

RC の経年劣化を考慮した高架橋地震被害額期待値の評価

(株)大林組技術研究所 正会員 ○江尻 譲嗣

(株)大林組技術研究所 正会員 田中 浩一

(株)大林組技術研究所 正会員 松田 隆

1. 目的

既存不適格土木構造物の耐震補強を促進させるためには、未補強の土木構造物が将来当該地点で期待される地震動強度を受けた際の被害額期待値(損失額期待値)とその耐震補強後の被害額期待値を算定しそれらの比較により補強費を含めても耐震補強した方が地震被害額期待値が小さいことを示すことが1つの誘引となる。

ここでは、定量的評価が難しい人命損失、第3者への環境被害、2次的経済損失等の間接被害は考えず、構造物の初期建設費と被害を受けた際の復旧費から算定された直接被害額を基に、RC の中性化による経年劣化を考慮した高架橋の地震被害額期待値をフラジリティー曲線を用いた手法により評価¹⁾した事例を示す。

2. RC 高架橋の地震被害額期待値評価法³⁾

被害額期待値算定のために必要なものは、2つに大別される。1つ目は、当該地点で将来期待される地震動強度の期待値である。2つめは、土木構造物の強度の期待値である。前者についてここでは、RC 高架橋の被害との相関の高い地震動の最大値指標である SI' 値(修正スペクトル強度)を採用し、その距離減衰式と

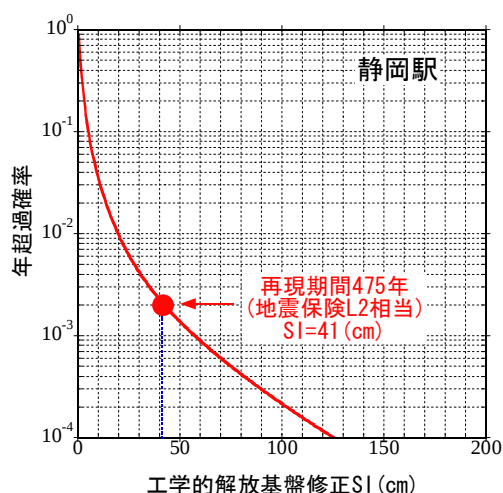


図-1 JR 静岡駅付近の地震ハザード曲線

当該地点周辺の地震環境(歴史地震データと活断層データ)を用いた地震危険度解析から求まる地震ハザード曲線を用いている。地震ハザード曲線は、地震動強度とそれの単年当たり発生確率(超過確率)の関係を示している。RC 高架橋を JR 静岡駅付近に想定して求めた地震ハザード曲線を図-1 に示す。後者としては文献 2 に示された 1995 年兵庫県南部地震の際の高速道路 RC 高架橋の実被害分析結果を基に、多数の RC 高架橋非線形地震応答解析により求めたフラジリティー曲線(未補強 S39:1995 以前の震度法設計, 耐震補強 H8:1996 年以降の保有水平耐力法設計)を用いた。フラジリティー曲線は構造物の被害程度(耐力)と地震動強度の関係を表すものでありその不確定性も考慮して設定されたものである。

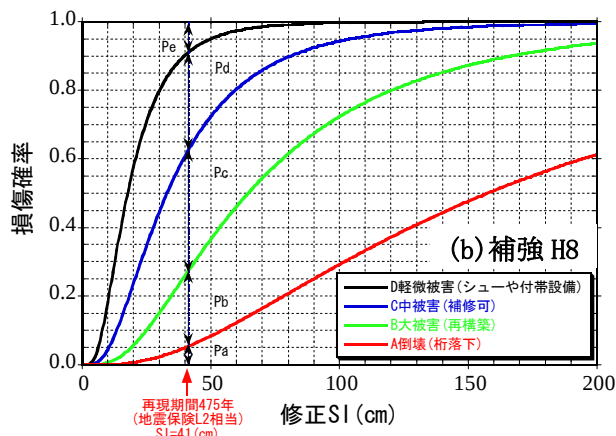
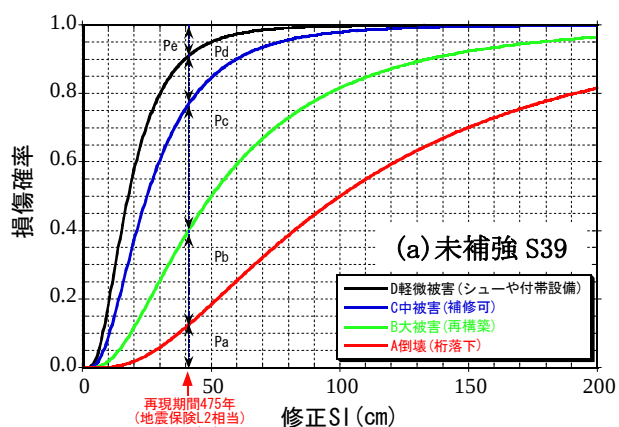


図-2 RC 高架橋のフラジリティー曲線

キーワード 地震被害額期待値, RC 高架橋, 経年劣化, 中性化, 修正スペクトル強度, フラジリティー
連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所土木構造研究室 042-495-9617

この不確定性の要因は、一般に土木構造物の構造的強度や材料強度のばらつきとしてとらえられている。RC 高架橋の被害ランクは5段階とし、A 倒壊、B 大被害(桁落下・倒壊等の解体撤去・再構築が必要なもの)、C 中被害(構造的に被害は受けている現地で復旧・補強が可能なもの)、D 軽微被害(シューや付帯設備の損傷)、E 無被害に分類し、それぞれに復旧費・再構築費から算定された地震被害額を割り当てた。地震被害額(億円)は高架橋延長 55m 当たりとし未補強 S39 の場合は 18.5、7.7、1.2、0.84、補強 H8 の場合は 26.3、10.9、1.6、1.0 とした。ちなみに 55m 当たりの初期建設費(億円)は未補強 H39 が 3.5、補強 H8 が 4.0 である。また、未補強 H39 から補強 H8 の補強費(億円)は 55m 当たり 1.225 とした。RC の経年劣化の要因としては、塩害・酸性雨・アルカリ骨材等の様々なものがあるが、ここでは全国的に一律に発生する可能性の

