

橋梁デザインにおける空気力学的合理性の意味と効果に関する基礎的研究

A Study on the Interaction between Aerodynamic Design and Form Selection in Bridges

佐々木 葉* 副島 紀代** 藤野 陽三***
 Yoh SASAKI Michiyo SOEJIMA Yozo FUJINO

S u m m a r y

Form of a flexible structure is often governed by aerodynamic aspects. This paper attempts to discuss interaction between aerodynamic design and structural form with emphasis on bridges. First, a brief review on vehicle design where aerodynamic design play an important role is presented. Next, effects of aerodynamic design of bridge elements on their visual appearance is studied using a psychological experiment. Size of the corner-cut in a rectangular-shape tower and angles of fairing in a girder are employed as case studied and the effects are discussed. Finally, two approaches for use of aerodynamic design in designing bridge form are suggested.

1. はじめに

橋梁が長スパン、軽量、フレキシブルな構造となるとともに、橋梁の設計において耐風安定性を保証することが大きな課題となる。特に吊橋、斜張橋といったタワーとケーブルを有するフレキシブルな構造形式の橋梁では、耐風設計が構造設計あるいは視覚的なデザインと同等あるいはそれ以上の重要性を持つてくる。しかし、それらの異なる専門性のもとで設計される橋梁は、各分野での調整が不十分であれば、仕上がった橋の姿形に不可解な点をもたらすこともある。そのため、耐風、構造、景観の各立場から望ましい橋の設計を模索しようとする努力が進みつつある¹⁾。

一方、橋梁の造形に関しては、橋梁美学として、その形態の規範、そのよりどころが古くより論じられている。日本における橋梁美学の議論は関東大震災直後に盛んになるとともに基本的な論点の整理が行われ、その内容は今日にも継承されている²⁾。橋梁美学の論点は表1のように整理され、橋の造形に関しては、形式美と構造美がよりどころとして位置づけられている。つまり構造と造形の関係は、力学的合理性、力の流れの明快さという構造上の特性が、橋の造形の規範として位置づけられている。しかし耐風設計に関して

* 名古屋大学助手 地圏環境工学教室

** 東京大学大学院修士課程 土木工学専攻

*** 東京大学教授 工学部土木工学科

は、こうした橋梁美学の枠組みにおいて未だ明確な根拠としての位置づけを得ていない。それは言うまでもなく、橋梁美学の概念が確立されてきた時代に、耐風安定性が問題となるような長スパン、軽量の橋梁はきわめて少なかったからである。それでは、技術的な進展を経た現在、橋梁デザインのよりどころとして、耐風安定性に関わる概念はどう位置づけたらよいのだろうか。あるいは、そもそも風というものが重力のように構造物の造形に何らかのあるべき姿を提示する要因となり得るのだろうか。

表1 橋梁美学の主な論点²⁾

橋梁本体の美	造形美学の援用	<ul style="list-style-type: none"> ・美の要素： 均整、比例、釣合、交代、対比・量、線、面…… ・美しい釣合の指標： 黄金分割、グイミョウカクマトリ、フィボナッチ級数…… ・錯視の影響
	構造美	<ul style="list-style-type: none"> ・構造即美説、量即美説の是非 ・装飾のあり方 ・材料と形態
	環境との調和	<ul style="list-style-type: none"> ・風景へのおさめかた： 消去法、融和法、強調法 ・橋梁周辺の場の景観の調和： 建築との関係・取付道路、護岸、橋詰のあつかい ・視点位置の変化とデザイン上のポイント： 側面景、正面景、橋上からの眺め・遠景、近景

こうした関心から、本論文では、以下の2つの点を検討することを目的とする。

①耐風安定性という概念を橋梁のデザイン論という面から位置づけることを試みる。

②現状で用いられる耐風安定化対策の視覚的効果を検証する。

まず①のためには、風がデザインにおいて積極的に取り入れられていると思われる自動車のデザイン分野を概観し、それとの比較において橋梁における風のデザインの考え方を整理する。また②のためには、現状で橋梁本体のデザインについての耐風安定化手法である桁のフェアリングとタワーの隅切りが、視覚的にどのような効果を持っているかを、模型を用いた心理実験によって検証する。なお、橋梁の耐風対策には、ダンパーやステイクブルなどによる構造的対策と、整流装置や橋梁部材そのものの形状による空気力学的対策とがあるが、本論文では後者のみを対象として論じる。

2. 自動車デザインにおける風

ここで自動車を取り上げたのは、デザインのテーマとして風（風に対する抵抗）が大きなウエイトを占めるもののなかで、もっとも日常的、身近な分野であると考えたためであり、また、機能と形態が密接に結びついているデザイン分野であるためである。自動車のデザインにおいて風が意識されたのは比較的早く、1930年代には、風の抵抗を考慮したモデルがつけられている（写真1）。レースが盛んになり、エンジンの性能が向上、車体の軽量化が進むとともに、風に対する安定性は自動車の設計上大きな課題となった。つまり、技術の向上と機

