

CGを用いた橋梁景観検討の省力化とその適用について

川田工業(株) 正員 ○磯 光夫

川田工業(株) 正員 前田 研一

1. まえがき

近年、豊かさの感じられる社会の実現のために、シビックデザインの向上を目指した社会資本整備が活発化している。橋梁などの土木構造物においても、機能本位の考え方のみではなく、生活環境の向上を図るために広い範囲の景観に対する考慮が必要とされ、構造物自体の造形はもちろんのこと、色彩に対する検討も盛んに行われている。

景観検討における事前評価の道具としては、手書きのパスや模型などが用いられている。しかし、これらの手法においては、専門的な技術が必要であったり、経済的に採用しにくかったり、計画案を修正するとともに最初から作り直さなくてはならなかったりといった問題があり、景観計画の道具として機能的に不十分な面があった。そこで、その問題を解決するために用いられるようになり、いまでは利用が一般化しつつあるのが、最近急速な進歩を見せているコンピュータ・グラフィックス（以下CGとする）である。ただ、CGを用いて景観検討を行う場合のひとつの問題として、データ入力 of 省力化がある。また、色彩検討において、事前評価のための判断材料となるフォトモンタージュを作成する場合、データ入力に多大な時間を必要とすることに加え、橋梁形式選定などの計画段階では、橋梁と周囲の地形などとの位置関係が正確なものを作成することが困難な場合が多い。そこで著者らは、景観設計支援システム開発の一環として、パソコンによるCGシステムをひとつの事前評価の道具として利用するため、次のことを試みた。

- ① 地形データ入力の省力化
- ② 構造物データ入力の省力化
- ③ 色彩検討の改善と省力化

本文は、これらの省力化の方法について報告するとともに、その方法を適用して行った2、3の斜張橋の具体的な景観検討結果に関して、土木技術者の立場で考察を加えたものである。

2. システム構成

図-1に使用したシステム構成を示す。ハードウェアは、パソコンを本体とし、風景写真の入力にはカラーイメージスキャナを、地形データや構造物データの入力にはデジタイザを用い、パースの出力にはカラーイメージプリンタを、色彩検討の結果についてはカラーディスプレイの画面を撮影するため一眼レフカメラを用いた。

ソフトウェアは、パース作成のために3次元モデリング用のダイナパス3を、橋梁の色彩検討のために2次元ペイント用のダイナピックスV〔どちらも(株)ダイナウェア〕を使用した。なお、ダイナパス3の前処理プログラムの位置付けで、後述するように、デー

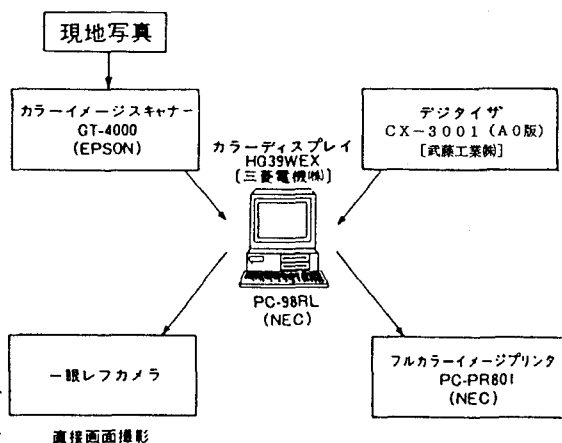


図-1 システム構成

タ入力 of 省力化 of 一方策として、AutoCAD GX-Ⅲ（オートデスク株）も用いている。

3. 地形データ入力 of 省力化

CGを用いた橋梁 of 外部景観検討において、フォトモンタージュなどを用いた詳細検討を行う前に、パースのみにより構造形式選定などの概略検討を行う場合がある。

橋梁と周辺環境との調和を検討する景観検討では、橋梁周辺における近景域や中景域 of 地形を考慮することはもちろんのこと、橋梁 of 背景となる遠景域 of 地形を考慮することも重要なことである。橋梁 of 周辺環境には、写真を用いるのが理想的であるが、視点位置 of 変更が困難であるため、概略検討 of 場合には橋梁や地形などすべてのものをパースで描くことが必要になってくる。

