

舗装路面における劣化予測手法の課題と改善方策

The Subjects and Improvement Policy of the Degradation Prediction Technique in a Pavement Surface

室蘭工業大学	学生員	渡部 健矢	(Toshiya WATANABE)
室蘭工業大学	学生員	渡 大輔	(Daisuke WATARI)
室蘭工業大学	学生員	三澤 勉	(Tsutomu MISAWA)
北海道開発土木研究所	正 員	有村 幹治	(Mikiharu ARIMURA)
室蘭工業大学	正 員	田村 亨	(Tohru TAMURA)

1. はじめに

我が国では、これまで新規の道路建設に力点が置かれ、維持管理を含めた長期的な観点からの道路投資が行われてきたとは言い難い。道路管理の手法としても、日常の道路パトロールによる目視で発見された損傷や、地域住民からの苦情件数をもとに修繕するのが一般的である。これは、かなり損傷が進んだ段階で補修することを意味し、結果として道路の短命化やライフサイクルコストの上昇をもたらすことになる。このような管理状況では、今後大量のストックが一齐に更新時期に入らる中で、急増する維持補修と寿命の到来に対応できなくなり、財政的に破綻することが予想される。道路に限らず社会資本の維持管理においては、安全性や利用者満足を確保しつつ、長期的な費用をどのように低減させるかが重要となる。したがって、適切な点検・評価によって将来の状態を的確に予測し、いつ、どのような対策を行えば費用を最小化できるかを明らかにすることが重要である。

本研究は、従来の劣化予測方法の問題点を検討し、新たな予測方法を確立する上で考慮すべき点について提案することを目的とする。

2. 路面評価指数の定義

路面の評価は3年ごとに行われる路面性状調査により、ひび割れ率、わだち掘れ量、縦断凹凸量などを測定し、定量的な評価指標を設定する。国や機関により評価指標は異なるが、本研究では、我が国で一般的に用いられているMCI(Maintenance Control Index: 舗装維持管理指数)を使用する。MCIは、下の式(1)~(4)で計算されたもののうち、最小の値で定義される。

$$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2} \quad (1)$$

$$MCI_0 = 10 - 1.5C^{0.3} - 0.3D^{0.7} \quad (2)$$

$$MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3} \quad (3)$$

$$MCI_2 = 10 - 0.5D^{0.7} \quad (4)$$

ここで、ひび割れ率 $C(\%)$ 、わだち掘れ量 $D(\text{mm})$ 、縦断凹凸量 $\sigma(\text{mm})$ とする。

3. 従来の劣化予測手法とその問題点

3.1 従来の劣化予測手法

劣化予測手法は大きく分けて、線形モデル、漸化式モ

デル、確率モデルの3つに分けられる。線形モデルは経年数、車線あたりの交通量、大型車混入率の線形式で表されるものであるが、誤差が大きいとされている。また、確率モデルは劣化の進行について確率的に捉え、解析するものであるが、有効性においては工夫の余地が多い方法である。そこで、現在、実用的な劣化予測手法として漸化式モデルが広く採用されている。

3.2 漸化式モデルによる劣化予測

路面性状は、長期的にみると曲線的に変化する。しかし、短期間(この場合3年間)でみると直線とみなせることから、例えば、ひび割れ率 C は式(5)のように表せる。

$$C_{i+3} = \alpha C_i + \beta \quad (5)$$

$i = 1, 2, \dots \quad \alpha, \beta : \text{パラメータ}$

一方、 $i+1$ 、 $i+2$ 、 $i+3$ 年時のひび割れ率 C_{i+1} 、 C_{i+2} 、 C_{i+3} は式(6)~(8)と表せる。

$$C_{i+1} = \alpha_1 C_i + \beta_1 \quad (6)$$

$$C_{i+2} = \alpha_2 C_{i+1} + \beta_2 \quad (7)$$

$$C_{i+3} = \alpha_3 C_{i+2} + \beta_3 \quad (8)$$

これらの式を近似的に同一とみなし、 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha$ 、 $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta$ とすると、式(9)が得られる。

$$C_{i+3} = \alpha^3 C_i + (\alpha^2 + \alpha + 1)\beta \quad (9)$$

式(5)と式(9)において、定数比較すると、 $\alpha = \alpha^3$ 、 $\beta = (\alpha^2 + \alpha + 1)\beta$ は式(10)の関係にある。

$$\alpha_1 = \sqrt[3]{\alpha} \quad \beta_1 = \frac{\beta}{\alpha^2 + \alpha + 1} \quad (10)$$

このときの α 、 β は、それぞれ C_i と C_{i+3} の路面性状データから回帰分析によって求められるものである。

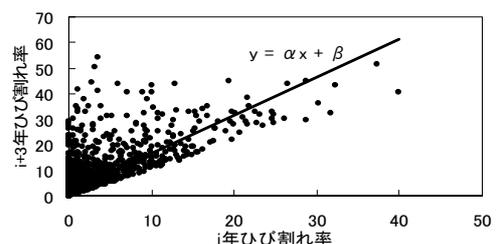


図 - 1 $C_i - C_{i+3}$ 間のひび割れ相関図

v_i 、 v_{i+1} を式(6)に代入したものが、 i 年時のひび割れ率(C_i)と、その1年後のひび割れ率(C_{i+1})の関係を示すものでひび割れ率の予測式である。同様に、わだち掘れ量、縦断凹凸量の予測式も求め、MCIの式に代入し劣化曲線を定式化する。

