

ライフサイクルコストの最小化による RC 橋梁部材の維持補修計画

山口大学大学院 学生会員 ○ 足立 龍一郎
 広島工業大学工学部 フェロー会員 中山 隆弘

1. 緒言

わが国でも高度経済成長期に大量に建設された道路構造物の高齢化に伴い、補修・更新が必要な道路構造物が飛躍的に増大している。

そのような状況下では、今後、ライフサイクルコスト（以下 LCC と称する）の最小化による建設および維持・管理計画の確立が必要不可欠である。すなわち、事業計画の策定や設計にあたり、事業に必要な費用としては、工事費（初期コスト）だけでとらえるのではなく、計画・設計から工事そしてメンテナンスまでの全過程を考慮し、そのうえで事業の経済性や有効性を検討し、事業全体のコストを縮減する必要がある。

そこで本研究では、部分的にやや問題があるものの、Frangopol ら¹⁾や関ら²⁾の研究や実際の修繕・補強工法を考慮して開発された解析プログラム³⁾を活用し、RC 橋梁部材の LCC 最小化について検討を進めた。

2. 広島市の維持管理業務の現状

研究に先立ち、まず広島市における実際の維持管理の現状を調べた。それによれば、現時点における橋梁の維持管理については、「道路維持修繕要綱」（日本道路協会）を基に維持修繕が行われているようであり、日常点検、定期点検といったものは行っておらず、不定期に点検が行われているが現状である。その際の点検については、橋梁台帳を基に建設年度や橋種などを調べ、方法としては一般には目視で行い、詳細な点検を行う場合には、ひとつの橋梁だけではなく、ある区間ごとにまとめて数十橋の橋梁の点検を行うようである。ただし、強い地震の発生後のような緊急事態の場合には、臨時点検が行われる。なお、最近では 1995（平成 7）年 1 月 17 日の阪神・淡路大震災後に道路構造物に対する震災点検が全国的に重要視され、広島市でもほとんどの橋梁に対して震災点検が行われ、特に老朽が進んでいる主要な橋梁については落橋防止を設置するなどして補強が行われた。その他、架設年代が古い橋梁に関しては、市民・区民からの要望やその橋の重要性から、歩道専用の橋が新設されたり、道幅の拡幅

どのメンテナンスが行われている。特に、佐伯区内の瀬戸内海に面している橋梁は鋼部材の腐食が激しく、区民からの苦情も多いようである。

以上が広島市の橋梁における維持管理業務の実態である。既存橋梁に対する定期点検は行われておらず、市民・区民からの苦情・意見などがあってはじめて点検・補修をするというように、実際には何か具体的な不具合が発生した段階で補修する「事後保全」が現状である。したがって、本研究のように計画的な保全措置を行うことにより不具合などの発生を未然に防止する「予防保全」の考え方はまだないと言える。

3. 解析モデル

解析の対象とした構造部材は、Frangopol らにより AASHTO の基準で設計された橋梁の RC 桁である（図 1）。この設計断面は、初期の信頼性指標 $\beta=3.48$ と $250.0(\text{kN}\cdot\text{m})$ の平均曲げ耐力を有している。

