

構造美に着目した都市河川にかかる中小規模の鋼橋の景観に関する研究

橋梁工学分野

高井 俊和

1. 研究の概要

(1) **研究背景** 橋梁は構成する部材の組み合わせを変化させることで、さまざまな形状を作り出すことが可能な構造物であり、単にその機能を果たすだけでなく、造形的な面でも優れていることが必要とされてきた。また、橋梁などの工学的構造物の本質的な美は、単に絵画的、芸術的な美、調和の美のみだけではなく技術上の合理的な美も必要とされてきた。

わが国における橋梁構造物を含めた社会資本の整備は、高度経済成長期において短期間に整備する必要から経済性、機能性を重視して行なわれた。そして、ニーズの多様化や、住民の参加意識の向上などを受けて、都市内の橋梁に対する景観は、景観委員会などで検討がなされてきている。しかし、この委員会は大型な橋梁、あるいは特殊な場合の橋梁に対して設置されるものの、中小規模の桁形式橋梁にはほとんど設置されていないのが現状といえる。

また、わが国的主要都市では、都市内に多くの高架橋が建設された。そして、都市内に存在する高架橋は、都市の街路景観の構成要素において重要な役割をはたし、高架橋の存在が都市景観を大きく左右することが知られている。

(2) **研究目的** 旧来よりいわれている「技術的、経済的に合理的な構造をとれば美しい構造となる」という真即美¹⁾の考えに着目し、橋梁に適用した場合の橋梁景観への有効性、および橋梁における成立性について、橋梁の写真を用いたアンケート調査により検討する。本研究では経済的な観点については考慮せず、技術的な視点を力学的合理性とし、この点から橋梁の美を検討する。

本研究で行なったアンケート調査は、橋梁のイメージ調査と径間比に関する調査からなる。イメージ調査では、風景を含めた橋梁の美しさを人々がどのように感じ、どのように受け止めているのかを明らかにすることを目的としている。既設の橋梁を対象として分析を行ない、その結果に基き各橋梁を評価する。

径間比の調査では、3径間の桁形式橋梁の橋脚位置を変更して力学的合理性の異なる橋梁の画像を作成し比較する。力学による基準とアンケート調査で高い評価を受ける橋梁との関連性を比較し、真即美の有効性

について検討する。

2. 橋梁美の考え方

近年の橋梁の景観評価へのアプローチとして、橋梁そのものの形状を扱う橋梁形態論と、周囲や環境との関係を扱う環境調和論の2つの側面が存在する。前者は構造デザインと造形デザインが、後者には景観デザインと都市デザインが含まれる。このうち構造デザインは、構造の設計において一般的に制約条件となる力学的要素を、逆に設計の足がかりとして構造形状を決定しようとする考え方である。この構造デザインの元となっている橋梁美の構成要素についてまとめる。

(1) **橋梁美** 構造物一般では構造美、橋梁では特に橋梁美と呼ばれる。橋梁などの構造物は、第一に安定が必要になる。視覚的にバランスが取れているだけでなく、構造としての安定も必要となる。従って、橋梁は、芸術的な美の基準による幾何学的な美しさだけでなく、技術的な基準による美しさも重要といえる。前者は形式美、後者は機能美と呼ばれる。

(2) **形式美** 橋梁は、多くの部材からなるが、全体として相互に調和しないければ、その橋は美しいとはいえない。この調和は、美学的、芸術的な概念による幾何学的な美しさを指す。

形式美を実現するためには、プロポーション(比例)、シンメトリ(対称)などの美的原理¹⁾を適用することが有効とされる。

(3) **機能美** 橋梁に第一に求められる機能である安定は力学によって決定される。橋梁を構成する各部材が無駄に遊ぶことなく有効に働くことが効率的といえる。これらの機能を満たし感じられる美しさを機能美という。しかし、この機能が優れても、それを裏づける力の流れが直感的に明快でなければ、美しいとはいえない¹⁾。一部の文献では、橋梁利用時の利便性や快適性を表す場合もある。

