

東京国際空港中央南北連絡橋の景観設計と構造デザイン

横田 弘*・丸山隆英**・中村良夫***・
三木千壽****

東京国際空港沖合展開域に架設される中央南北連絡橋の景観設計とこれに基づく構造デザインの決定手法について述べる。景観設計に当たっては、空港という限られた空間の中で首都の空の玄関を象徴するランドマーク性と周辺施設との調和に留意しつつ検討を加えた。また、表面的な意匠だけでなく構造の根本に立ち返って美しさを検討した。その結果、主塔アーチ式斜張橋という斬新な構造形式が誕生した。

Keywords : cable stayed bridge, structural design, aesthetic design, airport

1. はじめに

運輸省は、増大する首都圏の航空需要への対処とサービスの向上、航空機騒音問題の解消、廃棄物処理場の有効利用などを目的として、東京国際空港（羽田空港）沖合展開事業¹⁾を現在鋭意実施している。新たに誕生する空港では、図-1に示すとおり、旅客ターミナル、管制塔などの空港の中核機能が空港中央部のターミナル地区に集約される。同時に、ターミナル地区中央部を東京湾岸道路（首都高速道路高速湾岸線および国道357号線）が通過する。この結果、空港の中核機能が道路をはさんで東西に分断されるため、両者を連絡する7つの橋梁を架設する。

近年、都市内のインフラストラクチャーについては、市民ニーズの多様化に応えるため、機能性だけに重点を置いた従来のスタイルから、これらを都市景観の構成要素として捉える方向に変化しつつある。そのなかでも橋梁は、それ自体がもつ雄大さ、美しさ故に人々に強い印象を与えるとともに、ランドマークとしても機能することから、景観に配慮した設計が強く要請されている。

ターミナル地区は、空と陸の交通の結節点であると同時に、空港利用者の利便性や快適性の向上を目的とする各種の機能が集中していることから、一種の都市内複合空間と言える。ターミナル地区内の橋梁の設計においても、首都東京の空の玄関口にふさわしい格調と象徴性を表現するために、表面的な上辺だけのデザインにとどまらず、構造様式の根本に立ちかえって、いわゆる「構造

デザイン」の観点から表現すべき景観上のコンセプトを追求した。

本論文では、ターミナル地区全体の景観設計の考え方を紹介した上で、7橋梁のうち最も中心的な存在となる中央南北連絡橋の景観設計の手法とこれに基づく構造デザインの概要について述べる。

2. ターミナル地区の景観設計

(1) 景観設計のフロー

景観設計のフローを図-2に示す。まず、空港全域の景観的特性をマクロレベルで把握し、設計の基本理念、表現すべきイメージおよび基本テーマの設定を行った。さらに、景観の特徴と配慮事項を検討し、「全体景観のありかた」としての基本方針、すなわち「ターミナル地区景観設計のコンセプト」を設定した。

ターミナル地区は大規模な空間であるため、景観的なまとまりに着目して、この空間を図-3に示すようにセンターゾーンとノースゲートゾーン²⁾の2つのゾーンに区分した。そして、ゾーンごとのイメージを明確化させ景観設計を進めた。中央南北連絡橋はセンターゾーンに位置している。

(2) 景観設計のコンセプト

景観設計を行うに当たっては、まず表現すべきイメージを設定することが必要である。東京国際空港は、多くの旅客が利用する我が国を代表する空港であることを考慮して、目標とすべき基本理念を設定した。次に、これらの基本理念を景観面で具体化していくため、基本理念のエッセンスの抽出および簡素化を図った。この結果、①シンボル性、②歓迎、③個性、④現代性、⑤快適性の5点を基本テーマとして設定した。

ターミナル地区の景観設計においては、この地区が有する空間的特徴に特に留意する必要がある。一般の景観設計においても、「個々の施設の美観のみならずそれら

* 正会員 工修 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所次長

(〒220 横浜市西区高島1-2-5)

