

第 部門 資産価値評価を取り入れた道路橋の最適維持管理計画に関する研究

関西大学工学部 学生員 鈴木大造
 関西大学大学院 学生員 片岡宏文

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 藤井久矢
 関西大学総合情報学部 正会員 古田 均
 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

わが国では、現在に至るまでに大量の道路構造物が建設されてきた。建設後 50 年以上経過した橋梁は 10 年後には現在の約 4 倍、20 年後には約 17 倍に達するといわれている。さらに、長期の不況と、今後予想される高齢化社会における福祉分野への投資の必要性から建設投資額は減少していくことが予想され、財政制約下で既設橋梁の維持管理が課題となっている。

こうした背景のもと、本研究では、道路橋を資産として捉え、その資産を定量化し、維持管理の優先順位付けをし、どこにどれだけ維持管理費を投入すれば効率的な維持管理を行えるのかを決定する橋梁維持管理支援システムを構築する。

2. 資産価値評価を取り入れた道路橋の最適維持管理計画の概要

資産価値を取り入れた道路橋の最適維持管理計画のフローは、Fig.1 のようである。まず、道路網の道路特性を表すデータと OD 表からの交通量を入力する。それらのデータから分割配分法で道路網の交通量を算出する。つぎに、各橋梁の橋長や損傷面積から橋梁の健全度を判定する。その後、橋梁の劣化過程を表現した遷移確率マトリックスを用いて橋梁の経年劣化を予

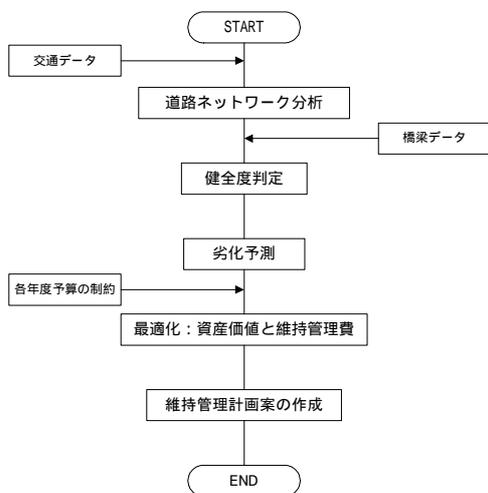


Fig.1 維持管理支援システムのフロー図

測する。以上の結果を用い、橋梁の資産価値と補修・補強費用の評価関数を作成し、予算を制約条件とする。多目的組合せ最小化問題に定式化し、その解を遺伝的アルゴリズム¹⁾(以下、GA と称す)で探索する。ここでは維持管理の対象を損傷の著しい RC 床版とした。

3. RC 床版の資産価値評価の方法

RC 床版の資産価値は、橋梁そのものの状態を表す物理的資産価値、橋梁の存在が周囲に与える影響を表す経済的資産価値、社会的資産価値からなる。ここに、経済的資産価値と社会的資産価値には重みを設定し、橋梁の資産価値を次の算定式によって評価する。

$$A = A_p + aA_e + bA_s \quad (1)$$

ここに、 A_p は物理的資産価値、 A_e は経済的資産価値、 A_s は社会的資産価値、 a, b は重み係数である。

(1) 物理的資産価値

物理的資産価値は、橋梁の物理的特性や構造材料の工学的な性能の経年的な対応として捉える。その評価式は、

$$A_p = D_p (A_o - A_d) \left(1 - \frac{D_c}{10} \right) \quad (2)$$

ここに、 A_o は RC 床版の面積 (m^2)、 A_d はその損傷面積 (m^2)、 D_p は RC 床版の建設単価 (円)、 D_c はひび割れ密度 (m/m^2) である。

(2) 経済的資産価値

経済的資産価値は、橋梁の通行不能時において、ネットワーク内の道路利用者が蒙る損失を表す指標で、走行時間増加、走行費用増加による損失、交通事故による損失²⁾からなる。その評価式は、

1) 走行時間増加による損失 C_T

$$C_T = \sum \alpha (t_2 - t_1) Q \quad (3)$$

ここに、 t_1 は通常リンク間通行所要時間 (分)、 t_2 は通行不能時における通行所要時間 (分)、 Q は通行不能時におけるリンク間交通量 (台/日)、 α は時間価値原単位 (円/台・分) である。

2) 走行費用増加による損失 C_L

$$C_L = \sum \beta(l_2 - l_1)Q \quad (4)$$

ここに、 l_1 は通常リンク間距離(km)、 l_2 は通行不能時における迂回路リンク間距離(km)、 Q はリンク間交通量(台/日)、 β は走行費用原単位(円/台・km)である。

