

FWD 試験データによる舗装構造評価とその検証

東京電機大学 学生会員 細渕 貴弘
東京電機大学 正会員 マイナ・ジェームス

東京電機大学 学生会員 佐々木 靖雄
東京電機大学 フェロー会員 松井 邦人

1. はじめに

舗装の理論的構造評価法として、FWD 試験によって測定されたたわみデータを用いて逆解析を行い、舗装各層の弾性係数を推定する方法が一般的である。しかし、逆解析で求められる弾性係数は、種々な誤差の影響を受けることがわかっている。誤差には、舗装の実構造と解析モデルの違いで発生する系統誤差、測定値に含まれる偶然誤差、数値解析により発生する誤差などが考えられる。逆解析を行うとき、未知パラメータの初期値を仮定しなければならない。逆解析結果は当然これらの影響を受ける。逆解析結果が初期値によって変動するのであれば、その結果には疑問が生じる。逆解析が上記の誤差にあまり影響を受けないなら、その結果は比較的信頼できるものであろう。

本研究では、層厚を変えたとき、層厚誤差や初期値が逆解析結果にどのように影響するか数値シミュレーションにより検討する。

2. 解析条件

本研究では、順解析により理論的な時系列たわみデータを算出する。舗装構造は図-1のような3層構造のアスファルト舗装とする。図中に併記した値を真値と仮定する。ここで、アスファルトの層厚 X は、10~200mm の範囲で、10mm 単位の 20 種類とする。また、たわみデータを算出するに伴い、式(1)で得られる値を擬似的な FWD 荷重と仮定する。この荷重は直径 300mm の円形等分布荷重とする。

$$f(t) = 49 \sin^2(25\pi t) \quad [\text{kN}] \quad \cdots (1)$$

ここで、 t は時間を表し、 $t > 0.04\text{s}$ のとき $f(t) = 0 \text{ kN}$ とする。この条件で得られる荷重形状は図-2のようになる。

順解析により求まるたわみの算出点(センサー位置)は、載荷中心から 0mm, 200mm, 300mm, 450mm, 600mm, 900mm, 1500mm の 7 点とする。解析には松井研究室で開発した動的逆解析プログラム《DBALM97》を使用する。

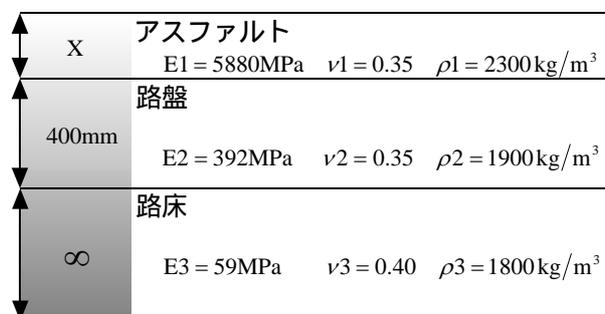


図-1 舗装構造

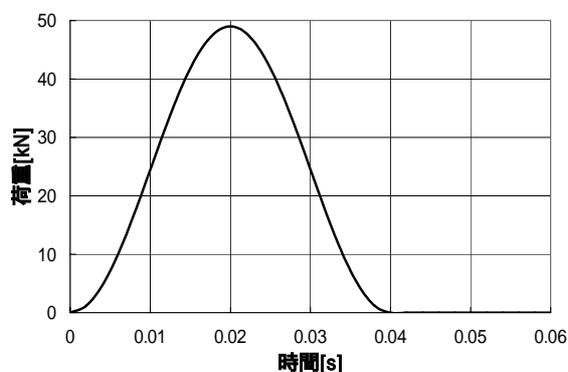


図-2 荷重形状

3. 解析結果

(1) 層厚の誤差

解析手順は以下の通りである。

- アスファルト層にのみ、各層厚に対する $\pm 1\%$ の層厚誤差を発生させる。
- a) の条件で順解析を行い、たわみを求める。
- b) で求めたたわみより逆解析を行い、得られた弾性係数と真値を比較し誤差率を求める。

結果として、 $+1\%$ の層厚誤差による弾性係数の誤差率を図-3に示す。横軸はアスファルトの層厚、縦軸は弾性係数の誤差率である。ここで、 $E1$ においては、 $X = 60\text{mm}$ で層厚誤差の影響はほとんど見られない。しかし、 $X = 70\text{mm}$ で極端に影響が大きくなり、誤差の影響が最大になる。その後、 X の値が増加するにつれて誤差の影響が減少する傾向が見られる。

一方、 $E2$ においては、 X が増加するにつれて誤差の影

キーワード：動的逆解析、逆解析弾性係数、初期値、層厚、誤差率、変動率

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 TEL: 0492(96)5731 内線(2734), FAX: 0492(96)6501