その方法としては、対象物をすべて立体的に表現すれば良いのであるが、ダイナパース3では設定範囲に制限があり、遠景域 of 地形を立体的に表現することが困難になる場合が多い。そこで著者らは、長大斜張橋 of 景観検討を行った際に、遠景域 of 地形を簡易的に表現することを考え、この問題に対処するための実用的な省力化手法を試みた。

（1）地形データ入力 of 省力化手法

地形データ入力 of 省力化は、橋梁周辺のおよそ中景域までの地形を立体的に、橋梁より遠く離れた遠景域 of 地形を平面的に表現した。すなわち、図-2 a）に示すように、円形範囲内における近景域や中景域 of 地形を立体的に、この範囲を外れた遠景域 of 地形を境界円上に円弧面として、図-3 of 要領で投影した。図-2 b）には、参考のために任意 of 視点における投影図を示した。右上に遠景を望めることがわかる。

地形データ of 読取りは、建設省国土地理院 of 地形図からA0版 of デジタイザにより読み取るシステムを開発し、自動的に受け渡される平面座標データとキーボードから入力する標高データを、パソコン内で組み合わせることによってデータ入力 of 省力化を図った。ここでは、等高線を16角形に置き換え、等高線間 of 地形表面を単純に三角形要素の組合せで表現し、フラクタル理論などは用いなかった。

（2）適用例

検討 of 対象とした長大斜張橋は、標高300m程度 of 陸上部に挟まれた海峡部を跨ぐ実橋計画案を用いた。シミュレーション範囲は、直径5kmとし円内 of のほぼ中央に橋梁を位置させた。橋梁 of 構造形式としては、中央径間長500m級で側径間がPC箱桁、中央径間が鋼箱桁である3径間連続複合斜張橋を対象とした。地形図は、建設省国土地理院 of 5万分の1 of のものを用いた。なお、ここでは建築物などの人工物を省略した。

