

地中RC構造物の劣化を考慮した常時・地震時の信頼性評価に関する基礎研究

東電設計（株） 正会員 ○鈴木修一
 東京電力（株） 正会員 赤石沢総光
 東電設計（株） 正会員 吉田郁政

1. はじめに

近年、既設構造物に対して常時・地震時のリスク評価、LCC評価が行われ、補修補強計画の策定や耐震補強検討が行われている。これらの評価では、リスクの算定が重要であり、そのためには損傷確率の算定や損傷時コストの設定が必要となる。本研究では、地中RC構造物を対象とした、劣化を考慮した常時・地震時の損傷確率の算定方法についての検討を行った。

2. 評価方法の概要

2.1 劣化モデルと損傷確率の算定方法

本研究では、地中RC構造物の劣化として塩害劣化を対象とした。使用する劣化モデルは、図-1に示すような塩害により鉄筋の腐食が生じ、鉄筋量が減少するモデルとした¹⁾。鉄筋が減少したモデルに対してモンテカルロシミュレーション（以後、MCSと呼ぶ）を用いた損傷度解析を行い損傷確率を算定する。その際に必要となる耐力の不確定要因としては、材料特性、地盤物性、施工性、耐力算定式および塩害劣による鉄筋減少率が考えられる。通常は、これら全てをパラメタとしたMCSが行われるが、本研究では鉄筋減少率を除いてMCSを行うことにした。これは、鉄筋減少率の不確定要因は非常に大きくその統計的特性を唯一に決めることが困難であるため、鉄筋減少率のばらつきに対するパラメタスタディを容易に行えるようにするためである。

2.2 常時の損傷確率

常時の損傷モードは、一般に時間方向の相関性が高いため完全相関と仮定して扱う。また、損傷モードとしては曲げによる損傷を考え、その照査にはコンクリート標準示方書（設計編、平成8年版）示されている曲げ終局耐力照査を用いる。損傷状態の判定は、対象とする損傷モードに対する照査を行い、照査値（1/F.S.）が1.0より大きくなる状態とする。その際物性値は公称値ではなく平均値を用い安全係数は全て1.0とした。

以下に、常時の損傷確率の算定手順を示す。

①鉄筋減少率に対応した条件付き損傷確率の算定

損傷が生じる最小の鉄筋減少量を求める。これを限界鉄筋減少量と呼ぶ。MCSを用いた損傷度解析を行いそのばらつきを求めると、鉄筋減少率に対応した条件付き損傷確率が得られる。

②経過年数－損傷確率の算定

各年の損傷確率は、各年での鉄筋減少率分布と①の算定結果をコンボリューションすることにより算定することができる。これを各経過年数に対して行うことに

キーワード 地中RC構造物、塩害劣化、耐震、損傷確率

連絡先

〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 東電設計（株） TEL 03-4464-5527

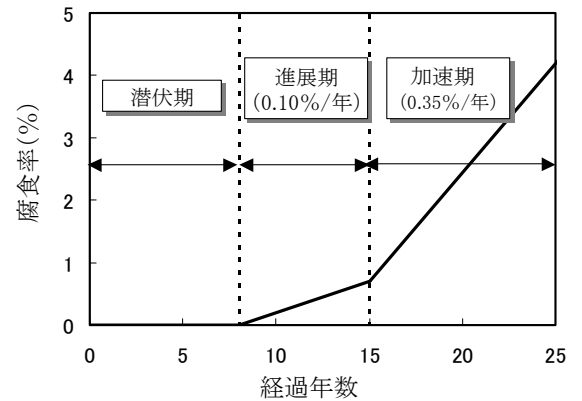
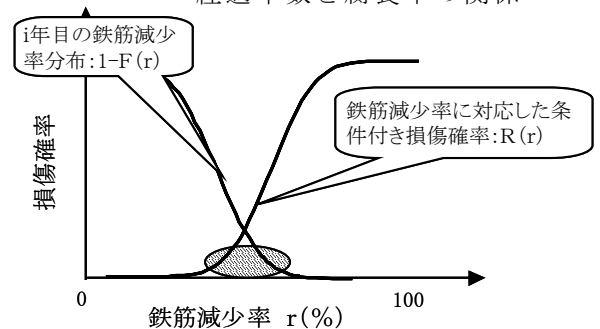


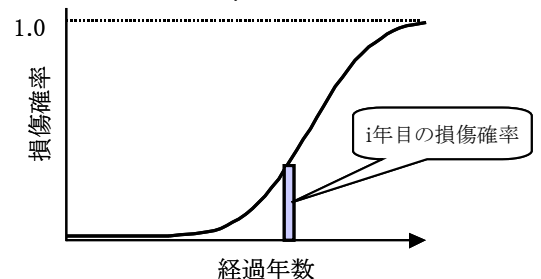
図-1 塩害劣化モデル
経過年数と腐食率の関係



$$i \text{ 年目の損傷確率 } p_{Fi} = \int_0^{1.0} \frac{dF(r)}{dr} R(r) dr$$

(a) i年目の損傷確率の算定方法

各年に対して実施



(b) 経過年数－損傷確率の関係

図-2 常時の損傷確率の算定方法

より経過年数－損傷確率の関係が求められる。

2.3 地震時の損傷確率の算定

地震時の損傷モードは、支配的な不確定要因が偶発的な地震外力であるため時間方向の独立性が高い。そこで、本研究では地震時損傷モードを完全独立として扱う。損傷モードとしては、曲げによる損傷とせん断による損傷を考える。これら損傷モードに対する照査はコンクリート標準示方書（耐震設計編，平成8年版）に従って行う。以下に、地震時の損傷確率の算定手順を示す。

