

V-249

整数計画法を用いたネットワーク型舗装管理システム

東北大学大学院情報科学研究科 学生員○大塚 勝
東北大学大学院情報科学研究科 正員 福田 正

1. はじめに

道路網の整備が進むにつれて、舗装をいかに適切に効率よく維持管理をするかということが問題である。本研究では、整数計画法を用いたネットワーク型舗装管理システムを構築することによって、条件の違う複数の道路区間の解析期間内における最適修繕計画の事例を示した。また一般的予算配分システムである舗装が一定の供用性水準に達したものから予算配分を行うランキング型の修繕計画との比較を行った。

2. アスファルト舗装のパフォーマンス式

本研究では、舗装のパフォーマンスを考慮した修繕計画を作成するため、次のAASHTO指針¹⁾の構造設計式をパフォーマンス式に適用することとする。式(1)とアスファルト要綱²⁾の構造設計式が基本的に同一の設計概念であることは、孔・福田の研究²⁾で述べている。

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

ここで

N:累積5tf換算輪数, CBR:路床土の設計CBR(%), T_A :等値換算厚(cm), 舗装各層を表層及び基層用加熱アスファルト混合物で設計したときの必要厚さ, ΔPSI :初期供用性指数 PSI_0 と終局供用性指数 PSI_t との差

修繕によって厚さdのアスファルト混合物によるオーバーレイを施工した後のパフォーマンスについては、式(1)の T_A のかわりに次式の T_{AR} を用いることによって表す。

$$T_{AR} = d + \alpha \cdot T_A \quad (2)$$

ここで

T_{AR} :修繕後における舗装の等値換算厚

α :その舗装の残存寿命を表す指標でここでは、 $\alpha=0.8$ とした。²⁾

3. 整数計画法による最適修繕計画作成

3-1 アルゴリズム

整数計画法⁴⁾に基づき、式(3)を目的関数とした舗装の最適修繕計画策定のアルゴリズムを示す。

$$Z = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \{RC_n \cdot Y_{mn}(ID) + UC_{mn}(PSI_{mn})\} \quad (3)$$

ここで

$Y_{mn}(ID)$:プロジェクトmにおいて解析年度nに修繕する

なら0しないなら1となるm行n列の番号IDの行列

RC_n :解析年度nにおける修繕(オーバーレイ)費用、解析初年度の現在価値に換算してある。

$UC_{mn}(PSI_{mn})$:プロジェクトm解析年度nにおける PSI_{mn} により決まる利用者費用

PSI_{mn} :プロジェクトm解析年度nにおけるPSIで式(1)により得られる。

$T_{A,m,n}$:プロジェクトm解析年度nにおける T_A

$t_{m,n}$:プロジェクトm解析年度nにおける新設または、修繕からの供用年数

ライフサイクルコストとして修繕費用、利用者費用を対象として、現在価値法に基づいた解析を行う。アルゴリズムは以下に示すフローチャートの通りで、部分列挙法⁴⁾に従って制約条件をテスト条件として解析を進める。

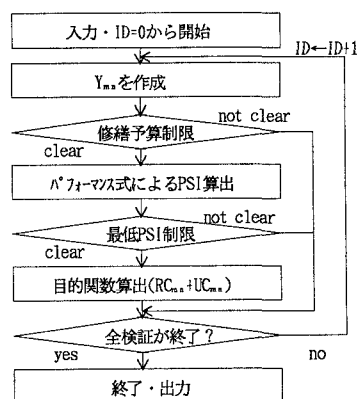


図-1 解析のフローチャート

3-2 修繕パターン作成・管理

整数計画法において、考えられる解の修繕パターンは、2の変数乗あり(具体的には 2^{mn} 通り)、それら全ての Y_{mn} を保存することは計算機の容量上効率的でない。よってID($0 \sim 2^{mn}$)から10進法、2ⁿ進法、さらに2進法を用いた読み変えを行い Y_{mn} を作成した。その方法を図-2に示す。そして目的関数を最終的に算出した場合、どのプロジェクトでいつ修繕が行われたかという情報はこれと逆の方法を使い1つの数字の形で記録する。

