

小型 FWD 試験による流動化処理土の強度評価

小型 FWD 試験、一軸圧縮強さ、石炭灰

国士舘大学大学院 学生会員 ○ 長島知美  
 国士舘大学 国際会員 柴田英明 田中正智  
 早稲田大学 国際会員 赤木寛一  
 早稲田大学大学院 学生会員 佐藤和久  
 東京測器研究所 正会員 岡野 剛

1. 研究目的

今日の我々の社会・経済活動や生活様式の変化により、その効率性や快適性・利便性を追求する余り、大量生産・大量消費型となり、多種・多量の廃棄物を排出するようになった。その廃棄物の15~20%が最終処分場に運ばれ、埋め立て処分されている。埋め立て処分場周辺の地盤は有害物質による汚染問題が生じている。人間が今と同じ様に豊かさを追求する生活を続けると深刻さを増すばかりで、廃棄物の処分、処理方法が重要な課題となっている。本研究室では、産業廃棄物のリサイクルの1つとして、流動化処理材の骨材の代替としての利用可能性を調査してきたが、前年度<sup>3)</sup>に引き続き、本年度はさらに2つの土槽を造成し、その強度変化について検討を試みた。強度評価は、一軸圧縮試験と小型 FWD 試験<sup>1) 2)</sup>を行った。その結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 材料の工学的性質

実際に使用した材料の工学的性質を表.1に示している。

木節粘土	$G_s = 2.67, I_p = 25.42\%, \rho_{dmax} = 1.73\text{g/cm}^3, \omega_{opt} = 17\%$
石炭灰	$G_s = 2.22, U_c = 1.5, I_p = \text{NG}, \rho_{dmax} = 1.828\text{g/cm}^3, \omega_{opt} = 15\%$
ポルトランドセメント	$G_s = 3.16$
高炉セメント	$G_s = 3.04$

2.2 土槽の配合

土槽は、直径90cm、深さ30cmとし、通常の土とポルトランド

セメントを混合したもの(A, D, F)と石炭灰と高炉セメントを混合したもの(B, C, E)の2種類で、それぞれ硬い地盤(A, B)と軟らかい地盤(C, D, E, F)を想定して、合計6つの土槽を造成した。それぞれの配合表を表.2に示している。セメント量は、過去の流動化処理材のフロー値より決定した。

表.1 材料の工学的性質

表.2 各土槽の配合表

2.3 強度試験

一軸圧縮試験と小型 FWD 試験の2種類で行った。

2.3.1 一軸圧縮試験

流動化処理材の強度は7日後、28日後の強度のみであるが、実際の土槽を考え、6ヶ月までの一軸圧縮強さ  $q_u$  (KN/m<sup>2</sup>) を求めた。

2.3.2 小型 FWD 試験

載荷板上に重鎮を自由落下させることにより衝撃荷重を加え、これにより生じた変位量と荷重より地盤反力係数  $K_{p,FWD}$  (MN/m<sup>3</sup>) や地盤弾性係数  $E_{DL}$  (MN/m<sup>2</sup>) を推定する方法である。測定は一軸圧縮試験を行う日に同時に行った。本報告では、地盤反力係数の結果を例として報告する。

	骨材 (kgf/m <sup>3</sup> )	水 (kgf/m <sup>3</sup> )	セメント (kgf/m <sup>3</sup> )
A	905	604	181
B	1103	470	91
C	1128	475	47
D	857	659	65
E	1112	659	46
F	936	659	56

3. 実験結果

図.1に一軸圧縮強さに関する結果を、図.2に地盤反力係数に関する結果をそれぞれ示している。図.1より土槽 A, B はフロー値 160mm 以下の固い土槽として作成したが、7日目から 500 kN/m<sup>2</sup> と大きい値を示しており、150日目では 2000 kN/m<sup>2</sup> 以上と非常に硬い値を示している。流動化処理土に適し

