

異なる2層橋が連なる場合の美観設計法と その適用に関する研究

STUDIES ON AESTHETIC DESIGN METHOD OF DOUBLE-DECK BRIDGES WITH DIFFERENT TYPES CONSTRUCTED CONTIGUOUSLY AND ITS APPLICATION

太田 俊 昭*
By Toshiaki OHTA

When constructing different-type bridges on one route, bridge engineers tend to design each of them separately according to the specification. However, their efforts often yield ill-balanced, inharmonious works for lack of knowledge of aesthetic design methods. This is because there is no aesthetic rule to follow on this kind of problem. This paper proposes an aesthetic design method and its principle to unify designs of such different bridges, it also treats of the actual design-planning of Honshu-Shikoku Bridges on Kojima-Sakaide route. Using the method, new forms of piers, towers of the bridges designed by the author are compared with the forms planned by Honshu-Shikoku Bridge Authority in the beginning.

1. 序 言

技術者、設計者の共通の願いは、構造物が、要求される機能性と安全性を十分に有し、経済的でしかも美的に優れた形を有することである。

今日、コンピューターを活用した有限要素法などの汎用構造解析理論の確立と、各種の優れた構造材料の開発ならびに建設技術の高度な発達、構造設計者に、従来に増して自由な発想の場をもたらしており、この傾向は、橋梁の分野においても例外ではない。このため、橋梁美、景観美に対する橋梁技術者の関心度は、国内外で著しく高いといえよう。事実、この分野に関する著書^{1)~4)}および研究論文^{5)~20)}の数は、最近とみに増加の傾向にあり、わが国でも、日本道路協会や土木学会より、その手引書^{21), 22)}が発行され、注目を浴びている。しかしながら、これらの研究論文では、単一橋もしくは、1層橋を主な対象として、その構造美や景観性を論じたものが大半であり、同一ルート内に、構造形式が異なる橋が多数連なる場合を取り扱ったものはきわめて少ない²³⁾。

本来、2層橋は、交通の効率的利用の面で有用であるが、1層橋に比べて構造形態が複雑でトップヘビーとな

るため、軽快性、単純性に欠けるほか、視野の障害となりやすく、周囲の景観とも適合しにくい面を有している。この傾向は、同一ルート内のオープンスペース区間で、使用材料および構造形式が異なる2層橋を連続して建設しなければならない場合には、さらに助長されるため、橋梁設計者のみならず、周辺地域の人々にとってもきわめて深刻な問題となる。

本論文は、このような問題に対処するための具体的手掛りを得ることを目的として、2層橋を対象とした新しい美観設計法を提案し、加えてその適用法を示したものである。すなわち、異なる橋梁を統一的にデザインする上で、最も重要な要素の1つとして、基本構造フォルムを挙げ、それは、適切なシンボリックイメージあるいはモチーフを単純化、デフォルメ化した後、立体構造フォルムに具象化することによって創造し得ることを示し、かつ本州四国連絡橋、児島・坂出ルート(Dルート)の橋梁を具体的な例として選び、それらの美観上の問題点ならびにその対処法などについて論じたものである。

周知のごとく本計画の橋梁は、国立公園に指定されている美しい瀬戸内海に架けられるため、橋自体の美しさのみならず、周辺から眺めた景観性も重要であり、社会的関心度はきわめて高く、諸外国の橋梁関係者からも大きな関心が寄せられている。島田²³⁾は、本ルート橋の景

* 正会員 工博 九州大学教授 工学部土木工学科
(福岡市東区箱崎 6-10-1)

観上の影響予測・評価およびその対策などについて一般的に論じており、景観上・美観上の重要性を喚起しているものの、その論旨は、著者の以下の考えと比べて相当楽観的である。すなわち、本ルートの橋梁は、鉄道4車線、道路4車線の併用2層橋であるので、耐震・耐風上の安全性および良好な列車走向性を有すること、そして船舶の安全運行のための広い橋下空間を必要とすることなどのきわめて厳しい条件が課せられており、したがって各橋梁の構造形態は、必然的に巨大で複雑ならざるを得ない。しかもなお、海峡部区間は長大な鋼橋で、島上部区間は騒音防止上コンクリート橋でそれぞれ対処しなければならないので、結果的には、同一ルート中に材料が異質で、構造形式が異なる巨大な橋梁が交互に配置されることになる。このため、本ルートの場合、統一デザイン理念に基づいて美観設計を行うことは、設計者にとって至難のわざと著者は考える。

本研究の主目的の1つは、かくのごとき厳しい制約条件下のもとで、予想され得る隣接橋梁間の視覚的不連続性、周辺景観との不調和ならびに人々に与える心理的圧迫感、不快感をいかにして緩和せしめるかという切実な問題に対するデザイン法則の手掛りと、それに基づく具体的設計手法を提案することにある。

