

V - 407

整数計画法を用いたネットワークレベルでの維持修繕計画

日本舗道㈱ 正会員 中郡 佳代子
 日本舗道㈱ 技術研究所 正会員 水野 直樹
 日本舗道㈱ 技術研究所 正会員 井上 武美
 東京電機大学 理工学部 正会員 松井 邦人

1. はじめに

舗装の設計段階から将来発生する維持修繕問題を考慮したライフサイクルという観点から、舗装の維持修繕と新設（または打換え）を独立して扱うのではなく、最適な舗装設計を検討することが必要な時代になってきている¹⁾。

ネットワークレベルでの維持修繕計画においては、舗装状態の最も悪いものから先に予算を充たしながら修繕を行っているようである。しかしながら、路線の種類や交通量の違いによる修繕後の経済効果を、定量的に考慮し得る修繕の優先順位の確立が望ましい。

本報告は、ネットワークレベルでの維持修繕計画の最適化問題に、整数計画法(IP: Integer Programming)を用いて、解析と考察を行いIPの適用性を検討したものである。尚、維持修繕計画の解析期間は5年間に設定した。

2. 解析条件

解析条件として、ネットワークを構成する舗装ルートに20とした。表-1にこれらの条件を示す。供用可能年数とは、打換えを必要とする供用性(MCIまたはPSI)の値に達するまでの供用期間である。また、維持費は、修繕を行わなかった場合に生じるその舗装ルートの維持費用である。路線の種類や交通量の違いによる修繕後の経済効果に対する重要度を、補正係数により考慮した²⁾。

(1) 経済評価手法

経済評価法としては、一般的な現在価値法を用いた。現在価値法は(1)式で表される。なお、今回の解析では、ディスカウント率は3%と設定した。

$$P.W. = F / (1 + i)^n \quad \dots (1)$$

ここで、

P.W.: 現在価値で換算された費用、

F: n年後に発生する費用、

i: ディスカウント率

(2) 予算枠の設定

解析期間を5年間とし、その予算の配分は表-2に示すように3種類のケースを設定した。現在価値に換算された総予算額は3ケースとも137,500,000円と設定した。Case 1は均等に予算を配分したもの、Case 2は、徐々に予算を増やす配分としたもの、そしてCase 3は反対に徐々に予算を減らす配分としたものである。

(3) 各年の最低必要修繕ルート数の設定

各年の修繕ルート数は、2種類のタイプを設定した。Type 1として、各年の修繕ルート数の制約を考慮しないものを設定した。またType 2として、各年の修繕ルート数を最低3回以上の修繕工事を行わなければならない制約条件を設定した。

表-2 予算配分の種類 (千円)

	Case 1	Case 2	Case 3
1年目	27,500	26,500	285,000
2年目	27,500	27,000	280,000
3年目	27,500	27,500	275,000
4年目	27,500	28,000	270,000
5年目	27,500	28,500	265,000

表-1 解析条件

舗装ルート	供用可能年数	維持費 (円/㎡)				修繕費 (円/㎡)	面積 (㎡)	補正係数
		2年	3年	4年	5年			
1	5	600	800	1100	1450	2000	1200	0.40
2	5	550	700	950	1150	5000	1200	0.50
3	4	800	1100	1450		2000	1250	0.60
4	5	550	650	850	1100	2000	1300	0.50
5	5	575	680	890	1150	5000	1300	0.55
6	4	650	850	1100		2000	1350	0.60
7	4	680	890	1150		5000	1350	0.65
8	4	730	930	1200		2000	1350	0.70
9	4	680	890	1150		5000	1350	0.75
10	3	700	950			2000	1350	0.50
11	3	725	925			5000	1350	0.60
12	3	700	950			2000	1400	0.65
13	3	750	975			3000	1400	0.75
14	3	800	1000			2000	1400	0.80
15	2	975				5000	1450	0.70
16	2	1000				2000	1450	0.80
17	2	1150				5000	1450	0.85
18	3	500	800			5000	1500	0.85
19	1					2000	1550	0.95
20	1					5000	1600	1.00

