

拡張ベイズ法による舗装弾性係数の逆解析 に関する基礎的研究

屠偉新¹・丸山暉彦²・高橋修³

¹学生会員 工修 長岡技術科学大学博士課程 材料工学専攻 (〒940-21 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

²正会員 工博 長岡技術科学大学教授 建設系 (〒940-21 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

³正会員 工修 長岡技術科学大学助手 建設系 (〒940-21 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

近年、FWD 測定技術および舗装の弾性係数を求める逆解析技術は急速に発展している。しかし、測定たわみの誤差および逆解析方法の不安定性が逆解析結果に大きな影響を及ぼすため、逆解析結果の信頼性と実用性が乏しい。この問題を解決するために、本研究は、ある弾性係数を事前情報とする拡張ベイズ法に基づいた逆解析方法の適用性について検討した。舗装の弾性係数の逆解析には、FWD 共通試験における実測データを用いた。拡張ベイズ法による弾性係数の逆解析結果は、装置間の変動係数が小さい。また、3層モデルと4層モデルによる逆解析結果もほぼ等しく、この解析方法の安定性および実用性を確認した。本研究では、逆解析における事前情報の影響についても考察した。その結果、事前情報の変動が逆解析結果に及ぼす影響は小さいことが分かった。

Key Words : FWD, NDT, backcalculation, asphalt pavement, Extended Bayesian Method, information criterion

1. まえがき

FWD による舗装の構造評価は、舗装表面に実際の交通荷重に類似した衝撃荷重を加え、その周辺の表面たわみを測定し、測定されたたわみに基づいて舗装の健全度を評価するものである¹⁾。この評価方法は通常、多層弾性理論に基づいて測定されたたわみから舗装を構成する各層の弾性係数を求めるもの、いわゆる逆解析によるものである。逆解析手法としては、最小二乗法などの最適方法^{2), 3), 4)}、データベース検索法⁵⁾あるいはノモグラフ法⁶⁾などがある。測定たわみに基づき逆解析によって得られた舗装の層弾性係数は、測定たわみの精度、解析方法の安定性に依存する。しかし、FWD 共通試験の結果を見ると、FWD による測定たわみは機種、測定条件による測定誤差が無視できない⁷⁾。また、逆解析の解の唯一性と不安定性などの問題も指摘されている⁸⁾。

松井ら⁹⁾はシミュレーションによってたわみの誤差が逆解析弾性係数に及ぼす影響について検討し、微小なたわみの誤差が逆解析された表層弾性係数および路盤弾性係数に大きな誤差を与えることを指摘した。著者ら¹⁰⁾はFWD 共通試験の実測データに基づいて最小二乗法による

逆解析を行い、逆解析弾性係数の信頼性について検討した。同一の測点において各FWD 装置による測定たわみの変動係数は8%以下であったが、これらのデータを用いた逆解析弾性係数は大きく異なっている。逆解析の結果、装置間の変動係数は数十パーセントにも達した。また、工学的に意味のない逆解析弾性係数がしばしば得られた。さらに、同じ実測データを用いたにもかかわらず三層モデルによる逆解析弾性係数と四層モデルによる逆解析弾性係数もかなり異なった結果となった。

以上のことから、機種、測定条件等によってたわみの測定誤差が存在し、舗装の逆解析においてはこのたわみの測定誤差が逆解析結果に大きな影響を与えることは明らかである。そこで、舗装の逆解析結果の信頼性を向上させるためには、測定たわみだけでなく舗装の各層弾性係数に影響を及ぼす舗装の構成、交通履歴および周辺環境等の因子を考慮し、安定した逆解析方法を開発することが不可欠であると考えられる。

本研究では、舗装に関する諸因子から舗装の層弾性係数の事前情報を利用する拡張ベイズ法に基づいて舗装の逆解析方法を検討した。さらに拡張ベイズ法による逆解析結果の実用性についても検討を行った。

2. 拡張ベイズ法による舗装弾性係数の逆解析

ベイズ法は測定情報と未知パラメータの事前情報を用いて、測定後のパラメータを推定する方法である。拡張ベイズ法は、ベイズ法に測定の情報と事前情報の不確定性を十分に考慮して発展させた方法であり、近年地盤工学や地下水の分野においてよく使われている^{11), 12)}。

アスファルト舗装は、一般的にアスファルト混合物と粒状の路盤で構成されている。アスファルト混合物の弾性係数は配合条件や温度に強く依存するものである。よって、測定現場の温度データなどを利用してアスファルト混合物の事前情報が得られる¹³⁾。また、粒状路盤の弾性係数は粒状材料の材質および安定処理方法などにかかわるものであり、測定される舗装に関するデータベースを利用して路盤の事前情報を得ることが可能である¹³⁾。このようなことから舗装の逆解析の問題においては拡張ベイズ法を利用することが有効であると考えられる。

