

# FWD を用いた早期劣化区間の路盤損傷状況の推定に関する研究

八千代エンジニアリング (株) 事業統括本部 社会計画部  
東京農業大学 地域環境科学部  
国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部  
(国研) 土木研究所 道路技術研究グループ  
関東地方整備局 道路部

○中村紅太郎  
竹内康, 川名太  
渡邊一弘, 若林由哉  
藪雅行, 根津孝文  
山口大介

## 1. はじめに

アスファルト舗装の早期劣化区間における詳細調査において、舗装の構造的健全度を評価するために、FWD が用いられている。本研究は、令和4年2月に国道4号の早期劣化区間において実施したFWD 載荷試験の結果を使用し、舗装点検要領で重視されている路盤損傷の有無についての検討を行ったので報告するものである。

## 2. 調査方法

本研究では、3つの解析手法による評価を行った。1つ目は、式(1)を用いた舗装診断研究会(PDRG)による評価方法<sup>1)</sup>だ。こちらは、5段階に分かれて判定が行えるフローチャートを用いた解析となっている。しかし、こちらの方法では残存の舗装寿命を過大もしくは過小評価してしまう可能性を否定できないとの指摘があることから、式(2)を用いた舗装マネジメント指針・付録12<sup>2)</sup>による評価方法も用いることとした。こちらは、舗装構成によって切片を変化させて運用するもので、式(1)に比べ運用性が高く、 $T_{A0}$ の値から直接的に損傷判定を行うことができる。

$$T_{A0} = -25.8 \log(D_0 - D_{150}) + 11.1 \quad (1) \quad T_{A0}' = -34.5 \log(D_0 - D_{150}) + b \quad (2)$$

しかし、残存  $T_A$  による評価では、路盤損傷判定を間接的にしか行えないため、本研究では3つ目の米国 NCHRP (国家協同道路研究計画) による直接的な評価も行った。NCHRP では、FWD たわみデータを用いたアスファルト舗装各層の健全度評価に関する検討が進められ、最終レポート<sup>3)</sup>が示されて BDI という指標を路盤損傷判定に用いている。また、この BDI の値から路盤層上面の圧縮ひずみを示す  $\varepsilon_{abc}$  を求めることができる式(3)が示されている。

$$\log \varepsilon_{abc} = 0.9958 \log BDI + 2.1955 \quad (3) \quad \log E_{as(t)} = -0.0184t + 4.238 \quad (4)$$

日本では、FWD 試験によって求めたたわみや弾性係数のうち、アスファルト混合物層に関わる測定値および解析値のみを温度補正することとなっている。しかし、NCHRP では、路盤や路床の圧縮ひずみも温度補正することとなっている。今回の検討において注目している圧縮ひずみ  $\varepsilon_{abc}$  温度補正に関する係数は、以下の式で与えられている。

$$\alpha = \frac{\varepsilon_{abc, T_m}}{\varepsilon_{abc, T_r}} = 10^{-0.57(\log E_{as, T_m} - \log E_{as, T_r})} \quad (5) \quad \alpha = 10^{0.0105t - 0.2622} \quad (6)$$

式(5)の  $T_r$ ,  $T_m$  は基準温度、計測時温度を示しており、NCHRP では  $T_r=25^\circ\text{C}$  としている。そして、式(5)に式(4)から求まる  $t$  と  $\log E_{as(t)}$  の関係を代入し、 $\alpha$  を求めると曲線を求めることができる。この曲線を回帰分析すると、式(6)によって近似できる。

以上の結果より、式(3)より求めた  $\varepsilon_{abc}$  を式(6)で除することによって温度補正値を算出できる。ただし、FWD たわみは 40kN を基準荷重とすること、BDI は単位を mil (1mil=1/25.4 $\mu\text{m}$ ) とすること、式(3)はアスコン層厚 6inch 以上の場合に適合することに注意が必要である。

ここで、BDI : Base Damage Index (mil),  $D_{30}$ ,  $D_{60}$  : 載荷中心点から 30 cm, 60 cm 離れた位置のたわみ量 (mil),  $\varepsilon_{abc}$  : 粒状路盤層上面の圧縮ひずみ ( $10^{-6}$ ),  $\alpha$  : 温度補正係数,  $T_r$  : 基準とするアスコン層の平均温度 ( $25^\circ\text{C}$ ),  $T_m$  : 計測時のアスコン層の平均温度 ( $^\circ\text{C}$ ),  $E_{as}$  : アスコン層の弾性係数 (MPa)

### 3. 調査結果

3つの評価手法による結果を図-1から図-4に示した。それぞれの評価手法において路盤層までの損傷が疑われた箇所を赤印で表記した。図-1, 2に関しては $T_A$ と路盤層の $T_A$ ( $T_{A,b}$ )も比較のため記載した。また今回は、 $T_{A,b}=9$ ,  $\epsilon_{abc\_cri}=720$ となっている。残存 $T_A$ による式(1), 式(2)および $\epsilon_{abc}$ の評価結果を比較すると、概ね共通した箇所で路盤層までの損傷が疑われることが分かった。なかでも、式(2)による結果と $\epsilon_{abc}$ による結果は、式(2)のほうが判定箇所が若干多いものの、概ね一致していることが分かった。実際の損傷具合の確認を行うことが必要であるため、手法により異なる結果が得られた地点の中から選定を行い、開削調査を実施する予定である。

