

下部工概要

橋梁下部工

支持層が約-40~-50mと深い多摩川渡河部。中央支間240mの箱桁を2か所で支えつつ、レベル2地震動への耐力の確保を考慮して鋼管矢板井筒基礎とし、鋼管矢板の継手には大きな支持力、地震時の水平力が作用するため断面が大きく、経済性・施工の迅速性から高耐力継手を採用しました。

高耐力継手の採用により、P3橋脚では隔壁数を基本設計時の4列から2列へと50%削減、長さも32.5mから29.6mと約10%縮小、コスト・施工期間の縮減を実現しました。鉄筋コンクリート橋脚は、架橋位置が汽水域にあることから耐塩害性を考慮、耐久性向上のためエポキシ鉄筋を採用しました。

河川内作業

河積阻害率5%以下、通年施工可能、生態系保持空間の保護などの観点から、使用する機械は工船用船舶を中心に計画され、水深が浅いことから、航路や予定地周辺の浚渫を行いました。

橋脚は、河積阻害率に影響がないよう鋼管矢板井筒基礎の投影線上に仮設構台を設置、揺動抑制のためクレーンを構台上に配置して構築しました。鉄筋など資機材は台船やクレーン付き台船を使用して供給し、陸上からの供給が難しいコンクリートは、東京湾では珍しいコンクリートプラント船（製造工場、運搬用アジテータ車、ポンプ車が一体化した作業船）を使用、打設日毎に現地までえい航しました。



01

01 築造部浚渫（2017.12） 02 鋼管井筒施工（2018.08）



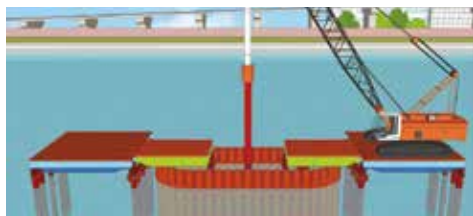
02

01. 作業構台



作業構台は、打設した鋼管杭の上に大組みした構台をクレーン付き台船で据え付けて構築します。この作業構台を利用して、鋼管矢板井筒基礎形式の橋脚を施工します。

02. 鋼管矢板打設



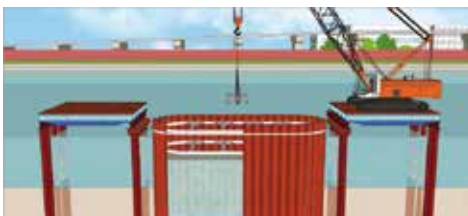
次に、作業構台上にクローラークレーンを設置し、鋼管矢板を井筒状に打設します。固い支持層に確実に打込むため、打設には国内最大級の油圧ハンマを用います。

03. 継手処理・鋼管内コンクリート・井筒内掘削



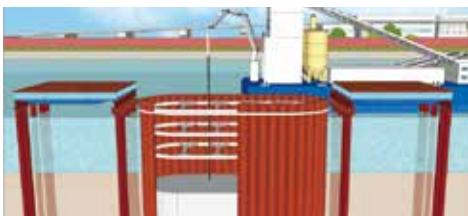
井筒の剛性や止水性を高めるため、継手にモルタルを充填し、鋼管矢板内には中詰コンクリートを打設します。その後、クローラークレーンにグラブシェッパケットを装着し、井筒内を掘削します。

04. 底盤コンクリート・井筒内排水・支保工



土砂を掘削後、底盤に水中不分離性コンクリートを打設します。打設後は、井筒内の水を水中ポンプで排水しながら、外からの水圧や土圧に耐えられるよう、クレーンにより支保工を設置します。

