

東京大学 正員 八十島 義之助
 東京大学 正員 中村 良夫
 東京大学 学生員 小柳 武和

1. はじめに

環境保全の問題とともに、景観の評価手法の開発が強く要請されつつあると思われる。本研究は橋梁を設計する際に、その景観などのような評価基準および方法で評価することが可能か、また合理的かを示すのを最終目標としているが、今回はその手がかりとして計量心理学の分野で発達した統計的評価法（一対比較法）を上げ、それが橋梁景観の評価方法として応用できるものか、またどの程度の信頼性が得られるかをプロポジションを変えたオーバブリッジの透視図による比較実験を通して検討してみた。ここで使われた透視図は電子計算機およびプロットにより自動作製したもので、その利用方法を示すこともこの研究の目的である。

2. 一対比較法について

一対比較法とは序列化したい対象を2つずつ対にして被験者に同時に示し、「よりよい」方を判断させ、それらを統計量で定量化し序列化する方法である。それは順位づけの評価法としては信頼性の高いものと思われる。それには各種の分析法が考え出されているが、今回はイ) 伝統的な方法 ロ) サーストンの比較判断の法則を基礎とする方法 ハ) ガットマンの理論による方法の3種について分析、検討してみた。

イ) の方法は各対象が一対比較実験において「よりよい」と判断された回数の全判断回数に対する割合によって序列化するものである。ロ) の方法は図1に示すようなサーストンの「比較判断の法則」の理論を利用するものである。つまり、各対象の評価値がある連続的な感覚尺度上の位置として表わされると考える。そして各対象の弁別が真の評価値を中心として同じ正規分布をなすように分散されると仮定すると図1のように正規分布が重なる部分が出てくる。その重なり具合が各対の比較実験の判断比率のデータに示されると考え、その真の評価値を求めようとする方法である。つまり、各対が $S_i > S_j$ と評価される確率 P_{ij} (データ) が(1)式で表わされ、 $(S_i - S_j)$ の値から基準化された S_{ij} の評価値が求まる。ハ) の方法は実験によって判断される評価値のバラツキが各対象について最小になるような値を各対象の評価値とする。要するに、平均値からの全評価値の分散を W 、個人間および個人内の評価値の偏差自乗和をそれぞれ R , S とし、次のような相内比 E を定義して最小自乗法により、相内比 E が最小になるような評価値を決定するものである。

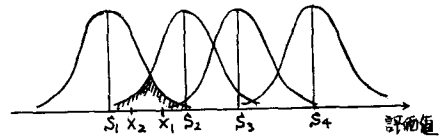


図1 比較判断の法則

$$P_{ij} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-\frac{1}{2}y^2) dy \quad \text{--- (1)}$$

$$E^2 = 1 - S/W = R/W$$

3. 実験に使用した透視図について

今回取扱ったプロポジションは次の5種で、各々別々に実験を行なった。

- (1) スパン=長とクリアランス (2) スパン=中央桁厚と橋脚上桁厚 (3) 張出し床版の側面高とスパン=中央桁厚 (4) 橋および橋脚形式の違い (5) クリアランス、スパン=中央桁厚および張出し床版の側面高を組合せたもの (これらについては次ページの図2を参照)

これらの各々について教段階に変化させた透視図を用意し、取扱う構成成分の違いおよびプロポジションを次のページの表3に示すような8組に分け、それぞれについて実験を行なった。A~C組はスパン長27.1mで、そ

れぞれクリアランス、中央桁厚と橋脚上桁厚の比、床版の側面高と中央桁厚の比を変化させている。D～G組はスパン長36.3mで、D、E、FがA、B、Cの要素に対応している。

他の構成成分については、日本道路公団の「構造物標準設計図」を参考に次のように決定した。

形式—方柱ラーメン(橋脚4m)、桁高—0.75と1.1mを基準としている。橋脚—0.5m厚を基準にクリアランスによって0.6あるいは0.7mとした。橋は主桁と同じで1:1の傾きをもつ斜橋脚とした。桁全幅—4.7m、主桁幅—1.9m、高欄—0.9m高のレール式、橋の縦断勾配は水平で高速度路と直交するものとし、のり面勾配は1:1とした。

透視図は運転者を想定し、路面上1.5m、道路中央より左側4.6m、橋より前方60mを視点とし、視軸は道路計算中心線に平行、水平として画面距離30cmで描いた。これらの透視図は比較的正確で統一されたものの互量に必要とするところから、電子計算機およびプロットで自動作製した。しかし、必要不可欠と考えられる陰影を自動化することが困難であったので手作業で陰影を施した。(図6 透視図例参照)