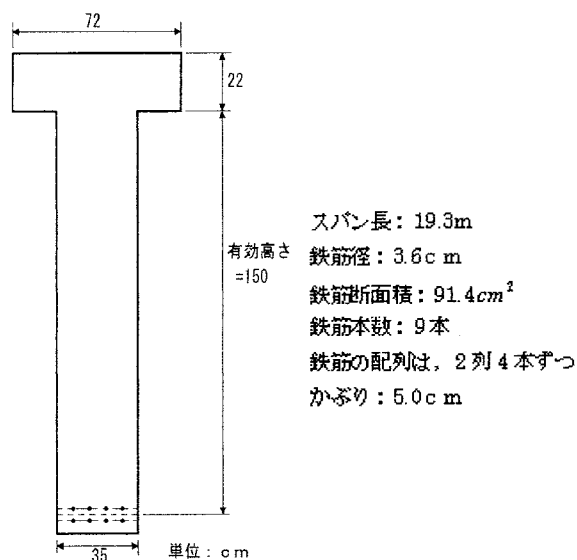


図 1 橋梁 RC 桁の横断面図

4. 解析結果および考察

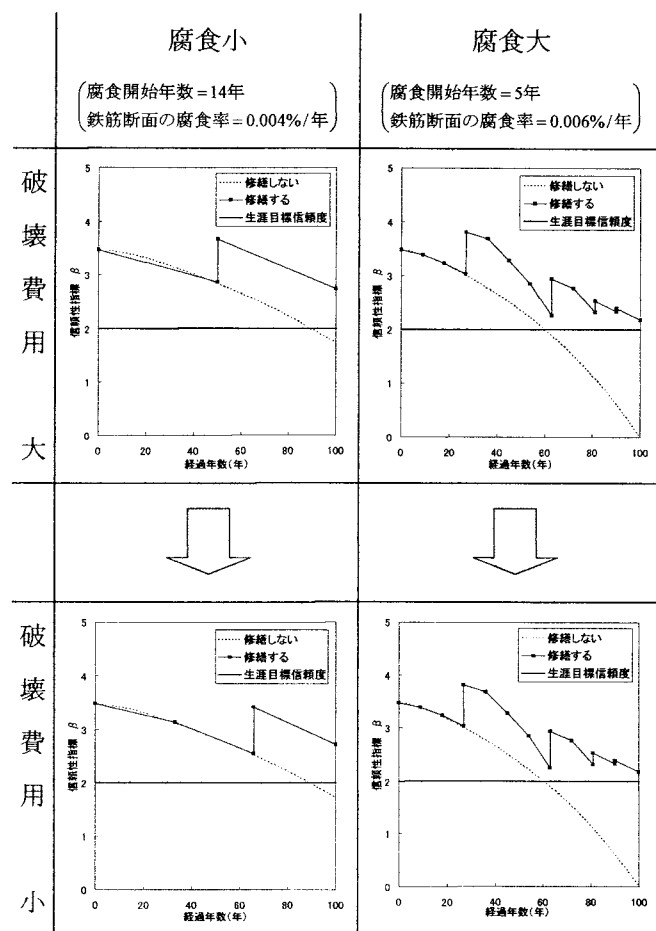
解析方法や解析のケースについては紙面の都合で省略し、解析結果のみを報告する。

4.1 破壊時に必要な費用による修繕パターンの違い

まず、桁の破壊時の費用を Frangopol が用いた値（12716 万円）とした場合と、構造物の初期費用の 10 倍（1580 万円）と仮定したときの修繕パターンの違いを検

討するために表1(補強判断値 β が3.1の場合)を示す。

表1 解析結果(1)



表より、腐食の進行が小さい場合の最適点検回数が1回であるのに対し、腐食の進行度が大きい場合には、点検回数が増えることが理解できる。すなわち、前者の場合にはある程度事後保全の考え方もあり得るが、後者の場合には、予防保全が望ましいと考えられる。なお、図から分る様に補強後の信頼性の向上効果がかなり低い場合があり、この点に本研究で用いた解析プログラムの問題があった。これについてはその後山崎⁴⁾によって改良が行われている。ただ、補強後に設計時よりも信頼性が高くなるような結果になっている点については現在も引き続き検討を行っている。

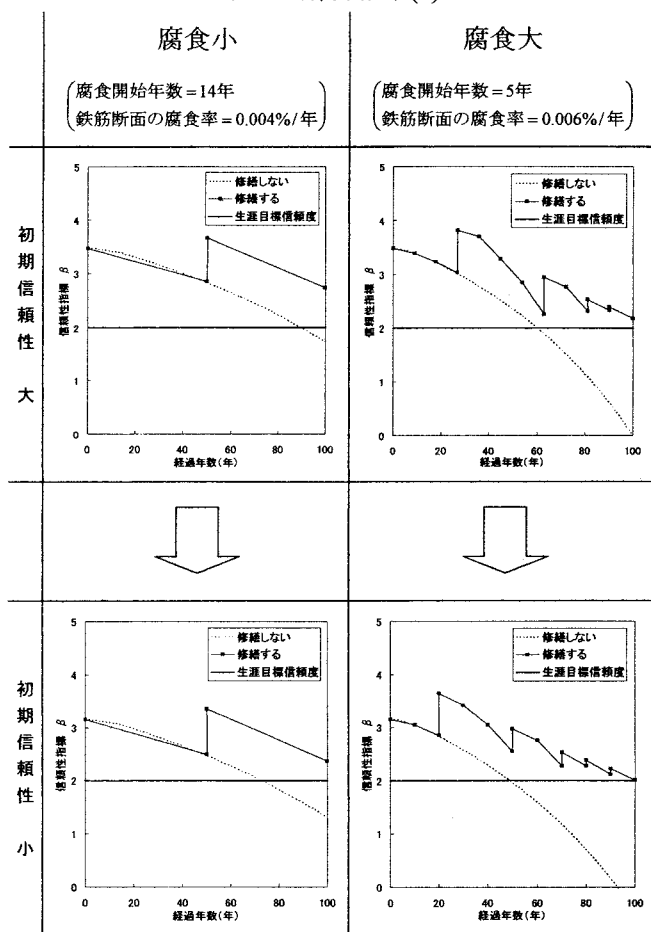
4.2 初期信頼性を低くした場合の解析結果

次に、作用モーメントを Frangopol が用いた値 (1080 kN・m) とした時と、初期信頼性を下げるために、その1割増にした値 (1188 kN・m) とし、部材の維持管理計画が異なるのかどうかについて検討した。その結果は表2のとおりである。

表より、鉄筋の腐食の進行が小さい場合には、初期の信頼度にあまり関係なく、修繕パターンに大きな違

いがないことが分る。一方、海岸付近のように鉄筋の腐食の進行が大きい場所では、より多くの修繕を必要とすることが理解できる。

表2 解析結果(2)



5. まとめ

今回の解析結果から、腐食率によらず補強判断値 β を3.0程度にしたときに期待LCCが最小値になった。ただ、腐食率が大きい環境下では、腐食率が小さい場合よりも補強判断値をより大きくする方が望ましい結果が得られた。また、本解析条件の下ではあるが、事後保全よりも予防保全の方が構造物を維持していく上で合理的であるとの結論を得ることができた。

<参考文献>

- 1) D. M. Frangopol, Kai-Yung Lin, A. C. Estes: Life-Cycle Cost Design of Deteriorating Structures, Jour. of STRUCT. ENG., Oct., 1997.
- 2) Lukuan QI, 閔博: 鉄筋腐食によるコンクリートのひび割れ発生状況およびひび割れ幅に関する研究, 土木学会論文集, No. 669/V-50, pp. 161-171, 2001.2.
- 3) 福島康訓: 信頼性工学手法によるRC橋梁部材の維持・補修に関する基礎的研究, 広島工業大学大学院修士論文, 2003.2.
- 4) 山崎雅夫, 中山隆弘: 期待LCCに基づく鉄筋コンクリート橋梁部材の最適維持・補修計画, 平成17年度土木学会中国支部研究発表会講演概要集, 2005年5月.