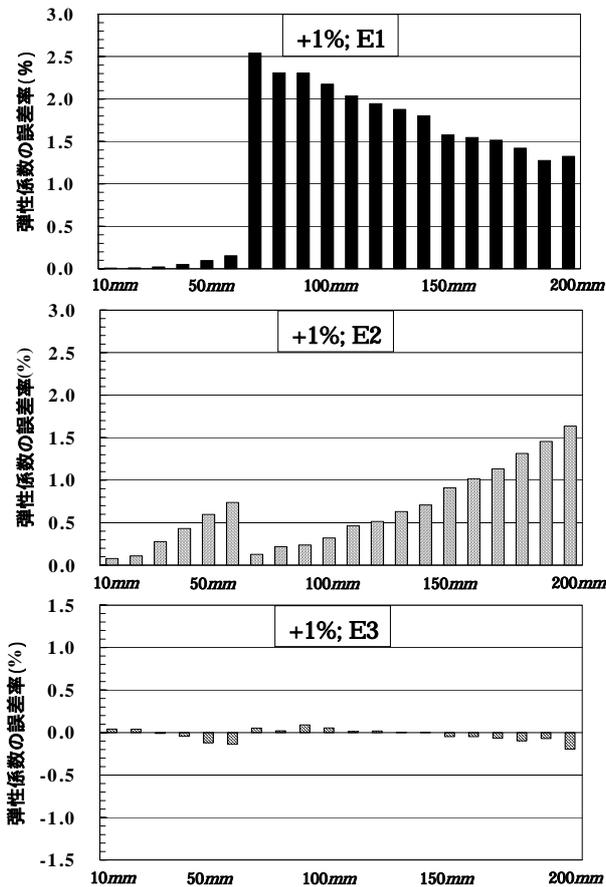


図 - 3 アスファルトの層厚誤差(+1%)
による弾性係数の誤差率

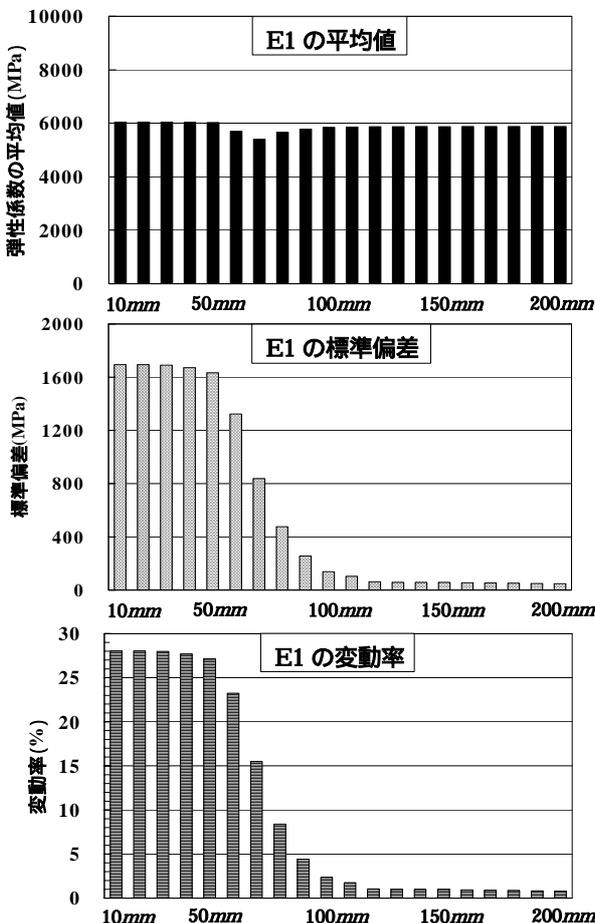


図 - 4 E1における初期値の依存度

響が増加する傾向が見られる。しかし、 $X=70\text{mm}$ で突然誤差の影響は減少し、その後、 X の値が増加するにつれて誤差の影響も増加する。また、E3においては、各層厚における層厚誤差の影響はほとんど見られない。

(2) 逆解析における初期値の依存度

解析手順は以下の通りである。

- a) 順解析によりたわみを算出する。
- b) 逆解析における E1 の初期値を、真値の $\pm 50\%$ にあたる $2940\text{MPa} < E1 < 8820\text{MPa}$ の範囲で、一様乱数により 100 個作成する。
- c) a) で得られたたわみと b) で得られた 100 個の初期値を用いて逆解析を行い、得られた弾性係数の標準偏差から変動率を求める。

上記の解析手順により求められた逆解析弾性係数の平均値、標準偏差、変動率を図 - 4 に示す。横軸はアスファルトの層厚である。ここで、弾性係数の平均値は層厚に関わらずほぼ一定であるが、 $X=70\text{mm}$ で最小となる。また、 X の値が小さくなるにつれ、逆解析弾性係数の変動率は大きくなり、およそ 28% である。言い換えると逆解析結果は初期値に大きく影響を受け、その信頼性は低下する。

一方、アスファルト層がある程度厚くなると逆解析弾性係数の変動率は小さくなり、真値に近い値で収束するので信頼できると言える。

4. 結論

- (1) アスファルトの層厚が小さい場合は、層厚の誤差は逆解析弾性係数にほとんど影響を及ぼさない。
- (2) アスファルトの層厚が大きくなると、層厚の誤差は逆解析弾性係数に影響を及ぼし、その傾向はアスファルト層と路盤で反比例する。
- (3) アスファルトの層厚が小さい場合は、逆解析弾性係数は初期値の依存度が高いため、逆解析によって舗装構造を評価することは困難であると予想される。
- (4) 実舗装を逆解析によって評価する場合は、逆解析弾性係数は初期値の依存性が小さいことを確認する必要がある。

[参考文献]

- ・土木学会 / 舗装機能の評価法 / 1992/5
- ・FWD 研究会 / FWD に関する研究 / 1993/8