

【技術ノート】

変断面桁橋の美観について

Aesthetics of Haunched Beams

松井 幹雄*
Mikio MATSUI

1. 序—なぜ美しいと感じるのか—

なぜ、変断面桁橋は美しいと思われているのか。流れるような曲線の優美さに惹かれるからだろうか、あるいは桁高を変化させた行為に人間の感性、知性といったものを感じとるからだろうか。

右に示した3枚の写真はそれぞれ日本、ドイツ、フランスの代表的な変断面桁橋である。それぞれ桁の形状は違うが、流れるような桁のラインが印象的である。橋脚形状にも工夫が施されており全体としてまとまりのある形態の創出に成功している。橋脚そのものの形状を主張するのではなく桁のラインの流れをより効果的に見せるための工夫と思われ、主役はあくまで桁のラインにある。このような工夫は他に、主桁断面形状、高欄、そして色彩計画などに見られるが、それと気付かせないで桁橋を演出している。

これら3橋は“美しい橋”として多くの人々に親しまれているようであるが、上に述べたような工夫とその効果は設計段階において考慮されており、偶然“美しい橋”ができたわけではない。架橋地点の状況から、そこに求められる機能と目的を的確に認識し単純で容易に知覚できる形態にまとめ上げた結果といえよう。

おり、偶然“美しい橋”がでまたわけではない。架橋地点の状況から、そこに求められる機能と目的を的確に確認し単純で容易に知覚できる形態にまとめ上げた結果といえよう。

では、具体的にはどのような事項に注意し、どのような意識をもって設計に望めばよいのだろうか。本文はこのような問題意識の下に変断面桁橋の美観について2, 3考えていることを述べるものである。

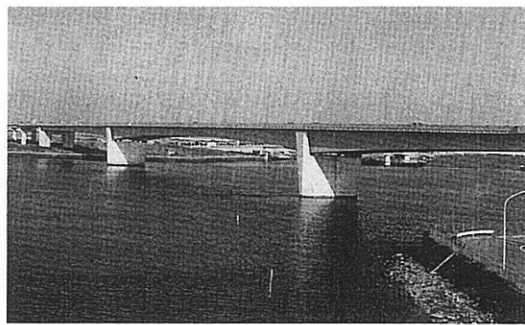


写真-1 京浜運河橋 (日本)

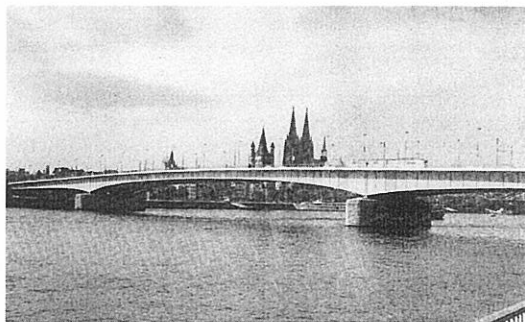


写真-2 KÖLN-DEUTZ橋 (西ドイツ)¹⁾



写真-3 Garigliano橋 (フランス)

*川田工業㈱技術本部技術部設計一課

2. 形態—何が問題なのか—

例として、3径間連続変断面桁橋の透視形態を図-1に示す。この図から、1) 桁高が支点付近で急に変化しているように見え、桁のラインに沿う視線の流れが遮ぎられる、2) 梁のある橋脚が橋全体に整理されない煩雑な印象を与えている、等の印象を受けないだろうか。

そこで、基本寸法(支間長、支間中央、及び支点上桁高等)を変えずに桁高変化と橋脚形状を変更し上記の印象を少しでもよくしようとしたのが図-2である。桁高変化に不自然さがなくなり、桁と脚との関係もスッキリし、桁のラインに沿う視線の流れもスムーズになった。

なぜだろうか。この印象の変化を契機として、この章では、橋の美観について、設計という観点から考えることにする。

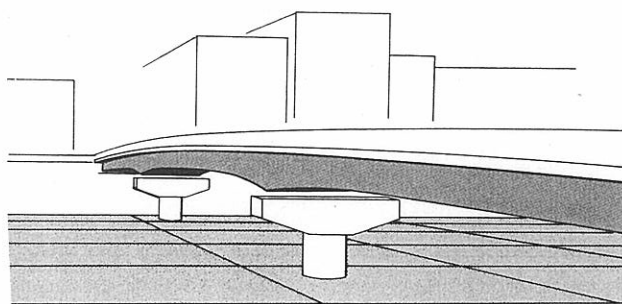


図-1 透視形態(その1)

