



デザインの現場から

松井 幹雄*

1. 構造デザイン考

1.1 構造デザインを定義すると

構造デザインと一口に言っても、切口に応じて幾つかの側面を有しており、その全容を明らかにするのはなかなか難しい。ガンター橋やモープレ橋のように、新しい設計概念によってコスト的に有利で、かつ新しいかたちを提案するのが構造デザインの根本であることに異論は無かる。しかし、枠を広げて他にもいろいろな捉え方ができる。

構造部材には手を加えず化粧材でかたちを整える例が最近とみに増えてきているが、化粧を使わず、既存の技術をうまく組み合わせ、構造そのものでかたちを表現する場合も、構造デザインの一側面と認識できる。ドイツのヤンベレムプラッツ高架橋（写真-1参照）などは、その一例ではないだろうか。脚は鋼製で小さく桁はコンクリートで柔らかに仕上げられたこの橋はエレガントで化粧で塗りたくられたものより、よほど美しい。構造物のコストはかかったであろうが、化粧で塗りたくるよりは全体として安価であったかもしれない。

サンチアゴ・カラトラバの橋も既存の技術をうまく組み合わせているが、彼の造形ではその表現がより個性的であり、橋の専門家でなくとも一目見ただけで彼の作品



写真-1 ヤンベレムプラッツ高架橋
（ドイツ/デュセルドルフ）

だとわかるアイデンティティーが感じられる。そして、個性的ではあるが、周辺景観から突出している感じはなく、むしろ馴染んでおり、敷地に対する確かな読みが感じ取れる。

シュライヒの橋からは、最新技術を実際の橋に適用して、橋のイメージを広げようとする技術者魂に圧倒されるとともに、それを許す発注者の存在に感心する。

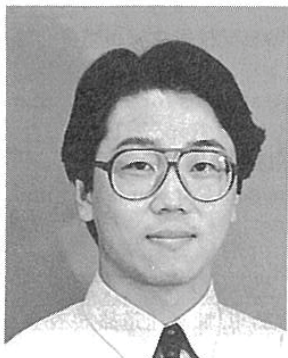
まだまだ、いくらでも切口は見つかると思うが、いずれにせよ構造デザインと呼べる作品に共通する項目は

- ① 力の流れに沿ったかたちがデザインされている、
- ② 橋としての魅力を装飾に頼っていない、
- ③ 適切なスケール感を有し周辺に馴染んでいる、
- ④ その時代に特徴的な技術を上手に利用している、

の4点に集約されるのではないかと考える。そしてこれらは設計プロセスの中で互いに関連し合い、設計のすべての段階で検討される項目でもある。

さて、カラトラバはすべての要素を初めから一緒に、そして遠景や近景を同時に考えながらデザインしている¹⁾そうであるが、彼だけでなく、建築家レンゾ・ピアノも似たことを言っている。「プロジェクトはディテールも初めから全体構想とともに同時に進めなければならない²⁾」と。言うは易し、行うは難しであるが、これを実行してこそ真の構造デザインと言えようである。

結局、構造デザインをラフに定義するとすれば、先に



* Mikio MATSUI
大日本コンサルタント(株)
本社事業部景観デザイン室

挙げた①から④までの項目を設計の初期の段階から扱うことと言えよう。

1.2 継承すべきはデザインマインド

創造は模倣からはじまると良く言われるが、構造デザインの世界にも同じことが当てはまる。カラトラバ(1951～)はマイヤール(1872～1940)の影響を受けたと言っているが、彼の初期の作品を見ると、確かにマイヤールとわかるかたちがそこから読みとれる。しかし、しばらくすると、その影響はかたちには見えなくなり、彼独自の世界が花開き始めている。最近の独創的に見える作品も、よく見ていくとイタリアの構造家ネルビ(1891～1979)に部材配置や力の流し方が似ているところが認められる。影響されたかどうかは別にして、このような類似性は扱う材料や生きている時代が似通っているならば、必ず見て取れるものである。

しかし、この3人は師弟関係にあったのではなく、扱う材料もRC、PC、その組合せと時代の進展に沿って多様化もしているし、設計する構造物への社会的要請ももちろん異なっている。それでも、あらわれた形態にどこかつながりが感じられるところが私には面白い。つまり、何か継承されていると感じるのである。

先人の残した成果を吸収し、自らの生きている時代の要請にあわせて展開する。その際には自らの新しいアイデアも盛り込んでいく。ここに創造が加えられる。そういう作業を経て、はじめてデザインは生まれる。その日々の活動の契機になるもの、それがデザインマインドであり、それが継承されていると思うがどうだろうか？

