

レジリエントモデュラスを用いた多層弾性解析と小型 FWD 試験のたわみ量の比較

日本大学 正会員 ○山中 光一
東京農業大学 正会員 竹内 康
東京農業大学 正会員 川名 太
日本大学 正会員 峯岸 邦夫

1. はじめに

路盤・路床の評価を行う際には、一般的には「路盤・路床のレジリエントモデュラス（以降、 M_r と呼称）試験」が用いられる。 M_r 試験から得られた弾性係数を MEPDG 一般化モデル式に適用させることによる舗装の構造解析手法などが提案されている。一方で、路盤・路床の評価には、小型 FWD 試験が用いられる場合もある。両手法ともたわみ量を求めることが可能であるが、 M_r 試験は室内試験、小型 FWD は現場計測試験であり、両手法から得られる結果の関係性については明らかにされていない。両手法から得られる結果の関係性を明らかにすることにより、両手法の推定及び路盤・路床の合理的な評価につなげられると考えられる。

そこで本研究では、 M_r 試験より得られた M_r を用いて行った多層弾性解析から得られたたわみ量と小型 FWD 試験より計測されたたわみ量の比較を行い、両手法の関係性について検討を行った。

2. 実施概要

(1) 対象地盤

本研究では、千葉県内の粘性土地盤（関東ローム）を対象とした。なお、本研究で実施した多層弾性解析は、同地盤で計測したデータを基に設定をした。

(2) 小型 FWD 試験

小型 FWD 試験は、前述の地盤を対象に、直径 30cm、重錘 10kg を用いて、載荷荷重が 4.9kN 前後で 3 点取れるように落下高さを 10, 20, 30 cm で実施した。小型 FWD 試験より得られた載荷時間と荷重および変位の関係を図-1 に示す。小型 FWD 試験の載荷時間は約 0.02s 程度であった。

(3) MEPDG 一般化モデルを用いた構造解析手法

MEPDG 一般化モデルを用いた構造解析は、図-2 に示した解析モデルに対して、体積ひずみを用いた多層弾性構造解析プログラム²⁾を用いて行った。解析を行う際は、接地圧分布に応じて解析結果が異なることから、本研究ではインバースパラボリック分布、等分布の 2 種類の接地圧分布を用いて解析を行った。また、解析の入力値として必要となる各層の弾性係数については、対象地盤から採取した試料を用いて実施した M_r 試験結果を MEPDG 一般化モデルに適用することによって算出した。用いた材料定数 $k_1 \sim k_3$ を表-1 に示す。

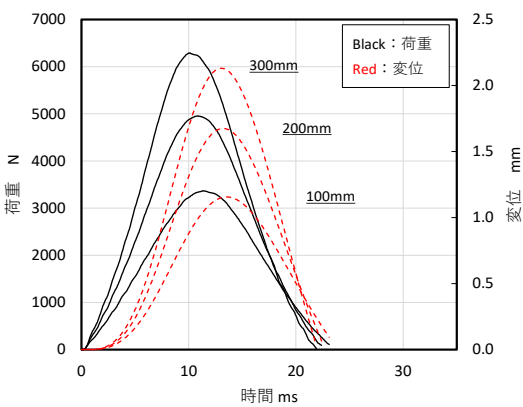


図-1 小型 FWD 試験の結果

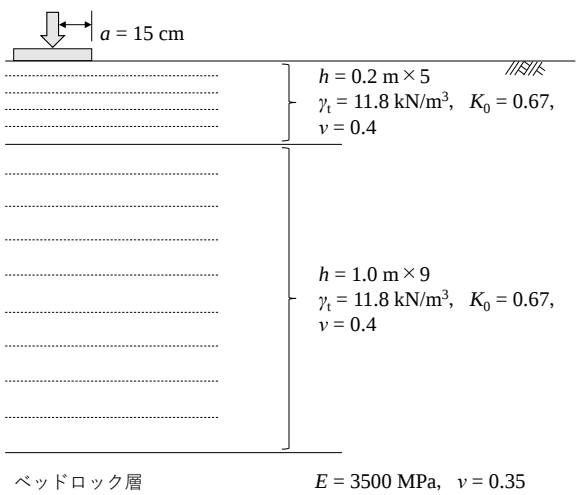


図-2 解析モデル

表-1 材料定数

	k_1	k_2	k_3
材料定数	0.1963	0.7011	-2.8126

キーワード レジリエントモデュラス, 多層弾性解析, 小型 FWD, たわみ量, 載荷時間

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部交通システム工学科 TEL:047-469-5217

3. 載荷時間を考慮した MEPDG 一般化モデルにおける係数の検討

小型 FWD 試験のように、重錘落下による動的載荷を行った場合、載荷時間に応じて得られるたわみ量は異なる。通常、MEPDG 一般化モデルで用いられる M_r 試験は、0.1s 載荷の条件で実施される。前述の図-1 で示した小型 FWD 試験による載荷時間とたわみの関係に着目すると、載荷時間は約 0.02 s であった。そのため、本研究では、川名らが作成した動的構造解析プログラム³⁾を用いて各載荷時間におけるたわみ量を算出し、 M_r 試験の載荷時間である 0.1 s 時のたわみ量との比較を行った。

