

小型 FWD を用いた地盤支持力評価法に関する研究

交通工学研究室 学部 4 年 五十嵐 直人
指導教員 丸山 暉彦

1. はじめに

我が国における路床および路盤の強度評価法としては、平板載荷試験や現場 CBR 試験が用いられている。しかし、これらの試験では、測定の準備や測定時間等に多くの費用、労力そして時間を必要とし、測定頻度は 50m~100m に一箇所程度と、きわめて低い。そのため、路床および路盤の強度を大まかにしか知ることができず、部分的な軟弱地盤箇所等を見落としやすくなる。そして、その上に施工される表・基層の早期破損につながり、ライフサイクルコストの面でも大きな影響を与えている。

上記のような問題を改善するためにも、正確に効率よく地盤の強度評価試験を行い、統計的な地盤の強度管理を遂行することが急務となっている。

そこで近年、多くの研究機関により小型 FWD を用いた地盤強度評価に関する検討が行われている。小型 FWD の外観を写真-1 に示す。小型 FWD は、地盤に衝撃荷重を与える装置であり、その際の測定データとしては荷重と変位の時系列データが採取できる。データ処理を行う際には、荷重と変位の時系列データからピーク値のみを使用している。

小型 FWD の利点としては、測定および運搬作業が一人で実施でき、測定時間は一測点につき 2 分程度である。そして、測定結果も瞬時にパソコン上に表示され、現場で測定データの確認が容易にできる。しかし、小型 FWD の測定データは、載荷板直径やゴムバッファの硬度等に依存しており、同一測点上で測定したにも関わらず測定結果が同じにならない。また、各種地盤に適した測定方法、データ処理方法が提案されていない等の不明な点が多い。そこで、本



写真-1 小型 FWD の概観

研究では、室内のコンクリート土槽内に様々な材料を用いて、硬軟種々の路床および路盤を構築した。そして、その地盤上において平板載荷試験と小型 FWD 試験を実施し、データを蓄積した。その蓄積したデータを用いて、各種地盤に適した小型 FWD の測定方法を提案した。

2. 試験概要

(1) 試験条件

本研究で使用した路床材料は、一般的に現場で使用されているマサ土を、路盤材料としては C-25, C-40, M-25 そして M-40 の 4 種類を使用した。図-1 に示すコンクリート土槽内に最適含水比に設定したマサ土を入れ、プレートで入念に締固めを行い、仕上がり厚さを 300mm となるように構築した。そして測点 A, B, C の 3 箇所で小型 FWD と平板載荷試験を実施した。その後、路床の厚さが 400mm, 500mm となるように構築し、路床厚 300mm の時と同じ箇所および試験条件で小型 FWD と平板載荷試験を行った。次に、それぞれの路床厚で、最適含水比に

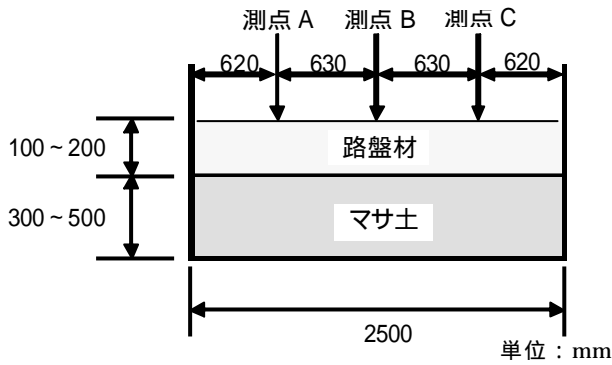


図-1 土槽の概略図

表-1 路床での小型 FWD の試験条件

重錘質量	5kg
ゴムバッファ	丸型バッファ, 細型バッファ
載荷板直径	200mm, 300mm
落下高さ	50 ~ 250 50mm間隔

表-2 路盤で小型 FWD の試験条件

重錘質量	5kg
ゴムバッファ	丸型バッファ, 細型バッファ
載荷板直径	100mm, 200mm, 300mm
落下高さ	100 ~ 400 50mm間隔

設定した各種路盤材料が 100mm, 200mm となるように構築し, 小型 FWD と平板載荷試験を実施した。尚, 路床および路盤上において, 小型 FWD 試験は, 同一測点上で重錘落下高さ, 載荷板直径をいくつか変えて測定を行うため, 同一地点に何度も衝撃荷重が加わってしまう。そのため, 小型 FWD の測定条件は, 路床および路盤に塑性変形が生じないように注意し設定した。路床上および路盤上での小型 FWD の試験条件を表-1, 2 にまとめる。