2. 美観設計法

同一ルート内、もしくは見通しのよいオープンスペース区間内に橋梁が多数連なる場合、景観上ならびに橋梁構造美の理想は、各橋梁の材料および形態を統一的にデザイン処理し、全橋梁を1つの有機的構造集合体にまとめることにより、全体景観の視覚的流れの中に調和とリズムを与えることにある^{4), 22)}。しかしながら現実には、機能性、経済性および地形上の制約条件により、隣接橋梁の構造形式や使用材料を統一的にデザイン処理できることはきわめてまれであり、多くの場合、橋梁技術者は、各橋梁を個別に設計することを余儀なくされる。その結果、個々の橋梁がいかに力学的に合理的で、しかも美的なものであっても、隣接橋梁が景観上相互に影響を及ぼし合うので、視覚的不連続性やちぐはぐな不安定感を生じやすくなる。特に2層橋の場合、1層橋に比べてその構造形態は必然的に複雑でトップヘビーになるため、また視野の障害になりやすいこともあって、この傾向は一層助長されることになる。このことは、担当設計者のみならず周辺地域の人々にとってもきわめて深刻な問題といえよう。そこで本論文では、このような問題をいかにデザイン上解決するかという点に力点を置いた新しい美観設計法を提案する。

(1) 基本構造フォルムの定義

異なる構造物の配列美に関する基本法則の1つは、日

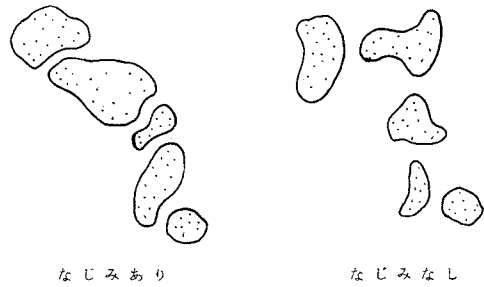


図-1 日本庭園の踏石

本庭園の配石美に見出すことができる。すなわち1つとして同じ形でない自然石を用いて、効果的な踏石の配列を行うには、共通もしくは類似のフォルムを探し出し、これを介して石と石との面の間に「なじみ」をもたせることである。これにより、異なる形状の石の間に、自然な連続性とその配列美が醸し出されるのである(図-1参照)。したがって異なる構造形式の橋の配列美も、各橋梁に共通もしくは類似した構造フォルムを導入して「なじみ」を与えることにより効果的に高め得るといえる。このようなフォルムを「基本構造フォルム」と定義・仮称する。

- さて、基本構造フォルムとして具備すべき必要条件は
- (i) 構造要素としての力学的蓋然性を有すること、
 - (ii) 形態上の多様性を有すること、
- であり、また付帯条件としては
- (iii) 周辺の景観に出来るだけマッチすること、
 - (iv) シンボリックあるいはランドマーク的役割を果たし得ること、

などが挙げられよう。明らかに基本構造フォルムは、ルート内の橋梁の個性化にも役立ち、したがってその選定は、美観設計上きわめて重要となる。特に条件(iii)、(iv)に、よりよく適合するためには、計画ルート地域の文化、風土、歴史に根ざしたイメージもしくはモチーフを選ぶことが望ましい。

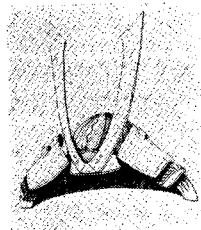
(2) 基本構造フォルムの創造と応用

基本構造フォルムの創造プロセスは、一般に以下のように行うことができる。

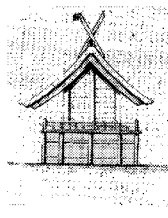
- ① 適切な(条件(iii)、(iv))イメージあるいはモチーフの選定、
- ② 選んだモチーフの単純化、デフォルム化(条件(ii))、
- ③ 立体構造フォルムの具象化(条件(i))。

この過程をわかりやすく具体例で図示したのが図-2(a)、(b)、(c)である。すなわち、著者は、まず、日本の神社の櫛や兜、城、寺、農家の屋根および埴輪の馬や神馬の民芸品、鼓など、日本固有のモチーフを選定し(図-2(a))、次いでそれらの単純化、デフォルム化を行

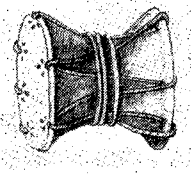
い(図-2(b)), さらに 図-2(c) に示すような多面体構造群に具象化して, 所要の基本構造フォルム群を創造し得た. 最後に, このようにして求めた基本構造フォルムを隣接橋梁の構造要素として効果的に使えば, 異なる橋の間に「なじみ」を生じ, 類似感, 一体感を与えるこ



