

# 多々羅大橋の景観設計

藤原 亨\*

## 1. はじめに

多々羅大橋は、本州四国連絡橋の3つのルートの中で一番西側に位置する西瀬戸自動車道（愛称「瀬戸内しまなみ海道」）を構成する長大橋梁の一つで、中央支間長890mの世界最長の斜張橋である。本橋は昭和48年の当初計画では吊橋で計画されていたが、政府の総需要抑制策の一環として着工が凍結され、平成2年度から事業着手が認められた。この15年余りの間に、斜張橋の建設技術は著しい進歩を遂げ、日本国内でも世界的にも長大化が進展したことから、多々羅大橋の橋梁形式について、吊橋と斜張橋の比較設計を行った結果、周辺環境への影響、経済性、工期等で優れた斜張橋が選定された。本橋の設計にあたっては、斜張橋の長支間化に伴う技術的課題を克服するとともに、景観面においてもスケルトンからディテールに至るまで、検討が重ねられた。本稿では、平成11年5月1日に開通した多々羅大橋の景観設計の概要を報告する。

## 2. 橋梁概要

多々羅大橋は、多島海景観を特徴とする瀬戸内海でも最も島が集中していると言われる芸予諸島に属する生口島（広島県）と大三島（愛媛県）を結んでいる。写真-1に多々羅大橋の架橋地点を示す。架橋ルートは、生口島の観音山（標高472m）の山裾を通り幅約1.3kmの海峡を渡り大三島に至る。当初の吊橋案では、生口島側のアンカレイジ設置により、観音山の山腹に大きな切土法面を生じるものとなっていた。斜張橋の場合には、アンカレイジが不要となるため、地形変化が小さく自然環境の保全上も優れる利点があり、このことが橋梁形式変更の一つの要因となった。図-1に多々羅大橋の一般図を示す。支間長は、生口島側から270m+890m+320mで非対称な支間割りとなっている。桁は3室箱桁形式で、中央径間はすべて鋼桁であるが、側径間の端部をPC桁とした複合桁形式を採用し、側径間の支点に負反力が生じないようにしている。このPC桁部には中間橋脚を設けており、これにより長支間化に伴う橋梁全体の剛性



写真-1 多々羅大橋架橋地点

の低下を改善している。車線数は4車線であるが、ケーブル定着部の外側に張り出した形で、自動車専用道路である本線を通行できない原付、自転車・歩行者道が設けられている。塔は鋼製で、塔高は220mあり、橋梁の塔としては国内では明石海峡大橋に次ぐ高さである。ケーブルは2面吊りファン形式で、最長のケーブルは長さが約460m、直径が170mmある。ケーブルの表面は、防錆のため黒色のポリエチレン管で被覆されている。

## 3. 景観設計の検討体制および基本テーマ

本州四国連絡橋は、古くからの景勝地であり国立公園に指定された瀬戸内海に建設されるため、巨大な構造物と自然環境との調和を図ることが重要な課題であった。このため、本四公団内に設けられた本州四国連絡橋景観委員会（委員長：故八十島義之助 東京大学名誉教授）を中心に、本橋の塔形状、ケーブル配置、橋脚形状、上部工塗色など基本的な事項について審議・検討が行われた。

景観検討にあたっては、次の事項が基本テーマとされた。

- ① 光と影：瀬戸内海風景の特徴である光と影が織りなす変化をモチーフとしイメージを表現する。
- ② 未来性：伸び・広がり・力強さを表現し、未来への限りない可能性を暗示するとともに、21世紀への架け橋を感じさせる。
- ③ 飛躍：個々の島が、橋を通じ将来の発展に向けて飛び立とうとする限りない意気込みを感じさせる。
- ④ 存在感：西瀬戸地域の発展をアピールすると同時に、橋のもつ雄大なスケールを感じさせる。

