

## I—22 橋梁美観に関する力学的評価と心理力学的考察

専修大学北海道短期大学 正員 中村作太郎

## 1. 序 論

橋梁美の評価法については、いまだ研究者も少なく哲学における芸術論と美学を基本として技術美の重要性が強調されている程度であり、抽象的評価理論が中心となり心理力学的な分野においては確立された定説は全くない。すなわち橋梁の美的設計などについては一般の建築芸術と同じように設計者の主観に依存している現状である。

しかし橋梁や建築等の構造体は地球上の空間に立体的に建造され、構造力学を基本として出来るだけ無駄な部材を省き、各部材の断面も全体としてバランスのとれた力学的経さい性の優れた建造物として設計されている限り、決して装飾美や造形美等の力学的配慮を従とした特異の芸術美だけで評価すべきものではなく、構造物全体としての力学的評価を特別に重視しなければならない時代となつて来ている。

また当然立体空間における地域環境にマッチした景観力学的配慮も必要であり、基本的力学の組合わせによる力の流れの美的評価が必要となつて来る。橋梁美学はその架設技術の歴史の変遷が人類の文化史とともに進歩しつつあると同様橋梁の美的評価もその時代の流れにより変化するのは当然であり、古代人の橋梁美に関する評価と現代人の橋梁美に対する科学的評価法とは全く相異なっている。現代においても絵画その他芸術作品とは異なり力学的智識の全くない一般民衆とは違い力学的基礎智識を有する専門家の美的感覚とその評価では力学的美観を無視することは出来なくなつて来ている。

殊に橋梁は建築構造物と異なり公共事業として設計されるのが普通であり、また荷重の種類・載荷方法はもちろん、構造体の形式や種類等も多種多様であり、力学的現象もそれぞれ異なっているから、力学的美観についての考慮は非常に重要であり従来とは異なつた全く新しい心理力学的評価と考察が必要であると思う。

著者は上述の主旨に基づき、橋梁美観の力学的評価と心理力学的考察について論述する。

2. 橋梁美の力学的評価について<sup>1)</sup>

## (1) 概 説

橋梁の設計計算においては構造力学の理論解析により各部材の応力度を求めその断面を決定する手法をとっている。橋梁は立体的構造物であるから三次元応力解析により計算するのがもつとも合理的であるけれども、応力計算を簡略化するため座標軸 $x$ 、 $y$ 、 $z$ による各軸面 $xy$ 、 $yz$ 、 $xz$ のそれぞれに荷重をはいぶんし、各軸面において平面解析することが多いが、大局的にはあくまでも立体的な応力の流れを基本として設計すべきものと思う。また橋梁美の力学的評価を行なう際にも立体的構造体としての応力の流れを基本として評価すべきものとする。

橋梁の構造形式には種々あるが、大きく分けると圧縮場の力学的流れ、引張場の力学的流れ、曲げの場の力学的流れ、曲げと圧縮の組合わせの場の力学的流れ、曲げと引張の組合わせの場の力学的流れ等の力学的現象からなっている数種類の橋梁に分類することが出来る。

圧縮場の力学的流れの橋梁としてはメーソンリー・アーチ橋、引張場の力学的流れの橋梁としては吊橋、曲げの場の力学的流れの橋梁としては桁橋およびトラス橋がある。また曲げと圧縮の組合わせの場の力学的流れの橋梁としてはライズが低く支間の大きなアーチ橋、曲げと引張の組合わせの場の力学的流れの橋梁としては斜張橋および新しい形式のトラス系吊橋等をあげることが出来ると思う。

## (2) 圧縮場の橋梁の力学的美観

古代石造アーチ橋等のメーソンリー・アーチの力学的美観がこれに属し、大きな荷重に耐え忍ぶ重厚な力学美を呈するのが特色であり、近代的のコンクリート・アーチ橋にも応用出来る。重厚美の力学的評価としては圧縮力の大きく作用する大きな支間の橋梁ほどその独特の美的感覚が強調されるのである。

### (3) 引張場の橋梁の力学的美観

古代の吊橋も現代にあける新しい形式の吊橋も引張力を主体とする伸び伸びとした高揚力のある雄大な美観を呈するのが特徴である。引張力の場として架設される吊橋系の大径間橋梁はダイナミックで景観力学的にも美的評価のきわめて難しいタイプである。