人の心に根ざすものであるから、これは歴史とか文化の影響を受ける。ドイツの橋はどこまでも合理的であるのに対して、フランスの橋はどこかおしゃれな工夫がある。このような国別の特徴が出るのは、継承されてきたマインドの差によるものと考えられる。

デザインという単に目新しいとか、変わっているものとしか見れない人もいるが、そうではなくて、そこにマインドがあるかどうかで判断したいものである。マインドが感じられるものは先人の残した何かを継承し、そしてそこに何かを付加している。だからその作品もまた誰かによって継承されていくのである。マイヤールの橋が綺麗で好きだからといって、そのかたちだけをまねした橋があるが、それは模倣ではなく、単なるコピーであり、およそデザインという世界からは程遠い行為である。特に橋の場合はその架設場所と建設方法にデザインの本質が含まれているわけであるから、かたちだけをまねるのは全く危険な行為である。

構造デザインは、そのかたちによって技術と社会を表現する、すなわち次世代へのメッセージでもあるから、その時点における新たな価値の創造を常に目指すべき

で、そうでなければ、将来の進展が怪しくなる。

最近までの日本の橋梁デザインの閉塞状況は結局、この数十年、継承に値するデザインマインドが少なかったことによると思う。今後はこの閉塞状況を破るべく、我々若い世代が中心となって、チャレンジしていくことが大切である。

2. デザインのポイント

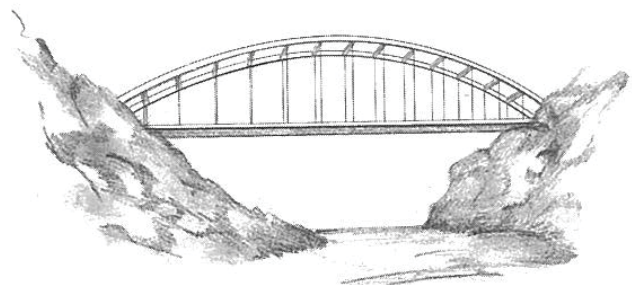
風景づくりの構造デザインに焦点を当て、それに関連したデザインの基本ともいべき事項について、私見を述べてみたい。

2.1 スケール感の把握

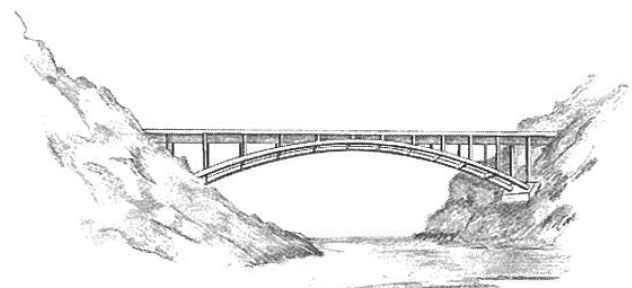
デザインの基本は敷地条件とそこに求められる社会条件をしっかり読みとることである。特に風景として考えた場合は構造物のスケール感がその敷地に良く納まっているかどうか基本となる。

たとえば、V字形の谷地形にアーチ橋を架ける場合、下路形式よりも上路形式の方が納まりが良いといわれている。下から見上げたときに上路橋は地形に納まる形状で落ちついた印象となるが、下路橋の場合は谷に蓋をしたような恰好となって谷のイメージを弱めるからである(図-1参照)。

また、河川やU字谷のように囲まれた一つの空間として認識される場合はメインの橋だけでなく、アプローチを含めた橋全体を地形のスケールに合わせる事が大切である。メインの橋梁に繋がる橋台付近のアプローチ橋梁を小さなスパンとする例は、全体のスケール感の観



