

ユーザーコストを考慮した LCC に基づく橋梁アセットマネジメントの基礎的研究

岐阜大学 学生員 ○柘植亮輔

三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株) 正会員 鈴木俊之

岐阜大学 正会員 高木朗義

1. はじめに

わが国は戦後、膨大な社会資本投資とともに急速な経済成長を遂げた。しかし、集中的に蓄積されてきた構造物は経年とともに劣化が進み、社会的影響を与える可能性が出てきた¹⁾。このため、国土交通省をはじめ各自治体においても、「計画的かつ効率的に橋梁の資産価値を維持・向上していく」ことを目的としたアセットマネジメントを導入し始めている。

これまでの橋梁アセットマネジメント（以下：橋梁AM）の多くは劣化予測により算出される維持管理費用の最小化に基づいて、事業優先順位が決定されている。

そこで本研究では、岐阜県の橋梁AMの検討内容²⁾を基に、管理者と利用者の双方のニーズを反映する評価指標を提案し、それに基づいた橋梁AMシステムについて検討する。

2. ユーザーコストを考慮した橋梁AMの枠組み

本研究が提案する橋梁AMのためのユーザーコストを考慮したライフサイクルコスト（以下LCC）と、その算出方法を以下に示す。

(1) ユーザーコストを考慮する意義

これまでの橋梁AMは管理者の視点に立って行われている。しかし、インフラの供用停止による管理者損失と利用者損失の比率は4:6または3:7とも言われ、利用者の視点は無視できない。そこで本研究では、橋梁利用者の利便性・安全性に関するユーザーコスト、また環境負荷に関するコストを考慮したLCCを定義し、利用者・管理者の効用を最大化する橋梁AMを検討する。

(2) ユーザーコストを考慮した橋梁LCC

本研究では、橋梁LCCを①補修費用、②利便性に関するユーザーコスト、③安全性に関するユーザーコスト、④環境負荷に関するコストの和であると定義し、(1)式のように定式化する。なお、良好なインフラを考える上で重要な“快適性”については、橋梁の場合、安全性に関するユーザーコストに含まれるものとする。

$$LCC = C + UC_m + UC_s + EC \quad (1)$$

ここで、 C ：補修費用、 UC_m ：利便性に関するユーザーコスト、 UC_s ：安全性に関するユーザーコスト、 EC ：環境負荷に関するコスト。

(3) 橋梁LCCの各構成要素の算出方法

①補修費用C

岐阜県では平成13年度より独自の橋梁点検を実施している。この橋梁点検は塗装、RC床板、PC上部工、RC上部工、下部工を対象としている。点検結果から各点検部材の健全度を算出し、補修の優先順位を決定する。さらに劣化予測式により、今後50年間に必要な補修予算を算出し、長期的なマネジメントシナリオを作成している。以上を定式化すると式(2)となる。

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 \quad (2)$$

ここで、 C_1 ：塗装費用、 C_2 ：RC床板補修費、 C_3 ：PC上部工補修費、 C_4 ：RC上部工補修費、 C_5 ：下部工補修費。

②利便性に関するユーザーコスト UC_m

UC_m 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。具体的には補修工事に伴う迂回や車線規制等による利用者損失を消費者余剰の減少分として算出する。以上を工事期間も考慮して定式化すると式(3)となる。

$$UC_m = \sum_{OD} (P_m - P_0) Q T_l \quad (3)$$

ここで、 P_m ：補修工事中のあるOD間の一般化交通費用、 P_0 ：通常時のあるOD間の一般化交通費用、 Q ：OD交通量、 T_l ：工事期間。

③安全性に関するユーザーコスト UC_s

昨今の落橋事故等で橋梁の安全性に対する関心が高まっている。 UC_s は橋梁事故等への不安感に関する支払い意思額（以下WTP_s）とリンク交通量の積により算出する。なお、WTP_sはコンジョイント分析により算出する。以上を定式化すると式(4)となる。

$$UC_s = \sum_l WTP_s \times Q_l \quad (4)$$

ここで、 Q_l ：リンク交通量。

④環境負荷に関するコストEC

EC は「道路投資の評価に関する指針 (第1編) ³⁾」が示す環境改善便益の概念に従う。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)、地球温暖化 (CO₂ 排出) の環境負荷を定量化する。これらを貨幣評価原単位により貨幣換算する。以上を工事期間も考慮して定式化すると式(5)となる。

