

塩害環境下におけるコンクリート道路橋のLCC評価に関する一検討

○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
九州大学大学院 正会員 鶴田 浩章 九州大学大学院 学生会員 相原 康平

1. はじめに

社会資本ストックが多く蓄積された現状において、アセットマネジメントの導入など、建設マネジメントは変革の時期を迎えており、その中で、社会基盤施設へのライフサイクルコスト(LCC)評価が注目されている。本研究では、現状において、信頼あるデータの不足によるLCC評価の不確実性を考慮し、資金調達のためのアカウントビリティを果たすという観点から、塩害環境下におけるコンクリート道路橋を対象に、LCC試算ケースとして6水準を設け、LCC試算を行うことにより比較、検討を行った。

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。

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

I : 初期建設段階費用, C_i : 点検費用, C_r : 補修費用, UC : 社会的損失, r : 割引率,
 t : 経過年数, T : LCC評価期間

なお、廃棄、更新段階費用において、構造物の寿命に関しては諸説があり、その中で物理的寿命に着目すれば、実際には補修や補強により延命できるケースがほとんどであることを考慮し、本研究では、廃棄、更新段階における費用は考慮しないこととした。

3. LCC試算ケース

本研究では、LCC試算を行うに当たり、表-1に示すLCC試算ケースを設定し、比較、検討を行った。また、割引率については民間投資の実質利子率を採用することとした。その結果として2.88%が得られたが、現状において公共投資の削減に伴う物価の減少が予想されることから、高めの割引率を設定する必要があると考えられ、そのため4%を採用した。

4. コンクリート断面補修時期算定

まず、塩分の浸透を拡散現象とみなし、鋼材発錆時期を、Fickの拡散方程式に準じて算定した。次に鋼材腐食進行予測を図-1に示すモデルのように仮定し、要補修鋼材腐食量に到達するまでの期間を算定することにより、コンクリート断面補修時期を算定した。また、補修後、コンクリートに浸透した塩化物イオンを完全に除去することは困難であるので、再劣化を考慮している。ここで、解析に必要なパラメータを表-2に示し、これら

表-2 コンクリート断面補修時期算定パラメータ

項目	平均値	標準偏差	確率分布	項目	平均値	標準偏差	確率分布
コンクリート表面の想定塩化物イオン濃度 C_0 (kg/m ³)	4.5	0.5	正規分布	エポキシ樹脂の見掛けの拡散係数 D_{eq} (cm ² /year)	2.0×10^{-6}	6.7×10^{-7}	対数正規分布
かぶりの期待値 c (mm)	60	3	正規分布	進展期に相当する腐食速度 $k1$ (mg/cm ² /year)	2	0.67	対数正規分布
表面被覆工のコンクリート相当かぶり厚さ期待値 c_c (mm)	20	2	正規分布	加速期前期に相当する腐食速度 $k2$ (mg/cm ² /year)	12.4	4.13	対数正規分布
エポキシ樹脂塗膜厚さの期待値 c_{ep} (mm)	0.22	0.02	正規分布	軸方向ひび割れ発生時鋼材腐食量 X (mg/cm ²)	10	0.67	正規分布
コンクリートの見掛けの拡散係数 D_a (cm ² /year) (LCC評価期間50年)	0.449	0.150	対数正規分布	要補修鋼材断面減少率 Y (%)	10		
コンクリートの見掛けの拡散係数 D_a (cm ² /year) (LCC評価期間100年)	0.398	0.133	対数正規分布	再劣化係数 α	0.9	0.02	正規分布

表-1 LCC試算ケース

ケース	初期設定	試算年数
1-50	無対策	50年
2-50	コンクリート表面被覆	
3-50	エポキシ樹脂塗装鉄筋	
1-100	無対策	100年
2-100	コンクリート表面被覆	
3-100	エポキシ樹脂塗装鉄筋	

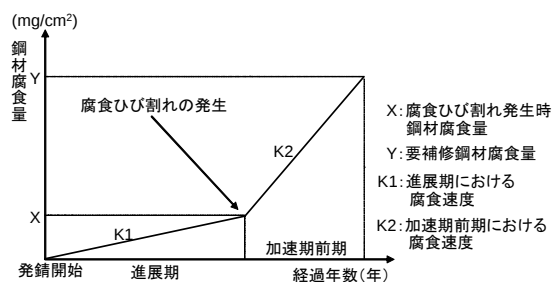


図-1 鋼材腐食進行予測モデル

表-3 補修発生回数の確率

補修回数	LCC試算ケース					
	1-50	2-50	3-50	1-100	2-100	3-100
	確率					
0	0.087	0.503	1.000	0.022	0.094	0.835
1	0.753	0.497	0.000	0.362	0.886	0.165
2	0.159	0.000	0.000	0.516	0.020	0.000
3	0.002	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000

キーワード: LCC, 社会的損失, 割引率, LCC評価期間

連絡先: 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL092-641-3131 内線 8654 FAX: 092-642-3271

の数値を用いた解析結果として、表-3に補修が行われる回数とその確率を示す。これより、初期設定3の場合が最も耐久性に優れ、試算年数50年の場合では、補修を一度も必要としない結果となった。しかし、初期設定1の場合においても、補修を一度も必要としない可能性があるという結果となった。

