

## CGによる橋脚のデザインに関する一考察

北海学園大学工学部 正会員 杉本 博之

## 1. まえがき

たまたま、歴史のある諸外国の街並み、公共構造物・施設を見る機会があり、日本のそれらと比較することができた。一言で表現すると、時間的、空間的なデザインの継続性、広がりには大きな差があるように思えた。北京の「頤和園」の広大な空間の中での細部まで統一の取れたデザインには圧倒されるし、サンフランシスコのゴールデンゲート橋は、ただ橋独自のデザインで評価されるであろうか。遠く離れた対岸の赤茶けた丘陵と上に広く開けた空間、背景としてのサンフランシスコ市の近代建築、これらを総合した空間デザインとして評価されるものであろう。

ひるがえって、国内の公共構造物・施設等を見ると、維持・管理体制が不十分であること、あるいはそもそもデザインの維持には配慮していない設計等、また、余りにもデザインを「点的」に見るあまり、デザインが見事なまでに分断されている例などが多く目につく。良くデザインされたものでも、デザイン空間が狭すぎ、箱庭的、あるいは盆栽的な発想にとどまる例もある。北九州市の紫川の一連の橋梁群は、個々には工夫されているが、それらの維持、橋梁群のデザインの統一、あるいは、周辺商店街、市庁舎、小倉城を含めた面としてとらえてのデザインの総合性では、それぞれ大きな課題を抱えている例と考えられる。

旧豊平橋が評価されるのは、重厚なプレースタイドアーチ橋のデザインのみではなく、周辺領域の設計を含めた総合的なデザインにあると考えられる。

したがって、良い橋のデザインは、「面的」な広がり考えた総合的なデザインであることが最低限の条件になるのではないかと考えられる。更に、メンテナンスを考慮した構造的、デザイン的な長寿命、すなわち時間的な広がりも同時に考慮することが必要になる。

これらのデザイン上の総合的な環境整備がなされた上で、橋梁デザインはどうあるべきか、特に橋脚デザインとCAD、CGの関わりについて考察するのが、本報告の目的である。

橋梁上部構造に比べて橋脚等の下部構造は、造形的にまだまだ可能性があると考えられる<sup>1)</sup>。河川橋梁に比べて、高架橋等の橋脚は、造形的挑戦の良い対象と考えられる。景観的にすぐれていると考えられる形から入り、静的かつ動的荷重に耐え得る断面および構造詳細の設計は、種々の設計技術の発達により可能になってきているからである。

造形的なデザインはもっぱら、そのための専門的な教育、素養のある専門家に限られてきた。造形の発想の技術・ノウハウ、絵を描く技術・ノウハウ、および絵を描く能力が不可避と考えられてきたからであり、端的に、「絵の下手な者がデザインなど出来ない。」と自他共に認めていたからである。しかし、絵の下手な者に造形的な素養はないか？造形デザインのプロセスの最終段階の絵を仕上げる部分を、CAD・CGに置き換えることにより、デザインに関する非専門家でも何らかの寄与は出来ないか？という質問が、本研究の基本的な動機である。

デザインのプロセスは、何枚も何枚も手で絵を描くことであり、最終的な作品の外見の出来映えはデザインの本質とは関係ないことは理解した上で、なお、現在のコンピュータ技術がどこまででき、素人の参画がどこまで可能かについて考察を加えたいと考える。つまり、手で描く絵が、技術的な未熟さのために余りに良くないために、その後の発想が矮小化されることはないか。コンピュータが時々良い絵を示してくれることにより、発想の助けにならないのか。そのためには、現在のCAD技術がどの程度の労力で、どの程度の絵を描くことが出来るかを中心に考察を進めていく。

## 2. CADによるデザイン

まえがきにも書いたように、本研究は、造形のプロセスに、現在比較的容易に手に入れることができるCGのソフトを利用するコンピュータ技術がどの程度寄与出来るかについて基礎的な考察を行うことを主な目的としている。

また、橋梁の景観に関する研究においてはよく写真が用いられ、種々の観点からの学生あるいは一般市民に対するアンケートにより、直接的な知見、あるいは予測技術としてのニューロコンピュータシステムの構築などに用いられる。例えば、橋の色、形式、あるいはディティールなどの設計に対する一般市民の嗜好の調査等である。その写真に鳥瞰図を用いるナンセンスはともかく、写真の質、あるいは背景により結果が大きく異なることは大いに予想されることである。つまり、橋自身に関するアンケートでありながら、背景を含めた総合的な出来映えとしての写真を評価することにはなっていないだろうか。現在のコンピュータ技術であれば、背景の入れ替え、あるいは、橋本体の「色」に係わる種々のパラメータを自由に変えることは容易であり、有効に利用することにより、写真技術から離れた景観評価が可能になると考えられる。