(4) **真即美** 機能主義、合理主義とも呼ばれる。構造物は構造法に正確であれば、出来上がる構造物の形状は美しいものになるとする一方で、目的を満たし技術的、経済的に有利な構造にすれば、結果として美しいものとなり、特段に美の問題に配慮する必要はないというように経済的基準を含める場合もある。

3. 都市内の橋梁を対象としたイメージ調査

(1) 橋梁の選定 調査に用いる橋梁は、都市内でもよく見かけるものとして大阪市内にあり中小規模で、橋梁形式は桁形式、アーチ橋、斜張橋とした。また、橋梁全体を見渡せるように河川上に架かる橋梁とした。調査に用いた橋梁の一覧を表1と写真1に示す。

表1 調査で用いた橋梁の形式および架設場所

橋梁番号	橋梁名	形式	架設場所
橋梁1	岩松橋	桁橋	尻無川
橋梁2	十三大橋	アーチ橋	淀川
橋梁3	桜宮橋	アーチ橋	大川
橋梁4	玉江橋	桁橋	堂島川
橋梁5	菅原城北大橋	斜張橋	淀川
橋梁6	長柄橋	アーチ橋	淀川
橋梁7	片町橋	桁橋	寝屋川
橋梁8	堂島橋	アーチ橋	堂島川
橋梁9	大阪城新橋	桁橋	平野川
橋梁10	豊里大橋	斜張橋	淀川

(2) 調査の概要 各橋梁について遠景と近景の写真を2枚用いた。橋梁の主景観は、橋軸方向に対し45~90度、仰角、俯角10度以内²⁾とされるが、調査で用いた写真では、各橋梁少なくとも1枚はほぼこの範囲内にある。写真は、縦56mm×横85mm程度とし、普通紙にカラー印刷した。対極の意味を持つ言語対で、「どちらでもない」を中心として「少し」「とても」の5段階を設け評定する方法をとった。言語対は、表2に示す24の対極的意味を持つ形容詞や副詞対^{3), 4)}を用いた。

表2 調査に用いた言語対

目立つ	目立たない	重々しい	軽やかな
力強い	弱々しい	統一感のある	統一感のない
暖かい	冷たい	落ち着いた感じ	せわしい感じ
安定感がある	安定感がない	シンプルな	複雑な
魅力的な	魅力のない	迫力のある	迫力の無い
調和した	不調和な	明るい	暗い
躍動感のある	躍動感のない	違和感のある	違和感は無い
美しい	みにくい	飽きのこない	飽きのくる
現代的な	古風な	柔らかい	硬い
派手な	地味な	好き	嫌い
親しみやすい	親しみにくい	印象的な	ありふれた感じ
開放感のある	圧迫感のある	高価な感じ	安価な感じ



(a) 岩松橋



(b) 十三大橋



(c) 桜宮橋



(d) 玉江橋



(e) 菅原城北大橋



(f) 長柄橋



(g) 片町橋



(h) 堂島橋



(i) 大阪城新橋



(j) 豊里大橋

写真1 調査で用いた橋梁の写真

アンケート調査は無記名方式で土木工学科の学生および一般の社会人に250部配布し、有効回答は168部、回答率は67%であった。回答者の属性として、性別、年齢、職業が土木に関係あるかについてたずねている。回答者属性の分布を図1に示す。

(3) SD法による集計結果 回答全体に対してSD法³⁾の集計手法に従って集計した。「とても」、「少し」などの5段階は尺度上で等間隔にあるものとした。因子抽出後、直交回転を行なった結果を表3に示す。

