

東亜道路工業(株)技術研究所 正会員 ○前原 弘宣

東亜道路工業(株)技術研究所 正会員 阿部 長門

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 関根 悦夫

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 嶋 智彦

1. はじめに

FWD や小型 FWD を用いた路盤や路床の支持力調査は、平板載荷試験などの試験方法に比べ短時間で試験を行うことが可能である。しかし、FWD はおもりを落下させそのとき発生する衝撃荷重とたわみを測定する装置であるが、その測定結果の解析には計算が簡便な静的多層弾性解析を用いているのが現状である。

本稿では、衝撃荷重を静的荷重と置き換えた多層弾性解析と 3 次元有限要素解析（以降 FEM と略す）より、モデルや解析手法の違いによる推定した弾性係数の違いなどについて検討を行った。

2. 試験概要

ここでは、検討を行った砂質礫と礫質砂における FWD の荷重とたわみまた解析に用いた密度を表-1 に示す。ここで解析に用いた地盤の各種条件などについては、参考文献 1)2)を参照されたい。以降では、10 種類のケースに対して弾性係数などの比較検討を行った。

3. 多層弾性解析の解析モデル

多層弾性解析に用いた解析モデルを図-1 に示す。図のように土槽底板のコンクリートを 2 層目とし、弾性係数を 30000MPa で固定し、逆解析を行った。

4. 有限要素解析の解析モデル

有限要素解析に用いた解析モデルは、図-2 に示すような 1/4 の 3 次元解析モデルとした。ここでは、土槽の大きさを解析上の境界とせず、土槽底板のコンクリートも要素として付け加えた。有限要素解析には NASTRAN を使用し、解析要素には 6 面体の 20 節点アイソパラメトリック要素を用いた。節点数は 1512 個、要素数は 1174 個である。荷重は、4 分割の平板要素に下方(-方向)に載荷した。動的 FEM 解析に用いた FWD の荷重波形を図-3 に示す。動的解析には、図-3 の波形を 0.5ms づつの刻み幅で入力した。解析に用いたたわみ量の測定位置は、載荷点から 0,200,300,450,600mm の 5 つとした。

表-1 試験および解析ケース

土槽:砂質礫	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
FWD荷重 (kN)	48.3	65.9	33.8	46.1	22.9	32.2
DOたわみ (mm)	0.865	1.137	0.833	1.262	0.95	1.371
締固め度 (%)	95	95	90	90	85	85
地盤の密度 (t/m ³)	2.265	2.265	2.180	2.180	2.080	2.080
含水比 (%)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8
ポアソン比	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

土槽:礫質砂	ケース7	ケース8	ケース9	ケース10
FWD荷重 (kN)	23.7	32.6	20.3	15.7
DOたわみ (mm)	1.281	1.699	1.726	2.431
締固め度 (%)	95	95	90	85
地盤の密度 (t/m ³)	2.022	2.022	1.911	1.806
含水比 (%)	8.2	8.2	7.6	7.4
ポアソン比	0.35	0.35	0.35	0.35

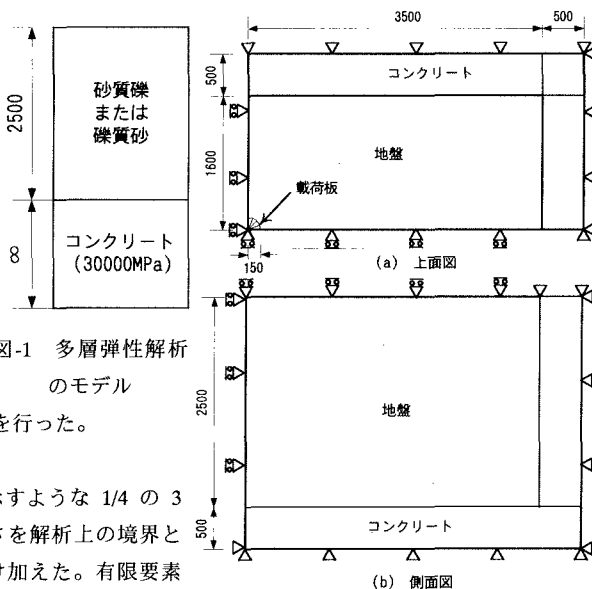


図-2 有限要素解析のモデル

土槽、締固め、FEM、多層弾性解析、弾性係数

〒 232-0033 神奈川県横浜市南区中村町 5-318

TEL 045-251-4615 FAX 045-251-4213

〒 185-8540 東京都分寺市光町 2 丁目 8 番 38 号

TEL 042-573-7261 FAX 042-573-7248

静的な解析におけるたわみの一致度は、計算値のピーク値と測定値の残差平方和で評価し、動的解析はたわみの発生時から下方の最大値まで 2ms 間隔の測定値と計算値の残差平方和で評価した。

