PS灰を主体とした土質改良材による泥土の改良

九州産業大学大学院　学生会員　○松丸沙織　九州産業大学　正会員　林　泰弘
江渕設備　非会員　江渕　昇　江渕設備　非会員　竹井亮太
九州産業大学　正会員　松尾雄治

１．はじめに

泥土や産業廃棄物の有効利用においては環境負荷やコストの縮減が期待されている。筆者らの一部は、ペーパースラッジ焼却灰（PS 灰）を主体とし、高炉スラグ微粉末や二水廃石膏といった産業廃棄物を含む独自の土質改良材[1)]をすでに実用化している。本研究では土質改良材のコストをさらに削減するために改良材の配合を再検討した。泥土を対象にダンプトラックの走行を想定したコーン指数が 1200kN/m^2 となる処理土を作製するために必要な改良材の配合量を求めた。また、石灰や石膏等で安定処理した土は水に触れることにより再泥化が懸念されるため、これらの再泥化について検討した。

２．原材料の特性

処理対象土の物理特性を表１に示す。いずれも細粒土に分類されるが、原土Ａと原土Ｃは細粒分含有率が類似しており、原土Ｂと原土Ｃは液性限界、塑性限界が類似している。処理前の状態を類似させるために、いずれも含水比を液性限界に調整して使用した。

表１　原泥の物理特性

	原土A	原土B	原土C
土粒子密度(g/cm^3)	2.570	2.639	2.820
礫分%	0	6	0
砂分%	8	18	5
シルト分%	30	49	52
粘土分%	62	27	43
土質名称	MH	ML	ML
液性限界%	130.9	42.4	36.3
塑性限界%	52.4	29.9	25.3

土質改良材の構成材料は固化材として生石灰(L)、高炉セメントＢ種(BC)、補助材としてペーパースラッジ(PS)灰、二水廃石膏(G)、高炉スラグ微粉末(BS)、フライアッシュ(FA)　である。PS、G、FA は産業廃棄物であり、PS は吸水性が非常に高く、G、BS、FA は固化材との併用で固化促進効果が期待できる。

３．土質改良材の配合

処理土の作製手順は以下のとおりである。対象土を液性限界に調整し、ボウル内で改良材を加えてハンドミキサーで混合した後、これを恒温庫(20±3℃)で１時間養生した。その後、再度ミキサーで攪拌してから密閉容器に入れ、同恒温庫で７日間養生した。

表２　土質改良材の構成材料

	PS	L	BC	BS	G	FA
L		□				
ES	◎	○		○	△	
ESA	◎	○	○		△	
EAB	◎	○		△	△	○
EAF	◎	○			△	○
ESH	□	○	△		△	

□：60%以上、◎：40～50%、○：20～30%、△：10%未満

表２に準備した土質改良材の構成を示す。ES[1)]はすでに実用化されている改良材である。ESA、ESB、ESF、ESH は事前配合試験の結果より良好と判断されたものである。

養生後「締固めた土のコーン指数試験の方法(JIS　A 1228:2009)」に従いコーン指数試験を行った。その結果[2)]よりコーン指数が qc＝1200kN/m^2 となる改良材添加量 (kg/m^3) を読み取ったものを図１に示す。原土Ａ、原土Ｂ、原土Ｃの順で目標とするコーン指数を得るための改良材の添加量が少なくなることがわかった。原土Ａの改良においては、今回新たに作製したすべての土質改良材が生石灰よりも少ない添加量で済むことがわかる。PS 灰の吸水効果の高さが影響したものと考えられる。原土Ｂ、Ｃについては生石灰による改良が最も効果的であった。新たな土質

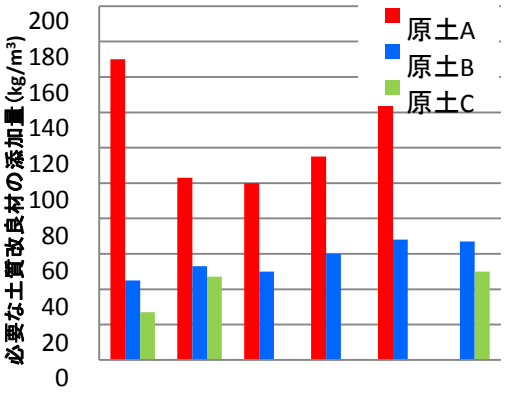

図１　qc= 1200kN/m^2 を得るための改良材添加量 (kg/m^3)

キーワード　産業廃棄物、粒状固化処理、経済性、再泥化
連絡先　〒813-8503　福岡市東区松香台２丁目３番１号　九州産業大学工学部　ＴＥＬ092-673-5682

改良材については、ESA は ES の BS の代わりに BC が入っているため、固化作用が強く添加量が少なくて済んだのではないかと考えられる。ESB と ESF は L と BS を減らし FA を増やしているため固化作用が少なく添加量が増えたと考えられる。以上より固化に寄与する効果としては、L＞BC＞BS＞G＞FA であることが分かった。

