

ファジィ理論に基づく美観を考慮した 橋梁設計に関する一考察

山口大学工学部 正員 ○中尾絵理子 復建調査設計㈱ 正員 浅津 直樹
 京都大学工学部 正員 古田 均 山口大学工学部 正員 古川 浩平

1. はじめに

橋梁各部の形状及び寸法は、主として経済性と安全性のバランスを考慮して決定される。しかし、この他に形状の美しさや架設地点の環境との調和等の美観面も加味して検討する必要がある。本研究は非論理的かつ不確定な性格をもつ美観問題に対してファジィ集合の概念を導入し、その数理的な取り扱いを試みた。

2. 美観要因の抽出

本研究では、モデルとしてII型ラーメン橋を用い、架設条件として路面からの高さ H を4.5m、橋長 BL を27m、道路幅 RW を18mと仮定する。また、視点位置はドライバーを想定して路面上1.5m、道路中央より左へ4.6m、橋の手前80mとする。以上は山本・早川の研究¹⁾と同一のものとなっている。上記のように架設条件によって決定される設計変数を除いて、特に橋の美観問題を考える上で重要であると思われるパラメータを美観要因として決定し、図-1に示す。

3. 専門家に対するアンケートと考察

美観要因に関する帰属度を算出するために、橋梁の専門家に対し、Saaty²⁾が提案した一対比較アンケート調査を2回に分けて行った。第1次アンケートは、2.で述べた各々の美観要因について、要素間の「好ましき」に対するメンバーシップ関数を算出するための調査である。その結果を図-2に示す。図中○

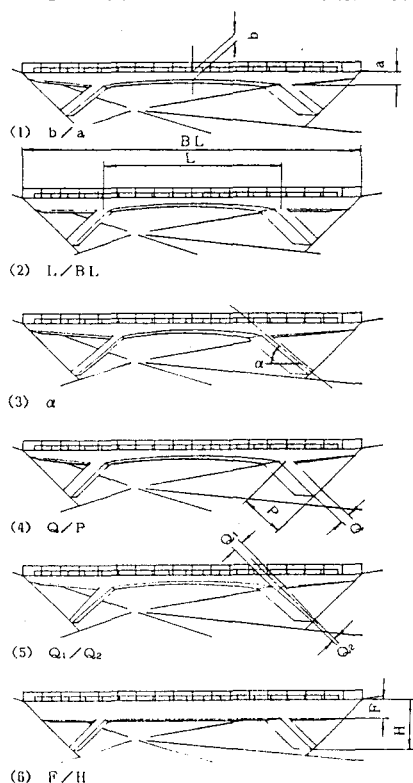


図-1 美観に関する要因

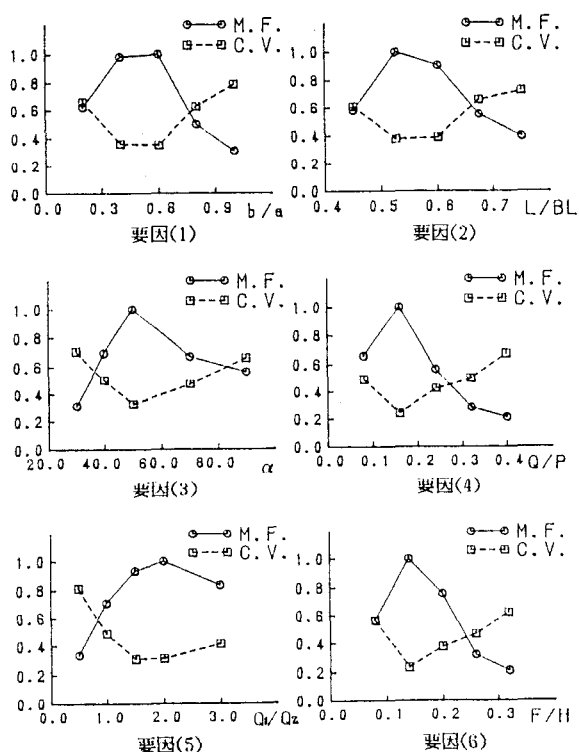


図-2 各要因の帰属度及び変動係数

は帰属度であり口は変動係数を表す。各要因の共通点として、メンバーシップ関数の形状が凸形であるのに対し、変動係数は凹形であることがわかる。また、各要因のメンバーシップ関数の勾配に注目すると、要因(3),(4),(6)については、頂点付近の勾配がかなり急なものとなっており、好ましいとされるパラメータが比較的狭い領域に絞り込まれているといえる。逆に要因(1),(2),(5)については勾配が緩やかであり、好ましいとされる範囲にかなり幅がある。

