

小型 FWD 試験と一軸圧縮試験との比較

小型 FWD, 石炭灰, 変形係数, 地盤弾性係数

早稲田大学 正 赤木寛一 ○ 学 佐藤和久  
 国土館大学 正 柴田英明 正 田中正智  
 (株)東京測器研究所 正 岡野 剛

1. 研究目的

地盤の強度を求める場合、通常の土質試験法に従い実験を行おうとすると、サンプルの取り出しから始まり、さまざまな問題が生じ、原位置での正確な強度評価を行うことが難しくなっている。最近では、衝撃荷重と変位量との関係から、簡単に原位置地盤の強度評価ができる試験法が開発されている。本研究では、同一モデル地盤を用いて、簡易動的試験の一つである小型 FWD 試験による強度評価と一軸圧縮試験結果との比較を行った。

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	Gs=2.67, Ip=25.42%, ρ <sub>dmax</sub> =1.73g/cm <sup>3</sup> , w <sub>Opt</sub> =17%
石炭灰	Gs=2.22, Uc=1.5, Ip=NP, ρ <sub>dmax</sub> =1.828g/cm <sup>3</sup> , w <sub>Opt</sub> =15%
ポルトランドセメント	Gs=3.16
高炉セメント	Gs=3.04

2.2 モデル地盤

モデル地盤は、直径 90cm、深さ 30cm(写真.1 参照)とし、木節粘土とポルトランドセメントを混合したもの(A, D)と石炭灰と高炉セメントを混合したもの(B, C)の2種類で、それぞれ硬い地盤(A, B)と軟らかい地盤(C, D)を想定して、合計4つの地盤を造成した。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.2 各土槽の配合表

	骨材(kgf/m <sup>3</sup> )	水(kgf/m <sup>3</sup> )	セメント(kgf/m <sup>3</sup> )
A	905	604.5	181
B	1103.8	470.7	91.7
C	1128.7	475	47
D	857	659.2	65.9

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

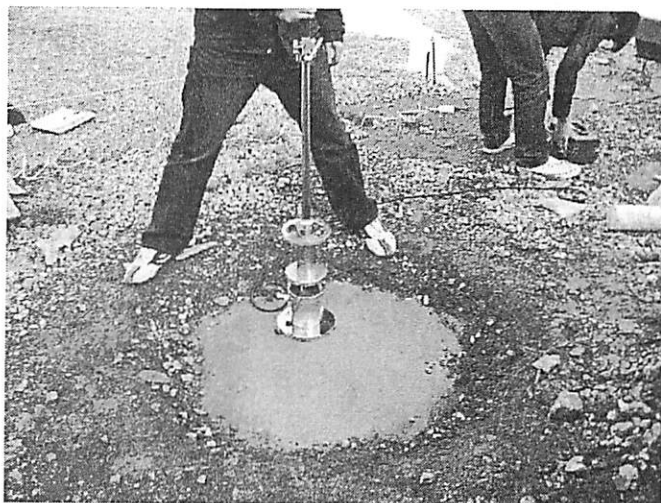
流動化処理材の強度は7日後、28日後の強度測定のみであるが、現場適用を考慮し、3ヶ月までの一軸圧縮強さ qu (KN/m<sup>2</sup>) を求めた。この結果に基づき、変形係数 E<sub>90</sub> を求めた。

2.3.2 小型 FWD 試験

FWD 試験は、載荷板上に重錘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<sub>p, FWD</sub> (MN/m<sup>3</sup>) や地盤弾性係数 E<sub>TM</sub> (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、地盤弾性係数 E<sub>TM</sub> (MN/m<sup>2</sup>) の結果を例として報告する。地盤弾性係数 E<sub>TM</sub> については、以下に示す、Burmister の理論解を用いて算出した。

$$E_{TM} = \frac{2(1-\nu^2)F_{\phi}}{\pi r \delta_{\phi}}$$

- ここに、 E<sub>TM</sub> = FWD-LIGHT による地盤弾性係数
- ν = ポアソン比
- F<sub>φ</sub> = 裁荷板直径 φ 時の最大荷重値
- δ<sub>φ</sub> = 裁荷板直径 φ 時の最大たわみ量
- r = 裁荷板半径



