

道路の維持管理に関する計画学的考察

A consideration on the planning to management of highway

堤 昌文

Tsutsumi Masafumi

榑木 武

Chishaki Takeshi

1. まえがき

我が国の道路は昭和27年の道路法の制定¹⁾および同29年に第1次道路整備五箇年計画が始まり、同33年に道路整備緊急措置法が定められ、これに基づいて現在は第11次道路整備五箇年計画が進行中¹⁾である。

そうした中で舗装延長は昭和51年の144.2千kmであったものが、平成5年には815.4千kmと5.7倍²⁾に達し、道路密度も2.99km/km²と世界第1位³⁾を占めている。

一方、交通輸送については、自動車走行台キロでみると昭和30年の乗用車系と貨物車系で12,061,886千台キロであったものが、平成5年には683,753,202千台キロで56.7倍と膨大な輸送量⁴⁾の現状を呈している。12時間平均交通量にしても、昭和40年の1,708台/12hから昭和60年の3,994台/12hと約2.4倍⁵⁾となっており、交通輸送量の急激な増大が窺える。

以上のことからストック量の蓄積も相当量に上っていること、さらに、計画当初の供用道路は、耐用年数に達して老朽化し、また、交通輸送量の急激な増大と、しかも車両の大型化などによる道路路面の損傷の激化が著しい。

従って、交通の円滑化を図るためにも維持管理の必要性がより重要であるが、このことは、予算面で1985年から2010年までの新規投資で2.2倍に対し維

持補修費は19.6倍になるものと推計⁶⁾されていることから理解できる。

道路は構造物本体の耐用年数が長期にわたるが、定期的な点検のもとに維持修繕を行って、機能維持を図る観点で設計されている。また、予防的維持修繕の必要性も強く叫ばれている。

そこで、本研究では、対処療法的な維持修繕でなく予防的な方向を確立するためにも、前報^{7) 8)}で提案した需要予測モデルであるAROPモデルで交通量を予測し、通常巡回によるデータや過去の履歴などと共に損傷量を推定し、この様な損傷量に対して最適補修モデルを構築し、維持修繕計画を立案するための方法論について計画学的観点から論じるものである。

2. 維持管理の現況と問題点

維持修繕に関して現在のシステム⁹⁾は、要約すると定期巡回と通常巡回で路面の異常をチェックし、破損の種類を確認し、応急処置でよいのか本格的な処置が必要かの判断を行い、それぞれの工法を選択している。その中で本格的な処置として取り組む場合の程度は維持管理指数MCIで判断を行っている。

現状ではこのようなシステムであるが、応急処置が必要か、維持工事で十分かなどの判断に客観性が欠ける。本格的な処置での判断基準の一つであるMCIにしても、例えば、単に道路舗装表面の不陸だけを直せば縦断凹凸量、わだち掘れ量などの数値が下がり、見掛け上の評価は良くなるが、実際はこれで維持修繕が行われた状態とは言えず、この点問題が残る。また、MCIは管理者側のみの評価であり、

1) キーワード:土木施設維持管理, 計画手法論, 施工計画・管理

正会員, 工博, 西日本工業大学助教授 (〒800-03 福岡県京都郡苅田町新津1633

☎09302-3-1491 Fax 09302-4-7900)

正会員, 工博, 九州大学教授 (〒812 福岡市東区龍崎6丁目10-1

☎092-641-1101 Fax092-651-0190)

道路利用者、地域住民をも加えた評価になっていないのも問題であろう。

さらに、実際には道路の経年数、地元からの要望などと事業量の適性配分や時期により事業の平準化がなかなか難しいことも計画性に欠ける点として指摘できる。

なお、計画的な維持修繕の方法論として米国などで利用されているPMS (Pavement Management System)があり、我が国でもこれをベースにした計画システムの報告¹⁰⁾があるが、高位の包括的なシステムで本研究で目指しているような各事業所単位で行うための個別の修繕・補修量の推定や平準化などにはそぐわない。

3. 補修計画のための最適モデル

前述したような問題認識にたつて定期的かつ予防的維持修繕を考えた場合に、予め維持修繕計画をたてて実施することが必要になる。ここではシステム論的な観点から道路の維持修繕を捉え、そのための合理的な方法論と維持修繕計画を構成する最適維持補修モデル¹¹⁾ (本論では維持補修に着目している。)を検討する。

