

コンクリート構造物のLCCと環境負荷の相関性に関する一考察

早稲田大学大学院 学生会員 ○山形 麻弓

早稲田大学大学院 石塚 直久

早稲田大学 フェロー 関 博

1. 目的

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を考えると、社会基盤施設の合理的なコスト管理が現在取り組むべき課題であると考えられ、初期建設費用のみに着目するのではなく、LCC (Life Cycle Cost) で構造物の経済性を評価する必要がある。

一方、2005年2月の京都議定書の発効によって世界的に温室効果ガス削減の動きが強まってきており、コストの観点に加え環境影響も考慮した上で構造物の設計や維持管理を実施すべきと考えられる。

本研究ではコンクリート構造物のライフサイクルにおける大気排出物(CO₂、SO_x、NO_x、ばいじん)の環境負荷評価をLIMEを用いて行った。また、総CO₂排出量(LCCO₂)とLIMEによる評価値を比較した。最後に、コスト(LCC)と環境負荷(LIME)の双方を総合的に評価する手法として、総合評価落札方式の考え方を参考にして検討した。

2. LCCおよびLCCO₂、LIMEの算定

コンクリート構造物のライフサイクルにおける各段階の値を統合することによって、LCC、LCCO₂、LIMEを算定した。これらを次式で示す。なお、今回、輸送段階と供用期間終了時の解体・廃棄段階については考慮に入れなかった。

$$LCC = C_i + C_{rep} \times m \quad (2.1)$$

ただし、 C_i ：初期建設費用、 C_{rep} ：一回当たりの補修費用、 m ：全補修回数。

$$LCCO_2 = CO_{2i} + CO_{2rep} \times m \quad (2.2)$$

ただし、 CO_{2i} ：初期CO₂排出量、 CO_{2rep} ：一回当たりの補修CO₂排出量。LIMEも同様の考え方で求める。

3. 統合化の手法

今回、LCCとLIMEの統合評価は国土交通省により実施されている総合評価落札方式を参考にして行った。本方式における評価値は以下の式から求められる。

$$\text{評価値} = \frac{\text{得点}}{\text{コスト}} \quad (3.1)$$

式(3.1)の得点は、それぞれの案の性能に応じて配分され、性能としてLCCO₂やLIME、LCCなどがあげられる。コストには、一般に入札価格が使われるが、初期建設費用と同程度の精度や信頼性を確保できる維持管理費用を算定することが可能ならば、初期建設費用に維持管理費用を加えたもの、つまり本研究ではLCCの値をコストとして評価値の算定に使用することができると考えられる。今回のLCCとLIMEの統合評価では、LCCを性能として得点で評価する場合(case1)と、コストとして評価する場合(case2)の2種類の方法を考えた。

4. コンクリート構造物におけるケーススタディ

4.1 対象構造物

今回、4つの港湾栈橋を対象構造物として、それぞれのLCCとLCCO₂、LIMEを算定した。このうち、3箇所の港(T、N、A)の栈橋がRC構造、1箇所の港(H)の栈橋がプレキャストのPC構造である。

4.2 対象とする段階

供用期間は100年とし、式(2・1)、(2・2)で表したように、材料製造と施工を含めた初期段階、補修を考えた維持管理段階を考える。ここで、補修には表面被覆、電気防食、断面修復の3つの工法を実施した場合のLCCやLCCO₂、LIMEを算定した。

表面被覆と電気防食は、定期的に再塗装や装置の交換をする必要があり、それによるコスト等を維持管理段階の値と考える。また、断面修復を行う場合には、塩害による劣化を考え、RC構造物の場合は鉄筋腐食量、