なお、分析はセントロイド法³⁾による因子抽出を行なった上で、単純構造を求める直交変換としてバリマックス法^{3), 5)}を用いて直交回転を行なった。直交回転



図1 回答者属性別のサンプル数

表3 因子抽出結果

	因子負荷量 第1因子 第2因子	共通性
魅力的な	魅力のない 0.789	0.167 0.650
好き	嫌い 0.777	-0.209 0.648
美しい	みにくい 0.765	0.011 0.585
明るい	暗い 0.734	0.160 0.565
躍動感のある	躍動感のない 0.621	0.423 0.564
高価な感じ	安価な感じ 0.618	0.469 0.602
印象的な	ありふれた感じ 0.618	0.415 0.554
調和した	不調和な 0.595	-0.440 0.548
現代的な	古風な 0.578	0.445 0.532
派手な	地味な 0.561	0.547 0.613
飽きのこない	飽きのくる 0.551	-0.330 0.412
統一感がある	統一感はない 0.546	-0.366 0.432
親しみやすい	親しみにくい 0.531	-0.479 0.511
解放感のある	圧迫感のある 0.493	-0.366 0.377
暖かい	冷たい 0.470	-0.199 0.260
柔らかい	硬い 0.434	-0.272 0.263
安定感がある	安定感がない 0.421	-0.081 0.184
目立つ	目立たない 0.469	0.846 0.636
落ち着いた感じ	せわしい感じ 0.297	-0.833 0.489
シンプルな	複雑な 0.048	-0.628 0.396
迫力のある	迫力の無い 0.498	0.584 0.589
力強い	弱々しい 0.425	0.507 0.438
違和感がある	違和感は無い -0.286	0.458 0.291
重々しい	軽やかな -0.266	0.407 0.236
寄与度	7.105 4.270 11.375	
共通性の割合 (%)	62.5 37.5 100	

の因子数は 2 因子で評価した。直交回転前において打ち切る場合、無視される共通性の割合 (percent of communality) は約 9% となる。また、因子抽出結果から各因子に含まれる言語対を考慮し、第 1 因子を「あいまいな根拠の美しさを表す因子 (P)」、第 2 因子を「存在感を表す因子 (S)」と命名した。

(4) 各橋梁の評価 各言語対のプラスの意味を持つ最大を +1、マイナスの意味を持つ方を -1 として平均値を出し数値化したものをスコア⁶⁾とし、この値を用いて各橋梁の評価をした。各言語対は同じ重みで集計している。また、5 段階の尺度は等間隔とした。

すべての回答者を対象とした場合の各橋梁の評価を図 2 に示す。全体の言語対での評価では斜張橋、アーチ橋、桁形式の順で高い評価となっているが、これは複雑な形状のものが高い評価を受けている。同じ橋梁形式であれば、各橋梁はほぼ同じ傾向が見られる。背景や構造形状など各橋梁固有のものではなく、橋梁形式のみに依存した評価が得られたと考えられる。桁形式橋梁以外の橋梁は全体のスコアがプラスになっていることから、桁形式はアーチ橋や斜張橋と比べて低い評価となっているといえる。

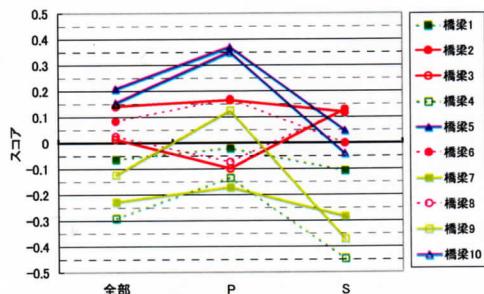


図 2 橋梁別のスコア (因子間の比較)

4. 径間比に着目した桁形式橋梁の美しさに関する調査

(1) 橋梁の選定 3 径間の既設の桁形式橋梁を選定し調査を行なった。調査に用いた橋梁を表 4、図 3 に示す。この調査では、CG 画像による評価も行なった。CG 画像を図 3 に合わせて示す。

(2) 代替案の作成 橋脚の位置を変更し、力学的合理性の異なる橋梁案を作成した。橋脚の位置は力学的な根拠で決定し、河川の構造上の考慮はしていない。橋梁の径間比は、表 5 に示すような根拠により決定した。調査に用いた写真の例を写真 2 に示す。

なお、連続桁の力学的合理性とは、等分布荷重を載荷したとき桁高が一定になるということで、最大、最小断面作用曲げモーメントの値が等しくなるように径間比を設定している。3 径間の単純桁としては、橋脚の位置が等間隔であるものが妥当といえる。

