石炭灰を用いた防潮堤の建設に関する検討（その１）
－モデル施工結果－

相馬共同火力発電(株)　大内 広行　鈴木 博之
(株)大林組　正会員　○光本 純　正会員　田島 孝敏
相馬環境サービス(株)　正会員　熊谷 祐一

１．概要

石炭灰は電気事業と一般産業から排出され，平成 21 年度は 1,095 万トン発生した[1)]．東日本大震災以降，石炭火力発電の重要性が増していることから，今後，石炭灰の発生量は増加していくものと想定される．石炭灰はセメント原料等として有効利用されてきており，また，新たな技術開発[2)]も行われているが，資源の有効利用促進，処分場の逼迫などの観点から，より一層の有効利用が必要である．

一方，東日本大震災では，津波により発電所等の重要施設に甚大な被害が発生した．このため，事業継続計画（BCP）の観点からも津波対策の重要性が増している．津波対策の一つとして防潮堤の構築がある．

以上のような背景の下，石炭灰の防潮堤材料としての有効利用を考え，その適用性を検討している[3)]．本報では，事前の室内試験結果に基づいて実施した実規模レベルのモデル施工結果について報告する．

２．使用材料

石炭灰は，石炭火力発電所から発生した灰を用いた．基本性状を**表−１**に示す．改良材には高炉セメントおよび石膏を用いた．配合は，強度および重金属等の溶出量を考慮し，事前の室内試験により決定した．

表-1　石炭灰の基本性状

項　目			測定値
土粒子の密度		(g/cm^3)	2.267
粒度組成	礫分	(%)	0.0
	砂分	(%)	3.4
	シルト分	(%)	82.4
	粘土分	(%)	14.2
最大粒径		(mm)	2.0
均等係数			5.5
液性限界		(%)	NP
塑性限界		(%)	NP
塑性指数			NP
含水比		(%)	19.7
最大乾燥密度		(g/cm^3)	1.234
最適含水比		(%)	30.0

３．改良盛土材の目標品質

防潮堤の安定検討結果および環境安全性より，改良盛土材の目標品質として以下の値を設定した．

・単位体積重量：$\gamma t \geqq 13kN/m^3$　　・締固め度：85%以上
・一軸圧縮強さ：$qu_{28} \geqq 300kN/m^2$
・土壌の汚染に係る環境基準（以下「環境基準」という）に適合

４．改良盛土材の製造方法

改良盛土材の製造には，**図−１**に示す自走式土質改良機を用いた．事前にバックホウ等で混合した石炭灰と石膏との混合物を自走式土質改良機に投入し，セメントおよび水を添加・混合して改良盛土材を製造した．添加水量は最適含水比より 2%低くなるよう設定した．一連の作業に使用した重機等を**表−２**に示す．

表-2　主要使用重機一覧表

項目	使用機械	台数	仕　様
材料混合	自走式土質改良機	1	リテラ(コマツ製) 20t級
積込み	バックホウ	1	$0.45m^3$
	タイヤショベル	1	$0.6m^3$
敷均し	湿地ブルドーザ	1	7t級
転圧	タイヤローラ	1	15t級
運搬	ダンプトラック	1	10t積
		1	4t積

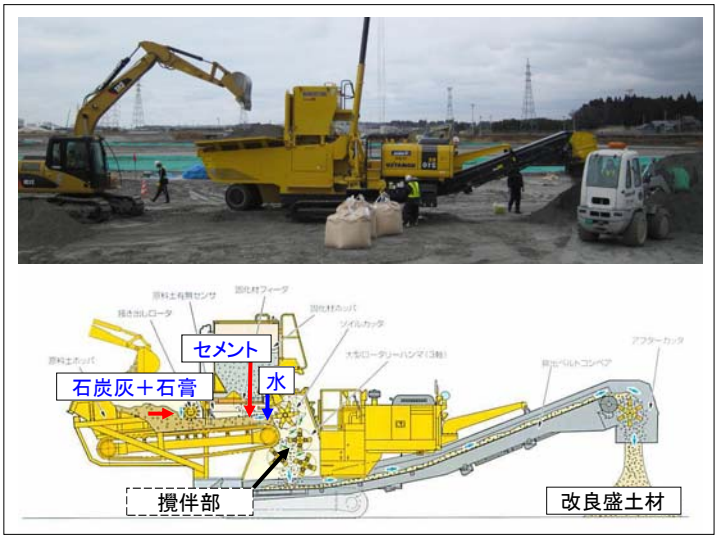

図-1　改良盛土材製造方法の概要

キーワード　石炭灰，防潮堤，一軸圧縮強さ，環境基準
連絡先　〒108-8502　東京都港区港南 2-15-2　(株)大林組生産技術本部土工技術部　TEL:03-5769-1302

