

V-3

舗装管理システムによる舗装の設計について

東北大学大学院情報科学研究科 学生員 ○孔 永健
東北大学大学院情報科学研究科 正会員 福田 正

1. はじめに

本研究では、プロジェクトレベルの舗装管理システムを構築した。このシステムを用いた舗装の解析期間におけるライフサイクルコスト分析を基に、舗装設計の等値換算厚、修繕時期の最適解を決定する方法について検討した。

2. アスファルト舗装のパフォーマンス

AASHTOパフォーマンスモデル¹⁾は式(1)に示すように構造厚指数、交通荷重及び供用性を表すサービス指数の間の定量関係を表している。

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.2 - 8.07 \cdot \log_{10}[\Delta PSI / (4.2 - 1.5)] + 2.32 \log_{10}(M_R) + \frac{0.4 + 1094 / (SN+1)^{5.19}}{0.4 + 1094 / (SN+1)^{5.19}} \quad (1)$$

ここで、 W_{18} :18kipの等価単軸荷重の予測数、 B, C, D 交通の5tf輪荷重換算輪数に相当。 M_R :レジリエント係数。本文では、舗装要綱の諸量に対応するために、式(2)に示すように (SN, M_R, W_{18}) を (T_A, CBR, N) に変換する。

$$\begin{aligned} SN &= T_A \cdot 0.35 / 2.54 = T_A / 7.26 \\ M_R &\approx 100 \cdot CBR / 0.0703 = 1422 \cdot CBR \\ N &= (4.1/5)^4 \cdot W_{18} = 0.452 \cdot W_{18} \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)を式(1)に代入して、 $Z_R=0$ の場合において舗装のパフォーマンスは式(3)に表される。

$$\log_{10}(N/0.452) = 9.36 \cdot \log_{10}(T_A/5.77+1) - 0.96 + 2.32 \log_{10}(CBR) + \frac{\log_{10}[\Delta PSI / (4.2 - 1.5)]}{0.4 + 1094 / (T_A/7.26+1)^{5.19}} \quad (3)$$

オーバーレイ後の舗装のパフォーマンスについては舗装要綱のオーバーレイ厚設計法を利用し、新たな構造厚指数 $T_{A'}$ を式(4)で計算を行なう。

$$T_{A'} = d_0 + \alpha \cdot T_A \quad (4)$$

ここで、 d_0 :オーバーレイ厚。 T_A :元の舗装の等値換算厚。 α :在来舗装の残存寿命と関係し、(5)式に示したように $\alpha = T_{A0}/T_A = 0.76$ 。

$$T_{A0} \approx 0.76 \cdot T_A \quad (5)$$

3. プロジェクトレベルPMS

動的計画法(DP)による舗装の修繕と管理に関する意思決定を行なう場合、(6)式に示されるような判断の繰り返し過程によって、最適な決定を見つけることができる。

$$f_t(i) = \min \{R + C(1) + f_{t+1}(2), C(i) + f_{t+1}(i+1)\} \quad (6)$$

ここで、

$f_t(i)$:状態*i*の舗装を最適に管理するのに必要な*t*年目以後の費用。

R :修繕を行った場合の修繕に要する費用(オーバーレイ費用)。

$C(i)$:舗装が状態*i*の場合の利用者費用と日常的管理費用の和。

4. PMSによる舗装構造の設計

解析期間におけるライフサイクルコストについては比較的に明かになっている初期建設費、修繕費用、利用者費用、管理者費用を考慮した。

本研究において、DPに基づくライフサイクルコストの分析の方法論の検討を目的としているので、オーバーレイ厚 d_0 、路床CBRを一定にした場合の B, C, D 交通において、構造上の条件を満足する、ライフサイクルコストが最小となるような初期設計等値換算厚を求める。そこで、オーバーレイ時期の決定も同時に行なわれる。そのアルゴリズムは以下に示すとおりである。

- ①入力数値の設定、
- ②修繕時の在来舗装の残存寿命の評価、
- ③DPによる最適オーバーレイ時期及びトータルライフサイクルコストの計算、
- ④最小ライフサイクルコストに対応する初期構造厚の決定

4-1 計算に用いた諸数値

(1) 初期建設費と T_A との関係

実際に施工された各種の舗装構造を選び、施工面積は5000m²を対象とし、初期建設費を積算した。その結果は(7)式となる。

$$IC = 356.64 \cdot T_A - 382.20 \quad (7)$$

ここで、 IC :初期建設費用(円/m²)、 T_A :舗装要綱の等値換算厚(cm)。

(2) 管理者費用(円/m²)と利用者費用(円/km・台)舗装の状態をMCIとPSIで近似的に6ランクに分けることによって、既存研究^{3) 4)}の成果より表-1のように設定した。

