ＬＣ総合評価システムの開発とその適用例

前田建設工業株式会社　正会員　伊藤節男　正会員　山本和範

１．はじめに

近年、経済情勢が厳しくなる中で、土木構造物の建設もストック・メンテナンスの時代に成りつつある。一方、地球温暖化をはじめ、環境負荷の低減に配慮した構造物の建設が認識されている。このような背景のもと今後、構造物の初期建設だけでなく、維持、運用、廃棄までのライフサイクル（ＬＣ）全般にわたるコストや環境負荷を定量的に評価し、対応していくことが必要になっている。そこで、筆者らは、構造物の劣化予測・診断の結果を踏まえたライフサイクルコスト（ＬＣＣ）およびライフサイクルアセスメント（ＬＣＡ）を高精度にかつ総合的に評価するシステムを開発した。ここでは、その概要と適用例について紹介する。

２．ＬＣ総合評価システムの概要

本システムは、図-１に示すように構造物の劣化診断、ＬＣＣ評価、ＬＣＡ評価から構成される。対象構造物は劣化要因によりＲＣ構造物、トンネル（シールドおよびＮＡＴＭ工法）に適用できる。また、初期構造物に限らず、調査データをもとに劣化パラメータを逆解析することで、既設構造物への対応も可能である。

(1) 構造物の劣化予測

構造物の劣化予測はＲＣ構造物に対しては塩害、中性化を部材単位毎に予測し、トンネルに対しては塩害、中性化、漏水の予測が可能である。塩害、中性化は土木学会「コンクリート標準示方書」に準拠した予測式または有限要素法による拡散浸透解析により予測する。漏水は、既設トンネルの漏水量の経時変化をもとにパネル法と√ｔ法[1)]により予測する。劣化予測の結果より、最適な補修工法を選定し、ＬＣＣおよびＬＣＡ評価に反映する。

構造物のリスクとしては地震リスクを考える。地震リスクは都道府県単位でのハザード曲線と対象構造物の損失曲線を仮定することにより、地震による年間損失額を算出して評価する。

(2) ＬＣＣ評価

ＬＣＣ評価は、初期建設、維持管理（補修、点検）、運用、廃棄の各段階において、コストを試算する。コストの試算にあたっては、データベースに単価データを蓄積することにより、データベースから必要なデータを随時取り込むことができる。また、単価データは積み上げ計算に対応しているため、より高精度のコスト試算が可能となる。

(3) ＬＣＡ評価（インベントリー分析）

ＬＣＡ評価は、ＬＣＣ評価で作成したコストデータをもとに、構造物のライフサイクル全体にわたる環境負荷排出量（ＣＯ2、ＮＯｘ、ＳＯｘ、エネルギー）を試算する。試算方法は、コストデータを資材と機材に分類し、資材については製造・運搬過程、機材については製造・施工・運搬過程における環境負荷排出量をそれぞれ算出する。また、原単位データは、土木学会ＬＣＡ小委員会推奨値[2)]および産業連関表による値を使用する。

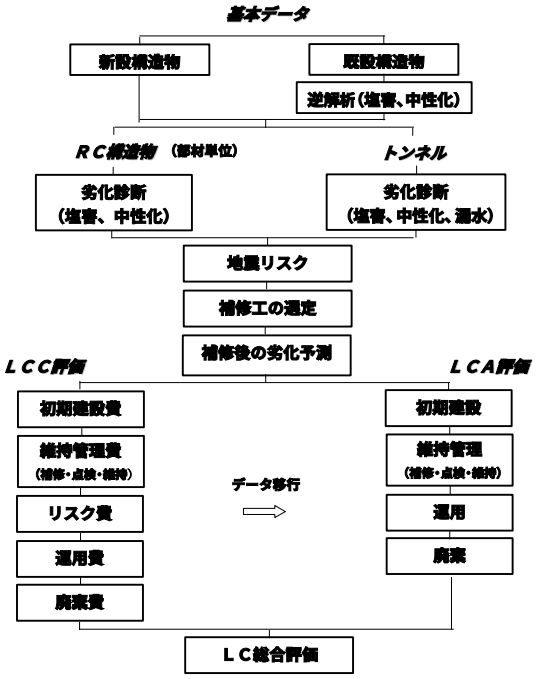

図 - １　システムの概要図

キーワード：ライフサイクルコスト、ライフサイクルアセスメント、劣化診断、総合評価技術
連絡先　〒179-8903 東京都練馬区高松 5-8　J.CITY　TEL 03-5372-4751　FAX 03-5372-4768

３．ＬＣ総合評価システムを用いた適用例

(1) 適用の概要

本システムを適用して、設計耐用年数を 100 年と想定した場合の橋脚の工法を比較検討した。橋脚の形状を図-2 に、初期建設工法および補修方法を表-1 に示す。橋脚は新設構造物とし、塩害による劣化および地震リスクを想定した。ここで、REED 工法とは突起付きＨ形鋼と高耐久性埋設型枠を使用した鉄骨コンクリート複合構造橋脚のことである。かぶり厚は 100mm とし、鉄筋位置の塩化物イオン塩化物が 1.2kg/m3 になった時を補修時期とした。断面修復工では鉄筋裏 20mm まではつることとし、ケース１の断面修復材には埋設型枠に用いられているものと同配合のモルタル、ケース 2 の断面修復材には躯体コンクリートと同配合のコンクリートを用いることとした。ケース 3 は初期劣化対策としてエポキシ樹脂による表面保護工を従来工法と併用した。ＬＣＡの評価は、使用材料と重機に関する製造、運搬、施工時に発生するＣＯ2 の量を算出した。