3. IPの定式化^{*)}

2. で示した条件で, IPを用いた総修繕費用を最小とする目的関数と制約条件式は(2)式で表される。

$$\text{Min. } w = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m P_i R_{ij} X_{ij}$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^m R_{i1} X_{i1} + K_1 = \text{1年目の予算枠}$$

$$\sum_{i=1}^m R_{i2} X_{i2} + K_2 = \text{2年目の予算枠} + K_1$$

:

$$\sum_{i=1}^m R_{in} X_{in} + K_n = \text{n年目の予算枠} + K_{n-1}$$

$$X_{011} + X_{012} + X_{013} + X_{014} + X_{015} = 1$$

$$X_{021} + X_{022} + X_{023} + X_{024} + X_{025} = 1$$

:

$$X_{201} = 1$$

$$X_{011} + X_{021} + \dots + X_{191} + X_{201} \geq 3$$

$$X_{012} + X_{022} + X_{032} + X_{042} + X_{052}$$

$$+ X_{062} + X_{072} + X_{082} + X_{092} + X_{102}$$

$$+ X_{112} + X_{122} + X_{132} + X_{142} + X_{152}$$

$$+ X_{162} + X_{182} + X_{192} \geq 3$$

$$X_{012} + X_{022} + X_{042} + X_{052} \geq 3 \dots (2)$$

ここで,

i: ルート i (n=20)

j: j年目に修繕を行う。(m=修繕可能年数)

P_i: ルート i の補正係数

R_{ij}: ルート i が j年目に修繕を行う場合の現在価値に換算された修繕費とそれまでの維持費

X_{ij}: $\begin{cases} 1: \text{ルート i が j年目に修繕を行う} \\ 0: \text{修繕を行わない} \end{cases}$

K_i: i年目の予算の余り

X_{ij} が整数計画法の変数である。

なお, R_{i1} は 1年目に修繕を行うので, 修繕費のみ。

4. 解析と考察

IPを用いて行った解析結果の一例 (Type 1: Case 1) を表-3に示す。また, 各解析で得られた実際に要する現在価値に換算された実修繕費用の値と目的関数の値を表-4に示す。修繕の実施が遅れると維持費が必要となるため, できるだけ早い時期に修繕を行う方が望ましい。そのため, 表-4から予算の配分別に比べると各年に最低必要修繕ルート数を設定しないType 1の方が全て低い値を与えている。また, Type 1では, 最初に予算に余裕があるCase 3が最も低い値を与えている。

各年に最低必要修繕ルート数を設けているため, 均等な予算配分の方が制約条件が厳しくならない。そ

のためType 2では, Case 1が最も低い値を与えている。

表-4から実際に要する現在価値に換算された全修繕費用は, Type 1に関してはCase 1が最も低い値を与えている。しかしながら, 修繕後の経済効果を補正係数で考慮した目的関数の値はCase 3が最も低い値を与えている。

表-3 解析結果の一例 (Type 1: Case 1)

舗装区分	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
1	-	+	-	-	-
2	-	-	-	-	+
3	+	-	-	-	-
4	-	+	-	-	-
5	-	-	-	+	-
6	+	-	-	-	-
7	-	-	-	+	-
8	+	-	-	-	-
9	-	-	+	-	-
10	-	+	-	-	-
11	-	-	+	-	-
12	+	-	-	-	-
13	-	-	+	-	-
14	+	-	-	-	-
15	-	+	-	-	-
16	+	-	-	-	-
17	-	+	-	-	-
18	-	-	+	-	-
19	+	-	-	-	-
20	+	-	-	-	-

注: +: 修繕を行う, -: 維持を行う

表-4 実際の総修繕費用 (千円)

	Case 1	Case 2	Case 3
Type 1	117,078	122,174	117,539
	81,956	84,650	81,889
Type 2	123,031	123,870	124,283
	84,340	84,759	84,853

注: 上段: 実修繕費用, 下段: 目的関数の値

5. おわりに

ネットワークレベルにおける5年間の中期的な立場からの舗装ルートの修繕の優先度の決定に関する維持修繕計画を, IPを用いることにより解析と考察を行った。解析と考察から, IPを用いると柔軟に予算や最低必要修繕ルート数等の制約条件を考慮しながら, 意志決定を行うことが可能であると確認された。

今後は, FWD等の測定機から得られた構造評価を併用することにより, 構造的な評価を考慮したより信頼度の高い意志決定手法の確立を期待したい。

参考文献

- 1) 日本道路協会 "アスファルト舗装要綱", 平成4年
- 2) 藤田仁、岡藤博国、田中耕作、増山幸衛、南沢輝雄 "各国のアスファルト舗装設計法の現状と研究の動向" アスファルト、第34巻、第171号、pp. 35-42
- 3) Winston, L. Wayne, "Operations Research Application & Algorithms 2nd ed.", PMS-KENT, 1991, pp. 445-513.