多々羅大橋のような長大斜張橋では、耐風安定性や構造特性および経済性からおおむね形式が決定され、景観面から形状を検討できる自由度は比較的小さい。本橋では、景



\* Toru FUJIWARA

本州四国連絡橋公団  
企画開発部 調査役

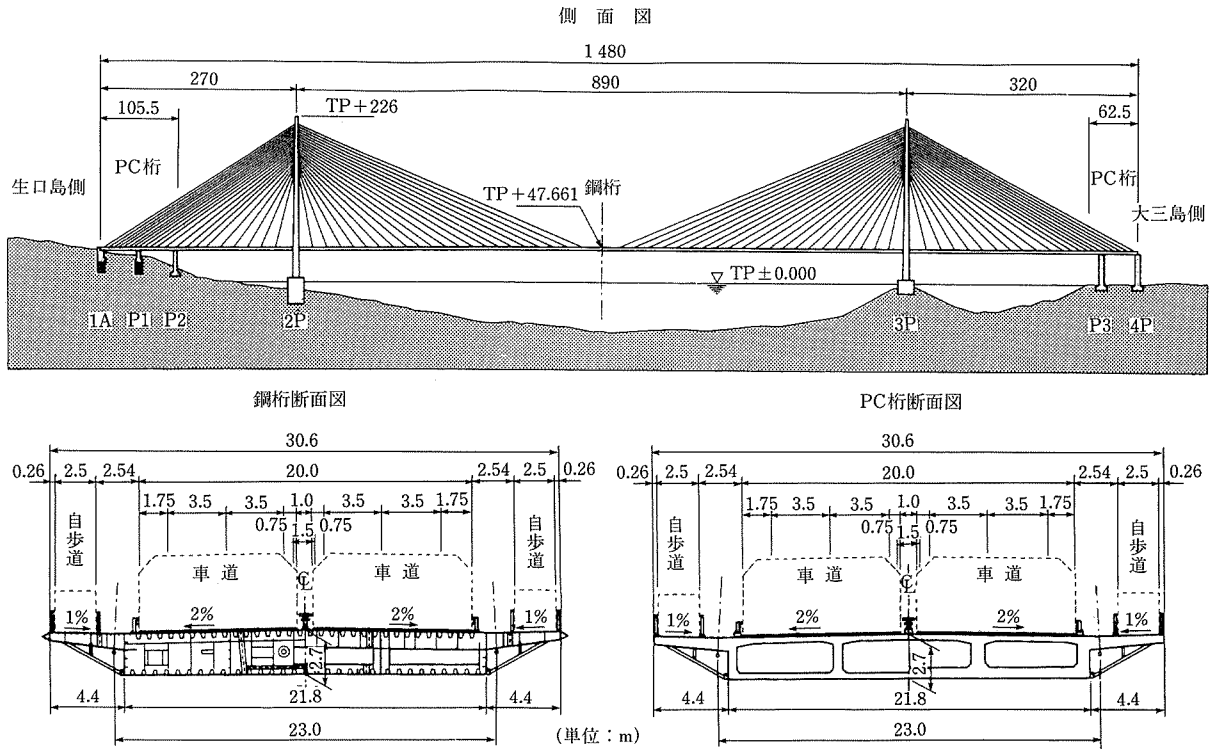


図-1 橋梁一般図

観面の検討に合わせて、風洞試験による耐風性の確認や構造解析を行い、構造的合理性の確認を行いながら検討を進めた。

以下に主な検討内容を紹介する。

#### 4. 検討内容

##### 4.1 塔

斜張橋の塔は、ケーブルの吊り効率を高めるため、同スパンの吊橋に比べ塔高が高くなる。また、桁やケーブルに比べ形状選定の自由度があり、塔が景観検討上のいわば主役と言える。本橋の塔は、海中基礎となる下部工の平面寸法を抑えるため、桁位置より下方の塔柱間隔を絞った形状としているが、経済性に大きく影響する塔基部の塔柱間隔や塔高は、景観検討上は与条件として扱った。