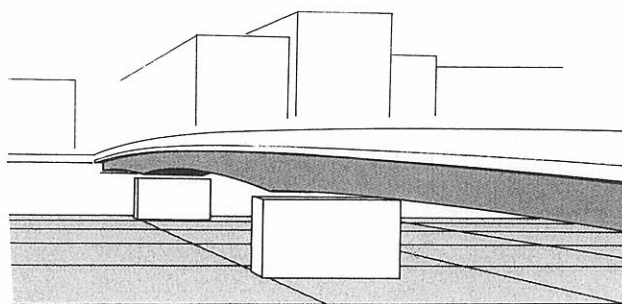


図-2 透視形態(その2)

(1) 桁について

一般論として、連続桁橋は等桁高のものが選定されるが、1) 主径間が長大になる場合、2) 地形条件、桁下空間に制限がある場合、3) 意識的に美的効果を狙う場合、などには桁高変化を有する変断面桁橋が選定される。この場合、桁高は支間中央部に比べて中間支点上で大きくとられ、ここに断面力に移行する。そのため支間中央部の桁高は(同様の条件下の)等桁高の橋より低くできることになる。

設計は支点上、及び支間中央部での必要桁高を求めた後、それらを適当な曲線によりすりつける手順を踏む。これらの作業は、通常、側面図上でのみ行なわれることが多いが、ここに、問題の1つがあると思っている。

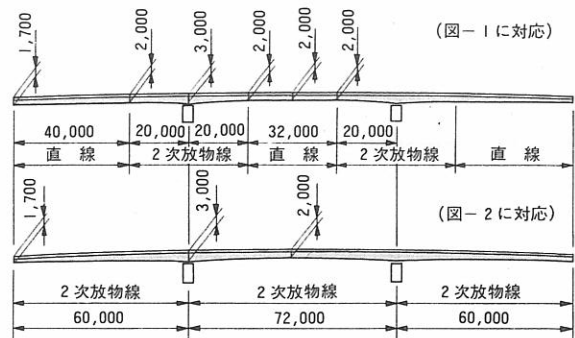


図-3 側面形状

図-3に図-1、図-2それぞれの側面形状(桁高変化区間)を示す。側面図上では橋長に比べて桁高の寸法が小さいためか両橋の印象に大きな差は感じられない。側面図から実際の見え方を予想するのは難しそうである。さらに、実際の橋が真横から見られるよりも、斜め横から見られる機会の方が多し事も考え合わせると、形状を側面図上でのみ決めることは好ましいことではないと思われる。

さて、橋のような構造物の場合、各部の寸法は地形、あるいは力学的、材料的、そして構造的な要因から半自動的に定まってくる。ここで、設計者として知っておくべきことは、そのようにして得られた寸法が完成形態の印象にどう係わって来るのかという事ではないだろうか。

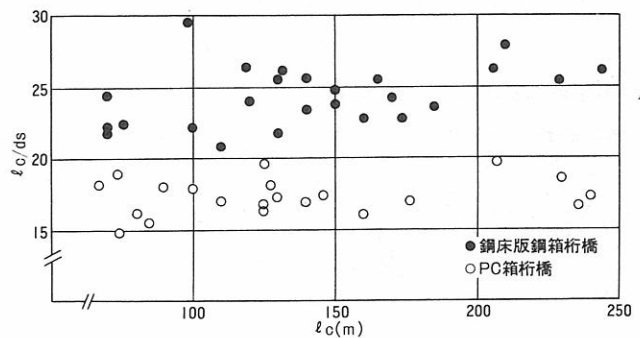


図-4 支点上桁高比の比較

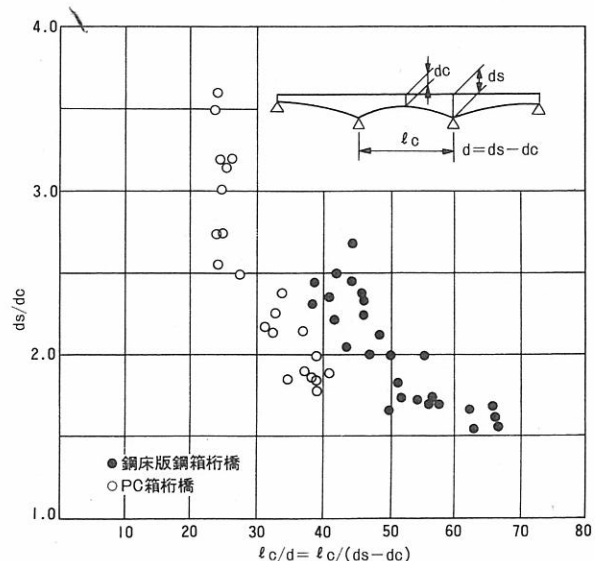


図-5 桁高変化の比較

例えば、我々は鋼橋の方がPC橋よりスレンダーに見えるとか、PC橋の方が桁高変化が大きく見える、等の印象を持っているものである。図-4、図-5はそれぞれ鋼床版鋼箱桁橋とPC箱桁橋の実績を元にそのプロポーションを比較したものである。