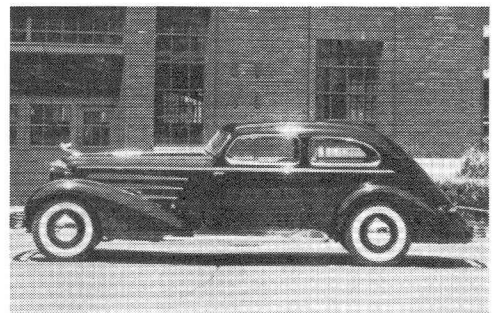


写真1 キヤデラック イロダ イミック・ク・ハ (1993)

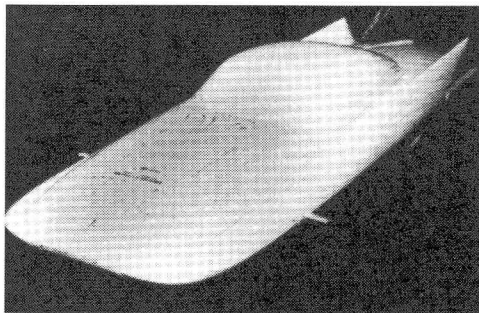


写真2 1950年代の空気力学的に効率のよい形

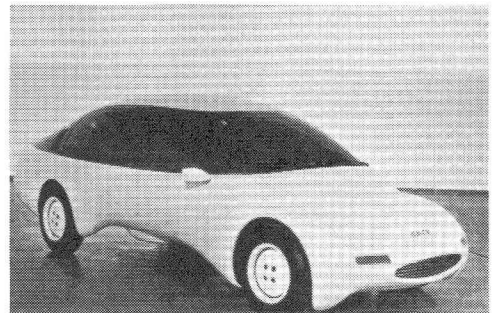


写真3 空気力学的に理想的な車体のスタディ例(1978-79)

能（安全、高速走行）の追求が、車体の形態設計（デザイン）に新たな課題をもたらした。それへの対応は、経験に基づいた試行錯誤および模型による風洞実験、さらにはコンピューターによるシミュレーションなど、検討の手法は時とともに多様化し、理想的な車体形態の模索が続いている。こうした経歴は橋梁の場合とよく似ているが、自動車の世界では、その圧倒的な数の多さと形態の自由度の大きさのためもあり、橋梁よりかなり先んじて、また比較にならないほど多様な解答を見せている。

現在のところ、車全体の形態にかかわる風の問題は、きわめて大ざっぱにいってしまうと、いかに車体近傍の空気の流れを乱さないか（カルマン渦の発生抑止）と、車体の上下の空気流速の違いによる揚力を抑え、また横風などを制御して逆にタイヤの接地性を向上させるダウンフォースを得るような空気流をつくるという点にまとめられる。

（その他には居住性向上のために風切り音の抑止、吸排気効率の向上等がある。）そのためにカルマン渦を防ぐフラップやスポイラーといった整流部材による対応、さらには、車体全体が流線型で、しかも車体表面に沿って流れる空気の速度が一定となるような形状が、空気抵抗に対してもっとも効率のよい形態とされている（写真2、3）。しかしその具体的な形態表現は実に多様で、時代、地域によっても異なる。

さらに注目すべきは、ある一つの空気力学的に効果的な形態のプロトタイプが提示されると、その形態上の特徴が、様々なデザインのバリエーションに発展していく、という傾向である。つまりひとたび提示された機能的に有効な形が、すぐにデザインのアイデアソースとして位置づけられ、いかにもそう見えるようなデザインが、広く世の中に送り出されていく（図1）。実際に速いことと同様に「速そうに見える」形の多様な表現と洗練とが模索されるのである。時には、風を切って飛ぶイメージが強い航空機やロケットのモチーフを取り込むことによって、イメージとしての風やスピードを演出するという、行き過ぎのような場合もあるが（写真4）、物理的な機能のための形の追求とともに、イメージのための形の演出、という2つの方向性が新たなデザインを展開させている。こうしたデザイナーによる様々な風を感じさせる造形の演出が、一般の人々に空気力学的に効率のよい形のイメージを次第に浸透させていき、車体のデザインの一つの拠り所として確固たる地位を得てきたものと考えられる。

