

リスクを考慮した RC 構造物の LCC 評価手法

大成建設(株) 正員 泉 博允, 武田 均, 鷗澤 哲史
(株) 篠塚研究所 正員 小山 哲, 中村 孝明

1. はじめに

RC 構造物の効率的な維持補修を実現するためには、維持補修計画に応じたライフサイクルコスト(LCC)を評価し、その費用対効果を明らかにする必要がある。本研究では、塩害や中性化による劣化進展を確率論的手法により定量的に評価する手法、そして経年劣化や地震によって生じる性能の低下をリスクとして捉え、コストとして加算することにより、LCC を評価する手法について検討した。

2. 評価手法の概要

2-1. 経年劣化予測¹⁾²⁾

劣化予測解析では、かぶり、表面塩化物イオン濃度、拡散係数そして中性化速度をパラメータとして、4段階(, , ,)に分類された鉄筋の各腐食状態の発生確率を評価した。また本解析ではベイズ統計手法を用い、目視点検や詳細点検で得られる劣化情報を取り入れ予測解析の精度改善を図った。

2-2. リスク評価手法

本研究で示すリスクとは、構造物が供用期間中に経年劣化や地震等により予期せず損傷し、損失を伴った状態となることを意味する。本研究ではこのリスクを損失期待値として次式のように定量化した³⁾。

$$R = \sum P_i \times C_i$$

ここで、R はリスク、P は被害形態 i の発生確率、C は被害形態 i に伴う損害の大きさを表す。以上のように、リスクをコストとして定量化することにより、維持補修対策によるリスクの低減がその効果として評価できる。

1) 経年劣化リスク

一般に塩害や中性化により鉄筋腐食が進行した場合、鉄筋の断面欠損によって構造物の耐力が低下すると考えられる。経年劣化リスクの検討ではこの鉄筋腐食に伴った耐力低下により構造物が損傷するものと仮定した。具体的には、構造物の被害形態(無被害、軽微、中破、大破等)を定義し、構造物の被害形態の発生と鉄筋の腐食状態の発生を関連付け、鉄筋腐食の劣化予測から構造物の被害形態の発生確率を評価した。

2) 地震リスク³⁾

地震リスクによる検討では、まず各被害形態に対して地震動

レベルに応じた条件付き損傷確率を示す地震損傷度曲線を評価する必要がある。この地震損傷度曲線と各被害形態に応じた損害の大きさを掛け合わせることにより、地震ロス関数を求めた。なお、この地震ロス関数は構造物の耐震性能を示すものとなる。最終的に地震リスクは、地震ロス関数と構造物の立地場所における地震発生危険度を示した地震ハザード曲線を合積し、年間期待損失として求められる。

3. 試算例

東京都内に位置し供用後 30 年経った橋梁を対象に本手法の適用性について検討を行った。本検討では床版の経年劣化による損傷と橋脚の地震損傷について試算した。なお経年劣化の損傷と地震損傷の発生は独立として扱った。

経年劣化予測解析のためのパラメータを表-1 に示す。

表-1 パラメータの設定値

劣化要因	設定値
かぶり	50mm
表面塩化物イオン濃度	10kg/m ³
拡散係数	2.5 × 10 ⁻⁹ cm ² /sec
中性化速度係数	0.2mm / 日

図-1 に劣化予測結果を示す。供用 30 年時点の目視点検結果では劣化状況は と の中間であると判定された。一方、予測解析では点検結果よりも劣化が進んでいると推定され、目視点検結果と予測値とは異なっていた。そこで、かぶりを確率変数としてベイズ確率を用いて母数推定を行い、補正したかぶりの値を用いて、30 年以降の将来予測を行なった。現時点の目視点検を取り入れて補正したために 30 年目で劣化予測曲線に不連続点が生じている。

補修対策として表面被覆工および断面修復工 + 表面被覆工 + 鉄筋取替の 2 ケースを現時点で適用した場合について計算を行い比較検討した。図-2 に表面被覆工を適用した場合の劣化予測結果を示す。ここで表面被覆工の効果は、補修後 15 年程度あるものとして設定しており、それ以降は被覆層の劣化により再び鉄筋腐食が進行する。図-3 に示した断面修復工 + 表面被覆工 + 鉄筋取替を実施した場合には、より高い補修効果が得られる。

キーワード：橋梁, LCC, 劣化リスク, 地震リスク

連絡先：(株)篠塚研究所, (住所)東京都新宿区西新宿 4-5-1, (電話) 03-5351-3781, (FAX) 03-5351-3783

大成建設(株), (住所)神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1, (電話) 045-814-7236, (FAX) 045-814-7253

