

地震リスクを勘案した既設 RC 橋脚の維持管理計画

関西大学大学院理工学研究科 学生員○高橋和也 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 藤井久矢
関西大学総合情報学部 正会員 古田 均 関西大学環境都市工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき

今日、膨大な土木構造物の老朽化が懸念されている。災害の多いわが国にとってそれらの安全性の確保は大きな課題で、限られた予算内で要求性能を保持しつつ長寿命化を図るには、効率的な維持管理が望まれる。

ここでは、劣化過程下にある RC 橋脚を対象に、地震リスク分析によって、その安全性を評価する。その結果をライフサイクルコスト(以下、LCC と称す)に反映させ、さまざまな維持管理シナリオに対してコスト分析を行い、安全かつ経済的な維持管理を検討する。

2. 劣化過程下にある RC 橋脚の維持管理計画

2.1 RC 橋脚の LCC

地震リスクが RC 橋脚の維持管理計画に及ぼす影響を LCC 分析によって検討する。LCC は、社会基盤施設が供用されてから機能を失って寿命を迎えるまでにかかる総費用のことで、

C_LCC = C_I + \sum C_m + \sum P_f C_f (1)

で与えられる。ここに、C_I；初期建設費、C_m；維持管理費・更新費、P_f；供用期間中の損傷確率、C_f；地震による損失費である。

2.2 塩害によって鉄筋が腐食した RC 橋脚の性能低下

塩害による鉄筋腐食によって耐震性能が時々刻々と低下する既設 RC 橋脚を対象に LCC 分析を行う。そこで、平成 14 年度版の道路橋示方書に準拠して設計された T 型 RC 橋脚をモデルとする。ちなみに、本橋脚は固有周期が 0.5sec、地震加速度が 1,715gal、許容塑性率が 4.9、等価震度が 0.59、地盤種別が II 種地盤のもとで設計されている。RC 橋脚の高さは 10m で、その断面図を図-1 に示す。

RC 橋脚が塩害により劣化すると、鉄筋の断面積は時間とともに減少し、耐震性能は低下する。文献 1) を参考に塩害による鉄筋断面積の減少と地震時保有水平耐力の劣化進行過程を描けば、図-2 を得る。図中、道示で規定される要求性能レベルを水平線で示す。

2.3 地震リスクの算出

腐食により劣化する橋脚の地震リスクを検討する。地震が発生する確率を地震加速度 100~2,000gal の範囲で考えるため、中島が提案する高地震帯におけるハザード曲線 2)を準用した。また、橋脚の損傷確率は、経過時間と作用地震入力パラメータから作成された fragility 曲線を用いて算定した。これら 2 本の曲線から文献 3)にある被災度ランク別に地震損傷確率を算出すると図-3 を得る。地震損傷発生確率を、被災度別の損失コスト 3)に乗じて地震リスク費が求まる。

3. 管理水準の異なる維持管理シナリオとその LCC 分析

供用年数を 100 年とし、管理水準が異なる 8 ケースのシナリオを表-1 のように考え、補修の工法と効果を設定した。初期建設費は橋脚の材料費のみとし、本橋脚では 1,200 万円とした。また、維持管理費と更新費を道路保全技術センターの方法 4)に従って算出した。管理水準を満足するように維持管理を行えば、補

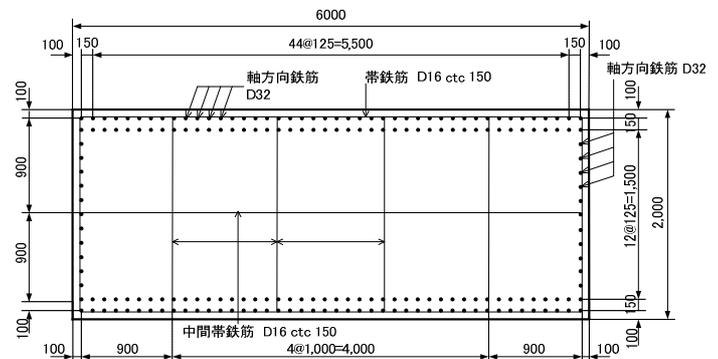


図-1 橋脚断面図

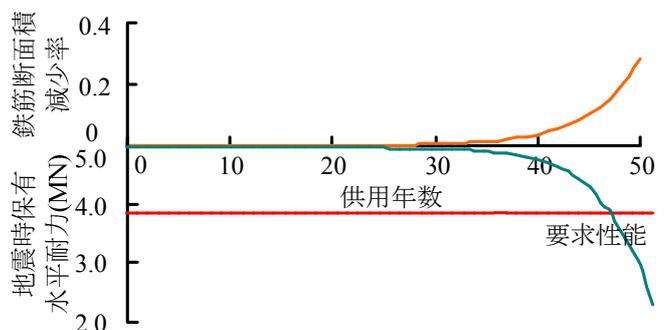


図-2 劣化に伴う鉄筋減少と性能低下

キーワード：RC 橋脚、地震リスク、塩害、LCC、維持管理

連絡先：〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL.06-6368-0882 FAX.06-6368-0882

修・補強, 更新の時期は図-4 のようになる.

