

たわみのバラツキを考慮したアスファルト舗装の健全度評価法の検討

東京農業大学 大学院 学生会員 ○田邊政人

東京農業大学 正会員 竹内康, 川名太, 岡澤宏

国総研 道路構造物管理研究室 窪田光作

1. はじめに 舗装は橋梁と同様に新設から維持修繕の時代に移行しており、効率的に舗装を維持管理するためには舗装の構造的欠陥を迅速かつ的確に把握するとともに、舗装の健全度を適切に評価する必要がある。このようなことから、現在、我々の研究グループでは載荷用車両で走行しながら舗装路面のたわみを評価する動的たわみ測定装置を試作するとともに、FWD たわみとの比較を行っている。

路床の泥濘化等によって舗装の支持力が低下した場合、載荷時のたわみは大きくなる。そのため、舗装の支持力から健全度を評価する場合、載荷時のたわみは重要な指標となる。既往の文献では、交通量区分に応じた FWD の許容 D_0 たわみの目安¹⁾が示されているが、舗装に構造的な欠陥が無い場合でも舗装各層の層厚の誤差等によってたわみは変動する。そのため、健全な場合に生じ得るたわみの変動を検討し、健全な場合と不健全な場合の閾値を設定することで、より合理的な舗装健全度評価が行えるものと考えられる。

そこで本研究では、 T_A 法で設計されたアスファルト舗装断面を用いた多層弾性解析により、たわみ計測値や層厚等に誤差や温度条件の変化によって理論上のたわみはどの程度変化するかを求め、その結果を用いてたわみの閾値について検討することとした。なお、多層弾性解析には GAMES を用い、 T_A 法によるアスファルト舗装構造は、アスファルト舗装要綱および土地改良事業計画設計基準に記載されている $N_1 \sim N_7$ 交通のカタログ断面を用いた。

2. 健全度評価法の提案 井上ら²⁾によると、モンテカルロシミュレーションによって層厚、FWD 計測値、ポアソン比の誤差範囲を求め、FWD 試験結果の逆解析を行った場合、各層の弾性係数の変動係数の最大値は、アスファルト混合物層で45%、路盤層で17%、路床で3%であるとしている。つまり、多層弾性解析において、入力する層厚やポアソン比等を変化させることと、層厚等を変化させずにそれらの誤差の影

響を弾性係数の変化に反映させることは等価であると言える。多層弾性解析では、層厚とポアソン比の組み合わせを変えるよりも、弾性係数のみを変えて解析を実施する方が容易であるため、本研究では井上らの求めた変動係数を用い、式(1)から舗装各層の弾性係数の下限値 f_k を算出し、たわみの上限値を求めることとした。

$$f_k = f_m - k \cdot \sigma \quad (1)$$

ここに、 f_m ：弾性係数の平均値、 k ：弾性係数が f_k を超過する確率で決まる係数、 σ ：弾性係数の標準偏差である。

路盤材料や路床材料といった土質系材料の弾性係数は温度依存性が無いため、舗装設計便覧では粒度調整碎石：300[MPa]、クラッシュラン：200[MPa]、路床：10×設計 CBR[MPa]といった固定値が用いられている。一方、アスファルト混合物の弾性係数は温度条件によって変化するが、月平均気温を設定すれば容易に求めることができる。これらの値を f_m とし、 f_m と変動係数から σ を算出し f_k を求めた。なお、 k は舗装標準示方書の特性値算出例と同様に超過確率が5%の値とし、 f_m と f_k を用いた解析たわみをそれぞれ w_m , w_k とした。解析結果の一部を図-1に示す。この結果より、弾性係数の変動によって解析たわみが大きく変動していることがわかる。また、路床の設計 CBR によって同一交通量区分であつてもたわみ

