

日本舗道（株）技術研究所 正員 ○井上 武美  
東京電機大学 理工学部 正員 山崎 利文

### 1. まえがき

より経済的な舗装が求められている趨勢と、舗装のマネジメントシステムの研究が進展する予測とを考慮すると、建設時の舗装構造について経済性からみた最適設計の検討が必要となろう。本報告は、現行の舗装構造の設計法と舗装要綱の規定に対し、数理計画法の手法を適用すると、経済性からみた最適設計が可能であり、仮定した条件で最適解を求め、この結果と舗装要綱の設計例との比較および舗装要綱の経済面での特徴を検討し、路床安定処理の効果等を考察したものである。

### 2. 舗装構造の最適設計

検討する舗装構造は、舗装要綱の設計例を考慮した図1とし、舗装費用が最小となる最適舗装構造を求めると考えた。

制約条件式は、舗装厚の設計式および舗装材料の最小厚等から、以下のように示すことができる。

$$0.8H_1 + 0.35H_2 + 0.25H_3 \geq T_A - a \quad -(1)$$

$$H_1 + H_2 + H_3 \geq 0.8H - a \quad -(2)$$

$$H_1 \geq 8 \quad -(3), \quad H_2 \geq 0 \quad -(4)$$

$$H_3 \geq 15 \quad -(5), \quad H_3 \geq H_2 \quad -(6)$$

ここで、 $H_1$ 、 $H_2$ 等は図1、 $T_A$ と $H$ は設計CBRと交通量の区分ごとの目標値を、 $a$ は表層+基層の最小厚さ

目的関数 $Z$ には費用をとり、舗装工事の単価表等を考慮に表・基層の単位厚さ、面積当りを1とし、他の各層はこれとの比で示した。（図1参照） また費用は施工厚によっても変るが、厚さに単純に比例すると仮定すると、目的関数 $Z$ は(7)式で示すことができる。

$$Z = a + 0.907H_1 + 0.377H_2 + 0.304H_3 \quad -(7)$$

この最適化問題は、線形計画問題として解くことができるので、舗装構造設計に最適設計の手法が採り入れられることが判る。ここでは、実用的な配慮から $a$ は最小厚とし、 $H_1$ には1cm、 $H_2$ と $H_3$ には5cmきざみ、L、A交通では $H_1=0$ の条件を与えると整数計画法の問題となる。整数計画法のアルゴリズムの信頼性には不安があるため、ここでは確実に最適解を求める方法として Exhaustive Search ( $H_1$ 、 $H_2$ および $H_3$ の全ての可能な値の組合せ)から、費用(式(7))を最小となる舗装厚を求めた。この結果は、線形計画法で求めた最小費用ともほぼ一致している。以上のようにして得られた結果最適厚を表1に、最小費用を図2に示す。

### 3. 舗装構造の最適厚の検討

#### 3-1 最適厚について

1) 厚さの規定に関する制約条件やきざみを外すと、より最

| 構<br>(種<br>造<br>類) | 厚さ<br>(cm) | 換算係数<br>( $a_i$ ) | 工 費   |
|--------------------|------------|-------------------|-------|
| 表 層                | a          | 1.0               | 1.0   |
| 基 層                |            |                   |       |
| 歴青安定処理             | $H_1$      | 0.80              | 0.907 |
| 粒度調整砕石             | $H_2$      | 0.35              | 0.377 |
| クラッシャーラン           | $H_3$      | 0.25              | 0.304 |
| 路 床                |            |                   |       |

図-1 検討した舗装構造

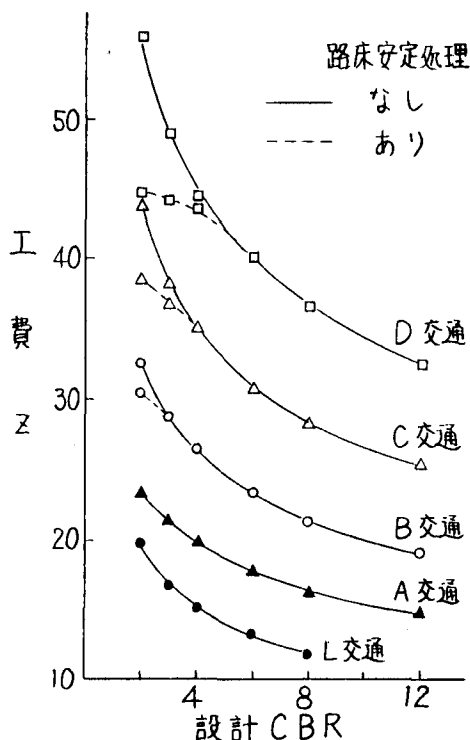


図-2 舗装構造の最適費用

小費用の最適解が求まる。2) H に関する条件よりも  $T_A$  に関する条件が支配的である。3) 要綱の設計例と較べると、全体的には、ほぼ同じ値となるが、費用も急増する傾向にある重交通で設計 CBR 小の場合に差がみられる。4) 交通量の区分毎の費用の差には、累加交通量でみる程の差がない。

### 3-2 路床安定処理の効果

路床安定処理の適用による最小費用の低減を、安定処理費用を図3とし、この費用と設計 CBR 増加による舗装費用の減少との差から検討した。設計 CBR = 2 の検討例は、図4で、各々の検討結果を図2に併記してその効果を示した。