** 正会員 工修 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所建設専門官

*** 正会員 工博 東京工業大学工学部社会学科教授

**** 正会員 工博 東京工業大学工学部土木工学科教授

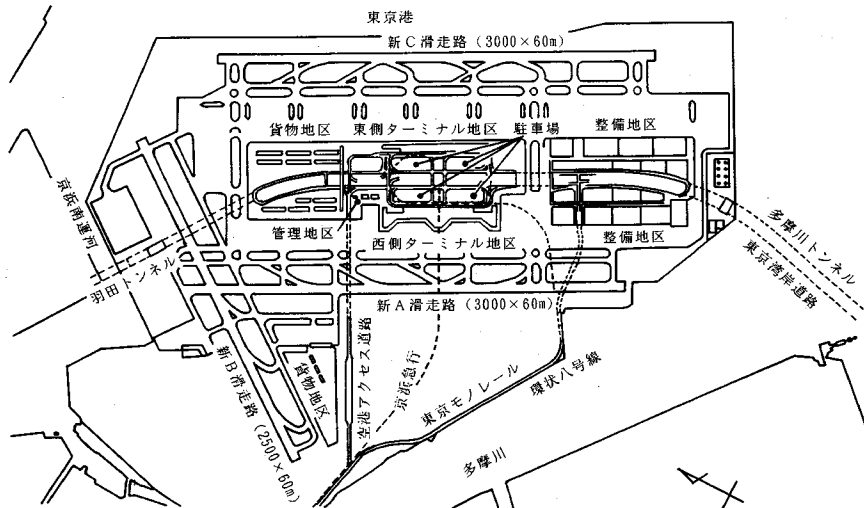


図-1 沖合展開事業計画

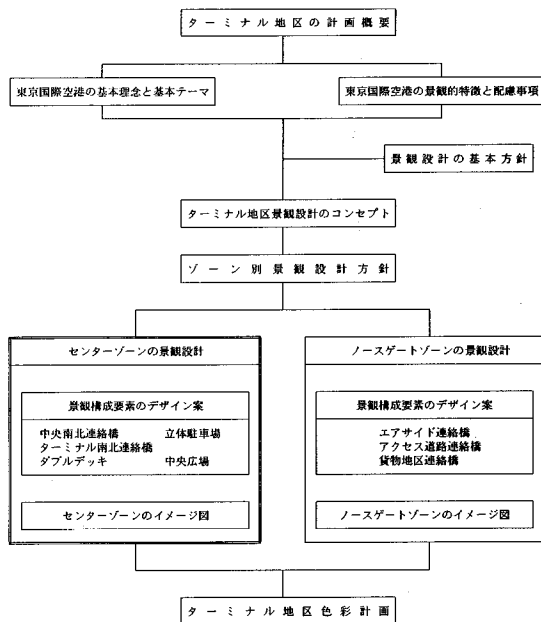
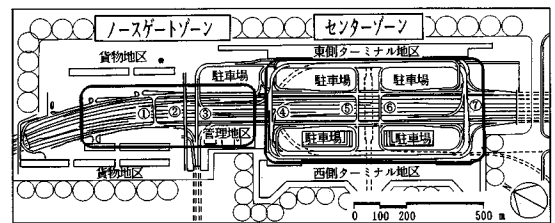


図-2 景観設計のフロー

相互の関係性や周辺を含む全体景観への配慮」ということが最も重要である。今回は、空間的特徴を考慮した結果、①ランドマーク性、②空間の引き締め、③煩雑さの軽減、④圧迫感の軽減の4項目を個々の施設の景観設計の目標に定めた。

これらをまとめて簡素化した結果、「識別性と調和性の重視」を東京国際空港の景観設計の基本方針とした。これは、全体景観から橋梁の細部デザインに至るまで一貫する方針である。

すなわち、東京国際空港は、空港という単なる交通ター



注) 図中番号は橋梁 No. を示す

図-3 景観検討ゾーンの区分

ミナルではなく、地域社会の一部を構成する社会性の高い複合施設であると捉え、かつ多様な利用者の利便性に配慮することとした。その上で東京、川崎方面からの方向感覚や、空港内での位置の明確化を重視した「識別性」、橋梁と建築物および地区全体の「調和性」を基本方針として掲げたものである。