以上が線形モデルによる劣化予測の方法であるが、このように直線回帰するということは、 i 年の劣化度がどの値の時も同じ割合で劣化することを意味する。また、図-2のように劣化のパフォーマンス関数は大きく分けて、1)劣化速度が速くなっていく、2)劣化速度が一定、3)劣化速度が遅くなっていくの3パターンが考えられるが、この劣化予測の場合は1)の劣化速度が速くなっていくパターンしか考慮されておらず、非現実的である。

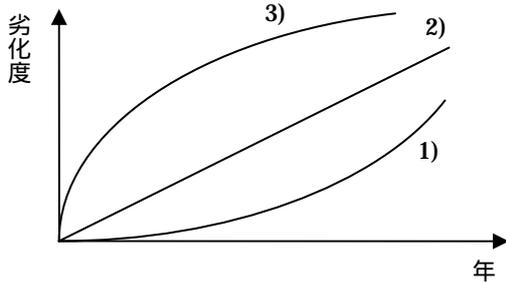


図-2 劣化パターンの形式

また、漸化式モデルでは3年間を直線回帰しているので、3年以内での精度は高いが、長期的な予測には不向きであるため、新たな予測手法の検討が必要である。

4. 改善方法の検討

構造物の劣化予測方法として、劣化速度に着目したものがあ²⁾。これは主に橋梁等の劣化予測に使われているが、舗装路面に対しても有効的であると考えられる。

この予測方法では、劣化度をいくつかの階級に分け、各階級の平均劣化速度を求めている。任意の調査時点 t_n における劣化度を r_n 、次回の調査時点 t_{n+1} における劣化度を r_{n+1} とすると、平均劣化速度 v は式(11)によって求まる。

$$v = \frac{r_{n+1} - r_n}{t_{n+1} - t_n} \quad (11)$$

ここで、劣化速度 v は時間 $t_n \sim t_{n+1}$ において線形であると仮定すると、異なる時点における劣化度の変化率として表していることになる。次に、劣化度に関して階級分けを行い、調査時点 t_n における劣化度 r_n の劣化速度 v を、 r_n が属する階級に分類していく。階級の数を N 、階級 i に属する劣化速度の数を M_i 、階級の幅を l とすると、階級 i の平均劣化速度 \bar{v}_i から次階級 $i+1$ に到達するまでの平均劣化時間 T_i を算出することができる。

$$T_i = l / \bar{v}_i = l / \left(\sum_{j=1}^{M_i} v_j / M_i \right) \quad (i=1,2,\dots,N) \quad (12)$$

ただし、この手法は階級ごとに劣化時間を求め、その累和が全体の劣化時間となるため、全ての階級にデータが入らないと求まらないという問題がある。また、全て

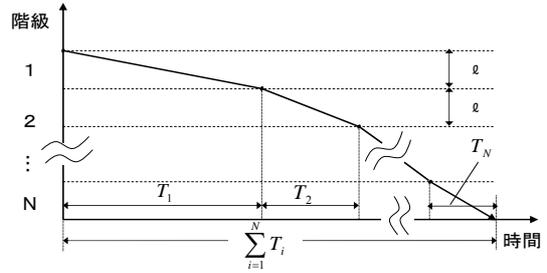


図-3 平均劣化曲線算出の概念

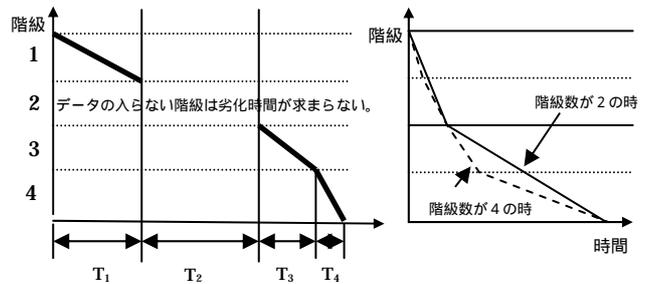


図-4 データが入らない階級がある時の劣化時間(左図)と階級数の違いによる劣化曲線の変化(右図)

の階級にデータが入るようにするために、階級の幅を広げてしまうと、階級数が減り、劣化曲線の精度が下がる。これらの問題点の概念を図-4に示す。

しかし、この予測方法は図-2のパターン形式全てを考慮できるため、図-4で示した問題を解決できれば、最も有効的な手法だと考えられる。

5. おわりに

本研究では、既存の劣化予測手法の現状を把握し、問題点を明らかにした。以下に、結論と今後の課題を示す。

(1) 結論

- ・ 漸化式モデルは、長期的な予測には不向きである
- ・ 劣化速度に着目した予測方法が有効的である

(2) 課題

- ・ 交通量区別に劣化曲線を比較する
- ・ 舗装厚や車線数の違いによる影響も考慮する

謝辞：本研究を進めるにあたり、北海道開発局の木下豪様、北海道開発土木研究所の清野昌貴様、北海道建設部の佐竹利人様に多くの助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 森修二、岳本秀人、丸山記美雄：積雪寒冷地における舗装マネジメントに向けた路面性状予測について、北海道開発土木研究所月報 No598、2003年3月
- 2) 貝戸清之：実測データに基づく構造物の劣化予測 - NY市の維持管理マネジメントの現状を踏まえて -、Summer School 2002 in TOKYO - 建設マネジメントを考える -、pp.141-153、2002年
- 3) 谷口聡、伊藤正秀、野村敏明、阿部忠行：舗装データベースを用いた供用曲線作成手法に関する研究、土木学会舗装工学論文集第8巻、2003年12月