

塩害環境におけるコンクリート道路橋の ライフサイクルコストを考慮した最適な補修時期の検討

九州大学大学院 学生会員 白武 知浩 九州大学大学院 フェロー 松下 博通
関西大学 正会員 鶴田 浩章 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

1. はじめに

近年、コンクリート構造物における塩害などのコンクリート劣化により構造物の長期耐久性を損なう問題が顕在化してきており、構造物の維持管理の重要性に対する関心が高まっている。しかし、現在の構造物の維持管理は事後保全的であり、構造物の劣化が進んでから大規模な補修を行う場合と、劣化があまり進まない内に軽い補修を繰り返す場合のどちらのケースの方が最適な維持管理方法であるか、明らかになっていない。そこで、本研究では3ケースの維持管理方法を設定し、試算を行うことでライフサイクルコスト(LCC)の観点から、最適な補修時期の検討を行なった。

2. LCC の算定

本研究では、事業者コストのみを評価する LCC1 と、社会的損失を考慮した LCC2 を定義することとした。

$$LCC1 = I + \sum_{t=0}^T (C_i + C_r + R) \left(\frac{1}{1+r} \right)^t, \quad LCC2 = I + \sum_{t=0}^T (C_i + C_r + R + UC) \left(\frac{1}{1+r} \right)^t$$

I : 初期建設段階費用, C_i : 点検費用, C_r : 補修費用, R : 廃棄・更新段階費用

UC : 社会的損失, r : 割引率, t : 経過年数, T : LCC 評価期間

3. 試算条件

本研究では、LCC 試算の対象構造物として汀線から 100m 離れた位置に建設されるポストテンション方式 PC 単純 T 桁橋を設定し、耐力減少要因として塩害による劣化に着目した。検討項目として維持管理方法 3 ケースを設定し、LCC 評価期間 100 年における試算を行った。また、割引率については、基準割引率として 0%を設定し、割引率が LCC 試算に及ぼす影響を検討するために 4%を設定した。

4. 維持管理方法の設定

本研究で設定した維持管理方法を表-1 に示す。case1 は断面補修による延命を行わず、使用限界において更新を行なうと設定した。また、case2、case3 は共に桁の断面補修による延命を設定しているが、修復深さが異なっており、case2 は case3 に比べ大規模な補修を想定している。

5. 事業者コスト

本研究で設定した事業者コストを表-2 に示す。費用の表記に関しては、初期建設費用を 1 とした時の比(LCC 比)によって表すこととした。なお、初期建設費用は約 6 千万円であった。表中の補修・更新時期は過去の研究例¹⁾に従い、劣化を予想し、設定した。その際用いたパラメータを表-3 に示す。社会的損失については、case1, case2 にお

表-1 維持管理方法の設定

設定	維持管理方法
case1	鉄筋の腐食による橋の使用限界で更新(架替)
case2	鉄筋位置における塩化物イオン濃度が 1.2kg/m ³ で断面補修
case3	かぶりの1/2の位置における塩化物イオン濃度が 1.2kg/m ³ で断面補修

表-2 LCC 試算パラメータ

LCC試算ケース	case1	case2	case3
初期建設費用	1		
補修費用	-	0.69(33 [*])	0.28(10 [*])
更新費用	3(70 [*])	-	-
定期点検	0.015(5)		
詳細点検	0.02(補修・更新時)		
社会的損失	2.51(70 [*])	0.51(33 [*])	0

()中の数字はサイクル

^{*}は劣化予測により算定した値

表-3 劣化予測パラメータ

項目	数値	引用文献
設計かぶり	60(mm)	-
呼び強度	40(N/mm ²)	-
表面塩化物イオン濃度	4.5(kg/m ³)	2)
拡散係数(W/C=35%)	0.3485(cm ² /year)	2)
ひび割れ発生前の腐食速度	9(mg/cm ² /year)	3)
ひび割れ発生後の腐食速度	50(mg/cm ² /year)	3)
限界塩化物イオン濃度	1.2(kg/m ³)	2)
ひび割れ発生時鉄筋腐食量	10(mg/cm ²)	4)
要補修鉄筋断面減少率	50(%)	-

いて発生するものとし、case1 については建替え期間中通行止め、case2 については補修期間中片側通行と仮定した。また、case3 では通行止め等による社会的損失は発生しないと仮定した。

6. LCC 試算結果

図-1 に LCC 評価期間 100 年における LCC1 比の試算結果を、図-2 に LCC 評価期間 100 年における LCC2 比の試算結果を示す。まず、事業者コストのみを考慮した LCC1 結果に着目する。割引率 0% では、case2 が最も経済的となり、case1 と case3 では、LCC1 比が高くなる結果となった。これは、case1 では更新を行なう際に大きな費用がかかること、case3 では補修回数が多いため、1 回の補修費用は小さいが最終的には大きな補修費用がかかってしまうためと考えられる。次に割引率 4% での LCC1 比試算結果に着目すると、割引率 0% の時とは異なり、case1 が最も経済的となる結果となった。これは、更新時に発生する費用が割引率の影響を大きく受けるためと考えられる。また、割引率 4% においても、case3 は LCC1 比が高くなる結果となった。これにより、細かな補修であっても補修回数が多くなることは LCC を高くする場合があることが分かる。

