

鋼橋のライフサイクルコストに及ぼす部材寿命のばらつきの影響

長崎大学工学部 学生会員 ○廣石恒俊 長崎大学工学部 正会員 中村聖三
 長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄 長崎大学大学院 学生会員 呉慶雄

1. はじめに

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。そのため、橋梁の計画を行う際にも、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。このような背景から近年橋梁のLCC算定に関する試みがなされているが、いずれも部材寿命を確定量として取扱っており、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、鋼橋の各部材寿命の平均値と標準偏差を通常考えられる範囲でパラメトリックに変化させた解析を実施し、それらがライフサイクルコストに与える影響を調査して報告する。

2. 対象モデルおよび部材寿命の設定

本研究では、表・1の標準的な構造仕様を有する2タイプの橋梁を解析対象とする。各部材寿命の平均値 μ 、標準偏差 σ の設定においては、一般的な耐用年数¹⁾を平均値 μ とし、文献2)を参考に変動係数 $\delta=0.5$ と仮定して標準偏差 σ を定めた。

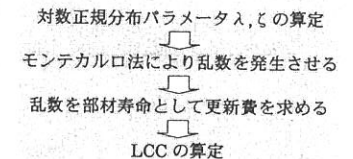
表・1 対象モデルと部材寿命

構成要素	TYPE 1				TYPE 2			
	部材	μ (年)	σ (年)	部材	μ (年)	σ (年)		
塗装	A-1	10	5	B-1	15	8		
床版	FC	40	20	FC	100	50		
支保	鋼製	30	15	鋼製	50	25		
舗装	普通	15	8	改質	20	10		
伸縮装置	ゴムジョイント型	15	8	ゴムジョイント型	15	8		
防水層	塗膜防水層	15	8	塗膜防水層	15	8		

3. LCCの算定方法³⁾

3.1 算定手順(図・1)

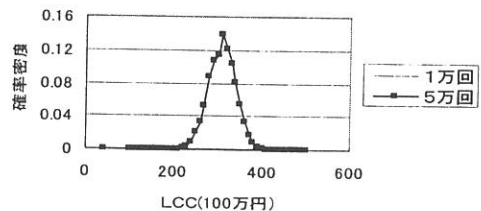
- ① 部材寿命の確率分布は対数正規分布に従うと見なし²⁾、表・1の平均値 μ と標準偏差 σ より、分布パラメータ λ 、 ξ を求める。
- ② モンテカルロ法を用い、①の分布パラメータを有する対数正規分布に従う乱数を発生させる。これを各部材の耐用年数とすることで、算定期間内に要する更新回数が求められる。各部材において更新回数に更新単価を掛け合わせたものを、構造要素別の更新費とする。
- ③ LCCの算定対象とする橋梁の構造要素別更新費と、初期建設費用、点検等に要する維持管理費を足し合わせたものを本研究における橋梁のLCCとする。



図・1 算定手順のフローチャート

3.2 乱数の発生回数

LCCの算定に用いる部材寿命は、モンテカルロ法により発生させる乱数であるため、対数正規分布の確率密度関数と乱数のヒストグラムとの間にはズレが生じ得る。そのため、適切な乱数の発生回数を得るために、A-1塗装において乱数を1万回、3万回、5万回発生させ比較したが、1万回で確率密度関数との誤差がみられなかった。そのためさらに、対象橋梁TYPE1



図・2 乱数の分布状態

において、乱数1万回と5万回それぞれのLCCを求めヒストグラムを比較した(図・2)。この場合においても相違は見られず、乱数の発生回数は1万回で十分であると判断した。

4. LCC の算定結果

表-1 に示した構造仕様を基として、構造要素別の更新単価(表-2)より、LCC への影響が大きいと考えられる塗装、床版、支承において平均値 μ 、標準偏差 σ の値を変化させて LCC の算定を行い、それらの影響を比較検討する。その際、更新費の影響を強調して示すため、維持管理費(定期点検費)は無視した。

以下には一例として、TYPE 2 のモデルにおいて、PC 床版の寿命の平均値および標準偏差の LCC への影響を示す。なお、LCC の算定期間は 100 年としている。

