

相対評価モデルを用いた舗装構造の劣化診断

京都大学経営管理大学院	正会員	○森	悠
京都大学経営管理大学院	正会員	小林	潔司
近畿地方整備局道路部	非会員	橋本	拓己
京都大学大学院工学研究科	正会員	藤原	栄吾
大成ロテック株式会社	正会員	鍋島	益弘

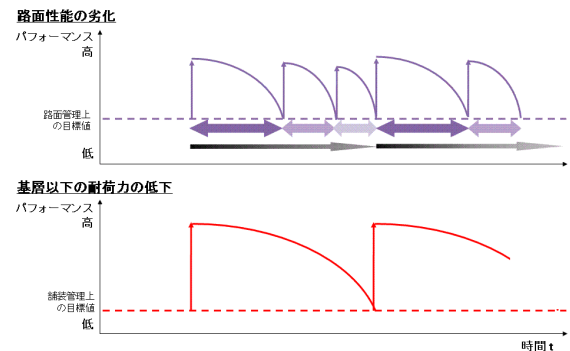
1. はじめに

舗装の劣化は、路面の劣化と舗装全体の耐荷力の低下が複合する複雑な現象である。舗装の耐荷力が低下すれば、路面の劣化速度に影響を及ぼす。このため、路面性状調査の結果と補修履歴データから、混合マルコフ劣化ハザードモデルを用いて、路面の平均的パフォーマンスカーブを推定する。さらに、平均的パフォーマンスカーブをベンチマークとして、各道路区間の劣化速度を相対評価することにより、舗装の早期劣化が発生している区間を抽出する。早期劣化の原因を重点的に調査すべき区間（重点管理区間）が抽出できれば、FWD 調査等により舗装構造の診断を効率的に実施することができる。以上の観点より、本研究では路面性状調査データ等に基づき各舗装区間の劣化速度に介在する異質性を相対評価することによる重点管理区間抽出の方法論を提案する。

2. 舗装構造の劣化特性と劣化診断

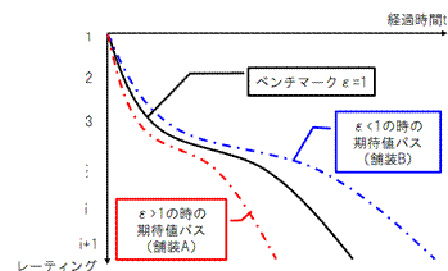
一般に、道路の舗装構造は、表層、基層、路盤、路床等で構成される多層構造を有している。このうち、基層以下は雨水や地下水の浸透、繰り返し荷重等により耐荷力が低下する。一方、表層（路面）は自動車利用による摩耗などにより劣化が進展する。さらに、基層以下の各層における構造的欠陥の有無が路面の劣化速度に影響を及ぼす。このような舗装構造の劣化過程を、模式的に図-1に示している。

舗装路面の劣化状態に関しては、日常的に巡回や目視点検により直接観察されるのみならず、路面性状調査により路面の健全度を定量的に評価できる。さらに、舗装の耐荷力に関しては、FWD 等の調査を通じて計測することができる。しかし、FWD による調査範囲が広範囲になれば、交通規制に伴う交通渋滞や調査費の増大を懸念せざるを得ない。よって、管内すべての道路区間に対して FWD 調査を実施することは現実的ではない。した



注) 路面性能は舗装の構造の健全性低下より劣化サイクルが早く、その都度補修することでその機能を回復する。また舗装の構造の健全性低下に伴い、路面性能の劣化サイクルは速くなる。

図-1 舗装の劣化パターン



注) 実線は $\varepsilon=1$ の場合であり、基準パフォーマンス劣化曲線を表す。この曲線より下方に位置する劣化曲線は平均より劣化進行が早く、上方に位置する場合は劣化進行が遅いことを意味する。

図-2 パフォーマンスカーブの相対評価

がって、可能な限り客観的な方法により重点管理区間を抽出したうえで FWD 調査を実施できれば、舗装のアセットマネジメントの効率性化に資することが期待できる。

3. ベンチマーキングと相対評価

いま、舗装の平均的なパフォーマンスカーブが時間の関数として図-2に示すように表現できたと考える。この平均的パフォーマンスカーブは、路面の劣化速度の大小関係の評価するための基準となり、本研究では基準パフォーマンスカーブと呼ぶこととする。混合マルコフ劣化ハザードモデル¹⁾を用いれば、異質性パラメータを用いて舗装の劣化速度の違いを表現することができる。路面の平均的劣化速度を表す基準ハザード率 λ_0 を用いて、

キーワード 維持管理, 舗装劣化診断, 混合マルコフハザードモデル, ベンチマーキング, FWD 試験

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学工学研究科都市社会工学専攻 TEL 075-383-3224

