

V-337 コンクリート橋管理支援システムの実用化

鹿島建設（株） 正員○木村英幸
 神戸大学工学部 正員 宮本文穂
 神戸大学大学院 学員 益成一郎
 兵庫県土木部 正員 前田 強

1. はじめに

本研究は、昨年度プロトタイプとして開発を試みた「コンクリート橋管理支援システム」¹⁾に対して、以下の点から検討を加え、システムの実用化を行ったものである。①実用化を目指す上で問題となる点を抽出、整理し、実用的システムの具備すべき要件の検討②橋梁診断過程に存在する検査者、専門家の主観的あいまいさの取扱い手法として、ファジー集合論適用の検討③システムによる診断対象橋梁の余寿命の推定方法の検討等である。

2. コンクリート橋管理支援システムの概要

本システムは、「コンクリート橋診断エキスパートシステム」と「橋梁管理データベース」をリンクすることにより、既存橋梁の診断及び補修補強に関する意志決定をサポートすることを可能にしたものである。図1は本システムの概要を示したものである。システムは、最初に、橋梁諸元、環境条件、交通量及び目視点検程度の情報から、橋梁の耐荷性、耐久性、耐用性の診断を行なう。次いで、この診断結果を基に、あいまいさをデータ内及び検索内に含むように設計されたFRDBの手法¹⁾を用いて、橋梁管理者がとるべき最良の処置を選択可能なように、処

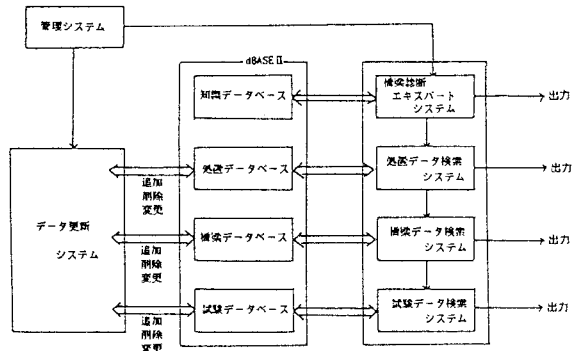
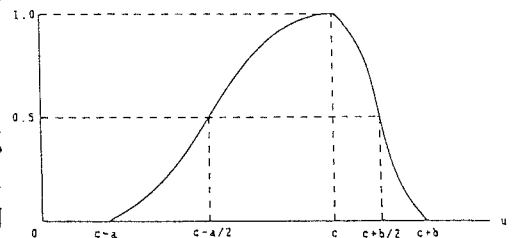


図1 コンクリート橋管理支援システムの概要

置例の検索及び出力を行なう。さらに、橋梁データベース及び試験データベースにより、橋梁に関する各種データ、過去の試験結果等を出力するように構築されている。本システムを種々の実橋に適用した結果¹⁾、実用的ではないと考えられる点がいくつか明かとなった。すなわち、①システムによる耐用性診断の推論プロセスには、実橋に対する耐用性診断試験結果から得られた知識を考慮していない等の合理的ではない点が残されている。②主観的あいまいさをDempster & Shafer理論における基本確率を用いて5段階の評価ランクで表現しているが、基本確率を結合していく際、結合数が多くなればなるほどあいまいさが小さくなってどれか1つの評価ランクを確定的に支持してしまい、他の可能性を打ち消してしまう。③また、基本確率の結合を行う際、全ての判定項目を同じ重みで掛け合わせており、各判定項目間の重要度を考慮していない。④橋梁管理者にとって最も関心があると思われる余寿命を示すことが出来ない等である。このような点をふまえて、実際に専門家が行う橋梁診断過程に近くなるようにし、最終診断結果が確定値になってしまう傾向を改善すること及び余寿命推定が可能であることを当面の実用システムの具備すべき要件として考え、改良を加えることにした。

3. コンクリート橋管理支援システムの改良

上述の実用化条件を与えるため、本研究では、知識表現及び主観的あいまいさの取扱い法としてファジー集合論における帰属度関数の考え方を適用した。ここで、帰属度関数は Π 関数を用いて定義することとした。 Π 関数は図2に示すようにパラメータ a, b, c により任意に決定されることが