(1) 拡張ベイズ法による舗装弾性係数の逆解析問題の定式化

拡張ベイズ法による舗装の逆解析は、測定たわみの情報および各層弾性係数の事前情報をもとにして舗装各層の弾性係数を解析するものである。各層弾性係数 \mathbf{E} は、式(1)に示す評価関数 J を最小にすることによって求められる¹⁶⁾。

$$J = (\mathbf{D} - \mathbf{Z}(\mathbf{E}))^T \mathbf{R}_D^{-1} (\mathbf{D} - \mathbf{Z}(\mathbf{E})) + \beta (\mathbf{E} - \mathbf{M})^T \mathbf{R}_M^{-1} (\mathbf{E} - \mathbf{M}) \quad (1)$$

ここで、 β はたわみ情報と弾性係数の事前情報との相対重み係数である（以下、事前情報の重み係数と呼ぶ）。また、 \mathbf{D} は FWD による測定たわみ、 \mathbf{Z} は計算たわみのベクトルであり、 \mathbf{M} は各層弾性係数の事前情報である。事前情報は、これまでの経験をふまえて舗装の構成材料および測定時の気温、路面温度などによって決められる。

式(1)における \mathbf{R}_D^{-1} はたわみの重み係数である。同様に、 \mathbf{R}_M^{-1} は各層弾性係数の事前情報の重み係数である。 \mathbf{R}_M^{-1} は、舗装を構成する各層材料の物性のばらつき具合によって決める¹⁰⁾。

この評価関数 J の最小化問題は通常、非線形最小二乗法あるいはカルマンフィルター法^{11), 14)}などで解くことができる。ここでは、非線形最小二乗法を用いて行った¹⁴⁾。

(2) 拡張ベイズ法による逆解析における最適 β の確定

事前情報の重み係数 β は、一般に情報量基準によって決められるものである。各種の情報基準によって、その決

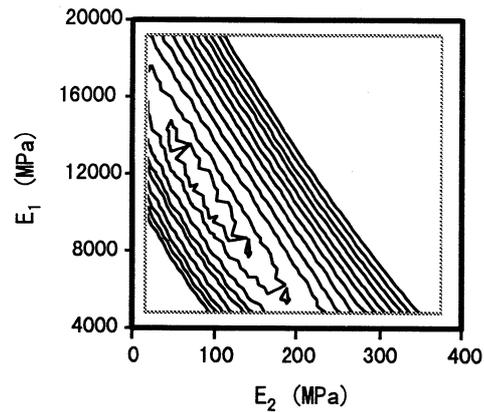


図-1 たわみのコンター図 (計算例)

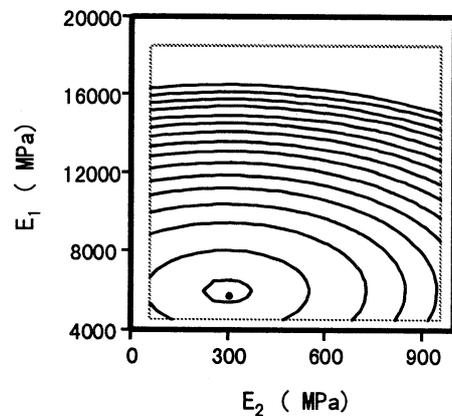


図-2 事前情報のコンター図 (計算例)

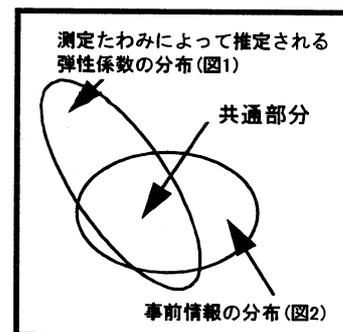


図-3 拡張ベイズ法のご概念図

め方はいくつか提案されている¹⁵⁾。

舗装弾性係数の逆解析は、図-1 に示す計算例のように直交性に乏しいために、逆解析の解は不安定となり、たわみ誤差によって逆解析の結果がばらつくことが分かっている。そのため、拡張ベイズ法による逆解析では、図-2 に示すような事前情報を加えて、安定した解析結果を求めることを目的とする。