### (4) 曲げの場としての橋梁の力学的美観

曲げを主とする場の橋梁としては桁橋とトラス橋があり、また支持状態による単純橋と連続橋およびゲルバー橋があり、応力現象が異なるように、それぞれの力学的美観の特性にも異質の感覚があり、単純橋の簡単な曲げ現象に比べ連続橋の中間支点部に生ずる曲げ現象の特徴がその力学的美観に連続力学的なダイナミックで壮大なる力強さを与えている。ゲルバー橋の場合はヒンジ部における不連続性により柔軟性のある力学的美観を示しているといえる。また桁橋とトラス橋との力学的美観の差異は、簡素で直線的な美とメンバーの組合わせによる繊細な力線美との違いにあると推定される。これらの美観はいずれも古代には見られなかつた近代の力学のもたらしたものとえよう。

### (5) 曲げと圧縮の場としての橋梁の力学的美観

曲げと圧縮力を組合わされた場の橋梁としては近代的な大径間の鉄筋コンクリートアーチ、プレストレスト・コンクリートアーチ、鋼アーチなどあるが、いずれも古代石造アーチとは異なつた重厚美のほかに近代的な雄大な美観を呈するのが特徴であると思う。

### (6) 曲げと引張の場としての橋梁の力学的美観

曲げと引張力を組合わされた場の橋梁としては近代的な最近流行の斜張橋のほか、今後大径間橋梁として有望視されているトラス系吊橋等をあげることが出来ると思うが、その力学的美観にはそれぞれ独特の特徴がある。斜張橋の場合は径間が大きくなるほど雄大でダイナミックな力強さを感じさせられる美観を呈し、トラス系吊橋の場合は柔軟性と繊細に富む美観を示し、大径間になればなるほど伸張性の大なる高揚力を有する雄大なる美観を感じさせられる。このどちらの橋梁もスパンの増大とともにそれぞれ独特の景観力学的美の創造に工夫を凝らさなければならないと思う。

### (7) 構造力学的美の評価

橋梁美の評価は従来設計者の主観により決められているが、力学的美の追求を行なわなければならない現在においては構造力学的力の配分と分布に比例した心理力学的の強さを配慮した評価が必要になつて来たと考える。そのためには迅速に橋梁全体としての応力分布の流れを求め、その分布について美的評価を行なわなければならないことになる。数値計算によつて求めた応力分布図を画くのにかなりの手数を要するならば、光弾性実験によつて主応力差を示す縞写真または主応力図から力学的美の評価を行なうのも有力なる一手法であると思う。

### (8) 景観力学的美の評価

橋梁を架設せんとする計画路線の周辺の風景をカラー写真にとり、橋の色々なタイプの模型を製作・着色して風景写真中に投入複写し、その景観力学的美観について評価を行なうために住民のアンケートや橋梁専門家だけのアンケートなどを集計分析し、更に橋全体としての応力分布の流れを想定して美観を周囲の風景と融和させた表示方法により景観力学的考察を行ない、優れたタイプと色彩を選出することが出来る。また光弾性実験による縞写真や主応力図を白黒の風景写真の中に投入複写して景観力学的美観の評価を行なうのもユニークで面白い手法であると思う。

## 3. 心理力学の科学的考察

### (1) 概 説

心理的強さの定性的表示については古くから心理学者により研究されているが、定量的な表示に関する科学研究についてはほとんど追求されていない現状にある。しかし視覚的美の強さを定量的に評価することは技術美の研究分野において非常に重要な問題である。

圧縮力は心理的抑圧すなわち縮圧と忍耐力を表わし、構造力学と同じように方向と圧縮の大きさを有する。また引張力は心理的の高揚すなわち伸張力を表わし、やはりその方向と大きさによつて示される。この二つの力が心理学的力の基本であり、圧縮力と引張力を同時に生ずる曲げモーメントの現象はきわめて複雑であるけれども痛快なる美観を与えてくれるものとする。