かぶと



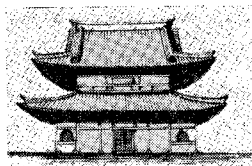
さか木



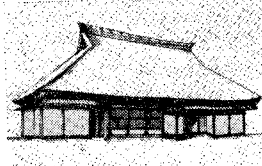
つづみ



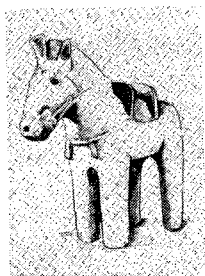
城の屋根



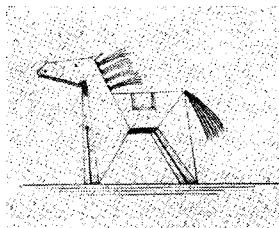
寺の屋根



農家の屋根



はにわの馬



民芸品の神馬

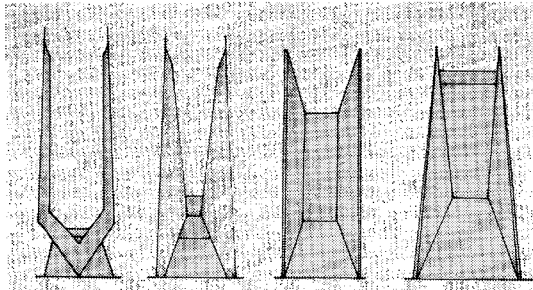
(a) 日本のモチーフ群

兜(かぶと)

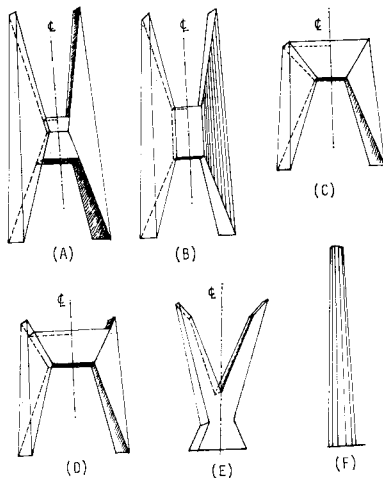
櫓(さかぎ)

鼓(つづみ)

屋根, 神馬



(b) モチーフの単純化, デフォルム化



(c) 基本構造フォルム群

図-2

とになるので, 問題のアンバランス感やちぐはぐな違和感はかなり緩和できることになる. 図-2(c) の応用例を図-3 に示す.

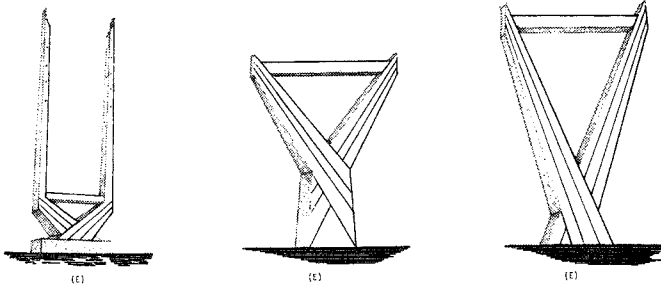
(3) 視覚的連続性と単純化

橋梁の景観上の連続性・一体性を得るためには, 上記基本フォルムを活用するほかに, 視覚的連続性, すなわち桁の連続性を保つこと, 換言すれば, 水平方向の視線の流れをできるだけスムーズにすることである^{4), 22)}. しかしながら現実には, 種々の制約条件から桁高を急変せざるを得ない場合(図-4(a) 参照)が多い. この場合のデザイン上の具体的処理法としては, 桁の断面形を傾斜をつけるなどの修正をすれば, 光と影の効果で連続性のある程度生かすことができる(図-4(b) 参照). その修正も力学的に限界がある場合には, 橋脚の両側に上に伸ばすなどして, 桁の不連続性をできるだけ目立たせないようにすることも一法²⁴⁾である. また橋脚のフォーミングは, 地表面下に埋め殺すなどして, 視覚的単純化を図るのが望ましい(図-4(b) 参照). なお, 橋梁美観設計に関して, スパン割, 構造要素の寸法比(バランスやプロポーションなど), 付属設備, 色彩および植生なども重要であるが, これらについては, 既往の文献^{4)~22)}で詳しく論じられているので説明を割愛する.

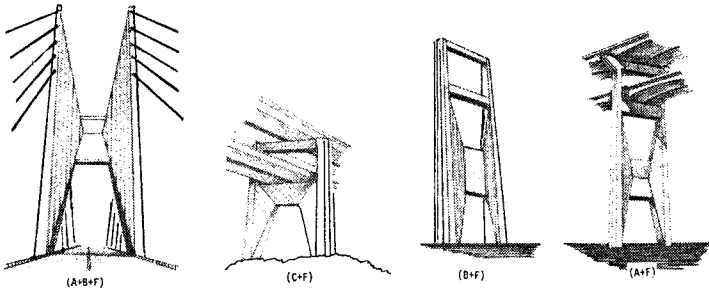
(4) 本美観設計の手順

橋梁の美観設計は, 機能性・安全性・経済性・施工性・維持管理および景観の調和など種々の条件を考慮して慎重に行わなければならない. ここで対象とする橋梁群の美観設計の一般的手順を示せば次のとおりである.