(1) 維持補修計画のシステム化

前述したように既往のシステムフローがあるが、指摘した通りの問題があることから、ここでは図-1のような道路の維持修繕システムを提案する。通常の巡回に加え交通量や路面性状データなどの収集データをデータバンク化し、AROPモデルによる道路交通量の予測を行い、交通量と路面損傷量の関係から損傷量を推定する。これとMCIによる評価などと合せて異常路面を抽出し、最適維持修繕計画モデルを構築するものである。

(2) 最適補修モデル

現状の維持補修は、ある時期に集中的に行われるため労働力の不足やあるいは地元の要望などに沿うかたちで実施されるなど計画性に欠ける点がある。また、道路交通量がゆらぎ現象を示すため多くの不確定性を示すことから、補修費に制約されて補修量の過不足が生じたりの問題がある。そこで提案した

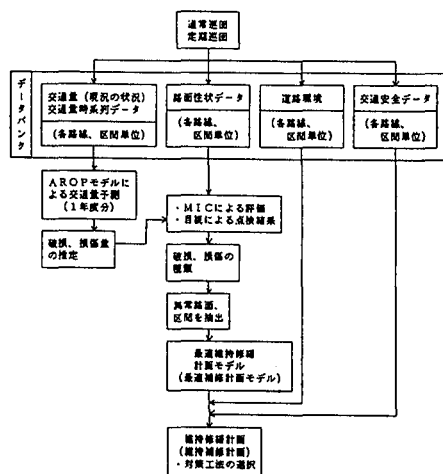


図-1 道路の維持修繕システム

システムフローにあるように、予めAROPモデルにより1年度分の道路交通量を予測することによって、それから生じる道路路面の破損や損傷を推定し、補修計画をたてることで維持補修の定期性と予防的補修の両方を満足させることができると考える。

ここで最適補修モデルは、①道路の損傷量と補修量の差をできる限り小さくし、かつ、②各月ともある程度平均的な補修量を行えるように構築するという、2つの目的を同時に満足させる必要がある。前者における損傷量と補修量の差である残存量を最小にし、一方で、ある程度補修量を一定としたいとする曖昧な願望を導入する必要があり、ファジィネスを考慮した線形計画モデルで下記のように定式化する。

ただし、モデルの前提条件として、①対象としている道路の過去から現在までの交通量による破損、損傷の履歴は考慮せず、あくまで予測交通量に左右される時点からのスタートとする。②維持修繕工法の種類はパッチングと設定し、人員、資材に制約があるものとする。

$$\max. \quad Z = \lambda$$

$$\min. \quad W = \sum_{i=1}^n (R_i - x_i)$$

sub. to

$$x_i \leq R_i$$

$$a \sum_{i=1}^n x_i \leq C$$

$$p \sum_{i=1}^n x_i \leq G$$

$$1 - \frac{X_0 - x_i}{X_0 - R_{\min.}} \geq \lambda$$

$$1 - \frac{x_i - X_0}{R_{\max.} - X_0} \geq \lambda$$

$$R_{\min.} \leq x_i \leq R_{\max.}$$

$$W \leq W_{\min.}$$

$$\text{and } x_i \geq 0$$

$$\text{where, } R_i = \sum_{j=1}^i (R_{i-1} - x_{i-1}) + D_i$$

(1)

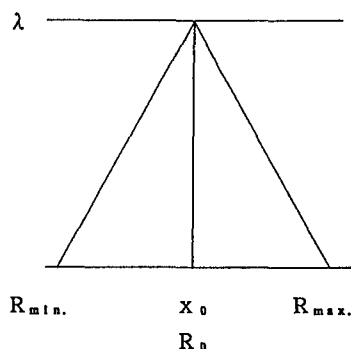


図-2 最適補修モデルの帰属度関数

ここに,

W: 道路舗装の損傷量と補修量の差(残存量)の総和,

$W_{\min.}$: 任意に与える損傷量と補修量との差の最大値(コントロールパラメータ),

R_i : i月までの残存量(面積/月),

x_i : 当該月の補修完了量(面積/月: 未知数),

D_i : 当該月に発生する損傷量(面積/月),

λ : 帰属度関数での目標達成度,

a : 単位面積当たりの単価,

p : 一作業における単位補修面積当たりの作業人員,

C : 年間補修予算,

G : 年間制限作業人員,

$R_{\min.}$: 帰属度関数における最小損傷量,

$R_{\max.}$: 帰属度関数における最大損傷量,

x_0 : 補修量の平均.