①鉄筋減少率に対応した条件付き確率の算定

各鉄筋減少率に対して、MCSを用いた地震時の損傷度解析を行い損傷が生じる入力加速度の最小値（以後、限界加速度と呼ぶ）を算定する。これと地震ハザード曲線をコンボリュージョンすることにより、各鉄筋減少率に対応した条件付き損傷確率が算定できる。

②経過年数－損傷確率の算定

各年の損傷確率は、各年での鉄筋減少率分布と①で求めた各鉄筋減少率に対応した損傷確率とをコンボリュージョンすることにより算定する。これを各経過年数に対して行うことにより地震時の経過年数－損傷確率の関係が求められる。

3. 損傷確率の試算

鉄筋コンクリート製の取水設備を対象とし、常時・地震時の損傷確率の試算を行った。腐食速度は、図-1の値を基本として、1～4倍のケースを考えた。なお、対象構造物の供用期間は50年とした。図-3, 4に常時・地震時の供用期間における経過年数－損傷確率の関係を示す。これらの図では、常時・地震時ともに腐食速度が大きくなると当然ながら損傷確率が大きくなる傾向が見られるが、地震時では途中から腐食速度の差の影響が現れてくる。これは当初クリティカルな損傷部位が劣化とは関係のない場所だったのが劣化の進行により場所が変化することに起因している。また、地震時の損傷確率では、曲げ損傷モードの方が、せん断損傷モードよりも大きい結果となっている。次に、常時、地震時の損傷モードについて経過年数50年時点での累積損傷確率の比較を行った。図-5は常時と地震時の曲げ損傷に対する損傷確率を比較したものである。腐食速度が大きくなるに従って、地震時に対して常時の損傷確率が相対的に増大してくる傾向が見られる。

4. おわりに

本報告では、地中RC構造物を対象として、信頼性解析手法を用いた劣化を考慮した常時・地震時の損傷確率の算定方法の概要とそれを用いた試算例を示した。今後は、本研究では対象としていない常時のせん断に対する損傷の評価も取り入れた検討を実施したいと考える。

参考文献

- 1) 中川貴之, 瀬下雄一, 堤知明, 安田登: 塩害劣化環境下にあるRC構造物の維持管理支援システムの開発, コンクリート工学 VOL40, 2002.3, pp.53-pp58.

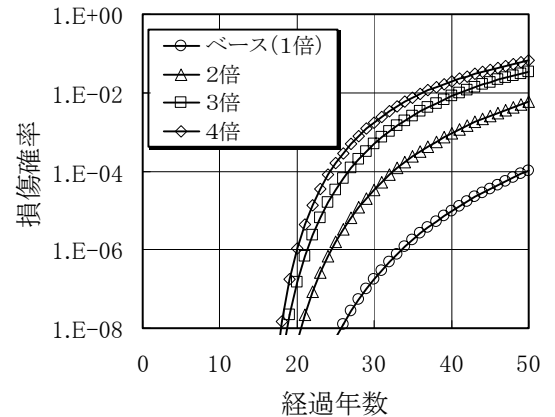


図-3 常時の経過年数－累積損傷確率

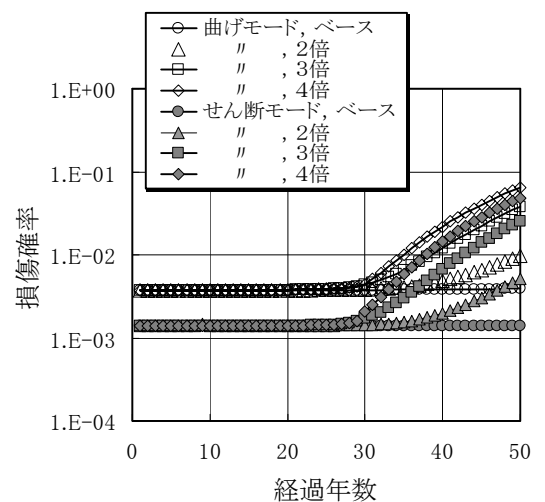


図-4 地震時の経過年数－年損傷確率

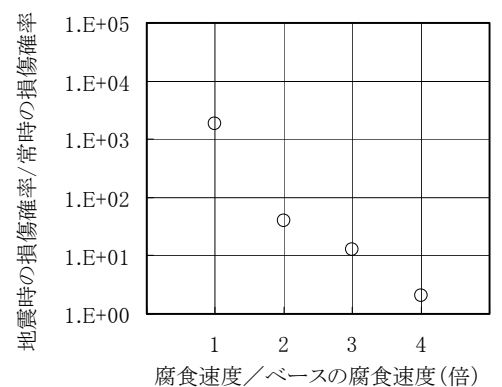


図-5 常時と地震時損傷確率の比較