

# 既存橋梁の最適維持管理計画策定支援システム

山口大学 ○宮本文穂 山口大学 河村 圭  
山口大学 中村秀明

## 1. はじめに

本研究では、従来より開発を行ってきた「コンクリート橋耐用性診断エキスパートシステム」<sup>1)</sup>の診断結果を基に、予定の供用年数（余寿命）を満たすための維持管理計画が策定できるシステムの構築を行った。この維持管理計画問題は、対象とする橋梁の損傷程度に応じて、多数の補修・補強工法と施工時期との組み合わせによる組み合わせ最適化問題に帰着される。本研究で対象とするような組み合わせ最適化問題は、問題の変数、規模が非常に大きくなり、厳密な最適解を得ることが実用上困難である。このため、必ずしも最適ではないが実用上支障をきたさない程度の準最適解を効率良く求める方法として、近年生物の遺伝と進化を模倣した遺伝的アルゴリズム（GA）が注目されており、本研究においては、GAを用いた既存橋梁の維持管理計画の最適化を試みた。

## 2. 本支援システムの概要

**2・1 本支援システムの目的** 本支援システムは、その目標を「橋梁管理者がある既存橋梁のメンテナンスプランを考慮する際に、その意志決定の支援となる維持管理計画案が作成可能なシステムの開発」とし、**図1**に示される処理を行う。なお、本支援システムは統合型システムであり、「橋梁診断エキスパートシステム」および「メンテナンスプラン最適化システム」を有する。以下には、各システムの概要を記述する。

**2・2 橋梁診断エキスパートシステム<sup>1)</sup>** 本システムは、橋梁の維持管理に長年携わってきた専門技術者の橋梁診断における経験的な知識をコンピュータ上に移植し、橋梁台帳や簡易な目視点検結果等から得られたデータより、橋梁の総合的な性能評価を行う。

**2・3 メンテナンスプラン最適化システム** 本システムは、予想劣化曲線より部材劣化の現在までの進行経路と、これからの余寿命を予測し、対象橋梁の寿命が予定供用年を満たさないと判断されると、維持管理費用の最小化等を考慮した維持管理計画を作成する。ここで、主桁に対する維持管理計画の策定では、これに対して考慮される維持管理対策は、10通り（対策の必要なしを含む）あり、計画対象期間の各年において1対策が選択されることから、この策定問題は、組み合わせ最適化問題とみなすことができる。

**2・4 画面表示による本システムの流れ** 本支援システムの流れを実際の画面を用いて説明する。**図2**は、診断システムへの橋梁諸元および点検結果入力画面である。**図3**は、診断結果の出力画面である。この画面中のHowボタンを押すと、どのような推論により現在

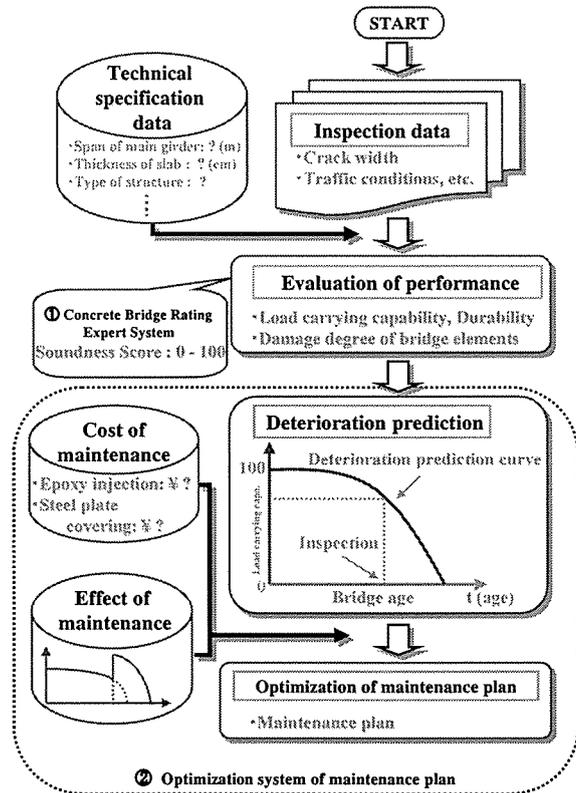


Fig.1 System flowchart

の診断結果が得られたのかを参照することができる。また、**図3**中の劣化予測ボタンを押すと、メンテナンスプラン最適化システムへ移る。続いてユーザは、現在対象としている橋梁の予定供用年数を入力する。この入力が終わると、**図4**が提示され、対象橋梁の余寿命および劣化曲線が提示される。ここで、対象橋梁が予定供用年数を満足することができない場合は、費用最小化を目的としたメンテナンスプランが探索される。**図5**は、システムが提案したメンテナンスプランである。**図6**は、このプランを採用したときの劣化予測とその余寿命を示す画面である。これにより、予定供用年数を満足させるための最小コストが分かる。

## 3. 遺伝的アルゴリズムの有効性の検証

**表1**には、費用最小化を目的として、解の全探索手法により得られたある橋梁に対する最適維持管理計画を示す。また、**表2**には、同じ橋梁に対して、GAを用いて最適化を行った結果を示す。GAは、解析期間が10年程度の場合では、かなりの頻度で最適解の探索を可能としていたが、**表2**に示されるように解析期間が15年程度になると、最適解が求まらない場合が多くなった。ただし、解析期間15年の計算時間は、同じ計算機を用いて、全探索手法では100秒またGAでは5秒であり、GAは高速に近似最適解を求めることができた。

