

石炭灰を用いた土質改良土の水中分離抵抗性に関する実験

北陸電力(株)技術開発研究所 正会員○清水 拓治 正会員 長山 明
北陸電力(株)土木部 津田 勲
東洋建設株式会社 正会員 櫻井 英二 正会員 和田 眞郷

1.はじめに

北陸電力(株)では石炭火力発電所から発生する石炭灰を公共工事等へ有効利用するため研究を進めてきた。公共工事では循環型社会構築のため建設発生土のリサイクルが課題となっている。

本研究では、石炭灰を用いた固化改良土を埋立工事等の海上施工へ適用できれば、石炭灰の大量使用・用途拡大が期待できることから、以下の検討を行うこととした。

今回、浚渫土砂に石炭灰及び高炉セメント B 種（以下固化材とする）を混合した固化改良土を対象に水中分離抵抗性を検討した。その結果、固化改良土の粒度が水中分離抵抗性に寄与すること、並びに性状の異なる石炭灰 2 種類がいずれも水中分離抵抗性に有効に働くことが確認できたので、以下に報告する。

2.実験の使用材料

今回の実験に用いた試料は、金沢港沖の航路浚渫土を仮置きしている排砂池から採取した細砂、砂質シルト、北陸電力(株)の火力発電所で副産された 2 種類の石炭灰、固化材である。本試験では浚渫土の広範囲な粒度に対応するため、細砂と砂質シルトの混合比を 1:1、2:1、3:1 とした混合土を用いた。表－1 に各資料の物理的特性を、表－2 に石炭灰 2 種類の性状を示す。

3.実験方法

実験は、混合土に固化材 7.5%を添加後、所定量の石炭灰(0~400kg/m³)を混練し 30 分放置した後、1)水中分離抵抗性については図－1 に示す水中落下試験による 2 時間後の水中安定性能確認、2)混練後の流動性についてはミンスランプ試験を行い、それぞれ評価した。

1)の試験方法は、北海道苫小牧港の埋立工事で採用した高橋らの試験方法¹⁾に準じて行い、これまでの施工実績から濁度が 100 以下であれば、水中分離抵抗性が確保できると判断した。また、2)の試験方法は JIS A1173（ポリマーセメントモルタルのスランプ試験方法）に準じており、小林らの報告²⁾によれば石炭灰を添加した固化改良土の水中分離抵抗性確保には、ミンスランプ試験値（以下スランプとする）を 1.5cm±0.5cm に管理するのが有効としている。

4.実験結果

(1)石炭灰添加による水中分離抵抗性の改善効果

混合土（2:1）に固化材 7.5%と A 灰（100~400kg/m³）を混練した後、含水比を無調整（スランプ無調整）で水中落下試験を行った。

図－2 より混合土に石炭灰を 100~300kg/m³添加すれば、無添加に比べ水中分離抵抗性が改善されることが判った。

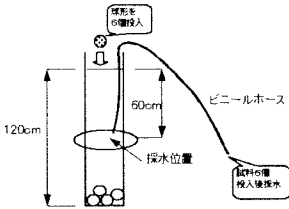
(2)スランプが水中分離抵抗性に及ぼす影響

表－1 各資料の物理的特性

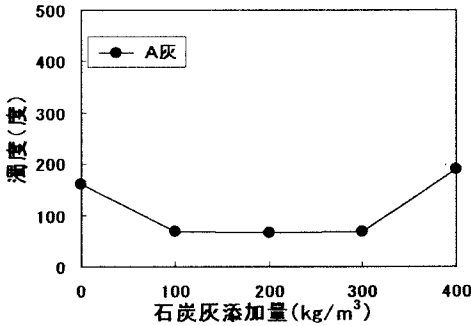
項 目	細砂	砂質シルト	混合土			石炭灰	
			(1:1)	(2:1)	(3:1)	A 灰	B 灰
土粒子の密度 g/cm³	2.66	2.642	—	—	—	2.175	2.143
自然含水比 %	14.0	83.0	41.5	31.6	25.5	0.1	0.2
砂分 %	0	0	0	0	0	0	0
粒 砂分 %	98	42	76	82	88	5	11
度 シルト分 %	}	42	13	10	8	73	78
性 粘土分 %		16	11	8	4	22	11
均等係数 %	1.96	54.10	75.50	26.20	4.64	5.16	6.17
曲率係数 %	0.902	31.20	24.50	10.90	2.10	1.01	1.59
土の工学的分類	分級された砂	砂質シルト	細粒分質砂	細粒分質砂	細粒分質砂	砂まじり粘土	砂まじり粘土

表－2 石炭灰の性状

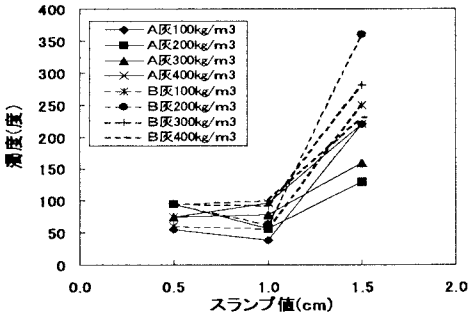
灰 種	強熱減量 (%)	比表面積 (cm²/g)	密度 (g/cm³)	45 μm 以下の残分 (%)
A 灰	1.2	3,560	2.21	18.8
B 灰	4.4	4,100	2.12	35.4



図－1 水中落下試験



図－2 石炭灰添加量と濁度の関係



図－3 ミンスランプ値と濁度の関係

混合土 (2:1) に固化材 7.5%と A 灰, B 灰 (100~400kg/m³) を混練した後, スランプが 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 4.0cm となるよう含水比調整をして水中落下試験を行った。