## (2) 構造力学の手法の心理力学への適用

心理学的力の大きさと方向が決定すれば、構造力学の原理と法則が適用出来るものと考えられ、力の分解・合成の法則のほかモーメントやトーシヨンまたはベクトル、スカラー、テンソルなどの表示法則も心理学的力として意味を有することとなる。

立体空間における構造体に生ずる応力とバランスの美を考えに入れた心理力学の力の分布と対比し、心理力学という新しい表示法とその定義について考察して見ることにする。心理力学のことを英文では、「Psychological Mechanics」また、心理構造力学のことを「Psychological Structural Mechanics」と名づけることが出来ると思うが、略してPsyco. Mechanics、Psyco. Structural Mechanicsと呼ぶことも出来るであろう。そこでこの手法に従いサイコ・ストレス、サイコ・ベクトル、サイコ・スカラー、サイコ・テンソル、サイコ・フオース、サイコ・トーシヨン、サイコ・フオースマトリックス等の名称を使用することも可能であり、心理力学上の各種の量と大きさおよび方向が与えられれば、従来抽象哲学の分野に属していた美の評価方法ももつと具体的な定量的表示法により新しい考察を試みる事が可能になるからますます構造力学の理論解析や図式解法が応用出来るようになる。

## (3) 構造力学と心理力学の相違点

構造力学は固体力学の応用として各種の構造物の力学的特性を解明するための理論について体系づけられたものであり、その発展途上のものであり、理論解析のみで確立することは困難であり、当然実験解析も必要となつて来る。これに対し、心理力学なるものの内容はもとよりその名称さえも全く新しいもので、美の研究分野にサイコ・ベクトル<sup>2)</sup>等の考え方が抽象的ではあるが登場し始めたことでもあり、また実験心理学の発達により美的感覚の強さや力線方向などをいままでよりも具体的に表示することも出来るようになると思う。すなわち心理学的力の評価が構造力学の発達上きわめて有望である。

しかしながら、技術美に対する心理学的力の大きさや方向は人間の個人的精神状態や異状心理学的発生などにより変化することのあり得ることを推察するならば、精神医学あるいは科学的心理学の研究分野と協力して精神力学的に研究分野を進展させて行かなければなるまい。また広い意味では生物力学の範囲に包含されるべきものとも考えられ、すでに確立されたハードな構造力学の分野とは異なり今後課せられたかなり変化に富むソフトな力学分野に属するものといえる。心理現象の強さと方向が基本となつて視覚を満足させる美的感覚を科学的に評価する学を美観心理力学と名づけるならば、構造物の美学に関する限り美観構造心理力学と呼ぶことも出来ると思う。

構造力学はすでに確立されているとおり、構造物が安定の状態にある場合力の釣合いの条件またはその他の条件等により解析される物理現象を取扱うものであるのに対し、構造心理力学はその解析結果に基づいて心理的感覚の力学的評価を科学的に追求しようとする全く新しい分野の学問である。橋梁のような複雑な構造体の美を追求するには、構造心理力学の研究により美の評価を多角的に考察して行かなければならないと思う。美の評価は人間の五官に好感の得られることが条件となるけれども、橋梁美の追求においては視覚による快感の得られることが主体となり他の四官の満足はこれに付帯したものと考えてよいであろう。次に橋梁の心理力学的美の評価について述べる。

## (4) 橋梁の心理力学的美の評価

橋梁の種類・形式は多種多様であり現在まですでに架設された数多くの形式からいまだ架設されたことのない新しく創造される未来の橋の形式までその範囲はきわめて広いが、地域・環境に調和した景観工学的美の追求はもちろんのこと、構造力学的バランスを考慮した構造心理力学的美の適格なる評価を行なわ

ければならないことを提唱する次第である。すなわち橋梁の心理学的的美の評価とは、構造心理学と景観心理学の融合した美的評価により多角的に総合判定することであり、今後に課せられたきわめて重要な研究問題であろう。