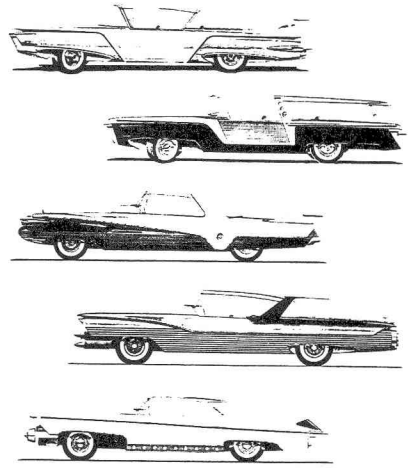


図1 同一イメージソースによるバリエーションの例

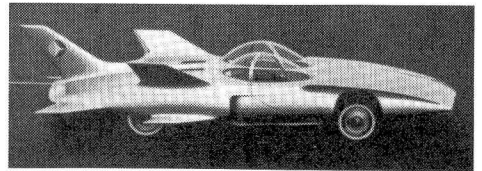


写真4 GMファイヤーバードⅢ(1958)

3. 橋梁デザインにおける空気力学的耐風対策の位置づけの検討

以上のような自動車のデザインにおける風の位置づけを、橋梁の場合にあてはめるならば、以下の点が橋梁デザインに求められることとなる。

①空気力学的合理性からみて理想的な形態を明らかにする。

②空気力学的に安定、また安定そうに見える形のバリエーションと洗練を模索する。

まず基本となる①については未だ途中段階といわざるをえない。自動車においては、風によって規定される好ましい形が、バリエーションはあるものの、かなり明らかにされており、しかもそれが車全体の形態を

特徴づけるものとなっている。これに対して橋梁では、タワーや桁に関して耐風安定性が高いおおよその形態というのが、近年定着してきたが、橋梁全体の形態というよりは部材断面の形態であって、一見して把握できるものではない。これは自動車と橋梁のスケールの違い、および問題となる風の質の違いによる。自動車において問題となる風は、主に自身の走行によって生じる一定方向の整流と考えてよいのに対して、橋梁では吹き付ける風の方向、強さがきわめて不確定であり、空気力学的に効率的な形態を絞ることが困難である。従って自動車と同じようなレベルで理想的な形態を明らかにすることは困難といわざるを得ないが、今後も積極的に続けていく必要がある。

では次に②のように、自動車の設計において風がはたしたデザインモチーフとしての位置づけと同様の役割を、橋梁の場合に期待することは可能であろうか。筆者らはその可能性を感じ、橋梁の耐風設計をデザイン面からも積極的にとらえるという立場をとっている。現在空気力学的耐風対策として定着してきた桁のフェアリングなどは、何らかの共通のイメージを人々に与え始めている。それは必ずしも耐風対策が必要ではない橋梁にもフェアリングの形状が応用されるようになっており（写真5）、デザインの一つの

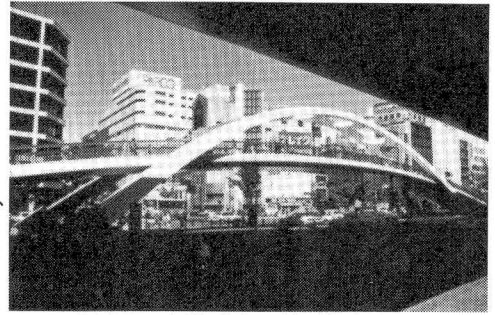


写真5 矢場ブリッジ*（名古屋市）

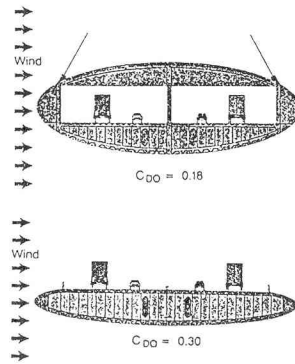


図2 流線形断面をもつ箱桁⁷⁾

のプロトタイプになりつつあることから推察される。ただしこのデザインがもつ視覚的効果が風のイメージにつながるものとして、人々に認知されているかはいまのところ不明である。（この点については次に述べる）。また、長大橋では、空力振動のみならず風による静的圧力、すなわち風荷重も設計上支配的となるため、近年、桁全体の形をやわらかみを持たせた流線形、すなわちエアロダイナミックな形にすることで、風荷重（抗力係数 C_D ）を低下させようとする案も検討されており（図2）、このような例では、橋梁における空力的デザインのイメージをより強く人々にアピールすることとなろう。

以上より、空気力学的耐風対策のデザイン効果に意識的に取り組むことによって、自動車のデザインの場合と同様な意味付けを、橋梁デザインにも与える可能性は高まっていくと考えられる。

そのための第一歩として、ここでは現状の耐風対策の視覚的効果を把握することが必要と考え、以下に述べるような視覚心理実験を行った。

4. タワーおよび桁の空気力学的耐風対策の視覚的特性

橋梁本体の空気力学的耐風対策として、吊橋や斜張橋のタワーの断面操作や、桁へのフェアリングの取り付けは広く行われている。こうした耐風に効果がある形態が、視覚的にも「耐風に安定そうに見える」ならば、橋梁デザインの規範としてこれらを位置づけることができる。しかし実際には、人々にとって「耐風に安定そうに見える」という評価は、自動車が「速そうに見える」と評価するのに比べて、非常に困難、というよりほとんど不可能であろう。耐風に安定な橋の形というのが明確にされていない現在、当然である。そこで、風の抵抗が少ない形、風に対して有利な形の一般的なイメージを表す評価軸を仮説的に以下のように整理したうえで、現時点で可能と思われる視覚的効果の検証を行うこととする。つまり風に対して有