(1) 平均値 μ の影響

変動係数 $\delta=0.5$ で一定として PC 床版寿命の平均値 μ を 50, 200 に変化させた。LCC の平均値は表-3 の様に大きく変化し、PC 床版を構成部材とする橋梁において床版の耐用年数の影響は大きいと言える。また、図-3 に示す LCC の分布形状より、 $\mu=50$ においては LCC の確率密度が 3.2 億、4 億円付近で大きく上がっているが、これはそれぞれ、PC 床版を 1 回更新する場合と 2 回更新する場合に対応している。 $\mu=200$ の場合、算定期間 100 年ではほぼ床版更新は起こり得ず、他部材の更新費に LCC は支配されている。 $\mu=100$ では、大部分の LCC 算定結果で更新回数が 0 または 1 回であり、 $\mu=50$ と 200 の中間的な分布形状となっている。

(2) 標準偏差 σ の影響

PC 床版寿命の平均値 $\mu=100$ を一定とし、標準偏差 σ を 50 から 25, 75 と変化させた。その結果、当然のことながら LCC の平均値はほとんど変化しなかった(表-3)。一方、非超過確率 80%、90%、95%での LCC の値については、図-4 に示すように、標準偏差の増加に伴い各非超過確率に対する LCC も増加し、非超過確率 95%の場合、標準偏差が 25 から 75 へなることで、LCC が約 20%増加している。また、標準偏差に対する LCC の変化の割合は非超過確率が高いほど大きくなった。

5. まとめ

橋梁の LCC において、構成部材の更新単価、耐用年数は重要な支配要因であるが、これらは確定量ではなくばらつきを有するものである。本文では LCC に及ぼす部材寿命の平均値、標準偏差の影響の一例を示した。しかし、設定した寿命の確率分布は数少ないデータに基づいたものであり、必ずしも信頼性の高いものではない。今後、既設構造物の維持管理の重要性が高まってくることは疑いなく、各部材の寿命に関するデータが蓄積されていくことが望まれる。

表-2 更新単価

構成要素	TYPE 1		TYPE 2	
	部材	更新単価	部材	更新単価
塗装	A-1	11,610,000	B-1	12,203,000
床版	RC	18,783,000	PC	69,316,000
支承	鋼製	14,554,000	ゴム製	14,301,000
舗装	普通	1,972,000	改質	2,334,000
伸縮装置	ゴムジョイント形式	4,198,000	ゴムジョイント形式	4,198,000
防水層	塗膜系防水層	856,000	塗膜系防水層	856,000

表-3

PC 床版寿命 μ, σ の変化に対する LCC 平均値

μ (年)	50	100	200
LCC 平均値(円)	350,247,000	279,850,000	243,064,000
σ (年)	25	50	75
LCC 平均値(円)	275,282,000	279,850,000	289,062,000

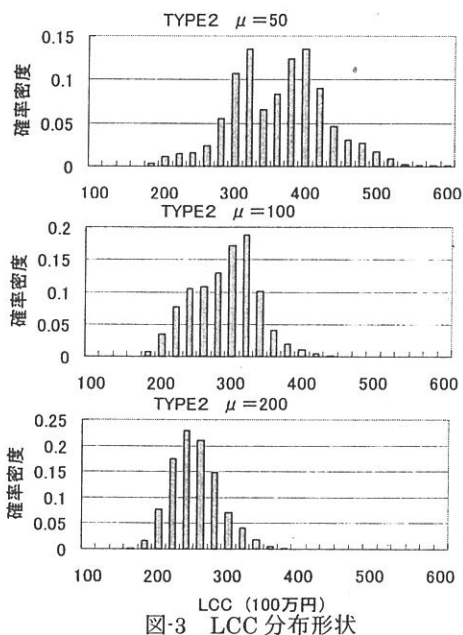


図-3 LCC 分布形状

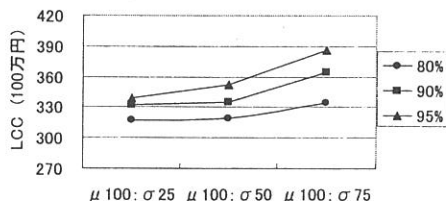


図-4 非超過確率に対する LCC

[参考文献] 1) 長江ら: ライフサイクルコスト分析の使用例、第 2 回鋼構造物の維持管理に関するシンポジウム資料集、pp.25~105、2001.12
2) 中村ら: 鋼橋の部材寿命に関する調査、鋼構造論文報告集第 9 巻、pp.89~96、2001.11 3) 森屋: 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、修士論文 長崎大学工学部生産科学研究科、2002.2