

コンクリート構造物の LCC 評価による予防保全の有意性に関する検討

九州大学大学院 学生会員 山上 裕也
九州大学大学院 正会員 鶴田 浩章

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 佐川 康貴

1. はじめに

現在、我が国において機能している土木構造物の多くは高度経済成長期に集中して建設されており、今後の維持管理負担の増大が懸念されている。これに対処するため、土木構造物への LCC 評価導入の検討が進められており、現在、LCC を最小化する手法として「予防保全」による維持管理手法が注目されている。本研究は、ケーススタディとして塩害環境下におけるコンクリート道路橋を対象とし、「予防保全」、及び現状において一般的な維持管理手法である「事後保全」における維持管理設定を行い、LCC 試算を行うことにより、「予防保全」の有意性について検討を行うことを目的とするものである。

2. LCC 試算ケース

本研究では、予防保全の有意性について検討を行うに当たり、表-1 に示す LCC 試算ケースを設定し、比較、検討を行った。検討項目として、試算年数を 50, 100 年の 2 水準、及び割引率を 0, 4% の 2 水準と設定し、それぞれの影響度について検討を行うこととした。

3. 塩害に対する補修方法の設定

LCC 試算を行う際には、塩害に対する劣化予測を行い、それによって補修計画を設定する必要がある。

まず、塩害に対する劣化予測について、本研究では、図-1 のような鋼材腐食モデルを設定した。鋼材腐食が開始するまでは Fick の拡散方程式に従うものとし、鋼材発錆開始後は、鋼材腐食モデルとして腐食速度を一定としたパイリニアモデルを仮定した。また、予防保全による維持管理手法に対する補修計画では、鋼材腐食が開始する時点でコンクリート断面補修を実施するものとし、事後保全による維持管理手法としては、鋼材の断面減少率が 10% に到達した時点でコンクリート断面補修を実施するものとした。但し、試算年数 50, 100 年の場合における水セメントをそれぞれ 40, 35% とした。

本研究では、塩害に対する劣化予測に関して確率的手法により、ばらつきを考慮した劣化予測を行っており、表-2 に示す解析パラメータを設定し、モンテカルロ手法により各確率変量に対し 5000 のデータを発生させ、解析を行った。

4. LCC 試算パラメータの設定

ここに、前記した解析条件によるコンクリート断面補修時期の解析結果を図-2 に示す。これにより、予防保全

表-1 LCC 試算ケース

LCC試算 ケース	維持管理 手法	試算年数	割引率
A-50	予防保全	50年	0, 4%
B-50	事後保全		
A-100	予防保全	100年	
B-100	事後保全		

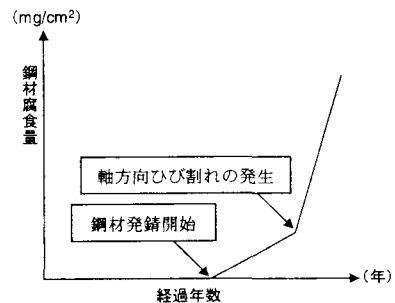


図-1 鋼材腐食モデル

表-2 拡散予測パラメータ

項目	平均値	標準偏差	確率分布
表面塩化物イオン濃度 (kg/m³)	4.5	0.5	正規分布
かぶりの期待値 (mm)	60	3	正規分布
コンクリート拡散係数 (cm²/year) (試算年数50年)	0.449	0.150	対数正規分布
コンクリート拡散係数 (cm²/year) (試算年数100年)	0.398	0.133	対数正規分布
軸方向ひび割れ発生時鋼材腐食量 (mg/cm²)	10	0.67	正規分布
腐食速度1 (mg/cm²/year)	2	0.67	対数正規分布
腐食速度2 (mg/cm²/year)	12.4	4.13	対数正規分布

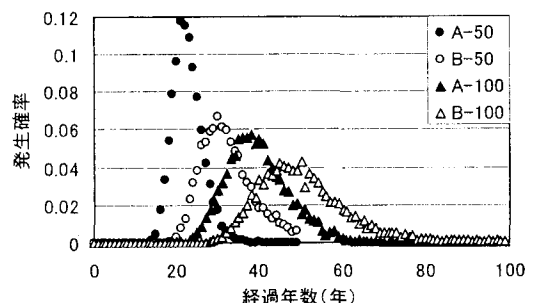


図-2 補修時期解析結果

による維持管理手法の方が補修発生時期は早くなるが、ばらつきは小さくなるという結果が得られた。また、本研究では、コンクリート断面補修時期以外の LCC 試算パラメータとして、表-3 に示す数値を用いて試算を行っており、その際、各段階に生じる費用として、試算年数 50 年における初期建設費用を 1 とする LCCpt として表した。

