

遺伝的アルゴリズムを用いたコンクリート橋梁群の 最適維持管理計画の策定

鹿島建設 正会員 中原 耕一郎
 関西大学 正会員 古田 均
 鹿島建設 正会員 伊藤 弘之

1. はじめに

コンクリート構造物の性能は、塩害や中性化などの経年劣化によって低下するため、構造物の使用上、安全上の機能を供用期間中にわたって満足させるような維持管理が必要となる¹⁾。この維持管理計画の策定には、対象範囲にある全構造部材の補修・補強及び更新にかかるライフサイクルコストを最小化することが求められる。本研究では、異なる劣化環境下にある複数の橋梁を対象とし、最適な維持管理計画の策定に対して遺伝的アルゴリズム(GA)²⁾の適用可能性を示した。

2. 検討条件

検討対象として、海岸付近を通る連続する10基のコンクリート橋梁群を想定した。これらは、橋脚及び上部工(鋼製桁とRC床版の合成構造)からなり、1径間は6つの構造部位(橋脚上部、橋脚下部、沓、桁、床版)(床版は橋軸方向支承部及び中央部で構成することとした(図-1))。

また、劣化機構として、(1)環境作用が原因の劣化(塩害または中性化)と、(2)繰り返し荷重による疲労を考慮した。ここで、各橋梁の環境条件として表-1に示す劣化機構を設定した。

部材の性能は、性能指数(IP)を用いて健全時に有している性能に対する割合で表す。(1)橋脚の性能低下は環境作用の影響が主要因と考え、鉄筋残存率の考え方をもとに、図-2(a)に示す鉄筋腐食のモデルを用いる。(2)沓の性能低下は繰り返し荷重の影響を想定し、図-2(b)に示す耐用年数で表す。(3)床版の性能低下は、環境作用と繰り返し荷重の両方の影響によると考え、鉄筋残存率及び疲労に対する耐用年数を比較して劣化の進行が速い方で代表させる。

3. 性能低下に対する対策

構造物の性能低下に対して補修を実施する。本研究では構造物の補修対策として、無対策、補修・補強、更新、架替等のいずれかを選択肢とした。一例として、橋脚及び床版の対策工法とその効果を表-2に示す。

4. ライフサイクルコスト

橋梁群全体の工事費用を年度ごとに積算し、供用期間中の各年度工事費用を合計したものをライフサイクルコスト(以下、LCCと呼ぶ)と定義する。施工単価は実勢のマクロ単価を参考に設定した³⁾。LCCの算定にあたっては、同時に補修することによる足場費用削減の効果と、直接工事費が大きいほど間接工事費の割合が小さくなることを考慮した⁴⁾。

5. 遺伝的アルゴリズムの適用

本研究では可変長GA³⁾を用い、個体数を2,000個体とした。維持管理計画を策定する際の必要条件は、各部位の性能指数が0.8を下回らないこと、供用期間(100年とする)中の維持管理にかかる工事費用を最小とす

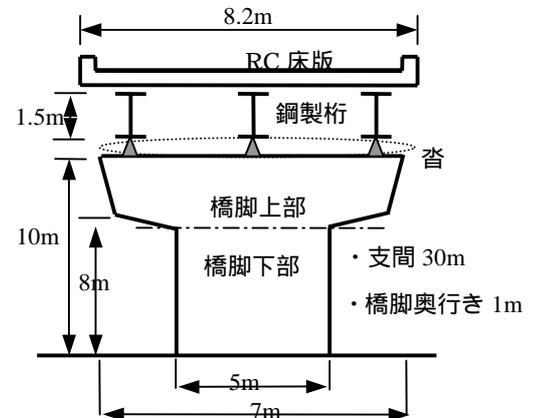


図-1 部材構成

表-1 劣化機構の設定

橋梁名	環境作用による劣化機構
橋梁 00	中性化
橋梁 01	中性化
橋梁 02	塩害(弱)
橋梁 03	塩害(中)
橋梁 04	塩害(強)
橋梁 05	塩害(中)
橋梁 06	塩害(強)
橋梁 07	塩害(中)
橋梁 08	塩害(弱)
橋梁 09	塩害(弱)

キーワード 遺伝的アルゴリズム, ライフサイクルコスト, コンクリート, 最適化, 維持管理

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL03-5561-2168 FAX03-5561-2153

表 - 2 橋脚・床版の対策工法

部位	対策工法	平均的な効果の内容
橋脚 床版	表面塗装	性能低下を7年間抑止
	表面被覆	性能低下を10年間抑止
	断面修復 (鉄筋補強)	性能指数を100%まで回復．その後は初期の劣化曲線に従って劣化する
	脱塩 (再アルカリ化)	現状の性能指数から初期の劣化曲線に従って劣化する
	電気防食	性能低下を40年間抑止
	断面修復 及び表面被覆	性能指数を100%まで回復させ、性能低下を10年間抑止．その後は、初期の劣化曲線に従って劣化する

