

UC を考慮した橋梁の LCC に対する供用年数と割引率の関係

北海学園大学 正会員 杉本 博之 北海道 正会員 首藤 諭 北武コンサルタント(株) 正会員 渡辺 忠明
北海学園大学 学生員 後藤 晃 室蘭工業大学 正会員 田村 亨

1. まえがき 公共事業投資に関する予算は近年削減される傾向にある。そのため、より効率的で効果の高い維持補修計画を立てることが必要であるが、長期の供用期間(ライフサイクル)を考えた維持補修戦略を考えることで予算の削減ができると考えられている。橋梁のライフサイクルコスト(LCC)には、初期コスト、維持管理コスト、解体・撤去費などがある。これらは定量化することは可能であり予算に直接かかわってくる指標である。その他の指標に、橋梁が使用不可能な場合に利用者が負担するコストであるユーザーコスト(UC)がある。UC を考慮した LCC 計算は、設計の選択に変更を及ぼすほど大きな影響があることが示されている¹⁾。本研究は UC を考慮した LCC 計算を行い、供用期間を変化させることにより、設計の選択にどのような影響を及ぼすかを検討する。また、供用期間中にかかるコストに割引率を考慮した結果も検討する。

2. 計算方法 定量的に算定し集計²⁾された北海道の橋梁の最頻値程度(25 万 unit/day)の UC を用い、支間 30 ~ 40m の RC 橋梁を対象として、性能設計を基本とする耐震構造設計の LCC 計算を行った。本研究は UC を考慮した LCC 計算および設計の意思決定における供用期間、割引率の影響の程度を検討するものである。構造物は、その供用期間中に、異なる規模の地震動の影響を数回受けることになる。そこで、中規模な L-1 地震動、大規模な L-2 地震動、およびこれらの中間の地震動として L-1.5 地震動の 3 つの地震動を考える³⁾。また、橋梁の供用期間を 50 年、100 年、200 年の 3 パターンを考慮した。そこで地震が発生する年度にかかったコストに割引率を考慮し、現在の価値に引き戻して LCC 計算を行っている。割引率は 0%、2%、5% の 3 ケースで影響を比較した。これらの基本的な条件のもとで、耐震性のレベルが異なる 3 種類の設計(低い初期コスト・低い耐震性、中程度の初期コスト・中程度の耐震性、高い初期コスト・高い耐震性)の LCC を計算し比較する。3 種類の設計は表 - 1 のように設計条件毎の性能と関連のコストが与えられている。3 種類の設計の初期コストは設計 1 が 1600 万 unit、設計 2 が 2300 万 unit、設計 3 が 4900 万 unit とした。つまり初期コストのみを考えれば、設計 1 が選択されることになる。各設計は、地震荷重に対する耐震性のレベルにより補修費が異なり、微小な被害であれば補修を行わずに供用できるが、大規模な被害を受けると維持補修に加え、支承の交換を含む非常に高価な補修費がかかる。また、それぞれの地震が発生した時点でそれぞれの耐震性のレベルに応じて通行止めの日数も異なっている。微小な被害であれば補修無しで供用できるが、中規模、大規模な被害となるとある程度の通行止めの日数がかかることとなり、この通行止めの日数に UC が考慮されることになる。耐震性の評価は 3 段階で考え、sp1、sp2、および sp3 とした。例えば、設計 2(中程度の初期コスト)では L-1.5 地震動に対しての耐震性能は sp2 で設計される。

計算に用いた地震荷重として 100 年間の対象期間に L-1 地震動が 5 回、L-1.5 地震動が 1 回、L-2 地震動が 1 回発生するように設定した。この値を用いてポアソン分布により、対象の供用期間でのそれぞれの地震の発生回数、発生年次に分布を与えた。また、初期コスト、補修コスト、UC、復旧日数なども本来は確率変数

表 - 1 耐震性能と補修コスト

設計	耐震性能			初期コスト ($\times 10^3$ unit)	補修コスト($\times 10^3$ unit)		
	L-1	L-1.5	L-2		sp1	sp2	sp3 + 支承の交換
1	2	3	3	16,000	0	458	844 + 13,000
2	1	2	3	23,000	0	607	1,082 + 13,000
3	1	1	1	49,000	0	864	1,412 + 13,000
				復旧日数	補修無し	7日間の 通行止め	30日間の 通行止め

キーワード ライフサイクルコスト、ユーザーコスト、割引率、供用期間

〒064-0926 札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 TEL(011)841-1161 FAX(011)551-2951

と考えられるため、平均値を表 - 1 の値を用い、標準偏差は平均値の 10% として正規分布を与えている。標準偏差は、5%、15%、20%、および 25% でも試みたが、得られた傾向は総て同じであったので、10% の結果を以下に紹介する。割引率を考慮した LCC は式(1)により計算される。IC は初期コスト、MC は補修コスト、UC はユーザーコスト、 i は割引率、 Y は地震発生年次を示している。

$$LCC = IC + \sum \left((MC + UC) \times \frac{1}{(1+i)^Y} \right) \dots (1)$$

3. 計算結果 以上の条件で 100 万ケース確率変数をランダムに発生させてモンテカルロシミュレーションを行った結果を集計した。この図は供用期間が図 - 1 は 50 年間、図 - 2 は 100 年間、図 - 3 は 200 年間のものであり、割引率が左から 0%、2%、5% の結果である。横軸に計算された LCC、縦軸に頻度をとったグラフである。設計 1 は黒の点線、設計 2 は灰色の実線、設計 3 は黒の実線で示している。

