

コンクリート構造物におけるLCCとLCCO<sub>2</sub>の統合化に関する一考察

早稲田大学大学院 学生会員 ○山形 麻弓  
 大成建設株式会社 伊澤 允智  
 早稲田大学 フェロー 関 博

## 1. はじめに

建設投資の動向と社会基盤施設における維持管理の重要性から、社会基盤施設の合理的なコスト管理を実現するため、LCCで構造物の経済性を評価する動きがある。一方で、京都議定書の発効により温室効果ガス削減の動きが強まっており、コストだけでなく環境影響も考慮して構造物の設計や維持管理を実施すべきと考えられる。

本研究では、温暖化ガスの中で比較的数字の整っているCO<sub>2</sub>に着目し、PC構造物のライフサイクルにおけるコスト（以下、LCC）とCO<sub>2</sub>排出量（以下、LCCO<sub>2</sub>）の双方を統合的に評価する手法について検討した。

2. LCCおよびLCCO<sub>2</sub>の算定

建設段階、維持管理段階、解体段階におけるLCCおよびLCCO<sub>2</sub>を算定した。算定には以下の式を用いた。なお、本文では各補修工法の適用時期にそれぞれ補修を行うとし、LCCを算定する際には割引率を4%とした。

$$LCC=I+M+R$$

ここに、I：初期建設費用、M：維持管理・補修費用、  
R：解体・撤去費用

$$LCCO_2=CO_2(I)+CO_2(M)+CO_2(R)$$

ここに、CO<sub>2(I)</sub>：初期CO<sub>2</sub>排出量、CO<sub>2(M)</sub>：維持管理・補修によるCO<sub>2</sub>排出量、CO<sub>2(R)</sub>：解体・廃棄によるCO<sub>2</sub>排出量

3. LCCおよびLCCO<sub>2</sub>の統合化

コストと環境負荷を統合的に評価するため、環境効率手法、統合評価手法、環境税によるCO<sub>2</sub>の貨幣価値換算を行いコストと環境負荷を統合化することを試みた。

## i) 環境効率指標を考慮した方法

環境指標は次式<sup>1)</sup>で表される。

$$\text{環境効率} = \text{付加価値} / \text{環境負荷}$$

本研究では付加価値として、LCC算定値、環境負荷としてLCCO<sub>2</sub>算定値を考えることにした。

## ii) 総合落札方式を考慮した方法

基本的な評価方法は、入札者から提示された性能等の「価格以外の要素」を得点として評価し、性能の向上に応じた必要コストを考慮し、得点とコストの比（以下、評価値）を用いて提案の優劣を評価するものであり、評価値は次式<sup>1)</sup>で表される。

$$\text{評価値} = \text{得点} / \text{コスト}$$

本研究では、得点つまり性能がLCCとLCCO<sub>2</sub>で評価できると仮定し、次式で評価値を算定することとした。

$$\text{評価値} = \frac{1}{LCC \cdot LCCO_2 \cdot \text{初期コスト}}$$

## iii) 環境税を考慮した方法

環境省から環境税として2400円/炭素トンの値が提案されている。今回、この値を用いて二酸化炭素排出量をコスト化し、LCCとLCCO<sub>2</sub>を統合化することとした。すなわち次式を考えた。

$$\text{合成COST} = LCC(\text{円}) + LCCO_2(\text{t-CO}_2) \times 655(\text{円/t-CO}_2)$$

## 4. PC 栈橋におけるケーススタディ

## 4.1 対象構造物

神奈川県某港におけるPC栈橋上部工を対象構造物とした。初期費用は2.7億円、解体・撤去にかかる費用は1.3億円、供用期間は100年とした。

## 4.2 補修工法の設定

本文では、補修工法または予防措置として、①表面被覆工法、②断面修復工法、③電気防食工法、④建替を考える。各工法は文献<sup>2)</sup>を参考にして、以下のように設定した。

①表面被覆工法：被膜の厚さは1000μm、建設時に施工し、その後10年ごとに塗り替えを行う。

②断面修復工法：劣化予測を行い、供用開始後、鉄筋近傍の塩化物イオン濃度が2.0kg/m<sup>3</sup>に達した時点で補修を行う。

③電気防食工法：建設時に装置を設置し、25年ごとにシステム更新、50年後に電極の更新を行う。

キーワード ライフサイクルコスト、ライフサイクルCO<sub>2</sub>、統合化

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館1609室 早稲田大学理工学部社会環境工学科関研究室

表1 各工法によるコストとCO<sub>2</sub>排出量

	表面被覆 工法	断面修復 工法	電気防食工法				建替
			初期	システム更新	電極更新	運転費	
単位面積あたり	コスト(円)	17,500	118,200	120,000	20,000	100,000	600(/年)
	CO <sub>2</sub> (t)	9	343	68	4	64	0.37(/年)
構造物全体	コスト(億円)	0.31	2.1	2.1	0.35	1.8	1.1(100年)
	CO <sub>2</sub> (t)	16	605	83	7	83	9.7(100年)