$$UC_e = \sum_i (\alpha \Delta AP + \beta \Delta GW) T_i \quad (5)$$

ここで、 ΔAP : NO_x 排出量の変化分、 ΔGW : CO₂ 排出量の変化分、 T_i : 工事期間、 α, β : 各排出ガスの貨幣原単位。

3. コンジョイント分析による不安感 (WTP_s) の試算

式(4)で示した WTP_s を試算するために、岐阜大学の学生を対象に図-1に示すようなアンケート調査を行った。アンケートは“危険”な橋 (健全度: 低) と“安全”な橋 (健全度: 高) の2橋梁を示し、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金銭換算することによって WTP_s を求めるものとする。また、鋼橋とコンクリート橋の構造形式別に調査した。アンケートデータを用い、表-1に示すような各部材のパラメータを推計した。t 値および相関係数から概ね良好な結果が得られたと言える。これらの結果を基に4.にて UC_s の算出する。

4. 仮想道路ネットワークモデルによる橋梁 LCC 試算

(1) 仮想道路ネットワークモデル

図-2に示すような道路ネットワークを想定し、ノード1からノード5への移動を対象に、今後60年間に要する橋梁 LCC を試算する。なお、0年次における各橋梁の健全度状態、橋長を表-2のように仮定する。また、OD 交通量は40,000 (台/日) とし、各リンクの交通量・所要時間は利用者均衡配分によって算出する。

(2) 橋梁 LCC の試算結果

前述した仮想道路ネットワークモデルにより、表-3のような橋梁 LCC が試算された。まず、補修費用 C のみを見ると橋梁の規模、および橋梁形式 (鋼橋は塗装の劣化速度が速いため、C が嵩む) に比例している。UC_m の割合は非常に小さい。逆に UC_s は LCC に大きな影響を与えている。また EC はどの橋梁 LCC でも1~2割程含まれ、今後注目すべき指標である。補修費用による優先順位は A, E, F, H, B, D, C, G であるが、本橋梁 LCC では A, F, E, H, C, G, B, D の順となる。



図-1 コンジョイント分析のアンケート票 (一部抜粋)

表-1 UC_sに関する推定パラメータ結果

橋梁形式・部材	分析結果	パラメータ	t値	重相関R
鋼端	塗装	17.533	2.036	0.816
	RC床版	51.619	5.994	
	下部工	61.167	7.103	
コンクリート橋	PC・RC上部工	76.627	10.338	0.849
	下部工	51.669	6.971	

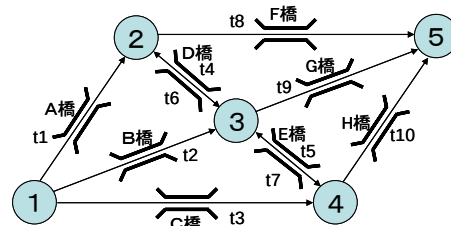


図-2 仮想道路ネットワーク

表-2 各橋梁の健全度、橋長

橋名	橋梁の状態				橋長 (m)
	塗装	RC床版	PC/RC上部工	下部工	
A橋(鋼橋)	2	3		4	100
B橋(コンクリート橋)			3	2	40
C橋(コンクリート橋)			2	2	20
D橋(コンクリート橋)			2	4	40
E橋(鋼橋)	3	2		3	60
F橋(コンクリート橋)			3	3	120
G橋(コンクリート橋)			3	4	20
H橋(コンクリート橋)			4	3	80

表-3 橋梁 LCC の試算結果

各コスト		C	UC _m	UC _s	EC	合計
橋名		(千円/60年)	(千円/60年)	(千円/60年)	(千円/60年)	
A橋(鋼橋)	111,100 →1位		893	46,761	19,604	178,358 →1位
B橋(コンクリート橋)	15,008 →5位		163	31,926	11,589	58,686 →7位
C橋(コンクリート橋)	9,688 →7位		221	51,460	11,440	72,809 →5位
D橋(コンクリート橋)	14,056 →6位		6	5,187	11,506	30,755 →8位
E橋(鋼橋)	67,648 →2位		16	8,197	23,008	98,869 →3位
F橋(コンクリート橋)	45,208 →3位		193	42,900	10,790	99,092 →2位
G橋(コンクリート橋)	7,028 →8位		0	45,799	11,576	64,403 →6位
H橋(コンクリート橋)	23,176 →4位		23	43,842	11,495	78,537 →4位

5. おわりに

本研究ではユーザーコストを考慮した橋梁AMシステムを提案した。また仮想道路ネットワーク上のものであるが、補修費用だけでなくユーザーコストなどの非市場価値を LCC に加味することで、ユーザーの声を反映するような橋梁維持管理の可能性を示した。

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)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。
- 3)道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資の評価に関する指針 (第1編)、1998。