（3）適用結果

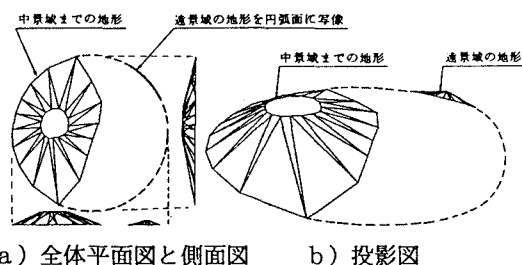


図-2 地形データ of 省力化手法

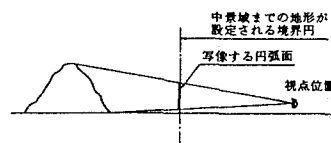


図-3 遠景域 of 地形における円弧面への投影方法

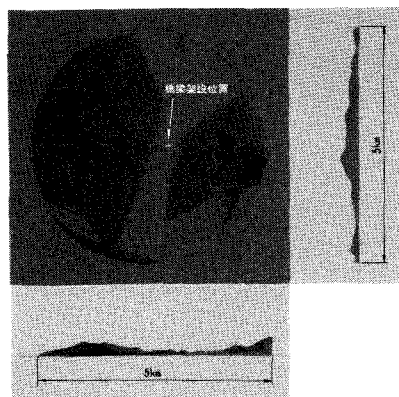
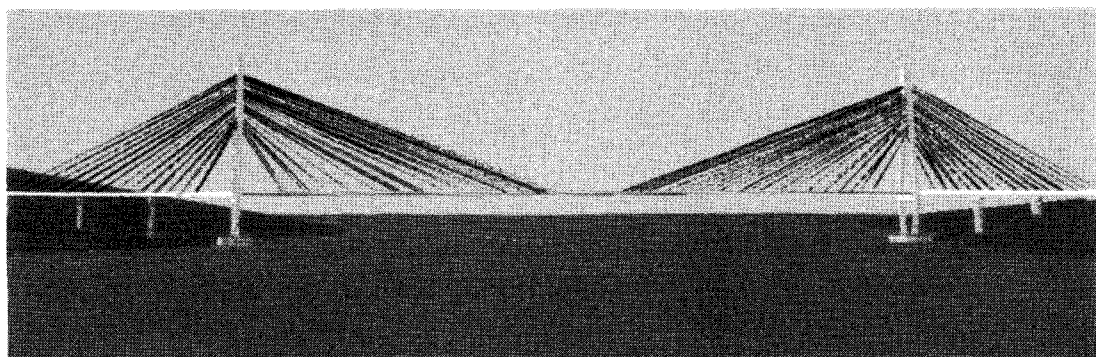
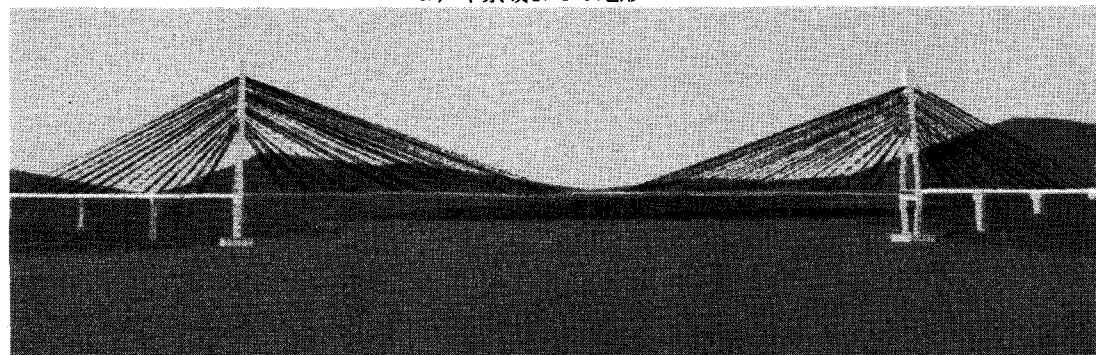


図-4 シミュレーション範囲



a) 中景域までの地形



b) 遠景域までの地形

図-5 遠景域の地形の有無による景観の相違

検討したシミュレーション範囲を示す全体平面図と側面図を図-4に示す。また、遠景域の地形の有無における橋梁景観の相違例を図-5に示す。今回は、直径5 kmの円を想定して遠景域の地形を考慮したことにより、フォトモンタージュではないものの、近景域や中景域の地形のみの景観に比べると、橋梁の架設後の景観をより忠実に予測できた。

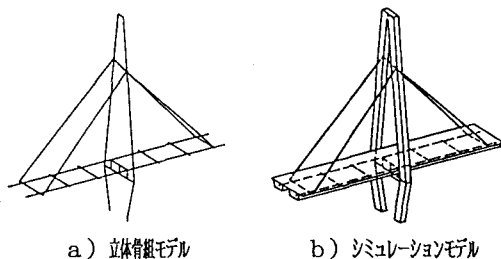
4. 構造物データ入力省力化

構造物データの入力方法は、ダイナパス3を用いて橋梁本体の各部材を組み合わせて描いていくことも可能であるが、多大な時間を費やすことになる。そこで、景観検討の省力化を図るために、構造計算用データ、あるいは、設計図面を利用して次のような手法を試みた。