利な形とは、

- ①ゴロンとした、あるいは無骨な形よりは、スマート、スレンダー、シャープな形
- ②表面が凸凹しているよりは、滑らかで流線形
- ③整流装置として認知されているフラップ、スポイラーなどが付いている

ことによって評価され得ると考えた。この評価軸自体の妥当性は今後検討される必要があるが、本研究では橋のデザインの現状を考え、①にかかわる基本的な形の見えかたを検証する。そのために模型を用いた以下のような視覚心理実験を行った。

4. 1 実験の目的と概要

今回行った実験では、1本タワーの斜張橋を想定し、空気力学的耐風対策を目的とした橋梁部材の形態操作として、タワーの正方形隅切りおよび桁のフェアリングを取り上げ、空力特性に影響を与える変数を系統的に操作した形が、具体的にどのように見えるかを明らかにする。操作する変数とは、タワーの隅切り率、桁のフェアリングの角度の大きさと頂点の位置であり、視覚的な見え方とは、タワーについては見かけの太さ、桁については見かけの厚さとした。先にも述べたように、見え方について耐風効果にかかわる意味的評価言語を用いることも考えられるが、実際には現在の橋梁の空気力学的耐風対策による形態のパリエーションが少なく、感度の良い結果を期待することが難しいと判断し、今回は行わなかった。耐風設計の視覚的效果に関する研究はこれまでほとんど行われていないので、本研究では基礎的な知見を得るために、対象を限定したうえで、空気力学的観点からの形態操作が客観的な見えの形にどのような影響を及ぼすかを実証することに、目的を絞った。

実験に用いたサンプル

日本国内の1本タワー斜張橋の事例に基づいて、一般的なプロポーション（タワーの細長比=1.7、橋長/桁高比=1.10、タワー高/橋長比=0.15）とした橋梁の模型を作製し、操作変数としてタワーの隅切り率、フェアリングの角度および頂点の位置を図3のようにとしたものを準備した。またタワーの比較群

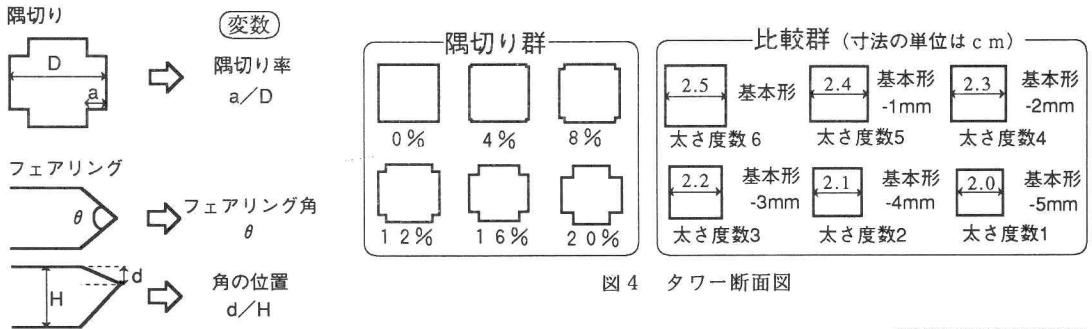


図4 タワー断面図

図3 部材の形と変数

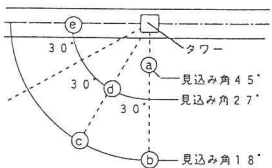


図5 タワーへの視点設定

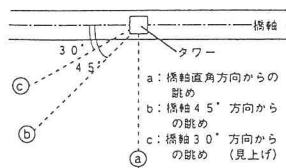


図6 桁への視線設定

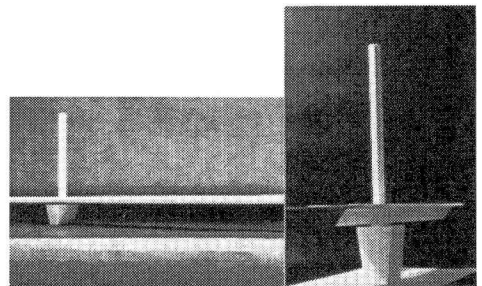


写真6 サンプルとした模型写真

として隅切りをせずに太さをかえたものを6種類作製した(図4)。この模型を写真撮影したものを、被験者に提示する。写真撮影の角度は、タワーについては垂直方向の見込み角18度と27度(メルテンスの法則により対象全体が鑑賞の中心となるような見込み角の上限と下限)、および橋上通行者が見上げる場合を想定した45度の3種類、タワーに対しての視線入射角は橋軸方向から橋軸直角方向まで30度刻みに4方向を設定し、これらの組合せで鏡像となるものを除いた計5点から撮影したものを実験に用いた(図5)。桁については桁面とほぼ同じ高さで橋軸直角方向(並列する橋からの視点を想定)と橋軸から45度(川の護岸上)、および桁面より下で橋軸から30度(川の高水敷等橋梁の近傍で見上げる視点・仰角約3度)の3点を選定した(図6)。写真撮影は室内で、照明高度を春分の日太陽南中高度である55度として行った。写真はプリント写真(2L版)およびスライド映写を作製した(写真6)。以上のサンプルを用いて表2のような方法と主旨で実験を行った。

