

たわみ性舗装の疲労破壊に関する一試案

神戸大学工学部 正員 西 勝  
 (株)日建設計 正員 ○佐々木照雄

1. まえがき

近年、WASHOおよびAASHOテスト道路で長期にわたって実施された実際の交通荷重を受ける舗装体の挙動調査結果より<sup>(1)</sup>、交通荷重の繰返しによる疲労破壊の現象が確認され問題になっている。また、舗装表面の平坦性を欠く原因は、ワダチぼれとひびわれの2種類に大別される。前者は、交通荷重の繰返し載荷回数が増大に伴って累積残留する塑性変位により発達する。後者は、何らの支障のないほどの塑性変位のもとでさえ、弾性的変位を繰返し受けることにより発達し、この増加に伴ってワダチぼれも増加する。なお、ひびわれはある期間にわたる繰返し応力による表層材の疲労に帰因するものである。このような観点にもとづいて、本研究は、舗装構成材料の特性、これに影響を及ぼす環境条件、交通条件を考慮したたわみ性舗装体の疲労寿命を予知する一方法を提案するものである。

2. 概説

たわみ性舗装の疲労破壊を生じる原因として、次の3つの考え方がある。<sup>(2)</sup> (1) 表層材下面に生じる引張ひずみ。(2) 表層材下面に生じる引張応力。(3) 舗装表面の鉛直変位。(3)は引張ひずみ、引張応力を考慮していない。したがって、同じ大きさの鉛直変位において、必ず同じ大きさの引張ひずみ、引張応力が生じるのが前提となる。しかし、舗装構成材料の特性に依存して同じ鉛直変位において、一般に異なった引張ひずみ、引張応力が生じる。したがって、疲労破壊を生じる原因として(1)あるいは(2)を考慮することが適切だと思われる。本研究においては、一般によく使用されている引張ひずみを考慮した。このひずみを算定する場合、輪荷重下におけるたわみ性舗装の応答を考慮しなければならぬ。この応答は、舗装構成材料の特性、これに影響を及ぼす環境条件、交通条件に依存し、これらの要因をまとめた概要を表一に示す。

表一 1 たわみ性舗装の疲労破壊に及ぼす要因

表層材の特性	—— 引張応力、引張ひずみ	—— アスファルトのタイプ、アスファルトの含有率、アスファルト層厚
	たわみ、弾性変形係数	
路床、路盤材の特性	—— 圧縮応力、圧縮ひずみ	—— 含水比、密度、層厚、路盤のタイプ
	たわみ、弾性変形係数	
環境条件	—— 交通容量、交通通過位置、速度	—— 輪荷重の大きさ、載荷時間、載荷周期、載荷回数、接地面積、接地圧
交通条件	—— 温度、降雨、地下水	—— 温度変化の範囲、温度レベル、温度変化の割合、降雨の大きさや期間

### 3. 解析方法

3.1 疲労理論：アスファルトのような材料の疲労挙動は多くの方法により決定されるが、引張ひずみと破壊が生じるまでの載荷回数との間の関係は一般に次式で示される。

$N_f = K \varepsilon^n$ 。ここで、 $N_f$ ：破壊が生じるまでの載荷回数、 $\varepsilon$ ：引張ひずみ、 $K, n$ ：実験的に決定される定数である。実際の舗装において生じる引張ひずみは時間と大きさにおいて不規則な形態で変化するので、このような条件下で疲労寿命を予知する方法として、先述した単一の引張ひずみの疲労現象を拡張したMinerの仮説がある。すなわち、繰返し数比( $n_i/N_i$ )の和が1になると破壊が生じるという仮説で、次式を意味する。

$\sum n_i/N_i = 1$ 。ここで、 $n_i$ ：引張ひずみ $\varepsilon_i$ の載荷回数、 $N_i$ ：単一の引張ひずみ $\varepsilon_i$ で破壊が生じるまでの載荷回数。

3.2 舗装構成材料の特性：(1) 表層の弾性変形係数は温度に依存し、また、同一表層内においても温度は表面からの深さによって変化する。さらに、交通量を考慮した弾性変形係数 ( $\sum M_{s,i} \cdot T_{r,i} / \sum T_{r,i}$ 、ここで、 $M_{s,i}$ ： $i-1-i$ 時における表層の平均弾性変形係数、 $T_{r,i}$ ： $i-1-i$ 時における平均交通量) を使用する。(2) 路床、路盤材の材料定数(弾性変形係数、ポアソン比)は室内で締固めた試料あるいは現地から採取した不攪乱試料を対象とする繰返し三軸試験より求め、応力等の関数で表示する。

3.3 交通条件：(1) 交通量等の調査および交通解析により10トン軸重換算交通量を算定する。(2) 疲労破壊は一般に大型車の通過により生じるので、複車輪を想定し、輪荷重を求める。また、接地圧および車輪中心間隔を仮定し、円形接地面を考慮することにより、接地半径が算定される。(3) 交通通過位置の分布を過去の調査結果から決定する。

3.4 解析方法：以下に示す手順で疲労寿命を予知する。

(1) 先述した荷重条件と表層のそれぞれの弾性変形係数のもとで生じる表層底面付近の引張ひずみを多層層状理論あるいは有限要素法(非線形反復計算等)によって算定する。(2) 複車輪を想定しているので、(1)で求めたひずみを重ね合わせ、表層底面付近で生じる最大引張ひずみを算定する。(3) 表層のそれぞれの弾性変形係数のもとで(2)で算定した最大引張ひずみに対応するおのおのの疲労寿命を疲労曲線から算定する。(4) 1ヶ月の繰返し数比を1ヶ月当りの10トン軸重換算交通量、気象データ(晴、曇、雨の日数)、(3)で決定された疲労寿命を用いて算定する。(5) (4)で算定した繰返し数比を逐次合計し、これが1になるまで繰返す。(6) 各車線の疲労寿命は繰返し数比の合計が1になるときである。

あとがき

ここでは、紙面の都合でたわみ性舗装の疲労寿命を予知する方法を提案するだけに終ったが、東名高速道路で使用されている舗装断面を対象として疲労寿命の予知を実施している。

#### 参考文献

- (1) H.R.B. The WASHO Road Test: Part 2: Test Data, Analysis, Findings, Special Report no. 22, Wash., D.C. 1955.
- (2) A.S.C.E., Fatigue Characteristics of Flexible Pavement, H. Hong, 1967, April