

部材寿命のばらつきを考慮した鋼橋のライフサイクルコスト推定法の提案

(株) ピーエス 正会員 ○森屋 伸介 長崎大学工学部 正会員 中村 聖三
長崎大学工学部 フェロー 高橋 和雄

1. 目的

土木構造物は初期建設コストと比較して、維持管理や更新に要するコストなどインフラ整備以後に発生するコストが非常に大きくなることが指摘されている¹⁾。そのため、初期建設コストによる評価だけでなく、計画当初から将来の維持管理コストや更新コストを十分に予測し、最適な技術を選定していくライフサイクルコスト（LCC）による評価を行うことが重要であるといえる。近年、このような背景から橋梁のLCCに関する研究が数多く報告されているが、いずれにおいても部材寿命は確定量として取り扱われ、本来部材が有する寿命のばらつきまでは考慮されていない。そこで本研究では、部材寿命のばらつきを考慮できる橋梁のLCC推定法を提案するとともにその試算例を示す。

2. 部材寿命のアンケート調査

鋼橋の部材寿命のデータ収集を主目的として、平成11, 12年に官公庁、公団、公社を対象にアンケート調査を実施し、全国202橋のデータを得た。本研究で提案するLCC推定法では部材の更新を物理的な限界状態をもって行うものとしたため、得られたデータから、荷重や化学的要因等による劣化に伴い更新が行われた物理的寿命のみを取り扱った。調査結果として各部材の平均値 μ と標準偏差 σ を表-1に示す。

3. 部材寿命の確率分布の推定と適合度の検定

調査結果の一例として、A-1塗装とRC床版の寿命のヒストグラムを図-1に示す。図よりその形状が左に歪んでいること、対数をとることで確率密度関数を確率変数が正の領域のみで定義できる等の理由から、本研究では部材の物理的寿命の確率分布を対数正規分布と仮定した²⁾。以下に対数正規分布の確率密度関数、分布パラメータを示す³⁾。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\zeta x} \exp\left[-\frac{(\ln x - \lambda)^2}{2\zeta^2}\right] \quad (0 < x < \infty) \cdots \textcircled{1}, \quad \lambda = \ln \mu - \frac{1}{2}\zeta^2 \quad \zeta^2 = \ln(1 + \sigma^2/\mu^2) \cdots \textcircled{2}$$

ここで、 λ と ζ は①式の分布パラメータであり、 $\ln x$ の平均値と標準偏差である。また、これらのパラメータは x の平均値 μ と標準偏差 σ と②式のような関係がある。推定した確率分布に対して、比較的データが多く得られたA-1塗装とRC床版について χ^2 検定により適合度の検定を行った結果、それぞれ有意水準1%, 5%のときに帰無仮説を棄却しないことから、両部材寿命の分布は対数正規分布に従うとみなしてもよいという結論を得た。

4. 部材寿命のばらつきを考慮した橋梁のLCC推定法の提案と試算例

4.1 算定法の提案

本研究で提案するLCC算定法では、算定期間内における初期建設費、維持管理費、更新費の総和をLCCと定義する。試算を行う橋梁の構造仕様、初期建設費、更新費について表-2に示す。LCCの算定においては、部材寿命が対数正規分布に従うという仮定のもとで、モンテカルロ法により部材寿命の平均値とばらつきに基づく分布パ

キーワード；維持管理、ライフサイクルコスト、部材寿命
連絡先 〒852-8521 長崎市文教町 1-14 TEL&FAX 095-843-6301 E-mail snakamura@civil.nagasaki-u.ac.jp

表-1 部材寿命の平均値と標準偏差

部材	データ数	μ (年)	σ (年)
A-1塗装	94	13.27	7.71
B-1塗装	19	10.79	2.25
RC床版	38	27.95	14.57
PC床版	8	20.88	22.10
鋼製支承	24	21.54	8.72
ゴム製支承	3	31.33	4.04
普通舗装	24	21.58	13.19
改質舗装	13	21.77	11.88
伸縮装置	10	15.60	5.27
防水層	5	30.20	9.15

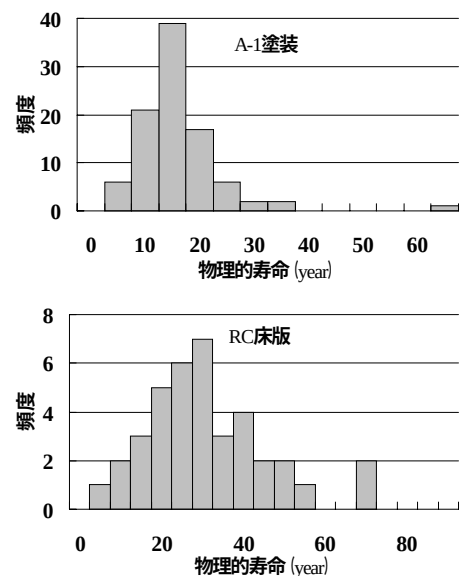


図-1 部材寿命のヒストグラム

ラメータを有する対数正規分布に従う乱数を発生させ、これを部材寿命として扱うことで、部材寿命のばらつきを考慮するものとする。算定手順を図-2に示す。また、算定にあたり社会的割引率を考慮する場合には、将来にわたって発生する全てのコストを現在価値に換算し、その合計額を算出できる現価法を用いるものとする。以下にその算定式を示す。

$$NPC = \sum_{i=1}^n C_t \frac{1}{(1+i)^t} - SV_n \frac{1}{(1+i)^n}$$

ここに、NPC=現在価値に換算した総コスト、 C_t = t 年目に発生する全てのコストの合計、 i =社会的割引率、 n =計算期間、 SV_n = n 年目の残存価値である。