5. LCC 試算結果

ここに、各 LCC 試算ケースにおける試算結果として、図-3、図-4 に試算年数 50 年での割引率 0%, 及び割引率 4% における LCC 試算結果を、また、図-5、図-6 に試算年数 100 年での割引率 0%, 及び割引率 4% における LCC 試算結果を示す。これらにより、予防保全による維持管理手法には、LCC 試算結果のばらつきを抑える効果があることが分かったが、その一方で、割引率を考慮することにより、その有意性は減少することが分かった。このことは、上記したコンクリート断面補修時期の解析結果を反映しているが、割引率により、供用中に発生する費用の LCC 試算結果に及ぼす影響度が減少するためであると考えられる。

また、LCC 試算結果は分布が左に寄っているほど経済的であると言え、このことから、割引率を考慮することにより、事後保全による維持管理手法の方が経済的となるという結果が得られ、また、割引率 0% での LCC 試算結果においても、試算年数 50 年では、事後保全による維持管理手法の方が経済的となる結果となった。このことは、事後保全による維持管理手法の方が大規模補修となることにより、一回の補修費用は掛かるが、補修時期を先送りするため、割引率の影響を大きく受けるためであり、また、試算年数が短い場合には、その間に期待される補修発生確率が小さくなるためであると考えられる。つまり、予防保全による維持管理手法に有意性を見出すためには、割引率を小さく設定できる経済環境にあり、かつ、予定供用期間を長く設定するような場合のみであると考えられる。

6. まとめ

ここに、本研究により得られた知見をまとめる。

- ① 予防保全による維持管理手法は、LCC 結果のばらつきを抑える効果がある。
- ② 予防保全による維持管理手法は、割引率を小さく設定できる経済環境、かつ、予定供用期間を長く設定する場合に有意となる。

【参考文献】

- 1) ミニマムメンテナンス PC 橋の開発に関する共同研究報告書、国土交通省土木研究所ほか、2000. 3

表-3 LCC 試算パラメータ

段階	詳細	LCCpt	サイクル
初期建設段階	企画, 設計, 建設費の総和	1.00(50年)	1.11(100年)
維持管理段階	定期点検		
	予防保全	0.015	5
	事後保全	0.020	10
	支承工	0.096	50
	伸縮装置工	0.067	30
	防水工	0.007	20
	舗装工	0.023	20
	高欄塗装工	0.002	10
	コンクリート断面補修		
	予防保全	0.456	図-2
	事後保全	0.581	図-2

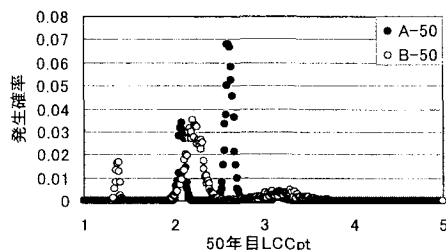


図-3 試算年数 50 年, 割引率 0% での LCC 試算結果

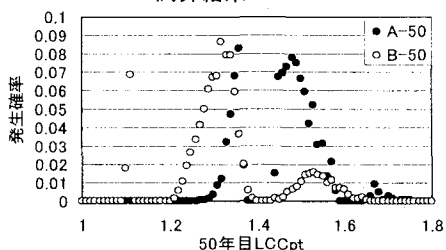


図-4 試算年数 50 年, 割引率 4% での LCC 試算結果

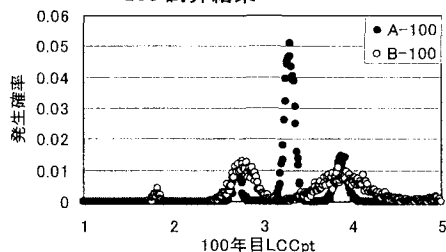


図-5 試算年数 100 年, 割引率 0% での LCC 試算結果

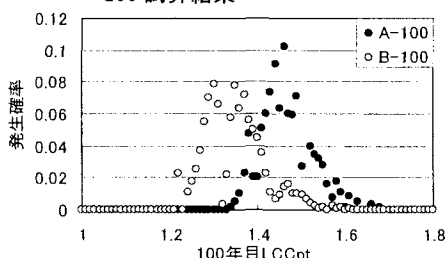


図-6 試算年数 100 年, 割引率 4% での LCC 試算結果