(3) 調査の概要 調査では、カラー印刷した縦 82mm × 横 109 mm 程度の写真または CG 画像を見な

表 4 調査で用いた橋梁の形式および架設場所

橋梁名	形式	架設場所
北江口橋	桁橋	神崎川
新大吹橋	桁橋	神崎川
新川橋	桁橋	兵庫運河

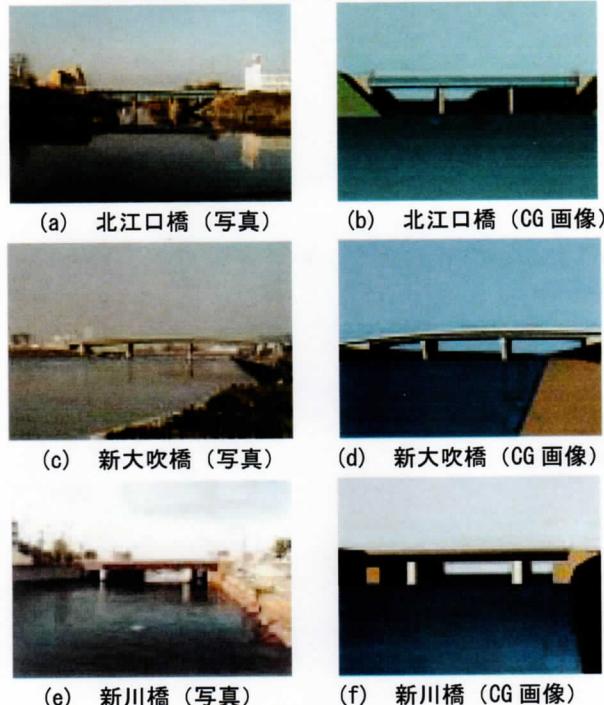


図 3 調査で用いた橋梁の画像

表 5 径間比の決定基準

径間比	設定根拠
1:1:1	単純桁として力学的に合理的
1:1.2:1	連続桁として力学的に合理的
1:1.6:1	黄金比 (5:8) の適用
1:2:1	中央径間を広く取ったもの

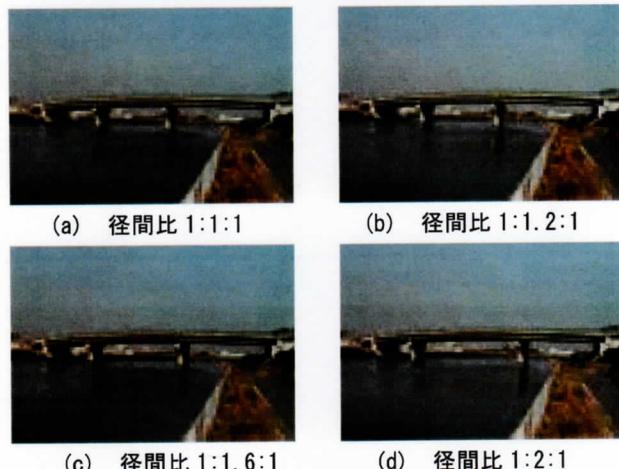


写真 2 作成した加工写真 (新大吹橋)

がら、「好き」なものと「嫌い」などを 1 つずつ答えてもらう方法をとった。なお、「好き - 嫌い」の言語対は、SD 法により言語対を分類した場合、「あいまいな根拠の美しさを表す因子 (P)」に含まれる。

調査は無記名方式で大阪市立大学の学生および一般人を対象とした。写真を用いたものは 240 部配布し、

有効回答は約 128 部、回答率は約 53%、CG 画像を用いたものは 350 部配布し、有効回答は 175 部、回答率は 50% であった。回答者属性別のサンプル数の分布を図 4、図 5 に示す。



図 4 回答者属性別のサンプル数（写真）



図 5 回答者属性別のサンプル数（CG 画像）

(4) 調査結果 橋梁別に、各径間比の案が「好き」と「嫌い」とに選ばれる割合を表したものを、図 6 に示す。橋梁別、写真、CG 画像の別で比較した場合でも、「好き」、「嫌い」ともおおむね同等の結果になったといえる。ただし、「好き」で CG 画像の新川橋の結果は、他の橋梁の傾向とも異なっているが、この点は CG 画像の再現性の問題など、検討の余地は残ると考えられる。