3. センターゾーンの景観設計

(1) 景観的特性と基本テーマ

センターゾーンの景観設計のコンセプトを定めるに当たっては、ターミナル地区全体の景観のありかたに基づき、より具体的な形で検討する必要がある。センターゾーン内には、中央南北連絡橋を始めとして他にもターミナル南北連絡橋、旅客ターミナルビル、立体駐車場、中央広場などの施設が整備される。

センターゾーンの景観的特性として、以下の3点が考えられる。

- ① 空港地域の核心部となるゾーンである。
- ② 航空旅客、見学者、空港業者らが単に通過するだけでなく、憩い安らぐ空間でもある。
- ③ 多様な景観構成要素を含む空間であり、多くの視

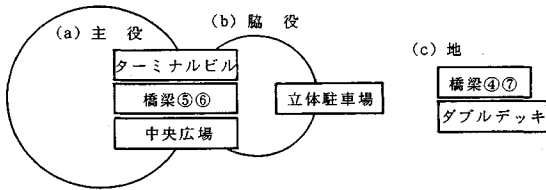


図-4 センターゾーンにおける景観構成要素の役割

点場が想定される。

空港全体の景観設計の基本方針として「識別性と調和性の重視」を掲げたが、これらの景観的特性に鑑み、センターゾーンで表現すべき基本テーマを以下のように設定した。

- ① 「シンボル性」および「個性」
 - ・羽田空港らしさ、名所性の表現。
 - ・ターミナル地区核心部であることの表現。
- ② 「歓迎表現」および「快適性」
 - ・親しみやすく楽しい空間の演出
 - ・安全性が高い場、憩いの場の提供。
 - ・柔らかみのある造形表現。

この結果をまとめて、センターゾーンにおける景観設計コンセプトは、「潤いと憩いのシンボル空間の演出」に設定した。

(2) 景観設計の手法

センターゾーン内の主な施設について、景観的役割を「主役」・「脇役」・「地」という分類で明確化した。橋梁についても、配置されている位置、機能などを十分考慮した上で役割を付与することにより、景観に適切なアクセントをつけることとした。図-4にセンターゾーンにおける各施設の景観的役割を示す。中央南北連絡橋は「主」の役割を与えると同時に、ランドマーク的施設に位置付けることとした。

4. 中央南北連絡橋の景観設計と構造設計

(1) 景観設計コンセプトの展開

これまでに述べた景観設計のコンセプトに関する検討を踏まえ、橋梁の具体的なデザインを検討していくこととなる。センターゾーンの景観設計コンセプトである「潤いと憩いのシンボル空間の演出」を中央南北連絡橋において表現する具体的方法を整理すると、以下のとおりとなる。

- ① 中央南北連絡橋の2橋の構造的・意匠的一体化により、東京国際空港にしかないユニークな造形表現を行う。
- ② 中央南北連絡橋の形態により大空間にまとまりを与えると同時に、東西空間の軸性を明確にさせる。すなわち、東京湾岸道路の南北の軸性とターミナルビルを結ぶ当橋梁の東西の軸性をこれら軸の直交性

を表現することによって空間に秩序を与える。

- ③ 曲線を基調とした柔らかな造形により、利用者を暖かく迎える空間演出を行う。

(2) 景観設計

次に、センターゾーンの景観コンセプトを中央南北連絡橋でどのように表現するかを検討した。その結果、利用者を暖かく迎えると同時に、遊び心、やさしさ、開放感を表現し得る造形であること、および東京の空の玄関口として、オリジナリティが高く、豊かな表情の変化をもつ造形であることの2点を目標とした。

さらに、センターゾーンの景観的特性への配慮の点からは、

- ① 多様な景観構成要素からなる大空間で空間のまとまりを高めるために、シンプルな造形による演出を行うこと。
- ② 7橋梁の下を連続通過する東京湾岸道路を通過するドライバーへの圧迫感を和らげつつゾーンの中心性を表現するために、軽快でかつ分かりやすい造形とすること。
- ③ 中央南北連絡橋に人を誘導するというよりもむしろ、中遠景として眺められる橋梁としての造形とすること。

