石炭灰を利用した水中土工材の水中不分離性に関する実験

北陸電力(株)技術開発研究所　正会員○長山　明　　杉本　行弘
北陸電力(株)土木部　津田　勲
東洋建設(株)　正会員　吉田　貴昭　正会員　櫻井　英二
〃　正会員　和田　眞郷

1.はじめに

火力発電所から排出される石炭灰の有効利用として、セメントと石炭灰を事前に混合したものを建設発生土等と混練し、盛土材や裏埋め材等への適用性が検討され実施工へと展開されてきた。筆者らは、石炭灰を用いた固化改良土の中仕切り堤等の海中撒出し施工への用途拡大に関する検討を行った。海中撒出し等の施工時における固化改良土の品質として、海中投入時の水中での土砂の分離による水質汚濁や強度低下を抑止することが課題の一つとして挙げられる。そこで、粒度の異なる数種の土砂(浚渫土)に石炭灰および固化材を混合した固化処理土について水中分離抵抗性を検討し、石炭灰が水中分離抵抗性の向上に寄与することを確認した。

2.実験に使用した材料

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より採取した細砂、砂質シルト、および北陸電力㈱七尾大田火力発電所で副産された石炭灰である。本試験では浚渫土の広範囲な粒度に対応するため、細砂と砂質シルトを混合比(細砂：砂質シルト)を1:1、2:1、3:1で混合したものを原泥として用いた。表-1に各試料の物理的特性を示す。

表-1 各試料の物理的特性

項目			細砂	砂質シルト	混合土 (1:1)	混合土 (2:1)	混合土 (3:1)	石炭灰
土粒子の密度		g/cm^3	2.660	2.642	--	--	--	2.175
自然含水比		%	14.0	83.0	41.5	31.6	25.5	0.1
粒度特性	礫分	%	0	0	0	0	0	0
	砂分	%	98	42	76	82	88	5
	シルト分	%	2	42	13	10	8	73
	粘土分	%	0	16	11	8	4	22
	均等係数		1.96	--	75.50	26.20	4.64	5.16
	曲率係数		0.902	--	24.50	10.90	2.10	1.01
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	細粒分混じり砂	砂混粘土

3.実験方法

実験は、原泥に高炉セメントB種(乾燥土砂重量(原泥＋石炭灰)に対し7.5%)を添加し、所定量の石炭灰(100～400kg/m^3)を混練し30分放置した後、ミニスランプ試験と水中落下試験[1)]を行った。ミニスランプ試験ではJIS A 1173(ポリマーセメントモルタルのスランプ試験方法)に基づき流動性を確認して、水中落下試験では図-1に示すとおり海中投入時の分離抵抗性を目視観察と透過光濁度で評価した。なお、海中投入時の許容濁度として、過去の施工実績から100と設定した。

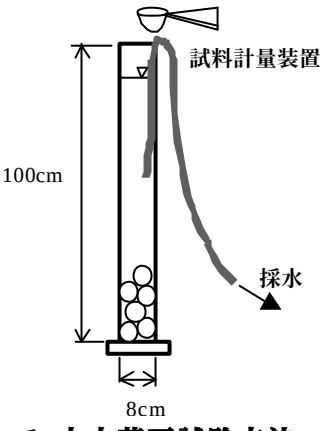

図-1 水中落下試験方法[1)]

4.実験結果

1)石炭灰配合による分離抵抗性の効果

図-2は、(混合土(2:1)＋固化材7.5%)のケースにおける石炭灰添加量と濁度の関係を示したものである。この図より、石炭灰を100～300kg/m^{3}添加した場合、無添加の場合に比べ濁度は100以下に抑えられており、分離抵抗性が改善されることがわかる。

2)混練後の流動性について(ミニスランプ値)

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分離抵抗性を確保するには、ミニスランプ試験値にて管理することが有効であるとしている。図-3は(混合土(2:1)＋固化材7.5%)のケースにおけるミニスランプ値と濁度の関係を石炭灰添加量をパラメータに示したものである。なお、ミニスランプ値の調整(0.5～4.0cm)は、混練後海水の加水により調整した。同図より、ミニスランプ値が0.5～1.0cmの範囲では石炭灰の添加量によらず濁度はほぼ100以下で分離抵抗性が確認できる。ミニスランプ値が1.5cmでは急激に濁度が上昇し分離抵抗性が低下しているのが見て取れる。

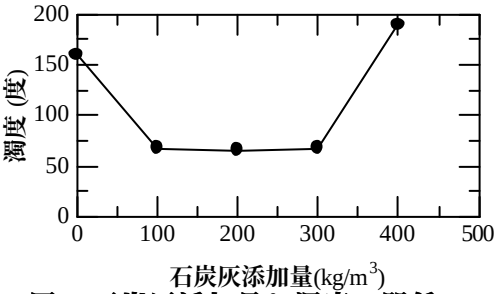

図-2 石炭灰添加量と濁度の関係
(混合土2:1)

キーワード：石炭灰、水中不分離性、水中土工材、粒度分布、浚渫土
連絡先：北陸電力(株)技術開発研究所　TEL 070-5832-3494 FAX 076-433-7893

3) 混合比が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、砂質シルトの混合比をパラメータに示したものである。なお、ミニスランプ値を全ケースとも1.0cmに設定した。砂質土のみの場合、石炭灰の添加量による濁度変化の傾向はみられず、濁度は430～730の範囲で大きくばらついており、石炭灰混合による分離抵抗性の効果は見受けられない。混合土(3:1)のケースの場合、石炭灰混合により若干の濁度の低下傾向が見られるものの目標とする濁度100以下には達していない。混合土(2:1)、混合土(1:1)のケースでは、その傾向に若干の違いは見られるものの濁度100以下を満足した。これより砂質土分の混合比率が低いほど、つまり粘性土分の混合比率が高いと分離抵抗性は高く、細砂と砂質シルトの混合比が2:1以下の混合比率であれば、石炭灰添加による分離抵抗性が期待できる。

