

アーチ橋における応力の流れと景観性に関する一考察

広島構造技研 正会員 ○野尻 貴之 広島工業大学工学部 正会員 中山 隆弘
川田建設 梅田 隆明

1.はじめに 橋梁美を表す一つの考え方として、「力の流れが表現されているものは美しい」とする考えがある¹⁾。すなわち、美しく感じる橋梁は直感的に「力の流れ」を認識できるとするものである。本研究は、「直感的に『力の流れ』を認識できる」という点に着目し、サイコベクトル法²⁾の評価式に「力の流れ」を導入してアーチ橋の景観性の評価ができるかどうかを試みた。また、主成分分析と心理学的手法のひとつであるSD法を用いて、アンケート結果を分析した。

2.「力の流れ」の定義とアルンハイムの理論 力は構造物の中で流体のように流れているわけではなく、抽象的表現として使われている。このため「力の流れ」に関して明確な定義がなされていない。したがって、本研究では阿部らの「力の流れ」の定義¹⁾、すなわち「『力の流れ』は荷重が伝達する際の方向性を持った経路」と考えて、対象がアーチであることから軸力を力のベクトルで表した。そして、杉山ら²⁾が橋梁やその背景を対象にして幾何学的なサイコベクトルによってその形態美を論じたと同様の手法によって、力の流れを感じ易いアーチかどうかの判定が可能かどうかを検討した。なお、後述する「アルンハイムの理論」は阿部らが名づけたもので、文献3)の中でアルンハイムが柱における力の認識について言及したものである³⁾。

3.「力の流れ」を考慮したサイコベクトル値 上述のように、本研究では従来のサイコベクトル法における評価式の中に「力のベクトル」を導入して、アーチにおける「力の流れ」の認識の容易性を判定できるかどうかを検討することにした。そこで種々の形態のアーチに対する有限要素解析によって得られた各断面の軸力を用いて、次式のように、杉山らの評価式に「力のベクトル」を導入した。

$$F_B = \frac{\sum A_i v_{ai} L - \sum A_i v_{ai} U}{\sum B_i v_{ai} L + \sum B_i v_{ai} U} + 1$$

A_i : 各断面の軸力ベクトルの鉛直成分 B_i : 各断面の軸力ベクトルの水平成分
 $u_{ci}L$: 路面より下部の各要素限の水平成分 $u_{ci}U$: 路面より上部の各要素限の水平成分
 $v_{ci}U$: 路面より上部の各要素限の鉛直成分 $v_{ci}L$: 路面より下部の各要素限の鉛直成分

結果を表-1と表-2に示す。なお、()の正の数値は、アンケートにおいて、「力の流れ」を認識し易いと答えた被験者の人数であり、負の数値は、逆に認識し難いと回答した人数である。この結果、上の F_B では、アーチにおける力の流れの認識度を判定できないようである。すなわち、被験者は、軸力の方向によって力の流れを認識するのではなく、むしろリブの太さやテーパーによって判断する可能性が高い。今後、上述したアルンハイムの理論の導入等も考え、より総合的なアプローチが必要である。

4.主成分分析とSD法によるアーチ橋の評価

4.1 アンケートの作成と実施 SD法によってアーチの印象を分析するために、これまで研究例や辞書を利用して100個程度の形容詞対を抽出し、最終的に15対を選んだ。また、今回の主目的が「力の流れ」の認識度をサイコベクトルによって評価できるかどうかを検討することにあるため、アーチはできるだけシンプルな平面アーチを取り上げた。なお、アンケート調査における被験者は、極めて少数になったが、広島工業

表-1 スイス東南部の峡谷を背景としたアーチのサイコベクトル値

	ライズ比=1:2			ライズ比=1:5			ライズ比=1:8		
	リブの太さ=20	リブの太さ=10	リブの太さ=4	リブの太さ=20	リブの太さ=10	リブの太さ=4	リブの太さ=20	リブの太さ=10	リブの太さ=4
テーパーの割合=1:1	0.637 (3)	1.667 (3)	2.853 (2)	1.278 (7)	3.239 (4)	5.110 (-2)	1.447 (1)	3.637 (7)	5.725 (1)
テーパーの割合=1:2	0.565 (2)	1.619 (0)	2.641 (2)	1.222 (3)	3.203 (6)	5.101 (-5)	1.417 (-1)	3.618 (7)	5.720 (1)
テーパーの割合=1:4	0.308 (1)	1.401 (1)	2.581 (1)	0.972 (-1)	3.022 (5)	5.053 (7)	1.273 (-2)	3.521 (8)	5.695 (6)

表-2 東京の街並を背景としたアーチのサイコベクトル値

	ライズ比=1:2			ライズ比=1:5			ライズ比=1:8		
	リブの太さ=20	リブの太さ=10	リブの太さ=4	リブの太さ=20	リブの太さ=10	リブの太さ=4	リブの太さ=20	リブの太さ=10	リブの太さ=4
テーパーの割合=1:1	0.687 (6)	1.798 (8)	2.862 (0)	1.378 (2)	3.493 (6)	5.511 (-6)	1.560 (2)	3.922 (2)	6.174 (-6)
テーパーの割合=1:2	0.609 (6)	1.746 (6)	2.848 (0)	1.318 (4)	3.454 (6)	5.501 (-2)	1.528 (-2)	3.902 (8)	6.169 (0)
テーパーの割合=1:4	0.332 (2)	1.511 (6)	2.784 (-2)	1.048 (-4)	3.259 (6)	5.450 (4)	1.372 (-2)	3.797 (2)	6.142 (4)

