

神戸大学大学院 学生会員○松本正人 神戸大学大学院 学生会員 中川正樹
 神戸大学工学部 正会員 宮本文穂 阪神高速道路公団 正会員 足立幸郎

1. 研究の目的：我が国でも昭和30年頃から本格的な道路交通網の整備が始まり、それにともなって多くの橋梁が建設された。これらの橋梁の多くは老朽化が顕在化するようになってきつつあり、2010年頃には橋齢50年に達する橋梁の割合が35%にも達するといわれており、アメリカなどの諸外国の例にみられるように、橋梁の維持管理費用が新橋梁の建設費を圧迫するほどに増大することが予想され、BMSの重要性が認識されてきている。このような背景のもと、本研究では、限られた予算を有効に利用し、最適な維持管理計画を策定するための包括的なマネジメントシステム(BMS)の開発に取り組むことにした。以下にそのプロトタイプの構築例を紹介する。

2. BMS関連用語の定義：BMSを構築するにあたり、まずその関連用語の定義を行い、本BMSで用いる用語の意味を明確にすることから始めた。本研究で用いる主な用語の定義を表-1に整理する。

表-1 主なBMS関連用語の定義

橋梁マネジメントシステム(BMS)	高速道路および橋梁管理機関が、ある1橋の対象橋梁に対して最適な管理手法の選択を行うための維持管理システム。
耐荷性	橋梁部材の耐荷力に基づいて評価される橋梁の性能。例えば0～100の数値で表される。
耐久性	橋梁部材の劣化速度からみた、現時点における橋梁部材の劣化に対する抵抗性。例えば0～100の数値で表される。
補修	耐久性の劣化した橋梁部材の性能低下の経時変化曲線の勾配を緩和させるための維持管理対策。例えば、材料の中性化の防止、橋梁部材の塗装、ひびわれに対する樹脂注入など。
補強	耐荷性の劣化した橋梁部材の性能を増すための維持管理対策。例えば、外ケーブルによるプレストレスの導入、縦桁増設など。

3. 本BMSの特徴：以下に、本BMSの他の機関のもの¹⁾とは違う特徴をまとめた。

①橋梁診断エキスパートシステムの利用：BMSに不可欠な要素の1つとして、橋梁構成部材の現状の損傷度を把握する手法をもっていることがあげられる。本BMSでは、著者らが独自に開発中の橋梁診断エキスパートシステム²⁾によって行う。これは、専門家の持つ主観的曖昧さを含む工学的な知識を利用し、ユーザーは簡単な目視点検程度のデータを入力するだけで橋梁部材の現在の損傷度を把握できるものであり、本BMSの最も大きな特徴となっている。

②耐荷性、耐久性の明確な区別：橋梁部材の健全度を表す指標として耐荷性、耐久性の2つを定義し、同時に補修・補強の効果を明確に区別できるようにした。

③劣化予測式、予想劣化曲線の提案：橋梁構成部材の将来の劣化の予測手法として耐荷性、耐久性の2つの指標に対してそれぞれ次式に示す劣化予測式を用いることにした。

$$S_L = f(t) = b_L - a_L t^4 \quad (1)$$

$$S_D = g(t) = b_D - a_D t^3 \quad (2)$$

ここに、t:年数、 a_L , b_L , a_D , b_D :定数

耐荷性に関していえば、例えば鉄筋腐食のようにひとたび劣化が進行し始めるとその後急激に劣化が進行

Masato MATSUMOTO, Masaki NAKAGAWA, Ayaho MIYAMOTO, Yukio ADACHI

するという特徴をもっており、過去の実験データなどからおおよそ時間 t に関する4次関数に近い形で表現できることから、劣化予測式の次数を4にし、耐久性は耐荷性の微係数であるという概念から、耐久性の次数を耐荷性のものより1つ下げて3にすることにした。また、横軸に年数、縦軸に耐荷性あるいは耐久性の平均健全度を取り、劣化予測式をグラフ化した予想劣化曲線を用いて、これらを視覚的に表現することを考えた。

