

災害リスクを含む社会的費用を考慮した LCC に基づく橋梁維持管理戦略

岐阜大学大学院

松田祥吾

三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング (株)

鈴木俊之

岐阜大学

高木朗義 倉内文孝

1. はじめに

わが国では、高度成長期を中心に蓄積された社会基盤施設が経年とともに劣化し、再投資を行わなければ経済的、また社会的にも大きな影響を与える可能性が出てきている¹⁾。このため、多くの地方行政では、「計画的かつ効率的にインフラの資産価値を維持・向上していく」ことを目的とした“アセットマネジメント(以下:AM)”を導入し始めている。本研究では社会基盤施設のうち、“橋梁”のAMを対象とする。これまでに、ライフサイクルコスト(以下:LCC)の最小化を目指した橋梁AMに関する研究が多く行われ、すでに橋梁マネジメントシステム(BMS)が実務レベルで適用されつつある。しかし、財政状況との兼ね合いから、LCCを維持管理費用のみで計上したものがほとんどである。先行研究では、社会的費用を考慮した橋梁LCCが提案された。本研究では、これに橋梁災害リスクを考慮することで橋梁維持管理戦略について検討し、橋梁LCC最小化を目指す。

具体的には、まず岐阜県AM検討委員会が提案している橋梁AMの概念³⁾を基に、橋梁災害リスクを含む社会的費用を考慮した橋梁LCCを提案する。次に、社会的費用の大小はそれぞれの利用者の数、すなわち交通量によって依存する。そのため利用者均衡配分を用いネットワーク上での交通量の変動を計測する。これより岐阜市道路ネットワークモデルを用い、ネットワーク上に存在する橋梁の社会的費用を含めたLCCを試算する。最後に、このネットワーク全体として橋梁LCCが最小となる橋梁維持管理戦略を検討する。

2. 社会的費用を考慮した橋梁LCC

(1) 社会的費用を考慮した橋梁LCCの定義

本研究では、橋梁のLCCを、橋梁災害リスクと補修費用、利便性に関するユーザーコスト、安全性・快適性に関するユーザーコスト、環境負荷に関するコストの和と定義し、式(3.1)(3.2)のように定式化する。

$$\min_{RL(i,t)} LCC = \sum_t \frac{LCC(i,t)}{(1+r)^t} \quad (3.1)$$

$$LCC(i,t) = BR(i,t) + MC(i,t) + UC_m(i,t) + UC_s(i,t) + EC(i,t) \quad (3.2)$$

ここで、 BR : 橋梁災害リスク、 MC : 補修費用、 UC_m : 利便性に関するユーザーコスト、 UC_s : 安全性・快適性に関するユーザーコスト、 EC : 環境負荷に関するコスト、 RL : 補修水準、 t : 時刻(年)、 r : 社会的割引率、 i : 橋梁番号を示す添え字。

(2) 橋梁LCCの各構成要素の算出方法

橋梁災害リスク BR

橋梁災害リスクを以下のように定式化した。

$$BR(i,t) = \sum_{k=0}^7 p_1(i,t,k) p_2(i,t|k) B(i,t) \quad (3.3)$$

$$B = \{B_1(i,t) + B_2(i,t) + B_3(i,t) + B_4(i,t)\} \quad (3.4)$$

ここで、 p_1 : 地震発生確率、 p_2 : 発生震度に応じた災害発生確率、 B : 損失費用、 B_1 : 人身損失、 B_2 : 橋梁復旧費用、 B_3 : 迂回損失、 B_4 : 救急医療損失、 k : 震度、 t : 経過年数、 i : 橋梁番号を示す添え字。これより客観リスクを含む社会的費用を考慮した橋梁LCCを算出できる。

補修費用 MC

岐阜県AM検討委員会が提案している各部材の劣化予測から各形式の橋梁(鋼橋、PC橋、RC橋)の補修費用を算出する。

利便性に関するユーザーコスト UC_m

利便性に関するユーザーコストは補修工事時期に発生する一般化交通費用の増分として捉える。

安全性・快適性に関するユーザーコスト UC_s

橋梁に関する安全性は、快適性に密接に関係する項目と考え、2項目を同時に評価する。このユーザーコストは、落橋やその他の橋梁事故に対する不安感に関する支払い意思額(以下 WTP_s)とリンク交通量との積和により算出する。

環境負荷に関するコストEC

補修工事に伴う走行速度の低下や、リンク交通量の変化による大気汚染 (NO_x 排出)、騒音、地球温暖化 (CO₂ 排出) の環境負荷を定量化する。これら各貨幣評価原単位により貨幣換算する。

