

建造物の健全度評価へのファジィグラフ理論の適用

○京都大学大学院 学生員 橋本 光行
 京都大学工学部 正員 白石 成人
 京都大学工学部 正員 古田 均

1. まえがき

現在、公共建造物の健全度評価や、その確保の問題は、益々重要なものとなっている。ところが、従来、建造物の健全度評価という点、その経済・社会的重要性にもかかわらず、技術者の経験や直感に頼らざるを得なかった。建造物の健全度を正確に評価し、維持補修のための有益なデータを得るためには、定性的および定量的な情報を論理的かつ合理的な形で統合化できる方法論を確立する必要があると考えられる。本研究は、この要件を満たす可能性のある手法としてグラフ理論に注目し、建造物の健全度評価をよりシステムチックに行い、さらにより信頼性の高い実地的な評価を得るために、ファジィ理論の導入を図り、主観的不確定性の影響を健全度評価に反映させることを試みる。

2. ファジィグラフ理論の健全度評価への適用

(1) 健全度評価グラフの作成²⁾

建造物の健全度には極めて多数の要因が影響を及ぼすと考えられるが、本研究では議論を簡単にするために、対象を鋼橋にしたり、代表的な要因のみについて考える。評価項目として挙げた要因の間に何らかの関係があるものをすべて直線で結び、健全度評価という頂上事象に結びつけるとFig.1のようになる。

(2) 言語変数による評価

各要因の評価には言語変数を用いる。これはある程度、経験・直感等に基づいて判断しなければならない要因が存在するためである。

(3) ファジィ関係の設定

つぎに、各要因に対する情報を言語変数の形で原因事象に入力したとき、その情報も結果事象にどのような形で伝えられるべきかについて考える。いま、「 x が F ならば y は G である」という関係はBlackleyによるとファジィ関係行列 R_{xy} を用いて次のように表現できる³⁾。

$$R_{xy} = F \times G \quad \text{---(1)} \quad (x \text{ はファジィ演算での直積を意味})$$

また、それ以外の関係があるときには

$$R_{xy} = (F \times G) \cup (F' \times G') \cup \dots \quad \text{---(2)}$$

($\cup$ は和集合を意味)

として定義できる。

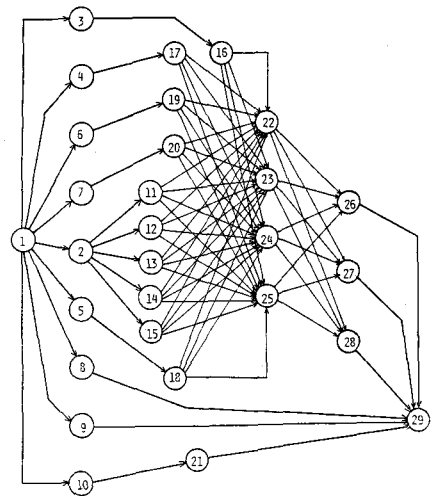


Fig.1 健全度評価グラフ

node	event
1	ダミー
2	目視
3	経路検査・超音波探傷試験
4	レベル、トランシットによる測量・測定
5	載荷試験・各種測定
6	破壊試験
7	トランスラシットによる点検
8	材料力試験
9	履歴調査
10	光線調査
11	主桁た、主桁の損傷度
12	下部構造の損傷度
13	橋脚、橋脚の損傷度
14	支床の損傷度
15	付属設備、etc. の損傷度
16	腐食のひびわれ(クラック)
17	変位、沈下量
18	ひずみ、応力、たわみ、振動状況
19	熱による影響
20	高力ボルトのゆるみ
21	自然環境、社会環境の不適合
22	変形による損傷度
23	変位による損傷度
24	ひびわれによる損傷度
25	腐食による損傷度
26	全体的損傷度
27	局所的損傷度
28	局所的損傷度
29	健全度評価

4) ファジィ関係に対する重みづけ

ある事象に複数の下位事象が関係しているときには、それから伝達される情報に重みを考慮する必要がある。ここでは、Sootyにより提案された一対比較法⁴⁾を用いて、技術者のアンケートにより妥当な重みの値を決定する。

5) 健全度評価法

どのような複雑なグラフにおいても、次式のファジィ関係行列 R と重み W を用いた簡単なマトリックス演算によって情報 I_i を上位事象に情報 I_A として伝達することが可能である。

$$I_A = \{(I_1 \wedge R_{1A}) \wedge W_1\} \vee \{(I_2 \wedge R_{2A}) \wedge W_2\} \vee \dots \quad (3)$$

このような演算を繰り返すことにより、最終的に頂上事象での帰属度関数の形で総合的な健全度評価値が得られることになる。

3. 数値計算例

Fig.1に示された健全度評価グラフの各要因間のファジィ関係および重みは、技術者のアンケートにより得られたと仮定して決定し、実際の構造物の調査を想定して13個の入力(節点③~⑬)にFig.2で示される very small, small, medium, large, very large の5種の言語変数を評価情報としていろいろ組み合わせる入力した。その結果、頂上事象(節点①)で、Fig.3に示されるような帰属度関数が得られた。example1では、すべての入力を very large、また example2では、すべての入力を medium としたか、明らかに形の異なる帰属度関数を得ることができ、実際の調査結果より得られた帰属度関数などの形に近いかによって、健全度を分類・評価することが可能となる。

4. あとがき

本研究で得られた結果は次のようである。1) ファジィ理論を用いた健全度評価法では、技術者の経験・直感を技術者に対してアンケートをとり、各要因間のファジィ関係や重みを決定することにより反映できる。2) さらに、あいまいな情報を言語変数を用いて表現できる。3) その際、入力された情報は、ファジィ関係より得られる関係行列を用いた簡単な行列演算を行うことにより伝達が可能である。4) パターン認識⁵⁾の概念を用いることにより、頂上事象で得られた帰属度関数を評価し、健全度の分類を容易に行うことができる。

<参考文献>

- 1) 福田：港橋構造物の信頼性向上へのグラフ理論の応用、港橋学会誌, vol. 50 no. 2, 1981 pp. 169~173
- 2) 高梁構造研究会編：道路橋の点検補修, 1978
- 3) Blockley: Predicting the Likelihood of Structural Accidents, Proc. of ICE, vol. 59, 1975, pp. 659~668
- 4) Sooty: Measuring the Fuzziness of Sets, Journal of Cybernetics, 1974
- 5) 飯倉：パターン認識, コロナ社, 1973

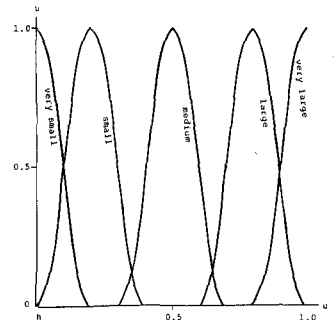
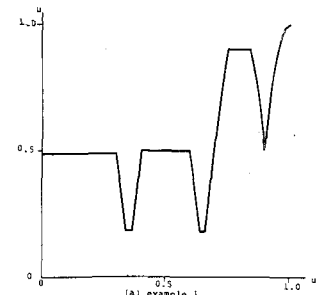
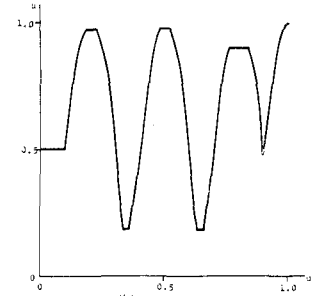


Fig. 2 MEMBERSHIP FUNCTION



(a) example 1



(b) example 2

Fig. 3 頂上事象で得られた membership function