下路アーチ



上路アーチ

図-1 谷地形に架かる下路アーチと上路アーチの比較

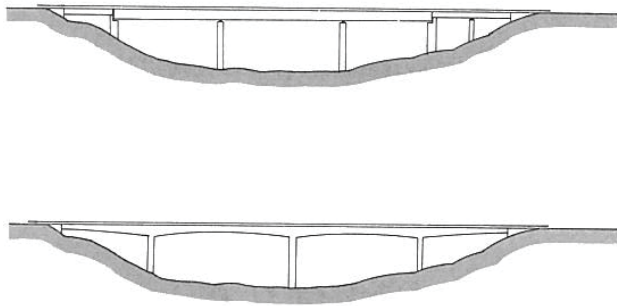


図-2 避けたい構造計画と改善案

点からも橋脚配置リズムの観点からも好ましくないのを避けたい構造計画である(図-2参照)。

橋は大きな構造物だけに設計時に正確なスケール感をイメージしにくいものであるが、類似事例などを参考にしながら感覚(センス)を磨いていくことが大切である。

2.2 線のデザイン

橋の用途は道であるから、ほぼ水平に近い線を必ず有するのが特徴である。したがって、橋梁デザインの基本はその線の扱いにある。

例えば、図-3からは、道路縦断線形と桁下縁の線を変化させることによって、橋の印象が随分と変わることが読みとれる。この例において桁下縁の曲線には、2.5次という放物線を用いているが、これは縦断線形との組合せ下において、2次では曲線の変化が弱く、3次では少しきつすぎるといふ観察の結果である。現実の橋においても曲線式には種々のものが用いられており、デザイナーの腕の見せどころとなっている(写真-2参照)。

また、この桁下縁の曲線式は道路縦断線形と組み合わせさせて初めて橋のかたちを形成するから、その都度、最適なものに調整していくことが大切である。特に曲線橋

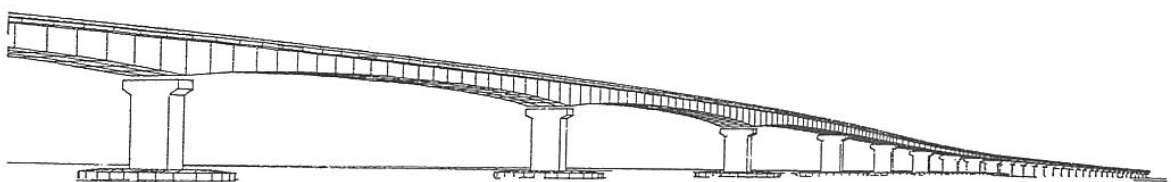
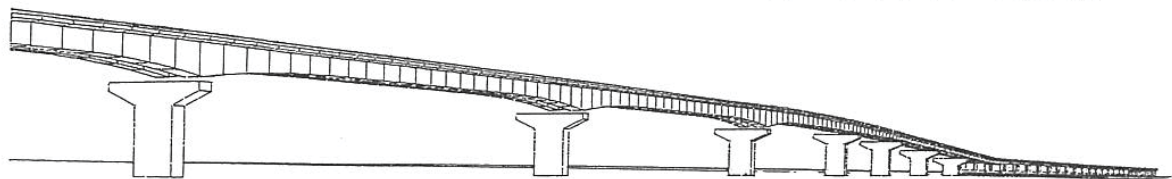


図-3 縦断線形と桁下縁線の変更による印象の変化

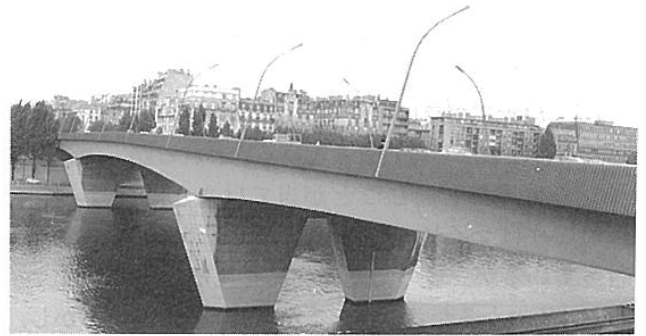


写真-2 ガリグリアーノ橋(フランス/セーナ川)

などの場合には、平面曲線の曲率と桁下縁線の曲率との組合せいかんによって、図-4のように下から見上げると垂れ下がって見えたりするので注意が必要である。

吊橋の懸垂曲線などは力学の法則に従い何もしなくても美しさが保証されているが、ここに示した道路線形や桁下縁の線など、人為的に操作が可能であるからこそ美しく仕上げたいものである。