拡張ベイズ法による舗装の逆解析においては、逆解析弾性係数は、図-3 に示すように事前情報の分布と測定たわみによって推定される弾性係数の分布が重なる部分（共通部分）によって推定されるものであると概念的に考えられる。この共通部分は、測定たわみと事前情報に含まれる舗装の弾性係数に関する共通情報量であり、一般に、測定たわみ及び弾性係数の事前情報に基づきベイズ法によって推定された舗装の各層弾性係数の分散、いわゆる事後分散で表される。したがって、本研究では、舗装弾性係数の事後分散を逆解析についての情報量基準とする。ここでは、情報量指数 I は、次のように事後分散 S_E の自然対数で表すことにする。

$$I(\beta) = \ln|S_E| \quad (2)$$

舗装の弾性係数の事前情報および測定たわみの情報が与えられた場合、舗装各層弾性係数の事後分散 S_E が式(3)に示すように得られる^{11), 14), 16)}。

$$S_E = \sigma_e^2 [\mathbf{H}^T \mathbf{R}_D^{-1} \mathbf{H} + \beta \mathbf{R}_M^{-1}]^{-1} \quad (3)$$

ここで、

$$\mathbf{H} = \left\{ \frac{\partial \mathbf{Z}}{\partial \mathbf{E}} \right\}_{\mathbf{E}=\hat{\mathbf{E}}}$$

$$\sigma_e^2 = (J/n)_{\mathbf{E}=\hat{\mathbf{E}}}$$

$\hat{\mathbf{E}}$: \mathbf{E} のベイズ推定値

n : たわみセンサーの数

m : 舗装の層の数

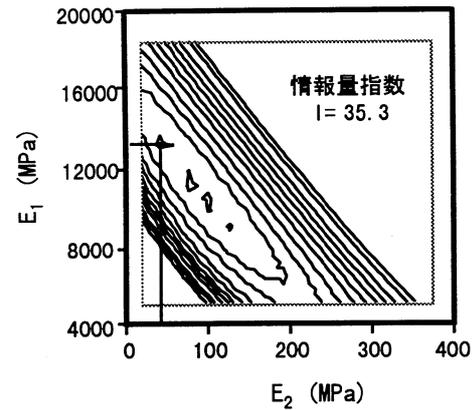
また、舗装弾性係数の事後分散 S_E の大きさは一般に事後分散行列の絶対値 $|S_E|$ で表せる。式(3)により、 $|S_E|$ は次のように書ける。

$$|S_E| = (\sigma_e^2)^m \cdot |\mathbf{H}^T \mathbf{R}_D^{-1} \mathbf{H} + \beta \mathbf{R}_M^{-1}|^{-1} \quad (4)$$

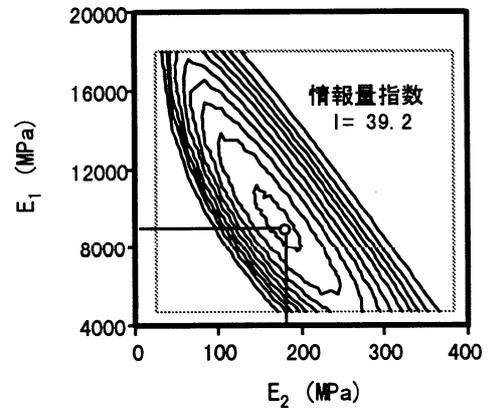
ここで、 $|\mathbf{H}^T \mathbf{R}_D^{-1} \mathbf{H} + \beta \mathbf{R}_M^{-1}|$ は $m \times m$ 行列式である。したがって、この事後分散 S_E に基づいて舗装の逆解析における情報量指数 I は式(5)のように書ける。

$$I(\beta) = \ln|S_E| = m \ln(J/n) - \ln|\mathbf{H}^T \mathbf{R}_D^{-1} \mathbf{H} + \beta \mathbf{R}_M^{-1}| \quad (5)$$

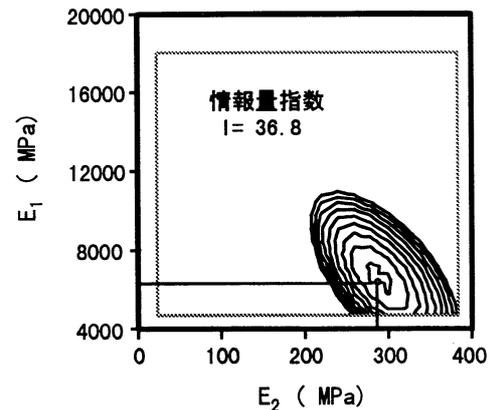
図-4 に示す計算例のように、 β が大きい場合は、事前情報の影響が大きい。逆解析結果はその影響によって、事前情報の中心に引張られ、逆解析の情報量指数 I が小さくなる。一方、 β が小さい場合には事前情報の影響が失われ、いくつかの極小点が現れるために、逆解析値が極小点に落ちて、逆解析の情報量指数 I が急速に小さくなる。したがって、事後分散を舗装の逆解析における情報量基準



