

有限要素法および個別要素法を用いた 路床の解析モデルに関する一考察

長岡技術科学大学 大学院 学生会員 巽 吉生
長岡技術科学大学 正会員 高橋 修

1. はじめに

小型 FWD は、地盤の強度を簡便かつ迅速に評価するために開発された装置である。しかしながら、未だ正確なデータ処理方法および逆解析手法の提案が行われていない。この問題を改善するために、本研究においては、土槽内に路床を構築して、小型 FWD および平板載荷試験を行った。そして、FEM および DEM により、路床の解析モデルを作成し、実際の路床に適した解析モデルを提案することである。

2. 小型 FWD および平板載荷試験条件

土槽内に路床としてマサ土を 20cm 構築し、測点 A、B、C の 3 測点で中平板載荷試験と小型 FWD 試験を行った。土槽の概略図を図-1に示す。小型 FWD 試験は、重錘の落下高さを変えて測定を行った。表-1に測定条件をまとめる。

3. FEM の解析概要および解析結果

測点 B 地点で測定した小型 FWD の荷重と変位の時系列データを入力値とし、NASTRAN を用いて動的解析を行った。解析モデルは図-2に示すとおりで、円筒座標系の軸対称要素を用いて路盤と路床のモデルを作成した。拘束条件は、対称軸は鉛直方向以外拘束、底面は完全拘束、側面は半径拘束とした。荷重は、等分布荷重として路盤の表面に作用させた。動的解析に用いた各層の物性値を表-2に示す。図-3に解析結果を示す。重錘落下高さが異なっても、解析結果に変動はなかった。しかし、解析により求めた路床の弾性係数がアスファルト舗装要綱に記載されている値と比較して一桁小さな値となった¹⁾。

4. DEM の解析概要および解析結果

個別要素法は、不連続変形を伴う大変形問題や破壊問題などに適用可能な解析手法として注目されている。解析の対象を小さな粒子の集合体と近似して解析モデルを作成する。円形粒子の直径は 10mm とした。荷重は、等分布荷重として路床表面に作用させた。図-4に載荷板直径 100mm を想定して 10 個の粒子に荷重を加えた荷重の載荷粒子数付近の解析モデルを示す。表-3に解析に使用した物性値を示す。接線および法線方向のバネ値とダッシュポットの値は、梶谷らの研究成果を参考にした²⁾。表-4に個別要素法により求めた路床の法線および接線方向のバネ値とダッシュポットの値を示す。小型 FWD の重錘落下高さが変わっても、バネおよびダッシュポットの値は、ほぼ同じ値を示している。

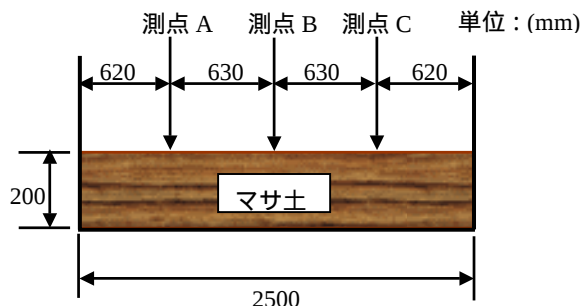


図-1 土槽概略図

表-1 小型 FWD の試験条件

重錘の質量	5kg
載荷板直径	100mm
落下高さ	100 ~ 250mm の 50mm 間隔

表-2 動的 FEM 解析に使用する物性値

構成層	弾性係数 (MPa)	層厚 (mm)	密度 (kg/cm ³)	ポアソン比
路床	*	200	1400	0.3

*:解析の際に仮定する

キーワード：有限要素法, 個別要素法, 動的解析

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 Tel:0258-46-6000 Fax: 0258-47-9600

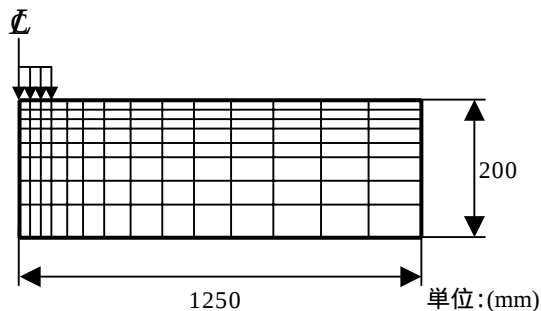


図-2 路床の解析モデル (FEM)

