

鋼橋ライフサイクルコストの一試算と展望

(株)帝国設計事務所 ○正会員 坂田浩一 (株)帝国設計事務所 正会員 須永俊明
(株)BMC 正会員 貝戸清之 (株)BMC 正会員 阿部允
北海学園大学 正会員 杉本博之

1. はじめに

橋梁の維持管理戦略を決定するための一手法としてライフサイクルコスト解析（以下 LCCA）が定着しつつある。しかし、一方では、解析過程における不確実性下での意思決定の曖昧さから、信頼性を指摘する声も多い。そこで、本研究では、供用開始後 30 年経過した鋼橋の LCCA を試算し、その結果を踏まえて、現状の LCCA の問題点を抽出して改善案をあげることによって、将来の方向性を示した。

2. ライフサイクルコスト（LCC）の試算事例

2-1. 調査の概要：調査対象の橋梁は昭和 43 年完成の市道一等橋であり、日交通量約 2 万台の 2 車線、橋長約 58m の 3 径間単純非合成鋼桁である。平成 10 年に実施した遠望目視検査の結果、主桁中間補剛材上部溶接箇所の亀裂と、床版コンクリートの一部に二方向割れを発見した。さらに、平成 12 年に近接目視と実橋測定による鋼桁の耐荷力と疲労の見地からの余寿命推定、および床版コンクリートの各種破壊試験を行った。その結果、鋼桁においては、主桁中間補剛材と上フランジ溶接部亀裂は主桁中心間隔が大きいことと疲労が原因である、T-25 に対しては十分な耐荷力を保有する、中間補剛材以外の余寿命は疲労の見地から 100 年以上であると診断した。また、床版コンクリートは端部の一部亀裂を除き大部分がひびわれ幅 0.2mm 以下と軽微であること、さらに、圧縮強度、中性化、塩分、アルカリ骨材反応などについても規制値との比較より問題はないことを確認した。このため、床版コンクリートに関しては、全面を緊急に補修補強する必要はないとの結論に達した。

2-2. 費用の見積もり：本橋梁の過去の維持管理に関する資料、履歴は整理されていないために、単価、耐用年数は建設省土木研究所資料¹⁾を基に橋長、幅員を補正して設定した。

2-3. LCC の算出：LCC の算出に際しては、橋梁、あるいは部材の寿命予測が重要となる。建設省の LCC 試算条件では橋梁の平均寿命は約 60 年と仮定しているが、本橋は、実橋測定の結果より鋼桁は中間補剛材を補強することで 100 年以上となると予測された。しかし、交通量や道路の使用状態の変化や改訂予定の道路橋示方書における橋梁の想定耐用年数等から、寿命を 100 年とするのが妥当と考えた。

床版コンクリートの寿命については、昭和 39 年の道路橋示方書の中で、打ち換え年数は 30～35 年程度とされている。本橋の床版の損傷状況は緊急な補強を必要としないことから、5 年後（新設時から 35 年後）に補強を実施すると仮定した。また、支承、塗装、伸縮装置、定期点検等の費用は、試算条件の年数と単価より算出した（表-1）。なお、本解析では割引率やユーザーコストは考慮していない。

LCCA の戦略案は、具体的には次の 3 案である。A) 床版補強案：現床版に対して縦桁増設による補強を行い、40 年後に全て取替更新する、B) PC 床版案：現床版を PC 床版へ取替える、C) 架替時 PC 床版案：現床版に対して縦桁増設による補強を行い、30 年後（新設時から 60 年後）に橋梁全体を架替える。

図-1 に結果を示す。30 年後（新設から 60 年後）、70 年後（新設から 100 年後）でも縦桁増設により床版補強をする A 案が有利であるとの試算結果が得られた。

表-1 新設、架替え、維持補修費用単価

標準形式（非合成鋼鉄）	
橋長：30.7m	支間長：30.0m
総幅員：11.5m	有効幅員：10.5m
新設費用	1,690.5 千円
架替費用	5,071.5 千円
維持補修費	
・床版更新	1,498.4 千円 / 40 年
・床版部分補修	299.7 千円 / 最初の 20 年
・桁塗装	410.4 千円 / 10 年
・支承取替	338.7 千円 / 30 年
・伸縮装置取替	136.8 千円 / 10 年
・定期点検	32.5 千円 / 10 年

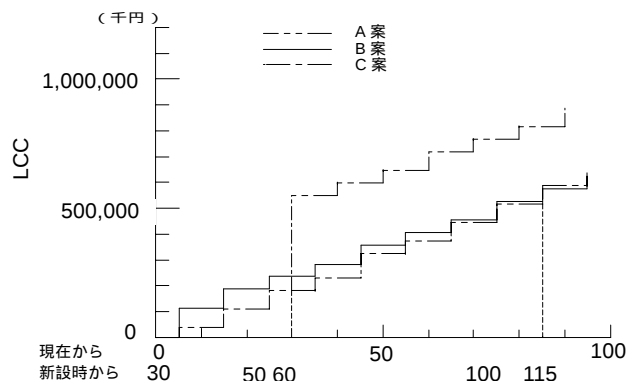


図-1. LCC の比較

キーワード：橋梁、維持管理、ライフサイクルコスト、劣化予測、経済性評価

連絡先：〒065-0025 札幌市東区北 25 条東 12 丁目（帝国ビル）、e-mail: teikoku@coral.ocn.ne.jp

3. LCC 算出上の問題点と将来展望

以上から、橋梁の維持管理の戦略決定に対して、LCCA が有効なツールとなり得ることがわかる。しかし、同時に、解析で用いられる設定値が多分に不確実性を含んでいることもわかる。この不確実性は、将来予測が必要な入力値に対して、実用的な予測手法が未開発であるがゆえに、ある仮定の下で経験という主観的な判断に基づいて予測しなければならないことに起因している。結果的に、この不確実性から派生する曖昧さが LCCA の解析結果が場合によっては懐疑的に取られる要因となっている。

