

関東ロームにおける弾性係数の応力依存性に関する実験的研究

東京農業大学大学院農学研究科 正員 中島 剛志
 東京農業大学 正員 竹内 康
 東京農業大学 正員 牧 恒雄
 日本道路株式会社技術研究所 正員 遠藤 桂

1. はじめに

一般に舗装の構造解析に用いられる多層弾性理論においては、交通荷重によって舗装表面に生じるたわみ量は線形関係にあるため、同じ構造条件で、舗装表面に作用する荷重の載荷面積が一定である場合、荷重とたわみ量の関係は直線上にあることになる。しかし、FWDを用いた最近の研究では、同じ舗装構造であっても荷重レベルの差によって推定された弾性係数に差が生じるケースが報告されている。これは、繰返し三軸試験の結果から確認されている弾性係数の応力依存性が原因と考えられる。そこで、本研究では荷重レベルの異なる2つのFWDを用いた現場実験と、多層構造の供試体を用いた室内実験を行い、その実験結果から関東ロームの弾性係数の応力依存性が確認されるか検討を行った。

2. 現場実験

(1)現場実験の概要 現場実験は荷重レベルの異なるFWDとHFWDを用いて道路表面のたわみを測定し、その測定結果を用いた逆解析によって関東ロームの弾性係数を推定した。測定は東京農業大学世田谷キャンパス内に敷設された延長約34m、幅員3.3mの車道用透水性舗装の試験舗装で行った¹⁾。その道路断面を図-1、FWDとHFWDの仕様を表-1に示す。

(2)弾性係数の推定 関東ロームの弾性係数を、それぞれのFWDによるたわみの測定値を用いて、FWDのデータは多層弾性理論に基づく逆解析プログラム(LMBS)を使って、HFWDのデータは竹内²⁾によって提案されたOdemarkの簡易式を拡張した式を利用し、K値から推定した。図-2は測定を行った道路の長辺方向距離を横軸に、FWDデータによる関東ロームの弾性係数の推定値(E_{FWD})とHFWDデータによる関東ロームの弾性係数の推定値(E_{HFWD})を縦軸にとり、測定位置ごとの弾性係数をプロットしたものである。

図から同じ測定位置においても E_{FWD} と E_{HFWD} で数値に大きな差が生じていることが分かる。

(3)弾性係数の応力依存性に関する検討 阿部ら³⁾が実験より求めたレジリエントモジュラス(M_r)の回帰式を用い、FWDによる測定値から推定した弾性係数とHFWDによる測定値から推定した弾性係数との比較を行い、荷重レベルによって推定された関東ロームの弾性係数に差が生じるのは、弾性係数の応力依存性による影響かどうかを検討した。図-3は主応力和を横軸に、それぞれの弾性係数と M_r を縦軸にとり、両対数のグラフで示したものである。その結果、FWDによる測定結果から推定した弾性係数とHFWDによる測定結果から推定した弾性係数が M_r の回帰式とよく一致しており、それぞれの弾性係数に応力依存性があることが分かった。

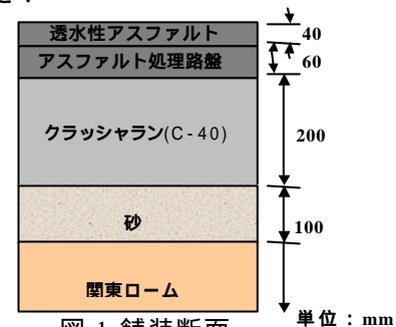


図-1 舗装断面

表-1 FWDの仕様

	FWD	HFWD
載荷荷重(kN)	49	0.8, 1.2, 1.5, 1.8
載荷半径(mm)	150	45
センサーの個数	7	1
センサー位置(mm)	0, 200, 300, 450, 600, 900, 1500	0

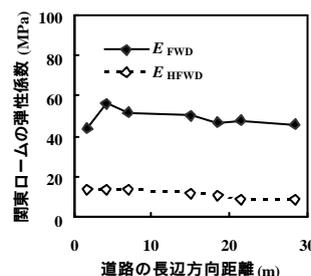


図-2 弾性係数の推定結果

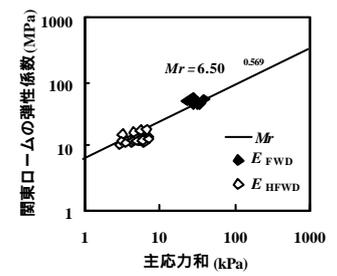


図-3 応力依存性の検討結果

Key Words : FWD, HFWD, 弾性係数, 応力依存性

連絡先: 東京農業大学地域環境科学部生産環境工学科 (〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1)

3.室内実験

荷重レベルの異なる2つのFWDを用いて現場実験を行った結果から、関東ロームの弾性係数には応力依存性があることが確認されたが、FWDの測定結果では荷重レベルの組み合わせ数が少ないため、偶然に M_r の回帰式と一致した可能性がある。また、表面たわみの実測値から解析によって主応力とを推定しているため、弾性係数の応力依存性を検討するには不十分であると考えられる。そこで、圧力ゲージを埋設した多層構造の供試体を作成して、室内において静載荷実験を行い、内部の応力の実測値から主応力とを求め、 M_r の回帰式との比較を行った。