5. LCC 試算パラメータ

表-4、表-5にLCC試算に必要なパラメータを示す。なお、LCCの費用に関しては、1-50における初期建設段階費用を1としたときの比によって表した。

6. LCC 試算結果

図-2に試算年数50、100年におけるLCC1の試算結果を、図-3に試算年数50、100年におけるLCC2の試算結果を示す。但し、横軸にLCC評価期間到達時におけるLCCを、縦軸にそのLCCが生じる確率について示している。まず、事業者コストのみを考慮したLCC1による試算結果に着目すると、LCC評価期間に関わらず、初期設定1、2の発生確率のピークが、初期設定3が示すピークよりも左側にあり、初期設定1、2の方が経済的となることが明らかとなった。このことは、初期設定3の初期建設段階費用が最も高いこと、及び初期設定1、2において発生するコンクリート断面補修費用が、割引率の影響を大きく受けるためと考えられる。また、初期設定1は分布のばらつきが最も大きく、全てのケースにおいて最も経済的となる可能性があり、その傾向はLCC評価期間が短いほど顕著となる一方で、全てのケースにおいて最もLCC1が高くなってしまう可能性もあることが明らかとなった。このことを考慮し、初期設定1、2を比較すれば、初期設定1はLCC評価期間50年においては、初期設定2よりもLCC1が高くなる可能性は低く、そのリスクは保有できるものと考えられる。しかし、LCC評価期間100年においては、初期設定2よりもLCC1が高くなる可能性が高く、そのリスクの保有は認められないものと考えられる。

また、社会的損失を考慮したLCC2による試算結果に着目すると、LCC評価期間に関わらず、初期設定3が最も優位となる結果となった。これは、本研究による設定においては、社会的損失が顕著に現れるため、コンクリート断面補修に伴う損失が著しく大きくなってしまったためであると考えられる。

7. 結論

- (1) 社会的損失の影響が小さい場合、LCC評価期間が短期に設定される状況においては初期設定1が、長期に設定される状況においては初期設定2が優位となる。
- (2) 初期設定3は、初期建設段階費用は大幅に割高となるが、著しく耐久性が向上するため、社会的損失の影響が大きい状況において優位となる。

【参考文献】1) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編：道路投資の評価に関する指針(案)。(財)日本総合研究所，1998

表-4 LCC 試算パラメータ (1)

項目	1-50	2-50	3-50	1-100	2-100	3-100
初期建設段階費用	1.00	1.07	1.23	1.11	1.16	1.26
断面補修費用	0.58	0.60	-	0.63	0.65	0.73
断面補修工期(日)	28	30	-	28	30	40

表-5 LCC 試算パラメータ (2)

項目	費用	工期(日)	サイクル(年)
点検	定期点検	0.020	-
	詳細点検	0.030	-
付属物補修	支承工	0.096	5
	伸縮装置工	0.067	3
	防水工	0.007	2
	舗装工	0.023	4
	高欄塗装工	0.002	-
	表面被覆塗り替え	0.027	2

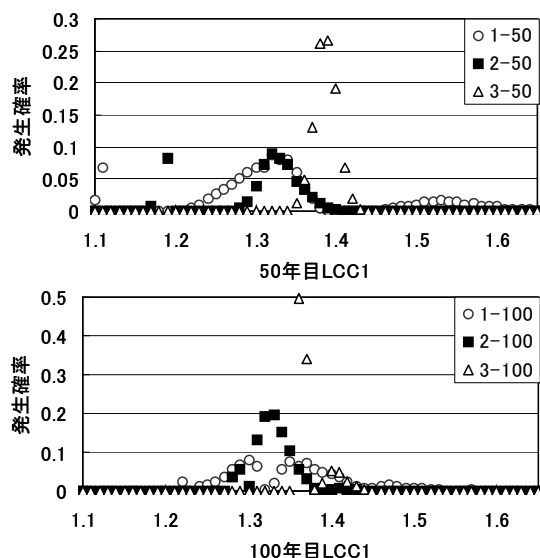


図-2 各試算年数におけるLCC1結果

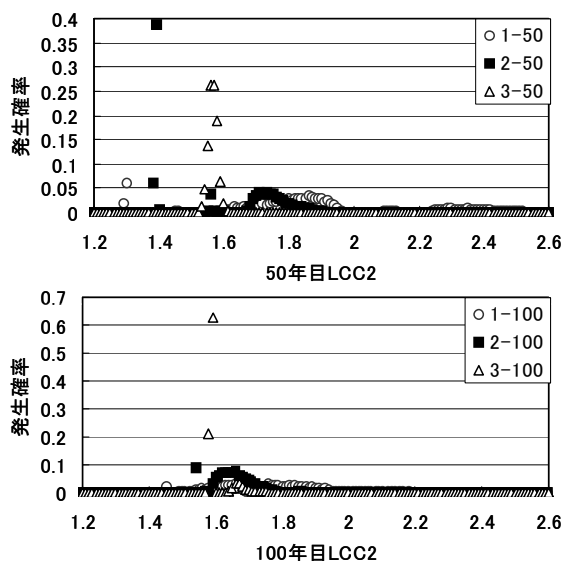


図-3 各試算年数におけるLCC2結果