そのためには、写真に劣らない臨場感を出せるCGの出来映え、また、それが手軽に出来ること、および色彩、背景等を容易に変更し得る能力が必要になってくる。

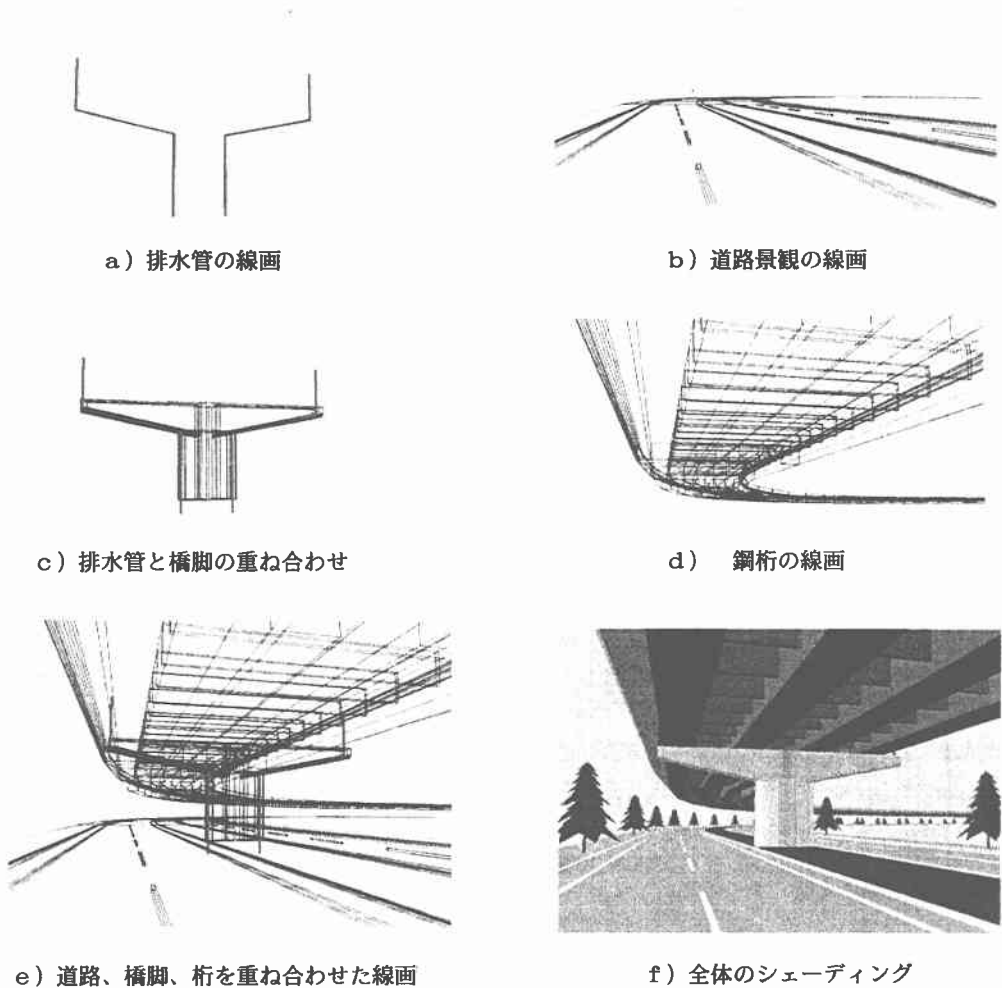


図-1 シグマリスにおけるレイヤ機能の例

### 3. SIGMARRIS の基本的機能について

本研究においては、市販のソフトSIGMARRIS を利用した。これは、土木、建築などの分野で用いられる景観シミュレーションのためのソフトである。多くの機能を有しているが、基本的な重要な機能は、①レイヤ機能、②RI（リピーテッドアイテム）機能、③ワークプレーン機能、④UNDO機能、⑤等高線・立体地形の機能、⑥プリミティブ機能、⑦視点とスクリーンイメージの機能である。それらを以下に簡単に説明する。