第2次アンケートは、美観要因相互間の「重要さ」に対するメンバーシップ関数を算出するための調査であり、その結果を表-1に示す。この表によれば、要因(1),(2),(6)についての帰属度はほとんど1とみなすことができ、これらの要因は他の要因より重要度が高いと判断することができる。

本研究での調査対象は橋梁の専門家に限っているが、美観が主観的なものである以上、一般の人の考えを知る必要がある。山本・早川¹⁾は一般の人に対し、同じII型ラーメン橋の b/a のパラメータについて確率論による一対比較アンケート調査を行っている。本研究のアンケート結果を修正し、山本らの場合と同じ方法で求めた専門家の帰属度、及び一般の人の帰属度を図-3に示す。この図から一般の人の帰属度値は専門家に比べて全体的に左側に推移していることが分かる。すなわち、一般の人は中央部のけた厚が専門家よりもう少し小さい方が好ましいと感じているようである。

4. アンケート結果と力学的最適解の比較

美観要素を実際の橋梁設計に取り入れるという問題を検討するには、まず美的な好ましさを考慮せず、経済性と安全性のみ考慮したII型ラーメン橋の最適形状を知る必要がある。最適化手法を用いて力学的最適化を行った結果を表-2に示す。この力学的最適解から各要因の値を計算し、各要因毎に比較、検討を行った。要因(1)については、力学的最適解は $b/a=0.578$ となり、美観上の好みとほとんど一致している。また、図-3より力学的最適解、専門家、一般の人の順に b/a は小さくなり、美観上は中央のけた厚が薄い方が好印象を与えることが分かる。要因(2)と(3)については、力学的最適解は $L/BL=0.481$ 、 $\alpha=40^\circ$ となっており、美観上の最適解との間に多少ずれが生じている。力学的には、許容応力を越えないために、脚柱節点部間の距離を短くした方が良いが、美観上はもう少し長い方が好まれるようである。これは、見た目に圧迫感を与えるためであると考えられる。要因(5)については、力学的最適解は $Q_1/Q_2=1.0$ となっているが、美観上は橋脚の節点部よりも、支点部の方が小さい方がスレンダーさを感じるようである。しかし、このパラメータが局所的であり、力学的にもあまり大きな影響を与えるものでないという判断は、橋梁の専門家であれば可能であると思われる。以上のように要因によって多少の違いはあるが、力学的最適解はすべて帰属度0.65以上に位置しており、美観上から比較的好ましい傾向にあるといえる。

5. おわりに

一対比較アンケート調査を用いれば、美観上の「好ましさ」及び「重要さ」という人間の感覚に由来する不確定要因をメンバーシップ関数という形で尺度化でき、美観上の最適形状を知ることができる。一般の人と専門家のアンケート結果に多少の開きが見られ、専門家であれば、「好ましさ」に力学的判断が付け加わった答えとなっている。また、美観上の最適解と力学的最適解は一致する部分があるが、橋梁の形状を大きく変える設計変数については両者が一致しない場合がある。

参考文献 1) 山本・早川：計量心理学を応用した橋梁形態の一考察、土木学会論文集、第362号/I-4、pp. 267-275、1985年10月。 2) Saaty, T.L.: Measuring the Fuzziness of Sets, Journal of Cybernetics, Vol.4, No.4, pp.53-61, 1974.

表-1 6要因相互間の重要さ

要因	メンバーシップ関数	変動係数
1	1.0000	0.4917
2	0.9885	0.5147
3	0.8510	0.5288
4	0.7579	0.5867
5	0.5468	0.6953
6	0.9688	0.5305

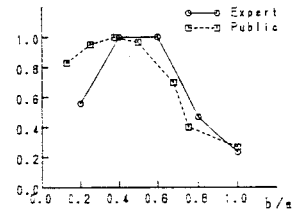


図-3 専門家と一般の人の比較

表-2 最適化の結果

a (m)	1.0997
b (m)	0.6357
L (m)	12.988
α (°)	39.990
Q_1 (m)	0.4960
Q_2 (m)	0.5055