

BMS における維持管理計画最適化の検証と複数橋梁の維持管理計画策定

山口大学大学院 学生員 ○鬼丸浩幸 (株) 中央システム 粟村哲志
山口大学工学部 正会員 宮本文穂 山口大学工学部 正会員 中村秀明

1. はじめに

橋梁の維持管理業務に要する費用は、近年の著しい損傷を持つ橋梁の増加と共に増大している。そこで、限られた予算内で合理的かつ効率的な維持管理を行うことは、橋梁を長期間にわたって供用していくために必要不可欠である。このような背景のもと、本研究室では橋梁に対する維持管理業務の支援を目的とした「Bridge Management System」(以下、本 BMS)の開発を行ってきた。

本 BMS の機能の一つであるメンテナンプラン最適化機能¹⁾ (以下、本機能)は、対象橋梁をある期間維持管理していく上で最適な維持管理計画を策定する機能である。本研究では本機能をさらに充実させるため、新機能の追加や最適化手法の検証、さらに複数橋に対して維持管理計画を策定する機能拡張を試みた。

2. 新機能の構築

2.1 割引現在価値の導入

割引現在価値とは、将来に関わる費用を現在の現金価値に換算したものである。このとき使用する現金価値の低下率が割引率である。 t 年後の価格 (Cost) に対する現在の現金価値である割引現在価値 F は、割引率を r とすると (1) 式によって求められる。

$$F = Cost / (1+r)^t \tag{1}$$

r : 割引率
 t : 現在からの時間 (年)

2.2 ユーザ設定機能の構築

本 BMS において、維持管理対策として行われる補修・補強工法の効果や費用は、実際に橋梁を維持管理する専門技術者の意見を参考に定量化されたものである。しかし、これらの値はユーザによって用いる値が異なるものと考えられる。そこで、これらの値を確認・変更することのできる機能を追加した。この機能により、ユーザが各工法の劣化曲線や維持管理計画に対する影響を容易に比較することができる。

3. 維持管理計画最適化の検証

本機能における最適化手法には遺伝的アルゴリズム(以下、GAs)を用いている。GAs はアルゴリズムが単純であり高速に解を求めることができるが、局所解に陥りやすく必ずしも最適解を求めることができないという短所がある。そこで、その妥当性を検証するため、維持管理計画を GAs としらみつぶし法によって策定し両者を比較した。また、GAs に代わる最適化手法として、解の多様性を維持すると共に複数の準最適解を得ることが可能な免疫アルゴリズム(以下、IA)を適用させ、その結果についても比較・検証を行った。

表-1 に本機能における維持管理計画(対象部材：主桁)にかかるトータルコストを、GAs による準最適解としらみつぶし法による厳密解で求めた結果を示す。次に、表-2 に IA を最適化手法として同じ条件で適用した準最適解について出力結果を示す。ただし、維持管理計画の期間は 7 年で準最適解は 5 つとした。こ

表-1 トータルコストの比較

維持管理計画の期間(年)	厳密解(U)	G A による準最適解(U)
5	61.4	61.4[8], 71.2[1], 81.0[1]
6	61.4	61.4[7], 71.2[2], 82.4[1]
7	61.4	61.4[3], 71.2[3], 82.4[1], 111.4[3]
8	89.2	89.2[2], 99.0[2], 108.8[3], 111.4[2]

[]内は10回試行中の出力頻度

表-2 トータルコストの結果(7年)

計画番号	対策	コスト(U)	品質
1	1. 断面修復、樹脂注入 3. 樹脂注入	61.4	619
2	1. 断面修復、樹脂注入 2. 樹脂注入	61.4	611
3	1. 断面修復、樹脂注入 3. モルタル吹き付け、樹脂注入	71.2	644
4	1. 断面修復、樹脂注入 3. モルタル吹き付け、樹脂注入 7. ガラスクロス、樹脂注入	116	644
5	1. 断面修復、樹脂注入 3. FRP4枚接着or鋼板接着、樹脂注入 7. ガラスクロス、樹脂注入	214.5	1098

