

逆解析手法の違いによるひずみおよび破壊回数の比較検討

鹿島道路技術研究所	正会員	神谷 和明
同 上	正会員	金井 利浩
同 上	正会員	東 滋夫
東京電機大学	フェロー会員	松井 邦人

1. はじめに

舗装ストックの増大にともない維持修繕計画を立案するうえで、アスファルト舗装の供用性を迅速かつ正確に予測することが重要な課題となっている。FWDによって測定されたたわみ量から舗装寿命を推定するにあたっては、舗装を構成している各材料の弾性係数を逆解析により推定し、その結果を入力パラメータとして順解析を行い、各種ひずみを算定するのが一般的である。逆解析の方法には、FWD測定で得られる時系列データからピーク値のみを抽出して用いる静的逆解析法（以下、静的法）と時系列データをそのままの形で利用する動的解析法（以下、動的法）がある。しかし、両者の解析結果は必ずしも一致するとは限らない。そこで本報では、両逆解析法で得られた弾性係数の差異が、応答ひずみや破壊回数にどのような影響を与えるかについて検討した結果を報告する。

2. 試験ピットと測定要領

- (1) 所在地：埼玉県北葛飾郡栗橋町（鹿島道路機械センター構内）
- (2) 試験ピットの断面：図-1に示すD交通対応の舗装断面
- (3) 载荷条件：舗装区間の中央部、49kN载荷
- (4) 測定頻度：原則として2ヶ月に1回（1996年8月～1997年8月）
- (5) 温度測定：1時間毎に舗装体内部温度と気温を自動記録（図-1参照）

3. 解析方法

3-1. 逆解析法

逆解析に用いたプログラムは修正BALM（静的法）とDBALM（動的法）（いずれも東京電機大学にて開発）である。解析モデルは静的・動的法とも、アスファルト混合物層（アスファルト安定処理層を含む）、上層路盤、下層路盤、および路床の4層モデルとした（各層の弾性係数をそれぞれE1、E2、E3、E4とする）。なお、静的法においては、 $E2=3.15 \times E4$ 、 $E3=1.55 \times E4$ の関係を事前情報¹⁾として与えた。

3-2. ひずみの算出方法

ひずみは弾性係数の算出に用いた逆解析と同じアルゴリズムの順解析により算出した。ただし、動的法についてはデータが時系列であるため、破壊回数の算出に必要なアスファルト混合物層下面の引張りひずみ ε_{as} 、路床上面の圧縮ひずみ ε_{sg} とも時系列的に変化することから、ここでは各ひずみのピーク値を用いて、これにより破壊回数を求めた。

3-3. 破壊回数の算出方法

米国アスファルト協会（A I）の提案しているアスファルト混合物層の疲労ひびわれ（式（1））と全層圧縮による変形（式（2））に関する2つの規準式により、それぞれ破壊回数 N_{as} および N_{sg} を求めた²⁾。なお、式（1）中のMはアスファルト混合物の空隙率(V_v)とアスファルト容積率(V_b)による補正係数であり、ここでは実際の混合物性状より $M=0.417$ とした。

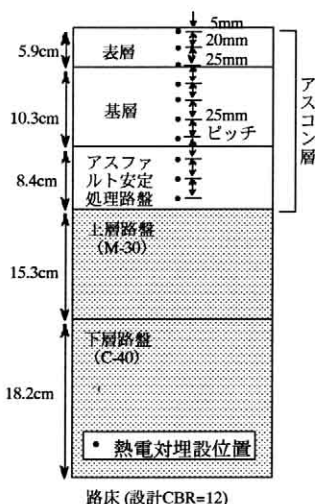


図-1 試験ピットの断面

$$N_{as} = 18.4 \times 10^M \times \frac{6.167 \times 10^{-5}}{\varepsilon_{as}^{3.291} \times E_1^{0.854}} \dots (1)$$

$$N_{sg} = \frac{1.365 \times 10^{-9}}{\varepsilon_{sg}^{4.477}} \dots (2)$$

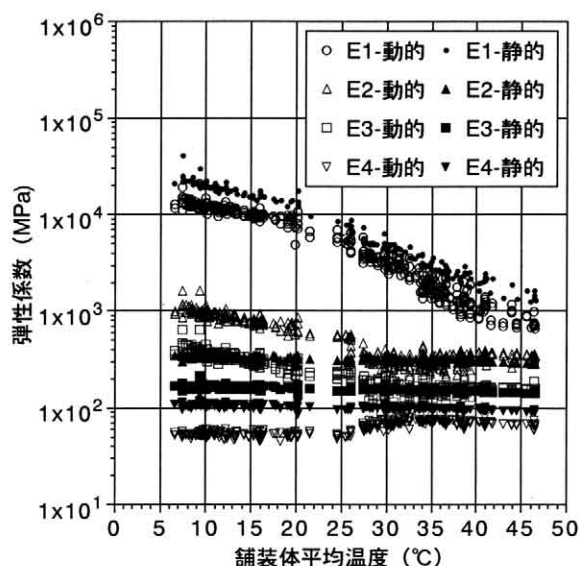


図-2 逆解析結果

Key Words: アスファルト舗装, FWD, 弾性係数, ひずみ, 破壊回数, 逆解析

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 TEL:0424-83-0541 FAX:0424-87-8796

4. 解析結果

4-1. 弾性係数とひずみの計算結果

逆解析による弾性係数の結果を図-2に、また、それらを入力パラメータとした順解析によるひずみの計算結果を図-3に示す。図-3(a)において動的法と静的法で得られた ϵ_{as} を比較すると、30℃より低温域では動的法の方がやや大きく、30℃より高温域では逆に静的法の方が大きな値となっている。また、図-3(b)をみると両解析法による ϵ_{sg} は、30℃以上の温度領域で比較的良好に一致しているが、30℃以下では動的法の方が大きくなっている。これは図-2に示したように動的法において路床の弾性係数E4が30℃付近を境界としてその前後で傾向が異なっており、30℃以下では小さくなっていることに起因していると考えられる。

