

VI-72

空間的最適化に着目した道路舗装の維持管理計画モデルの提案

茨城大学工学部 学生員 吉田典史 茨城大学工学部 フェロー 岩松幸雄
 茨城大学工学部 正会員 呉 智深 茨城大学工学部 正会員 原田隆郎

1. はじめに

道路の維持管理は、自然条件、社会条件、技術水準、予算レベル等の様々な制約のもとに、管理している路線の中から、どこを、いつ、どのように補修するかを合理的に決定して、供用期間中、最も経済的かつ効果的な手法で、道路の機能があるレベル以上に保つことである。この維持管理において補修計画を策定する場合、①ある時間において、管理対象路線中のどの路線のどの区間をどのように補修すべきかを検討する空間的最適化と、②ある路線のある区間において、どの時期にどのような補修をすべきかを検討する時間的最適化の2つの視点からの最適化が必要となる。この中でも、①の空間的最適化においては、100 mの道路舗装区間（単区間）に対して、単にどの単区間を、どのような工法で補修すれば、どのくらい路面性状が回復するかという問題だけでなく、ある区間の補修にあわせて、隣接する区間の補修をどのくらいまとまった長さで行えば、路面性状と補修費用の面から最適な維持管理が行えるかを検討する必要がある。

そこで本研究は、単区間のまとまりを大区間と定義し、空間的最適化の視点から、ある時間について「どこを」、「どれくらいまとめて」、「どのような工法で」補修を行えば、管理対象路線全てを通じて最適な供用ができるかの維持管理における空間的最適化の検討を行うために理論モデルを構築し、ニューラルネットワークを用いて、提案モデルの数値シミュレーションを行うことにより、最適な補修区間長の指針を提案する。

2. モデルの概要

本研究では、補修案策定のシミュレーションモデルを構築し、単区間レベルで補修を行う数値シミュレーションⅠと、大区間レベルで補修を行う数値シミュレーションⅡの2つの数値シミュレーションを行った。

モデルのフローを図2に示す。数値シミュレーションⅠでは、路面性状データを入力後、全区間を複数個の単区間の集まりからなるユニットとして分割する。ここで、補修はユニット単位で行うものとし、表1に示すようにユニット内の個々の単区間の路面性状に応じて補修工法を決定する。全てのユニットに対して補修費用と評価値を算定した後、予算の制約のもと、補修後の路面の損傷具合の合計値を最小化する補修案をニューラルネットワークにより決定する。そのための目的関数と制約条件を(1)、(2)式に示す。なお、本モデルでは補修案作成の際の補修工法は、打換え、切削オーバーレイ、オーバーレイ、表面処理の4工法とした。また、補修費用は表1に示すように直接工事費と間接工事費から成り、直接工事費として施工面積の1 m²当たりの材料費に単区間の面積（区間長：100 m，幅員 3.5 m）を掛けたものをユニット内の単区間数分足し合わせたものを用い、間接工事費はユニット内の区間長に関係なく、その区間で施工される補修工法によって一定の値とする。そして、補修区間数の違いが補修効果にどのような影響を与えるのかの検討を行うために、ユニット内の単区間数を3～20個まで順次変化させる。

$$\text{目的関数： } F = \sum_i (10 - e_i) \longrightarrow \min \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{制約条件： } G = Y - \sum_i C_{i,k} \geq 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

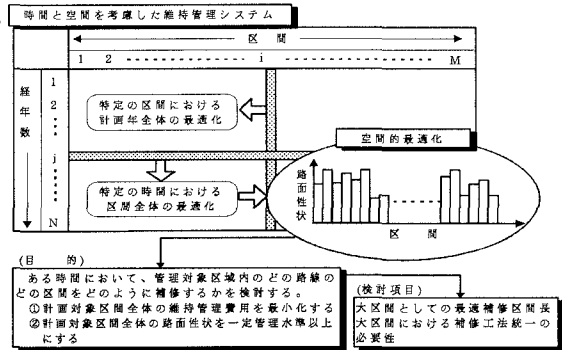


図1 時間的最適化と空間的最適化の関係

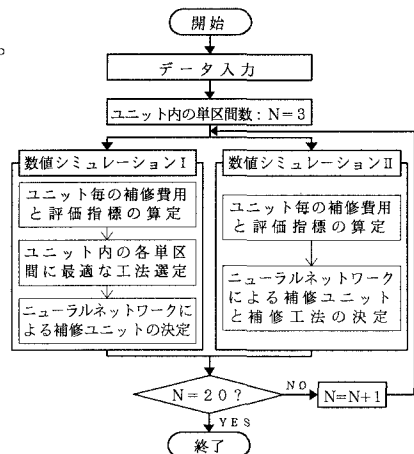


図2 シミュレーションモデルのフロー

ここで、 i ：ユニット番号、 k ：補修工法、 e_i ：補修後のユニット i における評価値、 C_{ik} ：ユニット i に工法 k を行った時の補修費用、 Y ：予算である。

