

V-19

舗装構造解析へのフォーリング・ウエイト・デフレクトメータの利用 (第11報)

北海道工業大学 特別研究生 正員 山脇 宏成

北海道工業大学 土木工学科 正員 笠原 篤

1. はじめに

FWDを利用した舗装の構造評価方法として、測定されたたわみデータから逆解析を用い、各舗装構成層の弾性係数を算出し、舗装の疲労寿命を推定する方法が一般的である。しかし、この手法はひび割れの入った舗装には適用できない欠点がある。FWDによるたわみデータから、ひび割れの入ったアスファルト舗装の構造評価が可能となれば、FWDの適用性はさらに拡大することになり、打ち換え深さの推定やオーバーレイ厚の設計など合理的な補修工法を確立する上で重要となるであろう。本研究では、F.W.Jungらが提案しているひび割れの入った舗装の構造評価法の適用性について検討した結果を述べている。

2. 影響弾性係数

半無限一様弾性体上での円形分布荷重載荷による表面たわみは、式-1で示される。

$$Y = P(1 - \mu) A H / E \quad \text{式-1}$$

ここに、Yは表面たわみ、Pは接地圧、 μ はポアソン比、Aは載荷板半径、Eは弾性係数、HはX/Aの関数、Xは載荷中心からの距離である。

FWD試験においては、載荷板中心からの距離ごとにたわみが測定されることから、式-1を用いて複数の弾性係数が計算される。距離の関数として得られる弾性係数は、影響弾性係数(Effective Modulus, E_{eff})と呼ばれる。層構造理論で得られる表面たわみから算出される E_{eff} のプロファイルは図-1のAように示される。この E_{eff} は、載荷板中心から離れると一定値(E_T : Tail Modulusと呼ぶ)に近づくことがわかり、その値は路床の弾性係数(E_m)とほぼ等しくなる。ひび割れの入っていない舗装について、FWDたわみから算出される E_{eff} のプロファイルは図-1のBようになり、 E_{eff} は最低値(E_{min})を持つことと、 E_T は正の勾配を持つ直線あるいは曲線で近似されることがわかる。載荷板近傍での E_{eff} は、舗装構成層の剛性を反映していることから大きな値を持つ。さらに、載荷中心から離れるに従い舗装構成層の剛性の影響が弱まり、その後は路床の弾性係数の影響を受ける。また、ひび割れが入った舗装についての E_{eff} のプロファイルは、図-2のAようになり、 E_{min} となる距離は、ひび割れの入っていない舗装に比較して短くなる。さらに、ひび割れが激しく入った舗装に関しては図-2のBに示すように E_T を求めることは困難になってくる。

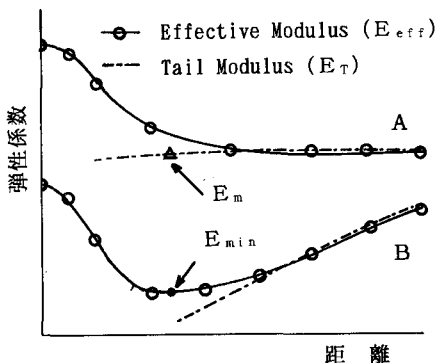


図-1 健全な舗装の影響弾性係数のプロファイル

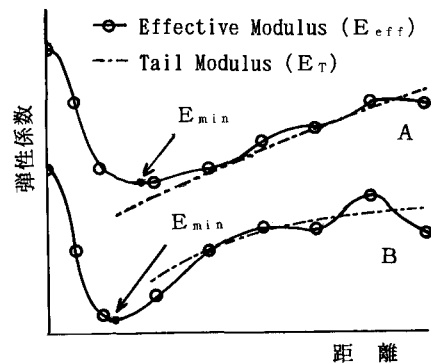


図-2 ひび割れた舗装の影響弾性係数のプロファイル

3. Tail Modulus (E_T) の近似

E_T は式-2で示されているように近似される。

$$E_T = [PA^2(1-\mu^2)/\zeta] X^{(\eta-1)} = C \cdot X^{(\eta-1)} \quad \text{式-2}$$