4-2. 破壊回数の算出結果

図-3で示したひずみから、式(1)、(2)により破壊回数を算出した。結果を図-4に示す。また、動的法と静的法により求めた破壊回数の比を図-5に示す。

図-4(a)から明らかなように N_{as} については、舗装体平均温度が25℃以下では静的法と動的法の結果はよく一致している。しかし、25℃以上になると舗装体平均温度の上昇に伴い静的法では単調に減少するのに対し、動的法ではその勾配が緩やかとなるため、両者の差は広がる傾向にある。図-5に示すとおり、45℃付近では、動的法による N_{as} は静的法に比べ5~6倍程度大きくなる。このように動的法による N_{as} の方が静的法よりも大きくなる理由は、式(1)からわかるように高温域では動的法の方が静的法より $E1$ 、 ϵ_{as} ともに小さくなるためと考えられる。

N_{sg} については、舗装体平均温度が30℃以上では静的法と動的法の結果はかなり一致している。一方、30℃以下の温度領域では静的法の N_{sg} よりも動的法の方が小さくなっており、温度が低下するほど両者の差は大きくなる傾向にある。図-5より、舗装体平均温度が10℃付近では静的法の N_{sg} は動的法に対し5~9倍程度大きく評価される。この結果は疲労破壊式(式(2))から明らかなとおり、ひずみの傾向を直接反映したものとなっている。

5. まとめ

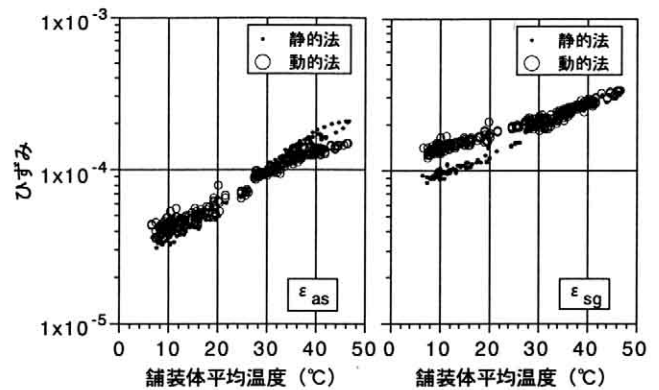
- ①アスファルト混合物層下面の引張りひずみ ϵ_{as} については30℃を境界として高温域では静的法の方が、逆に低温域では動的法の方が大きくなる。
- ②路床上面の圧縮ひずみ ϵ_{sg} に関しては30℃以下の温度領域において両解析法の差が大きくなる。
- ③静的法と動的法による破壊回数を比較すると、 N_{as} については高温域ほど差が拡大し動的法の方が最大で6倍程度大きくなり、 N_{sg} に関しては低温域ほど差が大きくなり、静的法の方が最大で9倍程度大きく評価される。

6. おわりに

今回の報告では、逆解析法の違いが各種ひずみや破壊回数に及ぼす影響を定量的に示した。今後は、これらのデータを、実際の疲労寿命をよりよい精度で推定できる解析法の開発に役立てていきたいと考えている。なお、本文はFWD研究会の研究成果の一部を取りまとめたものである。

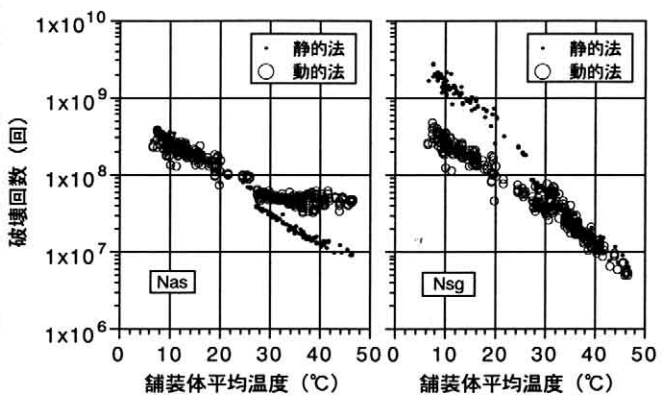
<参考文献>

- 1) 東他：FWDによる時系列データの舗装構造評価への適用，第3回舗装工学講演会講演論文集，pp.31-38，1998年12月
- 2) Asphalt Institute: research and development of The Asphalt Institute's thickness Design Manual(MS-1), 9th Edition, pp.7-10, August, 1982



(a) アスファルト混合物層 (b) 路床上面の圧縮ひずみ
下面の引張りひずみ

図-3 順解析により得られたひずみ



(a) 疲労ひびわれ規準 (b) わだち掘れ規準

図-4 破壊規準式により得られた破壊回数

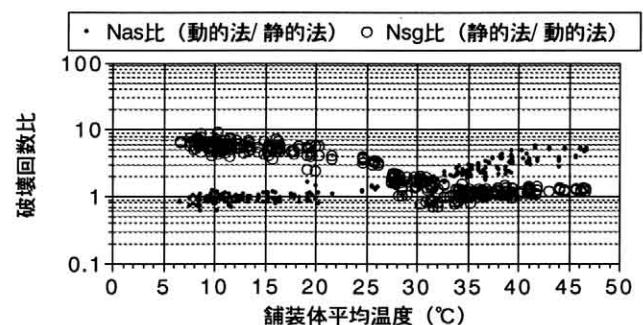


図-5 静的法と動的法の破壊回数比