4．経済性

図 1 で示した改良材添加量に各改良材の単価を乗じることで、qc＝1200kN/m^2 を得るための土質改良材の費用を算出することができる。

各構成材料の単価を L＝18 円/kg 、BC＝10 円/kg、BS＝12 円/kg 、G＝3 円/kg、PS＝FA＝0 円/kg と仮定したときの、各対象土の生石灰による図 1 の添加量に相当する改良材の費用を算出した。各原土を生石灰 L で改良した場合の材料費用を基準とした土質改良材費用の割合を図 2 に示す。ESB や ESF は ES や ESA にくらべ添加量は多くなるが、安価な PS や FA を多く含むため単価が抑制された。その結果、生石灰による処理に比べ、今回作製した改良材の経済面での有効性が確認された。

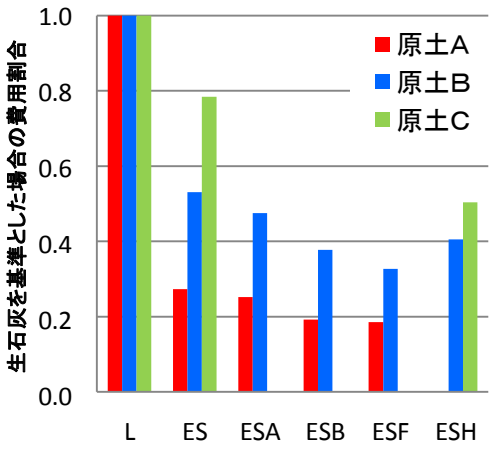

図 2　必要な土質改良材の費用割合の比較

5. 水浸による再泥化

再泥化を評価する基準試験が定められていないことから本研究ではタンクリーチング試験 [3] を準用し、以下の手順で実施した。研究対象地域で最も多く発生する原土 B を用いて図 1 に示した添加量を混合した処理土を作製した。7 日間恒温養生後、9.5 ㎜ふるいを通過するようにほぐし、処理土の乾燥質量に対して 10 倍の超純水に水浸させ 28 日間水中養生した。水中養生期間終了後、水浸前の含水比まで風乾させ、コーン指数試験を行った。

図 3 に締め固めた処理土の含水比を、図 4 にコーン指数を示す。水浸後のコーン指数が増加するものと減少するものがある。しかしながら、水浸後にコーン指数は増加しているものは非水浸に比べて含水比が低下している。通常の土であっても最適含水比より高い含水比の範囲では、含水比の低下によってコーン指数が増加するため、今回の結果からは水浸による明らかな強度低下はないものと判断された。

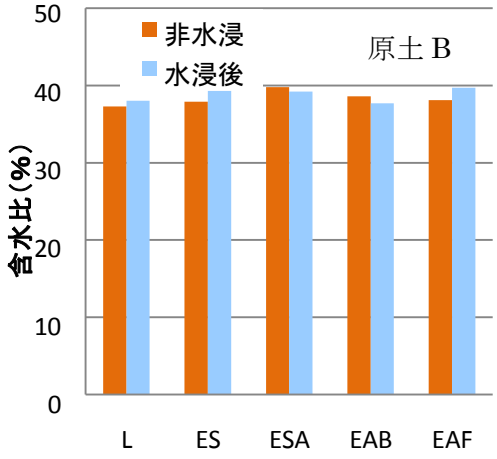

図 3　非水浸および水浸風乾後の処理土の含水比

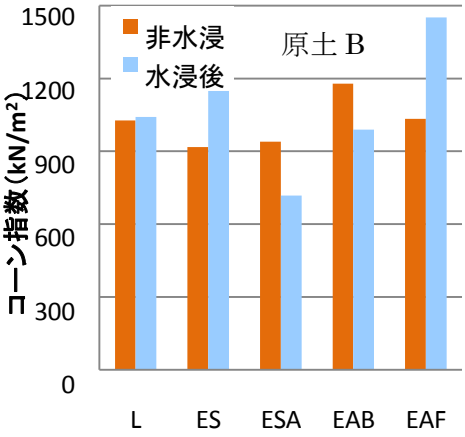

図 4　非水浸および水浸風乾後の処理土のコーン指数

6. まとめ

PS 灰を主体とした産業廃棄物を用いることで、経済的にコーン指数 qc= 1200kN/m^2 を確保することが可能な土質改良材の配合を見出すことができた。特に、高含水比の粘性土に対して PS 灰の吸水効果が発揮されたものと考えられる。また、今回の結果からは水浸による明らかな強度低下はないものと判断された。

参考文献　1）土質改良材”エナジーソイル”：http://ebuchi-setsubi.com/energysoil.html、2）松丸沙織・林泰弘・江渕昇・竹井亮太・松尾雄治：PS 灰を主体とした土質改良材による泥土の改良試験、 第 49 回地盤工学研究発表会、 投稿中、2014.7. 3）タンクリーチング試験について：http://www.mlit.go.jp/tec/kankyou/kurom02/5.pdf、 2014.2.25 閲覧