の3点を留意事項とした。

センターゾーンにおける個々の施設の景観的役割を明確化した上で、橋梁のデザインの検討および構造設計への反映を行った。橋梁の具体的なデザインの検討に当たっては、模型、パース、コンピュータグラフィックス、カラーシミュレーションなどの手法を用いた。また、景観を考える視点場は、歩行者などの静的視点場として旅客ターミナルビル内、路上を走行するドライバーの動的視点場として東京湾岸道路上に設定した。

(3) 橋梁の造形計画

中央南北連絡橋には多彩な構造が考えられる。しかしながら、その構造形式を選定するに当たっては、

- ① 東京湾岸道路に対する建築限界を確保すること。
- ② 東京湾岸道路を走行する車両の安全性の確保のため、橋台、橋脚などは車道部に設置できないこと。
- ③ 橋梁の中央部地下には、鉄道の駅舎が建設されるため、この地点に橋台、橋脚などを設置できないこと。
- ④ 旅客ターミナルビルや立体駐車場などに囲まれた空間であり、空間的な制約があること。

などの制約条件が考えられた。そこで、このような条件下で東京湾岸道路の建築限界を確保するために、吊り構造を前提として、構造比較案を作成し、基本デザイン案を絞り込んだ。

また、ゾーンコンセプトを表現するために、中央広場などの周辺景観構成要素と一体的にデザイン展開が図れ

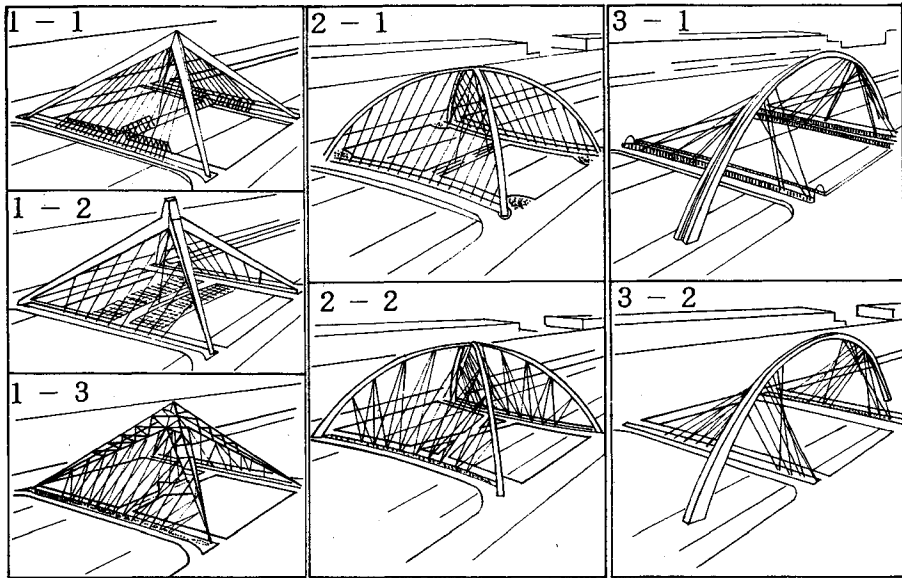


図-5 中央南北連絡橋構造比較案

表-1 中央南北連絡橋構造比較案の評価結果

(凡例) ◎ : 優れている ○ : やや優れている △ : 難点がある

案	評 価 項 目			
	1. 景 観 評 価	2. 造 形 評 価	3. 構 造 性	4. 施 工 性
1 案	(基本テーマの表現) ・空港核心部のシンボル性を表現できる。 ・親しみやすさ楽しさに欠ける。 (その他) ・7橋の中での識別性が高い。 ・視点移動による形態の変化に乏しい。 ・橋下における圧迫感への配慮が必要となる。	(造形のおもしろさ) ・オリジナリティの高い造形への展開性が高い。 ・ケーブルの斜めの張り方が力学的、心理的に不自然である。 (ゾーンコンセプトへの発展性) ・ピラミッド内空間の演出が可能である。 ・シンボル空間としての発展性が高い。	・主塔、ケーブルの骨組構造が非効率である。 ・建築限界の関係より橋面の中分幅を5m必要とする。 ・主塔基部の不明確な応力伝達の解析法および対策を必要とする。 ・既存技術を活かすことが少ない。	製作 : 主塔形状により異なる。 矩形 : よい 三角形 : 難点 架設 : 主塔部の組立て接合が4本あるので架設難易度は高い。
