

小型 FWD と平板載荷の剛性評価に関する一考察

北海学園大学 学生会員 ○桑野 基史
 北海学園大学 正会員 上浦 正樹
 アドバンスソフト(株) 正会員 董 勤喜

1. まえがき

土構造物がその機能を維持する上で土の剛性は重要な要素であり、その建設にあたり地盤や路盤を構成する土構造物の剛性を評価し、この剛性が所定の範囲内となるように適切に施工することは重要とポイントである。そのために施工現場で荷重し変位量を測定して剛性を評価する原位置荷重試験は重要な方法であるといえる。路盤などの地盤剛性を推定する原位置荷重試験には平板荷重試験が一般的であるが、この方法は測定時に多くの手間と長い時間を要する。これを改善する方法として小型 FWD が開発された(図-1)。この装置は重錘を自由落下させ、そのときの地盤の変位を測定することで効率よく地盤の変形特性を推定できるものである。小型 FWD の荷重時間は 6msec~10msec 程度の極めて急速な荷重試験である一方で、平板荷重試験は 2分~5分程度と擬似静的な荷重試験である。この結果、土の剛性評価指標である荷重板の平均的接地圧を変位で除した K 値で平板荷重試験を K_{30} 値、小型 FWD の K 値を K_{PFWD} 値とすると、粘土では K_{30} 値と K_{PFWD} 値はほぼ同じ値であり、砂では K_{PFWD} 値が K_{30} 値の 1.5 倍、礫では K_{PFWD} 値が K_{30} 値の 2 倍とする K_{PFWD} 値から K_{30} 値を求める換算係数 (γ) が提案されている¹⁾。しかし、土の種類で異なる換算係数 (γ) の解明についてはほとんどされていないのが現状である。よって本研究では粘土、砂、礫の 3 種類の地盤で荷重板の接地圧と地盤内鉛直応力を測定し土の種類ごとに異なる換算係数 (γ) について検討することとした。



図-1 小型 FWD



図-2 接地圧の測定方法

2. 対象の地盤の種類

用いた地盤は三種類で、(1)粘土地盤 ($\rho_t:1.66\text{g/cm}^3$, $\rho_d:1.33\text{g/cm}^3$, 含水比:23%, シルト質ローム:シルト 81%, 粘土 19%), (2)砂地盤 ($\rho_t:1.65\text{g/cm}^3$, $\rho_d:1.30\text{g/cm}^3$, 細砂 32%, 中砂 58%, 粗砂 8%), (3)礫地盤 ($\rho_d:2.30\text{g/cm}^3$, $U_c=2.3$, 粗礫 52%, 中礫 39%, 細礫他 9%) である。

3. 接地圧の測定

直径 30cm の荷重板の内部に超小型圧力計(直径 6.5mm, 厚さ 1mm, 最大容量 1MPa)を荷重点中心と中心から同心円状に 6cm, 12cm, 13.5cm の位置で埋め込み、荷重時の圧力分布を測定した(図-2)。礫地盤上に荷重した平板荷重での変位量と接地圧の平均の関係(図-3)では、変位量が小さい段階

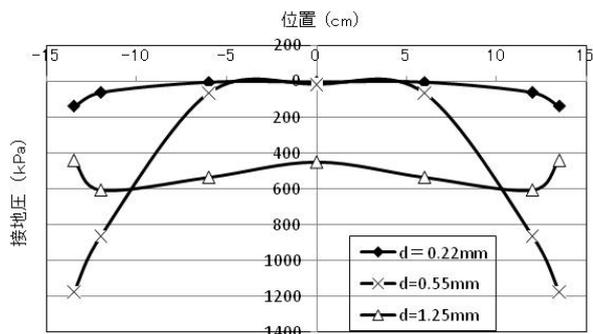


図-3 平板荷重での接地圧と変位量 (礫地盤)

(ポアソン比 0.3 の仮定においてひずみレベルで $1.0 \times 10^{-3} \sim 2.6 \times 10^{-3}$ 程度)では、弾性理論解と同じように中心よりも荷重板の端部で大きい接地圧となるが、変位量が大きい段階(ひずみレベルで 5.8×10^{-3} 程度)では接地圧

キーワード 小型 FWD, 動的荷重, 接地圧, 地盤内応力, 動的 FEM 解析

連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南 26 西 11 北海学園大学大学院工学研究科建設工学専攻 Tel:011-841-1161

が中心部で発達し荷板端部で減少する傾向が見られた。平板荷重と小型 FWD により変位量 1.25mm となるように荷重して得られた接地圧に対して各中心部の値を基準に求めた接地圧比を図-4 に示す。平板荷重では中心部より荷板端部付近の方が接地圧比は大きく、粘土地盤が Boussinesq による弾性解に最も近い傾向を示した。また端部に近い方で地盤への荷重の伝達が大きいことが推察される。一方、小型 FWD では中心部よりも荷板端部で値が小さい傾向を示し、地盤への荷重の伝達において端部の影響は小さいと思われる。