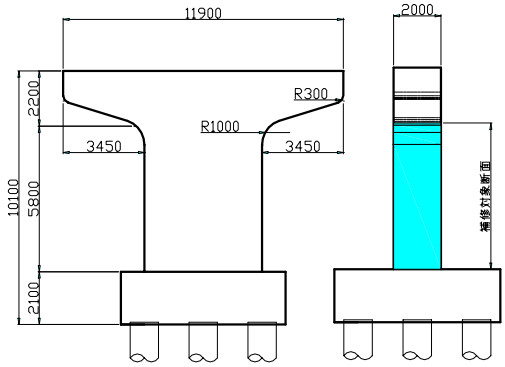

図 - 2　橋脚形状

表 - 1　工法および補修方法の仕様

	初期建設工法	補修方法	
		断面修復材	表面被覆材
ケース1	REED工法	モルタル（W/C=30%）	なし
ケース2	従来工法（RC構造）	コンクリート（W/C=55%）	なし
ケース3	従来工法＋表面被覆	ポリマーセメントモルタル	エポキシ樹脂

(2) 適用結果

各ケースの鉄筋位置の塩化物イオン濃度の予測結果を図-3 に示す。補修回数はケース１が１回、ケース 2 が 7 回、ケース 3 が 2 回であった。ＬＣＣの経過履歴を図-4 に示す。ケース１は初期建設費や補修費は若干高くなるがＬＣＣは低い。次に、ＣＯ2 排出量は図-5 に示すように、ケース１とケース 3 がほぼ同等で、ケース 2 が最も大きい。したがって、ＬＣＣおよびＬＣＡの結果より、ケース１の施工方法が最も有利であると判断できる。なお、ケース１のＬＣＣの内訳は図-6 に示すように、初期建設費が約 66%、補修費が約 20%、地震によるリスク費が約 14%であった。

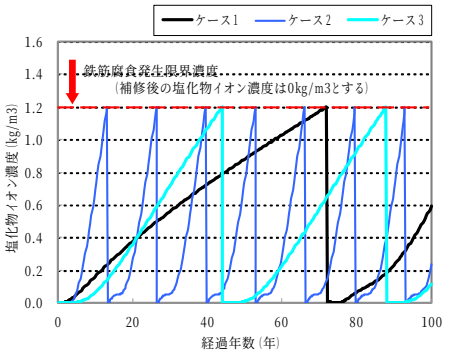

図 - 3　塩化物イオン濃度の予測

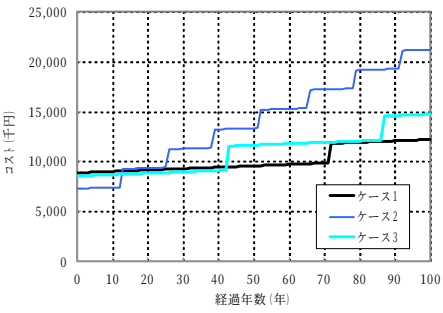

図 - 4　ＬＣＣ経時変化

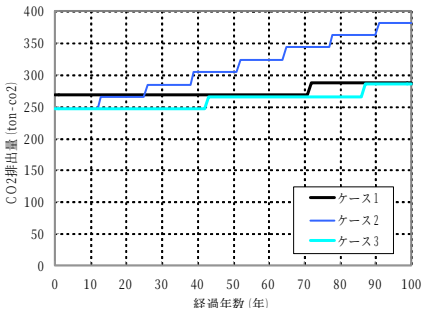

図 - 5　ＬＣＡ経時変化

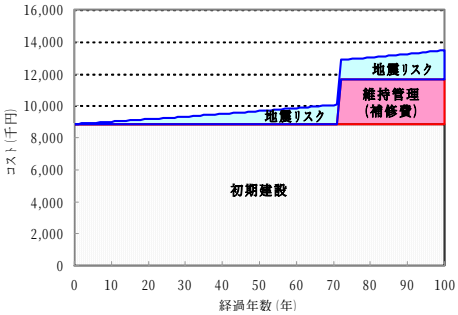

図 - 6　ケース１のＬＣＣ内訳

４．まとめ

本システムにより、土木構造物の劣化診断を踏まえたＬＣＣおよびＬＣＡの総合評価手法について体系化することができた。今後は、多くの構造物への適用により、データベースの蓄積とともにシステムの向上を図っていきたい。

参考文献

1)　宮澤昌弘、一原正道、北川滋樹：ｼｰﾙﾄﾞﾄﾝﾈﾙのﾗｲﾌｻｲｸﾙｺｽﾄに関する基礎的研究、第 59 回年次講演会
2)　酒井寛二：土木建設物の二酸化炭素排出量原単位の推定、第 4 回地球環境ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ講演集