

ユーザーコストを考慮した道路舗装・橋梁統合型アセットマネジメント手法の開発

岐阜大学
岐阜大学 正会員
岐阜大学 正会員

○福島 彩
倉内 文孝
高木 朗義

1. はじめに

近年社会資本に関わる財政事情が逼迫している中、社会資本を効率的に維持管理するための手法が求められており、その一つとして AMS (アセットマネジメントシステム) が提案されている。本研究では、道路舗装と橋梁の維持管理方針を同時に意思決定可能な統合型 AMS を開発し、社会投資の効率化をすすめ管理者および利用者の効用を高めるシステムの構築を目的とする。なお、構築にあたっては維持補修工事に起因するユーザーコストを明示的に考慮した方法を提案する。

2. 道路舗装・橋梁統合型 AMS と道路舗装・橋梁 LCC

(1) AMS の全体像

本研究では、以下の手順により最適維持戦略を決定する。まず、道路舗装、橋梁それぞれの供用環境などを考慮した劣化予測式を推定し、道路舗装や橋梁の維持管理に関わるユーザーコストを定量化する。次に、推定された劣化予測式や算定されたユーザーコスト、道路の幅員等の構造情報や交通量などを用いて、舗装の MCI (Maintenance Control Index) や橋梁の健全度の変化による LCC (ライフサイクルコスト) を算定し、管理者、利用者共に高い効用が得られるような最適維持管理戦略を検討する (図-1)。

(2) 道路舗装と橋梁の LCC の定量化

以下に LCC に含まれる各種費用について示す。補修時の費用としては、道路舗装、橋梁共に補修費用と迂回費用を計上する。補修費用は、補修シナリオと劣化性状により補修工法を選択し、補修単価に数量を乗じて算出する。迂回費用は、通常時と補修工事時の通行規制状態の総走行時間および総走行距離の増分を利用者均衡配分により推定し、各種原単位を乗じることにユーザーコストとして算出する。(式1)

$$UC_r = UC_m + UC_e \quad (1)$$

ここで、 UC_r : 迂回費用、 UC_m : 時間損失と走行損失の和、 UC_e : 環境負荷コスト。

日常的に発生するコストとしては、道路舗装 LCC については、わだち掘れ量の増大によって安全性が低下

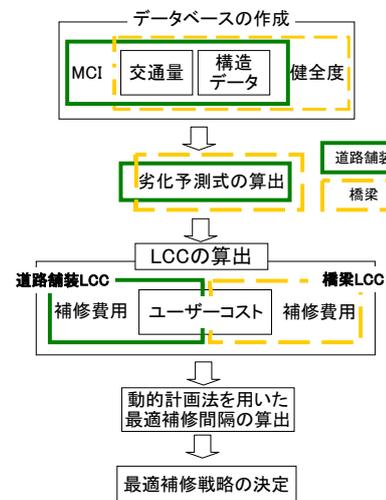


図-1. 統合 AMS の最適補修戦略決定フロー

すること、ひび割れ率の増大によって快適性が低下することなどをユーザーコストとして計上する。

$$UC_s = \sum WTP_s \times q_i \times RD(i) \times 365 \quad (2)$$

$$UC_c = \sum WTP_c \times q_i \times CR(i) \times 365 \quad (3)$$

ここで、 WTP_s, WTP_c : 一日あたりの安全性、快適性に対する支払意思額 (円/人・日)、 q_i : リンク交通量 (台/日)、 $RD(i)$: i 区間におけるわだち掘れ量 (mm)、 $CR(i)$: i 区間におけるひび割れ率 (%)。

橋梁 LCC には、橋梁の健全度低下に従い増大する落橋に対する不安感 UC_s を考慮する。 UC_s は、橋梁利用者の橋梁災害に対する不安感を貨幣換算したもので、毎年橋梁の劣化に不安を抱くとし、改善するためにいくらかを支払うかを支払意思額 WTP_k として算出し、橋梁利用者数 (通常時の交通量) を乗じて算出する。

$$UC_s = WTP_{ki} \times Q_i \quad (4)$$

ここで、 WTP_{ki} : 各部材ごとの支払意思額 (円)、 Q_i : 利用者 (リンク交通量) (台/日)。

3. 最適補修戦略の決定方法

(1) 最適補修戦略の考え方

ここでは、最適補修戦略をプロジェクトライフ間の LCC の総和が予算制約内で最小となる戦略と定義

する。従来の戦略は MCI や健全度が管理水準を下回るものから補修する単年度的なもので、予算制約に収まらない道路や橋梁に対しては、補修が先送りされるものが多い。そのため結果的に、先送りしたものが蓄積され、補修費用が偏る可能性がある。本研究では、動的計画法 (DP: Dynamic Programming) を用いて各補修地点の最適補修戦略を求め、補修の先送りだけでなく、事前補修も考慮した補修戦略の決定方法を提案する。