(2) ゴムバッファの違い

小型 FWD の測定結果は, 使用するゴムバッファの硬度や形状に依存するため, 荷重および変位の時系列データの形状やピーク値に影響を与える。そのため, 各種ゴムバッファに適した測定方法を提案する必要がある。

(3) 地盤の分類

アスファルト舗装要綱により路床および路

表-3 地盤の分類

地盤の分類	支持力係数 K_{30} (N/cm^3)
支持力の低い路床	65未満
支持力の高い路床	65以上
支持力の低い路盤	196未満
支持力の高い路盤	196以上

表-4 所定の沈下量

載荷板直径 (mm)	所定の沈下量 (mm)
100	0.417
200	0.833
300	1.250

盤の支持力係数は $65 N/cm^3$, $196 N/cm^3$ 以上と定められている。本研究においては, これらの値を参考にして, コンクリート土槽内に構築し, 得た k_{30} 値から路床および路盤を表-3 に示すように分類した。

3. 試験結果

(1) 地盤の支持力係数の算出方法

平板載荷試験の支持力係数(以下, k_{30} 値と略す)の算出方法については, JIS A 1215 より載荷板 300mm を用いて, 地盤が 1.25mm 沈下したときの荷重強さから算出される。小型 FWD の支持力係数(以下, k_F 値と略す)の算出方法については, 平板載荷試験と同様な考え方で計算されている。本研究で使用した小型 FWD の載荷板は 100, 200, 300mm の 3 種類である。 k 値は, 載荷板直径と反比例の関係にあるため, 次に示す式(1)を用いて各載荷板に適した沈下量を計算する必要がある。

式(1)より計算した各載荷板に適した沈下量を表-4 にまとめる。

$$d_F = 1.25 \times \frac{R}{R_{300}} \quad (1)$$

d_F : 各種載荷板に適した沈下量

R_{300} : 基準載荷板直径 (300mm)

R : 小型 FWD の載荷板直径

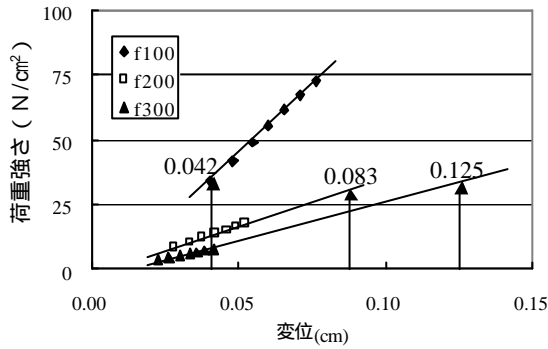


図-2 荷重強さ-変位

表-5 外挿法と内挿法の計算結果

k_F の算出方法	載荷板直径 (mm)	地盤の支持力係数 k_F (N/cm ³)
内挿法	100	285.1
外挿法	200	237.6
外挿法	300	224.6

(2) 載荷板直径, 落下高さの違いによるデータへの影響

載荷板直径の大きさが測定結果に与える影響を調査するために, 路床厚 400mm, 路盤厚 200mm で構築された B 地点で測定を行い, 丸型パuffaを使用して測定した時の測定結果を図-2 に示す. 小型 FWD の載荷板直径が大きくなるにしたがって, 地盤に伝わる応力が小さくなり, 測定結果として得られる変位が小さくなった. また, 載荷板直径 100mm では, 所定の沈下量を挟むことができ, 内挿法により k_F 値を計算できた. しかし, 載荷板直径 200mm, 300mm においては所定の沈下量を挟むことができず, 外挿法により k_F 値を計算した. 表-5 に図-2 のデータを使用して計算した k_F 値をまとめる. 内挿法と外挿法により求めた両者の k_F 値に大きな違いが生じた. そのため, 小型 FWD のデータ処理を行う際には, 内挿法と外挿法のどちらの手法が適切か検討する必要がある. 本研究で構築した路床および路盤上での測定データを使用して内挿法, 外挿法どちらのデータ処理を用いた k_F 値が適正か調べた. 両者の相関係数を表-6 にまとめる. 内挿法のみを使用して