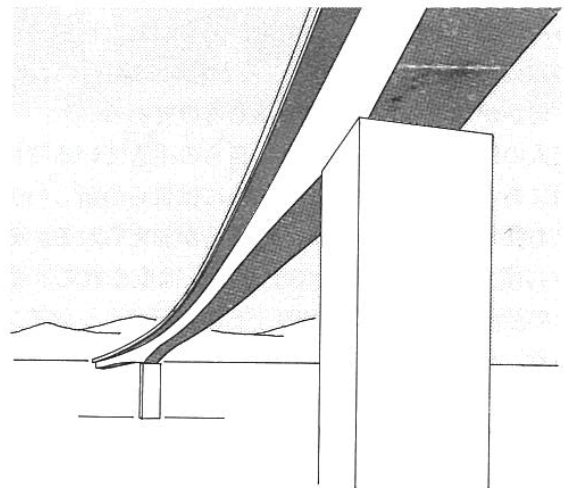


図-4 桁が垂れ下がって見える例

2.3 緊張感の表現

構造デザインの基本は安定感であるが、単調な風景の中に架ける橋や、背景が空になるような見上げる位置にあるディテールなどは、構造物自身の力の流れを明確に表現し、かたちに緊張感をただよわせることが有効である。古くはフレシネー（1879～1962）のマルヌ川のラールメン橋の橋台取付け位置のデザイン、マイヤールのコンクリートヒンジ部にこの種の緊張感が表現されているが、最近では材料を節約するよりも製作手間を省く設計が主流でこの種の緊張感の表現は減ってきているようだ。

写真-3の例では、力学的に曲げが最大になる中間支点位置において緊張感を表現する独特のデザインを用いることにより、風景の中にアクセントを持ち込むことに成功している。このデザインは支承位置において桁面がマッシブになることを低減するとともに、橋脚高を抑える役目も担っており、それによって脚を含めた桁橋全体のプロポーショナルを調整している点で、構造デザインのひとつの手本と言えよう。

この例に限らず支承位置における緊張感の表現は、川面からの視点を有する河川橋にとっては重要なポイントである。日本においても昭和初期に架けられた橋（写真

-4）では、脚天端をしばり支承を積極的に見せるデザインとなっていたが、近頃では支承縁端距離の確保に気を使い過ぎるせいか、良い事例を見かけないのは寂しい限りである。

ディテールの観点からも一例を挙げておく。写真-5はシュライヒ設計の吊橋タワー天端部におけるディテールである。サドルとケーブルを隠すことなく、まさに力の流れそのものを丁寧に表現しており、好感が持てる。

このような丁寧なディテールは昔の橋では良く見受けられたが、現代の製作効率優先の生産システムの中で消えてしまったことは、やはり残念である。繰り返し使われる部材については、NC技術などで複雑な形状も安価に製作可能と思われ、今後の展開に期待したい。

期待している技術については、鋳物もあげておきたい。土木の世界で鋳物と言えば、支承、高欄あたりを思い浮かべることが多いと思うが、建築の世界では見せる構造部材として注目されているようだ。図-5は、斜め柱の支点部に用いられたもの³⁾であるが、その有機的な形状はそれ自体だけでも充分美しく、デザイナーとして魅力を感じる。また、故ピーターライスが構造を担当したポンピドーセンターでは、比較的大きな部材に鋳物が用いられており、この鋳物の技術が土木構造の世界にも