高い中性化によるものを取り上げた。図-3 に評価に用いたかぶり厚 5cm と 7cm の場合の RC 曲げ耐力劣化係数の経年変化を示す。鉄筋の腐食開始は、既往の予測式⁴⁾による中性化深さから算定した中性化残りが 10mm に達した時とした。その後の鉄筋の断面積欠損速度、鉄筋表面の腐食量をそれぞれ 0.01mm/年、2mg/cm²/年と仮定した。一般に鉄筋の腐食が 10mg/cm²/年に達すると腐食ひび割れが発生する。したがって、中性化残りが 10mm に達した時から 5 年間は鉄筋の断面積が徐々に減少し、5 年後にかぶりが剥落すると仮定したことになる。

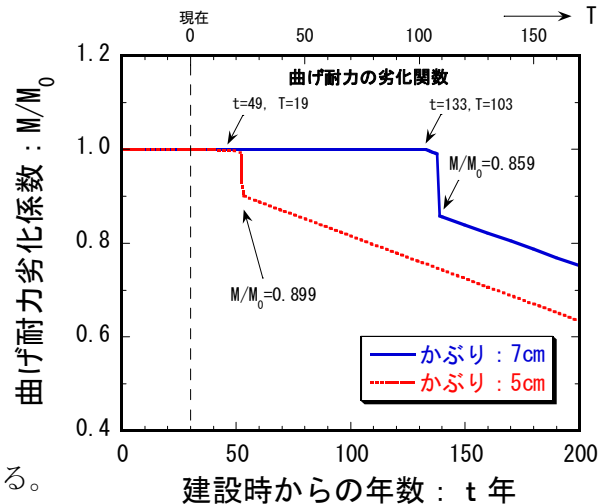


図-3 曲げ耐力劣化係数の経年変化

経年劣化による曲げ耐力の低下は、被害ランク毎の被害頻度の対数正規分布の中央値を劣化に応じて地震動強度の低い側にシフトすることで考慮し、その割合は無補強 H39 と補強 H8 の中央値の比率から設定した。

3. 地震被害額期待値の評価結果とまとめ

図-4 には、地震ライフサイクルコスト (LCC) で見た中性化の有無による地震被害額期待値の相異を示した。

中性化無は、かぶり厚 5cm で経年数を 40 年とした。これらの比較から中性化の有る場合は無に比較して、早い時期に未補強の場合の LCC が耐震補強のそれを上回り、現時点で耐震補強することのメリットが確認された。以上から RC 高架橋の地震被害額期待値の算定には、種々の経年劣化要因を考慮することが重要である。

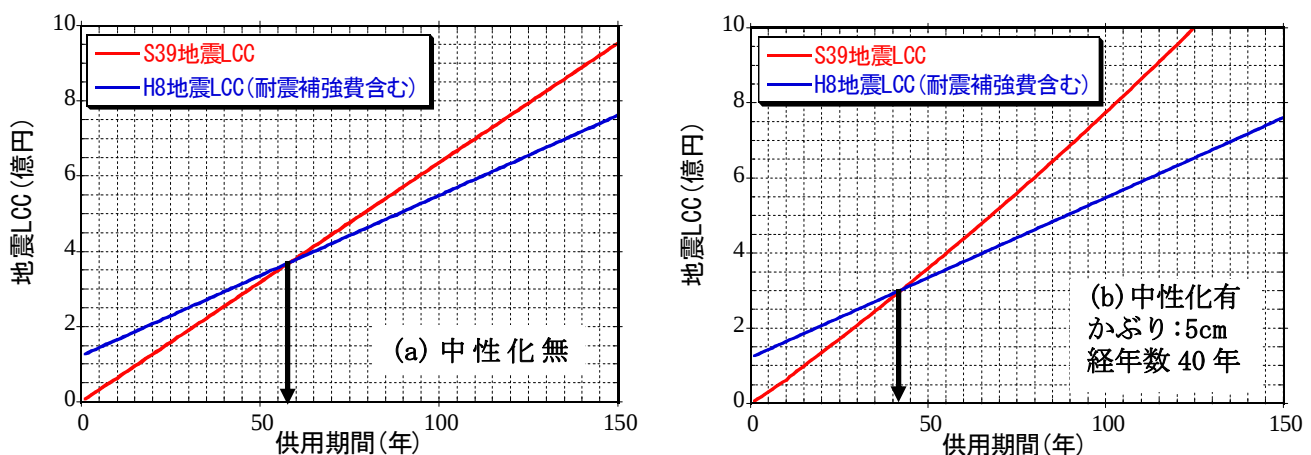


図-4 地震ライフサイクルコスト (LCC) による中性化による劣化有無の場合の地震被害額期待値

参考文献 1) 諏訪他: 免震住宅と地震ライフサイクルコスト, 第 9 回免震フォーラム, 日本免震構造協会, 2002、2) 耐震基準小委員会: 土木構造物の耐震設計における新しいレベル 1 の考え方 (案), 土木学会地震工学委員会, P. 46-87, 1997、3) 阪神高速道路公団・土木学会: 地震リスク評価に基づく道路橋の耐震設計に関する研究業務, P. 51-59, 2005、4) コンクリート工学委員会編: コンクリート標準示方書[維持管理編], P. 84-87, 2001