①レイヤ機能：絵を、多数の部分に分解し、それらを透明なフィルムに描き、必要に応じ、必要なものだけを重ねて必要な絵を作成する機能である。図-1にその一例を示した。a)が排水管の線画であり、別に作成している橋脚の線画と重ねることによりc)が出来る。b)は4車線の道路景観図であり、この中央分離帯に橋脚を設置して上部に高架道路橋が建設されることを想定している。d)はその鋼桁の線画であり、この場合は4主桁の曲線箱桁橋である。これらを重ね合わせてe)の線画が出来る。更に、別に作成してある街路樹と合成し、シェーディングしてf)が得られる。f)において、空は快晴、桁は淡い緑系、高欄と橋脚は明るいグレイ、地面は濃いグレイ、排水管は青としている。排水管、主桁、橋脚、道路景観、街路樹等を複数作ることで、多数の組み合わせの絵を作ることが出来る。色彩は、各レイヤ毎に決めることが出来る（線画に用いた線の色が、シェーディングにおいてその線で囲われた面の色彩になり、彩度、明度のコントロールはシェーディングした後にも可能である）ので、構造各部の色彩の部分的な変更は極めて容易である。

データベースには32,728枚のレイヤの作成が可能である。

このレイヤの機能により、上記した背景の入れ替え、色彩の変更等が容易に行えることになる。図-1.fの絵には、25枚のレイヤが使われている。

②RI機能：繰り返し用いる特定の図形をRI登録することにより、その図形を任意の数だけ、任意の方向に、任意の向きに、任意の位置に表現することが出来る。次ページの図の橋脚、街路樹等は、これにより作成している。

③ワークプレーン機能：立体的な図形的位置関係は、次元の増加と共に困難になる。1次元よりは2次元の方が難しいし、2次元よりは3次元の方がはるかに難しく、4次元ではほとんど不可能となる。3次元的な図形の認識を、局部座標を利用することにより2次元的な認識に置き換え、複雑な立体図形の作成作業を容易にしたのが、このワークプレーン機能である。

④UNDO機能：すでに行った作業を逆行させる機能である。間違った操作を消去することができ、10ステップ戻ることが出来る。

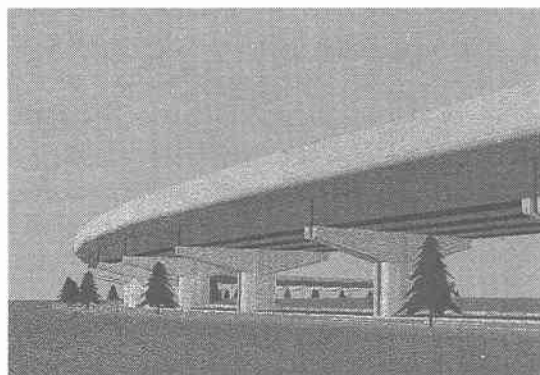
⑤等高線・立体地形の機能：等高線のデータを入力する（フリーハンドで描いた等高線でも良い）と、立体地形を作成でき、それらに彩色、シェーディング出来る。街路樹と合わせて、橋梁の背景のための種々の自然地形の作成が可能となる。

⑥プリミティブ機能：平面図形を引き伸ばしたり回転して立体図形を作成する機能である。引き伸ばす方向は、平面に直角である必要はなく、傾いていても良い。平面図形は、直線、円曲線以外にスプライン補間でも作成出来るので、この機能により、任意の曲面が作成可能ということになる。

⑦視点とスクリーンイメージの機能：任意の視点からの図を描くことができ、それをシェーディングして出来た絵をイメージ（画像）として保存出来る。この機能により、以後の図の再生が容易になる。

その他、視点を移動して（例えば、道路上を移動する車両からの視点等）見た場合の図形も、連続的に描くことも可能である。

以上のSIGMARRIS に関する記述は、その機能の一部であるが、これらの機能を利用することにより、かなり複雑な橋梁景観図の作成が可能であり、また、部分的、あるいは全体的な色彩デザインの検討、あるいはまた、橋梁建設地の環境設定の変更もかなり容易に行われることになる。