05. 頂版コンクリート



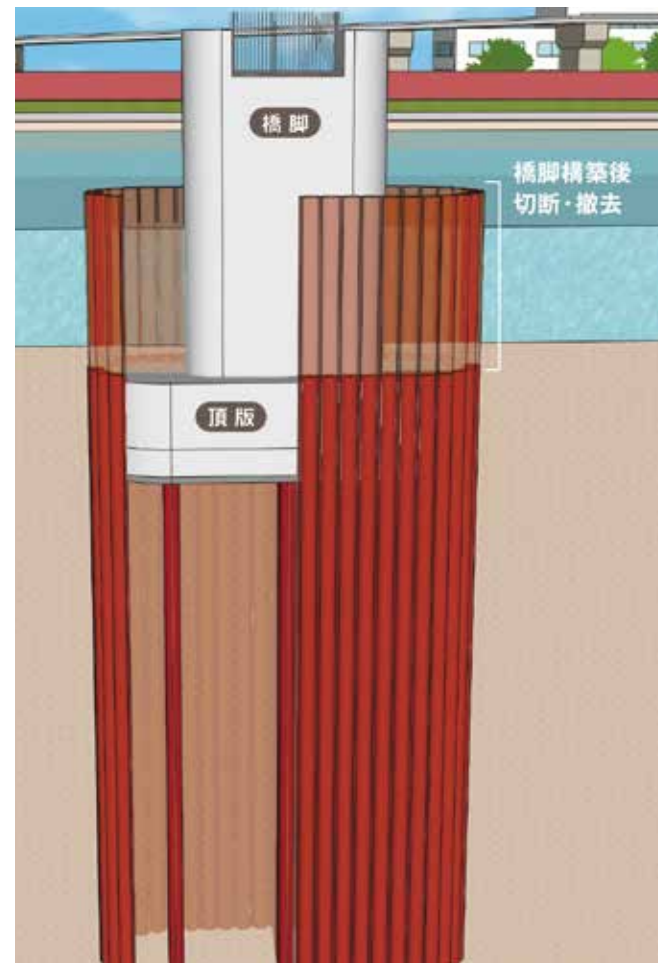
井筒内のドライアップ終了後、コンクリートミキサー船で橋脚下部のフーチングとなる頂版コンクリートを打設し、あらかじめ内側にスタッドジベル(鉄筋)を溶接した鋼管矢板と一体化させます。

06. 躯体コンクリート



頂版の完成後、その上に橋脚の本体を構築するための足場を組み、鉄筋、型枠を組立てた後、躯体コンクリートを打設します。躯体コンクリート打設後は、鋼管矢板井筒との隙間を土砂で埋戻します。

07. 下部工完成



躯体コンクリートが完成すると、仮締切りとして使用していた鋼管矢板の上部を切断し、撤去します。作業構台を撤去すれば、下部工の作業は完了し、引き続き上部工の作業に入ります。

鋼管井筒基礎工



01



02



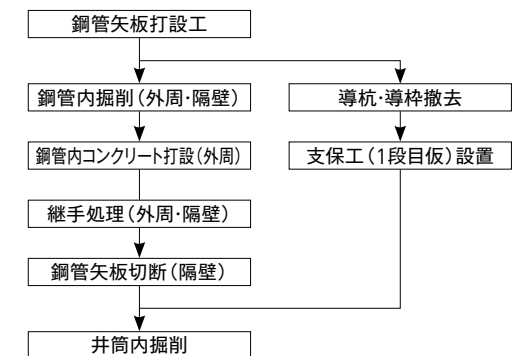
03

油圧ハンマを用いたフライング打設

通常、 $\phi 1,200$ と大径の井筒基礎の鋼管杭は、杭打ち船などリーダーを備えた作業船で行いますが、水深が浅く入域できないため、作業構台を設け、200t吊クローラークレーンによるパイプロハンマ、油圧ハンマ（国内最大級のS280）のフライング打撃で打設しました。騒音も解析で問題ないことを確認、現地測定でも許容値以内の結果でした。

鋼管杭の打設には、導材として、鋼管の周りにある程度H鋼を建て込み、周囲にH型鋼による定規を強固に設置するとともに、干潟での打設のため慎重な施工となり、管理基準 $\pm 10\text{cm}$ に対して $\pm 5\text{cm}$ 以下の建て込み精度を確保しました。

施工フロー



01 鋼管矢板打設（油圧ハンマ）

02 継手部充填

03 導材設置

橋脚躯体工



頂版コンクリート

基礎である鋼管井筒と橋脚を結合するため、鋼管矢板にP3、P4橋脚とも各160本の鉄筋スタッドを設置しています。鉄筋径はD22であり、上下に曲げモーメント鉄筋、中間部にせん断鉄筋を配置しました。