表-6 k_F と k_{30} の相関関係

	相関係数
外挿法	0.432
外挿法と内挿法	0.559
内挿法	0.8613

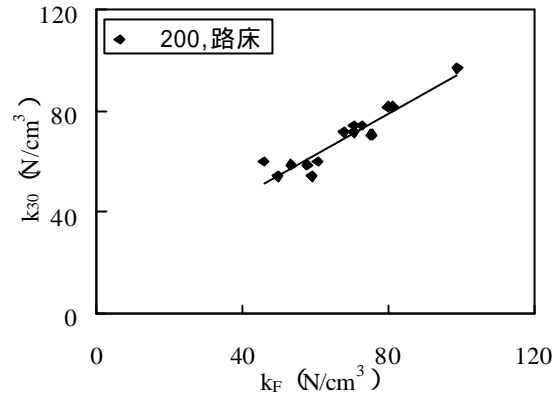


図-3 路床の載荷板直径ごとの区分

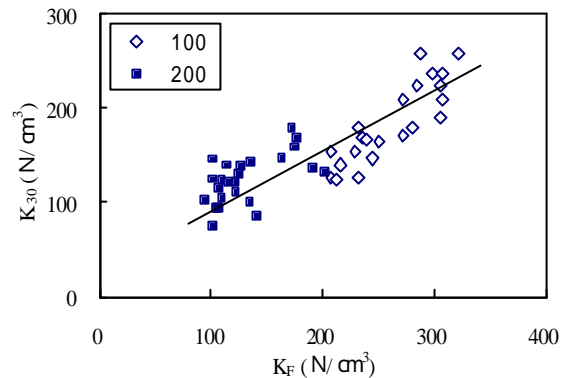


図-4 路盤の載荷板直径ごとの区分

求めた k_F 値は, k_{30} 値と高い相関関係があった. そのため, 内挿法を用いてデータ処理を行う必要がある.

(3) 小型 FWD の測定方法の提案

前節で述べたように, 小型 FWD 試験により k_F 値を推定する際には, 内挿法により求める必要がある. そこで, 本試験で得られた路床・路盤の測定結果をデータベースとして, 各種地盤に適した載荷板直径, ゴムパuffa, そして重錘落下高さの提案を行う.

まず, 各種地盤に適した載荷板直径の提案を行うため, 図-3 および図-4 に示すように, 内挿法により推定した路床と路盤の k_F 値を

表-7 地盤に適した載荷板と落下高さの組み合わせ

地盤の分類		載荷板直径 (mm)	バッファ	落下高さ (mm)
路床	路盤			
低	低	200	丸型 細型	300 300
高	低	200	丸型 細型	250 300
高	高	100	丸型 細型	100 150
		200	丸型 細型	300 350
低	高	100	丸型 細型	100 150
支持力の低い路床		200	丸型 細型	50 100
支持力の高い路床		200	丸型 細型	150 150

載荷板の直径別に区分した。これらの結果から、路床の k_{30} 値が 55N/cm^3 以上では載荷板 200mm を、路盤の k_{30} 値が 205N/cm^3 以上では、載荷板 100mm を用いて測定を行う必要がある。

次に、ゴムバッファについての提案を行う。前述したように本研究では丸型と細型の 2 種類のゴムバッファを用いて試験を行った。ゴムバッファの硬度および形状が変われば、荷重および変位の測定データに大きな違いが生じるため、ゴムバッファについての検討も行った。同一条件下で異なるバッファを使用し測定を行うと、 k_F 値を内挿法で算出できない場合があることから、バッファについても所定の沈下量を挟むことができる落下高さの提案をする必要がある。よって、各種地盤に適した載荷板直径と 2 種類のバッファを使用した際の落下高さを決め提案を行った。尚、本研究では 2 層構造の地盤を構築したことにより、路床と路盤の支持力の組み合わせからも提案を行えた。その結果を表-7 に示す。

以下に、この結果を用いた小型 FWD の測定方

法について提案する。

表-7 を参考に地盤に適した載荷板直径と落下高さを選定し、1 回目の測定を行う。

で得られた変位を参考に d_F を挟むように落下高さを決め、2 回目の測定を行う。

の結果から内挿法により、荷重強さを求め、地盤支持力係数 k_F 値を算出し、地盤支持力評価を行う。

4. まとめ

本研究の目的は、小型 FWD の測定方法、データ処理方法および測定結果の評価方法を検討し、基礎的な知見を得ることであった。本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 平板載荷試験と小型 FWD 試験により求めた k 値の相関は、全ての路床・路盤材で 0.8 以上と高い値を示した。このことから、小型 FWD は、平板載荷試験の代わりとして路床・路盤の強度評価試験として使用できる。
- 2) 表-7 で示した提案を用いて小型 FWD 測定を行えば、路床・路盤の強度評価試験を簡単に、そして迅速に遂行できる。

参考文献

- 1) 小笠原浩：小型 FWD を用いた路床・路盤の構造評価に関する研究，長岡技術科学大学工学部卒業論文，2003
- 2) 阿部長門，上浦正樹，関根悦夫：FWD による地盤支持力の調査方法に関する検討，第十回日本道路建設業協会懸賞論文，2001