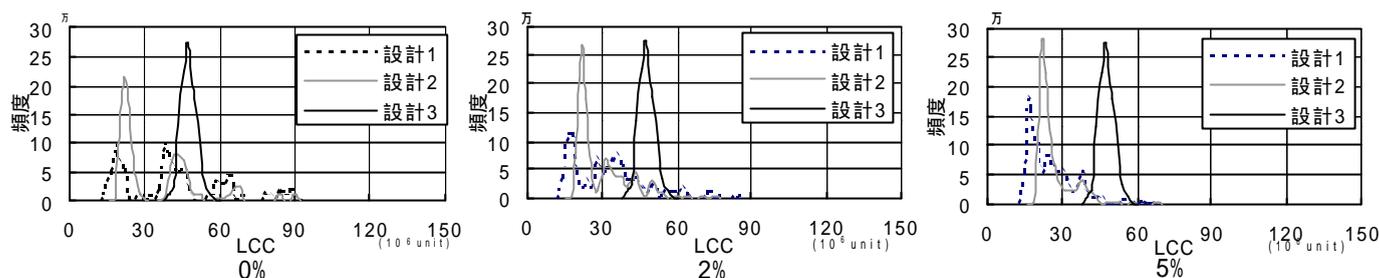


図 - 1 供用期間 50 年の LCC 結果

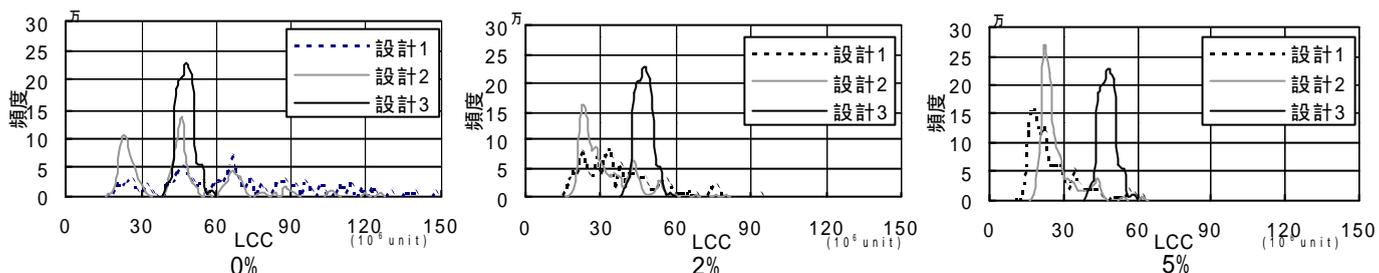


図 - 2 供用期間 100 年の LCC 結果

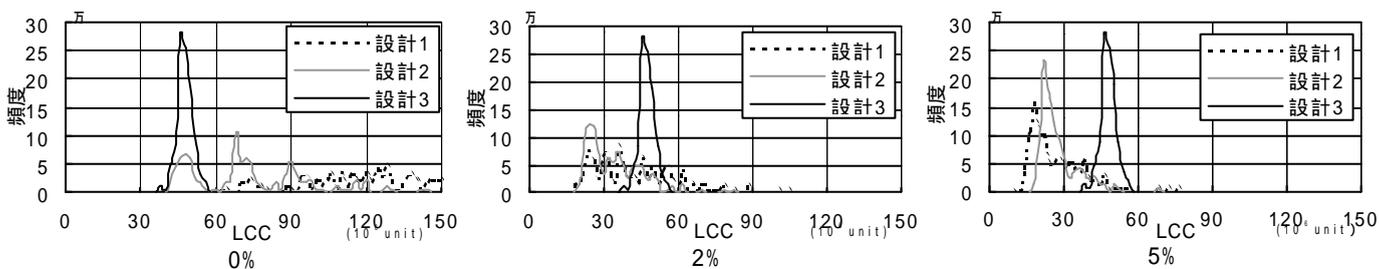


図 - 3 供用期間 200 年の LCC 結果

これらより、割引率が 0% (割引率を考慮しない) の場合、経済的となり選択される設計は、供用期間が 50 年とした場合で設計 2、供用期間が 100 年、200 年で設計 3 となる可能性が高いことがわかる。さらに割引率を考慮すると、どの供用期間の結果でも同様に、いくつかあった頻度の高いピークがひとつのピークに集中しており、初期コストが重視され設計 1 に選択が変更される。また、供用期間が 100 年と 200 年での割引率を考慮するとほぼ同様の結果となり、割引率を考慮した供用期間の違いによる変化は見られなかった。

4. あとがき 供用期間が短い、または割引率を考慮した場合、設計 1 または設計 2 が選択される可能性が高い。また、供用期間が 100 年または 200 年と長い場合、割引率を考慮しない場合は、耐震性の高い設計 3 の方が有利となる。どの程度の供用期間や割引率を設定するかは、初期の設計に影響を及ぼすことがわかる。

参考文献 1) 杉本・首藤・後藤・渡辺・田村:ユーザーコストを考慮する LCC と割引率の関係について,土木学会北海道支部論文報告集,第 57 号,pp.198-201,2001. 2) 杉本・後藤・首藤・渡辺・田村:北海道の橋梁のユーザーコストと BMS に関する一試み,土木学会北海道支部論文報告集,第 57 号,pp.194-197,2001. 3) 土木学会:コンクリート技術シリーズ コンクリート構造物の耐震性照査 - 検討課題と将来像 -,2000.