図-4からは中間支点上においてPC橋の方が桁高が高く(l_c/d_s が小さく)、図-5からはPC橋の方が桁高変化が大きい(l_c/d が小さい)ことが読みとれ先に述べた印象を裏付けている。なお、図-5において $d_s/d_c > 2.5$ のPC橋は支間中央部にヒンジを有するタイプのもので、この部分の曲げモーメントが0である構造特性が形に表われていると言えよう。

このようにプロポーションを表す比の値は我々の印象を数字で示してくれる1つの指標である。逆に、これらの値を操作することによって橋の印象を左右できそうである。しかし、これらの値が材料、構造的要求を満たした結果のものであることを考えると、そこには必ずと限界があろう。

どのような材料を使って、どのような構造とした場合にどの程度の寸法が得られ、それがどのような印象に結びつくかを予想できることが重要なのである。

図-6は橋長200m程度の3径間連続鋼箱桁橋を想定した場合の、種々の径間比に対する側面図と透視形態である。剛性が均一の場合には、径間比が1.25付近の時にその正の曲げモーメントの分布のバランスがよくなる。力学的に剛性が支点付近に片よっている変断面桁の場合に、これと同様のバランスを求めるならば、径間比は1.25より大きくしなければならない。このことは桁の力学的合理性の観点からは強く主張されるものであるが、材料、構造を調整することにより、径間比は1.0~2.0の範囲で選択可能となろう。

図中には径間比1.0~1.75の4種類の桁橋を示した。側面図での安定感、透視形態に見られる桁の伸びやかさの表現などは、径間比1.5程度のものが優れているように感

じるが、どうであろうか。

関連する形の認識の問題として、図-7に縦横比1.0~2.0の種々の長方形を示す。どの長方形に安定感、あるいはバランスのよさを感じるだろうか。

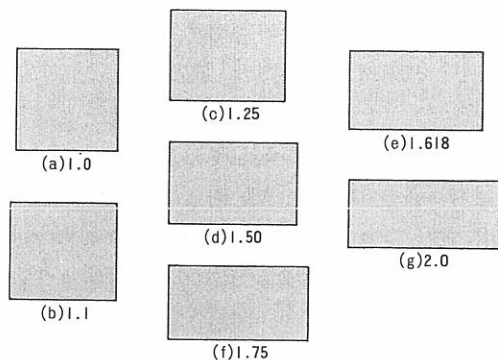


図-7

(b)は正方形でないとすぐわかるが縦横の方向性に決め手がなく若干の視覚的不安感を覚えるし、(g)は明らかに横に長過ぎる。全てを眺めてみると、結局、縦横比にして下限1.25~上限1.75の範囲にバランスが存在するようを感じる。

定性的には、形を構成する主要な2つの要素(長方形では縦と横の線分)の寸法の関係において、その大小差の認識が容易でかつあまり変わらない場合にバランスが存在するようである。

この考察を先の径間比の感じ方にあてはめてみると、主径間が側径間より長いと容易に認識でき、かつあまり長過ぎない桁橋にバランスの良さがあると言えそうである。ただし、桁には桁高変化による長さ方向の面積の変化があり、これが長さの見え方に微妙に影響するので、図-7のように簡単には割り切れない点に注意しなければならないであろう。