図-3 は、前述の構造解析プログラムを用いて算出したたわみ量と載荷時間の関係を示したものである。図より、0.1 s におけるたわみ量は 0.02 s 載荷時のたわみ量の約 1.4 倍といった結果が得られた。本研究では、ここで得られた値を係数 β として以下の式(1)に示すように MEPDG 一般化モデルに組み込み多層弾性解析によるたわみ量の算出を行った。

$$M_r = \beta \cdot k_1 \cdot P_a \left(\frac{\theta}{P_a} \right)^{k_2} \left(\frac{\tau_{oct}}{P_a} + 1 \right)^{k_3} \quad (1)$$

ここで、 β ：載荷時間に応じた係数、 σ_d ：偏差応力、 τ_{oct} ：八面体せん断応力（主応力下では $\sqrt{2}\sigma_d/3$ 、 P_a ：大気圧(=103 kPa)

4. レジリエントモデュラスを用いた多層弾性解析によるたわみ量と小型 FWD 試験によるたわみ量の比較

図-4 は、小型 FWD を用いて計測したたわみ量と載荷時間 0.02 s におけるインバースパラボリックおよび等分布から得られたたわみ量を載荷重ごとに示したものである。図より、インバースパラボリック分布の結果は、小型 FWD 試験より得られるたわみ量とよく一致しており、両者の関係は 99 % 予測値区間に収まっていることがわかる。一般的に、小型 FWD 試験等のように剛な載荷板を介して載荷される場合、粘性土ではインバースパラボリック分布を想定することが殆どである。等分布が小型 FWD 試験の結果と乖離したのは、接地圧分布の違いによるものと考えられるが、インバースパラボリック分布は前述の知見とも一致しているため良好な関係であると考えられる。

以上の結果をより、MEPDG 一般化モデルに載荷時間に応じた係数を乗じることにより、 M_r を用いた多層弾性解析結果から得られるたわみ量は、小型 FWD 試験より得られるたわみ量と一致するといえる。

5. まとめ

本研究では、 M_r を用いた多層弾性解析結果から得られるたわみ量と小型 FWD によるたわみ量の比較を行った。その結果、MEPDG 一般化モデルに載荷時間に応じた係数を乗じることにより、構造解析結果から得られるたわみ量は小型 FWD 試験より得られるたわみ量と一致することが確認された。

参考文献

- 1) 竹内ら：室内実験結果を用いたアスファルト舗装の路床の弾性係数算出法の検討，土木学会論文集 E1（舗装工学），第 68 巻 2 号，pp.45-53，2012. 2) 川名ら：体積ひずみを用いた軸対称分布荷重を受ける多層弾性構造の理論解，土木学会論文集 E1（舗装工学），第 68 巻 3 号，pp.I_21-I_28，2012. 3) 川名ら：体積ひずみを用いた動的荷重に対する軸対称多層弾性構造の理論解，土木学会論文集 E1（舗装工学），第 69 巻 3 号，pp.I_117-I_124，2013.

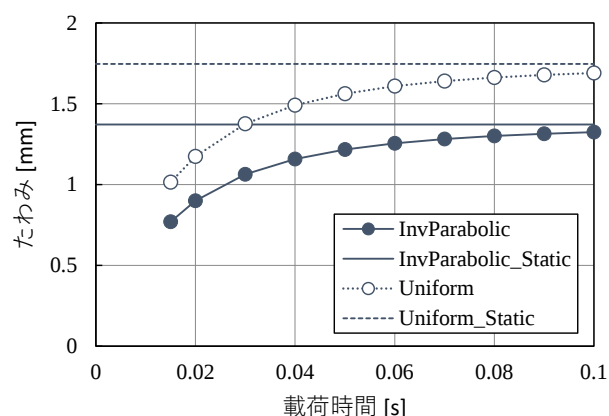


図-3 たわみ量と載荷時間の関係

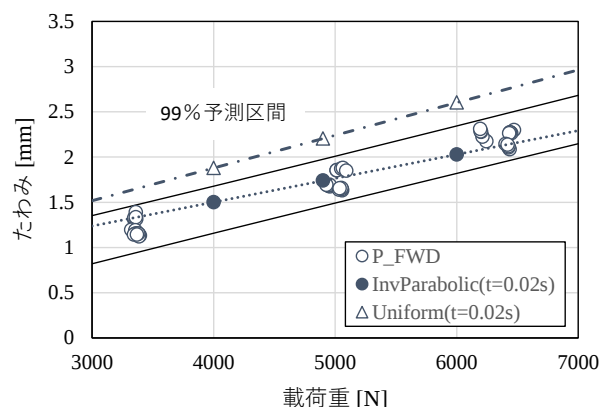


図-4 たわみと載荷重の関係