4. 地盤内鉛直応力の測定

ロードセル型土圧計(直径 10cm, 厚さ 20mm, 容量 200kPa)を荷重時に相互に影響を受けないように階段上に深さ 10cm~50cm まで 10cm ピッチで設置した(図-5)。各地盤で平板荷重と小型 FWD による荷重点直下における地盤内鉛直応力の比(図-6)から接地面では既往の研究における K 値の換算係数(γ)と同等な値を示しているが、深くなるにつれてその差は小さくなる傾向が見られる。これは接地面で示された荷重条件の違いの影響が地盤内鉛直応力では減じることが考えられる。

5. 動的 FEM による解析

本研究で使用した動的 FEM²⁾の入力において接地圧, 荷重波形, 荷重時間は実験で得られた値を用いた。また弾性係数は K 値より推定し, ポアソン比は 0.3 とした。粘性減衰係数は実験結果を勘案して定めた。図-7 は礫地盤の例である。以上か

表-1 入力条件

地盤	荷重条件	弾性係数	ポアソン比	粘性減衰係数
		kN/cm ²		kNs/m
粘土	平板荷重	1.51	0.30	0.01
	小型FWD	1.51		0.01
砂	平板荷重	3.85	0.30	0.02
	小型FWD	5.47		0.03
礫	平板荷重	8.53	0.30	0.04
	小型FWD	17.05		0.09

ら小型 FWD と平板荷重の粘性減衰係数比を求めると礫地盤は 2.3, 砂は 1.5, 粘土は 1.0 であった。このことから本研究で求めた粘性減衰係数の比は地盤と K 値の換算係数(γ)の関係に類似していることがわかる。

6. まとめ

平板荷重と小型 FWD を用いて粘土,砂, 礫の各地盤で荷板の接地圧と地盤内鉛直応力を測定し, これらの結果を用いて動的 FEM を解析したところ, 各地盤の小型 FWD と平板荷重の粘性減衰係数の比は K 値の換算係数 (γ) に似た傾向が得られた。

参考文献

- 1) 土木学会舗装工学委員会：FWD および小型 FWD 運用の手引き, 土木学会舗装工学ライブラリー 2 2002. 12
- 2) 董勤喜ら：動的荷重を受ける粘弾性多層構造の有限解析, 土木学会舗装工学論文集 vol8, 2003.12

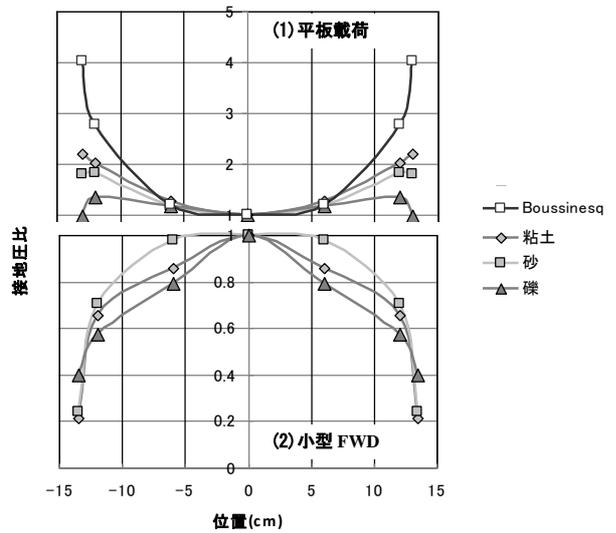


図-4 各地盤での接地圧(平板荷重と小型 FWD)

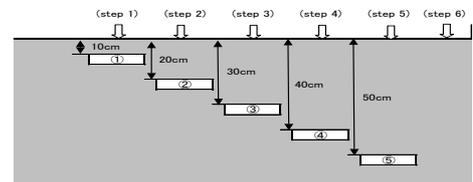


図-5 土圧計の設置位置

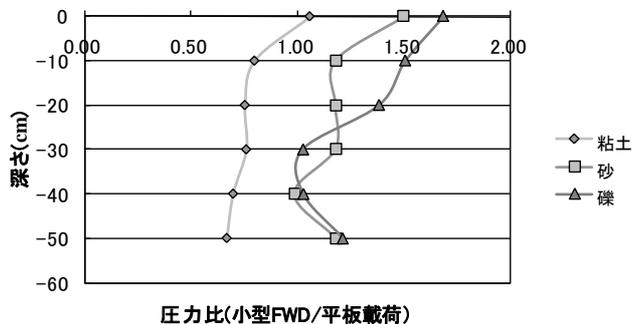


図-6 地盤内鉛直応力の圧力比

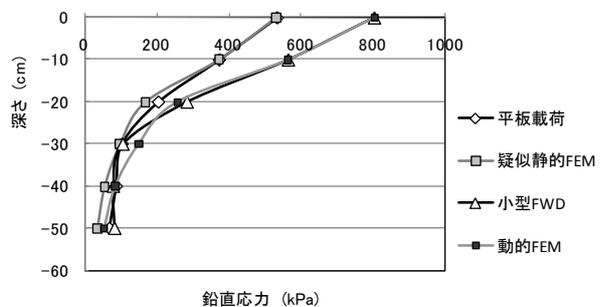


図-7 動的 FEM と実験値との比較 (礫地盤)