また、社会的損失を考慮した LCC2 比による試算結果に着目すると、case3 が最も優位となる結果となった。これは、case3 では通行止め等による社会的損失が発生しないためであり、逆に case1 では更新時に発生する社会的損失が大きいために、経済性が大きく損なわれていることが分かる。

7. まとめ

以上より、補修規模が大きくなると補修費用の合計は減少し、逆に社会的損失は補修規模が大きくなるにつれて増加する。今後、補修計画は LCC で評価することが求められる。ここで、LCC は、図-3 に示すように社会的損失と補修費の和で表され、最小値を持つような値になると考えられる。このように LCC が最小となるような補修規模、あるいは補修時期を定める必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 相原康平ほか：塩害環境下におけるコンクリート道路橋の LCC 評価に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vo.26，No.2，pp.1783-1788，2004.6
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書〔施工編〕，2002
- 3) 高橋稔明ほか：塩害環境下における RC 構造物の LCC 算定と補修工法選定システムの開発，コンクリート工学年次論文集，Vo.16，No.3，pp.21-29，2005.9
- 4) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書，1998.10

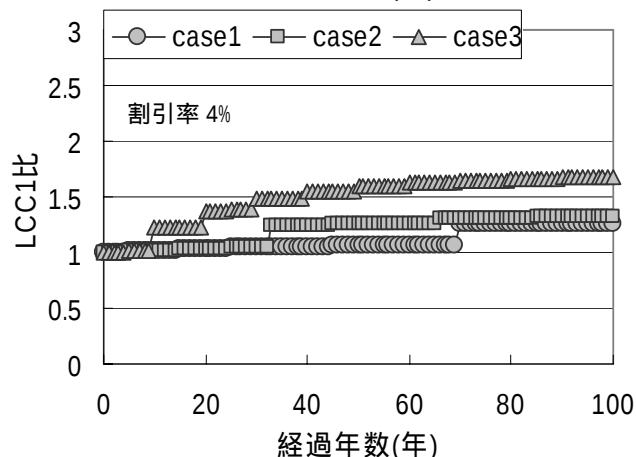
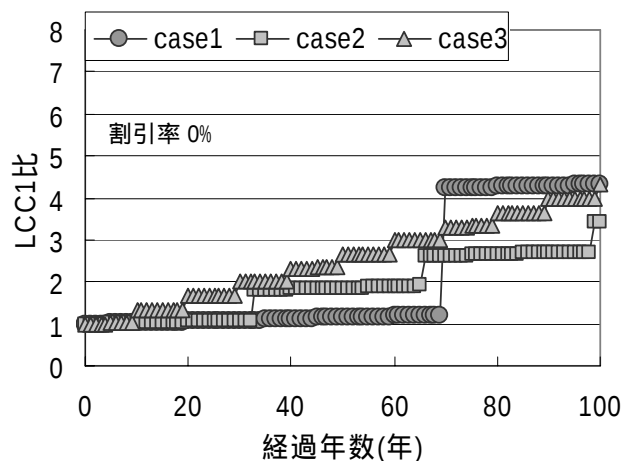


図-1 LCC 評価期間 100 年における LCC1 比

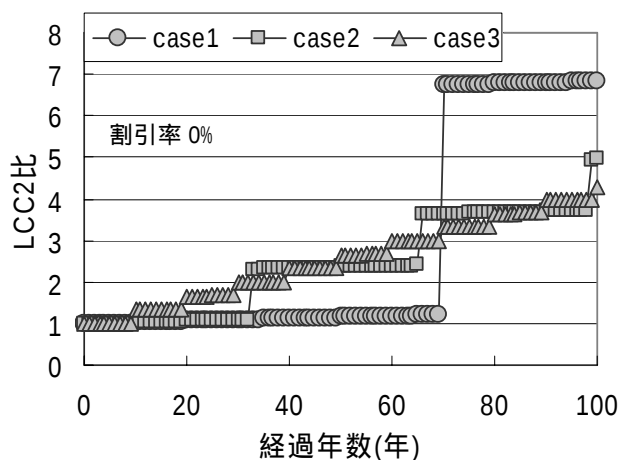


図-2 LCC 評価期間 100 年における LCC2 比

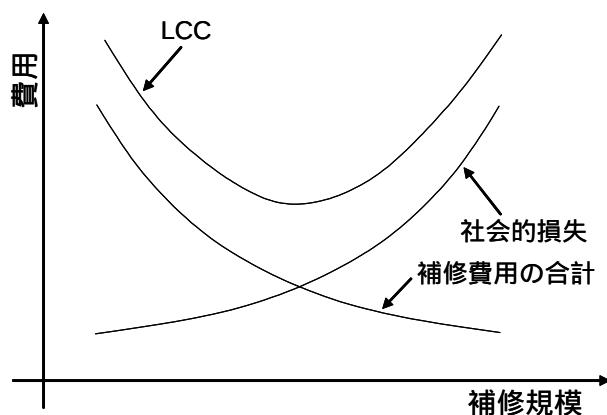


図-3 補修規模と費用の概念図