4. 補修・補強について

本BMSでは補修・補強の基本的概念を以下のように定義する。

- ・補修：耐荷性の劣化曲線の傾きの緩和および耐久性の劣化曲線の縦軸方向へのグレードアップ
- ・補強：耐荷性の劣化曲線の縦軸方向へのグレードアップ、耐久性には基本的には影響なし

耐荷性、耐久性の平均健全度は、供用開始時（橋齢0年）の時点で100であると定義し、補修を行うと耐久性は100にまで回復するものとする。しかし、補強を行うということは、古い基準で設計された橋梁構成部材の「レトロフィット」、すなわち時代とともに増加する交通荷重に耐え得るように耐荷機構自体を改善することを目的としているため、供用開始時での耐荷性の平均健全度100に対して、補強後は100以上の性能にまで回復すると考えられる。このような概念も劣化予測に取り入れることとした。

5. 本BMSの出力結果

以上にまとめた事項に基

表-2 「馬橋」床版の余寿命の出力結果の比較

	耐荷性からみた余寿命	耐久性からみた余寿命
本BMS	12.70 年	8.43年
エキスパートシステム	10.98 年	

ソフトを構築し、実際に実

表-3 「馬橋」床版の補強後の耐荷性からみた余寿命

	鋼板接着 (FRP4)	FRP2枚接着	床版増厚	縦桁増設	床版打替え
補強のみ	35.19年	28.13年	38.53年	24.38年	38.53年
+補修	50.90年	41.87年	55.11年	36.62年	55.11年

橋（橋齢60年の「馬橋」の床

版）のデータを入力した。表-2に本BMSの劣化予測式より求めた余寿命とエキスパートシステムの出力結果での余寿命を比較したものを示す。これをみると、劣化予測式がある程度の精度をもって余寿命を評価できていることがわかる。また、本BMSの出力より、この床版に対する維持管理対策として断面修復工法による補修が最適であるという結果が得られた。さらに、補修後の耐荷性、耐久性に関する余寿命はそれぞれ20.93年、21.25年とほぼ同じくらいになり、補修が効果的に行われたことを確認した。次に、この床版に補強を行った場合の各工法別の補強後の耐荷性からみた余寿命を計算した。その結果を表-3に示す。また、断面修復工法、床版増厚工法を用いた場合の対応する予想劣化曲線をそれぞれ図-1, 2に示す。

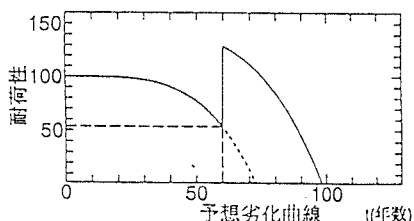
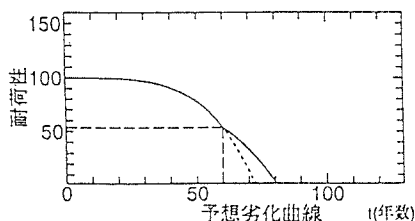


図-1 「馬橋」床版を断面修復工法で補修した場合 図-2 「馬橋」床版を床版増厚工法で補強した場合

6. 結論

本研究の成果を以下にまとめる。①BMSの開発にあたり、関連用語の定義をはじめとする様々な基本的事項について整理した。②橋梁部材の性能の劣化を予測手法として、劣化予測式を提案した。③BMSのプロトタイプを作成した。④本BMSに実橋のデータを入力し、ある程度の精度をもって橋梁部材の劣化予測を行えることを確認した。

参考文献 1)OECD Scientific Group:Bridge Management, OECD Research Report(1992)

2)木下和哉:知識の更新機能を有するコンクリート橋診断エキスパートシステムの実用化, 神戸大学工学部土木工学科卒業研究, 1992. 2.