3. 道路利用者の支払い意思額算出

道路利用者の支払い意思額WTP_sはコンジョイント分析⁴⁾を用いて算出する。WTP_sを試算するために、岐阜大学の学生 (59名) を対象にコンジョイント分析による計量心理実験 (アンケート調査) を行った。アンケート調査では、“危険”な橋 (健全度：低) と “安全”な橋 (健全度：高) の2橋梁を提示し、迂回して安全な橋を通過するために費やすことのできる時間を選択して回答する方式とした。迂回時間に時間価値を乗じて貨幣換算することによってWTP_sを求めた。ここで乗じた時間価値は事前に調査した本アンケート回答者独自の時間価値 (9.50円/分) を用いた。また、鋼橋とコンクリート橋の構造形式別に調査データを用い、表 - 1 に示すような各部材のパラメータを推定した。推定結果より、橋梁の規模 (橋長) に比例した各部材のWTP_sが推計された。

4. 最適維持管理シナリオ

(1) ネットワークモデルを使ったLCCの試算

本研究では、図 - 2 の岐阜市内の道路ネットワークを対象として橋梁維持管理戦略を検討する。ここで、ネットワークモデルのリンク中央に橋梁を配置し、橋梁データ (橋長) を追加することで、橋梁の交通量が算出できる。また、交通量は橋梁の劣化性状によって変化するものであると定義する。具体的な手法としては利用者均衡配分で用いられるリンクコスト関数に、走行費用、安全性・快適性に関するユーザーコストを加える。そのリンクコスト関数を用いて利用者ニーズを考慮した交通量配分を実施する。これにより、利用者ニーズをよりの確に捉え、ネットワーク上に存在する橋梁の社会的費用を含めたLCCを試算できる。

(2) 最適維持管理シナリオの提案

現在、岐阜県 AM 検討委員会では図 - 3 で示されるように、ある管理水準 (補修開始の健全度) に橋梁の部材が達した場合、橋梁を補修する維持管理シナリオが設定されている。例えば管理水準^②の場合、補修回数は少なく1回あたりの補修費用が大きい。管理水準^①の場合、補修回数は多く、1回の補修費用は小さい。この考えを基に、橋梁ごとに管理水準

表 - 1 UC_sに関するパラメータ推定結果

	パラメータ	年間WTP _s (円/年)	1mあたりのWTP _s (円/m ² 年)	t値	重相関R	サンプル数	
鋼橋	塗料	6.10	2225.28	22.25	8.77	0.80	885
	PC床版	9.97	3640.86	36.41	14.36		
	下部工	8.47	3091.52	30.92	12.17		
コンクリート橋	上部工	11.94	4357.99	43.58	20.99	0.80	826
	下部工	8.04	2935.00	29.35	14.14		



図 - 2 岐阜市道路ネットワーク

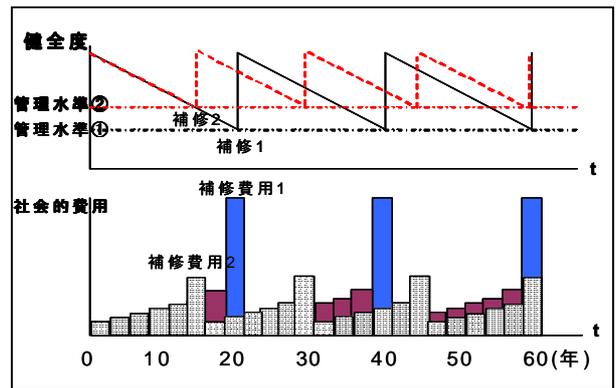


図 - 3 維持管理のイメージ

を変化させ、各年の社会的費用の和の最小化することができる維持管理戦略を提案する。

5. おわりに

本研究では、橋梁災害リスクを含む社会的費用を考慮した橋梁LCCを提案した。また、潜在化している橋梁への不安感を定量化して、橋梁LCCに加味した。今後の課題としては、道路ネットワークを用いた橋梁LCCの試算、最適維持管理戦略の提案などが挙げられる。

参考文献

- 1)阿部允：実践土木のアセットマネジメント「やりぬく」で防ぐ社会資本の荒廃，日経BP社，2006。
- 2)柘植亮輔ら：ユーザーコストを考慮したに基づく橋梁アセットマネジメントの基礎的研究，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，2007
- 3)細江育男ら：橋梁コンクリート部材の維持管理シナリオ策定，コンクリート工学年次論文集 vol.28，2006。
- 4)大野栄治：環境経済評価の実務，2000。