

動的解析の結果に基づく路床の弾性係数の推定方法に関する検討

東京農業大学 学生会員 小原 絢菜
東京農業大学 正会員 川名 太, 竹内 康

1. はじめに

舗装の構造評価には FWD 試験が広く用いられている。FWD 試験は、重錘を路面に落下させ、舗装表面に生じるたわみを計測する試験である。そのため、動的載荷試験である FWD 試験で得られるたわみを解析的に再現しようとするのであれば、動的解析を用いることが合理的であるといえる¹⁾。しかしながら、舗装の構造評価に用いられている指標には、静的解析の結果に基づくものもあり、必ずしも舗装の性能を適切に評価しているとはいえない。

そこで本研究では、より合理的な路床の弾性係数の推定方法を提案するために、N1 から N7 の各舗装計画交通量区分の代表的な舗装モデルを対象に FWD 試験を模擬した動的解析を行い、載荷板直下および載荷板から 1500mm 離れた位置のたわみ（以下、 D_0 たわみおよび D_{1500} たわみと称す）を算定し、その最大たわみと静的解析によって得られるたわみとの比較を行った。また、 D_{1500} たわみと路床の弾性係数との関係を整理し、既往の路床の弾性係数の推定方法との比較を行った。

2. 静的解析と動的解析の応答値の関係

まず、静的解析と動的解析による応答の差異を把握するために、静的解析で得られたたわみと動的解析で得られたたわみの最大値との比（以下、たわみ比と称す）を求めた。なお、本検討では D_0 および D_{1500} たわみに注目した。解析に用いた舗装構造モデルは、図-1 に示した 2 層モデルおよび 3 層モデルである。層厚は表-1 に示す通り、舗装計画交通量区分毎に 2 ケース設定し、表-2 に示す弾性係数の組み合わせに対して計算を行った。なお、載荷荷重は 49kN とし、動的解析では、周期 0.04s のハーバーサイン波の載荷波形を用いた。

図-2 は、 D_{1500} たわみのたわみ比を路床の弾性係数により整理したものである。同図より、 D_{1500} たわみのたわみ比は、路床の弾性係数の影響を大きく受け

ていることがわかる。なお、 D_0 たわみのたわみ比についても同様の傾向が得られることを確認した。そこで、この結果を基に、 D_0 たわみおよび D_{1500} たわみのたわみ比 K_i ($i=0, 1500$) を評価すると、以下の通りとなった。

$$K_0 = 0.096 \ln(E_s) + 0.3076 \quad (1)$$

$$K_{1500} = 0.1359 \ln(E_s) + 0.0588 \quad (2)$$

ここで、 E_s は路床の弾性係数[MPa]である。すなわち、動的解析によって得られるたわみを DD [mm]、静的解析によって得られるたわみを DS [mm] とすれば、静的解析の結果から動的解析の結果を以下の式より評価できる。

$$DD = K_i \cdot DS \quad (3)$$

なお、たわみ比の標準偏差を算定した結果、路床の弾性係数が大きくなるほど、標準偏差が小さくなること、また、 D_0 たわみのたわみ比の標準偏差は D_{1500} たわみのたわみ比の標準偏差より大きくなることが確認された。

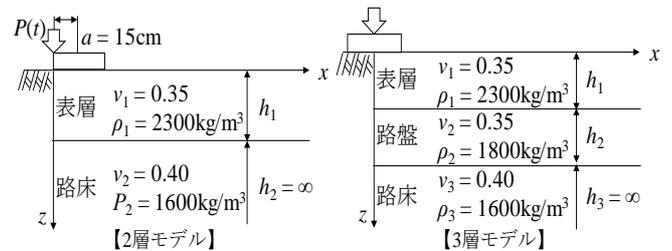


図-1 舗装解析モデル

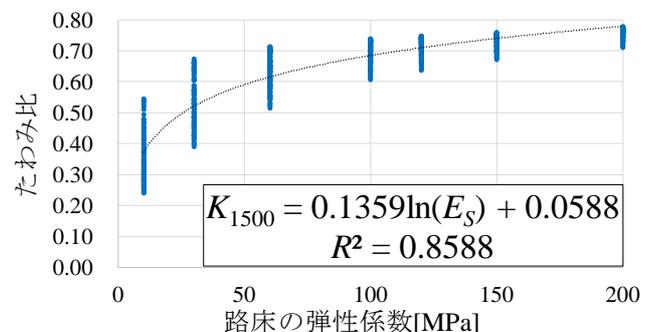


図-2 D_{1500} たわみのたわみ比

キーワード 舗装構造評価, FWD 試験, 動的解析, 路床の弾性係数

連絡先 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1 東京農業大学地域環境科学部生産環境工学科 TEL 03-5477-2342