- ① 現地調査: 現地の景観や周辺地域の風土, 文化, 歴史(地形, 樹木, 神社, 寺, 遺跡など)を調査する.
- ② 現場地形の立体模型: 地形の立体模型を作り, 計画ルートの景観上のイメージ(上記①を加味して)や,



(a) 基本構造フォルムの応用例-1



(b) 基本構造フォルムの応用例-2

図-3



(a)

(b)

図-4 視覚上の連続性と単純化

主要なビスタポイントを把握する。

③ 予備（計画）設計案のスケッチ図（透視図）：予備設計案（ここでは原案と略称する）の全体および部分のスケッチ図より、橋のスケールや、橋相互間の美観上の問題点を把握する。

④ 基本構造フォルムの創造：以上の予備知識に基づいて基本構造フォルムのモチーフを選び、前述 2.(2) の手法を用いて基本構造フォルムを創造する。

⑤ 基本構造フォルムの適用：各橋梁の構造要素に基本構造フォルムを適用し、その力学上の安全性を調べる。

⑥ 新案もしくは修正案のスケッチ図：原案および力学的に適合する基本構造フォルムを適用した新案もしくはそれらの修正案の比較用のスケッチ図を描き（場合によっては、それらの模型を作製する）、適切なビスタポイントからの近景、中景および遠景などについて、多面的景観評価¹¹⁾を行う。

⑦ フォトモンタージュ写真：周辺景観との適合性をみるため、コンピューターに基づくフォトモンタージュカラー写真を作製する。

⑧ 橋梁形式の選定：⑥、⑦より、橋梁美および景観

上の比較評価¹¹⁾を行い、経済性、施工性なども併せ考慮して、最適橋梁の組合せを定める。

⑨ 基本（概略）設計：詳細設計を行い、構造細部などの詰めを行う。

⑩ その他：橋の色彩、高欄、照明、防音壁などの付属設備の統一的デザインならびに植栽なども行い、景観上、環境保全上の配慮をする。

いうまでもなく以上の手順は、実際の調査・設計・建設のプロセスに合わせ、適宜、変更あるいは繰返し行うことが肝要であり、かつ現実的である。

3. 児島・坂出ルート本州四国連絡橋の美観設計

序言でも述べたように、本ルートでは、材料ならびに構造形式の異なる巨大な道路・鉄道併用2層橋が交互に連なり、しかも見晴しのよいオープンスペースにあるため、橋の形態美および景観上、種々の問題を有している。

この問題解決の一助とすべく、著者は本ルート橋の統一的设计（新案）を、上述の美観設計法を用いて行った。すなわち、2.(4)、①の現地調査の結果、景観美の主な特色として(i) 繊細優美な多島美を有する開放的オープンスペースであること、(ii) 同ルート内の島は、おおむね、茶系統の花崗岩を基岩としており、主として濃い緑の赤松が群生し、その形状は、起伏のなだらかな標高の低い小島である（表-1 参照）こと、(iii) 島々の茶系の磯や崖が、海面と接し、色彩的に水平線の要素を強めていること、(iv) 風波にさらされた花崗岩の磯、崖には、節理のよく発達した幾何学的造形美がみられることなどが挙げられ、一方、同地域には(v) 倉敷側に蓮台寺（倉敷市内）、熊野神社（郷内林地区）、古墳群（鷲羽山）が坂出市側に神谷神社（坂出市神谷）、聖通寺（綾歌郡宇多津町）がある。

また、2.(4)、②に従い、立体地形模型を2万分の1の地図を用いて作製し、主要なビスタポイント（海上部

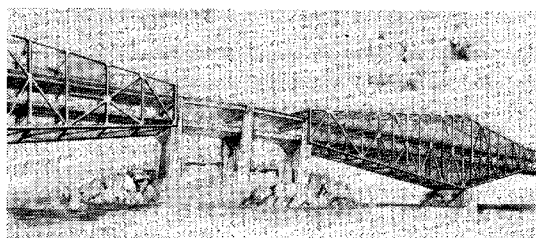
表-1

島名	標高
概石島	78 m
岩黒島	26 m
羽佐島	30 m
与島	72 m
三ッ子島	16 m

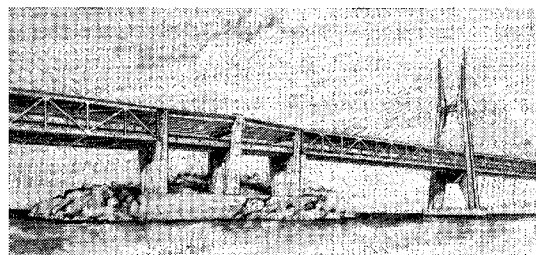
も含めて)の確認を行った。次いで本四の予備設計案(昭和52年次までの案)の全体・部分および並列せる場合のスケッチ図(近景,中景および遠景を含めて約60ケース)を描いた。その結果,予想どおり,種々の景観上,美観上の問題点があることが判明した(2.(4),③に対応)。以上の段階で得られた予備知識から,基本構造フォルムのモチーフとして図-2(a)を選び,日本のイメージを有する図-2(c)の基本構造フォルム(図中の(A),(B),(C),(D),(F))を採用した。さらに各橋梁の橋脚,橋台,主塔などに,その適用を試み,本四公団の協力を得て,有限要素法などを用いて力学上の照査²⁵⁾および実験的照査^{25)~28)}を併せて行った(2.(4),④,⑤に対応)。その結果,新案の高橋脚形式では,一種のブレーシング効果により,耐震性にも優れ,通常の門形ラーメンに比べて材料も節約できることなどが明らかとなった(ここでは美観問題を焦点としているため,その詳述は割愛する)。次いで,原案・新案およびそれらの修正案の比較用のスケッチ図,主要ビスタポイントからのフォトモンタージュカラー写真,さらには模型を作製し(2.(4),⑥,⑦,⑧に対応),これらを用いて景観評価¹¹⁾(九大の土木工学科・建築学科の学生によって景観の点数表および意見集約などによる比較評価を試みた)を行い,最適橋梁形式や組合せを選定した。最後に構造細目についても検討を加えた。紙面の都合上,ここでは,本研究成果の一部を述べるにとどめ,残部は,別の機会に報告する。