桁についてあれこれ考えてきた。種々の外的条件から形はほとんど決められ、その形も見る位置によって見え

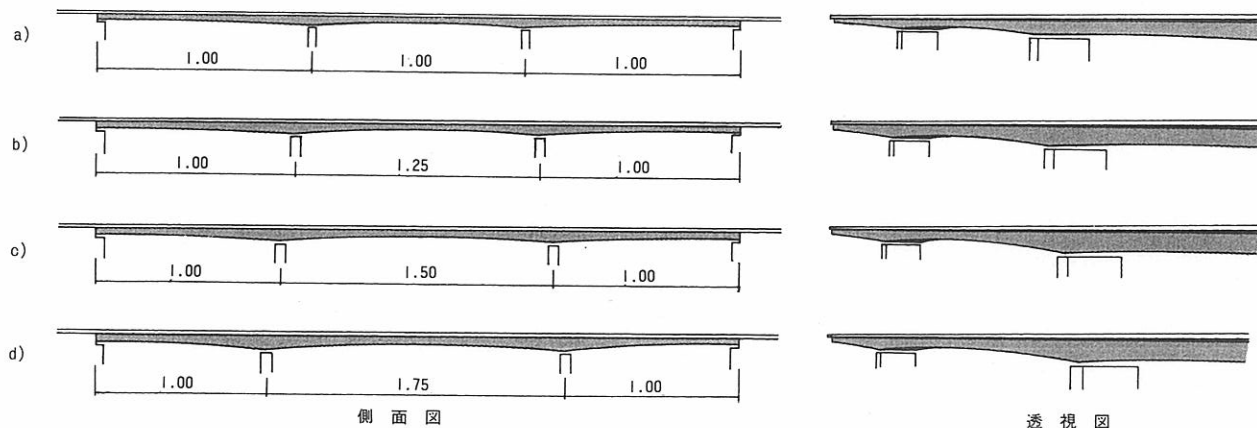


図-6 3径間連続桁橋の径間比

方が変化するのである。このように考えると黄金比などの美的調和の法則を橋の寸法にそのまま適用しようとする行為は無意味なことと思われる。

大事なのは、美的特性として理想的なものを押し付けるのではなく、与えられた状況に美的特性を適合させていくことなのではないだろうか。

(2) 脚について

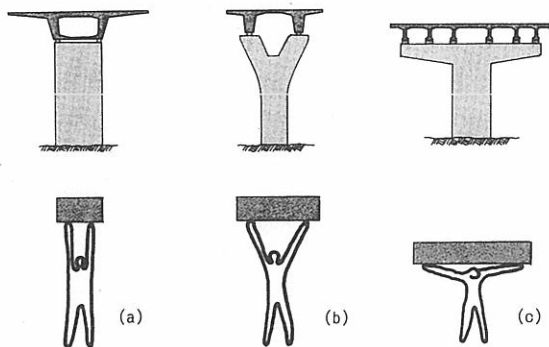


図-8 橋脚形状

脚の形については、図-8(c)のタイプを見慣れているせいか、あまり異和感を感じることは少ないようであるが、脚の第1の機能が桁を“支える”ことであり、その機能をわかりやすい形として示すのであれば、(a)、(b)といったタイプの方が、形から直感的に力の流れを理解できるという点で優れているようである。

鋼、RC構造といったモーメントに強い材料、構造の出現が、この梁のある橋脚を経済的なものとし、さらに桁下空間が広くとれる利点などもあって広く普及している

タイプではあるが、視覚的な煩雑さと力の流れが混在している点が欠点であろう。

そのような意味において、橋脚形状は、条件の許す限り梁のないタイプにしたい。しかし、その選択の可否は経済的な条件だけでなく、自然条件、あるいは上部構造とのとりあい、施工方法なども深く関わっている。特に、河川などで脚の形、あるいは長手方向の向きなどが制限されるような場合は、形と機能を適合させるのに苦勞することになる。

設計者は最良の解決案に到達すべく、上下部一体とした橋の全体像を頭に描きながら、わかりやすい形態の創出に努めなければならないだろう。

3. 表現と印象

前章では、主に橋の力学、構造に関わる視覚上の問題について考察した。そこでは、機能をわかりやすい形態に表現し、与えられた状況に美的特性を適合させることが重要であるとした。ここでは、さらにその形態の知覚から得られる印象（優美であるとか、ダイナミックであるとか）について考えることにする。

(1) 桁と脚の関係について

再び、3径間連続桁橋について、その橋脚形状を変えたものを図-9に示す。(a)と(b)で印象が異なるのは先にも述べた通りであるが、(c)の印象が他のものに比べて柔らかなものになっていないだろうか。