	○	○	△	△
2 案	(基礎テーマの表現) ・空港の名所性表現にやや欠ける。 ・親しみやすく楽しい印象を与える。 (その他) ・視点移動による形態の変化に乏しい。 ・茫漠感を充分軽減していない。 ・橋下における圧迫感への配慮が必要となる。	(造形のおもしろさ) ・アーチの持つ「豊かな広がり」を表現できる。 ・1案同様にケーブルの張り方が不自然である。 (ゾーンコンセプトへの発展性) ・アーチ内の空間の演出が可能である。 ・シンボル空間としての発展性が低い。	・ケーブルの骨組構造が非効率である。 ・建築限界の関係より橋面の中分幅を5m必要とする。 ・主塔基部の不明確な応力伝達の解析法および対策を必要とする。 ・既存技術を活かすことが少ない。	製作 : アーチ形状 矩形 : よい 架設 : 1案と同じ
	△	△	△	△
3 案	(基礎テーマの表現) ・形態のダイナミックな変化により名所性を高めている。 ・親しみやすく楽しい印象を与える。 (その他) ・東西空間の融合性を表現できる。 ・アーチ基部の圧迫感への配慮が必要となる。	(造形のおもしろさ) ・「遊び心」を表現し橋梁デザインとしてのオリジナリティが高い(3-2)。 (ゾーンコンセプトへの発展性) ・中央広場との連動により「高い、シンボル空間」としての発展性が高い。 ・橋をわたる楽しさを表現できる。	・効率のよい骨組構造である。 ・建築限界の関連でケーブルの配置により橋面の中分幅が変化する。 ・既存技術を活かせる構造である。	製作 : 大アーチ形状 矩形 : よい 架設 : 大アーチ部は1案、2案に比べ組立て接合の条件はよい。
	◎	3-1○ 3-2◎	○	○

る造形であること、およびケーブルの張り方の工夫によりデザイン面での面白さを表現し得る造形であることの2点にも留意した。

その結果、橋梁の構造形式は、シンボル性を表現するために2橋1体形式とすることを基本とした。この構造案として、①緊張感ある造形美を演出するピラミッド形式、②暖かさややすらぎを演出するダブルアーチ形式、

③遊び心と広がりを出演する大アーチ形式の3案を考案した。これらの概要を図-5に示す。各案についてそれぞれ複数のデザイン案を作成し、景観評価、造形評価、構造的性、施工性、経済性の5つの観点から比較検討を行った。検討結果を表-1に示す。