5. 解析結果

センサ 5 個と時系列データ 8

個の合計 40 個のデータによる動的 FEM 解析の残差平方和を図-4 に示す。各地盤材料の弾性係数は、残差平方和が最も小さくなったときの値と

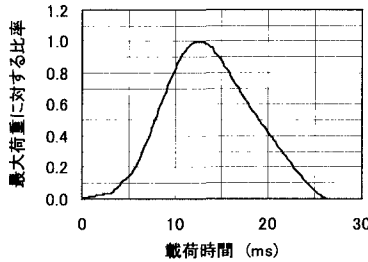


図-3 解析に用いた荷重波形

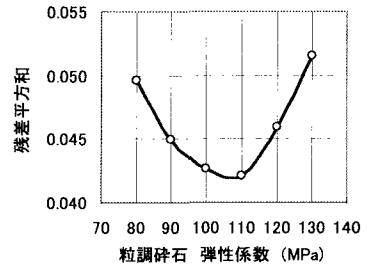


図-4 動的 FEM の残差平方和

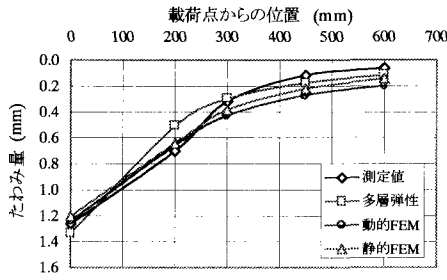


図-5 測定値とそれぞれの解析によるたわみ曲線

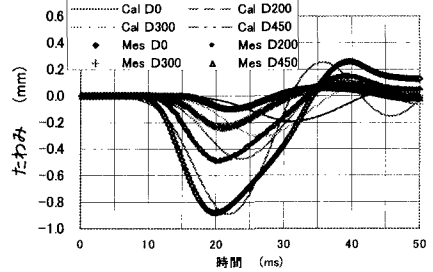


図-6 たわみ波形の測定値と動的解析値

測定値と各解析方法で得られた弾性係数から計算したたわみ曲線を図-5 に示す。測定たわみと解析から得られたたわみ時系列の比較を図-6 に示す。図中の Cal は計算値を示し、Mes は測定値を示す。多層弾性解析は、載荷点直下で計算値が小さくなり、載荷点から離れると計算値の方が大きくなる。静的 FEM 解析は、載荷点直下付近のたわみの一致度が高く、載荷点から離れると計算値の方が大きくなる。動的 FEM 解析は、載荷点直下のたわみの計算値と測定値の一致度が高く、時間差も小さい。載荷点から離れたたわみは、時間差が広がる傾向にある。

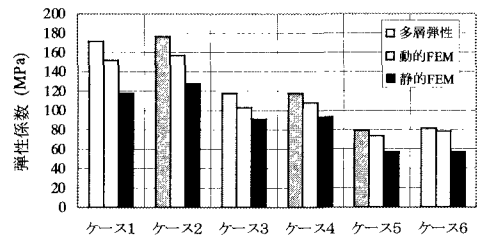
各解析手法で得られた弾性係数の比較を図-7 に示す。どの地盤においても解析手法の違いにより弾性係数の差が生じ、弾性係数の大きさは多層弾性解析＞動的 FEM ＞静的 FEM となった。

5. まとめ

多層弾性解析による逆解析で得られた弾性係数は、短時間で得られるものの、他の解析と比較すると弾性係数が大きくなる傾向がある。今後、多層弾性解析による逆解析弾性係数を設計等に用いるには更なる検証が必要である。

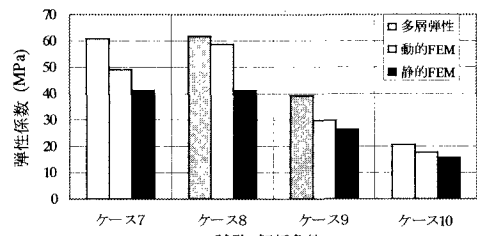
【参考文献】

- 1) 伊藤寿見他：礫材を用いた鉄道路床の締固め特性，地盤工学会第 33 回地盤工学会研究発表会概要集，締固め，1997. 7.，
- 2) 鴨智彦他：砂を用いた鉄道路床の締固め特性，地盤工学会第 33 回地盤工学会研究発表会概要集，締固め，1998. 7.



試験・解析条件

(a) 粒調碎石



(b) 礫質砂

図-7 3種類の解析方法による弾性係数の比較