(a)と(b)の印象の差は橋脚形状の単純さが、(b)と(c)との差は桁のラインと橋脚の鉛直方向の輪郭線との交角の微

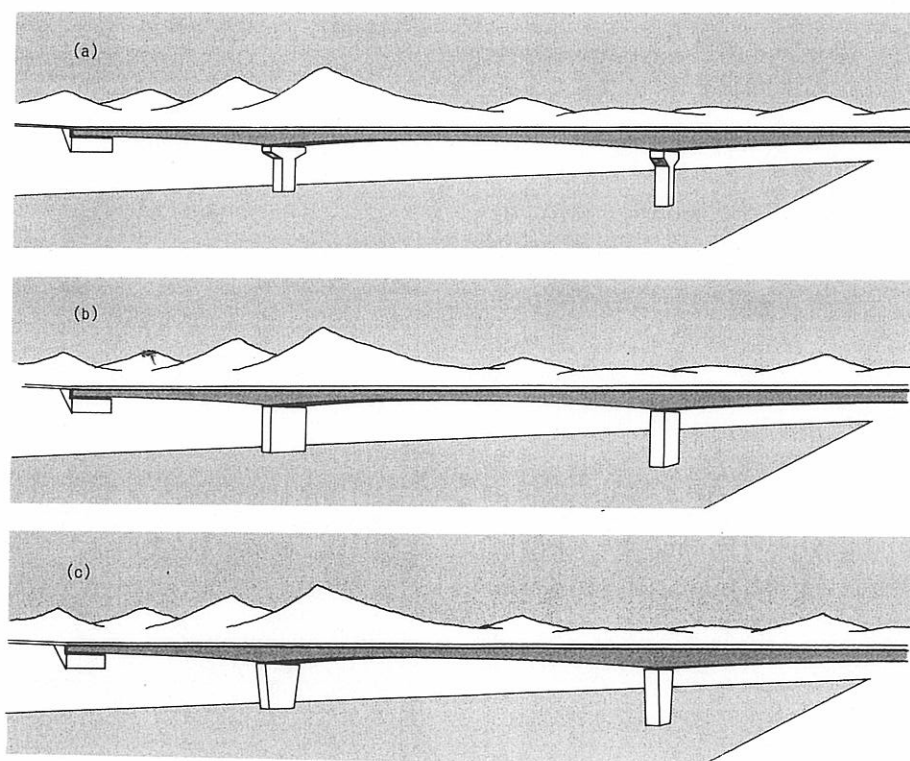


図-9 橋脚形状と桁の関係

妙な違いが、それぞれ印象の分かれ目になっているようである。

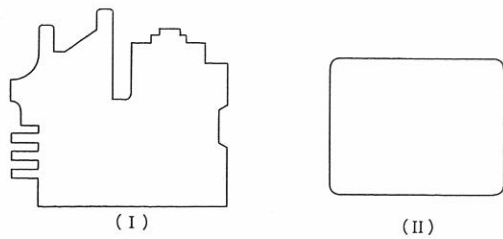


図-10

ここで、図-10を例として、形の認識と記憶について考えてみたい。

(I)を見ながら、自分自身の視覚の動きに気を付けると、単純でない形を見る時、目はゆっくりとその輪郭線を追いかけるが、なかなかその記憶がはっきりしてこないことに気付く。底辺部の水平線と左下の凹凸部は容易に記憶できるが、視線はすぐに他の単純でない部分に移るようである。一方、(II)の形は見た通りの単純なもので、その記憶は容易である。

結局、形を見る時、注意は単純でない部分へ集中し、他の部分への注意がそれと引き換えに薄れるようであるが、逆に記憶は、単純な形とか、ある一定の規則を持った形の方がされやすいということではないだろうか。

このような考えを持って、図-9を見てみる。(a)の橋を見る時、視線は桁のラインを追うが、橋脚の単純でない形のために、そこで注意が逸らされ、無理に意識しないと連続して桁のラインを追うことができない。つまり、橋脚の形が主役である桁のラインを殺してしまっている。

一方、(b)の形態の中には特に視線を集中させるような部分はない。この場合は、一番目立つ部分、つまり桁へと視線は向く。主役である桁のラインが生かされるのである。ただし、橋脚の比較的大きな面もかなり目立つ存在であるので、適当な工夫(テクスチャー処理等)を施せば、なお良さそうである。又、桁の方向と橋脚の方向とが直交しており、そこに一種の緊張感が生じている。

(c)はその橋脚を下に向かって絞ったものであるが、桁と橋脚の接点での緊張感が緩み、全体として柔らかな印象となった。

これらの例から、桁と橋脚の関係は、その橋全体の印象を左右する大きなポイントであり、桁のラインを引き立てるためには脚の形状は単純な方がよいことがわかる。

逆に、等桁高の橋などで、周辺環境にもポイントがない時などは、橋脚に表情をつけて意識的に視線を集め、景観のアクセントとすることも考えられよう。(写真-4参照)