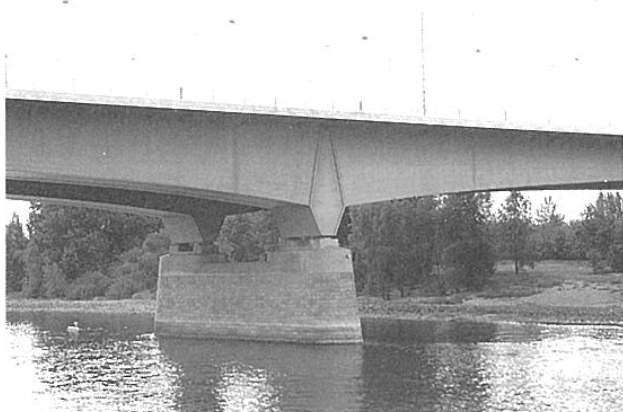


写真-3 緊張感の表現／ボン・ジート橋
（ドイツ／ライン川）



写真-5 ケーブルサドルのディテール／シュライヒ設計の歩道橋（ドイツ／シュツットガルト）

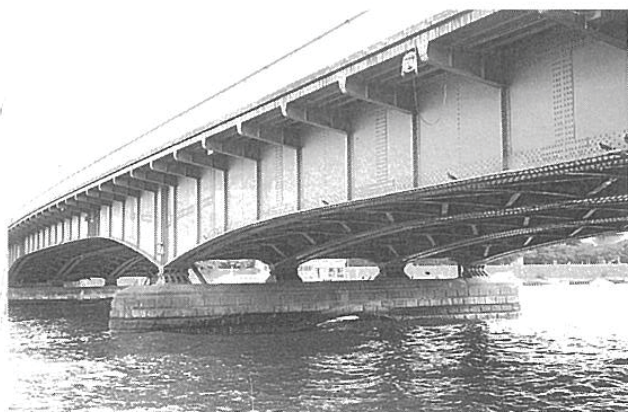


写真-4 支承を積極的に見せる橋脚デザイン／言問橋
（隅田川）

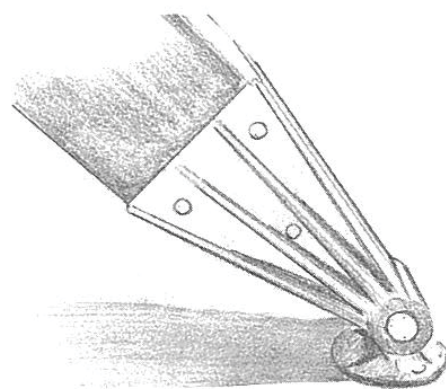


図-5 建築に使われている鋳物ディテールの例

応用される日が近いことを期待させる。

2.4 大地との接点

橋にとって大地との接点は橋の始まりと終わりを意味する非常に重要なデザインポイントである。

その納め方の一例は写真-6に示すように、桁側面の地覆ラインを橋台部にも延長することである。写真-7では擁壁形状にまで桁断面の形状が延長されているが、これは斜面に露出する擁壁面積を極力小さくしようとしたためである。河川橋などで重厚な親柱を設けたい場合は橋梁幅員よりも広い橋台を持ってくると納まりが良くなるが、最近では都市計画時に操作可能な幅が決められ、デザイン上の選択肢が狭められる傾向にある。

桁の話を中心に展開したが同じく大地に接する橋脚やタワーのデザインポイントは台座を設けるか否かである。例えば横浜ベイブリッジのタワーに台座が無く、細い2本の足が直接海に入ると考えていただきたい。結果は弱々しく頼りなげな姿になるだろう。この感覚さえチェックすれば、大間違いはしないと思われる。写真-8、9を見れば、著名デザイナーもしっかり気を配っていることがわかる。蛇足ながら、写真-9と写真-1を見比べていただきたい。どちらもシャープなかたちの鋼製橋脚と柔らかいかたちのコンクリート桁の組合せとなっている。私にはここにデザインの宝が眠っているように思えるのだが、いかがであろうか？



写真-6 橋台部の納め方 (アメリカ/シアトル)



写真-7 桁形状を延長した橋台/白根公園歩道橋 (横浜市)



写真-8 橋脚下端部の納め方/シュライヒ設計の歩道橋 (ドイツ/シュツットガルト)



写真-9 橋脚下端部の納め方/カラトラバ設計の駅舎 (スイス/チューリッヒ)

2.5 人への配慮

人間行動への思慮の度合いで、できあがった構造物と人との交流密度は左右される。特に歩行者専用橋は、使う人の心に訴える適度の遊び心を表現することも大切である。

写真-10は斜張橋タワー周りに設けた開口部である。タワー基部に光を届け、そこに階段を設けることにより、橋全体の回避性を高めている(写真-13参照)。

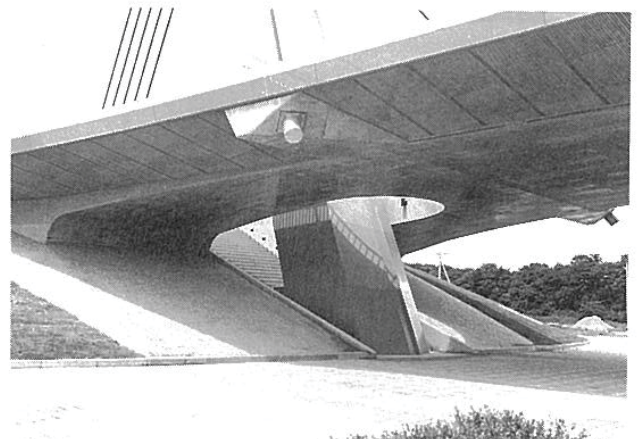


写真-10 タワー周りの開口部/ふれあい橋 (栃木県小山市)



