

V-32 複数修繕工法の場合におけるアスファルト舗装の長期修繕計画最適化について

日本道路(株)技術研究所

正会員 孔 永健

同上

正会員 野田 悦郎

宮城大学事業構想学部

フェロー会員 福田 正

1. はじめに

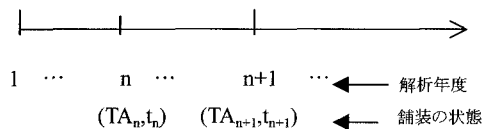
アスファルト舗装の長期修繕計画の最適化に関して研究を行った¹⁾。本研究では、プロジェクトレベルにおいて、複数修繕工法を対象とする場合の、文献 1) に示した計算手法の適用性を検討するため、定式化を行い、計算事例を通じて、その有用性を検証した。

2. 複数工法の場合の定式化

舗装の供用性指数 PSI は交通への供用に伴って低下していく。また、修繕によって再び良好の状態に遷移する。供用性指数 PSI は、一般に次のように表すことができる¹⁾。

$$PSI = P(CBR, TA(t), N(t)) \quad (1)$$

式(1)において、路床土設計 CBR は初期設計要素として与えられる。従って、修繕行為の影響は構造厚指数 TA と供用年数 t の変動、5ton 換算輪数 N(t) を通じて PSI の遷移に反映される。解析年度 n と n+1 における構造厚指数 TA_n と供用年数 t_n の関係は図-1 に示される。



n 年度において、

修繕しない場合: $TA_{n+1} = TA_n$ 、 $t_{n+1} = t_n + 1$

修繕した場合: $TA_{n+1} = TAR_n$ 、 $t_n = 0$

よって、 $t_{n+1} = t_n + 1$ 、 $PSI_n = 4.5$

図-1 修繕による構造厚指数 TA_n と供用年数 t_n の変動

舗装の状態 (TA_n, t_n) にある舗装の n 年度以降の累積費用関数を $f_n(TA_n, t_n)$ とすると、複数の修繕工法における舗装の最適修繕計画の定式化は動的計画法の最適原理より式(2)のようになる。

$$f_n(TA_n, t_n) = \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{修繕しない場合:} \\ c_n(TA_n, t_n) + f_{n+1}(TA_n, t_n + 1) \\ \text{修繕する場合:} \\ rc_n(d_1) + c_n[TAR_n(d_1, 0)] + f_{n+1}[TAR_n(d_1, 1)] \\ rc_n(d_2) + c_n[TAR_n(d_2, 0)] + f_{n+1}[TAR_n(d_2, 1)] \\ \dots \dots \\ rc_n(d_s) + c_n[TAR_n(d_s, 0)] + f_{n+1}[TAR_n(d_s, 1)] \end{array} \right. \quad (2)$$

ここで

n : 解析年度、 $n=1, 2, \dots, n_{\max}$

s : 修繕工法の数、 $s=1, 2, \dots$

t_n : 解析年度 n における舗装の供用年数

$TAR_n(d_s)$: 解析年度 n における厚さ d_s のアスファルトオーバーレイ後の舗装の等値換算厚、 $TAR_n(d_s) = d_s + \alpha \cdot TA_n$ 。α は舗装の残存寿命を表す指標である¹⁾。

