

I-A 402 Bridge Management System(BMS)の構築に関する基礎的研究

山口大学大学院 学生員 河村 圭
 山口大学大学院 学生員 山岡 健一
 山口大学工学部 正 員 宮本 文穂
 山口大学大学院(栗本鉄工所) 正 員 串田 守可

1. はじめに

現在供用中の数十万橋にのぼる既存橋梁(支間長2m以上)の中には、老朽化に加えて急激な交通量の増加や車両の大型化に伴う著しい損傷を受けているものも多く、維持管理対策を急ぐべき状態のものが年々増加している。近い将来、これらの補修・補強対策費が新設橋梁の建設費を圧迫する事態になることが予想されることから、限られた予算で最適な維持管理計画作成を支援できるシステムの必要性が注目されてきている。本研究は、従来より著者らが開発してきた「コンクリート橋診断エキスパートシステム(以下エキスパートシステム)」¹⁾を利用することで、橋梁の劣化予測、補修・補強工法選定および必要な費用の算出が実行でき、維持管理対策を最適化することをねらいとした橋梁維持管理支援システム(BMS)の開発を行ったものである。

2. BMSの開発

(1) システムの概要

本BMSでは、最初に新設橋梁か既存橋梁かによって分岐を行う。新設橋梁の場合は建設費を標準的なものに比べて多くかけるときに、その使い方によって橋梁部材の劣化曲線に対する影響を予測し、ライフサイクルコストを最小化するようにBMS解析を行う。次に既存橋梁の場合は、まず簡便な目視点検を行い、その結果をエキスパートシステムに入力し、橋梁部材の点検時における健全度を評価する。そしてその点検結果をもとにして、劣化予測式より現在までの劣化の進行経路とこれからの余寿命を予測する。また種々の資料等より補修・補強工法とその効果、費用の関係をあらかじめ求めておき、劣化予想曲線への影響を考慮してBMS解析を行う。BMS解析の出力項目は、最適補修・補強時期、工法、必要な費用の総計(ライフサイクルコスト)である。

(2) システムの構築

a. 橋梁部材の劣化予測手法 橋梁部材ごとの健全度(損傷度)を表す指標として「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」「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」の2つを考え、それぞれについて「予想劣化曲線」を考える。エキスパートシステムからの出力結果である耐荷性、耐久性の平均健全度をそれぞれ S_L 、 S_D とおく。これを表す式として、耐荷性については過去の実験データからおおよそ四次関数に近いカーブを描くことから²⁾、以下に示す式(1)のように年数 t についての四次関数、一方、耐久性については式(2)のように耐荷性よりも次数が一つ少ない(微係数)三次関数で表した。

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

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

なお、耐荷性、耐久性の平均健全度は、供用開始時の値を100、その後の経年劣化によって最終的に0となったときを管理の限界に達したとみなし、架け替えが必要と仮定した。

b. 補修・補強工法

本研究では、上述の予想劣化曲線に及ぼす補修・補強効果をそれぞれ以下のように設定した。

表1 補修・補強工法の分類と効果(主桁)

工法	分類	耐荷性	耐久性	費用
樹脂注入	補修	傾きが半分に回復	100まで回復	23.80
断面修復	補修	傾きが半分に回復	100まで回復	14.00
鋼板接着	補強	表2 参照	70まで回復	112.50
FRP接着	補強	表2 参照	70まで回復	4枚112.50 2枚 78.00
外ケーブル	補強	表2 参照	効果なし	150.00

表2 設計年次別各補強工法による耐荷性回復度(主桁)

設計年次	鋼板接着 (FRP4枚)	FRP接着 (2枚)	外ケーブル
～1939年	130	120	150
～1956年	120	110	140
1956年～	100	100	100

＜補修の効果＞

- ・耐久性の平均健全度が新設時と同じ状態に回復する．
- ・補修後，耐久性の劣化曲線の傾きは変化しない．
- ・耐荷性の劣化曲線の傾きが補修工法に応じてある程度回復する．

＜補強の効果＞

- ・耐荷性の平均健全度は100以上に回復する．（設計基準の変遷を考慮して耐荷性の回復度を設定した．）
- ・補強後，耐荷性の劣化曲線の傾きは変化しない．
- ・鋼板接着，FRP接着工法のみ，耐久性がある程度まで回復する．

