

確率論を用いた橋梁のライフサイクルコスト推定法に関する基礎的検討

長崎大学工学部 学生会員 〇森屋 伸介 長崎大学工学部 フェロー会員 高橋 和雄
 長崎大学工学部 正会員 中村 聖三 長崎大学工学部 学生会員 伊田 義隆

1. まえがき

ライフサイクルコスト(LCC)とは、当該橋梁を建設するための初期投資、その機能を保持していくための維持管理費、および更新費の総額のことであり、現在行われている道路橋示方書の改定作業においても、導入が検討されている概念である。これまでも試算された例¹⁾はあるが、費用と寿命との関係を定量化するためのデータに乏しいこと、橋梁本体あるいは各部材の寿命に影響を及ぼす要因が多岐にわたることなどから、非常に粗い試算に留まっているのが現状である。本研究では、補修・補強、あるいは取り替えを要する部材として、床版、伸縮装置、支承、舗装、防食を取り上げ、それぞれの平均的な寿命とばらつき、およびその支配要因を把握するためのアンケート調査を行い、各部材の更新費用を確率変数として、LCCの確率分布を試算した。

2. アンケートに見る各部材の耐用年数とその支配要因

橋梁の管理を行っている九州内の官庁、各部材の製造を行っている企業に対して、各部材の予定耐用年数、実際の耐用年数、部材寿命の支配要因についてアンケート調査を行った。アンケートは官庁に75通、企業に21通送付したが、回収率はそれぞれ22.7%、38%と低い値に留まった。得られた各部材の耐用年数のデータ数は、a-1塗装:15、b-1塗装:10、RC床版:22、PC床版:1、鋼製支承:22、ゴム支承:6、伸縮装置:25、普通アスファルト舗装:25、改質アスファルト舗装:2、防水層:25である。

主な調査結果を列举すると、以下のようになる。

- ・各部材とも実際の耐用年数が予定耐用年数を下回るのはほとんどなく、部材の選定に気象条件・交通条件はさほど関係していなかった。
- ・寿命の支配要因として主に腐食に関係する海塩粒子、路面凍結防止剤に使用する塩化物、湿度、降水量、荷重作用に関係する車両の重量、交通量、路面の凹凸が大きな割合を占めていた。
- ・a-1塗装の耐用年数の平均値は14.73年、標準偏差は7.65年、b-1塗装の耐用年数の平均値は16.20年、標準偏差は10.42年であった。

3. LCCの算定

表-1 構造形式

構造形式	活荷重合成
	プレートガーター橋
橋長	32,600m
桁長	32,500m
支間長	32,000m
総幅員	11,300m
有効幅員	10,500m
車道幅員	7,500m
歩道幅員	3,000m
主桁	4本

LCCの算定は、更新費用を反映できる100年間を期間とし、表-1のような構造諸元の橋梁をType1[A-1塗装(長油性フタル酸樹脂)、RC床版、鋼製支承、伸縮装置、普通アスファルト、防水層]とType2[B-1塗装(塩化ゴム塗装)、PC床版、ゴム支承、伸縮装置、改質アスファルト、防水層]の2つに分けて行った。確率変数として扱う場合に、今回のアンケート結果だけでは明らかにデータ不足と思われるPC床版、ゴム支承、改質アスファルト舗装に関しては、橋梁部材の損傷と補修事例から報告されている耐用年数²⁾をデータとして取り入れた。また、それでもデータが不足するPC床版と改質アスファルト舗装については、アンケート調査で得られたRC床版とPC床版、普通アスファルト舗装と改質アスファルト舗装の予定耐用年数の比率をそれぞれRC床版、普通アスファルト舗装の実際の耐用年数のデータに掛け合わせたものをデータとした。このようにして得られた各部材の耐用年数の平均値と標準偏差を表-2に示す。