(a) $\beta = 0.1$



(b) $\beta = 0.3$



(c) $\beta = 4.0$

図-4 β に伴う情報量の変化 (計算例)

とした場合、最適 β を得れば、解の安定性を保障し、たわみからの情報を最大限に利用することができる。

(3) 計算例

本研究に使用した測定データは、第2回 FWD 共通試験の測定結果である。この共通試験は1993年3月30日と

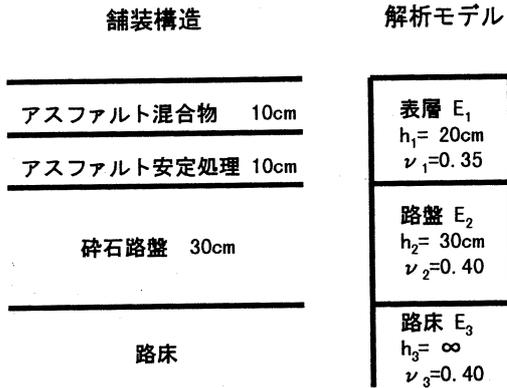


図-5 A工区の舗装構造及び解析モデル

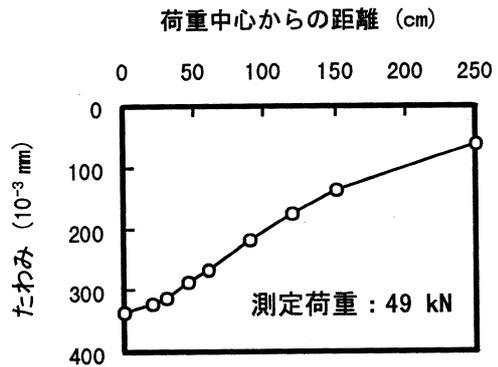


図-6 FWDによる測定結果

表-1 各層弾性係数の事前情報

項目	表層	路盤	路床
平均値 (MPa)	5900	290	69
標準偏差 (MPa)	1180	145	69
変動係数	20%	50%	100%

31日に建設省土木研究所の走行試験場で行われた⁷⁾。最大荷重、センサーの個数、位置、たわみ測定方式などが異なるFWD装置を集めて各種類の工区の測定が行われた。そのうち、A工区は、アスファルト安定処理路盤及び碎石路盤を有するアスファルト舗装である。この舗装構造を図-5に示す。各装置によるたわみの測定は計7回行われ、1回目のデータを除いた6組のデータを平均してその点の測定結果とした。

ここでは、A装置の測定データを用いてA工区を逆解析する。A装置による測定結果を図-6に示す。解析モデルは、図-5に示すような3層弾性モデルである。仮定した表層は10cmのアスファルト混合物層と10cmのアスファルト安定処理層で構成され、路盤は30cmの碎石路盤である。路床は山砂を含むロームである。各層の事前情報はアスファルト舗装要綱を参考にし、表-1のように設定した¹⁷⁾。

逆解析結果を図-7, 8に示す。この解析結果より、仮定された事前情報の重み係数 β が大きい場合に逆解析した表層、路盤弾性係数が事前情報の影響を強く受けており、路床弾性係数がこの影響を受けていないのが確認された。 β が小さくなるとともに測定たわみの情報が逆解析結果に及ぼす影響は大きくなり、情報量指数Iも上昇する。 β が0.3のときに情報量指数Iは最大となった。その後 β が小さくなるとともに事前情報の影響が小さくなり、情報量指数Iが速やかに減少することを示している。