本解析を通しての具体的な不確実性は、LCC を算出する対象期間、各部材の架替え周期や補修・

補強時期、諸経費の見積もりがあげられる。に関しては、劣化予測がキーとなる。や割引率等の入力値に関しては、参考文献 2)において、不確実性が解析結果に及ぼす影響についての数値検討が既に行われている。これ以外の不確実性に関しては、一般論として、補修・補強の効果とその後の劣化過程や地震等の突発的要因が LCCA に及ぼす影響を指摘されることがあるが、前段である劣化予測の解決が先決である。

また、LCCA の展望として、橋梁の社会基盤施設としての役割を考慮すると、利用者に与える影響を無視することはできず、ユーザーコストを含めた便益や損失を定量的に評価していく必要がある。さらに、社会全体の視点から事業の可否を評価する経済性評価システムの確立と、そのために要求される事項を網羅した戦略的データベースの構築も急務課題である。

3-1. 劣化予測：上述の不確実性要因の中でも各部材の架替え周期や補修・補強の時期、すなわち資本の投資時期の決定は LCCA の根幹となる部分である。それだけに、これらに関しては事業者側に対してだけでなく、利用者側に対しても納得のいく定量的な説明をすることが橋梁技術者に課せられる使命であろう。以下には現在の取り組みの概略を示す。

各部材の劣化予測のためには、着目した部材に対する全検査結果から同一の環境条件下にあるものを抽出し、まず平均の劣化曲線を算出する。このとき、検査結果の評価である「健全度」は定量的でなければならない。全体の劣化傾向を把握した上で、健全度の分布に過去の検査履歴を反映した形で個別の構造物の劣化曲線を作成し、予測を行う。手法は確率論とすることで、不確実性に起因する予測誤差の範囲を信頼区間として定量化することができる。なお、第三、四著者らは確率論を軸にした劣化予測手法を構築しており、詳細と具体的な事例は、当日の講演と参考文献 3)を参照されたい。

3-2. 橋梁の経済性評価システム：橋梁の経済性評価のひとつには、適切な補修・補強といった投資による延命化がどのくらいの事業収益を上げるかを計ることが考えられる。図-2 は、提案する会計学的なアプローチによる経済性評価の概念である。

橋梁の資産価値は、保有性能診断により評価され、バランスシート (B/S) 上に見積もられる。延命化による資産価値の増加は B/S の累計によって算出される。また、単年度の事業収益は、劣化予測に基づいて諸経費を見積もり、損益計算書 (P/L) において計上される。

P/L 上では図に示すように、LCCA で一般的に考えられる経費は明確に支出となる。一方、ユーザーコストのうちの通行料は収入として区分される。しかし、その他のユーザーコスト、例えば迂回による利用者の遅延⁴⁾等は、いずれに含めるべきか、またユーザーコストをどう定義付けするべきかがさらなる課題である。

4. 結論

本研究では、LCC の試算を通し、現行の LCCA における問題点を抽出し、それを解決するための方向性と課題を示した。1) 目視検査結果を基に鋼橋の今後 100 年間の維持管理戦略を LCC により比較・検討した。2) 合理的な LCCA を実現するためのキーとして劣化予測をあげ、その取り組みを示した。3) 社会全体から見た橋梁の維持管理事業の収益性を評価することを目指した経済性評価システムの概要と課題を示した。

【参考文献】1)建設省土木研究所：土木技術資料 38-9, 1996, 2)貝戸, 阿部, 公門, 藤野：ストック価値を考慮したトータルコスト最小化に基づく橋梁マネジメント, 構造工学論文集, Vol.47A, pp.991-998, 2001.3, 3)貝戸, 阿部, 藤野：劣化速度に着目した構造物の劣化予測, 第 57 回年次学術講演会 (予定), 4) 杉本, 首藤, 後藤, 渡辺, 田村：北海道の橋梁のユーザーコストの定量化の試みとその利用について, 土木学会論文集, Vol.682/I-56, pp.347-357, 2001.7

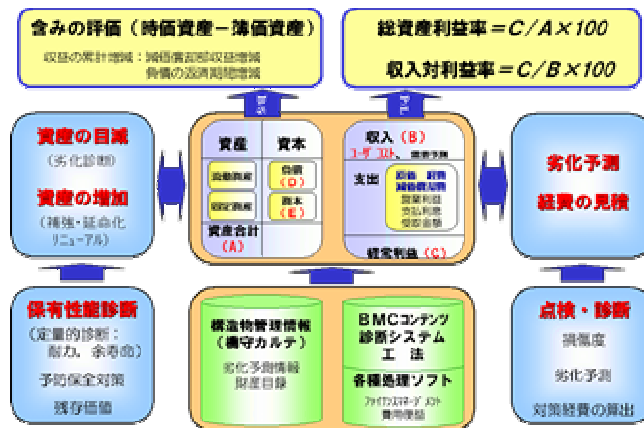


図-2 橋梁の経済性評価システムの概要