(1) 構造物データ入力省力化手法

a) 構造計算用立体骨組データの利用

現在の設計方法では、断面力計算などのために橋梁をモデル化して立体骨組データを作成する。ここでは、図-6に示すように構造計算用立体骨組データの節点や部材を基準として、構造物がもつ種々の規則性を利用し、それらに肉付けをする方法でパース用のデータを入力し、ダイナパス用のデータに変換する処理を行った。この方法を用いることにより、設計条件の変更などによる形状の変化を容易に検討することができ



a) 立体骨組モデル

b) シミュレーションモデル

図-6 橋梁データの作成方法

る。

この方法による適用例が、前章の図－５に示した斜張橋の橋梁本体部である。

b) AutoCAD GX-Ⅲの利用

景観検討は計画時に行っておくことが理想的であるが、付属物や色彩などについては施工段階において検討することもある。その場合には、すでに一般図や構造図などの図面が出来上がっているため、図面からパース用のデータを作成することになる。ここでは、図面からのデータ入力省力化を図るため、一般図や構造図などからタブレットとAutoCAD GX-Ⅲを用いて3次元データを作成し、DXFファイル形式に変換してダイナパス3に読み込んでシミュレーションを行うことを試みた。図面よりデータを作成するため、縮尺や寸法の正確な構造物の平面図、側面図、断面図が必要である。

(2) 適用例

AutoCAD GX-Ⅲを用いて図面から3次元データを作成する適用例として、ドライバーから見た付属物などの内部景観に対する検討が比較的少ないため、斜張橋ケーブルの制振用ダンパー（以下ケーブルダンパーとする）が主にドライバーを中心とした橋梁の利用者に与える影響を検討した。斜張橋ケーブルの風による振動の制振方法は、わが国ではワイヤーロープや特殊な治具でケーブル同士を接合する方法が採用されてきた。一方、諸外国ではケーブルの制振対策として、ケーブルにダンパーを設置する方法が一般に採用されている。代表的な例として写真－１に示すプロトンヌ橋（フランス）を挙げることができる。しかし、これらの方法は必ずしも景観的にすぐれているとは言えない。

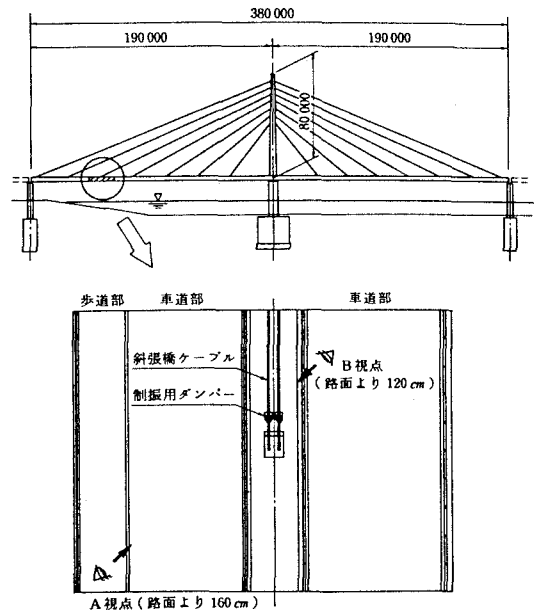
そこで、一本柱一面吊形式の2径間連続桁斜張橋において新しく設置が決定されたケーブルダンパーに対してドライバーや歩行者などの利用者に、どのように見え、どのような影響を与えるかを検討した。この検討は、橋梁のある一部分に着目して行った。着目範囲と視点位置を図－７に示す。

