

石炭灰改良土により構築された防潮堤盛土の長期モニタリング結果

大林組 正会員 ○山田 祐樹 佐々木 徹
大林組 正会員 田島 孝敏 井出 一貴
相馬環境サービス 正会員 熊谷 祐一

1. はじめに

石炭火力発電などで副生される石炭灰の発生量は、平成 26 年度は 1,262 万トンであり、セメント原料以外に土木分野への利用拡大が望まれている。筆者らは、石炭灰を防潮堤の盛土材として活用することを目的として、実規模大の防潮堤を構築し、盛土材の製造方法、施工性、環境安全性について確認してきた^{1), 2)}。本報告は、実規模盛土構築後、約 2 年半にわたって実施した長期モニタリング結果について述べる。

2. 長期モニタリングの概要

(1) 防潮堤盛土の概要

対象とした防潮堤盛土の平面図および断面図を図-1 に示す。盛土の寸法は幅 14m、高さ 3.5m、延長 39m であり、のり面の勾配は 1 : 1.5 である。防潮堤の施工概要については既往の文献^{1), 2)}を参照されたい。また、表-1 に防潮堤構築の際に使用した石炭灰の主要な重金属類の溶出試験結果を示す。対象とした石炭灰はいずれも重金属等の溶出量が土壤環境基準を超過していたため、不溶化試験結果に基づき石炭灰改良土の配合を表-2 のように設定し、製造を行った。

(2) 石炭灰改良土の目標品質

防潮堤盛土の安定性および環境安全性を満足するために、石炭灰改良土の目標品質を以下のように設定した。

- ・防潮堤盛土の安定性：
一軸圧縮強度 $qu \geq 300\text{kN/m}^2$ 湿潤密度 $\rho_t \geq 1.326\text{g/cm}^3$
- ・環境安全性：重金属の溶出量が土壤環境基準値以下であること

(3) 長期モニタリング方法

長期モニタリングの試験項目を表-3 に示す。防潮堤は 2 種類の石炭灰を用いて構築しているため、長期モニタリング試験用の試料は、盛土上中下部の試料採取を行い、このコア試料を対象に実施した。なお、溶出量試験については、「土」としての再利用可能性や溶出経路などを考慮し、利用有姿の状態で実施する JIS K 0058-1 の 5. により行った³⁾。

3. 長期モニタリング結果

(1) 湿潤密度および含水比試験結果

湿潤密度ならびに含水比試験結果の平均値の経時変化を図-2 に示す。なお、図中には参考値として施工完了 7、28 日後の試験結果も併せて示している。湿潤密度については、施工完了後初期に若干のバラつきがみられるものの、

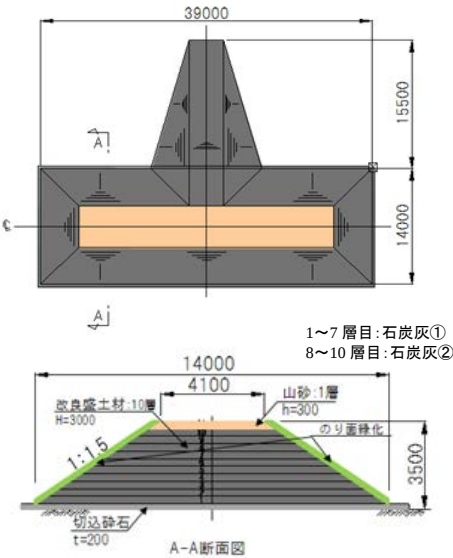


図-1 防潮堤盛土の平面・断面図

表-1 使用した石炭灰の溶出試験

試験項目	単位	石炭灰①	石炭灰②	基準値
pH	-	8.4	11.0	-
EC	mS/m	40.6	100	-
土壌溶出量 (環告 46号)	As	mg/L 0.24	0.006	0.01
	Cr (VI)	mg/L <0.01	0.09	0.05
	Se	mg/L 0.051	0.027	0.01
	B	mg/L 1.7	13	1
	F	mg/L 2.3	1.6	0.8

表-2 石炭灰改良土の配合

石炭灰	高炉セメント	助剤	水
乾燥質量1,000kg	100kg	20kg	116L

表-3 長期モニタリング試験項目一覧

試験項目	施工完了からの経過時間					
	約2ヶ月 51日	約5ヶ月 155日	約11ヶ月 330日	約18ヶ月 544日	約23ヶ月 680日	約30ヶ月 890日
湿潤密度	3深度	3深度	3深度	3深度	3深度	3深度
含水比	3深度	3深度	3深度	3深度	3深度	3深度
一軸圧縮試験	3深度	3深度	3深度	3深度	3深度	3深度
透水試験	-	3深度	3深度	3深度	3深度	3深度
溶出試験	2深度	2深度	2深度	2深度	2深度	2深度

3深度…盛土上中下部から採取した試料を試験
2深度…盛土上下部から採取した試料を試験

キーワード：石炭灰、モニタリング、環境基準

連絡先：東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL. 0424-95-0910 FAX. 0424-95-0903

その後はほぼ一定の値を示した。また、その値は目標湿潤密度 (1.326g/cm^3) を満足していることが確認された。含水比についても同様であり 15~20%程度で推移している。