例えば「3プロジェクト、解析年数3年の場合、0=修繕しない、1=修繕する」としその場合、次のようにな

る。

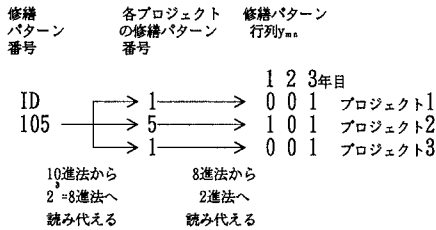


図-2 修繕パターン作成法

3-3 制約条件

1) 修繕予算の制限

$$\sum RC \cdot Y_{mn} \leq R_n \quad (4)$$

R_n : 解析年度 n において交付される修繕予算の総和
1年間で、どれだけのプロジェクトの修繕を許すかを表す。

2) 最低PSIの制限

供用性指数であるPSIの値が2.5より低くなれば舗装はその機能を失うため、常にそれよりも大きい値を取り得ることとする。

$$PSI_{nm}(ID) \geq 2.5 \quad (5)$$

3-4 利用者費用

利用者費用は、車両走行費用に関する安崎らの研究⁵⁾を参考に孔・福田が示した次式²⁾を用いる。

$$UC_{mn}(PSI_{mn}) = 7.38 - 3.44 \cdot PSI_{mn} + 0.4 \cdot PSI_{mn}^2 \quad (6)$$

4 解析事例

解析期間:15年、道路延長:1km、車線数:2、車線幅員:3.5m、交通増加率:0 新設後、修繕後の初期供用性指数: $PSI_0=4.5$ 修繕工法:オーバーレイ(厚さ5cm)
修繕費用:4000円/ m^2 修繕予算交付年度:2年目から隔年(1~15年中の偶数年度)とする。

さらに、各プロジェクトの舗装構造と交通条件は、アスファルト舗装要綱³⁾を参考に表-1のように設定する

P. N	交通区分	初期 T_A	供用年数	5tf換算輪数	設計CBR	全交通量
1	D	34	0	9600	8	13000
2	C	26	5	1900	8	9000
3	B	26	5	270	8	5000

表-1 B, C, D交通の混在したプロジェクトの舗装構造と交通条件

注) P. Nはプロジェクト番号、供用年数は解析初年度におけるそのプロジェクトの新設後の年数 単位は5tf換算輪数-[n]=回数/1年、全交通量-[Q]=台/1日・1方向・1車線、設計CBR=%

5 解析結果

今回の比較対象としたランキング型の修繕計画(図-3)は、それぞれのプロジェクトが予算交付年にPSIが2.5

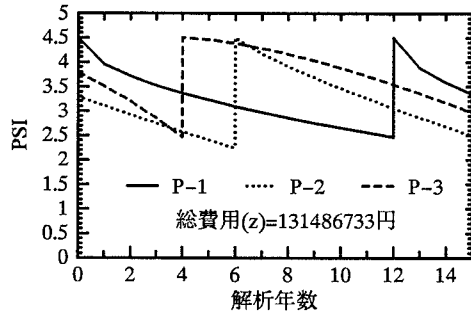


図-3 ランキングによる修繕計画

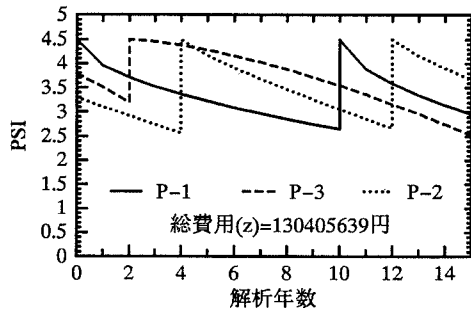


図-4 舗装管理システムによる修繕計画

以下なら、修繕を行うものである。舗装管理システムによる修繕計画(図-4)によると悪い状態のものからランキングにより予算配分することが必ずしも最適ではないことがわかる。それは、2年目において状態の悪いP-2よりも先に、P-3を修繕していることに示される。よって舗装の比較的良好な状態で早めに修繕を施すことにより、全体の修繕回数は多いが、利用者費用の増加を抑制していると考えられる。

6 おわりに

今回の解析事例により、パフォーマンス予測を備えた舗装修繕計画の有効性が確かめられた。今回は、計算をPCで行ったが、今後より多くのプロジェクトで最適解を求める場合、時間・容量の点でWSで行えるよう検討を加えたい。

参考文献

- 1) AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1986.
- 2) 孔永徳・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(ノート)、土木学会論文集、NO.502/v-25, pp167-170, 1994. 11.
- 3) 日本道路協会、アスファルト舗装要綱、平成4年11月
- 4) 今野浩: 整数計画法、産業図書、1981. 7.
- 5) 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.