ただし、このような場合でも、橋脚の数が多い場合は

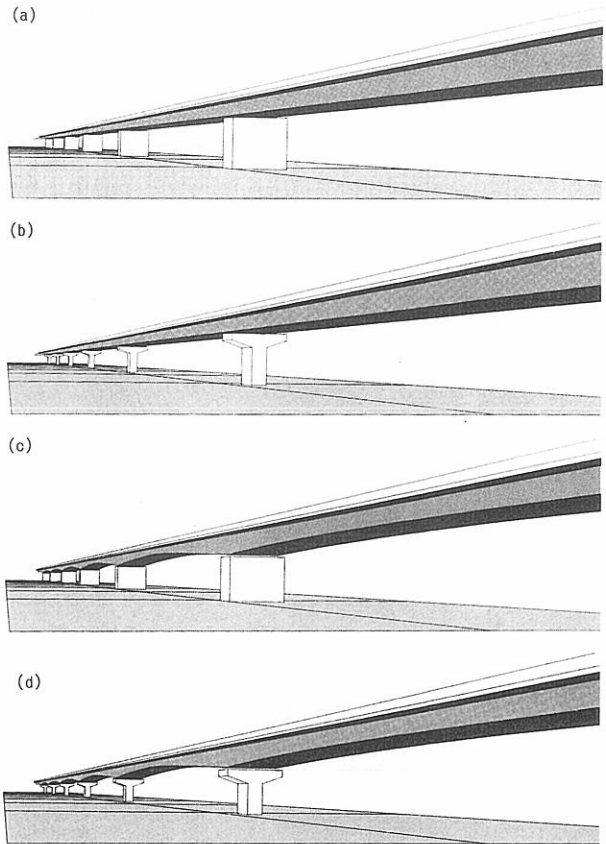


図-11 リズム感

あまり橋脚に凝らずに、図-11(a)に示すように、橋脚のリズムをポイントにした方がよい結果を生むようである。(b)はT形橋脚にした場合である。桁のラインに沿う視線が橋脚位置毎に遮られ、リズム感が(a)に比べて乏しいものになっている。

同様のことが変断面桁橋((c),(d)参照)にもあてはまる。しかし、橋脚のリズム以上に桁高変化のリズムに印象の重心が移り、さらに等桁高のものにみられた鋭い方向性が薄れ、その分柔らかな印象になっている。

(2) 桁高変化について

写真-1, 2, 3に見られたように、桁高変化の与え方によって橋の印象は変わる。曲率変化の仕方により柔らかな印象となったり、ダイナミックなものとなったり

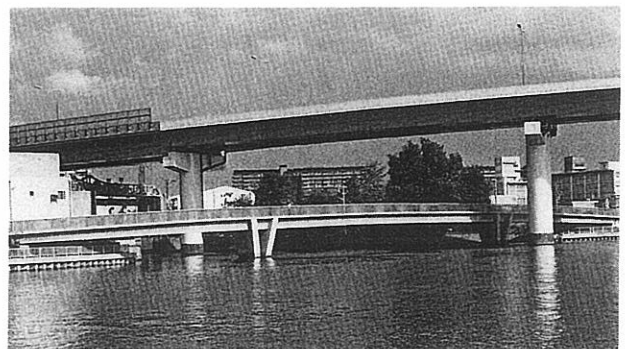


写真-4 橋脚の表情

するが、それは個々の橋のスケールと周辺環境との調和を考えて決めるしかなく、これといったものはない。

桁下縁の曲線形状は桁高変形状だけでなく、縦断勾配の影響も受ける。すなわち、等桁高であっても、縦断勾配が曲線であれば桁下縁のラインはそれに平行な曲線となる。また、桁高変化がある場合は、その曲率は縦断勾配の影響を受けて変化する。

一般に、桁高変化の設計において縦断勾配が曲線の場合、中央径間部には直線区間を設けない方がよいと思われる。用いる曲線式の曲率によっては、橋脚付近で桁が“とげ”のように突出して見える可能性が大きくなるからである。昔の橋でスティフナーなどが桁表面に露出しているものは、視線の注意がその桁表面に向かうのでこのような見え方はあまり気にならないのであるが、現代の橋のように表面が均一である場合は注意がそのものの輪郭線に向かうので、特に気を付けなくてはならない。先に示した図-1と図-2の桁形状の印象の差はまさにこの点にある。