#### 4. 総 括

##### (1) 安定、不安定、静定、不静定の力学的美観論

橋梁を設計する場合には絶対の条件として安定な構造物でなければならないから不安定な橋梁の美は存在出来ないものである。しかし芸術の世界においてはアンバランスの不安定な美観論も空想の範囲においては無いとはいえないが、橋梁美観を論ずる場合には絵画等とは異なり除外しなければならない。安定な構造物にも構造力学の見地からいえば静定と不静定の構造体に分類出来るが、構造心理学的には静定美の単純明快であるのに反し不静定な美はきわめて複雑で技術性に富むことが構造力学の智識を有する専門家の間では異論のない感覚であろう。これに対し構造力学の智識のない一般民衆の感覚は原始民族や古代人の架橋に対する美的感覚のほかに現代人としての科学的ならびに芸術的センスを加味した第六感ともいべき感覚美をもつて表示出来ると思う。一瞬の間に感ずるこの第六感的美観はおそらく専門家達の感覚とそう変わらないのではあるまいか。それは古代人達の築造した橋梁美が構造力学を配慮した美的評価と宙象的感覚の上ではあまり違いのないことから想像出来るところである。

##### (2) 世界の代表的橋梁に関する力学的美観論

図-1 は古代フランスのニームに架けられた有名なガールの水道橋であり、二重アーチの奇巧の力学美に魅力を感じるが圧縮力に強い橋梁として現在でも安定・残存している。図-2は近代アメリカのニューヨークに架けられたたわみ理論で設計された初めての橋として著名なマツハツタン吊橋である。近代的な経済性に富む繊細なる美観と周囲の環境にマッチした景観美を兼ねそなえた独特の美観を示し、引張場の近代的吊橋の代表作品として安定・厳存している。

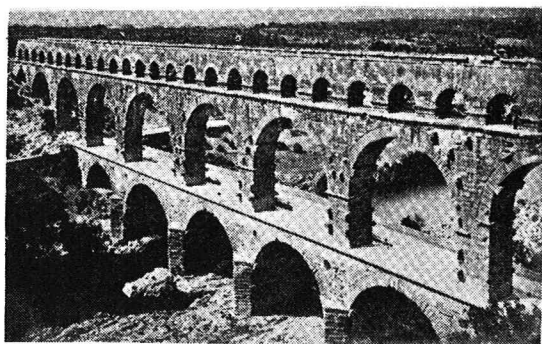


図-1 古代フランスのニームに架けられたガールの水道橋

図-3は中世におけ中国に架けられた美的橋梁として名高い趙州橋で、荘重かつスマートな力学的美観が特徴であり、曲げと圧縮を受けるコンクリート・アーチ橋の多い中国における代表的作品であろう。

このほかにも中国には古代の石造アーチを始め、近代的のコンクリート・アーチ、鉄筋コンクリート・アーチ、プレストレスト・コンクリート橋などの中に力学的美観を有するものが非常に多い。

図-4は中世の末期日本に架けられた有名な岩国の錦帯橋であるが、台風の通過する地域環境のため数回洪水のため流され最近復元されたもので、木造アーチ橋としては景観工学的にも非常に優れており世界的にも有名である。曲げと圧縮を受ける力学的美観が特徴であり、紅葉の時期における周囲の環境と連続アーチとしての力線美の調和が旅人の心を楽しませてくれるのである。



図-2 近代アメリカのニューヨークに架けられた繊細美と景観美を兼ねそなえたマツハツタン橋

図-5は現代の西ドイツに架設されたレ

バクーゼン橋で、斜張橋の中でもすつきりした簡素な力学的美観で有名である。曲げと引張を受ける斜張橋は西ドイツに多いがその代表的作品といえると思う。

斜張橋は西ドイツのほかヨーロッパ全般に普及され、最近では日本を初め東南アジア地方にも数多く架けられるようになりつつあり、その独特の美観は近代人の感覚にマッチしているようである。

図-6は現代日本に架けられた美観の上で有名な西海橋である。この橋は鋼固定アーチで力学的美観上優れているほかに、景観工学的にも周囲の環境に融和しバランスのとれた調和美を有している。海峡を流れる梅流の速さや上空の雲の流れなどの風景などとも調和し、暴風雨の来襲直前に目撃したことのある著者は全く言葉ではいい表わせない厳肅なる美観を痛切に感じさせられたことがある。