(1) 櫃石島橋—岩黒島高架橋—岩黒島橋

本区間には,岩黒 P.C. 高架橋(45+45 m)の両翼に同一規模(全長約 790 m)の鋼橋(櫃石島橋,岩黒島橋)



(a)ゲルバートラス案スケッチ図



(b)斜張橋案スケッチ図

図-5

が対称的に配置され,対称構造景観が出現する(図-5参照)。

本四公団の原案の1つは,ゲルバートラス橋(195+400+195 m)である。

この場合,Forth 鉄道橋(英国)にみられるような雄大美は,両翼の巨大なゲルバートラス橋構造が中央で分離されるため相殺され,重たさのみが強調されることになる。そして中央の高架橋が相対的に脆弱に感じられる結果,3橋の一体性が失われることになる。加えて,ゲルバー橋が中路形式であることから,水平方向の視線の流れが不連続となり,またトラス構造にも幾何学的美しさが感じられない。本四公団の対案の斜張橋では,3橋の桁の連続性が得られ,視覚的連続性,構造上の一体性が確保できること,また開放的で軽快な上路形式で統一

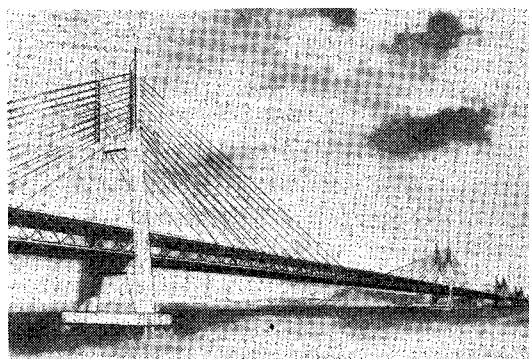


図-6 櫃石島斜張橋新案スケッチ図

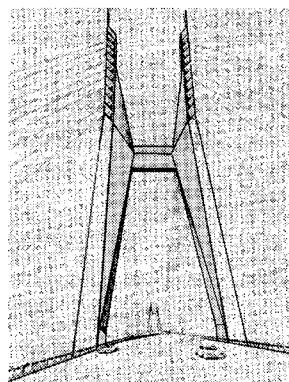


図-7 櫃石島斜張橋主塔新案スケッチ図

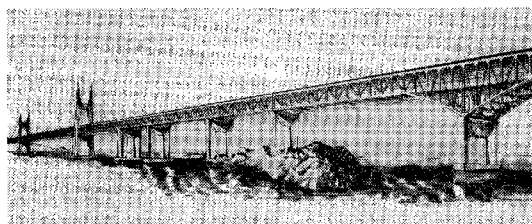


図-8 岩黒島斜張橋と羽佐島橋の新案スケッチ図

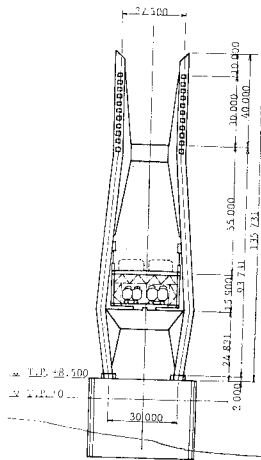


図-9 櫃石島斜張橋図 (本四公団提供)

されるため、周囲の開放的景観に、よりマッチするといえる (前述の学生の比較評価結果による)。図-5 (b)、図-6 は、2. 2) で求めた基本構造フォルムをこれらの橋に適用した新案のスケッチ図である。これらの図の比較からも、上記指摘点が明確に理解できよう。次に、斜張橋の主塔であるが、岩黒高架橋の上路面にバス停留場が設けられるので、その利用者から、主塔がごく近くの構造物として眺められること、また本ルート of 主要なランドマーク的シンボル構造と考えられるため、特別な配慮が望まれる。この場合、当初考えられていたトラス型の主塔の重複多用は (本四架橋の吊橋の大半に採用されているため) 新鮮さに欠け、陳腐さに通じる恐れがある。図-7 は、車道面からみた基本構造フォルムの導入を試みた1つの主塔スケッチ図である (ただし、再塗装用の設備の配慮を要する)。また図-8 は、羽佐島側からみた遠景図であり、羽佐島トラス橋の橋脚にも基本構造フォルムを導入し、一体感をより高め得よう試みた新案である。写真-1 は新案のフォトモンタージュ写真 (カラー) である。なお、現在、本四公団で建設中の同斜張橋の主塔形状の選定では、美観面で本案を含めて種々の案が検討されたが、最終的には環境条件、力学条件^{29)~32)}、架設条件などの条件より図-9 のものが決定された。