桁高変化に曲線を用いる場合はこの点に注意しなければ、結果として得られる形は優美なものとは程遠い印象になってしまう。

さて、図-12は図-1と同じ桁高変化を有し、縦断勾配が直線の場合の透視形態である。図-1と同様、橋脚上で桁が“とげ”のように突出して見える。しかし、橋全体の印象が地覆部分の鋭い直線による“方向性”に重心を移しているため、その見え方の欠点は相対的に小さくなっている。

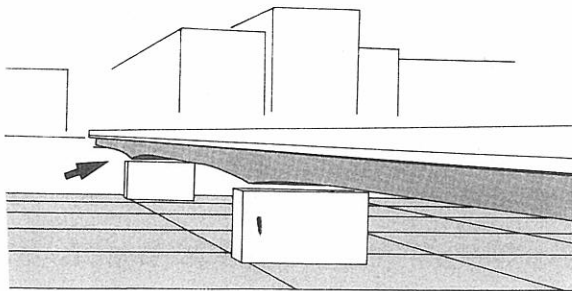


図-12 透視形態 (その3)

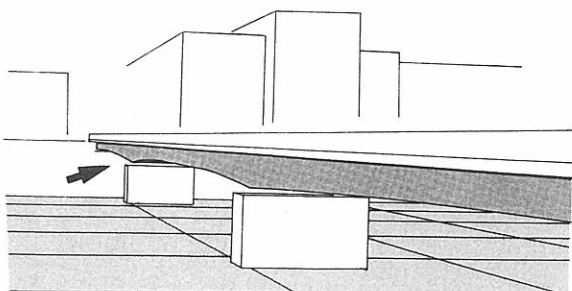


図-13 透視形態 (その4)

図-13は図-12と同様、中央径間に等桁高区間を有するものであるが、桁高変化に用いる曲線式を変え、橋脚付近での桁の見え方を変えたものである。図-12に比べて、全体的な印象に大差はないかもしれないが、少しは落ち着いた感じになっていないだろうか。

このように、桁高変化は縦断曲線と互いに影響しあって橋全体の印象を左右するのである。設計者は個々の状況に応じ、周辺の環境にも適合する曲線を見つけださねばならないであろう。

4. 視点の位置

ここまでの考察では、橋を見る視点について暗黙の内に“斜め横から”としてきた。事実、橋を斜め横から見る機会は多く、又、そこからの見え方が一番美しい場合が多い。考察もそのような視点に立つのが当然であろう。だからといって、常に設計がこの視点のみを意識すればよいのかというとそうではない。かかる状況によって意識すべき視点の位置を変え、その橋がよく（頻繁に）見られる位置で美しく設計されなければならないだろう。

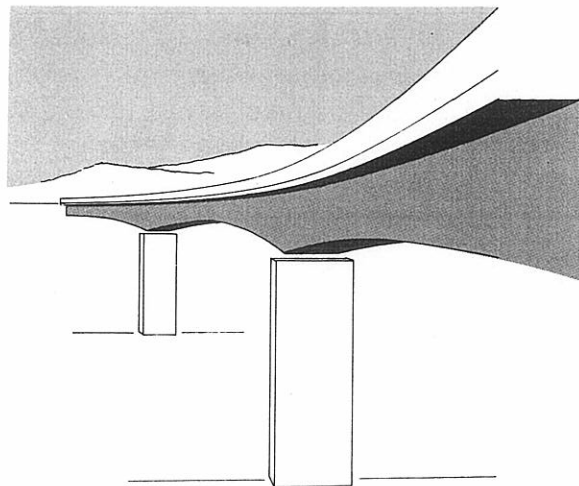


図-14 曲線変断面桁橋

図-14は曲線変断面桁橋のダイナミックな形態である。しかし、桁高変化の与え方によっては、下から見上げた時に図-15に示すように、桁が垂れ下がって見えることがある。路面線形の曲率と桁高変化の曲率の相互作用によるいたずらともいえるが、視覚的不安感を覚えるので気を付けたい。

視点の位置は、このような見え方だけでなく見る側の意識とも深く関わっている。遠くから見下ろす場合と、近くから見上げる場合では、当然、意識するものが違ってくる。遠くからは橋全体のバランスや周辺の環境との調和などに意識が働くが、見上げる場合には細部の形態やスケールなどに意識が働くだろう。