4. 実験方法

各組の実験と1人の被験者に1変で行なうのは疲労の影響が強くなると思われることと、D組以下の実験にA～C組の結果を利用するために2回に分けて実験を行なった。まず、乱数表により各対の呈示順序を決め、横に並べた2つのスクリーンに一对一映写し、次のような言葉と被験者に与えて判断させた。A、D、E、G、Hの各組—「オーバブリッジとしてどちらが感じがよいか」 B組—「どちらが軽快か」 C、Fの各組—「どちらがスレンダーな形に見えるか」

被験者数はA組19名、D組13名、他は20名であった。映像の大きさは元の透視図の3倍にし、被験者50cmの距離にすわせた。実験時間は1回目は被験者ごとに約20分、2回目は約30分程度であった。

5. 一対比較法による解析結果

各組の解析結果をグラフにしたものを図4に示す。D～G組は被験者の数について少し考察するために免許所有者と無所有者に分けて解析もしてみた。このグラフで視軸は各透視図の評点で、3種の分析法の比較のために、その総和が1になるようにしたものである。

6. 一対比較法および被験者の信頼性

今回の研究のようなオーバブリッジの景観について一対比較実験を行なうことの適合性、信頼性といったものを、判断の一致性、一様検定、分散分析、更に各被験者の判断の安定性の解析によって検討を行なった。

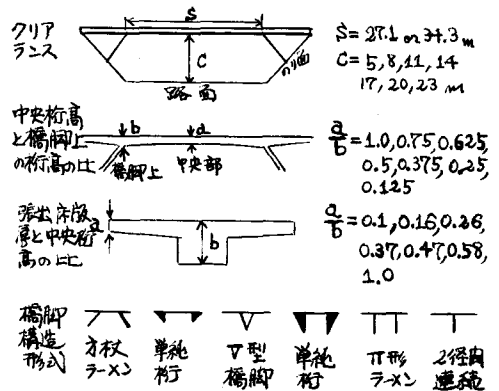


図2 取った成分とプロポーション

表3 各組の透視図番号とプロポーション

A	No.	1	2	3	4	5	6	7					
		5m	8	11	14	17	20	23					
B	No.	1	2	3	4	5	6	7					
		1.0	0.75	0.625	0.5	0.375	0.25	0.125					
C	No.	1	2	3	4	5	6	7					
		%	%	%	%	%	%	%					
D	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
		A組 No.1			5m	8	11	A組 No.4		14	17	A組 No.7	
E	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
		B組 No.1			1.0	0.625	B組 No.3		0.5	0.375	B組 No.7		
F	No.	1	2	3	4	5	6	7					
		%	%	%	%	%	%	%					
G	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
	クリアランス 桁高比 突出し厚	5m	5	5	14	14	14	23	23	23			
		0.125	0.5	0.5	0.125	0.5	0.5	0.125	0.5	0.5			
		%	%	%	%	%	%	%	%	%			
H	No.	1	2	3	4	5	6						
	形式	方柱 ラーメン	単純 橋脚	V型 橋脚	単純 桁	Π型 ラーメン	2径円 連続						

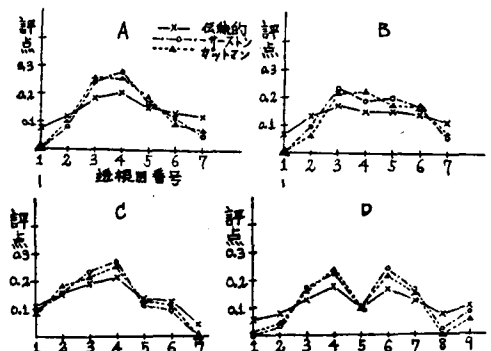


図4-1 一対比較法による解析結果

一貫性はガットマンの方法での相対比E, および判断の一貫した時が1, 半分に分かれた時が0となるような値によって検討できよう。また一貫性より各透視図間の有意差の有無(有, 無), 一対比較法の適合性(有, 無)を調べた。信頼性は全判断の平均評価値からの各透視図の評価値の分散および被験者の数により予想される誤差の分散が全分散に対してどの程度の割合になっているかによって調べた。各被験者の判断の確定性はグラフ理論より, 移動律の成立しない判断の可能最大個数を, 被験者の行ったそのような判断の個数をとし, $R = 1 - \frac{1}{n}$ の確定性係数Rを定義して調べた。それらの結果を表5に示す。