(2)各補修地点の最適補修時期決定

橋梁を例にとって説明する。今、DP におけるステージをプロジェクトライフ末期からの経過時間、状態変数を健全度および補修歴としよう。なお、補修歴を状態変数に取り上げているのは、本研究を進めるにあたりベースとしている岐阜県アセットマネジメントマニュアル¹⁾において、一度補修が行われると劣化曲線が変化するためである。このとき、ステージ t における LCC は、以下の状態方程式で示される。

$$LCC_t(d, h) = UC_o(h) + \min \left(\begin{array}{l} \frac{1}{1+r} LCC_{t-1}(d, h - \Delta h), \\ UC_r(h) + \frac{1}{1+r} LCC_{t-1}(1, h_0) \end{array} \right) \quad (5)$$

$$LCC_0(d, h) = UC_o(h) \quad (6)$$

ここで、 d : 補修歴 (補修あり=1), $LCC_t(d, h)$: 補修歴 d , 健全度が h のときの t 期の LCC, r : 社会的割引率, Dh : 補修を行わないときの健全度の劣化程度, h_0 : 補修後に回復したときの健全度。

ステージ 0 から現時点まで(5), (6)式により健全度、補修歴ごとの LCC を求め、最後に初期健全度および補修歴を用いることで最適補修戦略が求まる。また、維持補修予算に制約がある場合、DP にて求められた最適補修間隔による実施が困難であるケースが想定される。このようなケースにおいては、予算に制約がある場合のプロジェクト計画法の一種である山くずし法により予算制約内に補修対象の補修費用の和を納める。

4. 試算結果

本研究では、岐阜県管理の岐阜市内にある道路および橋梁に対し、プロジェクトライフ 100 年で試算を行うが、ここではその一例として、ある橋梁の PC 上部工の LCC 算定結果を示す。補修後の部材の健全度は 4 まで回復し、また、その後から劣化勾配が半分になると仮定した。その他の設定値は表-1 に示すとおりであ

表-1. 設定条件

補修費用	健全度 1.5 未満: 1.34 (億円 / 回) 健全度 1.5 以上: 1.92 (億円 / 回)
迂回費用	-48.4 (万円 / 回)
不安感の費用	134.0 (万円 / 健全度 0.01)
社会的割引率	0.04
劣化	補修歴なし: -0.06 (健全度 / 年) 補修歴あり: -0.03 (健全度 / 年)

表-2. 橋梁の PC 上部工の補修間隔の検討結果

年次	LCC 総額 (億円)	補修時 健全度	年次	LCC 総額 (億円)	補修時 健全度
12	17.4	3.76	58	39.3	3.78
23	26.6	3.78	70	40.9	3.78
34	32.6	3.78	82	41.9	3.76
46	36.7	3.78	94	42.5	3.76

る。最小 LCC を試算した結果の一部を表-2 に示す。これより、補修回数は 8 回で、ほぼ 12 年おきに補修を繰り返すことが最適であり、その際の LCC は 41.6 億円となった。各補修時の健全度の値は、およそ 3.78 である。紙面の都合上結果を省略するが、補修の管理水準を健全度として 0.1 刻みで外生的に与え計算を進めたところ、LCC を最小化する管理水準は 3.8 であったため、ここで示した DP による試算結果は妥当なものといえる。

4. おわりに

本稿では、道路舗装・橋梁の統合型アセットマネジメントシステムを提案し、それぞれの LCC の算定方法と最適補修時期決定方法を述べるとともに、ひとつの橋梁を例にして最適補修間隔の算定結果を示した。今後は、岐阜市の実ネットワーク上の道路舗装や橋梁に適用をすすめるとともに、予算制約がある場合の LCC の変化について検討を加える予定である。

謝辞

本研究は、平成 21 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (B), 課題番号: 21360243, 研究課題名: 社会的費用を考慮した社会資本アセットマネジメントに基づく地域リスクガバナンス, 研究代表者: 高木朗義) の助成を受けたものである。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 岐阜県建設研究センター: 社会基盤施設の効率的な維持管理手法の検討, 2006