鉄筋と塩害対策

橋脚の主鉄筋はD51を150mmピッチで配置しました。鉄筋量はP3橋脚で440t+ヘッドバー220t、P4で460t+ヘッドバー220t、コンクリート1㎡当たり200kg/㎡以上の過密配筋となっています。汽水域にあたるP3とP4は、防食対策として純かぶり90mmを取り、柱部分にエポキシ樹脂塗装鉄筋を採用しました。塩害・摩耗対策として、飛沫帯(L.W.L-1.0m/A.P-1.0m)から橋脚天端まで含浸材(T&C工法 NETI S:HKK-110001-V)を塗布しています。

コンクリート打設

基礎内部のコンクリート打設は、コンクリートプラント船を用いて実施されました。1回あたりの打設能力は600㎡ですが、多摩川をえい航できる喫水を確保するため積載量が制限され、実際の打設ロットは1回あたり300㎡(ロット高は約2m)となります。合計で1橋脚当たり11ロットを施工、打設の最後の時期は夏にかかったため、配合も夏季仕様(高性能AE減水剤を使用)としています。P3、P4橋脚の基礎工の施工には、実に1年を要しました。



上部工概要

中央径間240mと国内最大級の支間長

橋梁延長674.2m、そのうち602.2mの延長となる渡河部には、鋼3径間連続鋼床版箱桁橋（複合ラーメン）を採用、中央径間240mと同形式の橋梁としては国内最大級の支間長となります。取付部は延長72.0mの鋼2径間連続鋼桁橋を採用しました。

現場条件として、河川内は浅く入域できる作業船の規模は限られます。また、羽田側には環状8号線が通り、空港の敷地に近接しているため、羽田側をヤードとして使う工法は選択できません。さらに航空法による高さ制限もあります。これらの厳しい条件に対応した架設方法を選定し、架設時荷重を満たす鋼桁の設計・製作を行う必要がありました。

適切にブロック分割して各社工場で製作

鋼桁の製作は、連絡道路JVの3社（日立造船・横河ブリッジ・高田機工）で行いました。幅員17.3～27.8m、桁高は2～7m（最大は柱頭部）の変断面であり、架設方法も部位により異なるため、ブロック分割は複雑になります。クレーン能力、最大ブロックサイズ、重量など各社工場の製作能力に合わせ、最適なブロック分割を決定し製作しました。

製作分担

日立造船向島工場（広島県尾道市）：約4,150t
横河ブリッジ大阪工場（大阪府堺市）：約3,750t
高田機工和歌山工場（和歌山県海南市）：約1,600t

さまざまな制約条件と環境保全を考慮した多岐にわたる架設方法

現地特性に配慮して、生態系保持空間および航路部には、施工時を含めて構造物を配置しません。さらに、航空法による高さ制限により、AP+48.1m～52.5mを超える構造物の設置や作業もできません。このような条件を満たしつつ、剛結部の鋼桁や橋脚に負担をかけない架設順番を考慮した結果、5種類の架設方法を採用しました。