なおここで、 β の最適値について説明しておく。拡張ベ

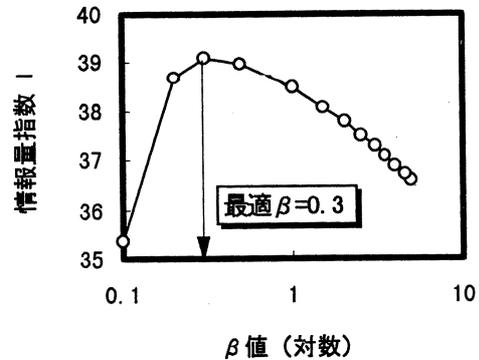


図-7 β に伴う情報量指数Iの変化

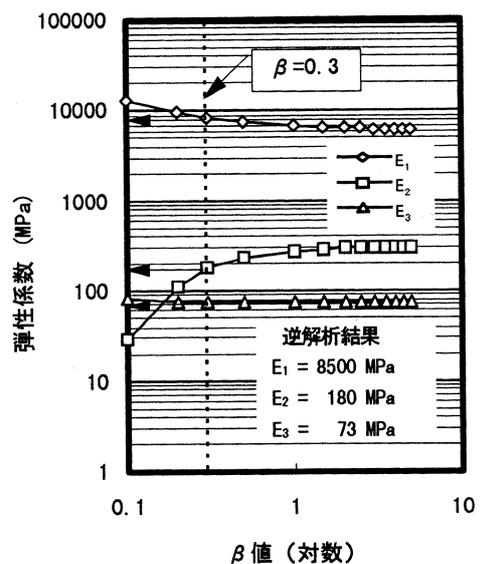


図-8 A工区の逆解析結果

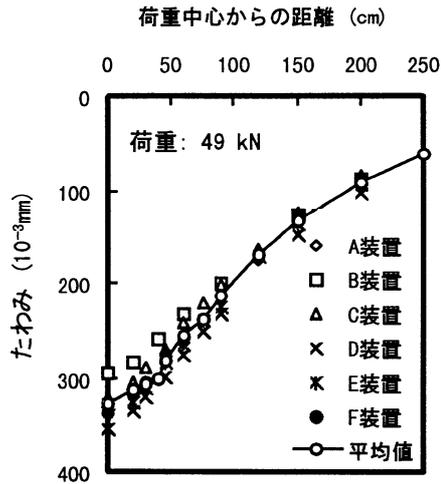


図-9 各装置による測定結果

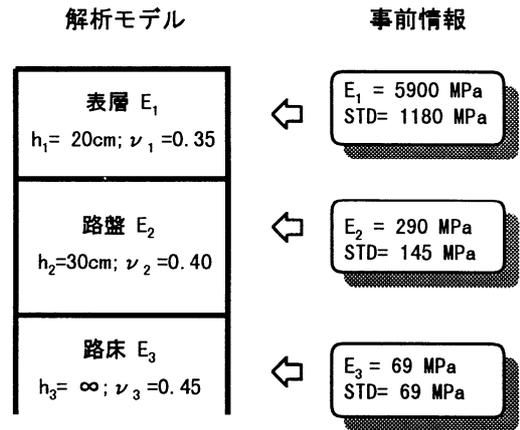


図-10 3層の解析モデル

イズ法を用いる舗装の逆解析においては、舗装の構成、たわみセンサーの位置及び各装置による測定たわみの誤差によって最適 β が必ず一定の値とならない。そのため、各問題に当たって β の最適値を求めることが必要である。

3. 拡張ベイズ法による舗装弾性係数の逆解析の信頼性

拡張ベイズ法による舗装弾性係数の逆解析は測定たわみおよび各層弾性係数の事前情報に基づいて行うものである。したがって、逆解析結果の信頼性は実測たわみの精度と各層弾性係数の事前情報の精度に依存している。実測たわみはFWDによる測定値であり、測定装置の種類などの違いによって各装置で測定した結果には測定誤差が存在する。また、舗装の弾性係数に関する事前情報は舗装の材料構成、測定時の気温などに基づいて総合的に判断するものである。したがって、拡張ベイズ法による逆解析結果の信頼性を把握するために、たわみの測定誤差および事前情報の変動が逆解析結果に及ぼす影響を調べることが必要である。

(1) 実測たわみの誤差が逆解析結果に及ぼす影響

ここでは、第2回FWD共通試験でのA工区における各種FWD装置の測定結果を用い、拡張ベイズ法によってA工区を逆解析する。各装置の逆解析結果を比較することによって、たわみの測定誤差が逆解析結果に及ぼす影響を評価する。また、拡張ベイズ法による方法の実用性を評価するために、最小二乗法によっても同様に行い、結果を比較した。

各装置の測定たわみを図-9に示す。測定たわみの装置間の変動係数は4.0~7.5%である。これらのデータを用

表-2 拡張ベイズ法によるA工区の逆解析結果(3層)

装置号	逆解析弾性係数 (MPa)		
	E_1	E_2	E_3
A	8500	180	74
B	9800	390*	75
C	8300	270	76
D	9100	250	65
E	8800	250	70
F	9200	210	74
平均値	9000	240	73
標準偏差	530	39	4
変動係数	5.9%	17.1%	6.1%

表-3 最小二乗法によるA工区の逆解析結果(3層)