表-3 スイス東南部の峡谷を背景としたアーチの主成分分析結果

第1主成分		第2主成分		第3主成分	
軽快な	0.33466	安定した	0.42136	引き付けられる	0.68223
すっきりした	0.33261	代表的な	0.38554	個性的な	0.48521
女性的な	0.33167	安心感のある	0.37402	迫力のある	0.23421
形が美しい	0.33166	バランスの良い	0.35047	壮大な	0.22563
ぼそりした	0.33063	無難な	0.33498		
		なじみのある	0.29979		

表-4 東京の街並を背景としたアーチの主成分分析結果

第1主成分		第2主成分		第3主成分	
形が美しい	0.33751	安心感のある	0.41534	引き付けられる	0.68485
軽快な	0.33373	安定した	0.40925	迫力のある	0.38730
すっきりした	0.33103	代表的な	0.33652	個性的な	0.34269
女性的な	0.32327	壮大な	0.30340		
ぼそりした	0.31007	無難な	0.28712		
なじみのある	0.30473				
バランスの良い	0.27104				

大学工学部建設工学科4年生8名である。

4.2 主成分分析によるアーチ景観分析 アンケートの回答を主成分分析した結果が表-3と表-4である。まず、表-3より、峡谷を背景としたアーチの第1主成分は「形態美」を、第2主成分は「安定感」を、そして、第3主成分は「情緒性」を表していると言える。一方、表-4より、街並を背景にした場合も峡谷の場合とほぼ同様であるが、「なじみがある」という形容詞が「形態美」に含まれるなど、やや主成分をひとつのカテゴリにまとめることが難しいことが分かる。

4.3 分析結果と考察 前節の結果を活かして作成したプロフィール図の一部を図-1と図-2に示す。図-1は峡谷を背景としたリブの太さが10、テーパの割合が1:2のアーチに対する結果であり、ライズ比をパラメータにして整理したものである〔図-3(a),(b),(c)〕。図-2は背景を街並に変えたものである。

図-1より、こ

れらのアーチは「形態美」、「安定性」のプロフィール得点がほとんどプラスを示しており、これから、峡谷に架かるアーチとして、形態的には良好なイメージを与えていると判断できる。このようなイメージはアルンハイムの理論より、「アーチと大地とのつながり

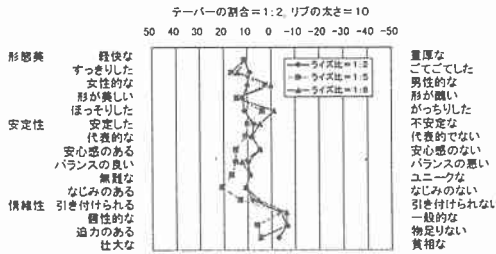


図-1 スイス東南部の峡谷を背景としたアーチのプロフィール図

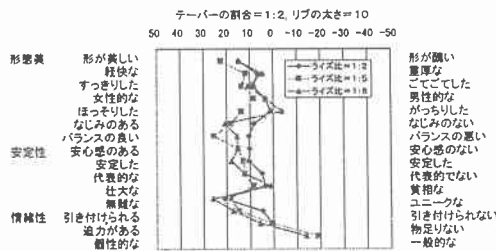
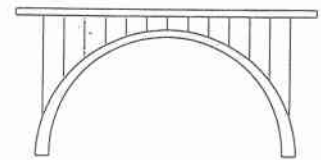
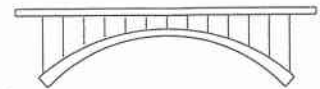


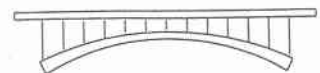
図-2 東京の街並を背景としたアーチのプロフィール図



(a)ライズ比 1:2



(b)ライズ比 1:5



(c)ライズ比 1:8

図-3 ライズ比の違いによるアーチ形状の差異

認識しやすい」ことで生まれてきているのではないかと考える。ただ、「情緒性」を見れば、迫力の点で物足りなさを感じるなど、やや平凡なイメージを持たれたようである。

次に図-2と図-1との比較により、これらのアーチは街並に置かれる方が、「形態美」と「安定性」において全体的にプロフィール得点が高いことが分かる。また、「情緒性」を見れば、やや「個性」に欠けるといイメージを持たれる反面、「引き付けられる」形態であるとも見られている。このようなイメージは街並における連続した建築群とのつながりの中にあると考えられる。

5.まとめ アーチを対象にして、「力の流れ」を「力のベクトル」として従来のサイコベクトル法の評価式に導入することを試みた。現段階では良好な結果を得るに至っていないが、今後は他の要素（例えば、アルンハイムの理論など）を考慮して、「力の流れ」の認識度を定量的に評価できるかどうかを検討したい。難しい問題が多々あるが、この種の研究によって形に対するイメージを定量化できれば、多くの人々の目に触れる公共構造物である橋梁の景観評価を、デザインの段階で、より客観的に評価することが可能であると考えられる。

【参考文献】1) 阿部哲子, 石井信行, 藤原陽三, 阿久津正大: 視覚的に力の流れを認識する橋の形に関する研究, 土木学会 構造工学論文集 Vol.42A, pp.471-480, 1996.3. 2) 杉山俊幸, 深沢泰晴, 清水克彦, 中村哲也, 寺西功: 加重目的決定分析法を用いたサイコベクトル法による橋梁景観の定量的評価, 土木学会 構造工学論文集 Vol.37A, pp.677-689, 1991.3. 3) R. アルンハイム: 建築形態ダイナミクス(上・下), 乾正雄 訳 鹿島出版, 1980.