(2) 一軸圧縮試験結果

一軸圧縮試験結果の平均値の経時変化を図-3 に示す。図中には参考値として施工完了7, 28 日後の結果も併せて示している。施工完了後6 ヶ月までは、増加する傾向がみられるものの、それ以降はほぼ同様な値を示した。施工完了後6 ヶ月以降における一軸圧縮強度の平均値はおおよそ $12,000\text{kN/m}^2$ 程度であり、目標強度を十分満足する結果となった。今回の試験では不溶化を主目的として配合を決定しているため、強度には十分余裕があり、長期的にも問題ないことが確認された。

(3) 透水試験結果

透水試験結果の平均値の経時変化を図-4 に示す。なお、図中には施工完了7, 28 日後の透水試験結果も併せて示している。データにバラつきはみられるものの、透水係数が最も大きい結果でも $3\text{E-}10\text{m/s}$ 程度であり、一般的な土質遮水材 ($1.0\text{E-}8\text{m/s}$ 程度) と比較しても、小さな値を示していることがわかる。これは、盛土内へ雨水等が浸透しにくいことを表しているといえる。

(4) 溶出試験結果

表-4 にコア試料を対象に実施した溶出試験結果の一覧を示す。盛土上部・下部ともに施工完了約 30 ヶ月後においても土壤環境量基準を満足しており、目標とする環境安全性を有していることが確認できた。

4. まとめ

石炭灰改良土により構築された防潮堤盛土を対象に約 2 年半にわたる長期モニタリングを実施した。得られた知見を以下に示す。

1) 施工完了後6 ヶ月以降は、一軸圧縮強度、湿潤密度、透水係数ともに安定しており、2 年半経過後においても目標品質を満足し、所定の安定性を有していることが確認できた。

2) 環境安全性について JIS K 0058-1 の5.により溶出試験を行い、モニタリング期間を通して土壤環境基準を満足していることが確認できた。

【謝辞】

大林組グループによる実規模大の防潮堤盛土実証試験ならびに長期モニタリングを実施するに際し、試験ヤードおよび石炭灰の提供など、多大な協力を頂きました相馬共同火力発電(株)新地発電所殿に深謝します。

参考文献

- 1) 佐々木徹, 井出一貴, 熊谷祐一: 石炭灰を活用した復興工事への取り組み, 土木施工, pp. 87-90, 2013. 9
- 2) 熊谷祐一, 佐々木徹, 山田祐樹, 井出一貴: 石炭灰を活用した防潮堤盛土実証試験の結果報告, 平成 25 年度廃棄物資源循環学会, 2013. 11
- 3) 石炭エネルギーセンター: 石炭灰混合材料有効利用ガイドライン (震災復興資材編), 2014. 3

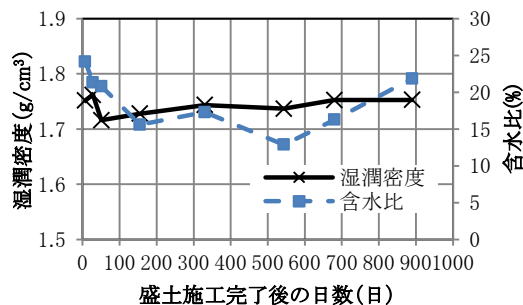


図-2 湿潤密度および含水比試験結果

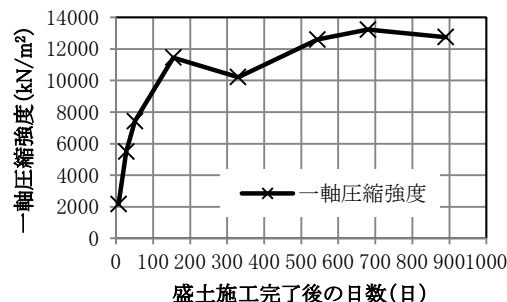


図-3 一軸圧縮試験結果

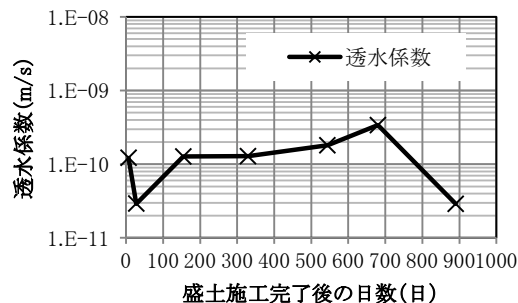


図-4 透水試験結果

表-4 長期モニタリング溶出試験結果一覧

			施工完了からの経過時間						基準値
			約2ヶ月 51日	約5ヶ月 155日	約11ヶ月 330日	約18ヶ月 544日	約23ヶ月 680日	約30ヶ月 890日	
試料採取位置			盛土上部	盛土上部	盛土上部	盛土上部	盛土上部	盛土上部	-
土壌 溶出量 (JIS K 0058-1)	As	mg/L	<0.001	0.001	0.005	<0.001	0.002	<0.001	0.01
	Cr(VI)	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
	Se	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
	B	mg/L	<0.1	<0.1	0.14	0.22	<0.1	<0.1	1
	F	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8
試料採取位置			盛土下部	盛土下部	盛土下部	盛土下部	盛土下部	盛土下部	-
土壌 溶出量 (JIS K 0058-1)	As	mg/L	<0.001	0.003	0.002	<0.001	0.004	0.002	0.01
	Cr(VI)	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
	Se	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
	B	mg/L	<0.1	<0.1	0.21	0.13	<0.1	<0.1	1
	F	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8