

道路舗装の中長期補修計画の立案手法に関する検討

福島県土木部 和知 聡
 福島県土木部 安孫子辰雄
 株式会社パスコ 正会員 ○青木 一也
 株式会社パスコ 正会員 南澤 輝雄

1. はじめに

膨大なストックに及んだ道路施設を効率的に管理し、利用者へ安全と快適性を提供することは道路管理者にとって重要な責務である。なかでも、道路舗装は土木施設全体の補修費に占める割合が高く、劣化・損傷が道路利用者に直接的に影響を及ぼす特徴を有する施設であることから、利用者の便益を最大にし、かつ舗装管理のための費用を最小にするような補修計画を立案することが求められる。

本検討では、蓄積された過去の補修データや点検データをもとに、道路舗装の中長期補修計画を立案する手法を提案する。舗装マネジメントシステムに関しては数多くの研究が蓄積されているが、本検討では、個々の損傷状態をマルコフ推移確率で表現するとともに、利用者費用と管理者費用で定義される舗装のライフサイクルコストを最小にするような最適補修戦略を導出し中長期の将来予測を実行するまでの一連のプロセスを提案する。

2. 舗装管理計画手法

2.1 階層的マネジメントサイクルの構築

舗装管理業務を体系的に整理することを目的として、階層的舗装マネジメントサイクルを構築した(図-1)。舗装管理業務は、意思決定の時間的視野の違い等により、3つのステージに分類することができる。中長期ネットワークレベルでは、管理対象の舗装全体の補修シナリオや目標予算、管理基準値の決定とさらにはマネジメントの実施結果をもとにした事後評価機能を有する。短期ネットワークレベルは、単年度に実施する補修箇所を選定しプロジェクトレベルにおいて補修を実施する。本検討では、中長期ネットワークレベルでの検討を支援するための手法論を提案する。

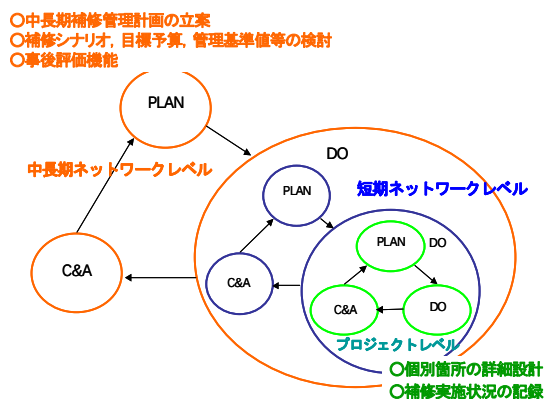


図-1 階層的舗装マネジメントサイクル

2.2 劣化予測モデル

舗装の劣化には多くの不確実性を含んでおり、劣化過程を確定的に予測することは不可能である。本検討では舗装の劣化予測モデルとして、小林ら¹⁾が提案するマルコフ劣化ハザードモデルを用いて、路面の損傷として代表的な、ひび割れとわだち掘れの劣化予測モデルを構築した。

舗装の損傷度を離散的な健全度により表現したとき、任意の時間間隔 z の間に健全度 i から $j(>i)$ に推移するマルコフ推移確率 $\pi_{ij}(z)$ は、健全度毎に定義される指数ハザード関数 $\lambda_i(y_i) = \theta_i$ を用いて、

$$\pi_{ij}(z) = \sum_{k=1}^j \prod_{m=i}^{k-1} \frac{\theta_m}{\theta_{m+1} - \theta_k} \prod_{m=k}^{j-1} \frac{\theta_m}{\theta_{m+1} - \theta_k} \exp(-\theta_k z) \quad (1)$$

とあらわすことができる。舗装の定期点検データ及び補修履歴データを用いることにより、マルコフ推移確率を求めることができる。詳細な推計方法については参考文献を参照していただきたい。

2.3 ライフサイクルコスト分析

舗装のライフサイクルコスト(LCC)は、管理者費用と利用者費用のトレードオフの関係が存在する。管理

	健全度	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
健全度	区分	$C < 10$	$10 \leq C < 20$	$20 \leq C < 25$	$25 \leq C < 30$	$30 \leq C < 35$	$35 \leq C < 40$	$40 \leq C < 45$	$45 \leq C < 50$	$50 \leq C$
	R1	$R < 10$	6.4	< 20	< 25	< 30	< 35	< 40	< 45	< 50
	R2	$10 \leq R < 15$	5.8	4.8	4.3	4	3.7	3.4	3.1	2.9
	R3	$15 \leq R < 20$	5.3	4.4	3.9	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9
	R4	$20 \leq R < 25$	4.9	3.9	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5
	R5	$25 \leq R < 30$	4.5	3.5	3.1	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1
	R6	$30 \leq R < 35$	3.8	3.2	2.7	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8
	R7	$35 \leq R < 40$	3.2	2.8	2.4	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4
	R8	$40 \leq R$	2.9	2.6	2.2	2	1.7	1.6	1.4	1.2

注) 図中の R はわだち掘れ (8 ランク), C はひび割れ (9 ランク) の健全度を表している. 本図の補修政策では, C4 以上または R6 以上で切削オーバーレイ, C8 以上で打換えを適用している. さらに, 赤枠内はシール材注入工法, 青枠内は切削工法を適用する. 図中の数値は MCI 値を示している.