(2) 与島高架橋

与島の島上部の計画案 (昭和 52 年次) としては、連続 P.C. 高架橋案と連続コンクリートアーチ橋案の 2 つが考えられた。本区間には、島内連絡用のランプ構造が併設されるため、上部構造は 3 層のデッキ形式となり、その形態は、著しく複雑かつ重たくならざるを得ない。図-10, 11 に、同じく基本構造フォルムを適用したそれぞれのスケッチ図を示す。この場合、両者の景観上の優劣は、隣接橋梁との関連においてなされるべきであり、

その判定の手掛りを図-12 (a), (b) に示す。すなわち、前後の橋梁が線の要素の強い (トラス橋と吊橋 (トラス補剛桁)) ものであるため、曲板のアーチが混在する連続アーチ橋案は、全体との関連性において人々に違和感、重たさを与えることになる。

写真-2, 3 は、本四公団で最終的に決定された連続 PC 高架橋案のフォトモンタージュ写真である。なお、連続 PC 高架橋案として、耐震壁付橋脚案 (最大 70 m の高さを有するため) も考えられるが、採用案は、橋脚間に空間が設けられているため、近辺住民に対する圧迫感を和らげ、かつ日照条件もよくなるなど環境問題の改善により役立つなど耐震壁付橋脚案に比べて、その景観・環境上の利点は大きいといえる。

4. 結 論

本論文は、同一ルート内に材料ならびに構造形式が異なる 2 層橋が連なる場合の橋の構造美および景観上の問題点を指摘し、この問題に対処するための一美観設計法を提案したものである。すなわち、そのデザイン法則の手掛りを日本庭園の造石美に見出し、異なる橋梁を統一的にデザインするための重要な要素として、基本構造フォルムを挙げ、それを求める創造プロセスを分析のうえ、具体的に例示するとともに、その適用例を挙げた。次いで、現在計画、建設中の児島・坂出ルートの橋梁を対象にした美観設計を行い、併せて本四公団の原案と新案との景観上の比較評価を試み、その成果の一端を紹介した。この研究によって、造形美と工学との間に、別の意味での確かな架け橋があることが確かめられ、したがって橋梁設計者は、この創造プロセスの知識を習熟すれば、現実の橋をより美しく作ることが可能であると考えられる。また、本美観設計法は、2 層の場合のみならず、異なる形式の 1 層橋が連なる場合にも適用できる一般性を有するので、本法は、そのような場合の景観設計のアプローチの一助にもなり得ると著者は確信する。

なお、本美観設計法は、本州四国連絡橋 (D ルート) の統一的美観設計のための基本ガイドの 1 つとして参考にされたことを付言する。

謝 辞：本研究に当り、橋梁の形態美および景観の評価手法については、東京工業大学 中村良夫教授、九州工業大学 山本 宏教授、本四架橋の問題については、東京大学 伊藤 学教授、日本構造橋梁研究所 田原保二氏にそれぞれ教えられるところ大であった。また提案デザインに関しては、九州大学建築学科の諸兄およびレオンハルト博士に貴重な助言を頂いた (筆者の留学時)。さらに提案構造の力学上の安全照査、施工性の検討は、主に本四公団 金光 宏氏 (現・日本構造技術部長)、成



写真-1 斜張橋新案のフォトモンタージュカラー写真(本四公団・提供)

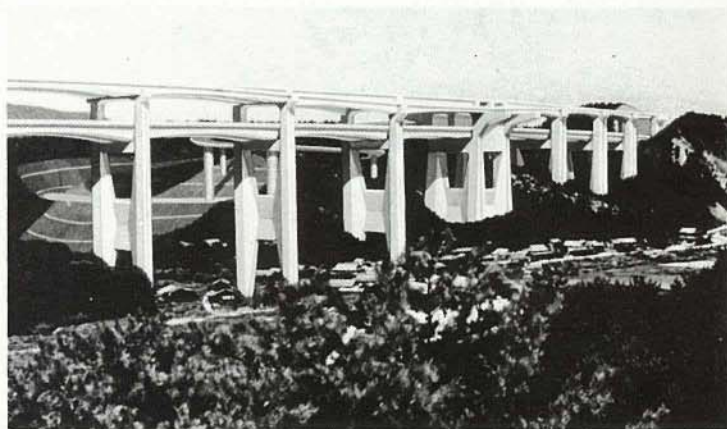


写真-2 与島高架橋のフォトモンタージュ写真(本四公団・提供)

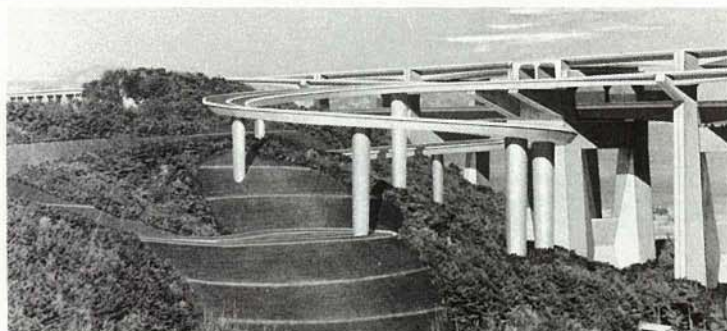


写真-3 与島高架橋ランプ構造のフォトモンタージュ写真(本四公団・提供)