(3) 社会的資産価値

社会的資産価値²⁾は、環境の項目の大気汚染・騒音・地球温暖化から求められる。それらの発生量は、環境影響算定式と貨幣評価原単位から推定される。

4. 資産価値評価による最適維持管理計画案

Fig.2 に示すような道路ネットワークを考え、橋梁数

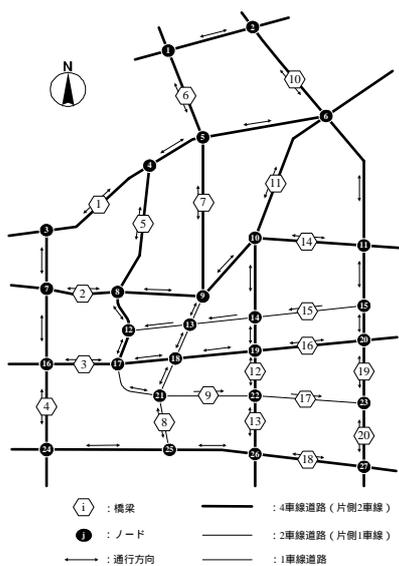


Fig.2 設定した補修計画エリア

が20橋 維持管理期間が10年の維持管理計画を立てる。この場合、重みが $a = b = 1$ 、単年度平均費用は予算の平準化を考え、約3億円と設定した。資産価値と費用の多目的最小化問題の最適解をGAで探索したところ、その最適維持管理計画案がTable 1、補修・補強費とその単年度予算との差額がTable 2のように求められた。表から明らかなように、本計画案では3年目と4年目の費用が予算を大幅に超えている。このように、単年度予算を積み上げるのではなく、複数年の予算総額をうまく配分することで、効率的な維持管理計画が立てられる。

5. まとめ

橋梁の劣化状態と重要度に基づいて、橋梁の資産価値を評価した。その結果を用い、道路ネットワークに存在する各橋梁に対して、その維持管理の優先順位を決定した。本研究では、橋梁のRC床版を例に、その維持管理計画案を作成した。橋梁の他の部材の劣化予測が可能になれば、本支援システムにそれらを取り入れ総合的な維持管理計画支援システムが構築できる。

参考文献

- 1) 安居院猛・長尾智晴：ジェネティックアルゴリズム，昭晃堂，1995。
- 2) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編：道路投資の評価に関する指針(案)，(財)日本総合研究所，1998。

Table 1 最適維持管理計画案

橋梁	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
1橋	全面打換え	ひび割れ注入	ひび割れ注入	鋼着+ひび注入	縦桁増設	-	-	-	-	-
2橋	-	-	-	-	-	-	断面修復	-	ひび割れ注入	-
3橋	-	-	鋼着+ひび注入	-	-	-	-	-	-	-
4橋	部分打換え	-	部分打換え	部分打換え	部分打換え	鋼板接着	部分打換え	-	部分打換え	-
5橋	-	-	縦桁増設	-	床厚+ひび注入	鋼着+ひび注入	-	床版増厚	-	-
6橋	-	-	-	床厚+断面修復	-	-	-	-	-	-
7橋	ひび割れ注入	ひび割れ注入	-	-	床版増厚	-	床厚+ひび注入	床厚+ひび注入	床厚+ひび注入	鋼板接着
8橋	鋼着+ひび注入	-	-	-	-	床版増厚	-	全面打換え	縦桁増設	床版増厚
9橋	鋼板接着	床版増厚	-	-	-	-	-	-	縦桁増設	床版増厚
10橋	-	-	全面打換え	床版増厚	-	-	-	-	-	-
11橋	鋼着+ひび注入	-	-	-	-	-	-	-	-	縦桁増設
12橋	-	縦桁増設	-	部分打換え	FRP+ひび注入	-	-	-	-	部分打換え
13橋	-	-	-	-	-	-	-	FRP接着	-	-
14橋	全面打換え	FRP接着	-	-	-	縦桁増設	全面打換え	床版増厚	-	-
15橋	FRP接着	-	-	-	全面打換え	-	-	全面打換え	床版増厚	-
16橋	-	-	-	-	縦桁増設	全面打換え	ひび割れ注入	全面打換え	ひび割れ注入	FRP+ひび注入
17橋	-	ひび割れ注入	-	-	ひび割れ注入	床版増厚	ひび割れ注入	-	鋼板接着	-
18橋	-	部分打換え	-	-	-	鋼板接着	-	-	部分打換え	-
19橋	鋼着+ひび注入	-	-	-	床版増厚	-	-	-	-	全面打換え
20橋	-	ひび割れ注入	鋼板接着	床版増厚	縦桁増設	床版増厚	-	-	-	-

Table 2 費用増減表

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
費用(万円)	¥30,057	¥13,532	¥73,435	¥123,811	¥49,066	¥24,346	¥15,855	¥22,475	¥16,753	¥19,289
差額(万円)	¥57	¥-16,468	¥43,435	¥93,811	¥19,066	¥-5,654	¥-14,145	¥-7,525	¥-13,247	¥-10,711