##### (1) 上部形状

本橋は2面吊りケーブル形式の斜張橋であるため、塔の形式としては、A型、逆Y型、門型、2柱型が考えられる。一方、塔高が200m以上にもなり、耐風安定性や塔面内(橋軸直角方向)の剛性確保が重要な課題であることから、これらの形式について、構造的、耐風性の概略検討を行い選定にあたった。その結果、A型、逆Y型および逆Y型に近い門型に絞り込み、さらに風洞試験による耐風安定性の確認を行った。比較案を図-2に示す。耐風安定性はA型が最も優れ、逆Y型は1本柱になった上部に風による大きな振動が発生し採用は困難と判断された。景観面では、委員会において、逆Y型の上部にスリットを設けた案が、逆Y型のもつスマートなイメージとスリットの陰影により創り出される独創的な形状から景観性にとくに優れるとの評価を得

た。耐風性上は、逆Y型と同様に上部に振動が発生したが、塔柱断面の隅切部の形状をスリット部と一般部とで変えることにより、A型と同等の耐風安定性が得られることが確認され、本案を採用することとなった。

##### (2) 下部形状

塔の下部形状は、基礎寸法を抑えるために下絞り形式としているが、橋軸直角方向の風荷重によって基部に大きな曲げモーメントが生じるため、剛性を高めるための補強が必要であった。補強方法としてトラス形式を基本に構造検討を行っていたが、景観面から改善を図ることとなり、図-3に示す形式について比較検討を行った。その結果、塔柱の橋軸直角方向の幅を基部に向かって拡幅していく形式が、上部形状との組合せからも優れており、本案を採用することとした。

##### (3) 細部形状

細部形状については、次のような検討・改良を行った。

- ① 塔柱間隔を基部に向かって絞るために生じる折れ点を、当初は力学的な合理性から下部水平材の上フランジ面に一致させていた。この場合、桁の端部が描く水平方向のラインが塔で分断されるため、折れ点を水平材よりも上方にずらし桁端部位置に一致させることとした。これに伴う断面力の増大は、隅角部を補強し対処することとした。これにより塔柱下部の傾斜角度も緩和され、塔全体のバランスも改善された(図-4)。
- ② 塔柱断面は、耐風安定性を確保するため、四隅を切り欠いた十字断面となっている。耐風安定性上からは桁位置より上部に設ける必要があるが、隅切りによる陰影が塔のスマートさを強調する効果があることが

