

V-15

動的計画法を用いたアスファルト舗装の維持修繕計画に関する研究

神戸大学大学院 学生会員 大西 宏二
 神戸大学工学部 正会員 西 勝
 兵庫県 大橋 一公
 同上 恒藤 博文

1. はじめに

舗装ストックの急増に伴い維持管理費用も増大しており、経済的な観点から合理的かつ効率的な維持修繕計画を実施することがますます重要となっている。しかし、沿道住民の苦情処理などの外的要因のため、一般的には、経済的に最適な計画案と実際の維持修繕計画とは一致しない。そこで本研究では、ネットワークレベルにおいて、経済的な観点から動的計画法を用いた維持修繕計画システムを構築し、さらに階層分析法による優先順位付けを組み込むことで、貨幣換算のできない外的要因を考慮することを試みた。図-1に解析のフローを示す。

2. システムの概要

(1) 舗装のパフォーマンス

本研究で構築された評価・修繕支援システム¹⁾を用いてアスファルト舗装のパフォーマンス解析を行った。これは、設定条件（設計要因、材料特性、舗装断面等）を入力し、FEM（軸対称反復有限要素法）に基づく構造解析よりパフォーマンスを算出するもので、その有用性も確認されている。

(2) 修繕工法と修繕後のパフォーマンス

本研究においては、修繕工法としてオーバーレイ工法を採用した。また、修繕後のパフォーマンスについては、路盤材料の劣化を考慮したパフォーマンス解析を行い算出した。路盤材料の劣化について、水硬性のあるスラグ路盤材に関しては路盤下面からのひび割れを想定したジョイント要素を導入し、水硬性のない粒調砕石に関しては材料の水浸劣化を想定した。

(3) 費用

初期建設費用は、福田らの研究結果²⁾を参考に、設計時の等値換算厚 T_A と直線関係にあると仮定し次式により考慮した。

$$I C = 356.64 \cdot T_A - 382.20 \quad (1)$$

以下の費用は文献³⁾に基づき設定した。日常の維持管理費用は、 MCI に対応して単位面積当たり一定の費用が掛かると仮定し（表-1）、道路利用者損失費用（ $U.C.$ ）については次式で考慮した。

$$\text{小型車} : U.C. = 12.125 MCI^2 - 189.999 MCI + 743.190 \quad (2)$$

$$\text{大型車} : U.C. = 37.677 MCI^2 - 560.504 MCI + 2085.490 \quad (3)$$

オーバーレイの費用は、建設省の各地方建設局の平均値（4749円/㎡）を設定した。また、修繕工事実施時に道路利用者がこうむる遅延費用も考慮した。なお、費用計算は割引率を6%として現在価値法で行い、残存価値についても考慮した。

(4) 動的計画法による最適化

より合理的かつ効率的に維持修繕を行うことを目的に、動的計画法⁴⁾（以下 DP ）を用いて、最適案の検討を行うことにした。 DP における、維持修繕計画問題は次式のように定式化される。

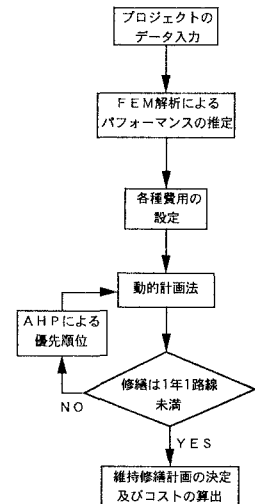


図-1 解析のフロー

表-1 維持費とMCIの関係

M C I	維持費 (円/㎡)
10.0~9.0	27
8.9~8.0	44
7.9~7.0	62
6.9~6.0	79
5.9~5.0	96
4.9~4.0	113
3.9~3.0	130
MCIが3に落ちて2年目	148
MCIが3に落ちて3年目	165
MCIが3に落ちて4年目以降	182

$$F_n(i, j, k) = \min \begin{cases} M(i, j, k) + U(i, j, k) + F_{n-1}(i, j+1, k) & \text{(維持)} \\ U(i, j, k) + R(i, k) + F_{n-1}(r, 0, k) & \text{(修繕)} \end{cases} \quad (4)$$

$$F_n = \min \sum F_n(i, j, k) \quad (5)$$

ここで、 i ：舗装状態（ $i=1$ ：新設、 $i=2$ ：修繕）、 j ：新設あるいは修繕からの供用年数、 k ：プロジェクト番号、 F_n ：計画目標期間最終年まで n 年目のトータルコスト、 M ：維持管理費用、 U ：道路利用者損失費用、 R ：修繕費用と遅延費用