(3) 適用結果

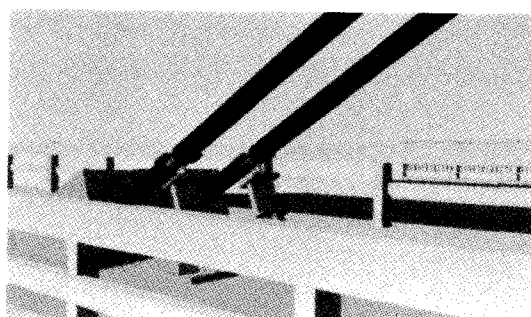
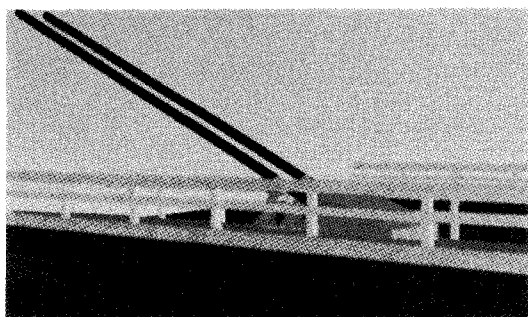
ドライバーと歩行者の視点におけるケーブルダンパーの、完成時のパースと架設中の写真を比較したものが図－８である。斜張橋のある一部分に着目した局所的なパースであるものの、データ入力省力化が図れたとともに、ケーブルダンパー設置後の見えをほぼ正確に予測することができた。



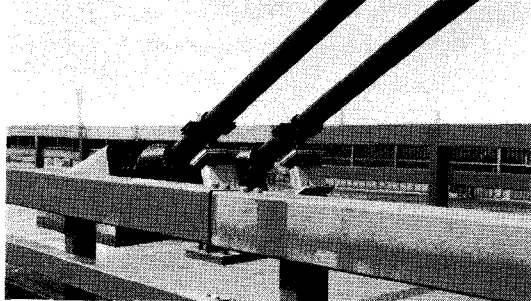
写真－１ ケーブルダンパーの例（プロトンヌ橋）



図－７ 着目範囲と視点位置



a) 完成時のパース



b) 架設途中の写真

歩道部から眺めた場合（A視点）

車道部の乗用車から眺めた場合（B視点）

図－8 ケーブルダンパーのパースと写真の比較

5. 色彩検討の改善と省力化

近年、橋梁などの土木構造物においても、色彩に対する考慮が重要視されてきている。著者らは、すでにCGを用いたフォトモンタージュによる斜張橋の色彩検討¹⁾を行い、次に示す問題があることを把握している。

- ① フォトモンタージュを正確に作成するためには、架設現場における風景写真の撮影時に橋台や橋脚などの正確な施工位置および視点位置を把握しておくことが必要である。しかし、橋梁形式選定などの計画段階では、正確な施工位置を把握することはたいへん困難である。
- ② 図面から計算した座標データより作成したパースと、スキャナから読み込んだ風景写真を重ねたフォトモンタージュを用いてカラーシミュレーションを行うためには、データ入力、および、両者の重ね合わせに多大な時間が必要である。

そこで、これらの問題を解決するために、次に示す手法を用いて色彩検討における、事前評価のための判断材料の改善と省力化を試みた。

（1）色彩検討の改善と省力化手法

橋梁色は計画時において詳細に選定しておくことが理想的であるが、必ずしも容易でないことは上述のとおりである。そこで、周囲環境との調和をより正確に把握することを目的として、塗装の工期上許される期限内の最新の架設段階における橋梁の実景写真を用い、事前評価のための判断材料を実際により近いものに改善して検討することを考えた。その方法は、実景写真をスキャナからパソコンに読み込み、ダイナピックスVを用いて行った。2次元ペイントソフトウェアのダイナピックスVは、景観検討を行うための実景写真における対象物の付加や削除、色彩変更、3次元モデリングソフトウェアのダイナパース3で作成した3次元構造物のパースとの合成などができる。ここでは、架設機材や施工のための足場などを削除して、主桁や

主塔などの橋梁色のカラーシミュレーションができるように修正して検討を行った。したがって、3次元構造物のベース用を作成する必要がなく、省力化も図れることは言うまでもない。

(2) 適用例

色彩検討の対象とした適用例は、図-9に示す2径間連続鋼斜張橋である。架設終了直前の風景写真を橋梁色のカラーシミュレーションが自由にできるように修正して、計画や架設を担当している土木技術者などの意見を参考にして検討を行った。