なお、取付部が陸上部となるため、650t吊クローラークレーンで架設しました。

架設方法

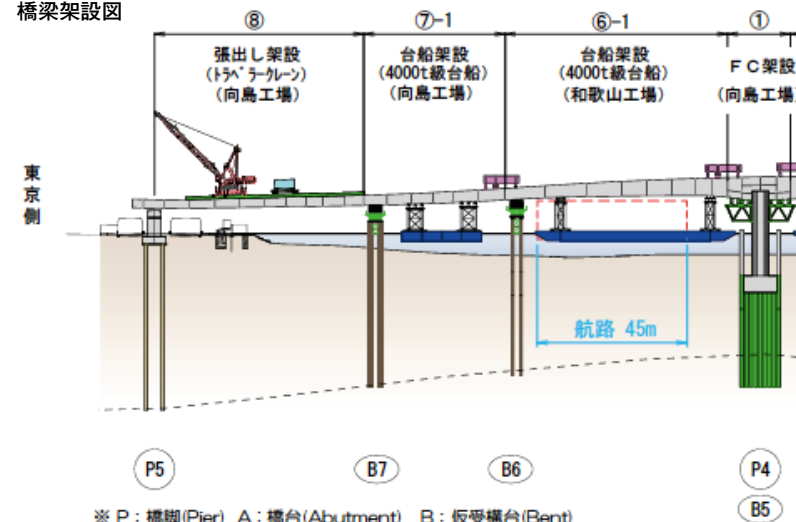
渡河部

柱頭部：120t吊FC船と200t吊クレーン付き台船によるクレーン架設
河川部：大ブロック台船架設、大ブロック一括吊上げ架設（中央部）
羽田側径間部：650t・mトラベラークレーンによる張出し架設（環状8号線上は夜間規制）
川崎側径間部：650t・mトラベラークレーンによる張出し架設
川崎側陸上部からの送出し架設