装置号	逆解析弾性係数 (MPa)		
	E_1	E_2	E_3
A	15000	25	77
B	17000	43	76
C	13000	42	76
D	13000	77	66
E	13000	51	67
F	12000	62	73
平均値	14000	50	73
標準偏差	1800	18	5
変動係数	12.4%	36.3%	6.9%

いてA工区の逆解析を行った。逆解析モデル及び事前情報を図-10, 11に示す。

拡張ベイズ法に基づいた3層モデルと4層モデルの逆解析結果を表-2, 4に示す。表中の「*」が付いたB装置の碎石路盤の弾性係数は他の装置よりも大きい。各装置の逆解析結果はほぼ一致している。

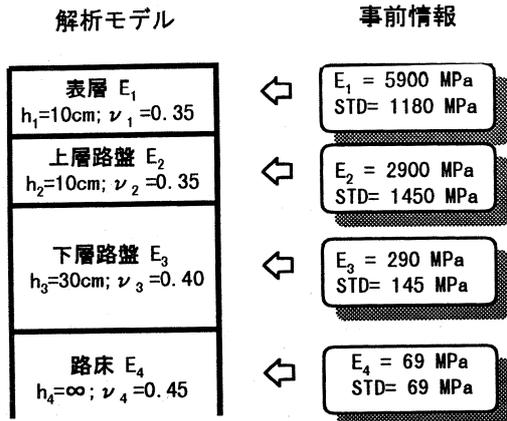


図-11 4層の解析モデル

表-4 拡張ベイズ法によるA工区の逆解析結果 (4層)

装置号	逆解析弾性係数 (MPa)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	9700	7700	170	75
B	11000	8500	410*	74
C	9800	7900	240	76
D	9300	7300	290	64
E	9800	8000	230	70
F	11000	8700	180	74
平均値	9800	8000	220	73
標準偏差	610	530	51	5
変動係数	6.2%	6.6%	23.3%	6.6%

表-5 最小二乗法によるA工区の逆解析結果 (4層)

装置号	逆解析弾性係数 (MPa)			
	E_1	E_2	E_3	E_4
A	3700	69000	18	86
B	**	**	**	**
C	2600	71000	25	83
D	14000*	1300*	77	66
E	2500	74000	36	70
F	3500	40000	190	69
平均値	3100	63651	70	75
標準偏差	620	15642	72	9
変動係数	20.2%	24.6%	103.4%	12.6%

この解析結果より、測定たわみの変動係数が4.0～7.5%の場合では逆解析弾性係数の変動係数はアスファルト混合物の表層、アスファルト安定処理の上層路盤および路床が7%以下であり、碎石路盤が17～24%であった。これらの結果のばらつきは実用に対して十分であると考えられる。

また、3層モデルと4層モデルの逆解析結果を比較すると、路床と碎石路盤の逆解析結果はほぼ等しい。4層モデルでは、厚さ10cmのアスファルト混合物の表層弾性係

数は9800 MPa、10cmのアスファルト安定処理碎石の上層路盤が8000 MPaである。それらを一層に換算した等値換算弾性係数が8900 MPaである。3層モデルではこれらのアスファルト混合物とアスファルト安定処理碎石を一層とした表層弾性係数が9000 MPaであり、4層モデルのものとはほぼ等しい。これらのことから、拡張ベイズ法による3層モデルと4層モデルの逆解析結果はほぼ等しいと言える。

最小二乗法に基づいた3層モデルと4層モデルの逆解析結果を表-3,5に示す。表中の「**」が付いた装置の逆解析は収束せず、また、「*」が付いた装置の逆解析結果は他の装置と著しく異なる。

拡張ベイズ法による逆解析結果と比較すれば、最小二乗法による結果は変動係数が大きく、3層モデルと4層モデルの結果が大きく異なっていることが明らかになった。

以上のことから、拡張ベイズ法による舗装の逆解析は最小二乗法と比較すれば、安定性が高く、たわみの測定誤差による影響は少なくなると考えられる。

(2) 事前情報の変動による逆解析結果の影響

次に事前情報の変動が逆解析に与える影響について検討する。ここでは、これまでの逆解析結果のばらつき具合によって3層モデルの逆解析における各層の事前情報を変動させ、A装置の測定データを用いてA工区の逆解析を行い、各事前情報の変動による逆解析結果の影響を検討する。

a) 表層の事前情報の変動による影響

表層の事前情報の変動による逆解析結果の影響を調べるため、路床と路盤の事前情報を一定とし表層の事前情報を5900～7800 MPaの間で変動させ、逆解析を行った。逆解析結果を図-12に示す。表層弾性係数の事前情報を5900～7800 MPaとした場合、逆解析で得られた結果は表層弾性係数が8500～9300 MPa、路盤弾性係数が175～167 MPaである。路床弾性係数は74 MPaと変わらない。この解析結果から、表層弾性係数の事前情報の変動は表層および路盤弾性係数の逆解析結果に影響を及ぼす。しかし、この影響は小さく、実用には問題にならないことが分かった。

b) 路盤の事前情報の変動による逆解析結果の影響

路盤の事前情報の変動による逆解析結果の影響を調べるため、表層と路床の事前情報を一定とし路盤の事前情報を150～440 MPaの間で変動させ、逆解析を行った。逆解析結果を図-13に示す。