ここでの帰属度関数を図-2のように線形のものを設定している。

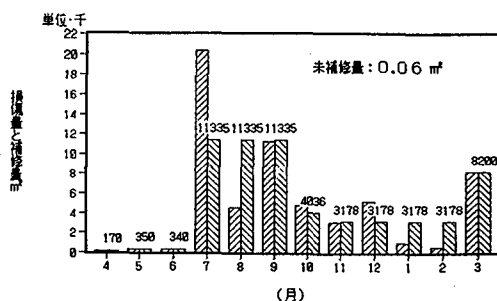


図-3 各月の損傷量と補修量との比較

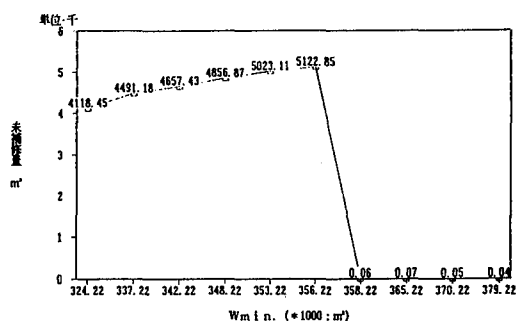


図-4 未補修量とコントロール値 $W_{\min.}$ との関係

このモデルの適用例を国道3号線の福岡地区の路線データを使用して行った。実行にあたって目標達成度 λ と未補修量の関係を的確に把むため、損傷量 $R_{min.}$ から $R_{max.}$ とコントロール値 $W_{min.}$ を一様乱数を発生させてシミュレーション的に行った。

得られた結果は目標達成度 $\lambda = 0.55$ 、未補修量 $0.06m^2$ であり、各月の補修量もほぼ平均化している(図-3)。目標達成度 λ がやや小さいが、未補修量との関係を考慮すると、妥当性があると考えられる。

未補修量とコントロール値 $W_{min.}$ の関係を図-4に示す。この図は目標達成度 λ を決定する判断材料になる。結果は十分満足できるものではないが、補修量として平均的な解が得られているので、計画立案への展望は開けたと考えている。

4. あとがき

本研究は定期的および予防的維持修繕の観点から維持修繕計画において計画的アプローチを試みたものである。特に、道路交通量を予測することによって、道路損傷量を推定し、これをもとにファジィ性を考慮した最適補修モデルを提案し、このモデルの適用例を通して以下のような結果が得られた。

- 1) AROPモデルによる1年度分の交通量の変動を予測することで最適補修モデルへの活用ができる。
- 2) 維持修繕に関するシステムの提案し、これによって維持修繕計画の立案に対し合理性をもたせることができる。
- 3) ファジィ性を考慮した最適補修モデルによって計画的な考察を踏まえた計画立案への展望が開けた。
- 4) 今後の課題として道路の損傷量は交通量の過去の履歴に関係するので、この点を考慮し、より実用性を高めることが望まれる。

参考文献

- 1) 渡辺茂樹：道路の整備状況とその保全，交通工学，Vol. 28，pp. 4～8，1993.
- 2) 建設省編：平成2年版，建設白書，1990.
- 3) 交通工学統計：世界の道路と道路交通統計，交通工学，Vol. 30，No. 3，pp. 86～89，1995.
- 4) 交通工学統計：自動車走行台キロ，交通工学，Vo

1. 30，No. 4，pp. 81～83，1995.
- 5) 泉 堅二郎：今後の道路保全のあり方，道路，pp. 3～7，12月号，1990.
- 6) 佐賀利夫：21世紀における国土利用計画のビジョン，計画行政，Vol. 17，No. 4，pp. 2～9，1994.
- 7) 堤 昌文，樗木 武：交通輸送需要の時系列予測システムとAROPモデル，土木学会論文集，第407号，IV-11，pp. 17～26，1989.
- 8) 堤 昌文，樗木 武：非定常な性質を持つ交通需要のための時系列予測システムと非定常確率過程型AROPモデルの開発，土木学会論文集，No. 449，IV-17，pp. 125～133，1992.
- 9) 日本道路協会：道路維持修繕要綱，丸善，1978.
- 10) 菊川 滋，猪股和義：舗装の長期修繕計画システムの開発，土木技術資料，Vol. 29，No. 1，pp. 19～24，1987.
- 11) 堤 昌文，樗木 武：維持管理に関する計画論的考察，第48回土木学会年次学術講演会講演概要集，pp. 368～369，1993.