写真-11 V形橋脚／ふれあい橋

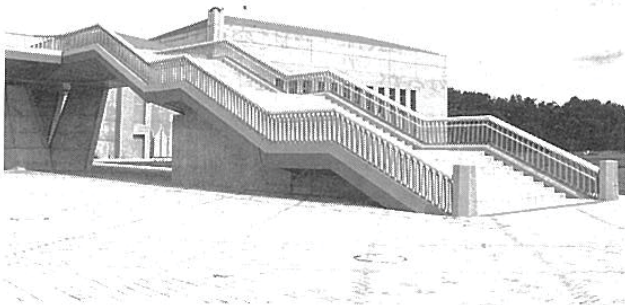


写真-12 心理的抵抗感に配慮した階段／ふれあい橋

写真-11は斜張橋とそれに直交するデッキの両方を支えるV脚である。構造上はV脚の中を埋める方が部材への負担は軽くなるが、中を抜くことにより暗くなりがちな桁下への光の回り込みを確保すると同時に、脚の向こう側の人の存在を感じることができるよう配慮したものである。また、デッキから地上へとつながる階段は踏み面を通常よりも5cm大きい35cmとし、人間の

エネルギー消費が少ないといわれるもの⁴⁾に近づけている。踊り場も規定よりも1段多く設け、かつ、1段目を人の目の高さよりも低く取ることによって、階段を上り始める人の心理的抵抗感を小さくしている(写真-12参照)。

これらはほんの一例に過ぎず、橋の置かれた状況に応じていろいろな配慮が考えられるだろう。今から100年ほど前に建設されたブルックリン橋の2階部分には遊歩道が設置されており、その設計者ジョン・ローブリング(1806~1869)は「非常に混雑した商業都市にこういった遊歩道が計りしれぬ価値を持つだろう」と言っており、構造だけでなく人の楽しみに対しても十分な理解を持っていたことがわかる。カラトラバの橋は歩車分離の構造をうまくデザインに昇華させているところが秀逸であるが、きっと人への配慮という意識でデザインしているものと思う。人間の楽しみに配慮すれば、そこから新しいかたちが誕生すると確信している。

2.6 周辺環境の取込み

橋のデザインは普通、既存の風景の中に挿入されるが、近年では橋を含めた面的な事業が行われることも多くなってきている。そのような場合、橋のデザイナーは積極的に周辺のデザイン提案を行い、環境と橋が有機的に結びつくようにすべきである。

写真-13は橋とそれに接する大地(円形広場)とを同時にデザインした例で、円形広場の大きさは、その周囲に設けた斜路の勾配から計算される必要延長距離と橋梁規模とのバランスから決定している。この例の場合、当初は橋梁デザインのための契約であったが、それに接続する公園デザインを提案したところ幸運にも採用されたのである。

