

LCC を考慮した既設構造物の保守戦略手法に関する研究

東京電力(株) 電力技術研究所 正会員 ○赤石沢 総光
東電設計(株) 原子力土木部 正会員 吉田 郁政

1. はじめに

現在、RC 構造物の設計は仕様規定型から性能照査型への過渡期にあると同時に、設計の重点も建設中心から保守中心へと移行しつつある。東京電力では、既設設備をいかに安く長持ちさせるかという課題解決が急務である。そこで、設備の経年劣化等に対する適切な点検・補修方法を支援するシステムを開発し実用化に向けたシステム構築を図るという目的の一過程において、点検・補修の頻度決定の最適化に関する試算を行ったので本稿で報告する。

2. 検討手法

本研究では、橋梁を対象に経年劣化(塩害)に対する信頼性解析を行い LCC 最小化の観点から最適な保守の頻度に関する検討を行っている Frangopol ら(1997)の方法を基本とし、経年劣化と地震時による損傷を同時に扱えるように拡張を行った。なお、鉄筋腐食(塩害)による時間的な断面欠損量、点検による劣化検出確率、補修効果等に関するモデルは Frangopol ら(1997)による方法を踏襲した。

劣化のモデル化に当たっては、実際の劣化の進行がばらつきを有することを考慮し、ある時点から次の時点の劣化状態への遷移過程を確率的に扱うこととした。その概念を図-1に示す。



図-1 劣化の進行がばらつきを有する場合の概念

構造的な損傷モードとしては RC 示方書耐震設計編に示されるようにせん断破壊と曲げ破壊(変形性能として靱性率)とした。

LCC の算定方法は(1)式のとおりで、 C_I を初期建設費、 C_{INS} を点検コスト、 C_{REP} を補修コスト、 C_F を損傷コスト、 P_d を年損傷確率とした。また LCC 最小化による補修頻度の算定は、試行錯誤的に行うのが困難であるため、最適化手法(遺伝的アルゴリズム)により行った。なお補修頻度については回数と時期の両方を最適化の対象とした。

$$C_{ET} = C_I + \sum (C_{INS} + C_{REP}) + \sum C_F \times P_d \quad (1)$$

3. 年損傷確率の算定方法

構造物の年損傷確率を算定するに当たっては、経年劣化の影響を考慮した地震による損傷モードを対象とする。最初に t 年後の経年劣化を考慮した構造物に対する地震強度(基盤加速度)を表す損傷度曲線を算定する。異なる経過年数に対する損傷度曲線を同様に順次作成し、対象地点の地震ハザード曲線とのコンポリューションを行うことにより経過年数に応じた年損傷確率曲線を作成する(図-2 参照)。これにより経年劣化による影響を考慮した地震による損傷を取り扱うことができる。コンポリューションは(2)式で表される。ここで、 P_d は年損傷確率、 $Fr(a)$ は加速度 a の時の損傷確率、 $Fs(a)$ は加速度 a の時の年超過確率である。