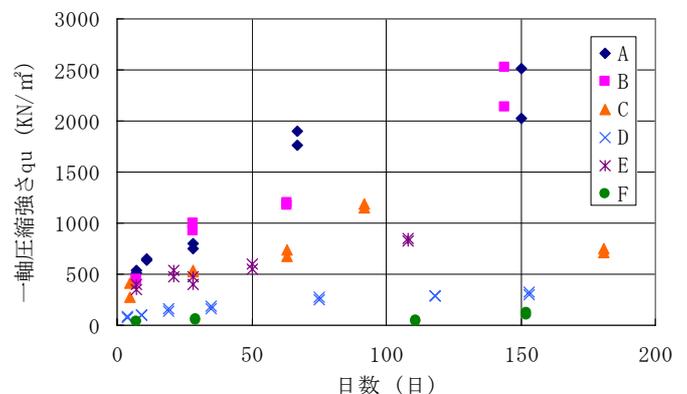


図.1 一軸圧縮強さ

The strength evaluation of the liquefied soil stabilization material by the small FWD test NAGASHIMA Tomomi  
 SHIBATA Hideaki TANAKA Masatomo (KOKUSHIKAN University) AKAGI Hirokazu SATOU Kazuhisa (WASEDA University) OKANO Tsyoshi (TOKYO SOKKI KENKYUJO Co.,Ltd.)

た硬さの土槽 C, E では 28 日過ぎても強度は増加し続け 90 日目で土槽 C は 1100 kN/m<sup>2</sup> 土槽 E で 900 kN/m<sup>2</sup> 程度の固さを示している。しかし土槽 C はその後強度低下を示し 180 日で 700 kN/m<sup>2</sup> となっている。フロー値が 230mm 以上で作成した土槽 D, F ではわずかずつではあるが、強度は増加し続け、150 日目でそれぞれ 300 kN/m<sup>2</sup>, 100 kN/m<sup>2</sup> となっている。図.2 より、小型 FWD 試験より求めた地盤反力係数  $K_{p, FWD}$  は次のとおりである。土槽 C では 28 日までは急激に K 値は強度増加を示しているが、それ以降 150 日までの間では強度増加は示すが、その増加率は小さくなっている。また、150 日過ぎると K 値は減少傾向を示し、330 日で 450 MN/m<sup>3</sup> 程度となっている。土槽 E では、土槽 C 同様に 180 日まで増加傾向を示すがその大きさは半分程度である。一方、土槽 D では、60 日まではわずかではあるが強度増加を示しているが、それ以上の日数では、ほとんど K 値は 170 MN/m<sup>3</sup> 程度の一定値となっている。さらに、土槽 F では、120 日目までは試験ができないほどの柔らかさだったが、それ以上の日数が経つと少しずつ計測できる程度の固さを示し始めた。以上の結果をもとに一軸圧縮試験と小型 FWD 試験を比較するため、計測同一日の一軸圧縮強さ  $q_u$  と地盤反力係数 K 値との関係を図.3 に示した。図.3 より、流動化処理土の許容強度の範囲では、ほぼ直線関係が成り立つことが分かる。

次に、小型 FWD 試験による計測値が深さ方向でどのように変化するのか調査した。土槽 C, D は、共に原地盤の固さが同じ地盤内で作成した。図.4 より、各土槽で、深さ方向に 0cm, 15cm, 30cm の位置で小型 FWD 試験を行ったところ、土槽 C では荷重応力  $\sigma = 559$  (0cm), 596 (15cm) kN/m<sup>2</sup> と変わらず、土槽 D では、深さ 0cm, 15cm どちらでも  $\sigma = 131 \sim 132$  kN/m<sup>2</sup> とほとんど同じであった。深さ 30cm での荷重応力は土槽 C, D ともに 131, 128 kN/m<sup>2</sup> と同程度の値を示し、原地盤での大きさは変わらなかった。このことから、地表面での小型 FWD 試験結果は造成した土槽の強度を表していると判断できる。