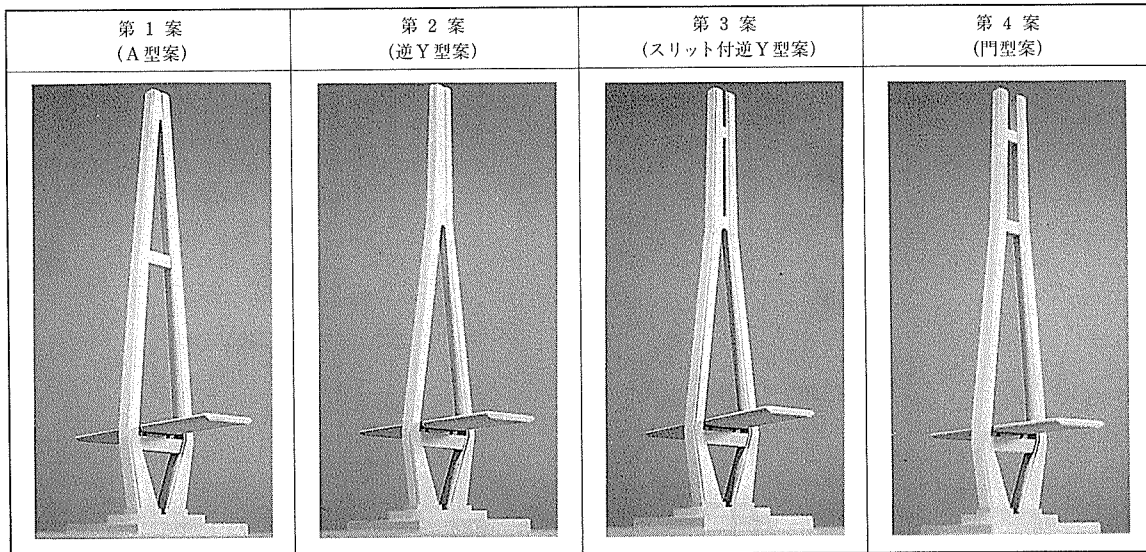


図-2 塔上部形状比較検討案

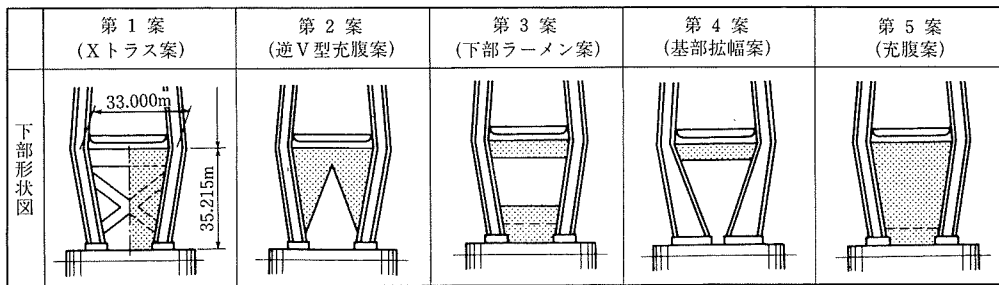


図-3 塔下部形状比較検討案

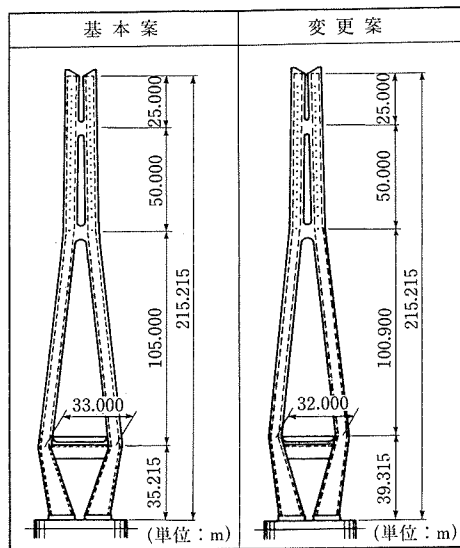


図-4 塔柱折れ点変更案

ら、基部まで連続させ、さらに水平材のウェブと隅切り面を一致させた。

- ③ 塔頂部を斜めにする事で、塔の伸びやかな感じを強調した。また、水平材部に複合円緩和曲線を挿入し、水平材を塔柱にスムーズにすりつけた。さらに上部が視覚的に広がって見えるのを避けるため、上方に

向けてテーパーを付けた。

図-5に最終的な塔の形状を示す。

#### 4.2 ケーブル

多々羅大橋のケーブルは、各径間とも21段のファンタイプの配置である。1本のケーブルは橋梁全体の規模に比べれば非常に細い線であるが、段数が多いため、全体が面として認識されると考えられる。原案では、塔中心から最下段ケーブルの定着点までの間隔を40m、鋼桁部分のケーブル定着間隔を20mとし、側径間が短いため残りのケーブルをPC桁部に密に配置しており、ケーブル定着間隔の粗密が顕著であった。そこで、桁の断面力や支点反力の変化に留意しながら、次のような景観面での改良を行った。

- ① ケーブル定着間隔が密から粗へ変化するPC桁と鋼桁の接合部付近に遷移区間を設け、ケーブル定着間隔が滑らかに変化するようにする。
- ② 最下段ケーブルの桁側定着点をできるだけ塔側に寄せ、全体として扇を広げたようなイメージに近づける。