表2 実験の方法と主旨

4.2 実験の結果と考察

表2の2シリーズの実験を行ったが、スライド映写による一対比較実験では、いわゆる三つどもえの結果を示すケースがかなり多く、統計的に結果を分析することが困難となった。しかし、特定の個人、あるいはシーンごとにデータを読むと、プリント写真の提示による品等法の結果と定性的に整合する結果となってい

使用写真	方法	被験者と提示方法	実験項目
プリント	品等法	個別 被験者数：25名	・隅切り率による「見えの太さ」の違い ・隅切り率の大小による「見えの太さ」の変化量 ・フェアリング角の大きさや位置の違いによる「見えの厚さ」の違い
スライド	一対比較法	集団 被験者数：39名	・隅切り率の大小による「見えの太さ」の変化量 ・フェアリング角の大きさや位置の違いによる「見えの厚さ」の違い

た。そこで本論文では、より明快な結果の得られたプリント写真提示による実験結果について報告する。

タワーの隅切り率と見えの太さ

タワーの見えの太さを把握するために、①隅切り率を変化させたサンプル(隅切り群)どうしを比較したとき、より細く見える順(太さ度数の低い順)に並べ変えてもらう、②隅切り群の見えの太さと同程度に見える比較群(隅切りをほどこさずに太さを少しづつ変化させたもの)を選定してもらう、ことを行った。

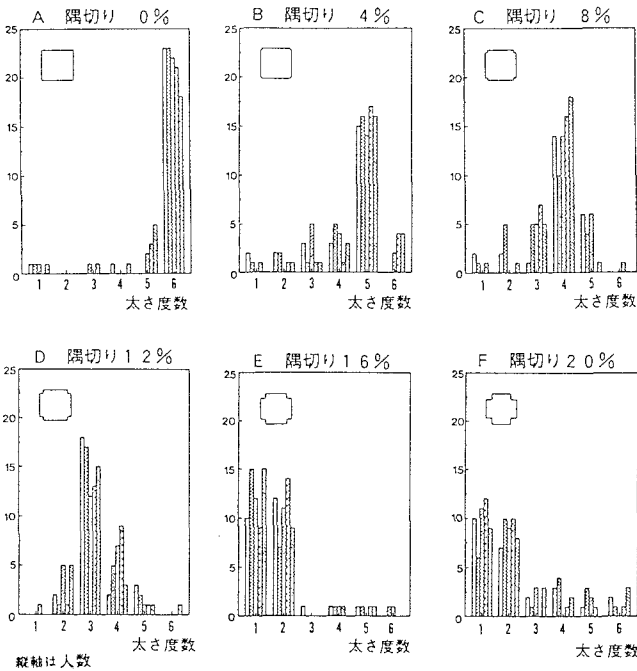
なお、ここでは各被験者の回答を整理するために「太さ度数」という言葉を用いた。見えの太さの小さい方から太さ度数1、2、3...とし、各回答者の相対順位を太さ度数に対応させて整理した。つまり、太く見えるほど太さ度数が大きいことになる。

①によって得られた隅切り率と太さ度数の関係を図7に示す。これからわかることは、隅切り率が大きくなるにつれて、だんだん太さ度数が小さくなっていく、すなわち「見えの太さ」が小さくなっていくということである。また、図8のグラフは②の結果であり、横軸が隅切り率、縦軸がそれぞれの隅切り率に対して同じ太さに見える回答された比較群の見えの太さの平均値である。(線の種類は視点の位置の違いを示す。)このグラフからも、視点により多少差はあるものの、おおむね隅切り率16%程度までは隅切り率が大きくなるにつれて細く見える傾向のあることがわかった。これは、隅切りによってできる陰影の効果であると考えられ、視点による見え方の差は、陰影のつき方の差であると考えられる。

しかし、隅切り率16%と20%のものでは、どちらの方が細く見えるかで回答が分かれた。これは隅切り率20%付近で、陰影よりも「形の成り立ち」の把握が大きく影響してくるためと推察される。ここで、「形の成り立ち」とは、ある形を人が認識する際に、手がかりとするその形の構成のことである。本実験の場合には、図9に示すように、隅切りが小さいときには一本のタワーの四隅を削ったように見えるが、隅切りが大きくなると一本のタワーの周りに付属物を取り付けたように見え、ごてごてしたイメージを抱かせ、太さの印象に影響を与えたためと考察される。つまり、ある形を認識する場合には、形の見えの大きさだけ