逆解析で得られた結果は表層弾性係数が8900～7900 MPa、路盤弾性係数が150～220 MPa、路床弾性係数が75～74 MPaである。路盤弾性係数の事前情報の変動による逆解析結果の影響は小さい。

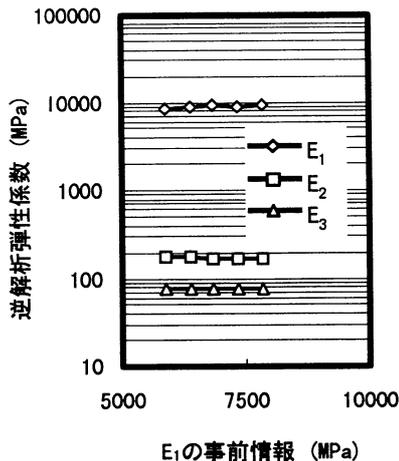


図-12 表層の事前情報による逆解析結果の影響

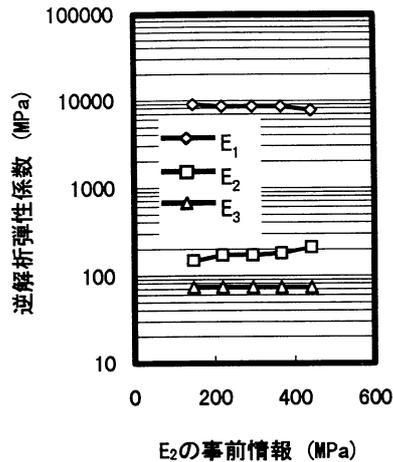


図-13 路盤の事前情報による逆解析結果の影響

c) 路床の事前情報の変動による逆解析結果の影響

路床の事前情報の変動による逆解析結果の影響を調べるため、表層と路盤の事前情報を一定とし路床の事前情報を 34~103 MPa の間で変動させ、逆解析を行った。逆解析結果を図-14 に示す。得られた逆解析結果は完全に同じである。この結果より、路床の事前情報の変動は表層、路盤及び路床の各層弾性係数の逆解析結果に対して影響を与えないことが分かった。

以上の解析結果より以下のことが言える。

拡張ベイズ法による舗装弾性係数の逆解析においては、路床の事前情報は舗装弾性係数の逆解析結果に影響を与えない。表層と路盤の事前情報の変動による影響は多少ある。しかし、これらの影響は小さく、実用には問題にならない。

4. 結論

本文は拡張ベイズ法に基づいた舗装弾性係数の逆解析方法の適用性について検討し、第2回 FWD 共通試験の A 工区の実測データを例にして舗装弾性係数の逆解析を行い、逆解析における実測たわみの誤差の影響と事前情報の影響について考察した。本研究の結論をまとめると以下のとおりである。

- (1) 拡張ベイズ法による舗装弾性係数の逆解析は、測定たわみと舗装に関する事前情報を有効に利用できるため、最小二乗法による逆解析よりも解の安定性が高い。
- (2) 拡張ベイズ法による舗装弾性係数の逆解析結果は、装置間の変動係数が小さい。また、3層モデルと4層モデルによる逆解析結果もほぼ等しい。これにより、この解析方法は実用性があると考えられる。

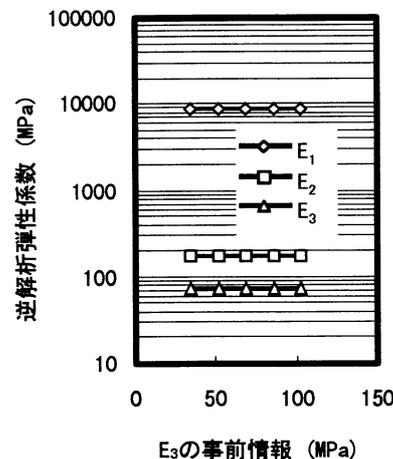


図-14 路床の事前情報による逆解析結果の影響

- (3) 拡張ベイズ法による舗装弾性係数の逆解析においては、事前情報の変動は逆解析結果に影響を与えている。しかし、これらの影響は小さく、実用には問題にならない。