ケーブル配置の変更前後の比較を図-6に示す。

なお、ケーブルの定着部は、塔側は止水対策等を塔内部で行い、塔壁の取付け孔を塗色に合わせたゴムカバーで覆い、桁側は桁の耐風安定化対策として設置するフェアリングで覆うことで、外部からは定着点が見えないようにした。

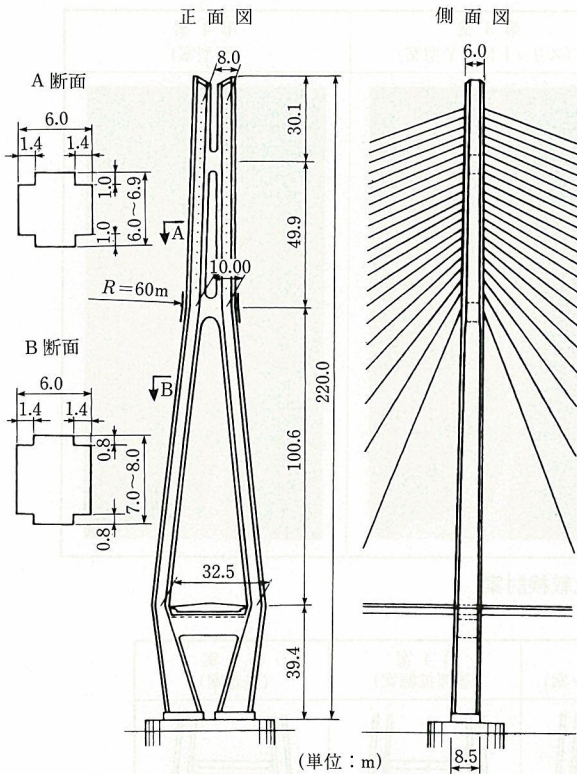


図-5 塔最終形状

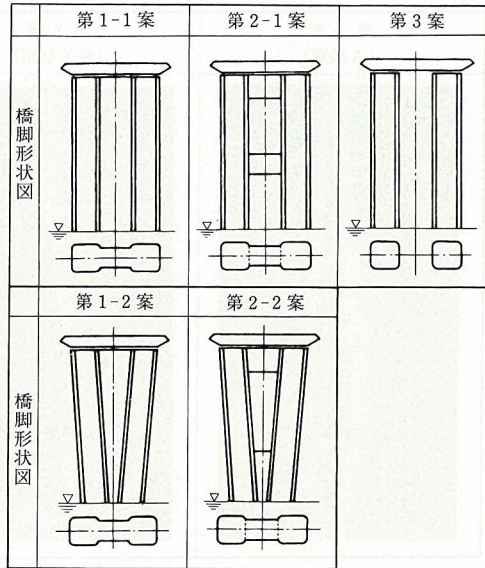


図-7 橋脚形状比較検討案

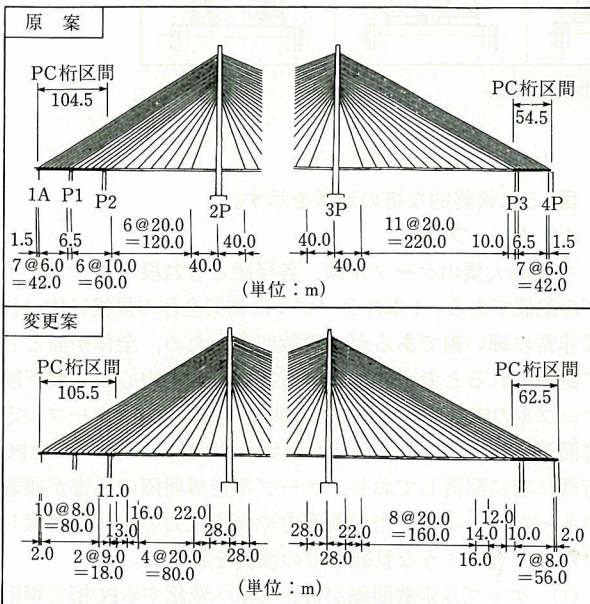


図-6 ケーブル配置変更案

### 4.3 橋脚形状

側径間の橋脚形状では、図-7に示すような構造について比較検討を行った。その結果、塔下部の形状に合わせた下絞りの形状とし統一性を図ること、および中央部に空間を設けて開放感を出すとともに橋脚による視野の妨げをできるだけ少なくするとの観点から、施工性は劣るが、水平梁を有するV形の形状を採用することとした。