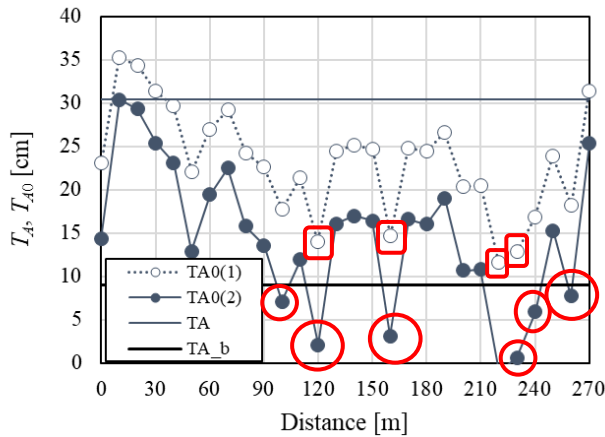


図-1 残存 $T_A$ を用いたOWPの結果

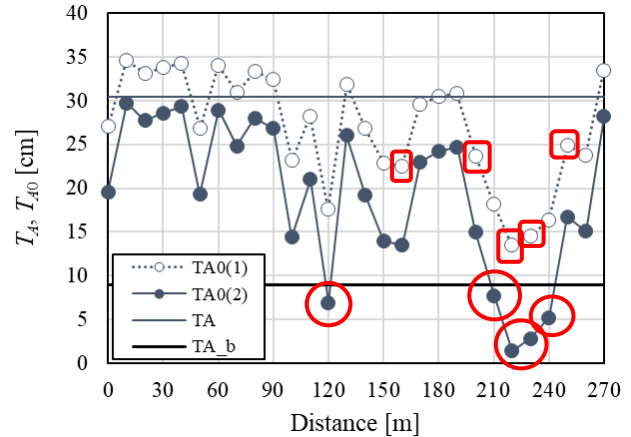


図-2 残存 $T_A$ を用いたBWPの結果

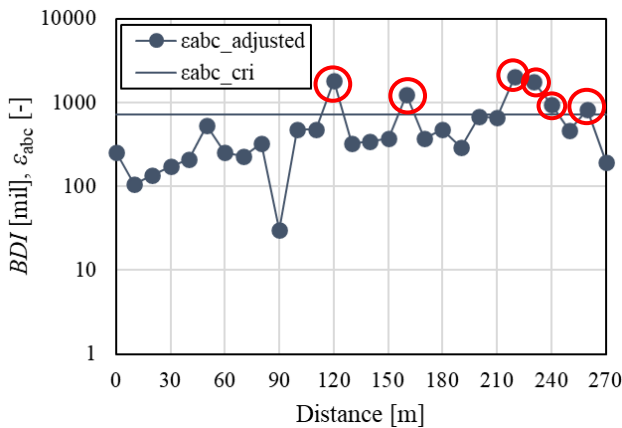


図-3 NCHRPによる $\epsilon_{abc}$ を用いたOWPの結果

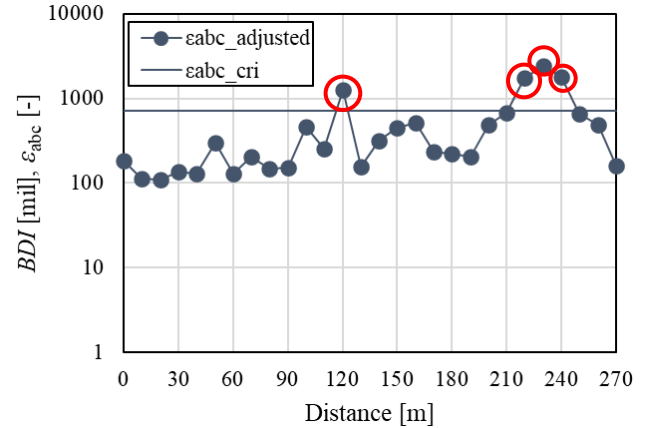


図-4 NCHRPによる $\epsilon_{abc}$ を用いたBWPの結果

### 4. おわりに

本研究では、国道4号線の早期劣化区間において実施したFWD 載荷試験の結果を使用し、舗装点検要領で重視されている路盤損傷の有無についての検討を行った。3つの手法による結果をふまえると、従来の残存 $T_A$ による間接的な路盤の損傷状況の把握に加え、ほぼ同様の結果がNCHRPの $\epsilon_{abc}$ を用いた方法でも示された。しかし、それぞれの判定が異なる部分もあるので、そのあたりについては、今後、開削調査を行って確認をする必要がある。

謝辞：本研究の路面性状データは、(一社) 関東地域づくり協会の助成を受けたアスファルト舗装研究会の活動の一環として、関係者各位のご協力により取得することができた。ここに謝意を表します。

### <参考文献>

- 1) NPO 法人 舗装診断研究会：FWDによる舗装診断，2014。
- 2) 日本道路協会：舗装点検要領に基づく舗装マネジメント指針，pp.127-129，2018。
- 3) Y.R.Kim, S.R.RanJithan, J.D.Troxler, B.Xu：Assessing Pavement Layer Condition Using Deflection Data，NCHRP 10-48，2000.11