舗装弾性係数の逆解析では、事前情報を利用する拡張ベイズ法を使用することにより、結果の信頼性及び実用性の向上にとって有効であると考えられる。しかし、この方法を実用化させるためには、適当な事前情報システムの構築が今後の研究課題として残されていると考えられる。

謝辞：本研究で用いた FWD による測定データは FWD 研究会から提供して頂いたものであり、ここに感謝の意を表します。また、本研究を行うに当たり岐阜大学の本城勇介助教授には有益な御助言をいただき、併せて感謝の

意を表します。

参考文献

- 1) 丸山暉彦, 阿部長門, 雑賀義夫, 姫野賢治: FWDによる舗装の構造評価および補修設計システムの開発, 土木学会論文集, No. 484/V-22, pp. 61-68, 1994.
- 2) Himeno, K., Maruyama, T., Abe, N. and Hayashi, M.: The use of FWD deflection data in mechanistic analysis of flexible pavements, *Third International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields*, Trondheim, Norway, 1990.
- 3) 松井邦人, 佐藤直俊: 舗装構造の逆解析のための改良 Gauss-Newton 法, 土木学会論文集, No. 478/V-21, pp. 141-144, 1993.
- 4) Sivanesarwan, N., Kramer, L., and Mahoney, J.: Advanced backcalculation using a nonlinear least squares optimization technique, *Transportation Research Record 1293*, pp.93-101, 1991.
- 5) Chou, Y. J., and Lytton, L.: Accuracy and consistency of backcalculated pavement layer moduli, *Transportation Research Record 1293*, pp.72-85, 1991.
- 6) Kasahara, A., Kubo, H., and Sugawara, T.: Estimation of in situ elastic moduli of pavement structural layer with Falling-Weight-Deflectometer deflection basin, *Proceedings of 6th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements*, Vol.1, USA, 1987.
- 7) FWD 研究会: FWD に関する研究(その2), 1995.
- 8) Kameyama, S., Himeno, K., Maruyama, T. and Nishizawa, T.: Uniqueness of backcalculated moduli of pavement structure, *Second International Conference on Road&Airfield Pavement Technology*, Singapore, 1995.
- 9) Matsui, K., Inoue, T. and Sampei, T.: Reflection of model and measurement errors on stiffness estimates, *Proceedings of the 7th International Conference on Asphalt Pavements*, 1992.
- 10) Tu, W. X., Maruyama, T., Takahashi, O. and Hayashi, M.: Reliability in FWD back-calculated moduli, *Second International Conference on Road & Airfield Pavement Technology*, Singapore, 1995.
- 11) 本城勇介: 拡張ベイズ法を用いた軟弱地盤上の盛土の逆解析, 日科技連・第7回計算シンポジウム, 1993.
- 12) 本城勇介, 森嶋章: 地下水浸透解析モデルのパラメーター推定: 推定の不確実生徒その予測への影響, 土木学会論文集, 第400/III-10, pp. 215-224, 1988.
- 13) Rada, G. R., Richter, C. A. and Jordahl, P.: SHRP's layer moduli backcalculation procedure, *Nondestructive Testing of PAVEMENTS and Backcalculation of Moduli, STP1198*, pp.39-51, 1995.
- 14) 佐藤忠信: 地盤工学における逆解析 3. 逆解析の手法, 土と基礎, 43-5(448), pp. 67-72
- 15) 鈴木義一郎: 情報量基準による統計解析入門, 講談社サイエンティフィク, 1995.
- 16) 武者利光, 岡本良夫: 逆問題とその解き方, オーム社, 1994.
- 17) 日本道路協会: アスファルト舗装要綱, 1985.

BACKCALCULATION OF PAVEMENT LAYER MODULI USING EXTENDED BAYESIAN METHOD

Weixin TU, Teruhiko MARUYAMA, Osamu TAKAHASHI

FWD testing and backcalculation have been conducted on pavement evaluation for many years. However, none of the existing backcalculation procedure is guaranteed to give reasonable moduli values for every deflection basin measured. To increase the precision of the backcalculation moduli, a new backcalculation procedure based on Extended Bayesian Method (EBM) was described in this paper. The advantage of EBM is to utilize prior information of pavement layers, as well as deflection for backcalculation of pavement. The practical backcalculation of FWD common test measurements indicates that the layer moduli of pavement can be estimated properly by this procedure, and the results are stable and reasonable. Finally, the influence of prior information on backcalculated results is also discussed.