④建替:鉄筋近傍における塩化物イオン濃度が2.0kg/m<sup>3</sup>を達した時点で建替を行う。

4.3 LCCおよびLCCO<sub>2</sub>試算

文献<sup>2), 3), 4)</sup>を参考に、各工法によるコストとCO<sub>2</sub>排出量をまとめたものを表1に示す。劣化予測<sup>5)</sup>を行った結果、②断面修復工法は建設時から17、25年とその後7年間隔で計12回補修を行い、④建替は17年間隔で建替を行うものとした。①表面被覆工法と③電気防食工法は、それぞれ供用期間開始時から100年後に補修または更新の時期を迎えるが、この補修・更新はLCC、LCCO<sub>2</sub>に含めないものとする。

補修工法を行った場合と建替えた場合のLCC、LCCO<sub>2</sub>の算定結果を表2に、コストおよびCO<sub>2</sub>の発生過程を図2、3に示す。

算定の結果、今回の試算ではLCC、LCCO<sub>2</sub>両方の面で表面被覆工法が他の工法よりも負荷が小さいということが分かった。

4.4 LCC・LCCO<sub>2</sub>の統合化

3.で示した方法により、LCCとLCCO<sub>2</sub>の統合化を試みた。結果を表3に示す。環境効率指標を考慮した方法では電気防食工法、総合評価落札方式および環境税を考慮した方法では表面被覆工法が最も高い評価を与えることを示した。

5 まとめ

今回のケーススタディの条件では、LCCとLCCO<sub>2</sub>の算定結果はどちらも同じ傾向を示したが、条件によってはLCCの結果とLCCO<sub>2</sub>の結果が一致しないことがある。その際に統合化手法が必要となるが、本研究の結果からも分かるように、方法によって評価が変わってくるためいくつか組み合わせて行う必要があり、そのプロセスの構築が今後の課題と考える。

参考文献

1)土木学会コンクリート委員会：コンクリート技術シリーズ 62 コンクリートの環境負荷評価（その2），土木学会，pp.63-82，2004  
 2) 国土交通省 港湾技術研究所：棧橋の維持補修マネジメントシステムの開発，港湾技研資料 No.1001，2001

表2 LCC、LCCO<sub>2</sub>の算定結果

補修工法	各コスト	LCC(億円)	各排出量	LCCO <sub>2</sub> (t)	
表面被覆	初期	2.7+0.31	1588+16	1748	
	供用	0.35×9回			
断面修復	初期	2.7	1588	8848	
	供用	2.1×12回	605×12回		
電気防食	初期	2.7+2.1	1588+83	1785	
	供用	システム更新	0.35×3回		7×3回
		電極更新	1.8×1回		83×1回
		運転費	年間600円		0.097×100年
建替	初期	2.7	1588	9838	
	建替	4.0×5回	1650×5回		

注) LCCの計算には割引率を考慮

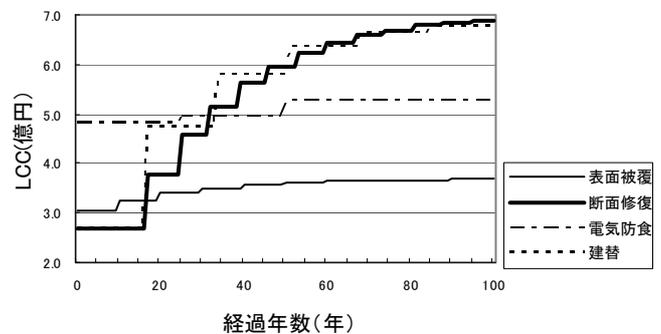


図2 各工法のコスト発生経緯

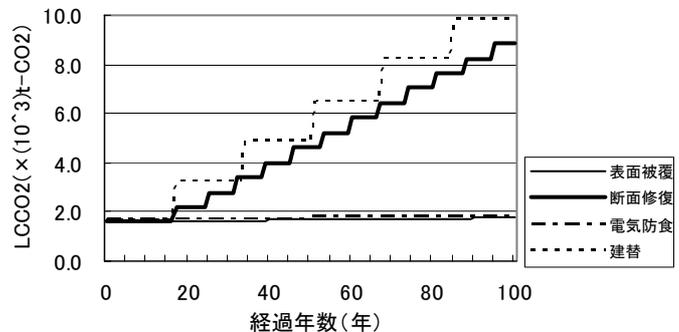


図3 各工法のCO<sub>2</sub>発生経緯

表3 統合化結果

補修工法	環境効率指標 (×10 <sup>-3</sup> 億円/t)	総合評価落札方式 (×10 <sup>-5</sup> /(億円 <sup>2</sup> ・t))	環境税 (億円)
表面被覆	2.08	4.24	3.65
断面修復	0.78	0.61	6.96
電気防食	2.95	2.21	5.28

3) 渡部 寛文 他: 報告 FRPを用いたコンクリート構造物のライフサイクルコストに関する適用性検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, No.2, 2003

4) コンクリートひび割れ調査、補修・補強指針改訂委員会資料

5) 伊庭 孝光 他: 塩害を受ける RC 構造物のライフサイクルコスト算定手法に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.704/V-55, pp.1-11, 2002.5