ここで、 ζ と η は FWD たわみ データ から求まる定数である。式-2の両辺を対数を取り線形回帰分析を行うことにより、定数 C と η が求まり、 E_T のプロフィールの回帰式が得られる。

4. 構造評価指標

Jungらは、ひび割れの有無に関わらず、舗装の構造評価指標として、SSI (Structural Strength Index) と SII (Structural Integrity Index) を提案した。

1) Structural Strength Index (SSI)

SSIは、図-3に示すように E_{eff} のプロフィールから求まる指数であり、式-3に示すように定義されている。

$$SSI = A1_x / (X_{min} \cdot E_{min}) \quad \text{式-3}$$

ここで、 E_{min} 、 X_{min} は、各々 E_{eff} の最低値および最低値を示す荷板中心からの距離である。また $A1_x$ は E_{eff} のプロフィールにおいて荷板中心から X_{min} までの積分値である。SSIが1.5未満であればひび割れが入った舗装、1.5以上では健全な舗装であるとしている。

2) Structural Integrity Index (SII)

SIIは、図-3に示すように E_{eff} および E_T のプロフィールから求められる指数であり、式-4で定義されている。

$$SII = A2_x / (X_s \cdot E_m) \quad \text{式-4}$$

ここで、 E_m は路床の弾性係数であり、荷板中心から660mmの距離 (X_s) における E_T のプロフィール (式-2) から求まる値である。 $A2_x$ は E_{eff} のプロフィールにおいて荷板中心から X_s までの積分値である。SIIが 1.0 未満であればひび割れが激しく入った舗装、2.0 以上であれば健全な舗装であると定義されている。

5. 舗装の構造評価

表-1に示すようなひび割れの有無のアスファルト舗装構造について、FWD たわみからSSIおよびSIIを算出してみた。SSIおよびSIIによる舗装の健全度の定義は以下のようであり、

ひび割れが入った舗装 < SSI=1.5 < 健全な舗装

ひび割れが激しく入った舗装 < SII=1.0, SII=2.0 < 健全な舗装

5路線についての各々の値は、この定義を満足している。路線#1と2では、ひび割れ上でのFWD測定値を用いており、路線#3はひび割れがあまり見られない区間での平均たわみを用いていることから、SIIの値は1.0~2.0の間の値を取っている。なお、この中間値に関する解釈は確立していない。

6. まとめ

ひび割れの入った舗装の構造評価において、Jungらが提案している構造評価指標は十分利用可能であると考えられる。さらに、ひび割れが入ったアスファルト舗装について多くのFWDデータを収集することによりひび割れの入った舗装の構造評価法を確立する必要がある。

東亜道路工業(株)からFWDデータの提供を戴いたことに対し感謝申し上げます。

参考文献：F.W.Jung, D.F.E.Stolle：Nondestructive Testing Falling Weight Deflectometer on Whole and Broken Asphalt Concrete Pavements, TRR No.1377, PP.183-192, 1992.

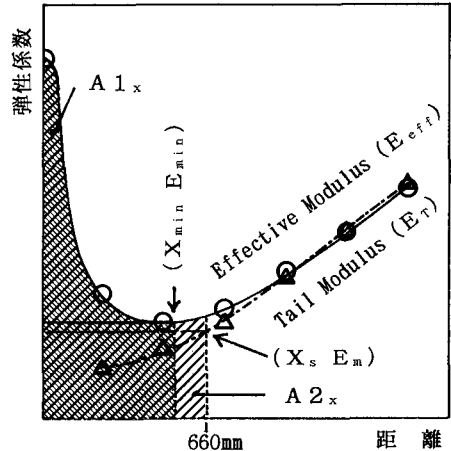


図-3 SSIおよびSIIの概念

表-1 舗装構造および構造評価指標

路線名	#1	#2	#3	#4	#5
ひび割れ有無	有	有	有	無	無
表層厚 (mm)	100	100	100	40	100
路盤厚 (mm)	320	320	320	350	500
SSI	1.490	1.338	1.463	1.597	1.592
SII	0.903	0.689	1.708	2.081	2.037