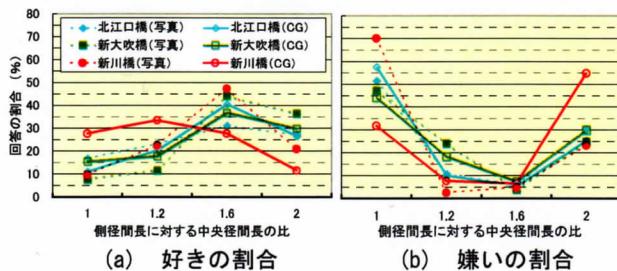


図 6 径間比別の評価

黄金比を適用した径間比 1 : 1.6 : 1 は、「好き」の割合が他の径間比より最も高く、「嫌い」の割合が最も低い結果となっており、一番高い評価であるといえる。対して、径間比 1 : 1 : 1 は、「好き」の割合が他の径間比より最も低く、「嫌い」の割合が最も高い結果となっており、一番低い評価であるといえる。ほかの径間比の 1 : 1.2 : 1 と 1 : 2 : 1 は、その中間の評価を受けたと考えられる。

性別、専門性の有無による評価の違いを図 7 に示す。各橋梁、回答者属性の違いにより評価は多少の違いはみられるものの、傾向は近いものになっておりその差は少ないと考えられる。このことから、性別、専門性の有無の違いによる評価への直接の影響はないものと考えられる。

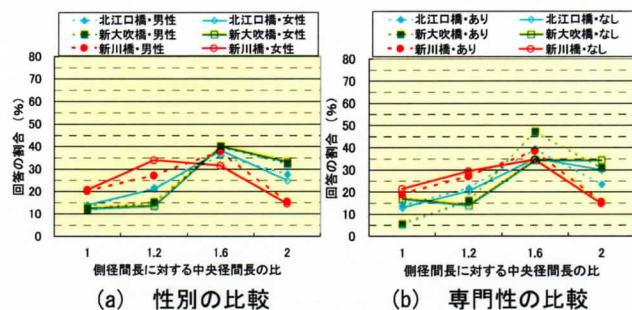


図 7 好きと判断される割合

5.まとめ 本研究では、アンケート調査を実施し、橋梁景観における真即美の有効性、成立性について検討した。得られた結果を以下にまとめる。

1. SD 法の集計から、橋梁の美しさは、第 1 因子の「あいまいな根拠の美しさを表す因子 (P)」と、第 2 因子の「存在感を表す因子 (S)」との 2 つの因子ではほぼ説明できると考えられる。

2. 各橋梁の評価では、斜張橋が高く、アーチ橋、桁形式の順になっていた。複雑な形状、あるいはシンボル性の高い方が高い評価を受けているといえる。

3. 径間比の調査より、黄金比を径間比に適用した橋梁案が最も高い評価を受けた。したがって、力学的合理性の基準は、美的判断において最上位の基準にならないと考えられる。

4. しかし、力学的合理性の高い径間比は、黄金比に次いで評価が高いと考えられ、力学低合理性に基づいた検討の有効性は十分高いと考えられる。

5. 各橋梁固有ではなく、橋梁形式のみに依存した評価が得られた。回答者属性の違いによる特定の傾向は見られなかった。評価結果は一般性のあるものが得られたと考えられる。

謝 辞 都市内の橋梁を対象としたイメージ調査では岡田昌樹氏（現（株）ハルテック）にアンケートデータを提供していただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山本 宏：橋梁美学、森北出版、1980.11.
- 2) 石井信行：構造物の視覚的力学、鹿島出版会、2003.2.
- 3) 岩下豊彦：SD 法によるイメージの測定、川島書店、1983.1.
- 4) 山本太郎、清水 茂：長野市における橋梁の印象調査、構造工学論文集、Vol.46A、土木学会、pp.423-430、2000.3.
- 5) 芝 祐順：因子分析法、東京大学出版会、1979.1.
- 6) 岡田昌樹、北田俊行、山口隆司、松村政秀：大阪市内の既設橋梁を対象とした橋梁景観に関する一考察、平成 13 年度関西支部年次学術講演会講演概要、土木学会関西支部、pp.I-107-1-I-107-2、2000.5.