$rc_n(d_s)$: 解析年度 n におけるオーバーレイ厚さ d_s に対する修繕費用

$c_n(TA_n, t_n)$: 解析年度 n における舗装の状態 (TA_n, t_n) の場合の管理費用と利用者費用の合計、文献 1) の式で計算する。

式(2)における各年度の費用は、現在価値に換算する。

n 年度費用の現在価値 = n 年度の費用 / $(1+r)^n$
r(%): 割引率。

3. 解析事例

1) 一般入力条件

対象交通: C 交通、路床土設計 CBR(%)=8、

初期 TA : 26cm

全交通量: 9000 台/1 日・1 方向・1 車線

5tf 輪荷重換算輪数の初期値: 1900 輪/1 日

舗装の初期供用履歴: 新設後 2 年目

道路延長: 1km、車線数: 2、車線幅員: 3.5m

交通増加率: 単純化のため 0 とした

Key Words : PMS, Dynamic Programming, Optimization of Repair Program

〒 146-0095 東京都大田区多摩川 2-11-20, Tel:03(3759)4872, Fax:03(3759)2250

新設後または修繕後の初期供用性指数 $PSI_0:4.5$

割引率 $r:5\%$

2) 修繕工法

加熱アスファルト混合物による3種類のオーバーレイ案 (s=3)を対象とし、

OL3 : $d_1=3\text{cm}$ 、単価=2400 円/㎡

OL5 : $d_2=5\text{cm}$ 、単価=4000 円/㎡

OL7 : $d_3=7\text{cm}$ 、単価=5600 円/㎡

なお、単純化のため、切削は考慮しない、厚いオーバーレイの2層仕上げによる費用増しは考慮しない。

修繕単価の設定はライフサイクルコストの解析精度に大きく影響することは言うまでもないが、計算手法の有効性の検証には影響しない。

表-1 に示す3つの修繕 Pattern を研究事例とした。

表-1 3つの修繕 Pattern による修繕の入力条件

工 法	OL3	OL5	OL7	備 考
Pattern1		OL5		文献 1)の計算例
Pattern2	OL3	OL5		比較用に選んだ
Pattern3	OL3	OL5	OL7	計算手法の検証用

3)最適修繕計画

最適修繕計画の解析結果は図-2に示す。修繕 Pattern3の場合において、最適化計算の結果から、最適

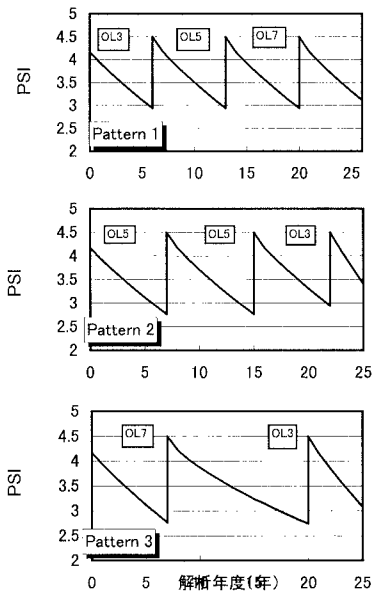


図-2 各Patternの最適修繕計画

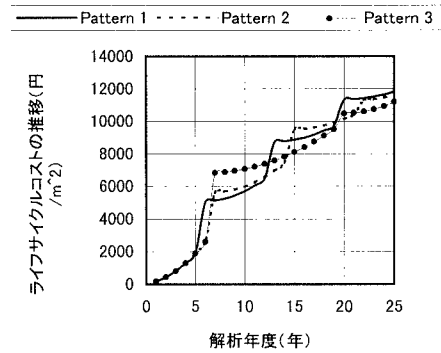


図-3 ライフサイクルコストの推移

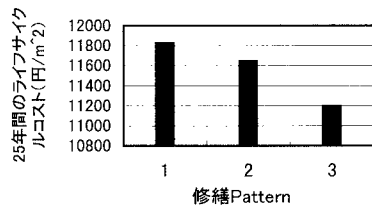


図-4 修繕Pattern別の25年間費用

な工法の組み合わせ(OL7,OL3)が選択される。ここで、供用性指数 PSI の値の上昇はオーバーレイ施工を意味する。

4)ライフサイクルコストの比較

3つの修繕 Pattern において、図-2に示した最適修繕計画をおのおの実施した場合に、解析年度におけるライフサイクルコストの推移を比較し図-3に示す。図-4は解析期間 25 年におけるライフサイクルコストの比較を示している。

表-1に示す解析事例について、式(2)の計算手法を用いれば最適な修繕時期と工法の組み合わせを同時に決定することができる。したがって、工法数が増えた場合、上述の手法で常にライフサイクルコストが最小となる修繕計画を得られる。

4. おわりに

複数の修繕工法における長期修繕計画の最適化について、既存の最適化手法⁹⁾を拡張した式(2)を解析事例に適用し、検証した。修繕工法の数を増やした場合、効率よくライフサイクルコストを最小にする修繕時期と修繕工法の組み合わせが得られることがわかった。

参考文献

- 1)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-25,1994.11.