1案のピラミッド形式および2案のダブルアーチ形式では、橋台およびアンカレッジが巨大なものとなり、構

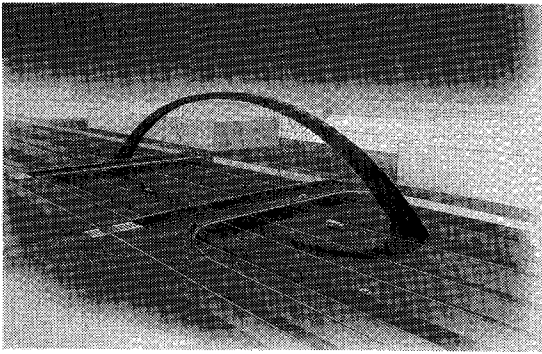


図-6 中央南北連絡橋のデザイン

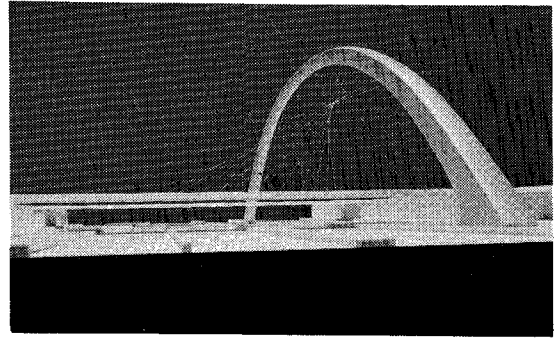


図-7 ケーブルの配置状況

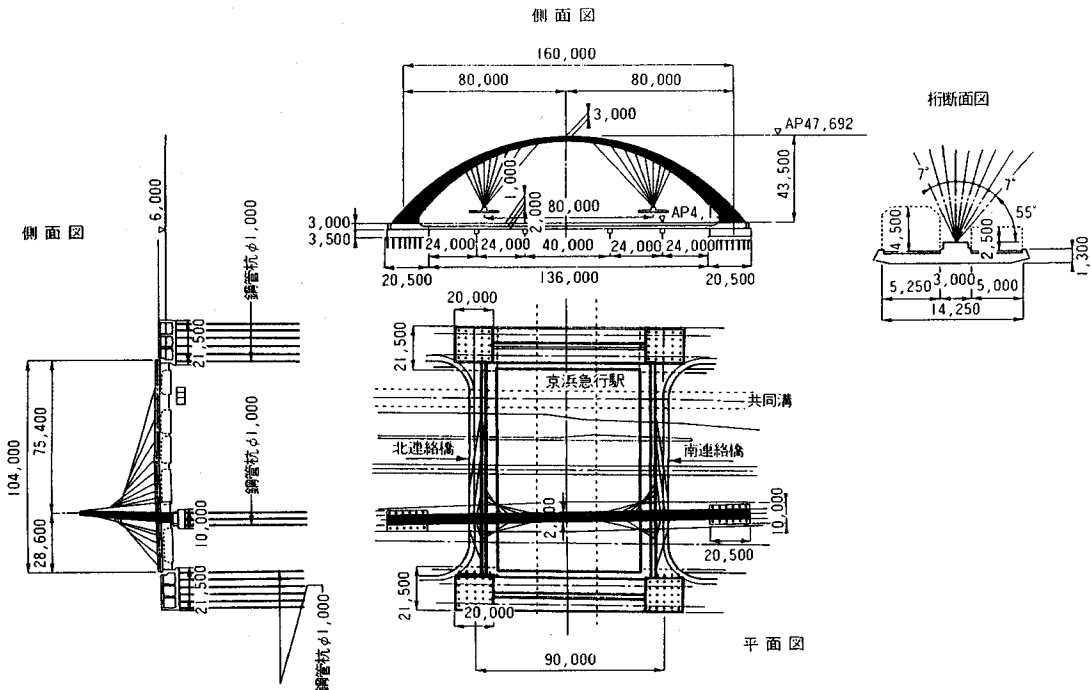


図-8 中央南北連絡橋一般図

造的および経済的に厳しくなった。また、3案は親しく楽しみやすい印象と造形のおもしろさ、ゾーンコンセプトの発展性が期待できる。これらのことから、3案の大アーチ形式を最終案として採用し、ケーブルの配置の観点から図-5の内の3-2案を採用した。これは、構造的には「主塔アーチ型斜張橋」と呼ばれるものである。虹形の開放性の高いアーチを用いることによる東西のターミナルの軸性を強調する効果、およびターミナルビル側から見るとアーチ橋に見え、湾岸道路上のドライバーからは斜張橋に見えるというおもしろさを狙ったものである。図-6に採用したデザイン案を示す。

ケーブルの配置については、空港来訪者、歩行者、ドライバーへの圧迫感や東西の軸性を考慮して一面吊りと

した。また、図-7に示すように、鼓織状に配置する方法を採用した。

(4) 構造設計

中央南北連絡橋は、並行する2つの橋梁を1つの塔から立体的に配置したケーブルによって吊る、世界的に例を見ない斜張橋であるため、構造設計に当たっては、以下のような配慮を行った。