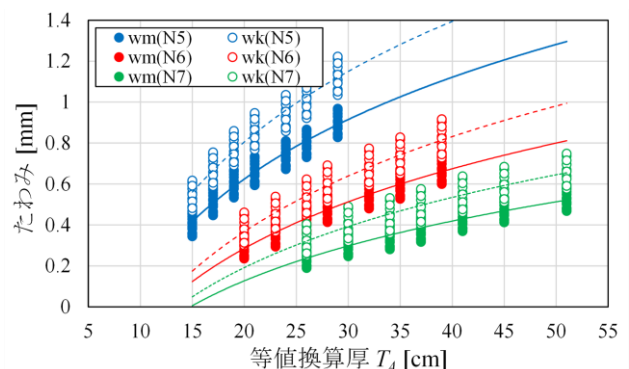


図-1 多層弾性理論による解析結果

キーワード 健全度評価, アスファルト舗装, たわみ, FWD

連絡先 〒156-8502 東京都世田谷区桜ヶ丘 1-1-1 TEL : 03-5477-2334

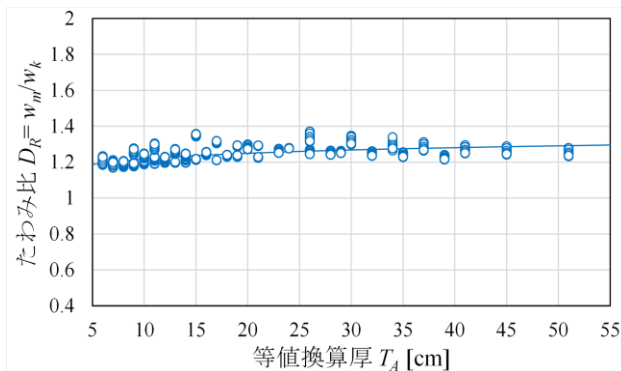


図-2 等値換算厚とたわみ比の関係

が異なることがわかる。本研究で用いた土質系材料の f_m は、設計 CBR および材料毎に固定値を設定した。しかし、粒状路盤材料の弾性係数は $100 \sim 600 [\text{MPa}]$ の範囲にあると言われており、路床材料の弾性係数の換算式は、設計 CBR が大きいときにはバラツキが大きく信頼性が低いことが指摘されている³⁾。したがって、構造条件が同じであっても健全部のたわみにはバラツキが生じる。そのため、たわみの絶対値を用いるのではなく、 w_k を w_m で除したたわみ比 D_R を求めることで、現場での測定によって求めたたわみの平均値を用いて、健全部と非健全部の閾値を算出することができるものと考えられる。図-2 に D_R と T_A の関係を示す。この結果より、 T_A に伴う D_R の変動は小さく、 $1.2 \sim 1.4$ の範囲に分布していることがわかる。そのため、等値換算厚 T_A を式(2)に示す回帰式に入力して求まる D_R に測定たわみの平均値を乗じることで、たわみの閾値を設定できると考えられる。

$$D_R = w_k / w_m = 1.1198 \times T_A^{0.0365} \quad (2)$$

D_R の分布範囲は $1.2 \sim 1.4$ と狭くかつ式(2)の傾きも緩やかであることから、設計時の T_A が不明で、舗装構成あるいは交通量や道路幅員等の情報から舗装要項等のカタログ断面を用いて類推した T_A を入力して得られる D_R を用いても、健全部と非健全部の閾値は極端な値に変動することはないと考えられる。

3. FWD 試験結果を用いた閾値の検討 図-3 に示す国総研外周路で実施した FWD 試験結果を用い、健全部と非健全部の閾値を試算することとした。FWD は KUAB 社製のものをを用い、試験は約 10m 間隔で実施した。なお、 D_0 たわみの平均値は $935 \mu\text{m}$ であった。また、当該試験区の設計時 T_A は不明であったが、文献調査の結果、表・基層厚 14cm、粒状路盤層厚 35cm であり、路盤の等値換算係数を 0.35 とすると、アスファルト舗装要綱の設計 CBR=3%、 N_5 交通の $T_A=26\text{cm}$ の断面と概ね一致していた。そのため $D_R =$

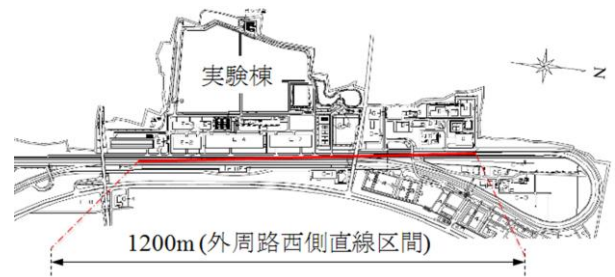


図-3 FWD 試験実施箇所

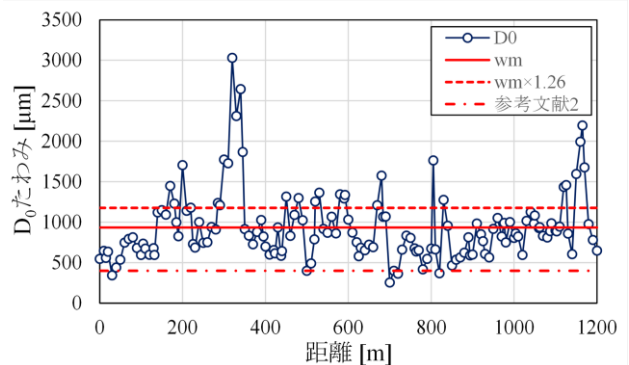


図-4 FWD 試験結果と閾値の設定

1.26 となり、たわみの閾値は $1178 \mu\text{m}$ であることがわかった。FWD の D_0 たわみと閾値の関係は図-4 に示すとおりである。なお、同図中には参考文献 2 の許容 D_0 たわみ ($400 \mu\text{m}$) も併記した。この結果より、許容 D_0 たわみを用いた場合には、当該試験区は全体的に健全度が低いという判定結果になるが、歩行での路面状態の目視確認結果では健全部と非健全部が混在しているが、路線全体にわたって補修を要するような状態ではなかった。これに対して本研究で提案した健全度評価法では、部分的に補修の必要性は認められるものの、全体的な補修を要しないという結果であった。このことから、本健全度評価法では既往の方法に比べて弾力的な健全度判定が行えるため、 T_A 法で設計されたアスファルト舗装が残存する現時点では有用な方法であると考えられる。

4. 謝辞：本研究は、国土交通省の新道路技術会議で採択され、国土技術政策総合研究所から委託された「舗装路面の動的たわみ計測装置の開発と健全度評価に関する研究」により得られた委託研究成果の一部である。また、FWD データは(独)土木研究所舗装チームのご協力を得て計測したものである。ここに感謝の意を表するものである。

参考文献 1)道路保全技術センター：活用しよう FWD, 2005. 2)井上他：舗装の逆解析において層弾性係数の推定に影響を及ぼす因子とその影響度の検討，土木学会論文集，No.433/V-15，pp.177-185，1991. 3)竹内他：信頼性を考慮した路床弾性係数の簡易算出式の提案，土木学会論文集 E1(舗装工学)，Vol.67，No.3，I_95-I_101，2011.