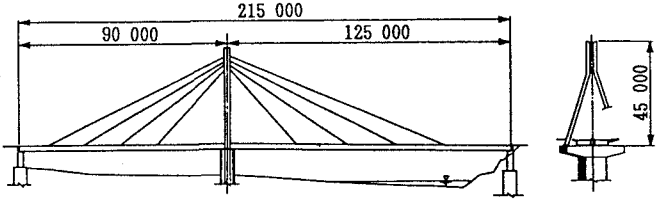


図-9 2径間連続斜張橋の一般図

a) 選定方針

架設地点は、橋梁の周辺に図-10に示すようにレンガの壁に囲まれた刑務所があり、河川上流側にJR線の濃いグリーンに塗装された上路トラス高架橋、グレーに塗装された桁形式のT橋、薄いブルーに塗装されたアーチ形式のG橋、および、下流側に濃いブルーに塗装された桁形式のM橋が架設されている。河川の両側は、緑が豊富で川沿いには市民のための公園もある。本橋が完成するとこれらの位置から、本橋を眺めることができる。これらのことを考慮して、色彩選定方針を次のように設定した。

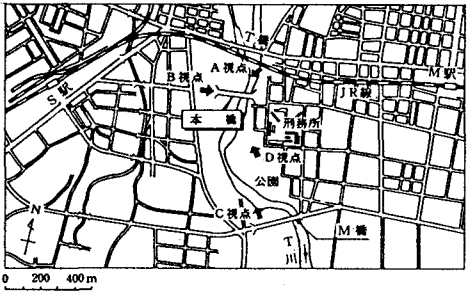


図-10 架設位置および視点位置

- ① シンボルとして市民に親しまれる橋梁とする。
- ② 橋梁周辺の風景と調和させる。

なお、この色彩計画は架設段階において行ったため検討する季節が夏のみに限定された。

b) 視点位置

本橋では、シンボル性を考慮して図-10に示すように多くの人々に眺められる4地点を選定した。

① JR線のトラス橋橋台付近 (A視点)

JR線を利用する乗客が、M駅方向から乗車してきてT川に差し掛ったときに本橋が見えることから、トラス橋の橋台付近に視点位置を設けた。

② 本橋に到達直前の位置 (B視点)

主に主塔の色が、利用者にどのような影響を与えるかを検討するために設けた。

③ M橋上 (C視点)

M橋は交通量が多く、ドライバーから中景域として本橋が見えるところに視点位置を設けた。

④ 川沿いの公園 (D視点)

利用者の多いT川沿いにある緑豊かな公園からは、主塔がはっきり見えるため視点位置を設けた。

c) 検討方法

まず、架設現場において架設終了直前 (防護柵、照

表-1 候補色

	桁	塔	塔のケーブル定着部
第1案	ブルー P18-846 2.5PB5/8	クリーム P7-334 5Y9/3	ブルー P18-846 2.5PB5/8
第2案	赤 P33-145 7.5R4/14	白 P4-378 7.5Y9.3/0.5	赤 P33-145 7.5R4/14
第3案	水色 P13-747 5B7/6	白 P4-378 7.5Y9.3/0.5	水色 P13-747 5B7/6
第4案	ブルー P18-846 2.5PB5/8	白 P4-378 7.5Y9.3/0.5	赤 P33-145 7.5R4/14
第5案	クリーム P7-334 5Y9/3	同左	同左
第6案	グリーン P28-546 5G5.5/6	同左	同左
第7案	ブルー P18-846 2.5PB5/8	白 P4-378 7.5Y9.3/0.5	ブルー P18-846 2.5PB5/8
第8案	ブラウン P24-311 2.5Y6/2	白 P3-377 5Y9/0.7	同左
第9案	ブルー P31-746 10B5/10	水色 P13-707 10B7/6	同左
第10案	グリーン P16-502 5BG6/4.5	水色 P9-631 5BG9/2	同左