次に、数値シミュレーションⅡのフローを図2に示す。このシミュレーションでは全区間をユニットに分割後、ユニット毎に1つの補修工法で統一して補修を行うものとする。なお、1つのユニットが大区間として補修される際にユニット内に含まれる個々の単区間の最適補修工法と実補修工法が異なることを考慮して表1のように補修工法別の評価値の回復率を表す係数 α を設定し、補修前の路面性状とその区間に施工される補修工法によっては補修後のMCI値が完全に回復しないものとした。また、MCI値が上限を越えるものについては上限値の10とする。このような値を用いて、モデルⅠ同様以下の(3)、(4)式に目的関数、制約条件を示す。

$$\text{目的関数： } F = \sum_{i,k} (e_{\max} - \alpha_k \cdot e_i) \longrightarrow \min \quad \cdots \cdots (3)$$

$$\text{制約条件： } G = Y - \sum_{i,k} C_{i,k} \geq 0 \quad \cdots \cdots (4)$$

表1 補修費用・回復率係数とMCI

工 法	直接工事費	間接工事費	MCI	α
打 換 え	327.25	319.38	$0 \leq \text{MCI} \leq 4$	2.858
切削・スロー	157.50	259.34	$4 < \text{MCI} \leq 5$	2.222
スロー・スロー	115.50	244.48	$5 < \text{MCI} \leq 6$	1.818
表面処理	77.00	231.04	$6 < \text{MCI} \leq 8$	1.538
無 対 策	0	0	$8 < \text{MCI} \leq 10$	1.000

3. モデルの運用による補修区間長の検討

モデルの運用結果を図3及び図4に示す。ここで、図3は補修前平均MCI値が5.3の10Km区間に対して、図4は補修前平均MCI値が6.5の10Km区間に対して、それぞれ予算6000万円でモデルをシミュレーションした結果である。

(1) 補修工法の統一性

図3において、ユニット内の単区間数が7以下の場合、ユニット内を同一工法で補修する場合と比較して、ユニット内を単区間単位で補修を行った方が単位費用当たりの路面性状の回復量が大きいことを示している。また、単区間数が8以上の場合、ユニット内を単区間毎に工法を設定して補修するよりも、ユニットを同一工法で補修した方が効果的であることを示している。さらに、図4においてもほぼ同様のことが言える。これは、短い補修区間で補修を行う場合、全体の工事費に占める間接工事費の割合が高いためと考えられる。この結果より、補修区間がある程度長い場合は、その区間を大区間とみなして同一工法で補修をすることが効果的であることが示される。

(2) 補修区間の長さ

図3・4共に、ユニットの単区間数が多くなるほど補修効果が上がっているが、単区間数が18から20の値において補修効果が下がる傾向がみられる。この結果をみる限りでは、本モデルの設定条件では補修区間長は700mから1700m程度が効果的であることが示される。この点について種々の条件を設定する事によって、最適化（満足解）の範囲について、より特定することが出来る見通しが確認できた。したがって、より現実的な工事費などを設定することによって、現実的な補修区間長を検討することが期待される。

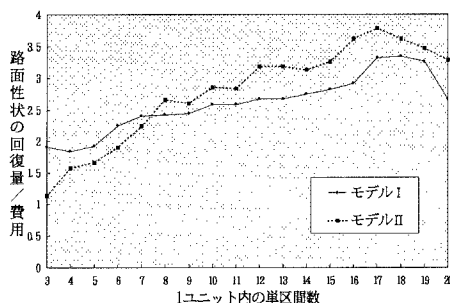


図3 モデルの運用結果Ⅰ

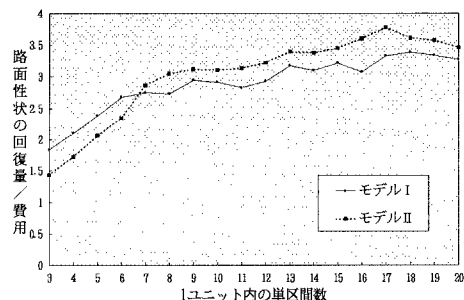


図4 モデルの運用結果Ⅱ

4. おわりに

本研究では、補修区間長の設定に関する検討を行うためモデルを構築して2種類の数値シミュレーションを行った。その結果、補修区間長と補修効果についてある程度その指針が見出せた。しかし、最適化問題に帰着させるため、補修費用の算定や補修工法の選定に関して簡略化し、その諸定数を厳密に設定していないため、今後これらの諸設定を盛り込んだより高いレベルのニューラルネットワークモデルの構築を行う必要がある。