以上の補修・補強工法の効果と費用の具体的な設定例を表1および表2に示す．ここで，費用の単位U(Unit)は1 U=¥1,000/m²である．また，主桁の補修・補強工法選定フローの例を図1に示す．

c. 維持管理対策の最適化 本研究では，第一段階として経済性についてのみ考慮した．その方法としては，対象橋梁に予定供用年数を設定し，その年数を満足する維持管理対策の組み合わせを本システムで全て検索し，その中で総費用が最小となるものを選ぶものである．なお，総費用は，維持管理対策として選択された工法の合計費用である．

4. BMSの出力結果

本BMSによる出力結果の一例として，橋齢61年の「Y橋」³⁾の主桁について，予定供用年数を100年および120年と設定した場合の最適維持管理対策とその総費用を表3にまとめて示す．また，それぞれの最適化の結果に対応した予想劣化曲線の変化を図2および図3に示す．ここで，図2は補強と補修を組み合わせた対策であり，図3は補修を2回行い，その後補強を行う対策である．これらより，選択された補修・補強工法が設定した予定供用年数を満足していることがわかる．

5. まとめ

以下に，本研究で得られた結果をまとめる．

- ①BMSのプロトタイプを作成し，経済性を指標とした最適維持管理対策が提示できた．
- ②橋梁部材の性能を表す指標として，耐久性及び耐荷性を用い，補修・補強の区別を明確にした．
- ③劣化予測手法として劣化曲線を定義し，橋梁部材の劣化予測を行った．
- ④補修・補強工法の分類および効果を整理した．

最後に，本BMS構築に際して種々の援助を頂いた阪神高速道路公団の足立幸朗氏に感謝します．

- 参考文献 1)宮本文徳，串田守司，森本英典，木下和哉：コンクリート橋診断ニューロ・ファジィエキスパートシステムの開発と信頼性の向上，土木学会論文集No. 510，1995. 3
2)宮本文徳：道路橋梁新コンクリート床版の力学特性とその耐用性判定に関する基礎的研究，京都大学学位論文，1984. 9
3)山本秀夫，宮本文徳，河村圭：コンクリート橋診断ニューロ・ファジィエキスパートシステムの活用化，土木学会中国支部年報論文，1996. 5

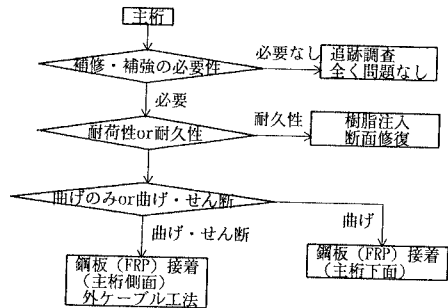


図1 工法選定フロー（主桁）

表3 最適維持管理対策と費用の関係（主桁）

予定供用年数	橋齢(年)	維持管理対策	予想寿命(年)	総費用(U)
100	61	FRP2枚(補強)+補修	106.55	115.8
120	61	樹脂注入，断面修復(補修)	125.52	153.6
	66	樹脂注入，断面修復(補修)		
	71	FRP2枚(補強)		

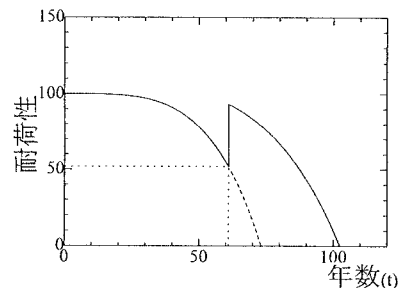


図2 予想劣化曲線（予定供用年数100年の場合）

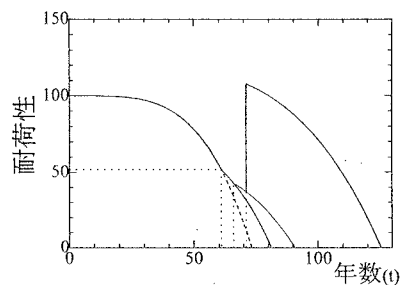


図3 予想劣化曲線（予定供用年数120年の場合）