注：1) 表中の記号・番号は、上段が候補色、中段が(社)日本塗料工業協会の1989年P版塗料用標準見本帳の色標番号、下段がそのマンセル値である。

明装置は設置されていない)の風景写真を撮影するとともに、地域環境色を調査した。候補色は、その写真をスキャナで読み取り、主桁、主塔および主塔のケーブル定着部の色を各々自由に換えられるように修正し、(社)日本塗装工業会の1989年P版塗料用標準色見本帳を用いて表-1に示す10案を策定した。このカラーシュミレーション結果を示すディスプレイの画面を一眼レフカメラで撮影し判断材料とした。候補色の選定と評価は、鋼橋を数多く計画あるいは架設してきた10名の土木技術者などが中心となって行った。

(3) 適用結果

架設時の風景写真、カラーシュミレーション結果の例、および、完成時の写真を図-11に示す。T川を跨ぐ橋梁にはブルー系の橋梁色に塗装されたものが多いため、本橋もブルー系の色調で調和を図ることにした。また、候補色の明度を上げることにより、日光の当たらない北側の断面が暗くならないように微調整した。これらの結果より、主桁およびアクセントカラーとして主塔のケーブル定着部をソフトブルー(色票番号:P16-737、マンセル値:10B6/7)、残りの主塔を薄いブルー(P5-731、5B9/1)とした。ケーブルは、材料の制約により黒とした。高欄、歩車道境界部の車両防護柵および照明装置は、本橋周辺における既設の防護柵の色と統一を図ることを目的として茶褐色(P29-255、5YR2/1.5)を採用した。ただ、中央分離帯部の車両防護柵およびケーブル定着部の保護装置は、ケーブルによる主塔と主桁の連続性を図り、ドライバーなどの利用者に圧迫感を与えないように考慮して、主塔と同じ薄いブルーとした。