- ① ケーブルを立体的に配置した高次不静定構造物であることから、立体影響線解析を行った。
- ② 上・下部工一体構造系による動的解析を行い、耐震性の評価を行った。
- ③ アーチ部材の座屈に関して、全体弾性座屈解析によって検証した。

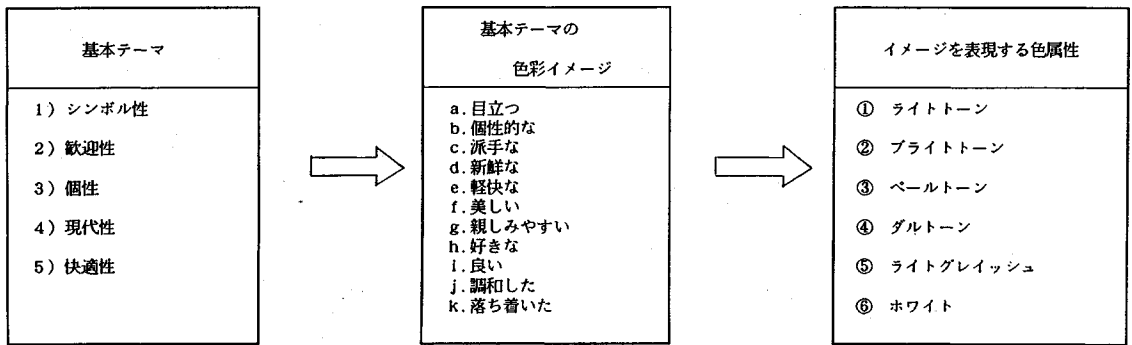


図-9 基本テーマの色彩による表現

表-2 中央南北連絡橋の概要

橋名	中央南北連絡橋
橋梁形式	主塔アーチ型鋼並列斜張橋
道路規格	4種2級並
橋梁延長	103.4m
支間割り	101.4m
有効幅員	(車道) 5.25m, (歩道) 5.0m
主塔全高	46.75m
設計活荷重	TL-20, 群集荷重

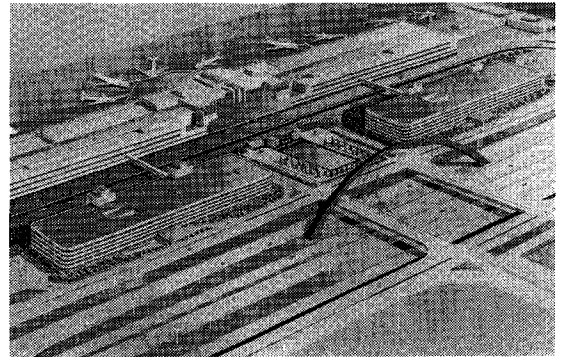


図-10 センターゾーンの景観イメージ

- ④ アーチ部の設計手法として採用した微小変形理論の妥当性を明確にするため、3次元有限変形理論により検証した。
- ⑤ ケーブル定着長およびアーチ付け根部など、応力伝達が不明確な構造箇所では、3次元有限要素解析により検証した。
- ⑥ 2本の桁を立体的に配置したケーブルを介してアーチ型の主塔で吊り上げていることに加え、主塔位置が桁の中央部にないことなどにより、橋梁では通常発生しない主桁の面外水平力および支承の負反力が発生する。これに対応するため、特殊な支承構造を採用した。
- ⑦ 橋上に設置される投物防護柵や中央分離帯などが原因して発生する振動現象の他、約90mの間隔で桁が並列に配置することから、風上側の橋梁の影響で発生する風の乱れにより風下側の桁に発生する渦励振の影響について検証するため、風洞実験を行った³⁾。
- ⑧ 架設時の検討を数値シミュレーションによって実施した。

