

V-12 舗装各層と路床の弾性係数の推定に関する研究

長岡技術科学大学 学生員 ○川畑 年浩
 長岡技術科学大学 正会員 丸山 暉彦
 東亜道路工業(株) 正会員 阿部 長門

1: はじめに

FWD測定と多層弾性理論を用いることで、舗装各層の弾性係数の推定が可能となる。弾性係数の推定には、多層弾性解析プログラムELSA¹⁾をサブプログラムとして取り入れた非線形最小自乗法による逆解析プログラムLMBS²⁾を用いて行うことができる。しかし、与える弾性係数の初期値によっては、解が収束するまでに計算回数が多くなったり、場合によっては解が発散してしまうことがある。

本研究は、迅速かつ正確に弾性係数の推定を行うために、LMBSの初期値として入力する舗装各層及び路床の弾性係数の推定方法について、多数の舗装断面から求めた理論たわみを用いて検討行ったものである。

2: アスファルト混合物層の弾性係数の推定

FWD測定において、路面に荷重を載荷した時、舗装内部では図-1のように円錐状に荷重が分散すると考えられる。この荷重の影響する境界線を影響線と呼ぶことにする。この影響線内にある層が垂直方向に変形し、その合計変形量が表面たわみとして表れると考えられる³⁾。この荷重分散特性から、載荷点直下のたわみ D_0 は、全ての層の変形量の合計であり、載荷点より20cm離れた D_{20} は、路盤層、路床の変形量の合計となる。

このような考え方に立脚すると、たわみ差 $D_0 - D_{20}$ は表層及び基層のたわみを表している。そこで、たわみ差 $D_0 - D_{20}$ とアスコン層の弾性係数 E_1 及びアスコン層の層厚 h_1 ($E_1 * h_1$) の関係を調べた。その結果を図-2に示す。図-2より、たわみ差 $D_0 - D_{20}$ と $E_1 * h_1$ の関係は、両対数グラフ上ではほぼ直線関係にあることがわかる。さらに、検討を行ったところ、アスファルト安定処理層の有無により、傾きの異なるグループに分けることができ、それぞれのたわみ差 $D_0 - D_{20}$ とアスコン層の弾性係数及びアスコン層の層厚の積 ($E_1 * h_1$) の関係は、より強い相関を示した。

3: 路盤層・路床の弾性係数の推定

路盤層の弾性係数 E_2 、 E_3 の推定は、荷重分散特性及びたわみと各層の弾性係数 E 、層厚 h の関係から、路盤層の弾性係数 E_2 、 E_3 をそれぞれ従属変数とし、各センサ間のたわみ差を独立変数とする重回帰分析を行い、推定式を求めた。なお、舗装構造モデルは4層構造とした。また、舗装材料によって推定する弾性係数は大きく異なるので、上層路盤に粒調碎石、下層路盤にクラッシュランを用いた場合のみに限定して行った。

路床の弾性係数 E_4 の推定式には、既往の研究により判明している推定式³⁾とUllidtzの式を理論式とするAASHTOの推定式⁴⁾がある。

路床の弾性係数 E_4 を決定する要素としては、AASHTOの推定式から荷重 P 、半径 r 、たわみ d_r が考

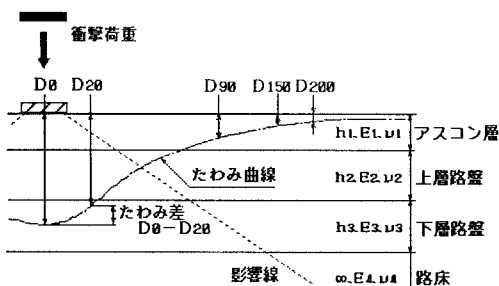


図-1 荷重分散とたわみ曲線

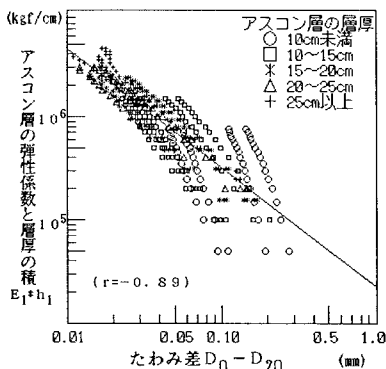


図-2 たわみ差 $D_0 - D_{20}$ とアスコン層の弾性係数と層厚の積 ($E_1 * h_1$) の関係

えられる。また、AASHTOの推定式では、路床の弾性係数 E_4 は、荷重 P に比例し、半径 r 、たわみ d_r に反比例していることから、荷重 P 、半径 r 、たわみ d_r の関数として表すことができる。