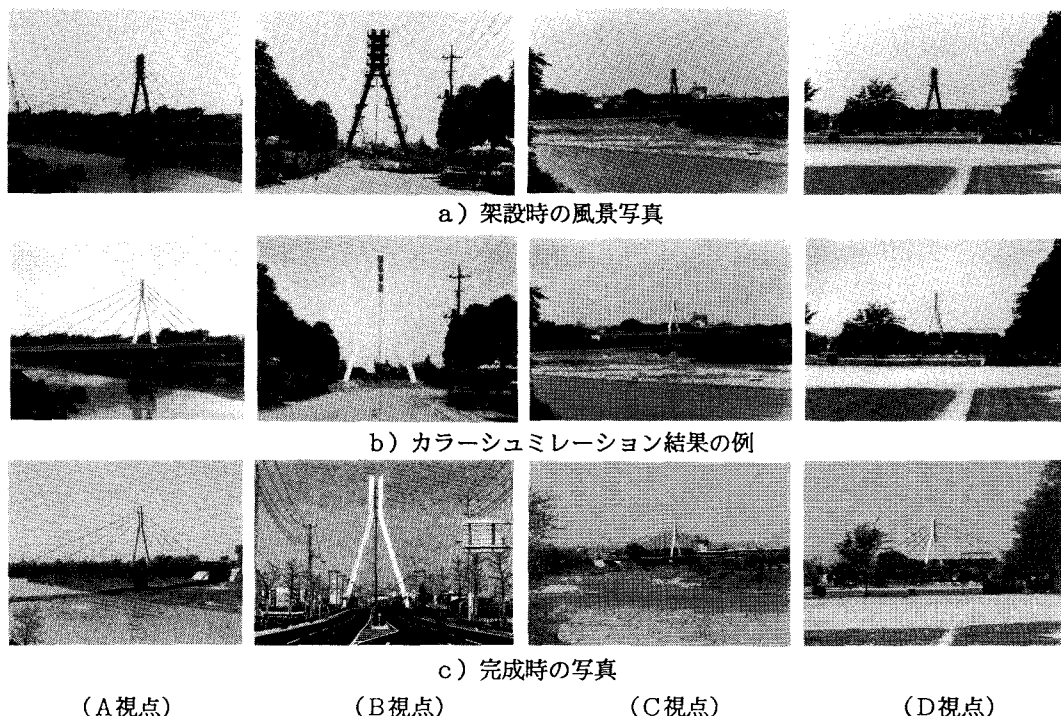


図-11 架設時の風景写真、カラーシュミレーション結果の例、および、完成時の写真

6. 適用結果の考察

パソコンによるCGシステムを用いた景観検討の改善と省力化を図るとともに、その手法を用いた適用結果より次の考察が得られた。

- ① パソコンを用いたCGによるパースでも、橋梁の全体形状、付属物の形状、および、橋梁と地形との

位置関係を十分に把握でき、遠景を簡便に入力したり、構造計算用立体骨組データやAutoCADによる図面データなどを利用し、データ入力の省力化を図ることによって実用性のより高いものとすることができた。

② 遠景域の地形の有無における橋梁景観の相違例により、パースのみにおける景観検討においても遠景域の地形は、橋梁景観において大きな影響を与えることがわかった。

③ 機能性および景観上の配慮から、中央分離帯の自動車防護柵と同程度の高さに設置された今回のケーブルダンパーは、架設途中での検討であったものの、パースによる事前評価通り利用者を与える圧迫感が少ないと思われる。

④ 今回の架設段階の実景写真を修正して行った色彩検討の結果から、橋梁のパースと風景写真を合成して作成するフォトモンタージュを用いた検討と比較すると、事前評価のための判断材料をかなり改善でき、周囲の風景と橋梁の位置関係をより正確に把握することができたとともに、データ入力の省力化が図れた。特に橋台や橋脚が見えない川沿いの公園（D視点）からの視点において、正確なフォトモンタージュの作成は困難であるが、今回の手法を用いれば容易にできることがわかった。これらのことにより、選定方針どおりの周囲の風景に調和した、シンボル性のある橋梁色が選定できたものと考えている。

7. あとがき

本文では、パソコンを用いたCGによる景観検討において、地形データと構造物データの入力の省力化、および、色彩検討の改善と省力化を図るとともに、斜張橋を対象とした適用例に用いて検討を行った結果について報告した。これらの結果より今後の課題としては、より一層のデータ入力に対する省力化を図るとともに、一度作成されたデータの再利用に関する研究開発が必要であると思われた。

周知のように、日米構造協議の結果、今後10年間に430兆円の公共投資が行われることになった。これから、豊かさやゆとりのある生活の実現をめざして、社会資本の整備が行われるものと考えられる。そのとき、これらの景観検討が今後ますます盛んになることが予想されるため、この報告が何らかの参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 橋吉宏・磯光夫・前田研一・金野千代美：プレキャスト床版を用いた合成桁斜張橋の施工について－（その2）載荷試験、色彩計画、照明計画－、土木学会第45回年次学術講演会概要集（I）、pp666、667、平成2年9月。
- 2) （財）海洋架橋調査会：橋と景観 ヨーロッパ編I、1989年12月。
- 3) 篠原修：土木景観計画、土木学会編新体系土木工学59、技報堂、1984年。
- 4) 近藤恒夫：景観色彩学、理工図書、1986年。
- 5) 公共の色彩を考える会：公共の色彩を考える、青娥書房、1989年9月。
- 6) 佐藤邦夫：風土色と嗜好色－個性化時代の色彩計画、青娥書房、昭和61年10月。
- 7) 土木学会編：美しい橋のデザインマニュアル、丸善、1982年。
- 8) 土木学会編：土木工学ハンドブック、第19章土木景観、技報堂出版、1989年11月。