これは一対比較によるモデル化の信頼性, あるいは被験者の判断がその母集団の特性と統計的に代表しているかを示すものと考えられる。

7. まとめ

図4に示すように, 今回扱った部分

の変化はその異観にある程度影響を与えていることがわかる。そしてそのプロポーシオンには最適なものが存在することが期待できる可能性を示しているように思われる。その結果をまとめると, クリアランスはなるべく10m以上とし, 主筋の下面は曲面とその程度はスパン中央桁厚と橋脚上桁厚の比を0.6~0.4位とするのがよい評価を得ている。(現在, 0.77~0.4がよく使われている) また張出し床版はつけるのがよく, その側面高はスパン中央桁厚の $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ がよいようである。(現在, $\frac{1}{4}$ 程度が標準となっている) 橋脚は出来るだけ簡単なもので目立たないものがよく, スパン長は大きい方がよい結果となっている。また各部分の最適なものを組合せたものは比較的高い評価を得, その場合クリアランスの影響が強く効いているように思われる。

以上が解析結果の概要であるが, 現在使われている標準的なオーバブリッジが評価の高い結果となっている。これはある意味で, 一対比較実験が信頼できる結果を与えるものであることを示しているものと思われる。判断の一貫性を見ると各実験ともかなり判断が難しかったように思われる。しかし, 免許所有者の判断が比較的高い一貫性を示している点は注目値する。一貫性の結果を見ると各透視図間にはある程度の有意差があることがわかり, 一対比較法の適合性もあることが理解されよう。また, 信頼性係数および被験者の判断の確定性係数は一般に高い値を示している。以上のことから, 今回使用した透視図程度の差異を持つ対象の評価では被験者の質をそれほど考慮しなくても20人程度の被験者による一対比較実験である程度意味を持った結果が得られると思われる。また一対比較法では伝統的方法より他の2方法が透視図間の差異をよく表わしていると思われるので, 後者の2方法がより利用価値のあるものと言えよう。

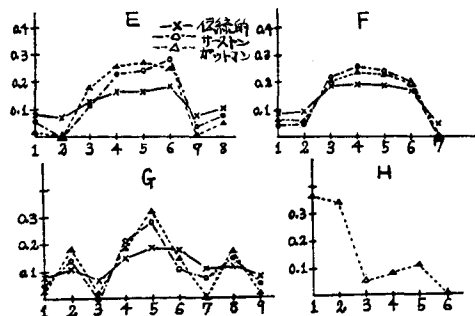


図4-2 一対比較法による解析結果

表5 一貫性, 信頼性, 確定性の解析結果

一貫性係数 (-1: 免許所有者, -2: 無所有者)													
A	B	C	D	D-1	D-2	E	E-1	E-2	F	F-1	F-2	G	G-1
U	0.448	0.353	0.475	0.464	0.544	0.511	0.404	0.546	0.436	0.529	0.590	0.467	0.363
E	0.428	0.360	0.462	0.422	0.457	0.421	0.398	0.463	0.354	0.477	0.521	0.440	0.350

x ² -検定, 信頼性係数													
A	B	C	D	D-1	D-2	E	E-1	E-2	F	F-1	F-2	G	G-1
x ²	98.7	62.7	103	254	151	186	155	379	218	224	229	278	179
df	83.8	46.3	89.7	226	129	157	135	358	186	182	233	219	137
p	11.7	17.0	17.6	28.2	18.7	19.1	28.1	34.3	36.9	13.2	50.0	79.5	52.9
γ	0.83	0.63	0.80	0.86	0.84	0.86	0.82	0.92	0.80	0.92	0.76	0.71	0.67
γ _u	0.79	0.67	0.80	0.86	0.82	0.89	0.77	0.91	0.87	0.91	0.84	0.87	0.84

確定性													
M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R	0.863	0.893	0.839	0.799	0.764	0.663	0.747	0.683	0.612	0.675	0.776	0.808	0.777
γ	0.863	0.893	0.839	0.799	0.764	0.663	0.747	0.683	0.612	0.675	0.776	0.808	0.777
γ _u	0.863	0.893	0.839	0.799	0.764	0.663	0.747	0.683	0.612	0.675	0.776	0.808	0.777



図6 実験に用いた透視図例

参考文献

- (1) L. L. Thurstone 「A law of comparative judgment」 Psychol. Rev. 1927 Vol. 34, p. 273~286
- (2) F. Mosteller 「Remarks on the method of paired comparisons」 Psy. m. Vol. 16, 1951 p. 3~9, p. 203~218
- (3) H. Gulliksen 「Reliability for the law of comparative judgment」 Psy. m. Vol. 23, 1958 p. 95~110
- (4) L. Guttman 「An approach for quantifying paired comparisons and rank order」 Ann. math. Sta. 1946 Vol. 17 p. 144~163
- (5) C. Berge 「théorie des graphes et ses applications」 DUNOD p. 125~127