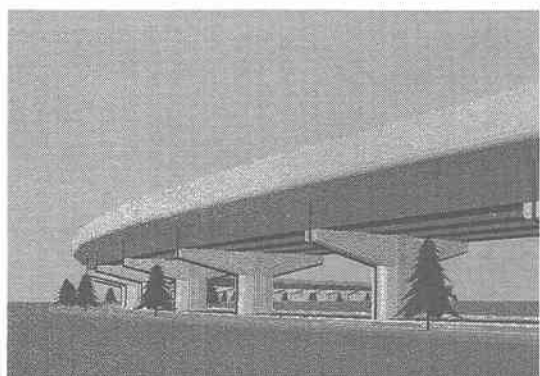


a. 中景



b. 近景

図-2 鋼桁、排水管内、横梁主桁外の図

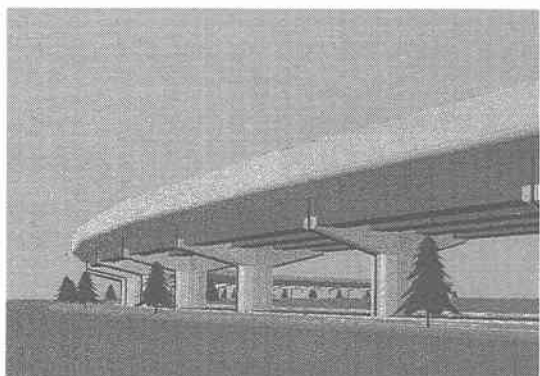


a. 中景



b. 近景

図-3 鋼桁、排水管外、横梁主桁外の図

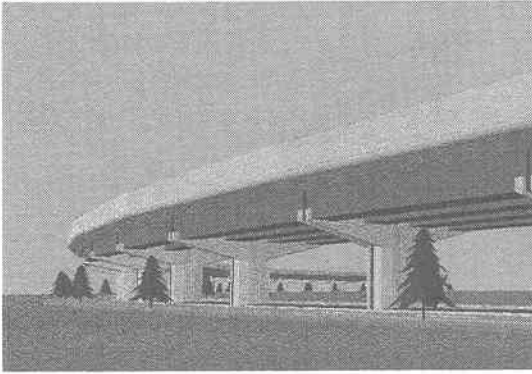


a. 中景



b. 近景

図-4 鋼桁、排水管外、横梁主桁中の図

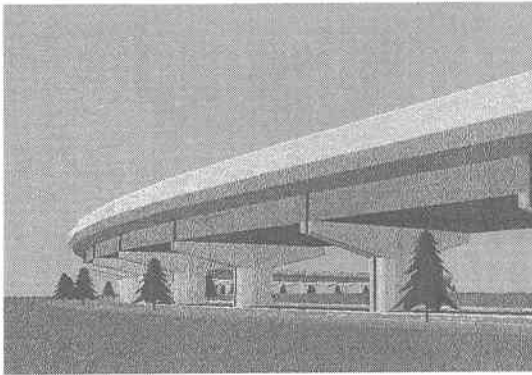


a. 中景

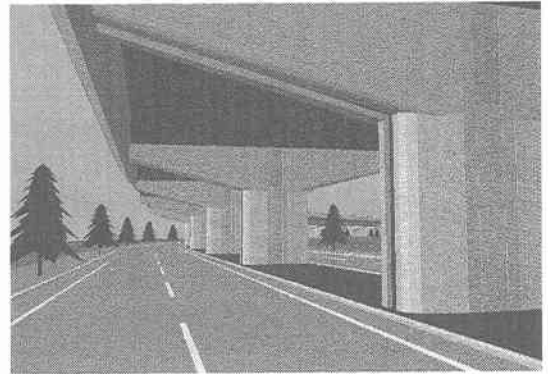


b. 近景

図-5 鋼桁、排水管内、横梁主桁中の図

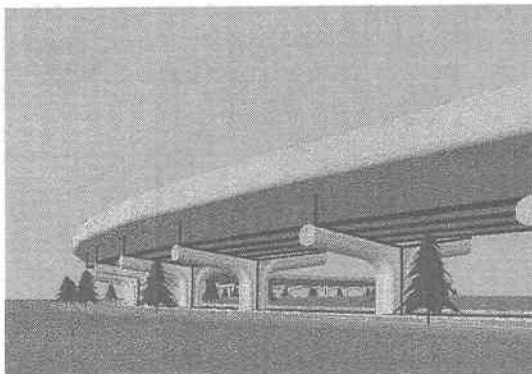


a. 中景

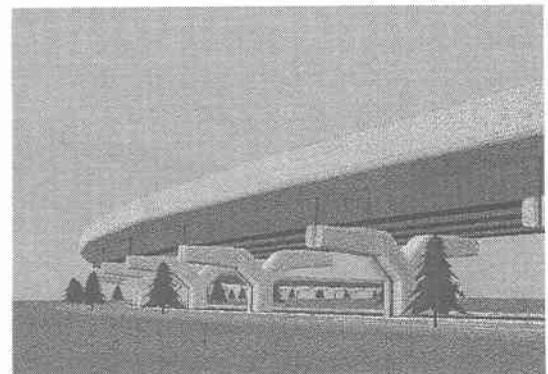


b. 近景

図-6 コンクリート桁、排水管内、横梁主桁外の図



a. 丸みを帯びた橋脚



b. 直線的な橋脚

図-7 橋脚形状の変化（鋼桁、排水管中、橋脚主桁外）

#### 4. 設計検討例

図-2から図-7に、SIGMARRISを用いて作成した連続曲線高架橋の橋梁景観図を示した。

また、SIGMARRISの機能の一部しか有効に用いていなく、橋脚自身の形状は平凡なものであるが、排水管の位置による見え方の差、橋脚頭部の横梁を主桁内部に納めることによる見え方の差、また、主桁が鋼桁の場合とコンクリート桁の場合の差、さらには、橋脚形状を若干変更した場合の図などを示している。

高架橋は一般道路の中央分離帯に建設された1本柱の橋脚で支持されているとしている。

一般道路横の民家から見た絵(中景)と一般道路を走行中の車から見上げた絵(近景)の2枚を示している。色彩は、図-1.fと同様に、空は快晴、桁は淡い緑系、高欄と橋脚は明るいグレイ、一般道路は濃いグレイ、中央分離帯は緑、排水管は青としている。また、コンクリート桁の色もグレイである。

図-2～図-5は鋼桁の場合であるが、図-2は、排水管が橋脚外側に設けた溝に埋められている場合であり、主桁は、通常のように橋脚の横梁に置かれている図である。図-3は、図-2とほとんど同じであるが、排水管が図-2のように埋め込まれず、橋脚の外側に露出して設置されている場合である。特に、図-2、図-3のb図を比較することにより、排水管の処理の違いによる差は明らかである。