シナリオ S1~S8 に対して C_{LCC} を算出すれば, 図-5 を得る. 補修しないシナリオ S1 は更新費, 地震リスクともかなりの額になった. 維持管理費に注目すれば, シナリオ S2 と S3 の計画が優れているが, S2 と S3 は地震リスクが多いため, 地震時の被災を抱えた維持管理計画である. このことを踏まえ, 地震リスクが低減できるシナリオを考えると, S4~S8 の計画が立案できる. このうち, シナリオ S5, S6, S8 の計画は地震リスクがほぼ解消されるが, 過剰な保全が否めない. それゆえ, 維持管理費が多く費やされる. シナリオ S7 は維持管理費が増えるものの, 地震リスクが抑えられ, C_{LCC} の改善がなされている. シナリオ S4 は補修の回数がほかに比べて増えるが, 地震リスクの低減と維持管理費用の削減が図られている. このように, 地震リスクを考えると, さまざまな維持管理計画の良否を判定でき, 維持管理のシナリオ選定に活用できる.

4.あとかき

本研究では, 既設 RC 橋脚の安全かつ経済的に維持管理できるシナリオを考えた. 得られた結果をまとめると, つぎのようである.

- 1) 地震リスクを低減する維持管理を考え, 地震リスクの減少と維持管理費の増加の関係を示した.
- 2) 地震リスク分析によって, 考案された維持管理計画の良否を判定する有用性を示した.
- 3) 地震リスクを勘案した LCC を分析することで, 予防保全と耐震補強を行う維持管理が事後保全のそれと比較して安全な維持管理手法であることを明らかにした.

参考文献

- 1) 玉越隆史: 道路橋の計画的管理に関する調査研究-

橋梁マネジメントシステム-, 国土技術政策創造研究所資料第 523 号, 2009-3.

- 2) 中島正人: 高地震帯における地震ハザード評価方法の提案-対象期間における地震の複数回発生を考慮した検討-, 電力中央研究所報告, 研究報告N08069, 2009-7.
- 3) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会: 阪神・淡路大震災調査報告-土木構造物の応急復旧, 補修, 補強, 土木学会, 1999-1.
- 4) 道路保全技術センター: 橋梁マネジメントシステム 詳細資料, 2005-11.

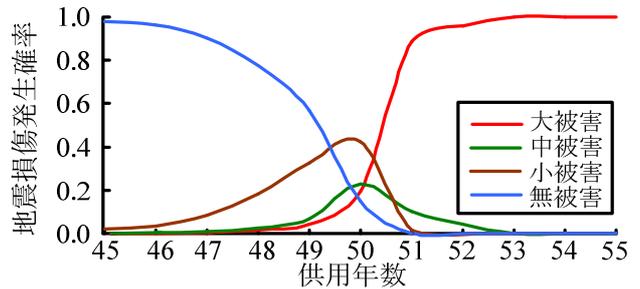


図-3 地震損傷発生確

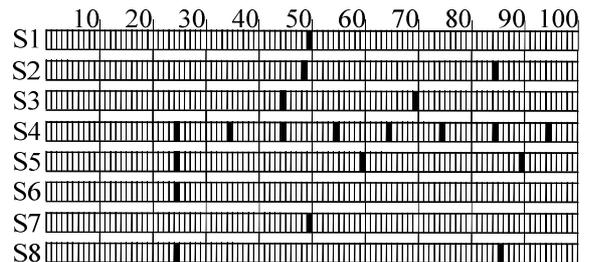


図-4 シナリオごとの補修補強, 更新時期

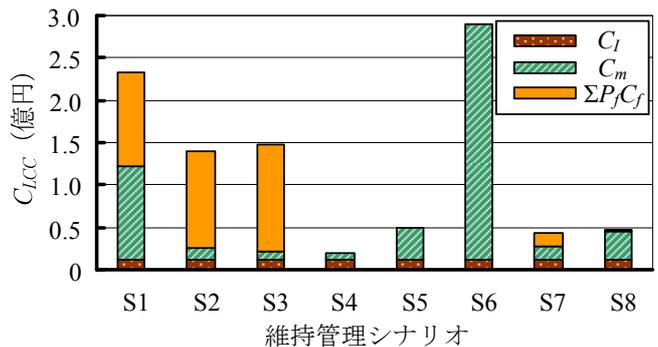


図-5 シナリオ別 LCC

表-1 維持管理シナリオと補修補強効果

シナリオ	維持管理区分	管理水準	適用工法	効果
S1	更新	供用不可	更新	100%の回復
S2	事後保全	鉄筋減少率20%	大断面修復+表面被覆	鉄筋断面の減少を35年間抑止する
S3	事後保全	鉄筋減少率10%	小断面修復	鉄筋断面の減少を25年間抑止する
S4	予防保全	塩化物イオン濃度0	表面被覆	塩化物イオン濃度の上昇を10年間抑止する
S5	予防保全	塩化物イオン濃度1.2kg/m ³	脱塩	内在する塩化物イオン濃度をゼロにする
S6	予防保全	塩化物イオン濃度1.2kg/m ³	電気防食	適用期間内の塩化物イオンの侵入を防ぐ
S7	耐震補強	鉄筋減少率25%	RC巻立て+大断面修復	地震時保有水平耐力を向上させる
S8	耐震補強	塩化物イオン濃度1.2kg/m ³	RC巻立て+脱塩	塩化物イオン濃度をゼロにし耐力を向上さ