図-7は現代のオーストラリアに架設された鉄筋コンクリート・アーチ橋として有名なグレイデスビル橋である。曲げと圧縮を受ける構造力学的美観のほかに周囲の環境にもマッチした景観工学的美観の面でも調和のとれた美しさを感じさせられる。

以上の橋梁は世界各国の美観を有するものの代表的なものを数橋挙げてみた実例であるが、このほかにも美観を有する橋梁は各地に数え切れないほどあると思うが、その美観の評価が問題であり従来設計者の主観によることが多く、評価方法の規準とか規定は特に定められてはおらず、抽象的な美学特に最近発達しつつある技術美について検討する程度に過ぎない。

次に本論においても述べたところであるが、総括として橋梁美観の心理学的考察について述べる。

### (3) 橋梁美観の心理学的考察

美とは幾何学的調和のとれたものの知覚によつて心の中に生ずる快感であるといわれるが、人類の原始時代より現代に至るまで文化の発達にともなつて進歩しつつある。

殊に構造力学や構造技術の発達により、橋梁美学の評価にも心理学的考慮が必要になつて来たといえる。

心理力学についてはすでに3.の「心理力学の科学的考察」のところで述べたとおり、知覚によつて生ず

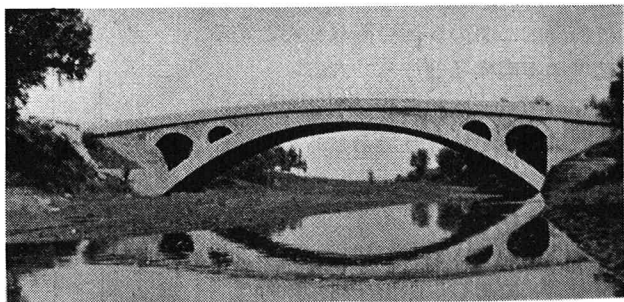


図-3 中世の中国に架けられた美観上著名なアーチの趙州橋

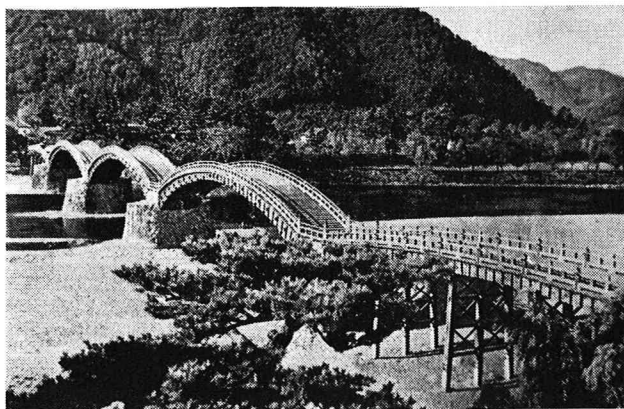


図-4 中世の末期日本の岩国に架けられた木造アーチとして景観美を誇る錦帯橋（旧橋の復元したもの）

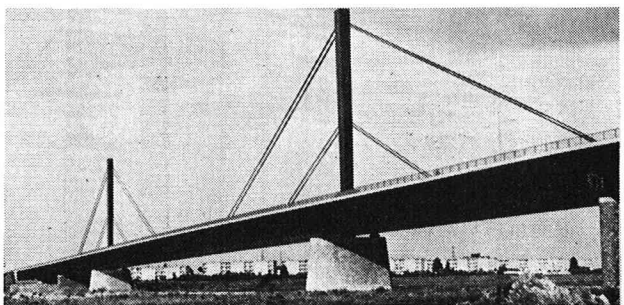


図-5 現代の西ドイツに架けられた斜張橋の代表作品として著名なレバクーゼン橋

る心理的快感の大きさとその流れの方向によつて科学的に美の評価を行なわんとするのが著者の提唱するところである。

心理学の分野では、自然科学と異なり非合理的な錯覚がともなう場合もあるので注意を要する。

例えば、ミューラーライヤーの錯覚、ツエルナーの錯覚、プントの錯覚、ヘリンの錯覚等が著名であり、図形を見た直感で判断すると美を否定するようなこともあり得る。橋梁には多種多様の形式があり、その美を評価する場合には心理力学と名づける科学的手法により審美規準を定めるべきであろう。