Comparison of the portable falling weight deflectometer test result with the unconfined compression strength

Hirokazu AKAGI Waseda University  
 Kazuhisa SATO Waseda University  
 Hideaki SHIBATA Kokushikan University  
 Masatomo TANAKA Kokushikan University

3. 実験結果

一軸圧縮試験による変形係数  $E_{50}$  の経時変化を図. 1 に示した。なお、一軸圧縮試験を行った各供試体の物性に関する経時変化の一例を示すと、材料Aでは 湿潤密度  $\rho_t = 1.52 \sim 1.68 \text{ g/cm}^3$   $w = 47 \sim 50\%$  材料Bでは  $\rho_t = 1.52 \sim 1.68 \text{ g/cm}^3$   $w = 30 \sim 34\%$  材料Cでは  $\rho_t = 1.65 \sim 1.68 \text{ g/cm}^3$   $w = 33 \sim 35\%$  材料Dでは  $\rho_t = 1.56 \sim 1.57 \text{ g/cm}^3$   $w = 62 \sim 65\%$  であり、180 日程度ではさほど経時変化を生じていないことがわかる。図. 1 より、木節粘土で作成した材料Aでは、60 日目までは変形係数  $E_{50}$  は急激に増加し、 $E_{50} = 4 \text{ MN/m}^2$  を示しているが、その後は減少し、150 日目で  $E_{50} = 1.6 \text{ MN/m}^2$  位となっている。同様に、同一種類の土でセメント量を少なくして作成した材料Dも、30 日以降の  $E_{50}$  の増加率は非常に小さく、120 日目で  $E_{50} = 0.6 \text{ MN/m}^2$  位である。一方、石炭灰で作成した材料B,C はどちらも150 日目まではわずかながらも増加傾向を示すが、その増加率は小さく150 日目で材料Bで  $E_{50} = 1.6 \text{ MN/m}^2$  材料Cで  $E_{50} = 0.7 \text{ MN/m}^2$  を示している。

次に、それぞれの材料について、小型FWD 試験で得られた地盤弾性係数を図. 2 に示した。実験に用いた小型FWD 試験装置では、 $1600 \text{ kN/m}^2$  以上の固い地盤には適用できないので、材料C, D について表示している。図. 2 より、材料Dでは、 $E_{TM}$  値は30 日目で  $E_{TM} = 80 \text{ MN/m}^2$ 、120 日目で  $E_{TM} = 120 \text{ MN/m}^2$  と増加率は極めて小さいことが分かる。一方、材料Cでは、60 日目の  $E_{TM}$  値が30 日目の  $E_{TM}$  値よりも小さい値を示しているが、60 日目当日は、雨のため地表が濡れており、計測が非常に難しくなったためである。このことを考慮すると、材料Cは、30 日目で  $E_{TM} = 1000 \text{ MN/m}^2$ 、180 日目で  $E_{TM} = 1500 \text{ MN/m}^2$  とまだ増加傾向が続くと判断することができる。この傾向は一軸圧縮試験結果とも同じ傾向であることが分かる。

上記の結果をもとに、変形係数 ( $E_{50}$ ) と地盤弾性係数 ( $E_{TM}$ ) との関係を比較したものが図. 3 である。図. 3 は、材料C, D で得られたデータを記入したものである。それぞれの材料に対して、同一日に一軸圧縮試験と小型FWD 試験を行っているので、一つのデータで2種類の試験結果を比較したものとなる。図. 3 より、 $E_{50}$  と  $E_{TM}$  との間には2つの傾向がみられる。ひとつは、石炭灰で造成した材料Cでは変形係数  $E_{50}$  の増加に伴い、地盤弾性係数  $E_{TM}$  がかなり大きい増加傾向を示すのに対し、木節粘土で造成した材料Dでは、変形係数  $E_{50}$  が増加しても地盤弾性係数  $E_{TM}$  はほとんど増加しないことを示している。

