

I-561 コンクリート橋における健全度および余寿命の評価に関する研究

茨城大学工学部 正会員 原田隆郎  
 茨城大学工学部 正会員 岩松幸雄

1. はじめに

近年、土木構造物をとりまく自然環境および社会環境の変化に伴って、これらの維持管理およびシステム化の必要性が叫ばれている。このような背景のもと、われわれの研究室においては道路構造物を対象に、これらの維持管理業務を支援する維持管理システムを構築している。維持管理システムは維持修繕エキスパートシステム、維持管理データベースシステム、地理情報システム、点検システムから構成され<sup>1)</sup>、特に維持修繕エキスパートシステムは「どの構造物の、どの部分を、いつ、どのような工法で維持修繕すればよいか」という概念に基づいて維持修繕計画の策定を行うシステムとして維持管理システムの中心部分を担うものである(図-1参照)。

本研究ではコンクリート橋を研究対象構造物として取り上げ、維持修繕エキスパートシステムにおける支援サブシステムの1つとして耐荷性・耐久性評価サブシステムを開発し、定期的な点検によって得られる橋梁の損傷状況データを用いて健全度および余寿命を求めた。

2. 耐荷性・耐久性評価サブシステムの位置付け

本サブシステムは維持修繕エキスパートシステムの支援サブシステムの1つであり、維持修繕計画の策定を支援するものである。本研究では構造物の健全度と余寿命の評価という観点から、これらの指標を定量的に表現した。

3. 健全度の評価

(1) ファジィ理論の適用

ファジィ理論は、人間の思考や判断およびデータそのものに付随する定性的な情報を定量化する手法である。本サブシステムでは、このファジィ理論によって、専門家が損傷状態を判断する際に生じるあいまいさと損傷状況データそのものの持つあいまいさを、現在の橋梁の健全さを表す指標である健全度として定量的に算出した。

(2) 健全度の算出方法

本研究では、コンクリート橋の損傷としてひびわれ、剥離、遊離石灰、豆板・空洞、床版抜け落ち、床版ひびわれを取り上げ、各部材ごと(主桁、床版)、各損傷ごとに健全度を算出した。

まず、損傷の状態と健全度について4つの「IF-THEN」ルールを作成し、各ルールの前件部および後件部についてメンバーシップ関数を設定する。損傷状況データは、各部材、各損傷ごとに三角形で入力した。また、ひびわれ、剥離、遊離石灰、床版ひびわれの4つの損傷については、損傷の進行性の有無によって重要度が異なってくることから進行性係数を算出し、これを考慮して入力を行った。各推論ルール前件部のメンバーシップ関数に、損傷状況データの入力関数を重ね、各損傷の状態が前件部にどの程度一致するかを算出する。そして、この一致度を用いて後

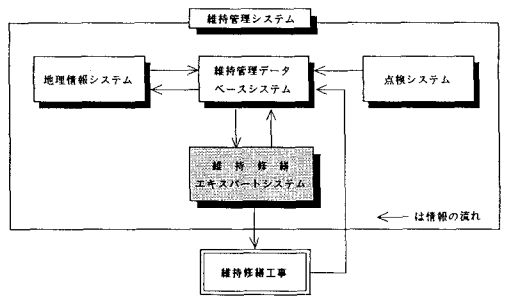


図-1 維持管理システムの構成

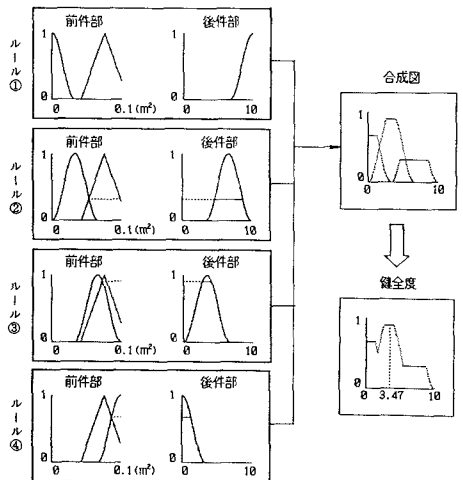


図-2 ファジィ推論による健全度の算出

件部から各ルールごとの推論結果を導出する。最後にこの推論結果を合成して、その合成された面積から確定的な数値を抽出(面積の重心位置から算出)し健全度とした(図-2参照)。