他にも広島鶴見橋や多摩ニュータウンの多くの歩道橋など、周辺整備と一体的にデザインされる橋は増えつ

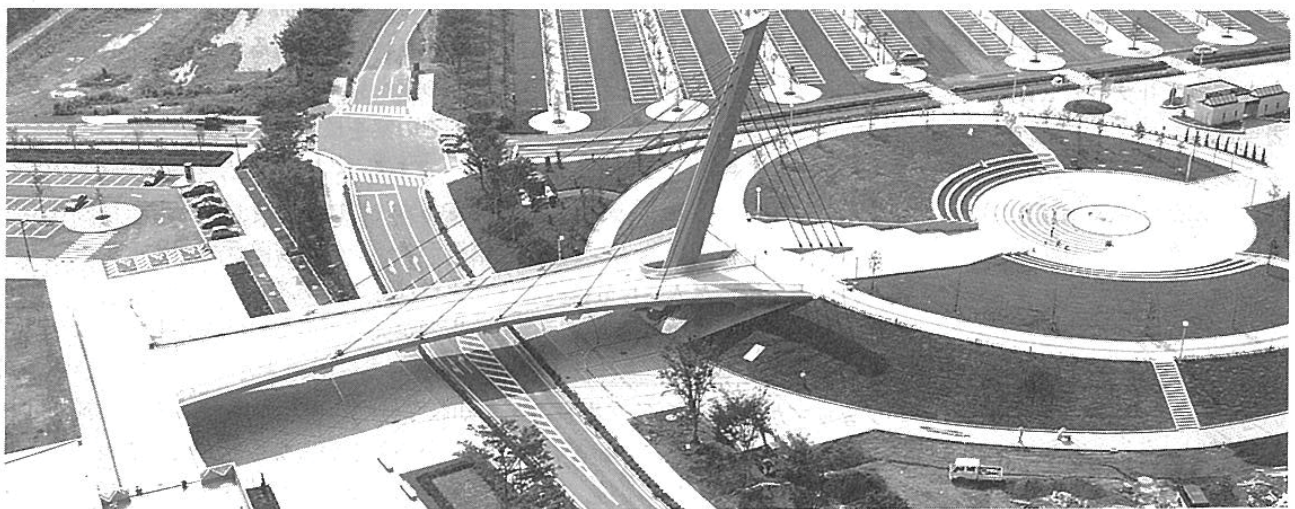


写真-13 周辺整備と一体化した橋／ふれあい橋

つある。やはり橋は橋本体だけでなく、その周辺も含めて同時にデザインされるべきと考える。

3. デザインの環境

3.1 ワークショップ礼賛

「ものが生み出される現場はいろいろな才能を持った人々が集い、働くワークショップである」と、コーヒークップなどの漆器から車、そして橋やトンネル坑口までも手がけるデザイナー、柳宗理氏は言う。私は1987年から1989年の2年間、会社の仕事を持って柳先生のワークショップへよく伺ったものであるが、ところ狭しと検討模型が置かれた部屋の印象は今でも強く、それ以来、会社組織の中にもワークショップのような場所を作り、デザインを生み出す核にすべきであると考えてきた。

1989年には尊敬する建築家レンゾ・ピアノ展が開かれたが、その展示会はピアノ氏のワークショップの雰囲気を持ち込むことが意図されており、種々の模型や報告書に触ったり見ることが出来るものであった。模型は都市計画的スケールのもから原寸大のモックアップまで置いてあり、見るだけでその設計プロセスに引き込まれそうであった。そして、これだ！と思ったわけである。

大抵の土木（建築）技術者は現場が好きはなはずである。なぜかといえば、そこはものづくりの最前線であり、ものをつくるという創造の喜びが満ちているからである。その創造の喜びの一端を設計現場に持ち込む道具立ての一つが模型であったのだ。創造の喜びを得るわけであるから模型はもちろん自らの手を動かして作ることで大切である。そして、そのプロセスの中で新しいデザインの芽を発見するのである。

結局、ワークショップとは創造の喜びを得ながら設計をまとめていく場であると理解している。そして、自らの働き場もそうあって欲しいと願いながら今に至っている。まだまだ、理想と現実のギャップは大きい、模型を日々の設計プロセスに組み込むことにより、3次元で表現されるかたちを観察し、今までは気がつかなかった多くのことが同時に見えるようになった。また、他者とのコミュニケーションも取りやすくなった。次はいろいろな才能を持った人々をこの場に呼び込むための作戦を立てなくては。ワークショップは種々の才能を持った人が集い、刺激し合う場にならない限り完成しないからである。まだまだ道は遠いが、これからも楽しんでやっていきたい。きっと、こういうワークショップからこそ新しい構造デザインが生み出されるはずであるから。

3.2 デザイナーの役割

実務における構造デザインは通常、デザイナーと構造

技術者のチームによって行われる。構造デザインはデザインのできる構造技術者が一人でやれば良い、という議論もあるが、私は以下の2点で、今後ともチームで行われていくものと考えている。

- ① デザインの出来る構造技術者の絶対数が足りない。また、高いレベルで二つの才能を発揮する人は今後とも少数で、社会の要求を満たしきれない。
- ② 一人の頭で考えるより、複数の頭で考える方が良い知恵が生まれやすい。ただし、レベルの低い二人が寄り合っても期待はできないから、デザイナーと構造技術者は、それぞれに一定のレベルに達していることが不可欠である。

ここで、この一定のレベルとは何かと言うことが問題である。

デザイナーは先に述べたようなデザインポイントを押さえたうえで、人まねでないかたちを出すことが求められる。それは仕事が進むにつれて変更が加えられ、変化していくものであるが、その根底にオリジナルなものが含まれているかどうかが大切である。

構造技術者はデザイナーが提案するかたちに対して、その実現可能性と概略の寸法、構造の見地から見た代案、等を返答できなければならない。特に代案が出せるかどうか分かれ目である。

このやりとりはスケッチ上で行われることもあるが、模型があれば、より議論の密度と精度は高くなる。模型をいじることで、新たな発想も生まれ、デザインの構想が固まってくる。デザインは一瞬のひらめきでできるのだろうと理解している人がいるが、そうではない。ひらめきは大事であるが、それをデザインの構想にまで成長させるには手を動かし、頭を動かさねばならないのである。だから、初期の段階では気軽に変更可能なように模型も簡単にラフなもので十分である。