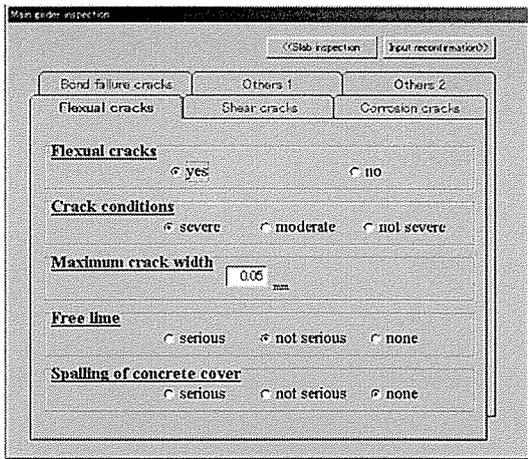


Fig.2 Inspection data input screen

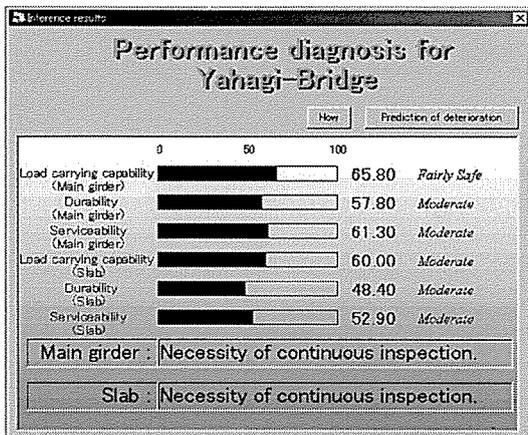


Fig.3 Performance evaluation output screen

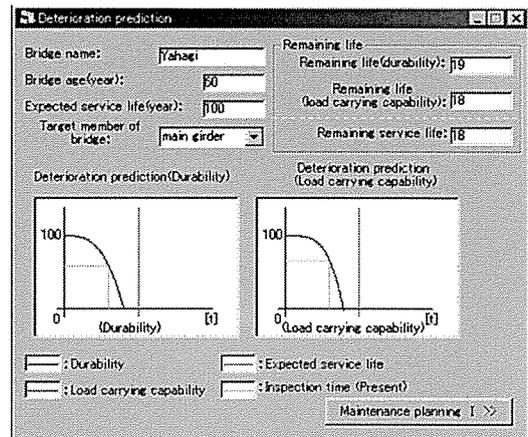


Fig.4 Deterioration prediction output screen

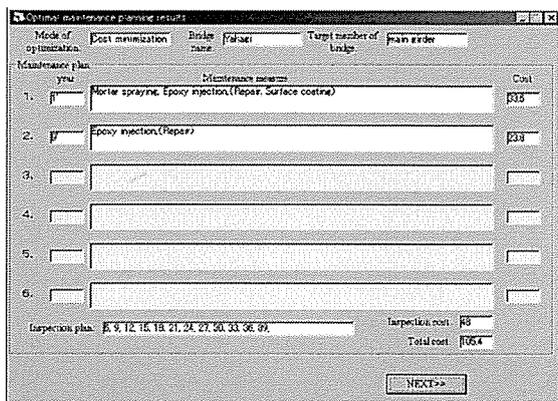


Fig.5 Maintenance plan (cost minimization) output screen

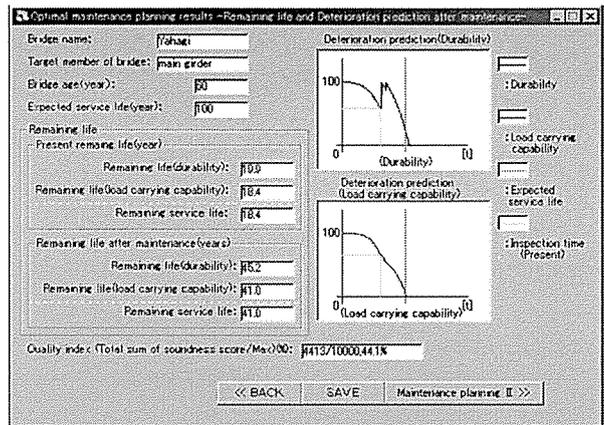


Fig.6 Deterioration prediction after maintenance output screen

Table 1 Optimum maintenance plan for cost minimization

Analysis period(years)	Year	Maintenance measure	Cost (U)
15	2003	Recovery of cross section, Epoxy injection	69.4
	2010	Epoxy injection	

Table 2 System outputs using GA (Analysis period: 15 years, Trial: 10 times)

Year	Maintenance measure	Cost (U)	F (times)	R
2003	Recovery of cross section, Epoxy injection	69.4	2	1
2010	Epoxy injection			
2003	Recovery of cross section, Epoxy injection	69.8	4	6
2008	Epoxy injection			
2001	Recovery of cross section, Epoxy injection	70.1	2	9
2010	Epoxy injection			
2002	Recovery of cross section, Epoxy injection	79.6	1	
2007	Mortar spraying, Epoxy injection			
2007	FRP covering(4 layers) or Steel plate covering, Recovery of cross section, Epoxy injection	101.2	1	

Note) F: Frequency, R: Rank

#### 4. まとめ

本研究は、既存橋梁の最適維持管理計画策定支援システムの開発を行った。また、維持管理計画策定問題に対するGAの有効性を検証した。

#### 参考文献

- 1) 宮本文穂, 河村圭, 中村秀明, 山本秀夫: 階層構造ニューラルネットを用いたコンクリート橋診断エキスパートシステムの開発; 土木学会論文集, No. 644 /VI-46, pp. 67-86, 2000. 3.