

部材寿命のばらつきを考慮し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 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、建設に要する初期投資、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。本研究では、より合理的な LCC 推定法を確立することを目的として、床版、伸縮装置、支承、舗装、防食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。また部材寿命のばらつきが LCC に及ぼす影響を調べるために、部材ごとに更新費の分散を 1/3 倍、3 倍した場合の 90%、95% 非超過確率に対する LCC を算出し、その比較を行った。

2. アンケートに見る各部材の耐用年数とその支配要因

平成 11 年 11 月に橋梁の管理を行っている九州内の官庁を対象に「橋梁の各部材ごとの予定耐用年数、実際の耐用年数に関するアンケート調査」と部材の製造を行っている企業を対象に「部材寿命の支配要因に関するアンケート調査」を実施した。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。主な調査結果を列挙すると、以下ようになる。

- ・今回のアンケート調査で、こちらの設けた気象条件・交通条件のレベル分けのための基準が適切であったとはいえないが、当該橋梁のおかれている環境条件に応じた部材の選定が見られた。
- ・塗装、鋼製支承については腐食、伸縮装置については荷重作用に関する要因が部材寿命に直接影響を及ぼしているため、寿命を定量化するためにはそれぞれ飛来塩分量・路面凍結防止剤の使用量・湿度、交通状況(交通量・大型車の割合)を影響因子として取り上げ寿命との相関を調査する必要がある。

3. LCC の算定

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。

LCC の算定法は以下のとおりである。まず、部材の耐用年数のデータから、100 年間あたりの更新回数を算出し、それに表 - 3 に示す 1 回あたりの更新費¹⁾を掛け合わせることで LCC 算定期間に要する更新費を求めた。こうして得られた部材ごとの更新費を正規分布に従う確率変数と仮定し、正規分布の再生性を利用して、更新費の総和の確率分布を求め、その平均値に表 - 4 に示す初期建設費²⁾を加えることで維持管理費を除く LCC の確率分布を求めた。

表 - 1 構造形式

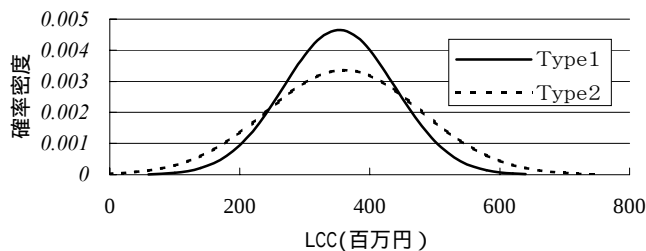
構造形式	活荷重合成 プレートガーター橋
橋長	32.600m
桁長	32.500m
支間長	32.000m
総幅員	11.300m
有効幅員	10.500m
車道幅員	7.500m
歩道幅員	3.000m
主桁	4 本

表—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

3.1 LCC の確率分布

図 - 1 に得られた LCC の確率分布を示す。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。



図—1 LCC の確率密度関数

表—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—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

3.2 部材寿命のばらつきが LCC に与える影響

図 - 2 に Type1、Type2 の各部材の更新費用の分散を 1/3 倍、3 倍した場合の 95%非超過確率に対する LCC を示す。この値は Type2 の b - 1 塗装の更新費用の分散を 1/3 倍したものと、Type1 の a - 1 塗装、RC 床版、鋼製支承の更新費用の分散を 3 倍したものと（539 百万円、544 百万円、519 百万円）との大小が逆転した。以上の結果から LCC の算定とその評価を行う際には平均値だけでなく、そのばらつきまで考慮する必要があるといえる。

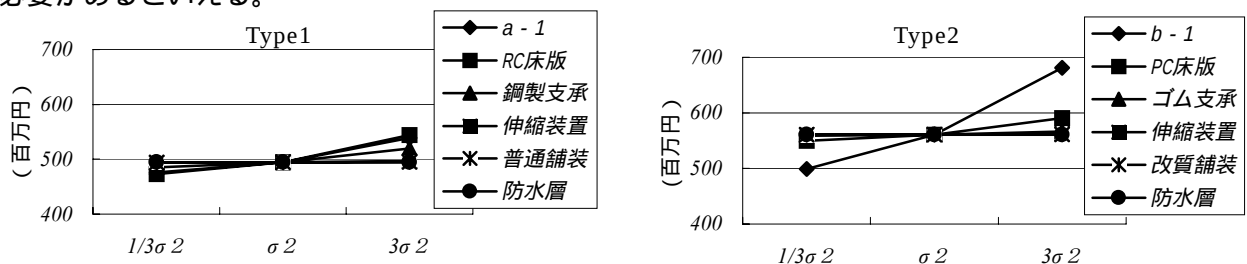


図 - 2 Type1(左)、Type2(右)の部材ごとの更新費の分散を 1/3 倍、3 倍した場合の 95%非超過確率に対する LCC

4. あとがき

本研究で提案した LCC 算定法の精度を上げるためには部材の耐用年数の推定精度を上げる必要があり、そのためには今後、部材耐用年数に関するデータを蓄積していくとともに、橋梁のおかれている諸条件（交通条件、気象条件）と部材寿命の相関を調査することが重要である。また、今回の試算においては、汎用性および取扱いの容易さから部材更新費の確率分布を正規分布と仮定したが、正規分布では変数が負の値をとり得る。本来更新費が負となることは有り得ないため、十分な数のデータ数が得られた時点で更新費の確率分布形状について再検討する必要がある。

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，H9.6
- (2) 社団法人 日本鋼構造協会編：鋼橋計画マニュアル(改訂版)，H3.9