(3) その他の入力数値

解析期間:30年

道路延長:1km

車線数:2

車線の幅員:3.5m

交通量:5000台/1日・1車線・1方向

交通増加率:0

管理水準: $PSI \geq 2.5$

初期供用性指数: $PSI = 4.5$

オーバーレイ後供用性指数: $PSI = 4.5$

ディスカウント率: 6%

等値換算厚 T_A の範囲: 10~80と設定した

オーバーレイ厚 d_0 : 5cm

修繕費用(オーバーレイ費用): 4000円/㎡

経済評価手法は現在価値法を用いる。

表-1 PSI に対応する管理者・利用者費用

ランク	MCI	PSI	管理者費用	利用者費用
1	7~	4.5~4.2	44.0	22.9
2	6~7	4.2~3.7	62.0	23.0
3	5~6	3.6~3.1	79.0	23.3
4	4~5	3.0~2.5	96.0	24.0
5	3~4	2.4~2.0	113.0	25.0
6	~3	2~	130.0	26.0

4-2 解析結果

(1) 最適等値換算厚 T_A

図-1はそれぞれB, C, D交通の場合について、等値換算厚 T_A とライフサイクルコストの関係を示した。

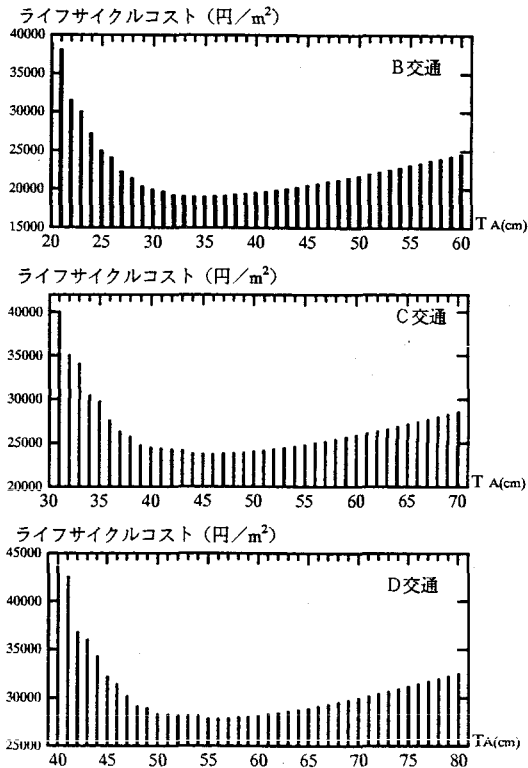


図-1 ライフサイクルコストの変動

トータルライフサイクルコストが最小になる等値換算厚 T_A は表-2に示した。

表-2 最適等値換算厚 T_A (cm)

交通区分	B	C	D
5t 輪荷重換算輪数 (×1000回)	100	700	3500
通常設計法の T_A	26	35	45
PMSによる T_A	35	45	55

(2) 最適修繕時期

供用性指数 PSI の変化図からオーバーレイ時期がわかる。B, C, D交通の PSI の変化は図-2に示した。

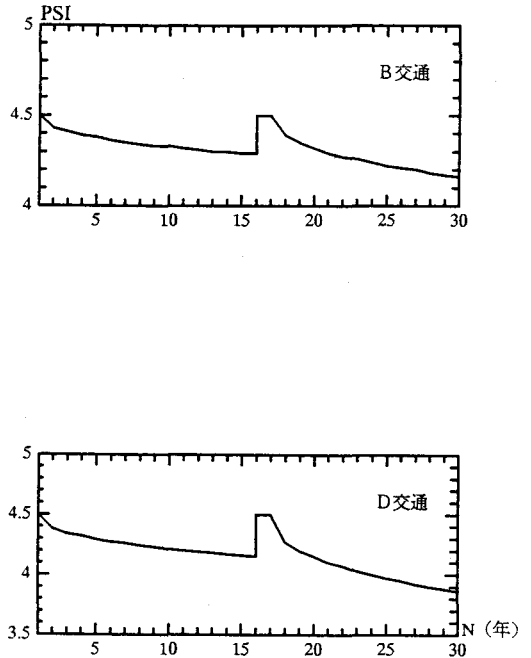


図-2 供用性指数 PSI の変動

5. まとめ

プロジェクトレベルPMSによって、解析期間(30年)におけるライフサイクルコストの分析を基にアスファルト舗装を設計する方法を検討した。PMSの観点に立って、より長期間の修繕を考慮すれば、初期構造の等値換算厚において従来の設計理論よりも大きい値を採ったほうがより経済的であることを明かにした。

参考文献

- (1) (社)セメント協会: 舗装に関するAASHTO指針・1986年版, 1993. 11
- (2) 日本道路協会, アスファルト舗装要綱, 平成4年11月
- (3) 建設省: 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
- (4) 安崎 裕, 片倉 弘美, 伊佐 真秋: 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, 1990.