キーワード LCC, LIME, 補修工法, 総合評価落札方式

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館 1609室 TEL 03-5286-3407

PC 構造物の場合は鉄筋位置の塩化物イオン濃度により補修期間を決定した。

4.3 LCC、LCCO₂、LIME の算定結果

LCC と LCCO₂、LIME の算定結果を表 4.1 に示す。表面被覆工法が一般的にはそれぞれの面で他の工法に比べて優位であった。また、断面修復工法に着目してみると、T 港や H 港の LCC では電気防食や表面被覆よりも小さな値または近い値となった。これは T 港の栈橋のかぶりが他の港と比べて大きいこと、H 港のコンクリートの塩化物イオンの拡散係数が小さいことなどにより、補修の回数が少なかったためであると考えられる。表面被覆工法や電気防食工法など、初期建設費が大きくてもライフサイクル全体で考えるとコストおよび環境負荷削減の可能性があることがわかる。

また、LCCO₂ と LIME の結果を比較すると工法間の値の比が大きく変化しているものもあり、このことから環境面を評価しようとするときには CO₂ だけでなく、他の環境負荷も評価することが好ましいと考えられる。

4.4 統合評価

4.3 で算出した LCC と LIME の値と式 (3・1) を用いて統合評価を行った。結果を表 4.2 に示す。case1 では T 港、N 港、A 港では表面被覆工法、H 港では断面修復工法の評価値が一番高く、case2 では全ての港で表面被覆工法の評価が一番高くなった。また、case1 ではどの港の栈橋でも電気防食工法が一番評価値が小さかったが、case2 では 2 番目により評価を得る場合もあった。これは、「コスト」として評価値の算定に使用した値に起因するものである。

表 4.1 に示したように T 港、N 港、A 港で LCC と LIME の双方で断面修復工法が値の大きいのに表 4.2 では case1 で電気防食工法よりも高い評価値を得ており、LCC と LIME を統合評価できているとは言いがたい。このため、LCC は case2 のようにコストとして評価値の算定に使用するのが適切であると考えられる。

5. まとめ

社会基盤施設の現状や環境問題を考えると、初期費用だけでなく維持管理にかかるコストも含めた LCC や環境面を評価する LCA などとも考慮した上で、構造物の計画を判断する必要がある。本研究では、LCC、LIME の算定結果を統合評価するために総合評価落札方式を参考にして 2 種類の方法を考えた。LCC をコストとし

て評価値を算定するほうが LCC と LIME の統合評価としては適していると思われる。

表 4.1 LCC、LCCO₂、LIME の算定結果

	工法	初期建設 費用(百万 円)	LCC (百万 円)	LCCO ₂ (t- CO ₂)	LIME (ver.2) (×10 ⁷)
T	表面被覆	13	18	67	1.7
	電気防食	23	29	70	3.3
	断面修復	10	32	188	18
N	表面被覆	13	37	75	6.9
	電気防食	24	56	79	8.7
	断面修復	9	57	355	47
A	表面被覆	400	1,117	3,059	207
	電気防食	722	1,661	3,556	258
	断面修復	293	2,111	20,558	1600
H	表面被覆	305	650	1,390	28
	電気防食	459	911	1,629	52
	断面修復	253	584	7,012	360

表 4.2 統合評価結果

	工法	case1		case2	
		得点 (点)	評価値 (点/十萬 円)	得点 (点)	評価値 (点/十萬 円)
T	表面被覆	150	1143	125	694
	電気防食	128	552	123	423
	断面修復	100	1022	100	313
N	表面被覆	150	1173	125	335
	電気防食	125	526	124	221
	断面修復	100	1098	100	175
A	表面被覆	150	37	125	11
	電気防食	135	19	124	7
	断面修復	100	34	100	5
H	表面被覆	145	48	125	19
	電気防食	123	27	123	14
	断面修復	125	49	100	17

本研究は科学研究者補助金（基盤研究（C））によって実施したものである。また、(株)東亜建設工業、(株)東洋建設にはいろいろと御協力頂いた。ここに関係者各位に感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 伊庭 孝充, 松島 学, 関 博, 川田 秀夫: 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, pp.1-11, 2002.5
- 2) 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, 土木学会, 2004