図-2 補修政策クロス表・サンプル

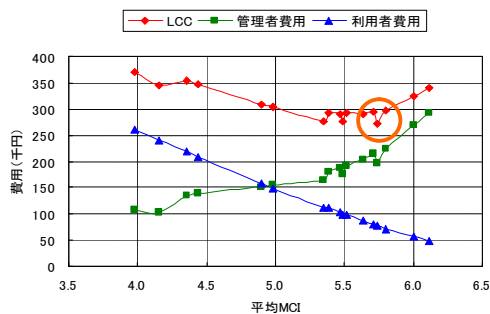
者費用と利用者費用の合計の定常状態における単位舗装区間あたりの年平均費用を LCC として定義し, LCC が最小となる補修政策を求めることができる.

補修政策は図-2 に示すように, ひび割れとわだち掘れの2つの健全度のマトリクスとして与える. いま, ひび割れ, わだち掘れの健全度をそれぞれ, i_C , i_R により表現する. ひび割れとわだち掘れの各損傷が独立に進行するものと仮定し, それぞれマルコフ推移確率に従って劣化が進行し, ある状態の組み合わせ(i_C, i_R)に達した際に補修を行うか否かの判定を行う. 補修が実施された舗装区間の状態は, ひび割れ, わだち掘れの健全度は最良の状態に戻る. 但し, 舗装の予防的補修である切削工法はわだち掘れの健全度のみが回復し, シール材注入工の場合, 状態は回復せず, ひび割れの劣化状態が3年間進行しないという仮定を設けている. 補修が行われた際, 施工条件別に設定した補修費用を計上するとともに, 舗装の状態に応じて利用者費用を算出する. 利用者費用は, ひび割れとわだち掘れの健全度に対応する MCI 値と車両走行費用の関係から求める. 以上の条件設定のもと, 長期的な舗装の劣化/補修過程を, モンテカルロシミュレーションを用いて予測し, 舗装の管理状態と LCC を算出する. このとき, 舗装の評価単位は, 路面性状調査の評価単位と整合を図り 100m 区間としている.

3. 適用事例

3.1 福島県の道路舗装

本検討にて提案した手法を福島県の道路舗装に適用した. 福島県が管理する道路は 5,591.6km に及んでおり, 県内の 3 つの地域区分(会津・中通り・浜通り)や交通量の違い等を考慮し, 劣化速度の違いから 38 ケース



注) 会津地方における, 国道(幹線道路), 大型車交通量区分 N₄ 路線の LCC 分析結果を示している.

図-3 ライフサイクルコスト分析結果

の劣化予測モデルを構築し, さらには地域特性等により舗装区間をグルーピングし, それぞれのグループに対して劣化速度や交通量の違い等を考慮した補修政策を導出した.

3.2 予防的補修の効果

図-3 に LCC 分析結果のサンプルを示す. 補修政策は, 補修のタイミングや適用工法の違い等を組み合わせ, 17 ケースの政策を設定した. 管理者費用と利用者費用の合計を赤の実線で示しており, 費用最小となる補修政策が 1 点選択される(図中の丸印). このときの補修政策は図-2 で示した補修の組み合わせであり, 予防的補修を行うことにより, LCC を低減できることを示すことができた.

3.3 中長期補修計画

最適補修政策に従い, 将来時点の補修費用と劣化状態をシミュレートし, 中長期の予算計画と管理基準を設定した. その際, 路線の重要度により管理基準値と補修政策を設定するためにグルーピングを行い, 各グループに対して段階的な補修政策及び管理基準値を設定した. さらに, 予算制約による舗装の管理基準値に与える影響を分析し, 最適な予算計画を立案した.

4. おわりに

本検討では, 舗装の中長期の補修計画を立案する方法論について提案した. さらに福島県の道路舗装を対象とした適用事例を紹介した. 今後は, 開発した福島県舗装マネジメントシステムで策定した補修計画に基づいた舗装管理の運用とともに, 事後評価による計画の見直しとさらなるコスト削減に向けた対策案を検討するための手法論を開発することが課題である.

参考文献

- 1) 小林潔司, 熊田一彦, 佐藤正和, 岩崎洋一郎, 青木一也: サンプル欠損を考慮した舗装劣化予測モデル, 土木学会論文集 F, Vol.63, No.1, pp.1-15, 2007.