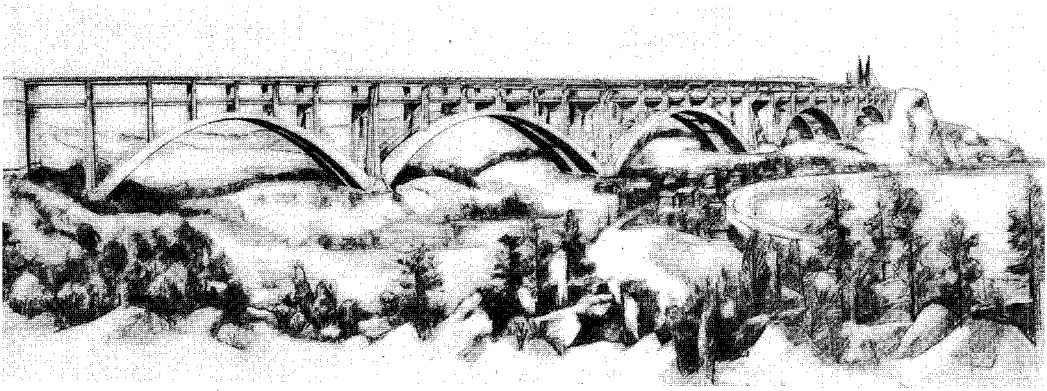


図-10 連続アーチ橋案スケッチ図

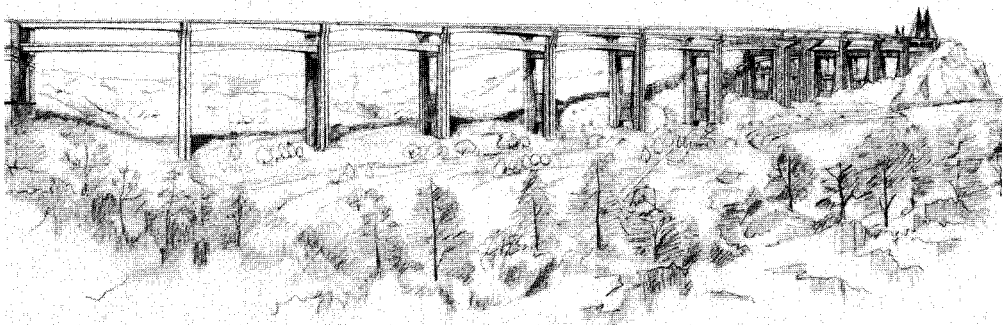
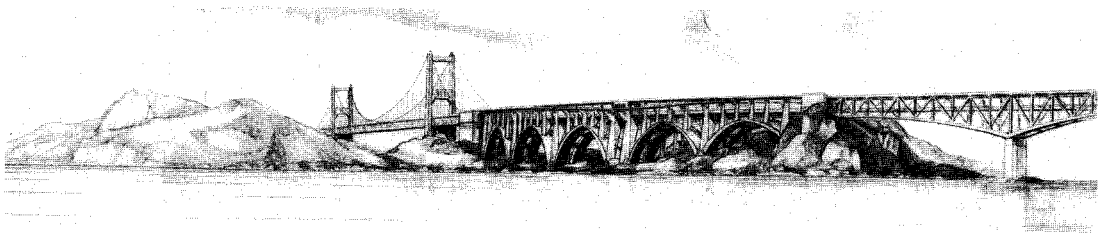
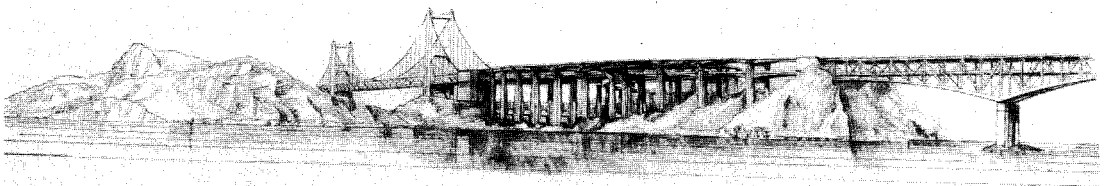