### 3-3 ステージコンストラクションの適否など

ある交通量の区分より1ランク下位の交通量の区分の相当年数を、5 t 換算累加輪数からみると、2年程度、2, 3, 4ランク下では0.3, 0.04, 0.009年程度となる。最適費用でみると、同じ設計 CBR での交通量の区分間にはこれ程の差がない。従って、オーバーレイによる交通量の区分の上昇は、経済的には難しく、逆に初期に交通量の区分を上位にとる場合が、トータルでみると有効と予測される。これには、路面性状だけの破損対処に、リサイクリング工法等の確立を考慮すると尚更とも考えられる。

### 4. まとめ

数値計画法を用いて、アスファルト舗装の構造設計の最適化を、経済的観点から検討できることを示した。方法は、比較的簡単な理論とパーソナルコンピュータによる小規模な数値計算で実施できるため各種条件の変化についても検討は容易である。したがってより適切な条件での検討も必要で、特に、安定処理の規定等の寄与も大きいので、再評価もしたい。ここでは、全般的な最適システムの最初の事項に相当するステップが整理され、今後の方向に対する知見も得られたが、アルゴリズム自体の検討も今後の課題である。

### <参考文献>

- 1) アスファルト舗装要綱 日本道路協会
- 2) 舗装工事積算表 日本道路建設業協会
- 3) 線形計画法入門

古林 隆 著 産業図書

### 4) 整数計画法

今野 浩 著 産業図書

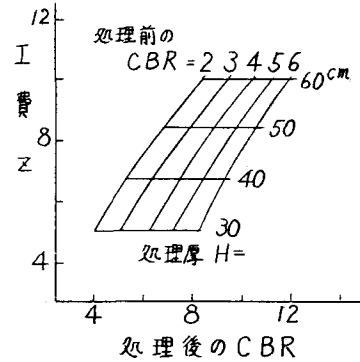


図-3 安定路床処理の費用

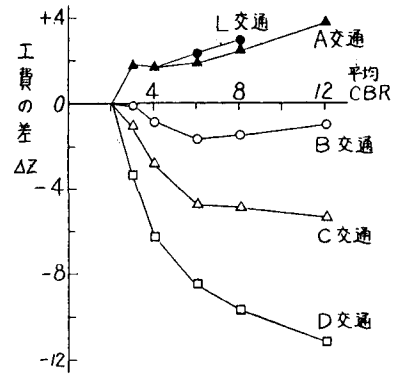


図-4 路床安定処理による費用の増減

表-1 最適舗装構造厚さ (cm)

相当するス

られたが,

| 交通量の区分                 |     | L 交通 |                |                |                |    |   | A 交通           |                |                |    |  |  |
|------------------------|-----|------|----------------|----------------|----------------|----|---|----------------|----------------|----------------|----|--|--|
|                        |     | a    | H <sub>1</sub> | H <sub>2</sub> | T <sub>A</sub> | H  | a | H <sub>1</sub> | H <sub>2</sub> | T <sub>A</sub> | H  |  |  |
| 設計<br>計<br>C<br>B<br>R | 2   | 5    | 20             | 20             | 17.0           | 45 | 5 | 25             | 30             | 21.3           | 60 |  |  |
|                        | 3   | 5    | 15             | 20             | 15.3           | 40 | 5 | 20             | 30             | 19.5           | 55 |  |  |
|                        | 4   | 5    | 15             | 15             | 14.0           | 35 | 5 | 20             | 25             | 18.3           | 50 |  |  |
|                        | 6   | 5    | 10             | 15             | 12.3           | 30 | 5 | 10             | 30             | 16.0           | 45 |  |  |
|                        | 8   | 5    | 10             | 10             | 11.0           | 25 | 5 | 10             | 25             | 14.8           | 40 |  |  |
|                        | 1 2 | -    | -              | -              | -              | -  | 5 | 10             | 20             | 13.5           | 35 |  |  |

| B 交通 |                |                |                |                |    | C 交通 |                |                |                |                |    | D 交通 |                |                |                |                |     |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|
| a    | H <sub>1</sub> | H <sub>2</sub> | H <sub>3</sub> | T <sub>A</sub> | H  | a    | H <sub>1</sub> | H <sub>2</sub> | H <sub>3</sub> | T <sub>A</sub> | H  | a    | H <sub>1</sub> | H <sub>2</sub> | H <sub>3</sub> | T <sub>A</sub> | H   |
| 5    | 12             | 20             | 30             | 29.1           | 67 | 10   | 10             | 35             | 35             | 39.0           | 90 | 15   | 19             | 35             | 35             | 51.2           | 104 |
| 5    | 15             | 15             | 15             | 26.0           | 50 | 10   | 20             | 15             | 15             | 35.0           | 60 | 15   | 15             | 30             | 30             | 45.0           | 90  |
| 5    | 11             | 15             | 20             | 24.1           | 51 | 10   | 11             | 20             | 25             | 32.1           | 66 | 15   | 10             | 30             | 30             | 41.0           | 85  |
| 5    | 11             | 10             | 15             | 21.1           | 41 | 10   | 12             | 10             | 20             | 28.1           | 52 | 15   | 11             | 20             | 25             | 37.1           | 71  |
| 5    | 13             | 0              | 15             | 19.2           | 33 | 10   | 11             | 10             | 15             | 26.1           | 46 | 15   | 11             | 15             | 20             | 34.1           | 61  |
| 5    | 9              | 0              | 20             | 17.2           | 34 | 10   | 10             | 0              | 20             | 23.0           | 40 | 15   | 10             | 10             | 15             | 30.3           | 50  |