５．試験結果

（１）転圧試験結果

改良盛土材をブルドーザで敷均した後，タイヤローラで転圧し（**写真−１**参照），地表面沈下量計測，RI 計測（乾燥密度など）などを実施した．得られた結果より，転圧回数と締固め度との関係を**図−２**に示す．締固め度は転圧回数の増加とともに増加し，4 回転圧で締固め度 85%以上（平均値 90%以上）が確保された．

（敷均し状況）　　（締固め状況）

写真-1　転圧試験状況

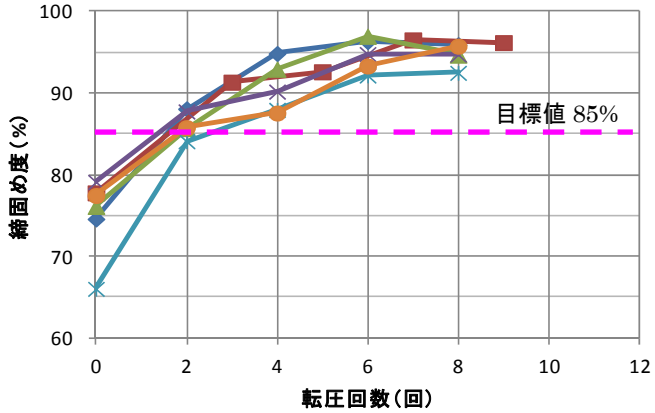

図-2　転圧回数と締固め度との関係

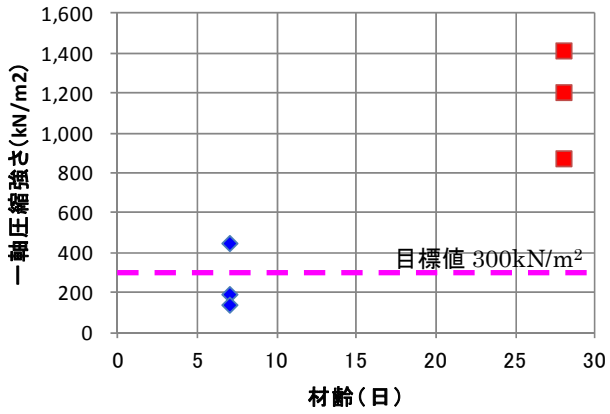

図-3　ボーリングコアの一軸圧縮試験結果

（２）転圧地盤ボーリングコア試料に対する試験結果

材齢 7 日および 28 日に転圧地盤からボーリングコアを採取し，一軸圧縮試験および溶出試験（平成 3 年 8 月環境庁告示第 46 号）を実施した．試験結果を以下に示す．

①一軸圧縮強さ

一軸圧縮試験の結果を**図−３**に示す．材齢 28 日で目標強度である qu=300kN/m^2 を満足した．

②溶出量

溶出試験結果を**表−３**に示す．材齢 7 日，28 日ともに，環境基準に適合していた．

表-3　溶出試験結果

材齢	測定対象物質	測定結果
7日	カドミウム、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、セレン、ふっ素、ほう素	土壌の汚染に係る環境基準に適合
28日	土壌の汚染に係る環境基準全項目（27項目）	同上

６．まとめ

石炭灰を用いた防潮堤の建設に向けて，室内試験および実規模レベルの転圧試験を実施した．

その結果，石炭灰を用いた改良盛土材により防潮堤の構築が可能であることを確認できたと考える．

今後は，改良盛土材の溶出特性が石炭の産地や燃焼条件等によって異なることを考慮し，配合設計の最適化などに取り組んでいく予定である．

参考文献

1)（財）石炭エネルギーセンター：石炭灰全国実態調査報告書（平成 21 年度実績）
2)熊谷ら：酸洗浄石炭灰とペーパースラッジ加工混和材を用いた再生資源材の用途開発（その１），土木学会第 64 回年次学術講演会，Ⅶ-163，2009
3)大内ら：石炭灰を用いた防潮堤の建設に関する検討（その 2），土木学会第 67 回年次学術講演会，2012（投稿中）