でなく、形の成り立ち（構成）による部分もあり、その成り立ちの把握における個人差が隅切り20%付近で表れたものと考えられる。

なお、菅原城北大橋主塔において、設計の検討段階で行われた風洞実験によれば、 $B/D = 1$ の断面では隅切り率16%~20%で安定することがわかっている³⁾。また、東神戸大橋主塔の場合（ $B/D = 1.5$ ）は、風洞実験の結果、隅切り率2/18（約11%）のときギャロッピング発振風速が最大になることがわかった⁴⁾。耐風安定性は断面の形に大きく依存し、わずかな隅切り率の違いにも敏感に反応する。また風向にも左右されるので、この結果から一概に言うことはできないが、以上の例では隅切り率10%~20%（図8の斜線部）に耐風の良好な隅切り率があり、耐風安定性との接点を見いだすことができたといえる。



凡例
 橋軸方向からの角度 α 、見込み角 β として
 a : $\alpha = 90^\circ$ 、 $\beta = 45^\circ$ b : $\alpha = 90^\circ$ 、 $\beta = 18^\circ$
 c : $\alpha = 60^\circ$ 、 $\beta = 18^\circ$ d : $\alpha = 60^\circ$ 、 $\beta = 27^\circ$
 e : $\alpha = 0^\circ$ 、 $\beta = 27^\circ$

図7 隅切り率と太さ度数の関係

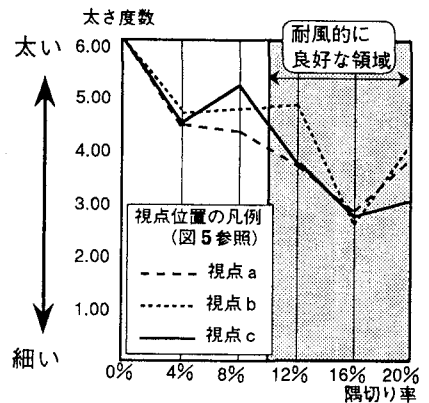


図8 隅切り率と見えの太さ

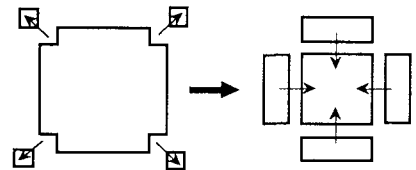


図9 「形の成り立ち」の認識

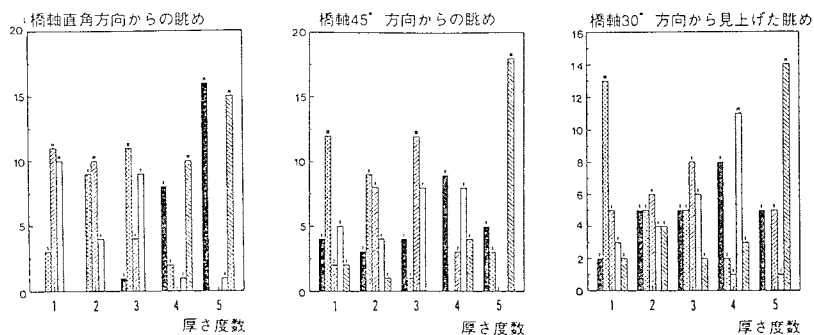
桁のフェアリングと見えの厚さ

フェアリングの見えの厚さを把握するために、偏平な箱桁に取り付ける①フェアリング部の角の位置、②フェアリング部の角度（フェアリング角）の大きさ、を変化させたサンプルどうしを比較して、より厚く見える順にならべ変えてもらうということを行った。なお、桁の場合は、比較模型を用いた実験は行わなかった。その理由は、長方形断面で張り出しのないような桁は、実際にはほとんど用いられていないので、現実性が薄い、また現実味を持たせて張り出し床板桁を比較模型にすると、張り出し量やリブの傾斜など、その他のファクターの影響が大きくなってしまふ、ということからである。

図10に①の結果を示す。視点によりばらつきが大きかったので、各視点ごとに分析を行った結果、全般的に角が最下部あるいは最上部にあるときに、桁の見えの厚さが大きくなる傾向があることがわかった。これ

は桁側面に陰影のコントラストがないためと考えられる。全面が影となっても厚く見えてしまうのは、「影」という存在が「光」との対比によって成立するものであり、「光」がないと陰影の効果が発揮されない為と考察できる。また、角が上半分にある場合（中間部あるいは上から1/4）は、薄く見える傾向がある。これは、桁側面の影の面積が大きくなるため（図11）と考えられる。つまり、フェアリング角の位置の変化により、桁側面の「光」と「影」の面積比や明度の比が左右され、「見えの厚さ」に影響を及ぼすのである。

