

福島第一原子力発電所土木工事における石炭灰活用の取組（その4 物性編）

安藤ハザマ 正会員 ○室山 拓生, 坂本 守
東京電力HD 正会員 増井 香織, 野口 幸太

1. はじめに

現在、東京電力HD(株)福島第一原子力発電所では様々な廃炉工事を実施中であるが、放射線管理区域内であるエリアにおいては、港湾外や敷地外から多量の捨石などの資材の調達をすることが困難な状況である。そのため、石炭灰を有効活用した人工地盤材料を敷地内で製造し、捨石や着底マウンド材、盛土材料等に活用する検討を行った。本稿では、石炭灰混合材料を海中の盛土材として適用する場合の、各種材料特性について紹介する。

2. 石炭灰混合材料（固化体）の作製条件

諸物性の検討に用いた石炭灰混合材料の原材料は、上水道水(W)・高炉セメントB種(C)・石炭灰(F)・石膏(Ad)である。これらの材料を表-1に示す配合表のとおり配合を行い、着底マウンド材や防衝・押え盛土として利用する一次破砕材(a)：10N、護岸ブロック基礎として利用する一次破砕材(b)：35Nの設計上必要となる配合強度を満足する固化体を作製した。

固化体作製に当たっては、強制二軸型ミキサ(100L)を用いて、粉体の投入後15秒、加水して30秒、さらに掻落し後に150秒の練混ぜを行い、60Hzのテーブルバイブレータによる締固めを行った。その後はある程度固化した時点(2日後)で容器から出し、水中養生として水中にて静置した後、28日目に破砕して固化破砕材とした。

固化体は、14日養生の時点で目標とする設計基準強度を満足し、28日養生時点で、事前に設定した配合強度よりも大きな圧縮強度が得られた。

3. 人工地盤材料（固化破砕材）の材料特性

(1) 環境安全性

試験に用いた固化破砕材の溶出試験結果を表-2に示す。固化破砕材の水底土砂基準（環告14号）に該当する項目は全て定量下限値を下回る結果となり、環境安全性が確認できた。

(2) 物理的性質

表-3には固化破砕材の密度・含水比特性をまとめた結果を示した。土粒子の密度は、一般的な土では $2.6 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$ を示すところが、 2.4 g/cm^3 前後と小さい値を示した。最大乾燥密度は試料10Nで 1.098 g/cm^3 ($w_{opt}=23.9\%$)、試料35Nで 1.177 g/cm^3 ($w_{opt}=18.3\%$)と非常に小さい値

表-1 石炭灰混合材料の使用材料と配合表

試料名 (記号)	設計基準 強度 (N/mm^2)	Ad添加率 (%)	水粉体比 (%)	単体量 (kg/m^3)			
				W	C	F	Ad
10N	10	3	28.5	386	174	1145	35
35N	35	3	27.8	401	654	765	24

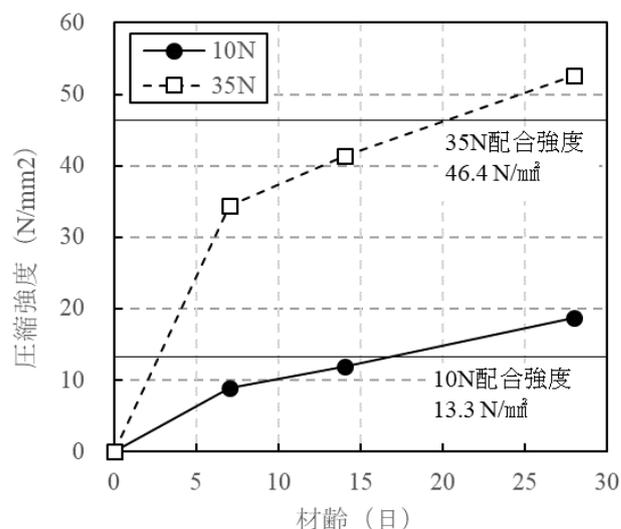


図-1 石炭灰混合材料の材齢と圧縮強度

表-2 石炭灰混合材料の溶出試験結果（環告14号）

項目	溶出量 (mg/L)		水底土砂 基準
	10N	35N	
カドミウム又はその化合物	<0.01	<0.01	0.1以下
鉛又はその化合物	<0.01	<0.01	0.1以下
六価クロム化合物	<0.05	<0.05	0.5以下
ひ素又はその化合物	<0.01	<0.01	0.1以下
水銀又はその化合物	<0.0005	<0.0005	0.005以下
セレン又はその化合物	0.01	<0.01	0.1以下
ふっ化物	<0.8	<0.8	15以下
ほう素	0.2	<0.1	—

キーワード 石炭灰(原粉), 固化体, 人工地盤材料, 力学特性

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市苅間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 TEL 029-858-8813