道路区間 i^k ($i^k = 1, \dots, L^k; k = 1, \dots, K$) のハザード率を

$$A_i^k = \varepsilon^k A_i^1$$

と表す。ただし、 A_i^k を個別ハザード率と呼ぶ。図-2 に示す基準パフォーマンスカーブは、 $\varepsilon = 1$ のときのハザード率を用いて定義されたパフォーマンスカーブを示している。また同図の舗装群 A では、 $\varepsilon > 1$ の場合と対応している。この場合、パフォーマンスカーブが基準パフォーマンスカーブより下方に位置しており、劣化速度が基準パフォーマンスカーブより相対的に早いと判断できる。このように他の同じような舗装群よりも、劣化速度が相当程度大きいことが判明した区間群を、重点管理区間として抽出できる。一方、舗装群 B は $\varepsilon < 1$ であり、何らかの要因が舗装の長寿命化に貢献していると判断できる。このように、混合マルコフ劣化ハザードモデルを用いて個々の舗装群の劣化速度を相対評価することにより、舗装構造の重点的な劣化診断が可能となる。

4. ベンチマーキングと劣化診断プロセス

効率的舗装マネジメントを目的として、路面性状調査、FWD を用いた以下の劣化診断プロセスを設定した。

ステップ 1 路面性状調査とベンチマーキング：

路面性状調査を実施し、複数年次の測定結果をデータベースとして整備する。これに基づいて混合マルコフ劣化ハザードモデルを推定し、平均的な劣化過程を表す基準パフォーマンスカーブを設定する。

ステップ 2 相対評価と重点管理区間の抽出：

劣化速度の相対評価を実施するために、対象とする区間をグルーピングした上で、混合マルコフ劣化ハザードモデルにより、相対評価を行う。これより、劣化速度の大きい道路区間を重点管理区間として抽出する。

ステップ 3 FWD 調査と舗装構造の劣化診断：

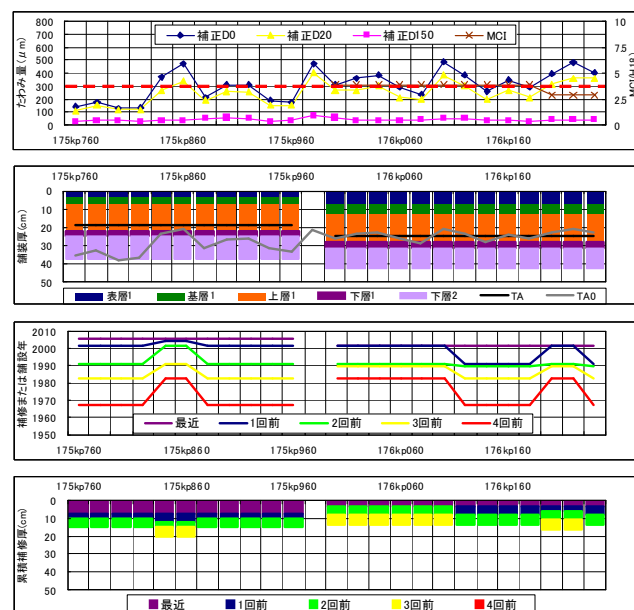
劣化速度の大きい重点管理区間に対して FWD 調査を実施し、舗装全体の耐荷力を診断する。これにより、舗装全体の劣化状態を診断する。

5. 適用事例

本研究は、国土交通省近畿地方整備局豊岡河川国道事務所の協力の下に、管区内号線を適用事例として、提案した方法論について実証的に検証を行っている。すなわち、混合マルコフ劣化ハザードモデルにより各グループの異質性パラメータの推定値に基づいて重点管理区間を具体的に抽出した。表-1 には実際に FWD 調査を行った個所の異質性パラメータ値を記載している。図-3 には、重点管理区間とされた竹田地区のたわみ量、舗装構造、

表-1 FWD 調査箇所

測定箇所	測定点数	異質性 ε	備考
村岡地区	24	1.95	高 ε 区間
竹田地区	25	3.13	高 ε 区間
千谷地区	25	1.72	高 ε 区間



※175.980kp は補修履歴、舗装構造データが台帳に存在しない

図-3 たわみ量、舗装構造、補修履歴の関係(竹田地区)

補修履歴の関係を一例として示している。この竹田地区では、たわみ量は全体的に大きく、全体の 5 割以上で D0 が基準値を上回っていることが分かった。

6. おわりに

本研究では、路面性状調査と FWD 調査を用いて、効率的に舗装構造の劣化状態を診断するための方法論を提案した。具体的には、路面性状調査結果に基づいて、混合マルコフ劣化ハザードモデルを用いて、基準パフォーマンスカーブを推定するとともに、各道路区間の劣化速度の多寡を、異質性パラメータを用いて相対評価する方法論を提案した。異質性パラメータを用いた相対評価により、舗装構造の劣化診断を行うことが必要となる重点管理区間を抽出することができる。

謝辞

本研究は、新都市社会技術融合創造研究会積雪寒冷地における舗装の耐久性向上と補修に関する研究の一部として実施された。また本研究の実施にあたり、大阪市立大学山田優名誉教授より貴重なご意見を賜った。

参考文献

- 1) 小濱健吾, 岡田貢一, 貝戸清之, 小林潔司: 劣化ハザード率評価とベンチマーキング, 土木学会論文集 A, Vol. 64, No. 4, pp. 857-874., 2008.