

積雪寒冷地における理論的設計法に関する一考察

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○安倍 隆二
 (独) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 田高 淳
 (株) ブコーシャ 正会員 久保 裕一

1. はじめに

「舗装の構造に関する技術基準」が国土交通省より示され、性能規定スタイルが導入された。性能規定化により設計方法の自由度が増し、理論的設計法によって設計された舗装断面でも、性能指標値を満足すれば設計断面として採用されることが可能となった。本研究は、積雪寒冷地におけるアスファルト舗装の理論的設計法の確立を目指し、道路舗装への適用を検討するものである。

本報告では、FWD 試験から得られた舗装表面たわみデータを用いて、静的および動的逆解析プログラムを使用して舗装各層の弾性係数を算出した。更に、逆解析した弾性係数の妥当性を検証するために、求められた弾性係数を多層弾性解析プログラムに代入して、順解析により FWD 載荷による解析ひずみを算出し、埋設したひずみ計による実測ひずみと比較検討を行った。

2. 研究概要

FWD 試験は、一般国道 238 号稚内市に施工した試験舗装区間で実施した。試験施工断面を図-1 に示す。試験施工工区は、 T_A 法や多層弾性理論による設計断面を設けている。尚、試験工区の各断面には、As 混合物層下面に引張ひずみ計、路床上面に変位計を埋設してある。

東京電機大学の松井教授が作成した静的逆解析プログラム (BALM) および動的逆解析プログラム (D-BALM) を用い、平成 15~18 年に計測した FWD 試験による舗装表面たわみのデータを逆解析して、舗装各層の弾性係数を算出した。両者の解析手法を表-1 にまとめた。逆解析の基本的な考え方は解析たわみと測定たわみが良く一致するように各層の未知パラメータ (弾性係数と減衰係数) を求めている。入力値である表面たわみは、図-2 に示すように静的逆解析では各センサーのたわみピーク値を入力する。一方、動的逆解析では、たわみの経時変化を入力して逆解析を実施している。

3. 研究結果

図-3 に、逆解析により算出した As 混合物層の弾性係数を示す。逆解析で求めた弾性係数は、ほとんどの解析値が

	1 工区	2 工区	3 工区	4 工区	5 工区	6 工区
設計方法	多層弾性理論 T_A 法	多層弾性理論	T_A 法	多層弾性理論	多層弾性理論	T_A 法
設計期間	3年設計(多層弾性) 4年設計(T_A 法)	25年設計	20年設計	20年設計	20年設計	20年設計
信頼性	信頼性50%	信頼性50%	信頼性90%	信頼性90%	信頼性90%	信頼性90%

層	1 工区	2 工区	3 工区	4 工区	5 工区	6 工区
舗装構成	4+5=9cm	4+5=9cm	4+6+5=15cm	4+5+5+4=18cm	4+5+5+6+7=27cm	4+5+5+6+6=26cm
路盤	71cm	71cm	100cm	62cm	53cm	60cm
舗装+路盤	80cm	80cm	115cm	80cm	80cm	86cm

図-1 試験施工箇所の舗装構成

表-1 静的・動的逆解析の概要

	静的逆解析 プログラム BALM	動的逆解析 プログラム D-BALM
解析理論	Gauss-Newton法	有限要素法
入力条件	<舗装構造条件> ①舗装厚 ②各層の弾性係数初期値 ③各層のポアソン比 <FWD試験条件> ①載荷荷重 ②載荷盤半径 ③たわみの最大値	<舗装構造条件> ①舗装厚 ②各層の弾性係数初期値 ③各層のポアソン比 ④各層の密度 ⑤減衰定数の初期値を決定するための比例定数 <FWD試験条件> ①載荷荷重の時間変化 ②載荷盤半径 ③たわみ値の時間変化
入力したたわみ値	3回の載荷のうち 3回目のたわみピーク値	3回の載荷のうち 3回目のたわみ変化
計算回数	最大100回	最大100回