図-4、図-5は、それぞれ図-3、図-2に対応するが、橋脚頭部の横梁の一部を、主桁内部に納めた例である。断面力の分布から、橋脚上の主桁の剛性に余裕がある場合は、可能な処理と考えられるが、道路面、つまり主桁の高さは変わらないので、図-5のように桁下の空間が広く感じられる。

図-6は、主桁の材質を変え、コンクリート桁にした場合である。コンクリート桁は別のレイヤに作成しておき、重ね合わせの時に入れ替えれば容易に材質を変えた橋梁景観図の作成は出来る。

図-7は、図-2に対応するが、橋脚の形状を若干変えた例である。aは全体に丸みを強調した例、bは直線の組み合わせを重視した例である。これらの絵も同様に、種々の形状の橋脚図をそれぞれのレイヤに作成し、入れ替えることによって作成可能であり、多数の組み合わせの景観図を容易に比較検討出来ることになる。

#### 5. あとがき

土木構造物・施設のデザインの、他の工業デザインと大きく異なる点は、空間的に広い領域で考える必要があることと、時間的に非常に長い継続性、持続性が要求されることにある。そのために、大部分の土木構造物・施設の設計においては、そのデザインにおいて手を抜くことは許されず慎重な検討が必要となる。評価は現在のものであると同時に、我々の手の届かない未来のものでもあるからである。

そのために、現在かなり発達し、使い易くなってきた各種CAD、CGは、もっと身近に積極的に利用して良いように考えられる。本研究に利用したのは、多数発売されているものの内の1つであるが、まず手軽にかなり複雑な絵まで描けることは、本文中に説明したとおりである。画質は、プリンタの能力に依存し、本研究で用いたのは、SIGMARRISが要求する高性能のものではないが、良いプリンタを用いれば、ほとんど写真と区別がつかないものまで可能である。建設地点の環境と色彩デザイン、あるいは構造形態の選択等、従来の写真に基づく研究より、より自由度の高いレベルのデザインの検討が期待出来る。また、造形デザインのパートナーとしての役割も、その作業性、品質からもかなり期待出来ると考えられる。

今回作成した図は、まだまだその機能を十分に生かし切っていないが、今後より創造的なデザインに利用していきたいと考える。

本研究は、平成6、7年度の科学研究費(一般研究C)の援助を受けた。また、研究遂行に当たり、北海学園大学工学部土木工学科の星野洋、中島崇之両君の協力があつたことを付記し謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 杉本博之・松本弘幸・鶴嶋俊行・葦澤憲吉: 都市内橋梁の橋脚デザインに関する一考察、土木学会北海道支部論文報告集、第51号(A)、pp.78-83、1995。