

中型 FWD を用いた弾性係数推定に関する一考察

北海学園大学 正会員 ○上浦 正樹
 (株)東京測器研究所 正会員 大石 浩晶
 (株)エムオーテック 千葉 弘喜

1. はじめに

FWD(Falling Weight Deflectometer)「たわみ測定装置」は舗装の支持力を評価する非破壊試験装置として世界では標準装置となっており、道路・空港・港湾における各種舗装などの支持力評価や構造評価に幅広く活用されている。FWD は、道路舗装の設計荷重である 49 kN 程度の荷重を発生させることが可能であるが、車両移動のため測定範囲が制限されてしまう。小型 FWD は、軽量で可搬性に優れているが、49 kN の荷重を得ることは出来ない。このようななかで両者の利点を組合せた中型 FWD は、小型 FWD に FWD と同じ直径 300mm の載荷板を取付け、重錘を追加した装置である。しかし、これら 3 機種についてどのような関係にあるか明確になっていない。本報告は、小型 FWD・中型 FWD 及び FWD の位置付けを確認するために行った試験結果について述べる。

2. 試験概要

本試験は、小型 FWD・中型 FWD 及び FWD を使用し、一般国道 275 号江別市篠津の舗装工事現場において実施した。測定に際しては、FWD および小型 FWD 運用の手引き¹⁾に従い試験を行った。

2. 1. 試験機器

小型 FWD・中型 FWD 及び FWD の諸元を表-1 に示す。また、中型 FWD を図-1 に示す。

2. 2. 試験条件

FWD のセンサ測定位置は、D0、D20、D30、D45、D60、D75、D90D、D150、D200 であるが、小型 FWD 及び中型 FWD においては、構内予備試験の際、外部変位センサの距離を 1m 以上離れた場合、変位量が極端に小さくなってしまったため、①D30・D40、②D50・D60、③D80・D100cm(図-2)の位置で測定を行うこととした。

2. 3. 地盤条件

地盤条件は、再生骨材(40-0mm、現場密度 $\rho_{max95\%}=1.758g/cm^3$)を使用した 55cm の下層路盤である。

表-1 FWD 諸元表

センサ	小型FWD	中型FWD	FWD
載荷板直径	200mm	300mm	300mm
重錘質量	15kg	25kg	100~400kg
形式	可搬型	可搬型	車載型

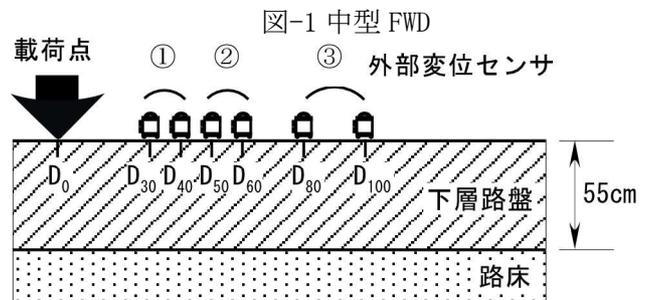


図-2 小型 FWD・中型 FWD 外部変位センサ位置

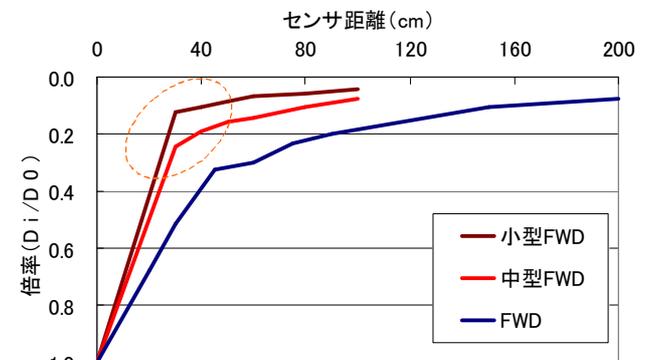


図-3 たわみ曲線

キーワード FWD、中型 FWD、載荷力率、弾性係数、たわみ曲線

連絡先 〒064-0926 北海道札幌市中央区南 26 西 11 北海学園大学 工学部 Tel 011-841-1161

3. 試験結果

試験結果を図-2 に示す。3 機種のだわみ曲線は載荷点直下の変位量(D0)で各距離における外部変位センサの変位量(Di)を除した値を倍率として表した。

中型 FWD と FWD の D30～D80 の倍率を比較するとどの位置においても半分程度しかない。また、小型 FWD と中型 FWD は似たたわみ曲線を描いていることが分かる。