最後に、世界中であらゆる観点より見てもつとも美的評価の上で優れた橋梁を心理力学的考察の上から評価選出してみると、アメリカのサンフランシスコの湾岸に架けられたゴールデン・ゲート橋であると思つている。この橋は心理力学的科学上からの評価を構造力学、景観工学、環境への調和その他の面から多角的に吟味・検討した結果、雄大にして自然の地形にマッチした非常にダイナミックな力学的美観を呈しており、橋梁の専門家はもちろん一般の旅行者達の心理的視覚快感を高揚してくれる。

図-3はゴールデン・ゲート橋の側面から見た景観力学的美を示す一面であり、正面から見た構造力学的美、夜景における力学的風情美等多種多様の美観を具備している。

#### 参 考 文 献

- 1) 中村作太郎：橋梁の力学的美観論、専修大学北海道短期大学紀要 第14号、20～30 (1981)
- 2) 山本広：橋梁美学、森北出版、55～62 (1980)

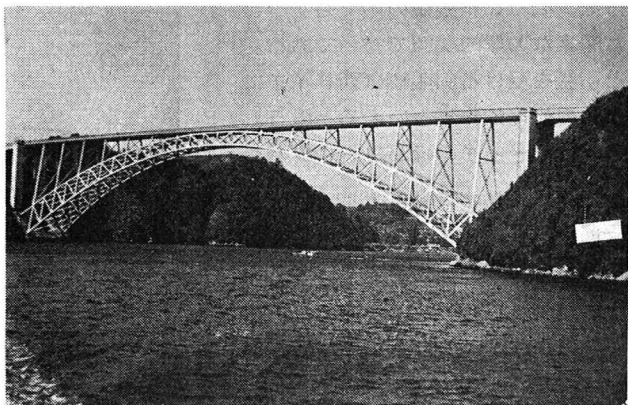


図-6 現代の日本における九州に架けられた景観 工学上優れた橋として著名な西海橋

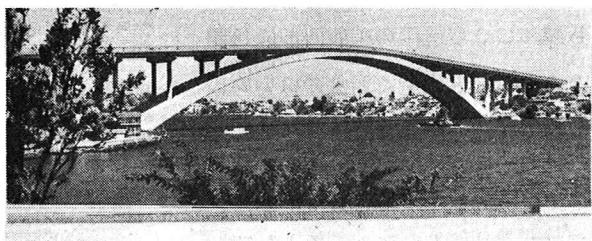


図-7 現代のオーストラリアに架けられた鉄筋コンクリート・アーチ橋として力学的美観上優れているグレイデスビル橋

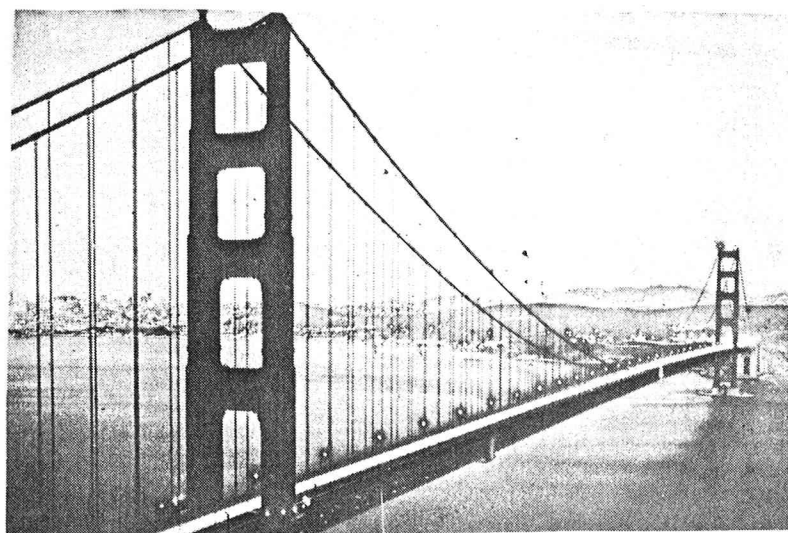


図-8 現代のアメリカにおけるサンフランシスコに架けられた力学的ならびに景観工学的に見て世界一を誇るゴールデン・ゲート橋