

橋梁計画設計へのファジイ理論の応用

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
住宅・都市整備公団 正員 ○吉住 先司

1. まえがき

構造設計で考慮すべき要因は、その許容限界が明確な形で与えられているものも多く存在するが、設計者の嗜好、工学的判断にゆだねられているものもある。例えば、橋梁の計画設計について考えると、橋を利用する人の快適さや周りの景色との調和などの要因を明確な形で定量的に評価することは非常に難しい。このような評価に係わるあいまいさの最も一般的な表現法としては、言葉による評価が考えられる。本研究では、言葉による表現をファジイ集合で規定し、いわゆる言語変数を用いて構造設計の良否を評価することを考え、ファジイ集合で表わされる総合評価値を比較して、その中から最もよい代替案を選択するための手法を開発することを、目的とする。構造設計の例として、水路横断計画を取上げ、本方法を適用してその有用性について検討を加える。

2. ファジイ代替案の評価方法

いま、代替案の評価要因として m 個のものを考え、それぞれにファジイ集合で規定された言語変数 $\tilde{x}_k$ の評価が与えられたとする。このとき、各要因に対する重みを $\tilde{w}_k$ で表わすと総合評価値 $\tilde{u}_i$ は

$$\tilde{u}_i = \tilde{x}_1 \odot \tilde{w}_1 \oplus \tilde{x}_2 \odot \tilde{w}_2 \oplus \cdots \oplus \tilde{x}_m \odot \tilde{w}_m \quad (1)$$

で与えられる。ここで、記号 $\sim$ はファジイ量を表わす。総合評価値がファジイ量で表わされると単純な大小比較でその優劣を判定することができない。そこで、本研究では $\tilde{u}_i$ を規定するメンバーシップ関数の特性をより正確に反映できる順位付けの方法について考える。

いま、図 1 に示す $\tilde{u}_i$ 、 $\tilde{u}_j$ の 2 つの代替案について考える。まず、 $\tilde{u}_i$ と $\tilde{u}_j$ の優劣を判断するための情報として、メンバーシップ関数が最大となるときの横軸の値 z_i 、 z_j が考えられる。すなわち、 $\tilde{u}_i$ と $\tilde{u}_j$ の最大グレード値がともに 1 であれば、 z_i と z_j を比較することによってある程度の順位付けは可能である。しかし、もし $\tilde{u}_i$ 、 $\tilde{u}_j$ の最大グレード値が 1 でなければ、 z_i と z_j の比較のみでは優劣判定は困難である。よって、さらにより正確に横軸に関する特性を反映させるために、 $\tilde{u}_i$ 、 $\tilde{u}_j$ の Support 値の最大値、最小値 z_{imax} 、 z_{jmax} 、 z_{imin} 、 z_{jmin} に関する情報を取り入れることを考える。以上のことを考慮して、本研究では、 $\tilde{u}_i$ と $\tilde{u}_j$ の優劣判定の尺度として

$$F(\tilde{u}_i) = \max \tilde{u}_i(z_i)$$

$$F(\tilde{u}_j) = \max \tilde{u}_j(z_j) - \alpha(z_i - z_j) + \beta(z_{imax} - z_{jmax} + z_{jmin} - z_{imin}) \quad (2)$$

を用いる。式 (2) では、横軸に関する情報はすべて縦軸に変換して、考慮されている。ただし、パラメータ α 、 β は、対象としている問題の情報から決定されるべきものである。もし、横軸が $[0, 1]$ で定義されていれば、 $\alpha = 1$ となる。また、 β の値は後に示すように順位付けに要求される精度により決定されることになる。