図12は②の結果のグラフであるが、視点によるばらつきがかなり大きい。これは、フェアリングの角度の変化によって張り出し量に変化し、それが別のパラメータとして見え方に大きく影響してしまったためと推察する。張り出し量の影響の最も少ない視点は、橋軸直角方向から水平に桁を見た場合である。この場合は、角度が小さいほど薄く見える傾向がある。これは、角度が小さいと桁側面の下側の影が濃くなり、陰影のコントラストが強くなるためと考えられる（図13）。



縦軸は人数

■a □b ▨c □d ▩e

凡例

a : 最上部 b : 上から1/4
c : 中間部 d : 下から1/4
e : 最下部

図10 視点別にみた角の位置と見えの厚さの関係

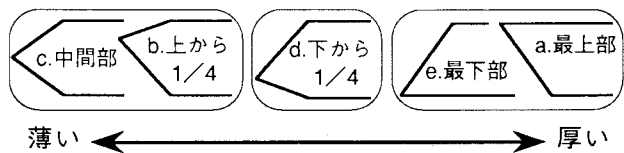


図11 角の位置による見えの厚さの違い

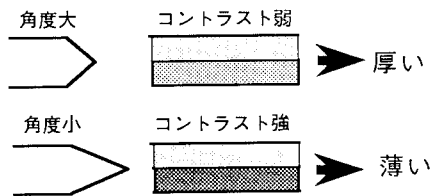
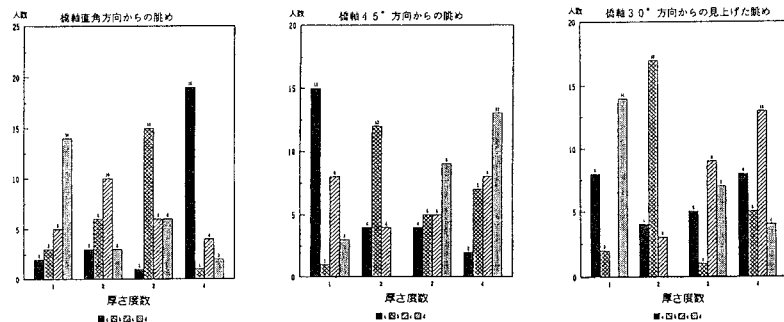


図12 角の大きさによる見えの厚さの違い



凡例

a フェアリング角 120°
b フェアリング角 90°
c フェアリング角 60°
d フェアリング角 45°

図13 視点別にみた角の大きさと見えの厚さの関係

5. 橋梁デザインにおける空気力学的耐風対策の意味付けと今後の展望

4. で述べた実験より、隅切りやフェアリングの付き方によって、見えの太さ、厚さが影響を受けることが検証され、特にタワーの隅切りについては、耐風的に有効な隅切り率と、タワーがもっとも細く見えるそれとに共通の値があることが示された。そして、こうした見え方の特性は、影の効果、形の成り立ちによって説明された。つまり耐風対策を目的として行われる形態操作の視覚的效果は、人の視知覚特性に根ざしたデザインの一般的なテクニックとして理解することができ、その意味では橋梁美学の形式美の範疇にはいる議論である。従って本論文の冒頭にのべた、橋梁の造形の規範として空気力学的に合理的な形が位置づけられるか、という疑問に対して、今回の実験によっては両議的な示唆が得られたということになる。それは、耐風的に有効な造形手法の追求が視覚的效果をも合わせもつという可能性を支持したと同時に、今回検証された特性は特に空気力学的合理性に根拠を求めなくても、従来からの視覚デザインとしても理解することができたということである。

以上の点に基づいて、今後の空気力学的耐風設計の考えかたとして次のような2つの方向性を提案することができる。

①形式美の概念に基づいた視覚的デザイン手法を参考にして、うまく耐風安定性を確保するとともに、その形を洗練させる。

隅切り、フェアリング、あるいはスリット、デフレクターなどの部材形状を、耐風的に有利な範囲で、面や線あるいは立体のデザインの手法に習って、スマートさ、繊細さ、シャープさなどの視覚的效果を強調するように形を洗練させていく方針である。この方針による事例としては、かつしかハープ橋がある。この橋では塔基部に必要とされたデフレクターを頂部にまでのばして、耐風安定化部材の収まりを良くするとともに、タワー全体をスマートに見せる効果をあげたというものである。その他にも、名港中央大橋のタワー（案）では耐風の観点から角を削って多面体にすることによって、面が細分化され、より繊細な印象を確保したことなども、こうしたデザインの効果と考えられる。空気力学的合理性を橋梁デザインの規範として位置づけようという本論文の主旨に照らすと、これは視覚的なデザイン効果に耐風の合理性を潜ませるという極めて消極的な姿勢とも言えるが、現段階でもっとも取り組みやすい姿勢である。この結果数多くの耐風に安定で視覚的に効果のある洗練された形が生まれ、「耐風に安定そうに見える」形の具体的なイメージが定着していくものと考えられ、次に述べるより積極的な方針のベースをなすと考える。