ることとした．これらの条件を定式化した適応度関数を式(1)に示す．

$$F = -LCC - G \quad \max \quad (1)$$

$$G = \max\{0.8 - IP, 0\}$$

ここで、F：適応度，LCC：各年度の工事費用の合計
：ペナルティ係数，IP：性能指数

6．検討結果

LCC 合計値の収束状況を図 - 3 に示す．この結果から、世代の進行とともに LCC は抑制され、約 1000 世代目以降で LCC は一定の値となっており GA 処理はほぼ収束したと考えられる．

結果の一例として、劣化条件の最も厳しい橋梁 04 の維持管理計画策定結果を図 - 4 に示す．同図では、構成する 6 つの部位のスケジュールを示している．

このケースでは、同一年度に複数の対策工が計画されている．これは、補修・補強を同時に実施することにより、工事費用が抑制されるように最適化が行われているためである．

7．まとめ

GA を適用することによりコンクリート部材の補修・補強計画をそのままモデル化し、最適計画案の策定が可能になった．

今後の課題として、計算量の軽減及びウィルス型遺伝子の適用性について検討の予定である．

参考文献

- 1)コンクリート標準示方書[維持管理編], 土木学会, 2001.
- 2)古田・杉本: 遺伝的アルゴリズムの構造工学への応用, 森北出版, 1997.
- 3)伊藤, 古田: ライフサイクルコストを考慮したコンクリート橋梁群の最適維持管理計画の策定, 第7回システム最適化に関するシンポジウム, 2001.12.
- 4)平成 13 年度版 国土交通省土木工事積算基準, (財)建設物価調査会, 2001.
- 5)Hiroyuki Ito: An Optimal Maintenance Planning for Many Concrete Bridges Based on Life-Cycle Cost, Proc. of 1st International Conf. on Bridge Maintenance, Safty and Management, 2002.7.

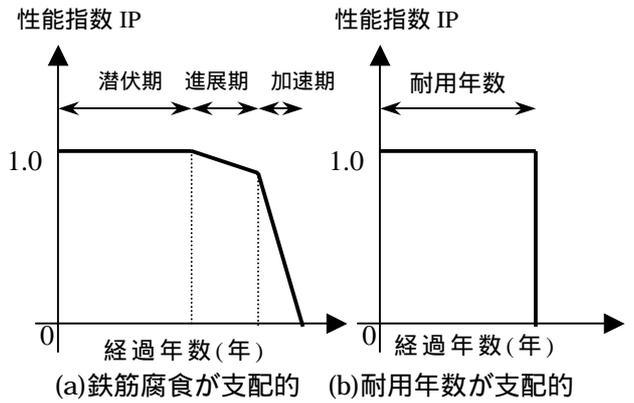


図 - 2 性能低下の概念

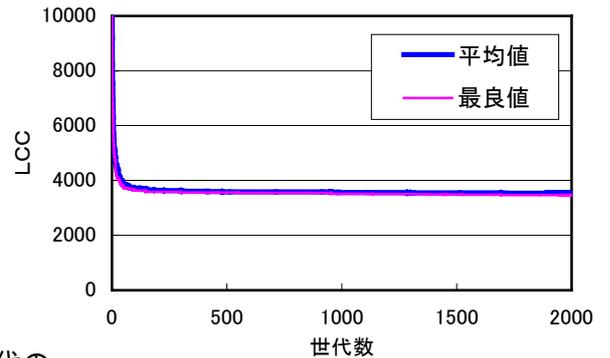


図 - 3 最適化計算結果

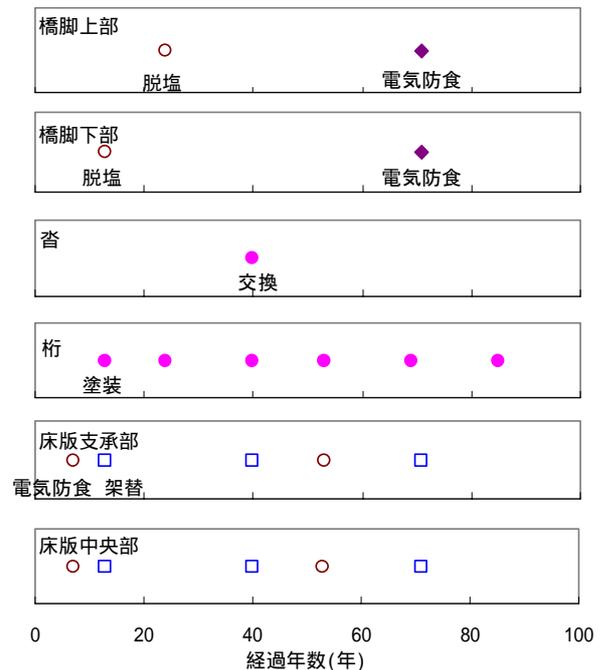


図 - 4 維持管理計画策定結果