（5）階層分析法に基づく優先順位

DP は費用最小の観点から解析を実行するため、行政面、環境性、沿道住民等といった貨幣換算が不可能な外的要因をいっさい考慮できない。そこで、本研究では、優先順位の決定に階層分析法⁵⁾（以下 AHP ）を用い、システムへの組み込みを行った。

表-2 各プロジェクトの舗装構造と交通条件及び優先順位

P. S.	路盤材料	交通区分	初期 T_A	交通量 (台/日・方向)	大型車 混入率(%)	優先 順位
△	複合スラグ	C	26.55	5000	23	1
□	HMS	C	26.55	5000	23	2
●	粒瀝砕石	C	26.20	5000	23	3
○	粒瀝砕石	B	19.10	3000	16	4

3. 設定条件

各プロジェクトの舗装構造と交通条件及び優先順位は表-2のように設定し、路床土の設計 CBR は8%とした。また、その他の設定条件として、計画目標期間：20年、道路延長500m、車線数2、車線幅員3.25m、車両走行速度60km/h、修繕基準： $MC I=4$ 、交通量伸び率：10年目まで1年当たり0.08、11年目以降0を設定した。また、修繕は1年当たり1路線までとした。

4. 解析結果

今回の研究では、修繕基準に達したら修繕する経験的手法との比較も行った。なお、代替案①は修繕単位を考慮せず、プロジェクトレベルで計画策定を行っている。

図-2に各代替案における解析結果を示す。図より DP を用いた方が総費用は安くなることが確認される。代替案③、④を比較すると代替案④は総費用は高くなるが、 AHP の優先順位付けにより、比較的柔軟に維持修繕の計画が行われており、また、経験的手法より総費用は抑えられることが確認できた。

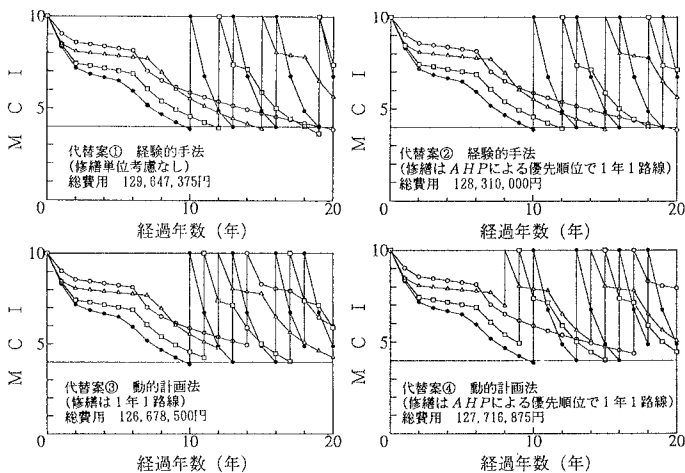


図-2 解析結果

5. おわりに

本研究において、経済的な観点から DP を用いた維持修繕計画システムの有用性が確認された。さらに優先順位を採用することで、より柔軟性を持った計画を策定できることが認められた。今後は、解析対象路線数の拡大、管理主体を想定した設定条件などについて検討を加えていく予定である。

＜参考文献＞

- 1) 西 勝、遠山俊一、大橋一公、恒藤博文：円形走行試験に基づくアスファルト舗装パフォーマンスカーブの構築、建設工学研究所報告第37号、pp.361-380、1996。
- 2) 孔 永健、福田 正：動的計画法に基づくアスファルト舗装の最適設計、土木学会論文集、No.502/V-25、pp.167-170、1994。
- 3) 建設省道路局国道第一課、建設省土木研究所：舗装の管理水準と維持修繕工法に関する総合的研究、第41回建設省技術研究会報告、pp.362-381、1987。
- 4) 尾形彦彦：ダイナミックプログラミング、培風館。
- 5) 木下栄蔵：意志決定論入門、敬文出版