

V-6 舗装修繕計画のプロジェクトレベルでの最適化

東北大学 正員 ○ 武山 泰  
東北大学 正員 福田 正

1. はじめに

舗装の維持管理を合理的かつ経済的に行うために、近年、舗装管理システムの重要性が指摘されている。このためには修繕工法、修繕箇所、修繕の優先順位などを経済性を考慮にいれて決定するためのサブシステムが必要となる。本研究は、ネットワークレベルでの舗装修繕計画の最適化システムのサブシステムとなるプロジェクトレベルでの最適化システムに関する検討として、修繕計画の最適化に動的計画法を適用し、交通量、補修費用、破損遷移特性が修繕時期の決定に及ぼす影響について検討を行ったものである。ここでは、舗装の挙動の変動特性を考慮するために破損遷移にマルコフ連鎖モデルを適用して、定式化を行っている。

2. 舗装に関する費用および便益

舗装に関する費用と便益は、道路利用者、道路管理者、沿道住民(非道路利用者)の3つの異なる立場から、次のようなものが考えられている。

- 道路利用者：旅行時間，走行費用，事故費用，快適性
- 道路管理者：維持・修繕費用，住民からの苦情，交通事故
- 非道路利用者：環境（騒音，振動，大気汚染，景観）

これらの諸費用のうち、特に非道路利用者に関わる費用については貨幣尺度での評価が困難であり、舗装管理システムにおいては通常考慮されていない。ここでは文献調査を行うことにより、道路利用者については車両走行費用<sup>1)</sup>、道路管理者については日常的な管理費および修繕費用<sup>2)</sup>を考慮することとした。これに基づき、車両走行費用の低減が舗装の修繕により得られる便益と考え修繕計画の最適化の定式化を試みた。

3. DPによる修繕計画の最適化

舗装の挙動の変動特性を考慮するために、マルコフ連鎖モデルによる舗装の供用性の評価システムを用いる。この評価システムは、舗装の状態をn段階のランクにより評価し、破損の遷移が単純マルコフ過程で表現されるとするものである。舗装の状態の各組に対する遷移確率をマトリックス表示すると次のようになる。

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}, \quad 0 \leq p_{ij} \leq 1, \quad \sum_{i=1}^n p_{ij} = 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

また、修繕の効果を評価するために、次の修繕効果ベクトルを用いる。これを用いることにより、修繕後の舗装の状態が修繕工法により異なること、また、同じ工法でもその効果がばらつきを有することを考慮することが可能となる。しかし、修繕工法による差異を明確にできなかったことから、修繕の効果に関しては確定的に最も良いランクに遷移するものと考えた。

$$e = [ e_1 \quad e_2 \quad \cdots \quad e_n ], \quad 0 \leq e_j \leq 1, \quad \sum_{j=1}^n e_j = 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

この場合、修繕計画の最適化の問題は、動的計画法を用いて次のように定式化される。

$$f_t(i) = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{修繕しない: } C(i) + \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot f_{t+1}(j) \\ \text{修繕する: } R + C(1) + \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot f_{t+1}(j) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $i$  : 舗装の状態 (n段階のランクで評価する)  
 $f_t(i)$  : 状態*i*の舗装を*t*年目以降最適に修繕管理するための費用  
 $R$  : 修繕費用  
 $C(i)$  : 状態*i*の舗装の利用者費用, 日常的管理費  
 $p_{ij}$  : 状態*i*の舗装が次年に状態*j*に遷移する確率

解析期間の最終年から計算を開始し、各年において全ての状態の舗装について、式(3)を用いて、費用を最小とする修繕計画を決定することができる。

4. 解析結果

ここでは式(3)に基づき、寒冷地および温暖地における交通区分ごとのアスファルト舗装の破損遷移確率<sup>3),4)</sup>を用い最適化を行った。代表的な修繕工法としてオーバーレイと薄層オーバーレイの2種類を考慮し、修繕はオーバーレイのみ、あるいは薄層オーバーレイのみにより実施されるものと考えた。

その結果、各修繕工法が選択される場合の舗装路面のランクは、大型車交通量(台/日・一方向:大型車混入率を20%として考慮)に対して図-1のように求められた。なお、舗装のランクは維持管理指数MCIを用いて6段階で評価した。同一地域においては、交通量が大きいほど良いランクにおいて修繕を行うことが必要とされる。また、破損の進行が遅い温暖地の方がより良いランクで修繕を実施すると判断されている。

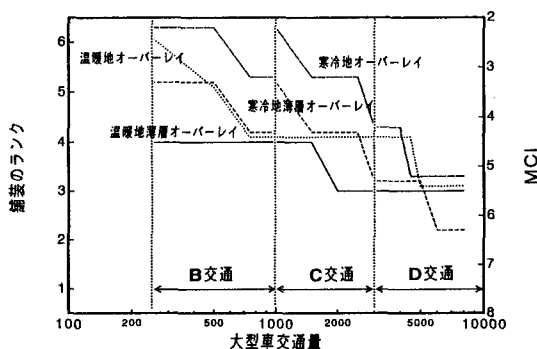


図-1 最適計画のもとで修繕を行うべきランク

5. おわりに

本研究において開発した修繕計画の最適化システムは、プロジェクトレベルの最適化システムである。今後、本システムをネットワークレベルの最適化システムに拡張するためには、(1)修繕規模を考慮したプロジェクトレベルの最適化システムの開発、(2)予算制約下での修繕の優先順位の決定方法、(3)ネットワークレベルへの拡張、について検討を行う必要がある。

参 考 文 献

- 1) 安崎 他: 舗装の供用性と車両走行費用に関する検討, 舗装, Vol.25, No.3, pp.11-15, 1990.
- 2) 建設省: 舗装の維持修繕に関する調査研究, 第33~35回建設省技術研究会報告, 1979-80.
- 3) 武山 他: 寒冷地舗装の破損遷移に関するデータ解析, 土木学会論文集, No.442, pp.147-152, 1992.
- 4) 武山 他: 温暖地におけるアスファルト舗装の破損遷移に関するデータ解析, 土木学会論文集 (掲載予定).