見上げる場合は“威圧感”を伴うことが多いが、よく

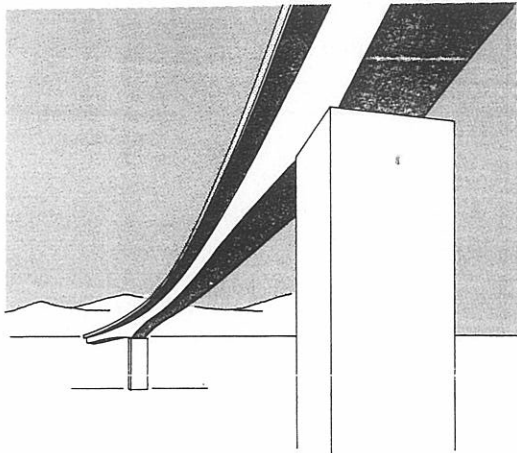


図-15 視覚的不安感

設計された橋は、予めこの点を考慮し種々の工夫を凝らしている。

このように、視点の位置は橋の見え方を左右するだけでなく、見る側の意識にも影響するパラメーターである。

視点の位置を操作することによって、橋の見え方を考察しようとするれば、問題の範囲は、橋の“美観”から周辺を含めた橋の“景観”へと拡がっていく。なぜなら、橋が単独で見られることはなく、常に背景(前景)としての周辺の環境と同時に見られるからで、その関係により印象が変わるからである。このことについては、次章において考えてみることにする。

5. 橋と景観—あとがきを兼ねて—

物を設計する場合、たとえばラジオから乗用車に至るまでのおよその工業製品は、機能のみならず、視覚的側面についても十分な配慮が為されているようである。

橋の設計も、物としてのある閉じた系でのデザインとして、その延長線上にあるものとして考えることができよう。本文の2章、3章はそのような意味での考察であったともいえる。

しかし、橋が10年、20年、あるいは100年といった単位でその土地に根付き、周辺の環境と係わり合うことを考えれば、橋の設計は閉じた系としてではなく、周辺の環境を含めた開いた系の中で“関係のデザイン”として考えなければならないだろう。

橋の設計が、しばしば、景観論として論じられるのはそのような理由からと思われる。そして、そこに現れる関係の図式は、橋全体と環境の関係、橋の部分と環境の関係、等である。前者は、橋全体のイメージと環境のイメージの調和が課題であり、後者は橋のテクスチャーと環境の調和が課題となるようである。

景観を考慮した設計を行う際、まず最初に注意しなければならないのは、そこに橋を架けることによる視覚的メリットとデメリットを明らかにしておくことではない

だろうか。

一般的には、自然景観の中に橋を架ける場合、そのデメリットは多少なりとも自然を破壊することである。メリットは橋の出現による新たな機能と景観価値が生まれる可能性そのものである。概して、自然景観は懐が深く設計は自然破壊を最小限に止め、景観のイメージと橋のスケールさえ間違えなければ、景観的に大きく破壊することはないだろう。

一方、都市の中に橋(高架橋も含め)を架ける場合は自然景観の場合の様にはいかない。すでに、そこには個性ある構造物(建築、橋、等)が存在していたり、高架橋などは桁下空間を(それがなければ生きていた空間を)殺してしまう危険性を有したり、とさまざまな条件が入り乱れている。個々の状況に応じた対応が必要で、昔にはなかった、現代の橋の課題であらう。

社会が進歩すれば、それにつれて橋も進歩し、橋と人との関係も変化していく。昔、橋は人を通すためのものであったが、現代のそれは、ほとんどが車を通すためのものである。そして、今や都市部では、人間は橋をおおぎ見る位置へ置かれてしまったのである。これでは、もはや橋を昔からのイメージだけで捕えることはできない。

あくまで主体は人間であることを認識し、橋をとりまく空間を人間のための生きた空間にしなければならない。

このように、橋と景観を考えることは視覚を通した橋と人間との関係を探ることに他ならない。いつのころからか橋は機能のみを追いかけるようになって、人間との関係が途絶えてしまったが、ここに再び、人間と橋との関係を築く時代がやって来たようだ。

この時代に我々設計者が手伝えることは、1橋でも多くの“美しい橋”を世に送り出すことであると考えている。そしてこの思いが自分の力量も顧みずに本文を書いた動機である。全文に渡り文献^{1)~3)}を参考にしたが、至らない点や誤りは全て著者の不見識によるものである。大方のご叱正を乞う次第である。

参考文献

- 1) F.Leonhart : BRUKEN, DVA, 1982.
- 2) F. アシュフォード (高梨隆雄訳) : 設計美学, ダヴィッド社, 1982.
- 3) 小柳武和・篠原修・田村幸久・中村良夫・樋口忠彦 : 土木工学大系13 「景観論」, 彰国社, 1977.