となっており、大型三軸圧縮試験時に測定した湿潤密度についても同様に非常に小さい値を示す結果となった。これは、非常に多くの空気が試料内に閉じ込められているためと考えられる。

図-2は、大型三軸圧縮試験に用いた固化破砕材 ($\phi = 37.5\text{mm}$ のふるい通過試料) の代表的な粒径加積曲線である。破線で示した曲線は大型三軸圧縮試験を実施する前の粒径分布であり、実践で示したものは、試験後の粒径分布を示している。この図より、大型三軸圧縮試験による荷重・変形によって、固化破砕材が破砕され、19mmふるいを通過しない粗礫分が主体であった固化破砕材が、中礫・細礫分が多くなっていることがわかる。破砕されても砂分以下の細粒分はほとんど増加がないことから、荷重による圧縮に伴う破砕ではなく、変形に伴って、破砕材の鋭利な角が折れていったものであると推察している。

また、固化破砕材に対しては、スレーキング特性を把握するため、「岩石の促進スレーキング試験方法」による試験も実施したが、スレーキング区分は10N、35Nのいずれの試料及び浸潤させる水条件についても「0」を示した。図-3には、スレーキング試験中の含水比変化を示すが、乾湿繰返しに伴う含水特性の変化は認められなかった。

(3) 強度特性

強度特性把握のため、固化破砕材を用いた大型三軸圧縮試験 (CD) を実施した (写真-1)。供試体作製は、ペダスタルにセットしたゴムスリーブを負圧で引いたセル内に水中落下で試料を投入し、水量を試料天端付近となるよう調整した後に突き固めによって試料高さを管理し、20cm 毎 3 層に分けて作製した。

10N、35Nの試料それぞれで締固め度 Dc80%、Dc90%の供試体を作製し Dc80%の緩詰め状態の供試体については細粒分の流出及び一次破砕を想定し、20-40 mmの粒度にて試験を実施した。

試験の結果、表-4に示す内部摩擦角と粘着力が得られ、一般的な礫材料と比較して同等の強度特性となることがわかった。

4. おわりに

石炭灰混合材料を海中盛土材料とする検討を実施したが、設計上必要な環境安全性・強度特性は満たされている材料であり、適用に問題はないと考えられる。

表-3 固化破砕材の密度特性

項目		10N	35N	摘要
土粒子の密度 ρ_s	g/cm^3	2.332	2.435	
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	g/cm^3	1.098	1.177	
最小乾燥密度 ρ_{dmin}	g/cm^3	0.781	0.837	
湿潤密度 γ_t	g/cm^3	1.215	1.251	Dc90%
		1.086	1.119	Dc80%
最適含水比 W_{opt}	%	23.9	18.3	

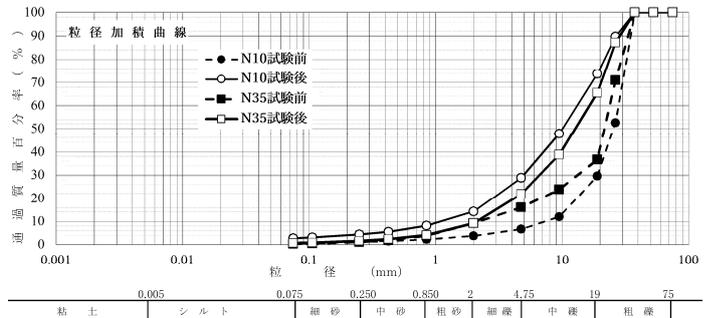


図-2 固化破砕材の粒度特性

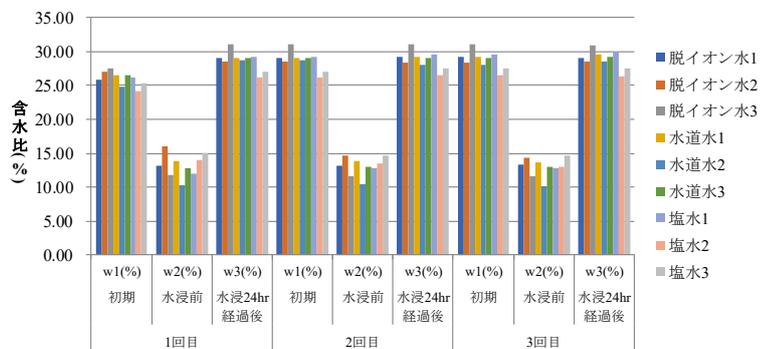


図-3 スレーキング試験時の含水比変化



写真-1 大型三軸圧縮試験機 (試験後)

表-4 大型三軸圧縮試験 (CD) 結果

強度特性	10N		35N	
	Dc80%	Dc90%	Dc80%	Dc90%
内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	30.7	35.2	36.3	36.8
粘着力 $c (\text{kN/m}^2)$	51.05	55.62	44.79	75.53