$$P_d = \int_0^{\infty} Fr(a) \frac{dFs(a)}{da} da \quad (2)$$

経年劣化は経過年数に応じて鉄筋量が減少し、それに伴い抵抗値(せん断耐力・靱性率)が低下すると考え

キーワード：性能設計，LCC，損傷確率，保守戦略，遺伝的アルゴリズム

連絡先：東京電力(株) 〒230-8510 横浜市鶴見区江ヶ崎 4-1 TEL 045-585-8610/FAX 045-585-8631

た。ただし、主筋とせん断筋ともに同じ比率(年当たり腐食率)で径が減少するとした。また損傷度曲線は正規分布に従うとした。

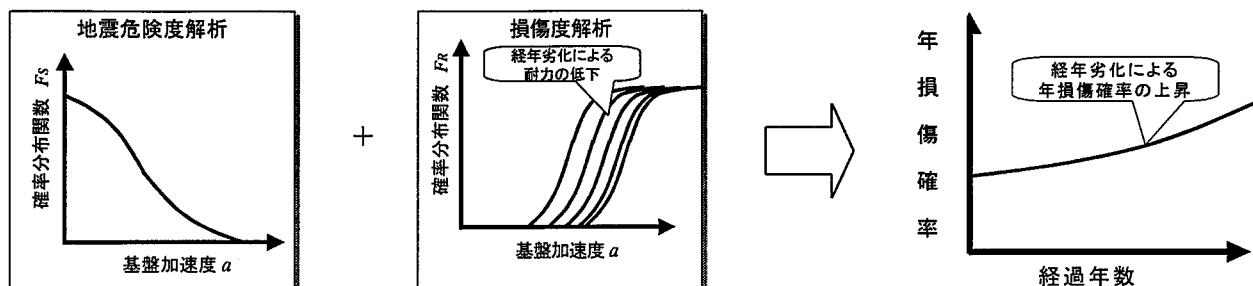


図-2 経年劣化による年損傷確率曲線の概念図

4. ケーススタディ

4.1 検討モデル

東京湾にある桁高 10m, 幅 5m, 2.2m の仮想 RC 橋脚(主筋 D29, せん断筋 D13)を対象として検討を行った(図-3 参照)。検討条件は表-1 のとおりである。

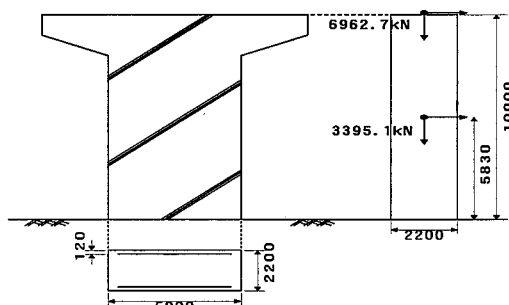


図-3 検討に用いた橋脚形状・条件

表-1 検討条件一覧

検討条件	条件設定
供用期間	50 年
腐食率	0.08mm/年
損傷費用	初期費用の 10 倍
割引率	0.98
状態遷移確率	0.1, 0.8, 0.1

4.2 遺伝的アルゴリズムによる検討結果

最適化手法として遺伝的アルゴリズムを用いて LCC が最小となる補修頻度(回数と時期)を求めた結果、図-4 (a)(b)のようになった。この図から、補修を全く行わない時の LCC に比べ点検・補修を 4 回(26,31,36,41 年目)行うことにより、約 10%のコストダウンを図れることになる。

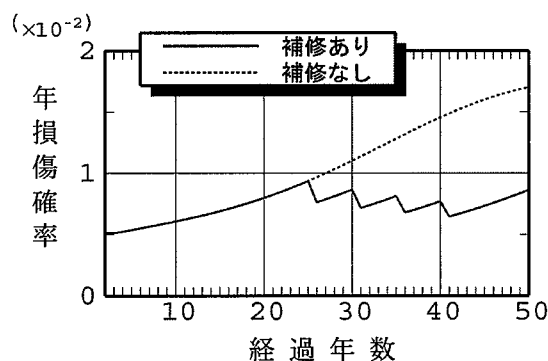
5. 結論

検討結果から、LCC 最小化という観点から適切な点検・補修の時期を決定できるシステム開発の有用性が示されたとともに、より合理的な補修計画策定が期待できることがわかった。

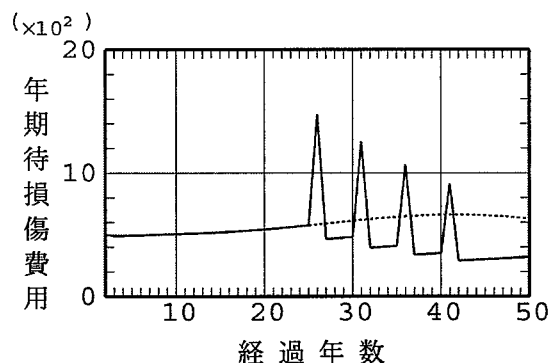
今後は下記の課題に対して詳細検討を行い具体的構造物に対しての実用化を目指す。

- ・既設構造物の目標信頼度の設定
- ・供用期間の最適化検討
- ・LCC(損傷コスト)算定精度の問題

【参考文献】 1)Frangopol, D.M, Lin K-Y and Estes, A.C. ; Life-cycle cost design of deteriorating Structures, Journal of Structural Engineering, ASCE, Oct. 1997.



(a)経過年数と年損傷確率の関係



(b)経過年数と年期待損傷費用の関係

図-4 年損傷確率と年期待損傷費用