これらの結果, GAs では維持管理計画の期間が短い場合は解範囲が狭いため最適解が出力されることが多いが, 期間が長くなると解範囲が広くなるため解が不安定になり最適解が出力されない場合が多くなる。一方 IA では, 解の多様性を維持するアルゴリズムであるため, 厳密解が出力される確率も高く, 長期的な計画の作成であっても解は安定することから有用であると考えられる。

4. 複数橋レベルでの維持管理計画の最適化

本機能の最終的な目標は, ある地域内における道路網を構成する橋梁群全体を1つのネットワークとしてとらえるネットワークレベルでの最適維持管理計画を作成するシステムの構築である。しかし, 維持管理を行う橋梁をネットワークレベルで考慮すると, ネットワーク上の交通状況, 周辺状況や各橋梁の重要度など考慮すべき情報や条件が膨大となってしまう。よって本研究では, ネットワークレベルでの維持管理計画を考える前段階として, 考慮する情報や条件の少ない複数橋レベルでの維持管理計画の最適化を行うシステムの構築を考える。

4.1 解析期間と管理レベル

本研究では, 維持管理計画の複数橋レベルにおける新しい概念として「解析期間」と「管理レベル」を追加した。解析期間は従来までの各橋梁によって異なる予定供用年数に代わり, 複数橋における維持管理計画を考慮する期間を指す。管理レベルは道路区分による重要度を考えたその橋梁が保つべき最低レベルの平均健全度である。

4.2 問題設定

本機能における複数橋レベルでの維持管理計画の最適化の流れを図1に示す。

最適化を行う際の評価指標は, 従来よりある経済性(維持管理計画に必要なトータルコスト)と品質(解析期間における年毎の耐荷性と耐久性の平均健全度の和)に加え, 安全性(耐荷性あるいは耐久性の平均健全度が管理レベルを下回る年毎の回数)を設定した。経済性と安全性については最小化, 品質については最大化を目的とする。また予算と最小コストの関係により場合分けを行った。

4.3 実橋への適用

山口県内に架設されている5つの橋梁に対して専門家による点検を行い, その点検データを本BMSの劣化診断機能により劣化診断した。その結果を入力データとして用いた(表-3参照)。解析期間を20年, 対象部材を主桁, 割引率を5%として維持管理計画の最適化を行った。表-4に実行結果を示す。なお, 品質最大化の場合の予算は, 500(U), 予算配分最適化の場合の予算は300(U)とした。

5. まとめ

本研究の成果を以下に示す。

- ① 新機能を追加する事によりユーザインターフェイスが向上した。
- ② 最適化手法であるGAsとIAについて維持管理計画策定の最適化へ適用し, IAの妥当性を検証した。
- ③ 維持管理計画を複数橋に対して策定できるように機能拡張を行った。

参考文献

- 1) 宮本文徳, 河村圭, 中村秀明: Bridge Management System(BMS)を利用した既存橋梁の最適維持管理計画の策定, 土木学会論文集, No.588/IV-38, pp.191-208, 1998.3.

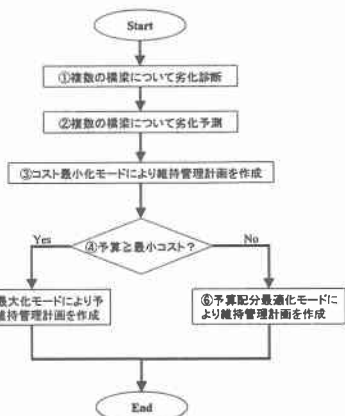


図-1 複数橋における維持管理計画最適化の流れ

表-3 入力データ

橋梁名	OU橋	TO橋	HA橋	NI橋	SI橋
橋齢(年)	29	42	43	58	41
主桁耐荷性	80.0	66.3	66.3	36.3	71.3
主桁耐久性	78.8	62.5	51.3	28.8	73.8
路線	一般国道	一般国道	主要県道	主要県道	一般県道
管理レベル	B	B	C	C	D

表-4 実行結果

最適化モード	コスト最小化	品質最大化	予算配分最適化
トータルコスト(U)	389.5	499.8	296.3
トータル品質	14526	16208	12743
安全性指標(回)			19