表-1 層厚

舗装計画交通量区分	N1		N2		N3		N4		N5		N6		N7	
	case	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	5-2	6-1	6-2	7-1
h_1 [cm]	3	8	4	9	10	5	5	13	10	14	15	18	20	25
h_2 [cm]	12		12		13	25	38	20	50	43	60	55	75	62

表-2 弾性係数

表層 [MPa]	2000	5000	10000	
路盤 [MPa]	100	300	500	
路床 [MPa]	10	30	60	
	100	120	150	200

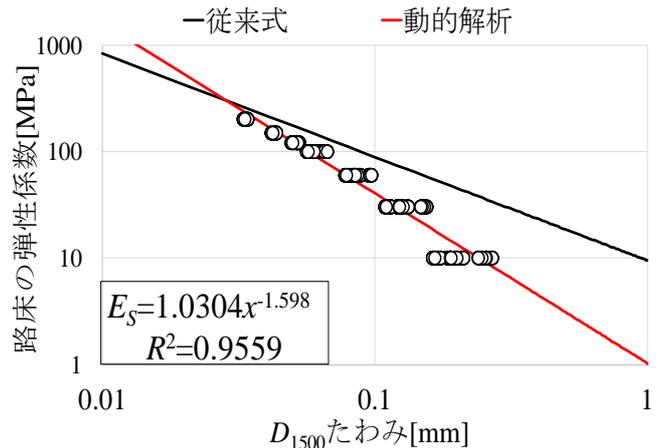
3. D_{1500} たわみと路床の弾性係数の関係

ここでは、 D_{1500} たわみと路床の弾性係数の関係を整理した結果を示す。なお、計算に用いた舗装モデルおよび解析条件は前項と同様とした。 D_{1500} たわみの最大値と路床の弾性係数の関係は、図-3 に示す通り、両対数軸上において、概ね線形関係が得られていることがわかる。そこで、その回帰直線を求め、文献2)に示されている従来の D_{1500} たわみと路床の弾性係数との関係（以下、従来式と称す）と比較した。同図より、 D_{1500} たわみが 0.04mm 以上になると、従来式では、路床の弾性係数を過大に評価していることがわかる。また、図-3(b)は、舗装計画交通量区分毎に、回帰直線を求めた結果を示しており、 D_{1500} たわみと路床の弾性係数の関係には、舗装計画交通量区分によって大きな差異があることがわかる。なお、舗装計画交通量区分毎の回帰式は、同図に併記した通りである。ここで、 E_s は路床の弾性係数[MPa]、 x は D_{1500} たわみ[mm]である。

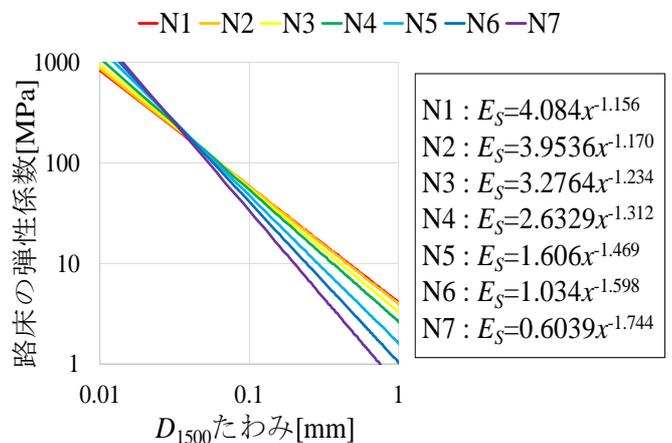
4. まとめ

本研究では、動的解析の結果に基づき、 D_{1500} たわみから路床の弾性係数を推定する方法について検討した。その結果、静的解析の結果に基づく従来式を用いて路床の弾性係数を評価すると、路床の弾性係数を過大に評価すること、また、路床の弾性係数は、舗装計画交通量区分毎に評価する必要があることが明らかとなった。今後は、動的解析の結果に基づいて、たわみやたわみ差から舗装各層の弾性係数を推

定する方法について検討を行うとともに、推定した結果の逆解析における初期値への適用性を検証する予定である。



(a) 従来式と動的解析の比較



(b)動的解析に基づく舗装計画交通量区分毎の結果

図-3 D_{1500} たわみと路床の弾性係数の関係

参考文献

- 1) 川名太, 久保和幸, 竹内康, 松井邦人: FWD 試験データの分析の高度化に関する提案, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), Vol.69, No2, pp.22-31, 2013
- 2) 公益社団法人 土木学会: 舗装工学ライブラリー 14 非破壊試験による舗装のたわみ測定と構造評価, p.29, 2015