結果は図-3に示すとおり, A 灰, B 灰ともスランプが 0.5~1.0cm の範囲では, その添加量によらず濁度がほぼ 100 以下に抑えられ水中分離抵抗性が改善される。但し, スランプが 1.5cm では急激に濁度が上昇する。

(3)混合比が水中分離抵抗性に及ぼす影響

図-4は石炭灰添加量と濁度の関係を細砂と砂質シルトの混合比 (1:1~3:1) をパラメータに示したものである。なお, 混合土に固化材 7.5%と A 灰, B 灰 (100~400kg/m³) を混練したものを対象に, スランプは全て 1 cm に含水比調整した。

A 灰, B 灰とも細砂の混合率が低い程, 水中分離抵抗性は高くなり, 混合比 2:1(細砂混合率 67%), 混合比 1:1(細砂混合率 50%)のケースであれば濁度 100 以下を満足する。

(4)石炭灰混合後の粒度分布

混合土 (2:1) に固化材 7.5%と A 灰 (100~400kg/m³) を混練した後の粒度分布を調べた。

図-5から, 石炭灰の添加量を増やせば, 粒径 0.1mm 以下の細粒分含有率の増加が明らかとなった。

(5)粒度分布が水中分離抵抗性に及ぼす影響

混合土 (1:1~3:1) に固化材 7.5%と A 灰, B 灰 (100~400kg/m³) を混練した固化改良土を対象に粒度特性と濁度の相関を調べた。

性状の異なる A 灰, B 灰いずれの場合も固化改良土の粒径 75 μ m 以下含有率, 粒径 5 μ m 以下含有率, 粒径 2 μ m 以下含有率がそれぞれ大きくなるほど濁度は減少する傾向がある。粒径 75 μ m 以下含有率の場合は, 他に比べて濁度との相関は低い, 図-6から判るように粒径 5, 2 μ m 以下含有率ではその相関が高い。これより粒径 5 μ m 以下含有率が 12%以上, 粒径 2 μ m 以下含有率が 5%以上あれば水中分離抵抗性が高い固化処理土が得られる。

図-7は均等係数 U_c と濁度の関係を示すが, 今回用いた平均粒径の範囲では, U_c が 40 程度以上であれば濁度 100 以下を満足する。

5.まとめ

一連の室内配合および水中落下試験結果より以下の事項が判明した。

- ・砂質シルトの混合率が高い程水中分離抵抗性は向上し, 細砂混合率が 67%以下であれば石炭灰添加による水中分離抵抗性が期待できる。
- ・石炭灰の性状が異なっても, 水中分離抵抗性が得られる固化改良土の粒度特性は固化材を含む粒径 5 μ m 以下含有率が 12%以上, 粒径 2 μ m 以下含有率が 5%以上との結果を得た。浚渫土の平均粒径が 0.05~0.2 mm の範囲で, 均等係数 U_c が 40 以上ならば水中分離抵抗性が期待できる。
- ・流動性の指標となるスランプは, 0.5~1.0cm 程度で管理することで水中分離抵抗性の効果が得られる。

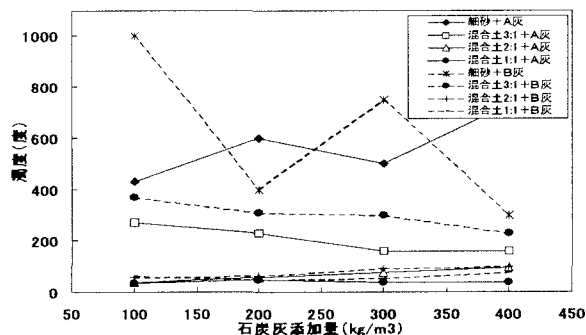


図-4 石炭灰添加量と濁度の関係

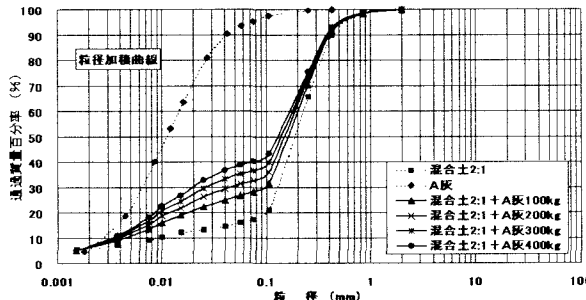


図-5 石炭灰混合後の粒径加積曲線

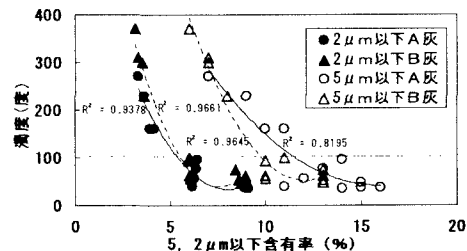


図-6 5, 2 μ m 以下含有率と濁度の関係

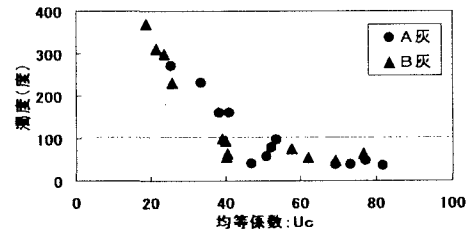


図-7 均等係数と濁度の関係

参考文献: 1)高橋昌之他: 石炭灰を利用した超固練りスラリーの水中盛土材への実用性にかんする実験的検討. 土木学会第 54 回年次学術講演会論文集, V 部門, p.p.30-31,1999 2)小林仁他: 石炭灰を用いた水中硬化体の開発. 電力土木 Vol.284, p.p.11,1999.1