4.2 試算結果

図-2に示す手順に従い割引率4%を考慮して試算を行った維持管理費を除くTYPE1、TYPE2のLCC分布図を図-3、平均値と標準偏差を表-3に示す。表よりTYPE1の平均値が104百万円、TYPE2が206百万円となり、算定期間100年ではTYPE2がTYPE1の約2倍のコストを要することになり、TYPE1のほうが経済的であるという結果が得られた。また、TYPE2の標準偏差が46百万円と大きな値を示しているが、これは算定に用いたPC床版の寿命に関するデータのばらつきが大きいこと、PC床版の更新単価とLCC全体に占める更新費の割合が大きいことに関係しているといえる。分布形状については、図-3よりTYPE1、TYPE2ともに平均値付近の区間を中心に、左右対称に近い形状で広がりを見せているが、TYPE2については、グラフの右側で途切れを生じる形状となっている。これは算定期間内に、更新単価の大きさからLCCに大きく影響を及ぼすPC床版の更新が少なくとも1回は行われ、それに要する更新費に関係した結果であるといえる。

5. まとめ

- ① アンケート調査によりある程度データ数の得られた部材について、物理的寿命の平均値と標準偏差を明らかにした。
- ② 部材寿命が対数正規分布に従うという仮定のもとで、モンテカルロ法により部材寿命の平均値とばらつきに基づく分布パラメータを有する対数正規分布に従う乱数を発生させ、これを部材寿命として扱うという部材寿命のばらつきを考慮できる橋梁のLCC推定法を提案し、その試算例を示した。

【参考文献】

- 1)横山ら：道路橋におけるライフサイクルコストの考え方と米国の事例、第1回鋼構造物の維持管理に関するシンポジウム資料集、pp.9～16、1999.7
- 2)中村ら：鋼橋の部材寿命に関する調査、鋼構造年次論文報告集第9巻、pp.89～96、2000.11
- 3)池守：土木計画のための確率・統計序説、1985.5

表-2 構造仕様、初期建設費・更新費

TYPE 1	54427	TYPE 2	86383
A-1塗装	11610	B-1塗装	12203
RC床版	18783	PC床版	69316
普通舗装	1972	改質舗装	2334
鋼製支承	14554	ゴム製支承	4198
ゴムジョイント伸縮装置			4198
塗膜系防水層			856

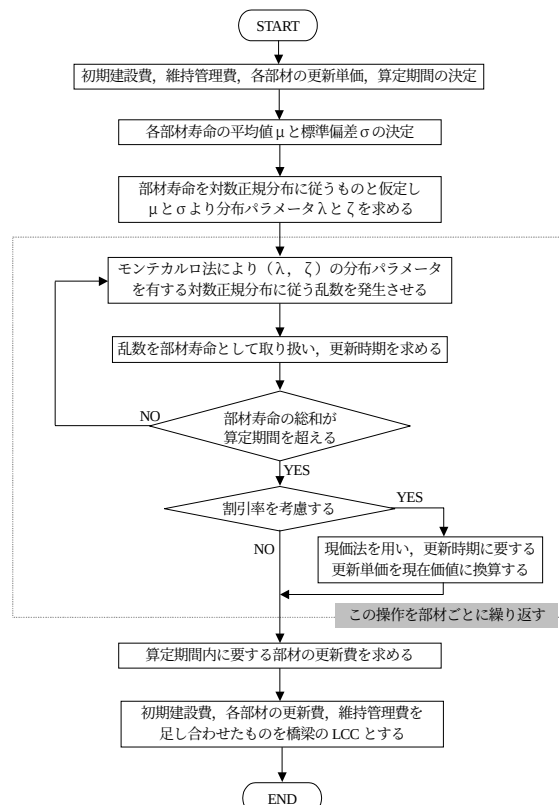


図-2 LCCの算定手順

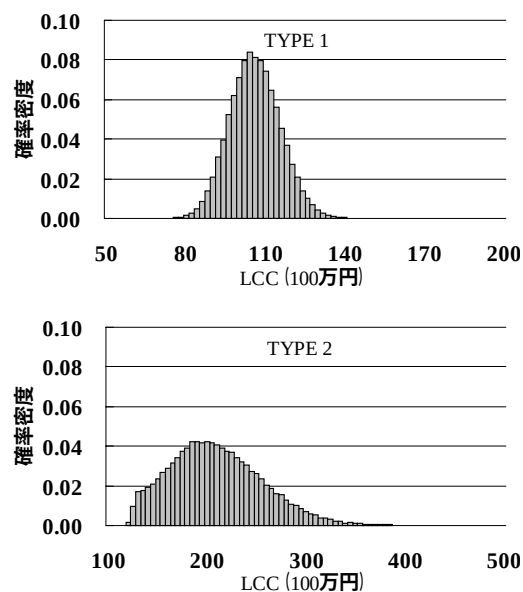


図-3 LCCの確率分布

表-3 LCCの平均値μと標準偏差σ

	μ	σ
TYPE 1	104952	9543
TYPE 2	206902	46795

単位;千円