図-11 連続高架橋案スケッチ図



(a) 連続アーチ橋と隣接橋のスケッチ図



(b) 連続高架橋と隣接橋のスケッチ図

図-12

井 信氏, 山根哲雄氏, 大町武司氏, 樋口康三氏等によって行われた。以上の各位に心より感謝するとともに、貴重な資料を提供して頂いた本州四国連絡橋公団に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 中村良夫：土木空間の造形，技報堂，1967.
- 2) 竹内敏雄：塔と橋，弘文堂，1971.
- 3) 伊藤 学：海に架ける橋一本州四国連絡橋をめぐって，日本経済新聞社，1974.
- 4) 山本 宏：橋梁美学，森北出版，1980.
- 5) 山本 宏：橋梁のデザイン—主として美的見地にもとづいて—，土木学会誌，第52巻，第4号，pp. 47~51，1967.
- 6) 山本 宏：美観からみた吊橋主塔の形状，土木学会誌，第6巻，第3号，pp. 47~53，1975年.
- 7) 関 淳・森 清：土木構造物デザインノート，土木技術，第29巻，第4号，pp. 86~91，1974年4月.
- 8) 田原保二：橋と景観，土木学会誌，第62巻，増，pp. 40~49，1977年4月.
- 9) Allan, B.J.: Aesthetics in Bridge Engineering, Jour. of Ins. of Highway Engrs., pp. 7~16, 1971-5.
- 10) Allan, B.J.: Some notes on significance of form in bridge engineering, Proc. Instn. Civil Engrs. Part 1, pp. 79~94, 1976-2.
- 11) Grouch, A.G.D.: Bridge Aesthetics- Asociological Approach, Civil. Eng. Trans. pp. 138~142, 1975.
- 12) Billington, D.P.: Structural art and Robert Maillart, Archit. Sci. Rev. pp. 44~51, 1977-6.
- 13) Billington, D.P.: History and aesthetics in concrete arch bridges, Proc. of ASCE, ST 11, pp. 2129~2143, 1977-11.
- 14) Wengonroth, R.H.: Bridge engineer looks at aesthetic of structures, Proc. of ASCE, ST 4, pp. 1227~1237, 1971-4.
- 15) Donnelly, J.A.: Beauty of steel foot bridges, Acier. Stahl-Steel, pp. 263~267, 1971-6.
- 16) Billington, D.P.: Bridge aesthetic, Final Rep. 11th Congr. Int. Assoc. Bridge Struct. Eng. pp. 47~52, 1980.
- 17) Slater, R.E.: Bridge aesthetic, Final Rep. 11th Congr. Int. Assoc. Bridge Struct. Eng. pp. 115~120, 1980.
- 18) Billington, D.P.: Bridge design and regional esthetics, Proc. ASCE, ST 3, pp. 473~486, 1981-3.
- 19) Villerrance, F.: The Farø-Bridges in Denmark, Aesthetical consideration, Final Rep. 11th Congr. Int. Assoc. Bridge Struct. Eng., pp. 127~133, 1980.
- 20) Connor, C.O., Egon, M.J. and Olsen, J.L.: Bridge Appearance, Proc., of ASCE, ST 1, pp. 331~349, 1980-1.
- 21) 日本道路協会：橋の美，道路橋景観便覧，丸善，1979.
- 22) 土木学会：美しい橋のデザインマニュアル，技報堂，1982.
- 23) 島田直幸：本州四国連絡橋（児島・坂出ルート）の景観評価，橋梁と基礎，Vol. 13, No. 3, pp. 16~22, 1979.
- 24) 新津敬治：「首都高速湾岸線昭和島—八潮間」開通，土木学会誌，第68巻，第7号，pp. 89~90，1983年6月.
- 25) 川村彰蓉：RC高橋脚の水平加力実験に関する研究，九州大学工学研究科修士論文，1982年3月.
- 26) 大内 周：二方向水平加力を受けるRC高橋脚の復元力特性，九州大学土木工学科卒業論文，1982年3月.
- 27) 富永正夫：耐震壁を有するRC橋脚の弾塑性変形挙動の解析，1983年3月.
- 28) Otsuka, H., T. Ohta, etc.: Drift capacity and failure mechanism of tall reinforced concrete piers, Proc. of the 25th J.C. on Materi. Reser. pp. 261~265, 1982.
- 29) 金光 宏・樋口康三：吊構造部を有する橋梁の変位制御に関する考察，本四技報，No. 18, pp. 9~16, 1981年10月.
- 30) 成井 信，ほか3名：櫃石島，岩黒島道路鉄道併用斜張橋の設計(1)，橋梁と基礎，pp. 30~36, 1981年1月.
- 31) 成井 信，ほか3名：櫃石島，岩黒島道路鉄道併用斜張橋の設計(2)，橋梁と基礎，pp. 32~40, 1981年2月.
- 32) 成井 信，ほか3名：櫃石島，岩黒島道路鉄道併用斜張橋の設計(3)，橋梁と基礎，pp. 27~37, 1981年3月.
- 33) 金光 宏・大町武司・樋口康三：大型鉄骨鉄筋コンクリート設計要領，同解説(案)，本四技報，No. 13, pp. 9~17, 1980年7月.
- 34) 金光 宏・大町武司・樋口康三：吊橋トンネル式アンカレイジの極限引抜き耐力の算定法(下津井瀬戸大橋(A))，本四技報，No. 14, pp. 21~26, 1980年10月.
- 35) 金光 宏・山根哲雄・田中美守：連続吊橋の静力学的構造特性(1)，一本四連絡橋南備讃瀬戸大橋の例一，橋梁と基礎，pp. 20~28, 1981年1月.

(1983.6.28・受付)