各橋梁の細部デザインについては、連続的に配置された橋梁群であることに配慮し、基本的には桁高をおさえ、桁下コーナーや橋脚のコーナー部等を丸みのある形状と

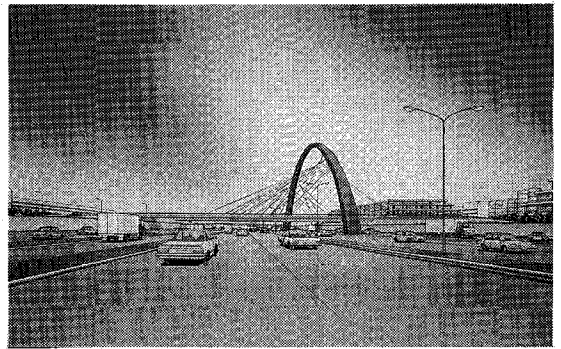


図-11 東京湾岸道路上からの景観イメージ

すること、さらに外面の接合はすべて溶接とすることなど各橋梁共通の方針とすることにより、シンプルでスレンダーな印象を与えるよう工夫した⁵⁾。

中央南北連絡橋の橋梁一般図を図-8に、橋梁の概要を表-2に示す。

(5) 色彩計画

色彩計画は、全体レベルで色属性を揃え、調和性を確保した上で、ゾーン計画レベルおよび個別橋梁計画レベルで立案した。その際、一定の色属性の色彩を使用することにより基本テーマを表現した。このイメージを表現するものとして図-9に示す6グループのトーンを抽出

した。

センターゾーンでは、親しみやすい、美しい、新鮮な、個性的で目立つ色彩イメージとし、暖色系の色属性を選定した。このトーンに基づき、シンボル性を強く表現する色としてブライトレッドを、周囲との調和性をもたせる環境色をベージュに設定した。以上の検討を踏まえ、中央南北連絡橋の色彩を、主塔ではラセットブラウン、桁・桁裏ではライトグレーに選定した。

以上の方針に基づき完成したセンターゾーンの景観イメージを図-10に、東京湾岸道路上の視点からのイメージパースを図-11に示す。

5. おわりに

本論文で述べた景観設計は、構造設計と同時並行的に相互フィードバックを伴いながら行ったものである。新規に整備される空港ターミナル地区全体を1つの一貫した考え方で景観設計を行ったという事例として有意義な成果を修めたといえる。中央南北連絡橋は現在下部工の工事が行われており、沖合展開第二期事業の終了にあわせて平成4年度末頃に完成する予定である。

景観および構造的な検討については著者の一人が座長を務めた「東京国際空港ターミナル景観検討会」において議論された成果の一部が反映されている。ここに、御指導賜りました委員の方々に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 馬場孝博・早田修一・片山 忠・横田 弘：東京国際空港沖合展開事業，土と基礎，39-5 (400)，pp.11~24，1991年5月。
- 2) 片山 忠・横田 弘・丸山隆英・大里睦男：東京国際空港ノースゲートゾーン橋梁群の景観設計，構造工学論文集，Vol.37 A，pp.747~758，1991年3月。
- 3) 久保喜延・小林克美・野上千秋・中原智法：東京国際空港中央南北連絡橋桁断面の耐風性，土木学会第46回年次学術講演会，第I部門，1991年。
- 4) 早田修一・森 好生・横田 弘・三木千壽：エアサイド連絡橋における曲面加工部材の現場溶接の施工管理，土木学会論文集，No.427，pp.75~83，1991年3月。
- 5) 森 好生・塩崎正孝・大里睦男・長尾 毅：東京国際空港沖合展開域の橋梁の景観設計，橋梁，Vol.26，No.1，pp.34~40，1990年。

(1992.2.12 受付)

AESTHETIC DESIGN OF SOUTH AND NORTH CENTRAL BRIDGES IN THE TOKYO INTERNATIONAL AIRPORT OFFSHORE EXPANDING AREA

Hiroshi YOKOTA, Takahide MARUYAMA, Yoshio NAKAMURA and Chitoshi MIKI

The offshore expanding project of the Tokyo International Airport progresses, which will increase its capacity, solve noise problems, and utilize waste disposal areas. A total of nine bridges will be constructed to link the east and the west terminal areas over the metropolitan expressway bay shore route. All those bridges have been designed taking their aesthetic into full consideration on the basis of the design concept of that airport. The design philosophy of facilities in the terminal area, particularly the comprehensive aesthetic design of Central South and North Bridges at the center zone will be focused in this present paper.