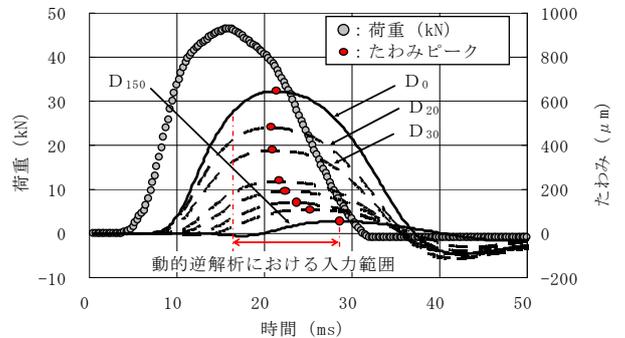


図-2 FWD 試験による舗装表面たわみ

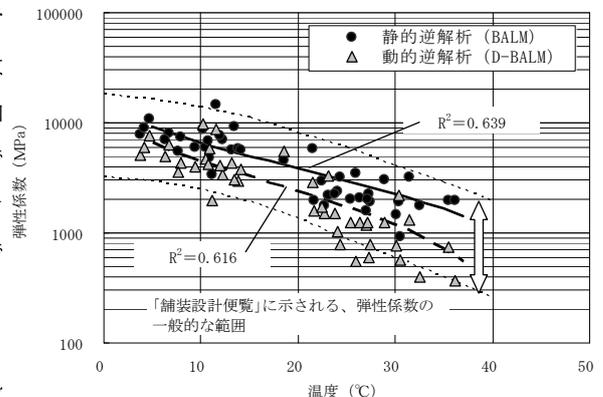


図-3 As 混合物層の弾性係数

キーワード：積雪寒冷地，多層弾性理論，逆解析，FWD 試験
 連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1-3-1-34 TEL：(011)841-1747 FAX：(011)841-9747

「舗装設計便覧」に示されている一般的な弾性係数の範囲となり、範囲の下限を下回ったのはAs混合物層が比較的薄い1, 2工区であった。回帰式の相関係数は、静的・動的ともに差はなく0.8程度である。一方、路盤、路床の弾性係数は、それぞれ200MPaと60MPa程度であり、温度依存性は見られない結果となった。

逆解析で算出した弾性係数を用いて、順解析により求めた解析ひずみと実測ひずみについて、As混合物層下面における比較結果を図-4に、路床上面における結果を図-5にそれぞれ示す。実測ひずみと解析ひずみ関係は、As混合物層厚が比較的厚いAs舗装厚10cm以上の工区で相関係数0.9以上と高い精度を示した一方で、As混合物が比較的薄い10cm未満の工区では、両者の相関係数は0.2以下であった。

静的に逆解析した解析ひずみは、動的に解析したひずみより小さい傾向にあるが、これは静的に逆解析した弾性係数が、動的逆解析より大きくなるためである。実測ひずみに対する解析ひずみの解析精度は、静的逆解析が動的逆解析より多少高い値を示した。一方、路床のひずみは、図-5に示すようにAs混合物層が薄くなるほど精度が低下するが、逆解析手法の違いによる差はあまり見られない。

As混合物層下面の引張ひずみについて、舗装厚10cm以上の工区のデータを用い、実測ひずみに対する解析ひずみの比率の関係を図-6にまとめた。静的逆解析による弾性係数を用いた場合、順解析により得られる解析ひずみは、実測ひずみの60~90%と小さな値を示し、メジアン(中央値)も77%となる。一方、動的逆解析から求めた弾性係数を用いた場合は、ばらつきは大きいものの、メジアン(中央値)はほぼ100%を示した。このことから、FWD試験結果である表面たわみを逆解析する場合、動的に逆解析したものは静的に逆解析したものより、実測値を中心にデータが均等に分散していることがわかる。しかし、解析のばらつきは静的逆解析より大きな傾向となっていることから、今後は動的逆解析を安定して解析できる手法や工夫が更に必要と考えられる。