設計初期におけるこのやりとりは以後の仕事の骨格を決めてしまう非常に重要な場面である。この時にデザイナーの出した案が良いものであるかどうかを判断する一つの目安は、その案を見た時にときめきを感じるかどうか、あるいは、その案を核に代案が次から次へと頭をよぎるかどうか、である。「なるほど、しかし、こうすればもっと良くなるかも知れない。」そう構造技術者に思わせれば、構造デザインに対するデザイナーの貢献の半分は終わったようなものである。

後は構造技術者が実現可能な寸法を出し、それをデザイナーがチェックし、「もっと小さくできないか?」「出来るかも知れないが、そのかわりこちらを補強しないといけない。……」といった会話が交わされ、その都度、部分と全体とのバランスが検討されて案は次第に洗練されていくのである。そこでも、人に見せるためでない

く、デザインを検討するために模型が用いられる。

この例はまず最初にデザイナーの案が出された場合のものであるが、逆に技術者の案に対してデザイナーが意見を出していく場合もあり、その関係は臨機応変、ケースバイケースである。

このようにデザインはそれが完成するまで、変化し続ける。まず脚のかたち、次に桁のかたち、最後に高欄のかたち、という具合に、ひとつひとつの部分が完成していくのではなく、全体が徐々に完成していくのがデザインの健全な姿である。

そして、設計が終われば、現場に向かい、デザイン監理を行う。現場でしか表現できない石の割付け、条件変更によるデザインの修正などがあるからである。初期の構想立案から現場における監理まで、これがデザイナーの理想の役割と言える。

4. おわりに

写真-1 に示したヤンベレムプラッツ橋には F. Tamms, 写真-3 に示したボンジート橋には G. Lohmer という建築家が関与していたそうである。G. Lohmer はバスケットハンドル・ニールセンローゼ橋の草分けとして著名なフェーマルズント橋にも関係している。

セーヌ川に架かるアルマ橋(写真-14)はシンプルでありながら、どこか印象に残る橋であるが、これも建築家の関与が示されている⁵⁾(ここに出てきた建築家は私が述べてきたデザイナーの役割を果たす人のことを指すと思われるので、以後はデザイナーと呼ぶ)。フランスは新技術の開発にも熱心であるが、美的設計環境の整備にも力を注ぎ、技術者とデザイナーの協働による美しい橋を多く世に出している。実験橋との位置づけもあると聞かすが、モープレ橋はまさにその新技術と美的設計環境の整備の結果であろう。

このように構造デザインに関しては学ぶべきことが多い欧米においてもデザインは技術者だけの問題ではなく、いろいろな知恵を集めて解決している点に注目したい。

本文は構造デザインを側面から支えるデザイナーの視点を中心にいくつかの話題を拾い上げた。料理にたとえらば構造は素材であり、デザインとは味付けである。



写真-14 アルマ橋(フランス/セーヌ川)

良い素材に絶妙の味付けがおいしいように、構造デザインもしっかりした構造にエレガントなデザインが加味されれば最高のものとなる。料理には素材を見抜く目と舌と鼻、そして修行が必要なように、デザインにも審美眼と修行が必要である。

修行中で未熟者の私が構造デザインのことをあれこれ述べるのは恥ずかしい限りであるが、いつも同僚たちと話していることをデザインの現場の声として届けるという意味で書かせていただいた。何かの参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 日経コンストラクション, 1991.7.12
- 2) PROCESS Architecture 100, レンゾ・ピアノ・ビルディング, ワークショップ「バランス」を求めて, pp. 4, 1992. 1
- 3) SD 89/01, 続木造建築の現在, pp. 89, 1989.1
- 4) 岡田光正: 建築人間工学・空間デザインの原点, pp. 81, 理工学社, 1993.11
- 5) Prof. Dr. Michel-Virlogeux: SEEE 協会特別講演会「最近のヨーロッパにおける長大斜張橋の設計・施工技術に関する動向」講演資料, pp. 8, 平成3年4月

注) 本稿に掲載された写真のうち写真-5, 8, 9 は高楊裕幸氏, 写真-13 は清水・川田 JV 現場事務所撮影のもの, その他は筆者が撮影したものです。

また, 写真-7 の白根公園歩道橋(横浜市)は友岡秀秋氏(デザイナー)+筆者が, 写真-10~13 のふれあい橋(栃木県小山市)は筆者+熊谷正行がそれぞれデザインを担当したものです。

【1994年8月22日受付】