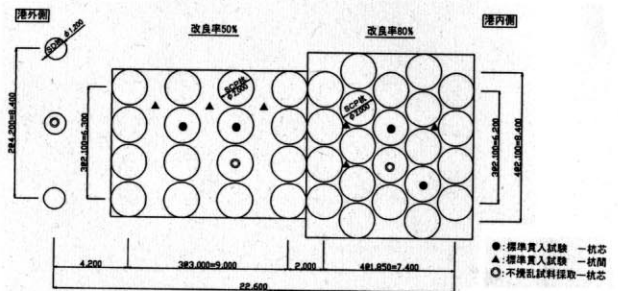


図-1 試験打設配置図

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 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 盛上土調査
周辺環境評価	濁度・透明度、pH分析 底生生物調査

3. 現地実証試験概要

海洋SCP実証試験は、山口県小野田市に位置する小野田港沖防波堤近傍で行った。改良率は80%および50%の2ケースを実施し、突き固め効果を確認比較するためにSD杭を3本打設した。試験打設は（杭長9.5m、杭径(SCP:φ2000mm・SD:φ1200mm))図-1に示す配置で行い、表-3に示す品質確認を行った。なお、当地区の土性は、N値=0の粘性土である。

4. 試験結果

図-2に杭芯N値の結果を示す。N値は、N値=13.3~22.0の値を示し、最低値は杭頭部でN値=6、中間部

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)

でN値=8であった。海砂を用いたSCP杭の場合、一般に杭芯のN値については最小N値=10以上、平均N値=15以上を目標に施工管理されている。今回の試験結果ではこの値を若干下回る杭があるが、これは石炭灰造粒材の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が得られないことと、造粒物の単位体積重量が砂に比べて小さいことから、有効土被り圧による拘束が弱い事に起因するものである。併せて実施した不攪乱試料での三軸圧縮試験結果をみても、内部摩擦角は $\phi=38^{\circ}\sim46^{\circ}$ と海砂の通常的设计値($\phi=30^{\circ}\sim35^{\circ}$)と同等以上の強度を呈している。この結果を反映し、N値による内部摩擦角 ϕ の想定を行うと、従来の評価法「港湾の施設の技術上の基準」の推定式に対して、約 5° 高い内部摩擦角の近傍に分布することが判る(表-4、図-3)。

表-4 杭芯N値・三軸圧縮試験結果

		SCP (80%改良)			SCP (50%改良)			SD		
		S1-1	S1-2	S1-3	S2-1	S2-2	S2-3	S3-1	S3-2	S3-3
標準	最小N値	10	13	11	6	12	9		8	
貫入試験	平均N値	15.8	22	13.7	13.5	18.8	13.3		13.3	
三軸 圧縮試験	ϕ	45	46.5	45	38.2	42.8	44.1	41.1	39.3	46
	N値	13.5	21.5	18	18	21.5	26	9.5	11.5	17

また、排水性能については透水係数は $k=1\times10^{-4}\text{cm/S}$ と一般に使用されている海砂に比べ低い値を呈したが、これは、造粒物の強度がH11年に実施した試験機械での値に比べ約80%と低かったため打設時に造粒物が破碎され細粒分が増えた事が原因である(図-4)。これらの結果、石炭灰造粒物のSCP材としては高置換材料としては十分適用可能な材料であることが確認できた。そして、この石炭灰造粒物をSCP材として使用する場合の設計値・管理値については、表-5に示すものが考えられる。なお、排水性能については、試験後に造粒設備を見直すことで十分対処可能であり、現在追加試験を実施して効果を確認中である。

5. 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・室内試験および陸上・海洋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。中国電力(株)では、現在この石炭灰造粒物を平成12年10月から製造・商品販売を実施しており、平成13年度には約10万 m^3 程度販売する見込みである。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、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) 斉藤他「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、2) 車田他「石炭灰を活用した海砂代替材の品質特性」土木学会第55回年次学術講演会 2000、3) 樋野他「石炭灰造粒物のSCP打設試験における改良特性(その1)」土木学会第55回年次学術講演会 2000、4) 村田他「石炭灰造粒物のSCP打設試験における改良特性(その2)」土木学会第55回年次学術講演会 2000

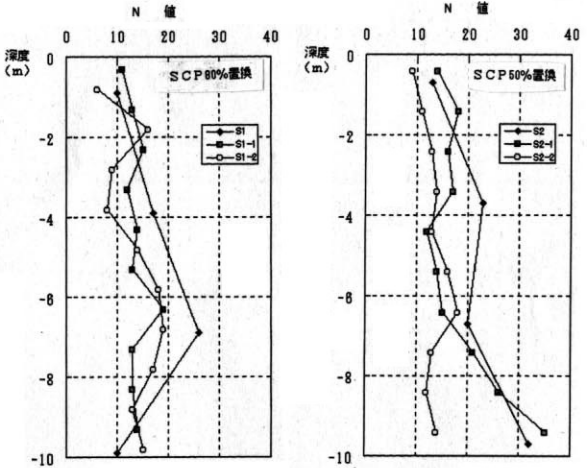


図-2 杭芯N値分布(SCP)

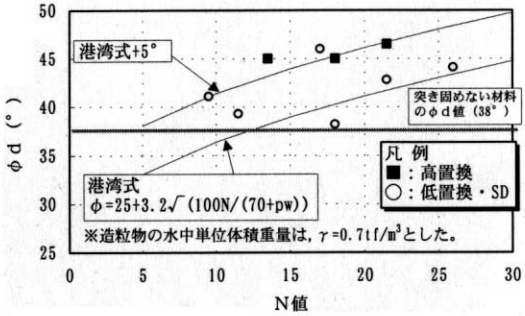


図-3 杭芯N値と内部摩擦角の関係

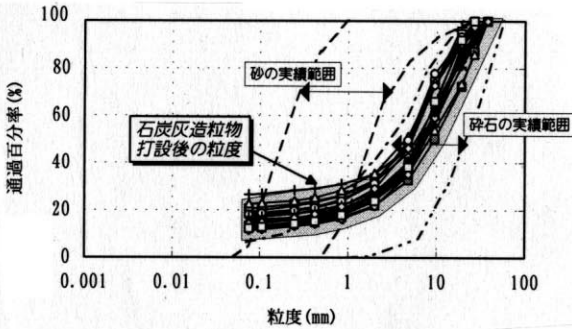


図-4 SCP打設時の粒度分布

表-5 SCP材としての評価

設計値	管理値
単位体積重量(飽和) 1.70 t/m^3	最小N値 ≥ 8
内部摩擦角 $\phi = 35^{\circ}$	平均N値 ≥ 10