4. 地盤の弾性係数

4. 1. 地盤の弾性係数計算方法

今回は、弾性理論により計測した変位量から地盤の弾性係数を逆算する方法と多層弾性構造モデルを用いて逆解析プログラムから地盤の弾性係数を求める方法の 2 通りの方法で地盤の弾性係数を求め比較した。

(1) 弾性理論による地盤の弾性係数計算方法

式-1 は弾性理論計算式を示している。式-1 から式-2 のように変形することで地盤の弾性係数 E を求めることができる。

$$p = \frac{2 \cdot E \cdot \delta}{a \cdot \pi \cdot (1 - \nu^2)} \quad \dots \text{式-1}$$

$$E_{(\text{弾性理論式})} = \frac{P \cdot (1 - \nu^2)}{2 \cdot a \cdot \delta} \quad \dots \text{式-2}$$

p : 荷重強さ (kN/m²)

P : 載荷荷重 (N)

ν : ポアソン比 (=0.35)

a : 載荷板半径 (mm)

δ : 直下変位量 (mm)

(2) 逆解析による地盤の弾性係数計算方法

逆解析により地盤の弾性係数を求める方法は、地盤を多層弾性構造モデルとする逆解析プログラム (LMBS)²⁾ に層厚、外部変位センサ位置の変位量を入力することで地盤の弾性係数を求めることができる。

表-2 は、(1) と (2) の方法で計算した結果を示す。(1) の場合には、下層路盤と路床部までを合成地盤として単層であるとみなすこととなってしまう、全てを 1 層の地盤として計算するため、下層路盤の

参考文献

- 1) 舗装工学ライブラリー-2 FWD および小型 FWD 運用の手引き：社) 土木学会 舗装工学委員会
- 2) ELSA for windows (含む逆解析プログラム LMBS) : <http://pave.Civil.tohoku.ac.jp/>

みの弾性係数ではなく路床部の層を含んだ地盤の弾性係数は分からないものと考えられる。しかし、(2) の場合には、載荷中央点から半径方向の変位量から 2 層の弾性構造モデルとして下層路盤・路床部をそれぞれ分離して逆解析を行うため、下層路盤のみの地盤の弾性係数を表すことができると考えられる。

表-2 地盤の弾性係数計算結果

	小型FWD	中型FWD	FWD
E(弾性理論式)	86MPa	181MPa	186MPa
E(LMBS)	103MPa	225MPa	302MPa

4. 2. 地盤の弾性係数と載荷力率との関係

LMBS で求めた地盤の弾性係数と載荷力率との関係を図-3 に示す。小型 FWD・中型 FWD 及び FWD それぞれで求められた地盤の弾性係数には、載荷力率と一次回帰線上 (相関係数 R²=0.990) に近似できることが分かった。

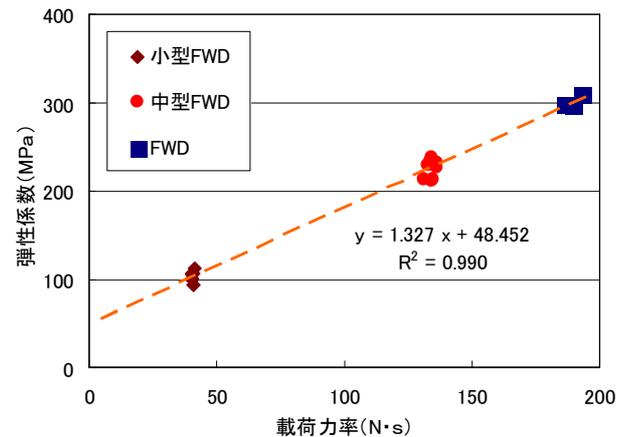


図-4 弾性係数と載荷力率との関係

5. まとめ

以上のことから小型 FWD・中型 FWD のたわみ曲線は類似性があり、小型 FWD・中型 FWD 及び FWD には LMBS で求めた地盤の弾性係数と載荷力率において比例関係があることが判明した。この結果、中型 FWD は小型 FWD と FWD の中間的な位置付けにあると言える。

今後、地盤の弾性係数と載荷力率のデータを蓄積することで、載荷力率から地盤の弾性係数を推定できる可能性があると考えている。