4) 粒度分布が分離抵抗性に及ぼす影響

3)より分離抵抗性は粘性土分の混合比率に大きく影響されることが明らかになった。ここで、図-4に示した混合土(1:1～3:1)の12試料について粒度特性と濁度の相関に着目する。図-5、6にそれぞれ粒径75μm以下含有率、粒径5μm、2μm以下含有率と濁度の関係を示す。これらから、どの粒径の含有率と濁度の関係においても、含有率が大きくなるほど濁度は減少する傾向が見られる。このうち、粒径75μm以下含有率の場合、他の含有率に比べ濁度との相関は弱く、粒径5μm以下含有率、粒径2μm以下含有率では、その相関は強いことが確認される。これより固化材を含む固化処理土の5μm以下含有量が12%以上、2μm以下含有量が5%以上あれば、分離抵抗性の高い固化処理土が得られることが明らかとなった。図-7はそれぞれの均等係数Ucと濁度の関係を示したものである。平均粒径等にもよるが、今回用いた試料では、均等係数Ucが40程度以上あれば濁度100以下にすることが出来る。

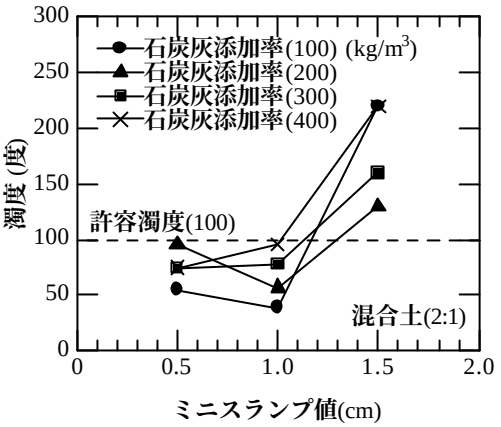

図-3 スランプ値と濁度の関係 (混合土2:1)

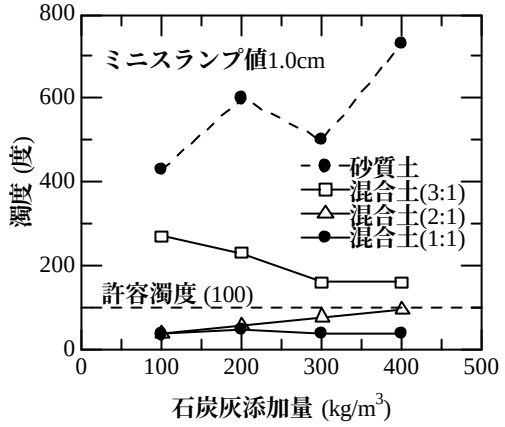

図-4 石炭灰添加量と濁度の関係

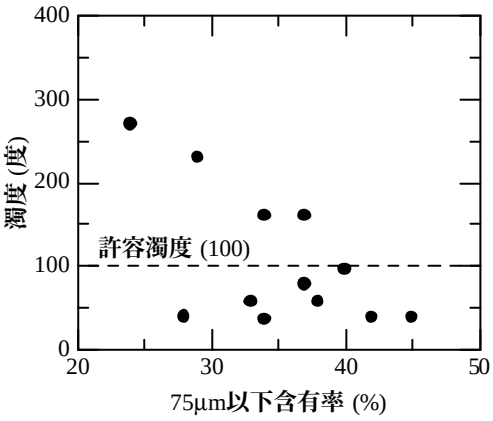

図-5 細粒分含有率と濁度の関係

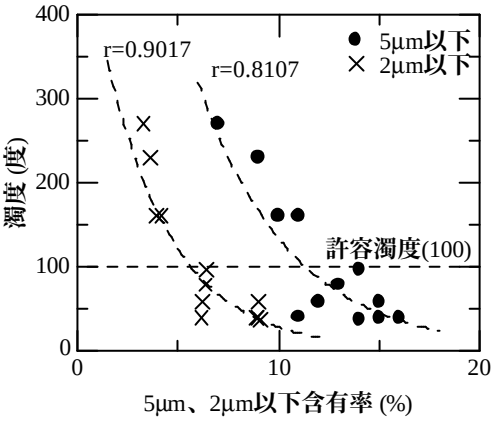

図-6 5、2㎜以下含有率と濁度の関係

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明らかとなった。

○粘性土の混合比率が高いほど分離抵抗性は向上し、細砂と砂質シルトの混合比が2:1以下であれば石炭灰添加による分離抵抗性が期待できる。

○分離抵抗性が得られる粒度特性として固化材を含む5μm以下含有量が12%以上、2μm以下含有量が5%以上との結果を得た。

○流動性を管理する指標としてミニスランプ値は0.5～1.0cm程度で管理すれば分離抵抗性の効果が得られる。

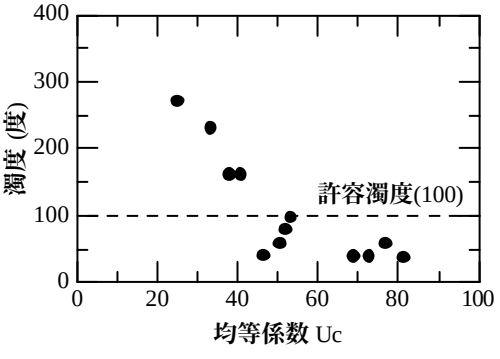

図-7 均等係数と濁度の関係

＜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関する実験的検討」、土木学会第54回年次学術講演会、Ⅴ部門、p.p.30、1999.9、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