3. 数値計算例

水路横断計画に本方法を適用してその有用性について検討をする。スパン長1000mと仮定して以下に示す8代替案を考えた。○一辺アーチ橋+吊橋 ($\tilde{u}_1$)、○一辺斜張橋+吊橋 ($\tilde{u}_2$)、○二辺アーチ橋+吊橋 ($\tilde{u}_3$)、○二辺斜張橋+吊橋 ($\tilde{u}_4$)、○一辺斜張橋+トンネル ($\tilde{u}_5$)、○斜張橋+トンネル ($\tilde{u}_6$)、○トンネル ($\tilde{u}_7$)、○二辺斜張橋+トンネル ($\tilde{u}_8$) 以上について地域沿道、自動車利用、港湾管理、船舶運行、事業主体に関する44項目の要因に11段階の言語変数を用いて評価を行ない総合評価値を決定すると図2のようになる。これに $\tilde{Max} \sim \tilde{Min}$ 法、Buckleyの方法、本方法($\beta = 1$)を用いて順位付けを行なえば表1の結果が得られる。総合評価値を得るための過程で得られる実験あるいは観測データには精度の違うものが多い。例えば、力学的な要因ははっきりとした数値で評価が得られるのに対し、美観等は評価者によってその評価基準が異なり、総合評価値に対して詳しい順位付けを行なうことの意義は少ないと思われる。また、順位付けがほんの少しの差によって行なわれたのであれば、要因の評価の微妙な違いによってその順位が逆転する可能性もある。このような場合には無理に順位付けを行わず、1つのグループとして代替案を評価する方がより実状にそくしていると思われる。本方法は $\beta = 1$ とするとBuckleyの方法と同様の詳しい順位付けを与えているが、 $\beta = 2$ とすれば、 $\tilde{Max} \sim \tilde{Min}$ 法と同じ順位付けを与える。本方法は、このように β の値を変えることにより、いろいろな順位付けができるので、仮りに何らかの必要性があって詳細な順位付けを行なわねばならない場合や大ざっぱな順位付けしか必要としない場合には、 β の値を適当に変えて $\tilde{Max} \sim \tilde{Min}$ 法より大ざっぱな順位付けや、Buckleyの方法より詳しい順位付けも得ることができる。

4. あとがき

橋梁計画設計に含まれるあいまいさをもつ要因を言語変数で評価し、各代替案の順位付けをする新しい方法を提案した。数値計算の結果、本方法は非常に汎用性をもち、実際問題への適用性に秀れていることがわかった。

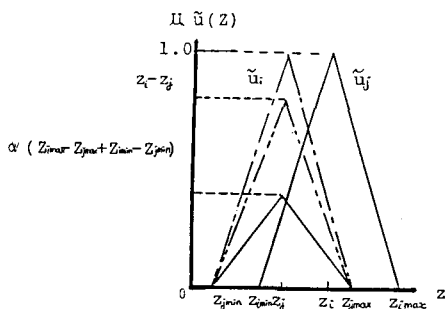


図1 代替案の比較

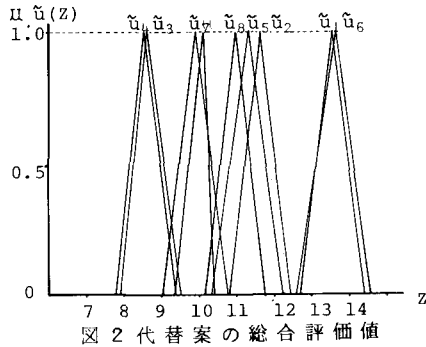


図2 代替案の総合評価値

表1 代替案の順序付け

$\tilde{Max} \sim \tilde{Min}$ の方法を用いた場合	$\tilde{u}_1 \rightarrow \tilde{u}_2 \rightarrow \tilde{u}_5 \rightarrow \tilde{u}_8 \rightarrow \tilde{u}_3 \rightarrow \tilde{u}_4$ $\tilde{u}_6 \rightarrow \tilde{u}_7$
Buckleyの方法を用いた場合	$\tilde{u}_6 \rightarrow \tilde{u}_1 \rightarrow \tilde{u}_2 \rightarrow \tilde{u}_5 \rightarrow \tilde{u}_8 \rightarrow \tilde{u}_7 \rightarrow \tilde{u}_3 \rightarrow \tilde{u}_4$
本方法を用いた場合 ($\beta = 1$)	$\tilde{u}_6 \rightarrow \tilde{u}_1 \rightarrow \tilde{u}_2 \rightarrow \tilde{u}_5 \rightarrow \tilde{u}_8 \rightarrow \tilde{u}_7 \rightarrow \tilde{u}_3 \rightarrow \tilde{u}_4$
本方法を用いた場合 ($\beta = 2$)	$\tilde{u}_1 \rightarrow \tilde{u}_2 \rightarrow \tilde{u}_5 \rightarrow \tilde{u}_8 \rightarrow \tilde{u}_3 \rightarrow \tilde{u}_4$ $\tilde{u}_6 \rightarrow \tilde{u}_7$

参考文献 1) J.BUCKLEY; Vol.15,1985,pp.213-231 2) 田中英夫、和多田 淳三、浅居喜代治; システムと制御、Vol. 27 ,1983,pp.403-409