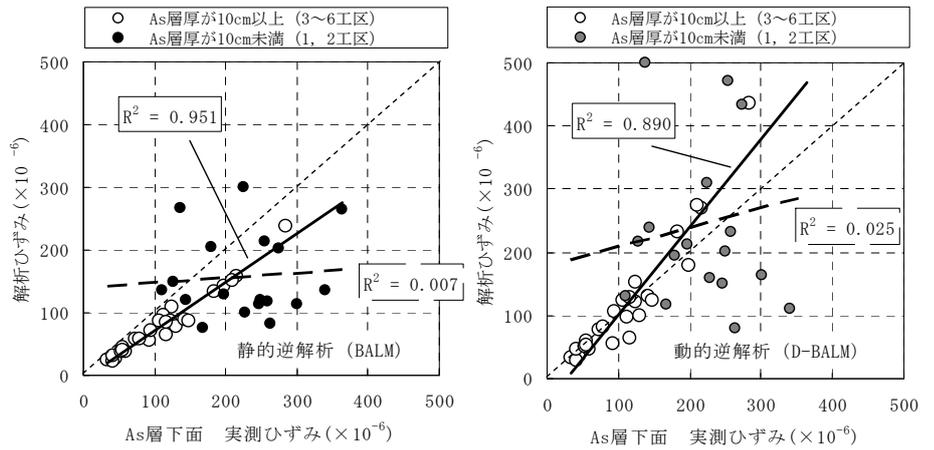


図-4 As層下面の引張ひずみにおける実測ひずみと解析ひずみの比較

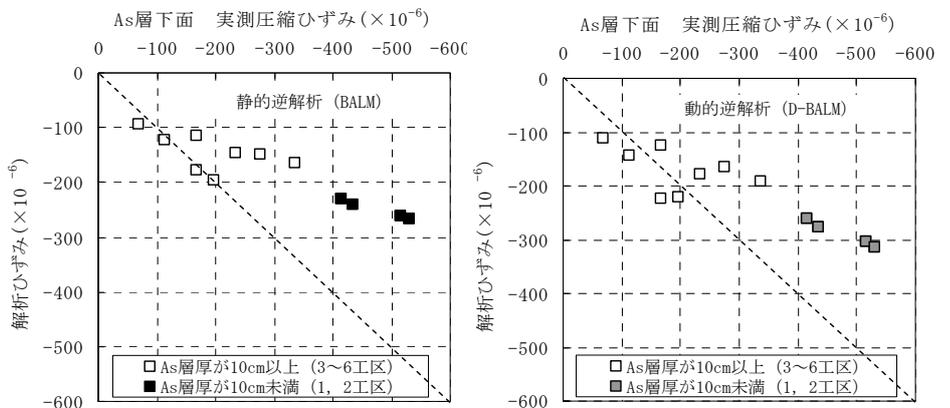


図-5 路床上面の圧縮ひずみにおける実測ひずみと解析ひずみの比較

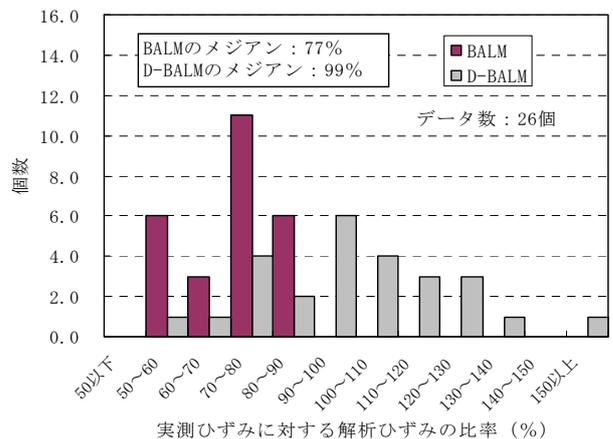


図-6 実測ひずみに対する解析ひずみの比率