#### 4. 余寿命の評価

##### (1) New Willow Type Logistic Curveの設定

本研究では、専門家の考えを取り入れた構造物劣化の時間的変化を予測する手法としてWillow Type Logistic Curveを開発した。しかしながら、この曲線では構造物の破壊時付近の長期供用性を表現することができなかったため、正規分布関数による成長曲線を用いてNew Willow Type Logistic Curveを設定した<sup>2)</sup>。

$$Z_i(t) = Z_i(t_i) - \int_{t_i}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_i} \exp\left[-\frac{(t-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}\right] dt \quad (式-1)$$

ここで、 $Z_i(t)$  : 第*i*回目の維持修繕における*t*年目の機能水準、 $t_i$  : 第*i*回目の維持修繕年、 $Z_i(t_i)$  : 第*i*回目の維持修繕年における機能水準、 $\sigma_i$  : 第*i*回目の維持修繕における標準偏差、 $\mu_i$  : 第*i*回目の維持修繕における平均値である。つまり、Logistic Curveのパフォーマンスは(式-1)の右辺の第2項が正規分布の累積分布関数であるため、標準偏差 $\sigma$ と平均値 $\mu$ によって変化する。

##### (2) 余寿命の算出方法

本研究では、余寿命を「現時点から、構造物が安全、安定、安心の3要素を失うまでの年数」と定義し、New Willow Type Logistic Curveを用いてそのパフォーマンスから余寿命を算出した。なお、この余寿命は各部材ごとに算出される。標準偏差 $\sigma$ および平均値 $\mu$ は①構造物の供用開始からの経年数、②維持修繕時の機能水準、③定期点検時の健全度の3つの係数により決定される。なお、式中における $C_Y$ 、 $C_Z$ 、 $C_S$ 、 $SR$ 、 $MY$ はそれぞれ経年数係数、機能水準係数、健全度係数、縮尺率、維持修繕年である。

$$\sigma = 8 \times SR \times \{(C_Y + C_Z + C_S) / 3\} \quad (式-2)$$

$$\mu = 25 \times SR \times \{(C_Y + C_Z + C_S) / 3\} + MY \quad (式-3)$$

維持修繕の履歴に関するデータ等を入力して $\sigma$ および $\mu$ を計算し、現在の機能状態を表現するNew Willow Type Logistic Curveを描画する。余寿命 $RL(t)$ は、それに現在年(供用開始後の年数*t*)を入力し算出される(図-3参照)。

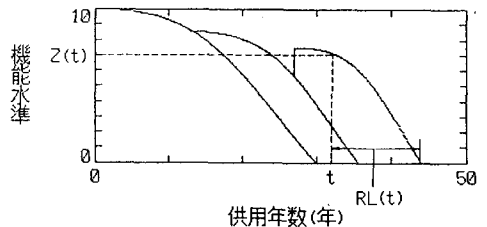


図-3 New Willow Type Logistic Curve による余寿命の算出

#### 5. おわりに

本研究ではファジィ理論やNew Willow Type Logistic Curveを用いて耐荷性・耐久性評価サブシステムを構築し、コンクリート橋の健全度および余寿命の評価を行った。健全度については建設省土木研究所の判定基準による判断と本サブシステムの運用結果がほぼ同様な損傷状態を示す結果となり、余寿命についても実橋の余寿命とほぼ同様の値が本サブシステムから導出され、本サブシステムの有効性が確認された。しかしながら、対象部材を主桁と床版に限定したことや損傷の種類が代表的な6種類しか無いことなどの課題もあり、今後は対象部材の拡張をはじめ、健全度算出時のデータ入力方法やNew Willow Type Logistic Curveにおける標準偏差および平均値内の係数のバージョンアップ等を行う予定である。

##### 【参考文献】

- 1) 岩松幸雄, 早川裕史, 原田隆郎: 道路構造物の維持管理システムに関する研究, 土木学会論文集 No. 444/VI-16, pp. 69-76, 1992. 3
- 2) 阿久澤孝之, 岩松幸雄, 早川裕史: 道路構造物の劣化・損傷を表現するモデルの提案, 第46回年次学術講演会, 講演概要集VI-165, pp. 356-357, 1991. 9