(1)室内実験の概要 実験に用いた供試体は図-4に示した位置に圧力計を埋設し、関東ローム・粒状路盤材料をそれぞれ最適含水比で突き固め、その上にアクリル板を載せて密着させ、3層構造になるように作成した。実験は一軸圧縮試験機を用いて、0kNから1.3kNまでの荷重を約0.1kNおきに載荷し、その荷重に対する応答応力を測定した。なお、測定回数は10回とし、1回目の測定では各層の接触が不安定であることから1回目の測定データは棄却し、2回目以降の測定データを平均して、ひとつの供試体の測定データとした。

(2)実験結果 関東ローム上部の鉛直応力の実測結果を図-5に示す。図-5は載荷荷重を横軸に、その荷重に対する応答応力を縦軸にとったグラフである。図より、載荷荷重が増加するにしたがって、その応答応力は非線形的な挙動を示しているのがわかる。この原因のひとつとして、供試体の塑性変形による影響が考えられるが、もし、供試体に塑性変形が生じていたとすると、載荷回数が増すごとに測定データに変化が生じるはずである。しかし、10回の測定の中で、載荷回数に伴う測定データの変化はみられなかったことから、この非線形的な挙動は少なくとも、供試体の塑性変形による影響ではないと考えられる。

(3)弾性係数の応力依存性に関する検討 室内実験の測定結果を M_r の回帰式と比較するため、鉛直応力の実測値と解析値が一致するように、表-2に示した条件で、関東ロームの弾性係数を変動させたFEM解析を繰り返して、載荷荷重ごとに弾性係数(E)を求めた。そして、鉛直応力は室内実験における応力の実測値を用い、水平応力は載荷荷重ごとに求めた E による解析を行い、その解析値を用いて主応力とを算出した。そ

の結果を図-6に示す。

図-6は実測値の鉛直応力と解析値の水平応力から求めた主応力とを横軸に、応力の実測値から推定した E を縦軸にとり、両対数のグラフで示したものである。この結果、室内実験から得られた関東ロームの弾性係数と、主応力との関係は、 M_r の回帰式と近い値を示していた。したがって、室内実験の結果からも、関東ロームの弾性係数に応力依存性があることが確認された。

参考文献

- 1)遠藤桂, 野田悦郎, 竹内康: 試験舗装による車道用透水性舗装のパフォーマンス, 第24回日本道路会議一般論文集(C), pp.46-47, 2001
- 2)竹内康: 路盤の支持力変化を考慮したコンクリート舗装設計法に関する研究, 長岡技術科学大学学位請求論文, 2000.3
- 3)阿部長門, 雑賀義夫, 丸山暉彦: 粒状路盤材料・路床土のレジリエントモジュラス, 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集, 1993.9

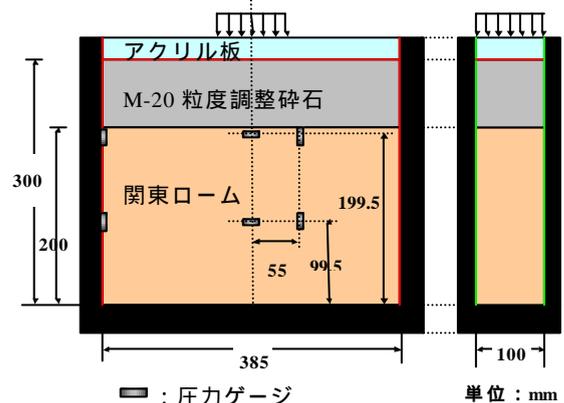


図-4 供試体概要図

表-2 FEM解析の入力条件

区分	材料	層厚 (cm)	弾性係数 (MPa)	ポアソン比	荷重 (kN)	載荷面積 (cm ²)
表層	アクリル板	1.5	4018	0.25	0.1おきに	100
路盤	M-20	10.0	294	0.30		
路床	関東ローム	20.0	E	0.45	0.0~1.3	

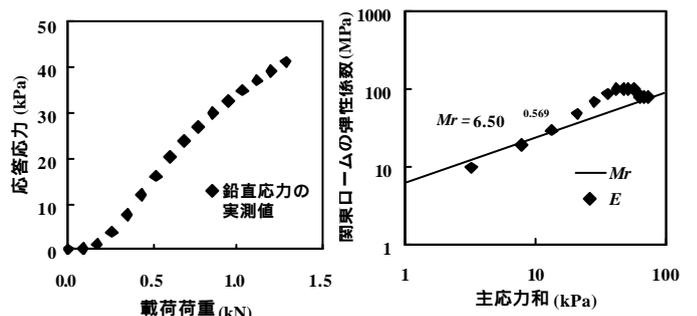


図-5 応答応力の実測値 図-6 応力依存性の検討結果