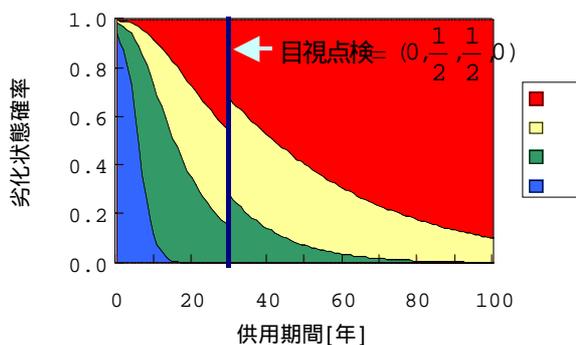


図-1 目視点検結果による補正後の劣化予測図

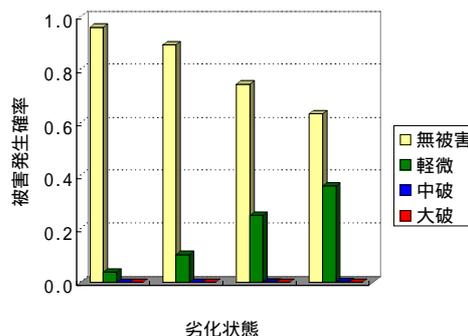


図-4 各被害形態と鉄筋劣化状態の関係

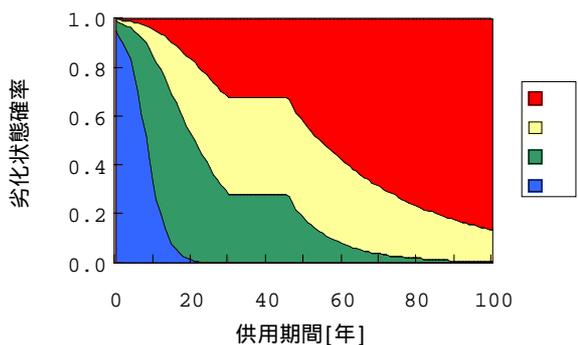


図-2 補修後（表面被覆工）の劣化予測図

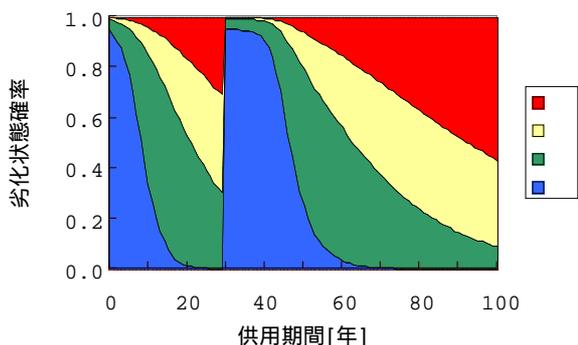


図-3 補修後（断面修復工）の劣化予測図

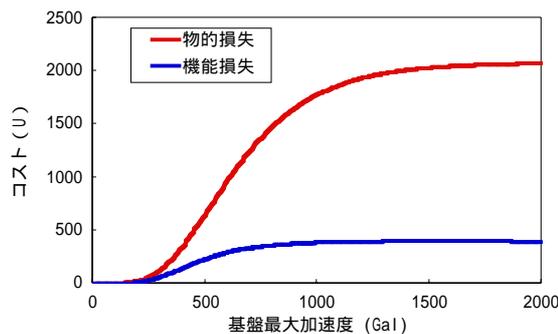


図-5 地震ロス関数

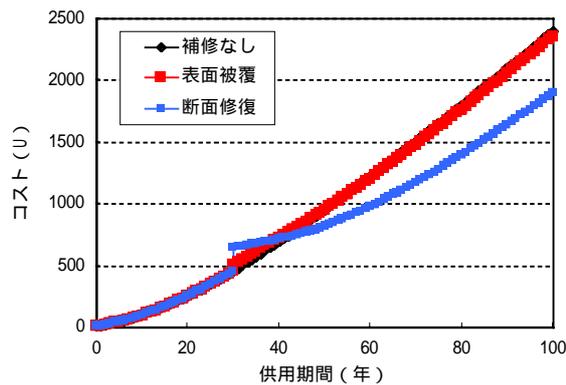


図-6 LCC 評価結果

以上の劣化予測結果と図4 に示す構造物の被害形態と鉄筋の腐食状態の関係から被害形態の発生確率を評価し、経年劣化リスクを求めた。

地震リスクの評価では対象橋梁の地震ロス関数が図5 のように評価された。ここで物的損失は構造物を健全な状態に戻すためにかかる費用であり、機能損失は交通が回復されるまでの料金収入等の損失である。

図-6 に劣化リスクと地震リスクを考慮した LCC 評価結果を示す。ここでは対策なしの場合と上述の補修対策 2 ケースについての比較を行った。LCC の内訳は劣化リスク、地震リスク、保全費用、補修費用からなる。表面被覆工法と対策なしの場合はそれ程差が認められないが、より補修効果の高い断面修復工を実施すればLCC を小さくすることができると考えられる。

4. まとめ

RC 構造物の経年劣化や地震によるリスクを考慮した LCC 評価手法の概要について例題を用いて報告した。今後、より多くの実データを用いて予測解析モデルの精度向上を図るとともに、塩害や中性化以外の劣化原因に対する予測解析のモデル化などについても検討し適用範囲の拡大を図る。

参考文献

- 1) 武田 均, 丸屋 剛: ニュートンネットワークを用いたコンクリート構造物中の鉄筋の腐食進行予測, コンクリート工学論文集, 1998, pp.133-141
- 2) 小山 哲, 中村 孝明: コンクリート構造物の劣化進展モデルの開発, ICOSAR, 2000, pp.49-54
- 3) 水谷 守, 中村 孝明, 下野 正人, 亀村 勝美: 確率論的アプローチによる地震リスクマネジメント(SRM)手法の提案, 土木学会年次講演会概要集 第1部(B), 1996, pp.738-739