さらに詳細について、次のような検討・改良を行った。

- ① 橋脚の橋軸方向の厚さを最小寸法の5mに統一し、



写真-2 多々羅大橋全景

構造的に困難な高架橋との架違い部の橋脚についても支承配置を工夫して5.5mとし、他の橋脚の厚さに近づけた。

- ② 柱の橋軸直角方向の幅を全橋脚で5mに統一した。
- ③ 柱の傾きを塔の下絞りの傾斜(12.3%)に構造上可能な範囲で近づけ、全橋脚で10.3%とした。
- ④ 上部の横梁高を可能な範囲で低くし、さらに下部の横梁を省略して中央部の空間を極力大きくした。
- ⑤ 柱と横梁との隅角部には、塔と同様にRを付け、柱の四隅には塔柱と同様に隅切りを設けた。

なお、多々羅大橋に連続する高架橋の橋脚についても同様な形状とすることとした。写真-2に、取付け高架橋側から見た多々羅大橋の全景を示す。

### 4.4 塗 色

本橋の塔および桁の塗色については、次の点から、本州四国連絡橋で従来から実績のあるライトグレーを採用することとした。

- ① 景観検討の基本テーマである「光と影」を表現するために、無彩色のライトグレーは適当である。
- ② ライトグレーは、本州四国連絡橋のこれまでの橋梁

で、瀬戸内の多島海景観と調和していると評価されており、多々羅大橋周辺の自然景観とも調和する。

- ③ 西瀬戸自動車道の既設の橋梁は、すべてライトグレーを採用しており、塗色の統一性が図れる。
- ④ 側径間の一部にPC桁を採用しているが、ライトグレーの塗色とコンクリートの色は調和しやすい。
- ⑤ 本四連絡橋での使用実績から、ライトグレーは変退色性が少なく、補修塗装時の色合せが容易である。

一方ケーブルは、耐候性の高いカーボン入りのポリエチレンで被覆されているため黒色をしている。検討時点ではポリエチレンへの塗装技術が開発され着色も可能となったが、次の理由により着色は行わないこととした。

- ① ケーブルは細い線で構成されており、既存橋梁の事例からも黒色でも架橋周辺の環境に溶け込みやすい。
- ② 西瀬戸自動車道の既存の斜張橋である生口橋(中央支間長490m)のケーブルも黒色であるが、塔や桁の塗色であるライトグレーとの違和感はない。
- ③ 太陽光の当たり方により、濃いグレー系の色に見えることもあり、黒色のケーブルは経時的に変化する独

特の表情をもっている。

- ④ ケーブルの数量が多く、着色した場合の初期コストが大きくなる。

## 5. おわりに

多々羅大橋の景観設計は、塔の耐風安定性の確保など長大橋特有の課題もあり、橋本体の構造設計とほぼ並行して進められた。取付け高架橋も含めたマクロ的な観点から構造詳細に至るまで、景観委員会での熱心な審議に基づきトータルの景観設計が行われたことで、本橋の景観性は格段に向上したと思われる。ここに改めて委員各位に深く感謝の意を表するものである。本橋は鋼構造が主体であり、PC構造物の景観設計という今回の特集のテーマには直接的には関連しない部分もあるかと思うが、今後の長大橋の景観設計に際し参考としていただければ幸いである。

最後に、多くの方々に「しまなみ海道」を訪れていただき、実物の多々羅大橋をご覧いただくことを願うものである。

【2000年3月1日受付】