②空気力学的に有利な形態を積極的にアピールすることによって、新たな形態のよりどころとして人々に認知されるようなデザインを追求する。

この方針による橋梁の事例を現在見いだすことは難しいが、図2のような橋梁の提案に可能性を見ることが出来る。それ以外にも、現在桁やタワーの部分としてある耐風安定化部材を、より積極的に桁やタワーの全体形に取り込んで、空気力学的に有利な形態が一般の人々にもイメージできることを念頭においてデザインすることが考えられる。またデザインを追求する際には、自動車のデザインにおける空力ボディの実際およびイメージが、どうデザインに生かされ、また人々にアピールしてきたかを参考にすることは意味があると思われる。もちろん橋梁という構造物の空間的、時間的スケール、および公共性は、造形的デザイン面での価値ばかりから発想することを許さない。あくまで形態のイメージの位置づけ、役割を参考とするという意味である。技術開発が進むにつれて新しい構造が可能になってときに、初めからその形態の意味や合理性が人々に理解されるとは限らない。事例の数が増えるとともに、社会的に認知され、広く造形デザインのよ

りどころとして受け入れられていく過程は、歴史的に繰り返されている。また、その社会的な認知の成立には、イメージをより明快に表現するプレゼンテーションも大きな役割をもつ。自動車のデザインにおいて、レンダリングやイラストレーションはデザインのイメージ形成に重要であり、大切にされている(図14)。こうした点も意識しつつ、空気力学的合理性を橋梁の形態の新しいよりどころとして位置づける努力も必要と思われる。

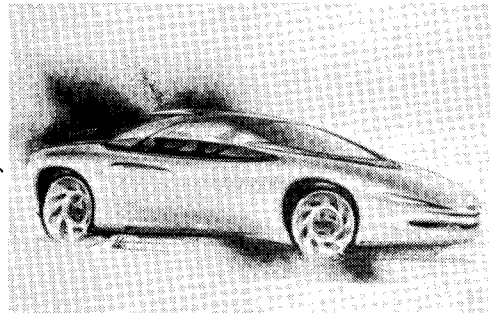


図14 レンダリングによるイメージ表現の例

6. おわりに

本論文では、橋梁の造形デザインにおける空気力学的合理性の意味を考えるという試みを行った。こうした試みはこれまでになく、また問題となる空気力学的に合理的な形態そのものがいまだ十分に明らかにされていない現時点では、論理展開が不透明な試論に終わっている。しかしながら、きわめて概念的に橋梁デザインにおける空気力学的合理性の意味を考察するとともに、かなり限定された具体的な形態と見えの形の関係を心理実験によって実証することができた。本論文でとったこの2つの対極的なアプローチを今後双方から歩み寄らせることによって、より整理された空気力学的橋梁デザイン論へと展開させたい。そのためには、今回取り上げた自動車デザインおよびそれ以外の分野における、機能とデザインの位置づけに関して、より整理された論理的枠組みを検討することが必要であろう。また橋梁自身の分野においても、力学的合理性、力の流れという概念がどのように時代とともに変わり、また人々に認知されてきたかという観点から、系統的研究を進めることも意義があると考えられる。そしてもう一方のアプローチ、つまり具体的な形態と視覚的特性の関係の検証については、対象とするサンプルの形態のバリエーションを増やすとともに、それらのイメージ評価との関係を把握できるような、心理実験等の方法を検討し、進めることが考えられる。

自動車のデザインに関しては伊藤晴彦氏に多くの情報とご示唆をいただいたが、いうまでもなく本論文中の記述についての責任は全て筆者にある。また埼玉大学伊藤學教授には、心理実験を行うに際して幅広い観点からアドバイスをいただいた。末尾ながら記してここに感謝を申し上げる。

参考文献

- 1) 土木学会関西支部共同研究グループ：耐風・構造特性および景観から見た橋梁の幾何学形態に関する研究(報告書)，1991および1992
- 2) 山下 葉：戦前の橋梁景観設計の思潮に関する研究、1990、日本都市計画学会、都市計画論文集、No. 25, pp. 697-702
- 3) 白石、藤沢、石田、斉藤：斜張橋の塔(一本柱)の耐風性の改善法について、土木学会第42回年次学術講演会 I-322、1987
- 4) 松本他：東神戸大橋の耐風設計、橋梁と基礎、1991-5
- 5) Jean-Roddphe Piccard, "Dream Cars", 1981
- 6) 雑誌 Auto & Design 他
- 7) Klaus Ostenfeld: Aerodynamics of Large Bridges, 1992, Structural Engineering International pp. 186-189 (1992年9月21日受付)