(1) LCCの算定法

上記で得た各部材ごとのデータを用いて、次式より100年間における更新費をもとめる。

表一 2 LCC の算定に用いた各部材の耐用年数の平均値と標準偏差

	塗装		床版		舗装		支承		伸縮装置	防水層
	a-1	b-1	RC	PC	普通	改質	鋼	ゴム		
平均値(年)	14.73	16.20	23.77	124.20	23.64	35.90	28.95	40.60	25.35	27.12
標準偏差(年)	7.65	10.42	8.57	55.48	11.74	13.77	12.17	23.00	11.01	11.33

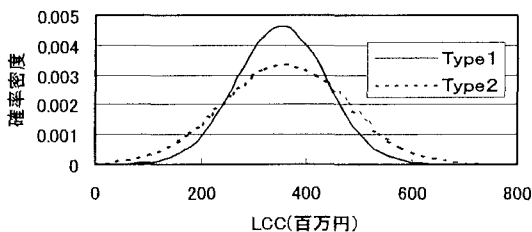
更新回数=LCC 算定期間(100 年間)/各部材の実際の耐用年数

更新費=更新回数×表一 3 に示す 1 回あたりの更新費用

得られた更新費を正規分布に従う確率変数と仮定し、各部材ごとに確率密度関数を導き、表一 4 の初期建設費(確定量)を考慮することにより維持管理費を除く LCC の確率分布をもとめた。なお、初期建設費、1 回あたりの更新費用は文献 3)、4) のデータを使用し、文献 1) にならってもとめた。

(2) LCC の確率分布

図一 1 に得られた LCC の確率分布をしめす。LCC の平均値は Type 1 が 353.2 百万円、Type 2 が 360.67 百万円、また、標準偏差は Type 1 が 85.76 百万円、Type 2 が 118.66 百万円となり、Type 2 のほうが大きなばらつきを見せた。以上から Type 1 のほうがやや経済的といえる。しかし、LCC 算定期間を 200 年間にすると、更新回数の差による更新費用の違いから結果は逆転し、Type 2 のほうが経済的となる。



図一 1 LCC の確率密度関数

表一 3 1 回あたりの更新費用

床版	RC 床版	18,783 千円
	PC 床版	69,316 千円
舗装	普通アスファルト	1,972 千円
	改質アスファルト	2,334 千円
防水層		856 千円
現場塗装	a-1	11,611 千円
	b-1	12,203 千円
支承	鋼製支承	14,554 千円
	ゴム支承	12,862 千円
伸縮装置		4,198 千円

表一 4 初期建設費

	Type 1	Type 2
材料・塗装費	10,572 千円	10,792 千円
加工費	15,379 千円	15,379 千円
床版・舗装費	12,384 千円	43,924 千円
防水層費	1,027 千円	1,027 千円
輸送・架設費	8,064 千円	8,064 千円
現場塗装費	7,002 千円	7,198 千円
計	54,428 千円	86,384 千円

4. まとめ

本研究では、表一 1 に示す構造諸元を有する 2 種類 (Type 1、Type 2) の橋梁について 100 年間の LCC の確率分布を推定した。今回の試算ではそうならないが、ばらつきを考慮した場合、ある非超過確率に対する LCC の大小が、平均値を用いる場合と逆転することがありうる。従って、より合理的に LCC の推定を行うには、各部材の耐用年数の平均値ばかりでなく、そのばらつきも考慮すべきであると考えられる。ただし、現時点では耐用年数の確率分布を推定するためのデータは明らかに不足しており、今後その蓄積が望まれる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：ミニマムメンテナンス橋に関する検討，土木研究所資料第 3506 号，H9. 6
- 2) (財) 阪神高速道路管理技術センター：損傷と補修事例にみる道路橋のメンテナンス，H5. 3
- 3) (財) 建設物価調査会：鋼道路橋 数量集計マニュアル (案)，1996. 10
- 4) (財) 建設物価調査会：建設物価，1999. 8