図2 Π 関数の概念図

ら、専門家へのアンケート調査結果の利用により柔軟性を持つ帰属度関数を決定することが出来、専門家の知識を比較的簡単に知識ベースに移植することが可能となった。次に、各sub goalの状態を表す帰属度関数から橋梁の状態を表す帰属度関数へのファジー写像を行なう際に、一種の重みづけを行なうために影響度と信頼度という2つの特性値を考慮した。影響度は、sub goalの種類により橋梁の状態評価に与える影響が異なることを考慮するためのものであり、図3に示すように3種類を定義した。また、各sub goalの状態を表す帰属度関数の信頼度は、それぞれ異なるだけでなく、状態に応じて変化すると考えられるため、図4に示すように定義した。一方、余寿命推定については、技術者が評価する橋梁の健全度と余寿命の間にはなんらかの相関関係があると考え、この両者の関係を表す近似式を過去4橋に対して行なわれた耐用性診断に関するアンケート調査結果から求め、対数正規分布型の確率密度関数によりファジー化し、システムの耐用性評価結果と結びつけることによりあいまいさを含んだ余寿命推定を可能にした。

4. コンクリート橋管理支援システムの実用性の検討

前システム及び改良後の本システムによる「中井橋」の主桁の診断結果の一例をそれぞれ表1、2に示す。これらより、前システムの最終段階での診断結果では、主桁耐荷性、耐久性及び耐用性の評価は、slightly danger=1.0という確定値を出力しているのに対して、改良後のシステムではmoderateとslightly dangerをほぼ同程度支持する結果を出力しており、両者の可能性（fuzziness=0.28）が数値の順に大きいのみならず、他の評価ランクの可能性も考えられる

ことがわかる。さらに、改良後のシステムではこのような評価値のばらつきによるユーザの誤信を避けるため、平均健全度の出力も行っている。このように、本システムによる評価結果の方が、前システムに比べ信頼性及び柔軟性に優れているといえる。また、余寿命の推定（平均余寿命=17.5年（fuzziness=0.25））も行っていることから、本システムは上述した実用的システムの具備すべき要件を満たしているといえる。

5. あとがき

本研究では、主観的あいまいさの取扱いとしてファジー集合論における帰属度関数を適用し、さらに余寿命推定を可能とすることにより、システムの実用化を目指した。今後さらに実橋への適用を通じてシステムの出力結果の信頼性をさらに高めていくことが必要と考える。

参考文献 1)木村他：コンクリート橋管理支援システムの開発、土木学会第43回年次学術講演会、1988.10

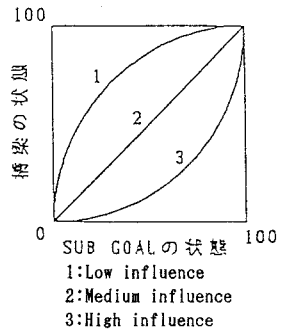


図3 影響度

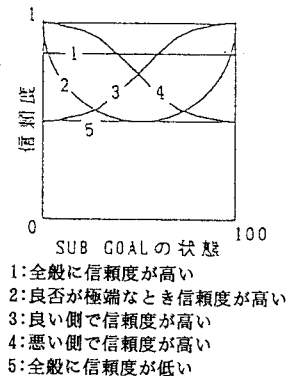


図4 信頼度

表1 前システムによる中井橋の診断結果

判定項目	danger	slightly danger	moderate	slightly safe	safe	fuzziness
設計	0.000	0.028	0.202	0.481	0.312	0.397
施工	0.004	0.134	0.675	0.175	0.013	0.233
供用状態	0.000	0.000	0.034	0.455	0.511	0.178
曲げひびわれ	0.000	0.001	0.147	0.723	0.130	0.083
せん断ひびわれ	0.000	0.938	0.359	0.004	0.000	0.048
鉄筋の腐食ひびわれ	0.989	0.011	0.000	0.000	0.000	0.001
主桁の全体的損傷	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
主桁耐荷性	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
主桁耐久性	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
主桁耐用性	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表2 改良後のシステムによる中井橋の診断結果

判定項目	平均健全度	danger	slightly danger	moderate	slightly safe	safe	fuzziness
設計	55.5	0.000	0.180	0.453	0.323	0.039	0.499
施工	48.0	0.000	0.208	0.663	0.129	0.000	0.154
供用状態	57.3	0.000	0.028	0.657	0.316	0.000	0.163
曲げひびわれ	53.4	0.041	0.281	0.299	0.225	0.155	0.855
せん断ひびわれ	85.1	0.000	0.248	0.233	0.214	0.305	0.373
鉄筋の腐食ひびわれ	49.7	0.228	0.297	0.000	0.196	0.279	0.423
主桁の全体的損傷	52.8	0.122	0.258	0.192	0.282	0.146	0.615
主桁耐荷性	46.1	0.089	0.278	0.378	0.191	0.084	0.499
主桁耐久性	47.6	0.063	0.325	0.322	0.219	0.070	0.577
主桁耐用性	47.9	0.042	0.328	0.378	0.194	0.059	0.276
判定項目	平均余寿命	10年	10~20年	20~30年	30~40年	40年~	fuzziness
余寿命	17.5年	0.269	0.357	0.319	0.053	0.002	0.245