

鋼橋のライフサイクルコスト算出における一考察

A consideration on life cycle cost analysis of steel bridges

(株)帝国設計事務所 ○正 員 坂田浩一 (Kouichi Sakata)
(株)BMC 正 員 阿部允 (Makoto Abe)
東京大学 正 員 貝戸清之 (Kiyoyuki Kaito)
北海学園大学 正 員 杉本博之 (Hiroyuki Sugimoto)

1. はじめに

橋梁の維持管理マネジメントの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。一方で、様々な不確実性が解析結果に与える影響が大きいことからその信憑性がいまひとつ低いのも事実である。そこで、本研究では、はじめに、供用開始後 30 年経過した鋼橋に着目して、目視検査を基に建設省の技術資料¹⁾に従って、数案のライフサイクルコストを算出し、比較した。その結果を踏まえ、現行の LCCA の問題点を抽出して改善案をあげることで、橋梁に対する LCCA の将来の方向性と課題を示した。

2. ライフサイクルコストの算出例

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 年の遠望目視検査の結果、主桁中間補剛材上部溶接箇所にて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、実橋測定による鋼桁の耐力と疲労の見地からの余寿命推定及びコンクリート床版の各種破壊試験を行った。その結果、鋼桁部分においては、①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、②T-25 に対しては耐力がある、③中間補鋼材以外の余寿命は疲労の観点から 100 年以上であると診断した。また、床版コンクリートは床版端部の一部亀裂を除き大部分がひびわれ幅 0.2mm 以下であり、圧縮強度、中性化、塩分、アルカリ骨材反応などについては特に規制値と比較してたいして問題はなかった。このため緊急的に床版コンクリート全面を補修補強する必要はないと判断した。

2.2. 経費の見積もり

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を基に橋長、幅員を補正して設定した。

2.3. ライフサイクルコストの算出

ライフサイクルコストの算出に際して、橋梁の寿命を何年にするのが重要となる。建設省の LCC 試算条件では橋梁の平均寿命は新設時から約 60 年と仮定しているが、本橋では、実橋測定の結果より鋼桁部分は中間補剛材を補強することで 100 年以上の余寿命があると判定されている。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の想定耐用年数などから橋梁の寿命を 100 年とするのが妥当と考えた。

床版コンクリート部分の寿命については、昭和 39 の道路橋示方書の中で、床版の打ち換え年数は 30～35 年程度とされている。したがって、現在の床版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。

支承、塗装、伸縮装置、定期点検などの費用は、試算条件の年数と単価より算出した。なお、本解析において割引率やユーザーコストは考慮していない。

本 LCCA では、具体的に次の 3 案を検討対象とした。
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案が有利であるとの試算結果が得られた。

表-1 新設、架替、維持補修費用単価

標準形式（非合成鋼桁）	
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

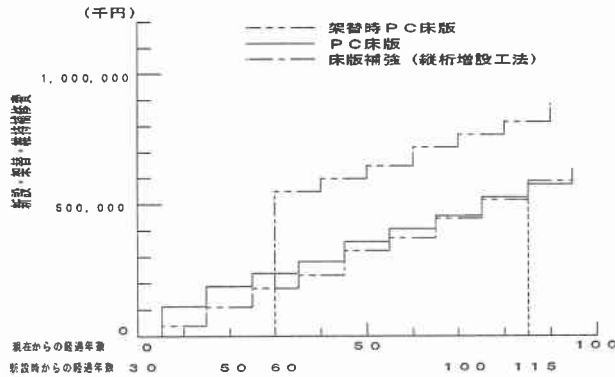


図-1 LCC 比較

3. ライフサイクルコスト算出上の問題点と将来展望

以上から、橋梁の維持管理マネジメントの戦略決定に対して、LCCA が有効な判断材料となり得ることがわかる。しかし、一方、解析で用いられる入力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ために、ある仮定の下で経験という主観的な手法によっ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。

具体的には、主に①各部材の架け替えサイクル、②割引率（今解析では検討外）、③諸経費の見積もりにおける不確実性があげられる。①に関しては、そのサイクルは構造的には劣化状況に支配されるので劣化予測手法を次節で提案する。②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をすでに行っている。③に関しては、①の予測結果に大きく依存する項目であるため割愛する。

また、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することも重要である。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、そのために必要となる事項を網羅した戦略的データベースの構築も急務の課題である。

3.1 劣化予測

上述の不確実性のなかでも各部材の架け替えサイクルや補修・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本来課せられるべき使命である。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の中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、検査結果の劣化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、全ての劣化度の分布と過去の検査履歴を反映した形で個別の部材の劣化曲線を作成し、予測を行う。手法は確率論的とし、不確実性に起因する予測誤差の範囲を定量化する。

また、つぎの点に関しても留意する必要がある。劣化度の頻度に偏りが見られる場合には、その信頼性を明示する。予測結果は、検査が実施される度に修正が可能な更新型とする。さらに、予測結果が検査やデータベースの項目の絞り込みにフィードバックできるシステムとする。

なお、著者らは現在確率論を軸にした劣化予測手法を構築中であり、講演会当日には適用事例を報告する予定である。



図-2 橋梁の経済性評価システムの概要

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³⁾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 の試算を行い、現行の LCCA における問題点を抽出し、それを克服するための手法の方向性とさらなる課題を示した。

- 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 を実現するために、劣化予測を挙げ、その方向性と取り組みを考察した。
- 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) 杉本博之他：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