今後、さらに計測データを収集して、小型FWD 試験結果と一軸圧縮強度との相関性を明確にする必要がある。

4. 結論及び考察

上記の実験結果より、下記のことがわかった。

- (1) 石炭灰で造成した材料の強度は2 か月経過した後も強度増加が生じていたが、木節粘土で造成した材料の強度は2 か月後はほぼ一定値を示すことがわかった。この理由として、石炭灰の水硬性による反応がまだ持続しているためと考えられる。
- (2) 材料の違いにより、小型FWD 試験結果と一軸圧縮試験結果との関係が異なってくるということがわかった。ほかの種類土についても調査し、さらに両試験についての関係を見出していく必要がある。

参考文献 1. 「FWD-Light による小型FWD 試験方法」 東京測器研究所 2002. 10

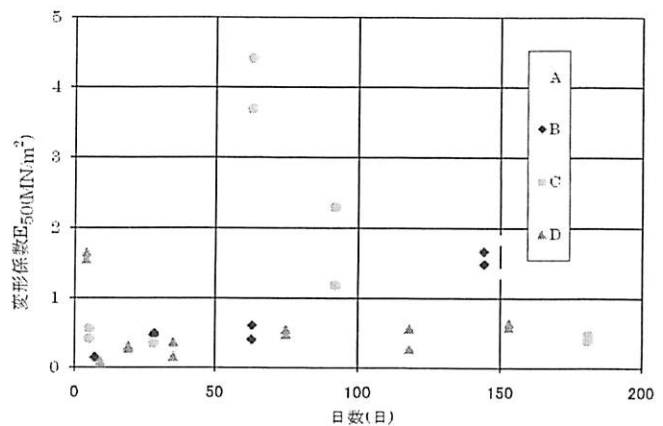


図1.変形係数 $E_{50}$  (A,B,C,D)

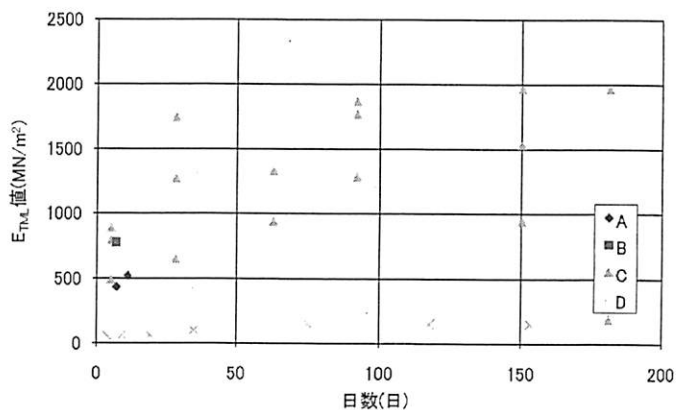


図2.地盤弾性係数(A,B,C,D)

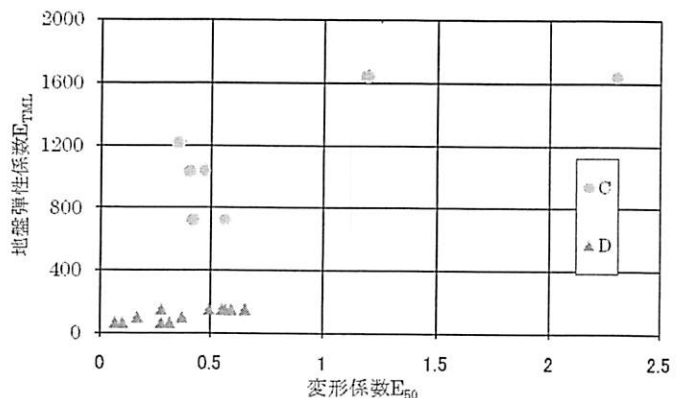


図3.地盤弾性係数 $E_{TM}$ と変形係数 $E_{50}$ の関係