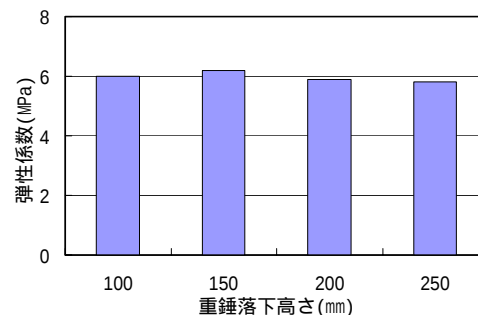


図-3 FEM の解析結果

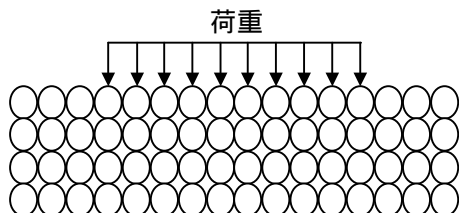


図-4 荷重を載荷する粒子付近の解析モデル

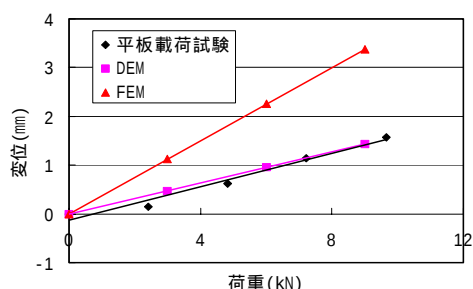


図-5 荷重と変位の関係

表-3 解析に使用する物性値

タイムステップ	5.0×10^{-7} (sec)
要素密度	1400 (kg/m ³)
摩擦係数	0.6
バネ定数（法線）	* (N/m)
ダッシュボット（法線）	* (Ns/m)
バネ定数（接線）	* (N/m)
ダッシュボット（接線）	* (Ns/m)

表-4 重錘落下高さが解析結果に与える影響

重錘落下高さ	100mm	150mm	200mm	250mm
バネ定数（法線）	5.0×10^5 (N/m)	6.0×10^5 (N/m)	9.5×10^5 (N/m)	7.3×10^5 (N/m)
ダッシュボット（法線）	4.0×10^2 (Ns/m)	4.0×10^2 (Ns/m)	4.0×10^2 (Ns/m)	4.0×10^2 (Ns/m)
バネ定数（接線）	7.0×10^6 (N/m)	7.0×10^6 (N/m)	7.0×10^6 (N/m)	7.0×10^6 (N/m)
ダッシュボット（接線）	8.0×10^3 (Ns/m)	8.0×10^3 (Ns/m)	8.0×10^3 (Ns/m)	8.0×10^3 (Ns/m)

5. FEM および DEM による路床モデルの比較

FEM により求めた路床の弾性係数および DEM により求めた接線および法線方向のバネとダッシュボットの値を路床に入力し、路床上に静的荷重を入力した。解析に使用したモデルは、図-2 および図-4 のものと等しくし、路床上の変位を計算した。そして、平板載荷試験により得た荷重と変位の関係とを比較して FEM および DEM により作成した路床の解析モデルの有効性を確認した。図-5 に平板載荷試験との荷重-変位の比較を示す。FEM では、平板載荷試験の荷重-変位の勾配と比較して大きく異なっているが、DEM ではその差は小さい。

6. まとめ

FEM では、本来不連続な粒状路盤材料を連続体と仮定して、路床の解析モデルを作成したため、解析により求めた路床の弾性係数の値が一桁小さな値となった。土質材料を不連続体と仮定するために、DEM により路床の解析モデルを作成し、路床の物性値を求めた。そして、平板載荷試験で求めた荷重と変位の関係と比較することにより、DEM を使用することで有効な路床の解析モデルを作成できることを明らかにした。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：「アスファルト舗装要綱」，pp. 305-307，1995。
- 2) 吉田吉彦，榎谷浩，梶川康男：個別要素法による敷砂上への落石の衝撃特性に関する解析，土木学会論文集，No. 392/I-9，pp. 297-306，1988。