#### 4. 結論及び考察

以上の実験結果より、流動化処理土程度の固さの地盤では、小型 FWD 試験でも十分強度評価を表すことができることがわかった。今後、他の廃棄物についても土槽実験を重ね、小型 FWD 試験の精度を高め、ほかの強度試験との関連を見出す必要がある。

#### 5. 参考文献

- 「FWD—Light による小型 FWD 試験方法」株式会社 東京測器研究所 2002.10
- 「建設流動化処理土への再生」村松真人、安部忠行、杉本隆男、土井内元、東京都技報
- Jimmy NUAKE, EXPERIMENTAL STUDY ON THE REUSE OF INDUSTRIAL WASTE IN LIQUEFIED SOIL STABILIZATION MATERIAL, 地盤工学会, 第 45 回地盤工学研究発表会, pp2059-2060, 2010. 8

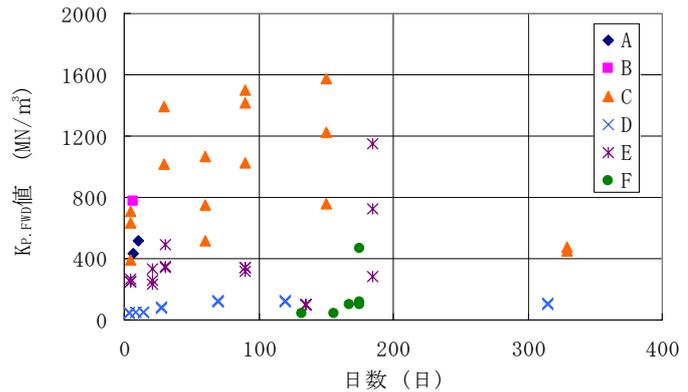


図.2 地盤反力係数  $K_{p, FWD}$

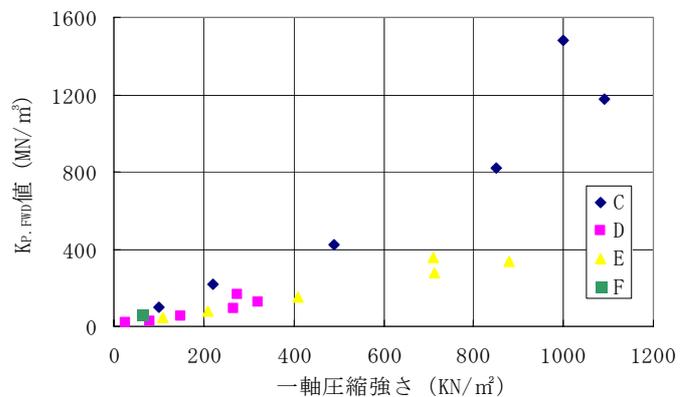


図.3 一軸圧縮強さと地盤反力係数との関係

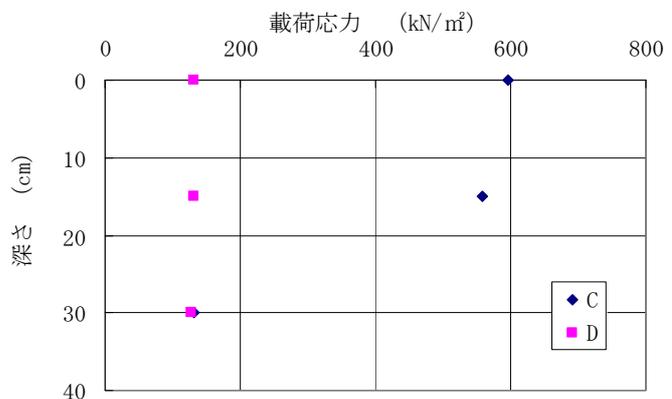


図.4 深さと荷重応力との関係