そこで、本研究は、路床の変形量を表していると考えられるたわみ D_{90} 、 D_{150} 、 D_{200} とそのたわみに対応する半径 r 、FWD測定に用いる荷重 P を独立変数とし、路床の弾性係数 E_4 を従属変数とする重回帰分析を行い、推定式を求めた。その結果、AASHTOの推定式と同様な推定式を得ることができた。

ここで、本研究から得られた推定式の推定結果の一例を図-3に示す。図-3において、理論値と本研究の推定式で求めた推定値を比較すると、各半径で推定値が異なっていることがわかる。これには、舗装厚が影響していると考えられるので、舗装厚と半径の関係を調べることにより、推定に最適な半径の検討を行った。その結果を図-4に示す。図-4より、推定に最適な半径は、舗装厚が厚くなると、荷重載荷点より遠くなることわかる。

4: 推定式の適用例

LMBSの弾性係数の初期値として、本研究から得られた推定式による推定値を用いた場合とランダムに与えた場合について、最終結果を得るまでの計算回数の比較を行った。その一例を図-5に示す。初期値をランダムに与えた場合は、平均平方誤差は安定せず、計算回数も多くなっているが、初期値に本研究の推定式で求めた推定値を与えた場合は、平均平方誤差の変動も小さく、最終結果を得るまでの計算回数も少なくなった。

5: まとめ

以上のことから結論をまとめる。

- (1)たわみと各層の弾性係数、層厚の関係から、アスコン層、上層路盤(粒調碎石)、下層路盤(クラッシュラン)、路床のそれぞれの弾性係数の推定式を求めた。
- (2)本研究で得られた推定式とLMBSを用いることにより、FWDの知識や経験度合いの有無に関係なく迅速かつ正確に舗装各層及び路床の弾性係数の推定が可能になった。

最後に、本研究をまとめるに当たり、多大な御協力を頂きたいわき市役所的小林重則氏(当時長岡技術科学大学生)に、厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 姫野賢治:「パソコンによる舗装の多層弾性構造解析」 アスファルト、VOL. 32、pp. 65-72、1989年10月
- 2) K. Himeno et al: The Use of FWD Deflection Data in Mechanistic Analysis of Flexible Pavements、3rd International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields、pp. 401-410、1990、7
- 3) 丸山暉彦、他:「FWDによる舗装診断システム」 舗装、第23巻、第11号、pp. 16-20、1988年11月
- 4) セメント協会: 舗装に関するAASHTO指針 1986年

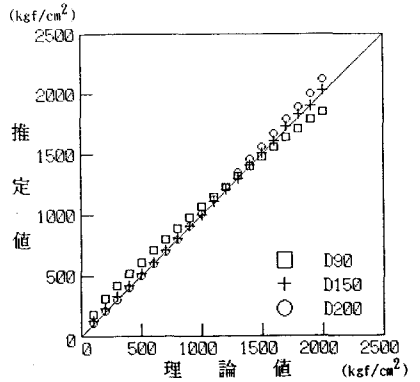


図-3 本研究から得られた推定式の推定結果

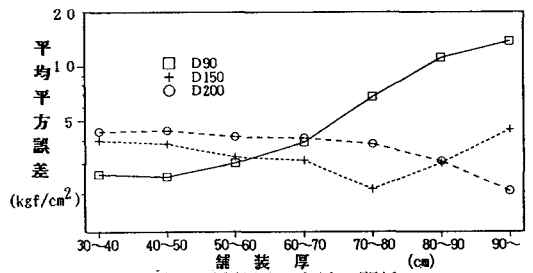
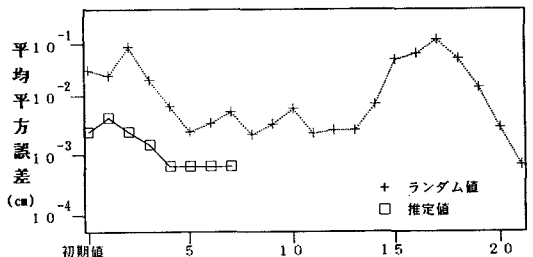


図-4 舗装厚と半径の関係



LMBSの計算結果(回)
図-5 初期値の弾性係数の違いによる計算回数の比較