取付部

トラッククレーン架設

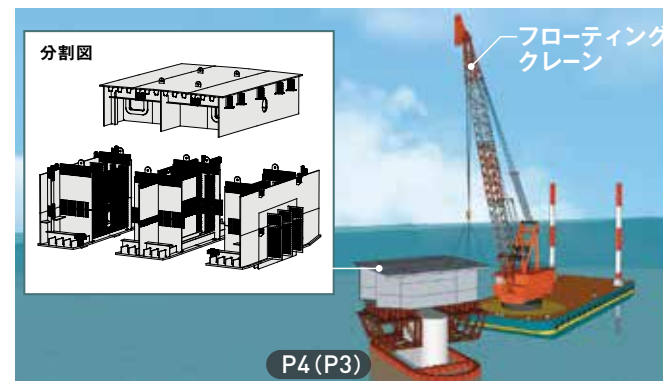
橋梁架設図



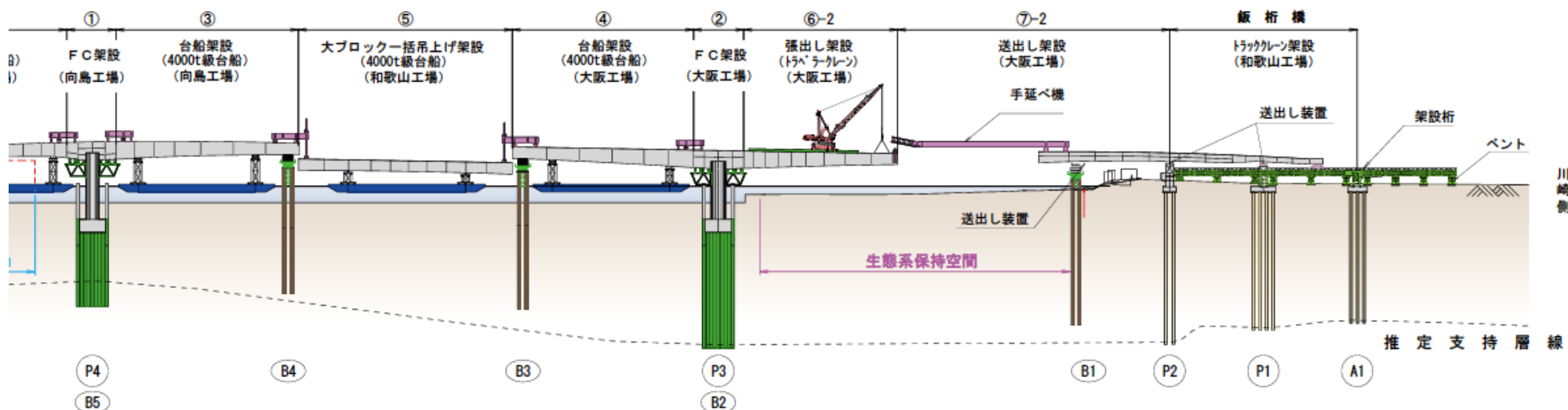
施工手順

上部工 渡河部 各架設方法

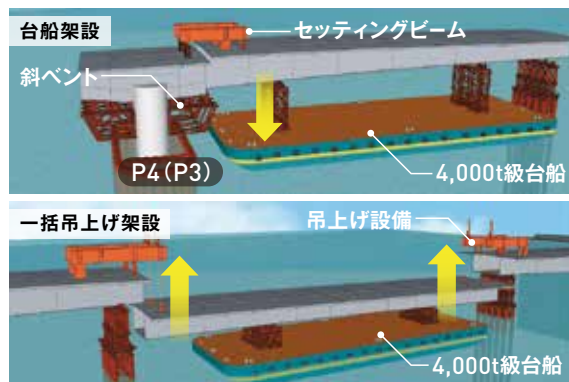
01. 橋脚柱頭部FC架設



多摩川の河床が浅いこと、さらに羽田空港に近く航空法による高さ制限もあるため、橋脚上はブロック分割した鋼桁をFC（フローティングクレーン）で架設します。ブロック1個の重さは約100t、一番下の鉄板は95mmほどの厚さがあります。



02. 台船・一括吊上げ架設



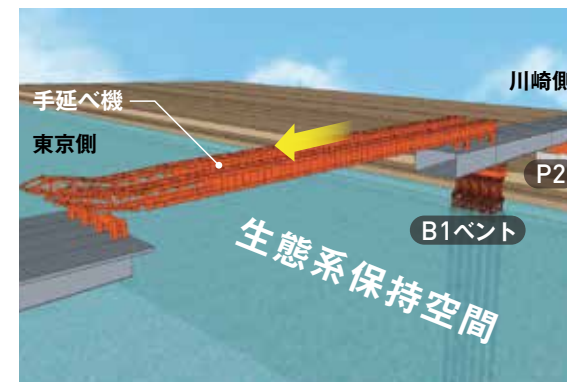
多摩川の水深や航空法による高さ制限を考慮し、迅速な対応が可能な台船架設で施工します。川の潮位差を利用する台船架設ですが、桁を入れる空間の余裕はわずか20mmしかないため難しい作業となります。

03. トラベラークレーン架設工法



羽田空港側を通る環状8号線や殿町側の生態系保持空間への影響を最小限に抑えるため、橋梁の両端から張出し架設を行います。トラベラークレーンを用いて、多摩川を利用して船で運搬されたブロックを1つずつ張出して架設します。

04. 送出し架設



殿町側には、東京湾では貴重な干潟が分布する生態系保持空間があり、べント基礎杭や浚渫による台船架設はできません。環境に影響を与えることのないよう、送出し工法により架設します。



地組立された大ブロックを浜出し、 東京湾を横断して曳航

架設する大ブロックは千葉県の富津港で地組立し、3,000t吊起重機船で浜出しを行いました。その後、直ちに岸壁に係留した4,000t級台船上でラッシングをかけ、海事検定（一般社団法人日本海事検定協会）による回航検査（安全を確保するための海事鑑定）を受験しました。

検査に合格後、4,000t級台船は、半日かけて4,000PS級の曳船2隻により東京湾を横断し、水深が浅くなる多摩川河口で800PS級の曳船に交替、河口にある民間の岸壁に係留しました。

現場架設付近までは、翌早朝の満潮にかけての時間帯に約1時間で曳航しました。



台船架設・一括吊上げ架設



着工から約2年で1回目の台船架設を開始

2017(平成29)年10月の浚渫開始からちょうど2年となる2019(令和元)年9月30日の大潮の日に、P3-P4橋脚間240mのうち、羽田側の約70mの1回

目となる鋼桁の台船架設を行いました。26日に富津港の地組ヤードから4000t吊起重機船富士にて浜出しを行い、28日に富津港から現場近くの日本物流センター(株)の岸壁まで曳航し、係留しました。

翌29日に満潮時間を狙って、現地まで回航し、潮

位が下がっていくタイミングを計りながら鋼桁を架設しました。報道機関や関係者が多く見守る中、架設開始から約5時間で無事に完了することができました。

01 02 03 台船架設状況(1回目)

トラベラクレーン架設



高さ制限に配慮、クレーンによる架設

羽田空港側のP4-P5橋脚間(約70m)は、大ブロック台船架設した端部に国内最大級のトラベラクレーン650t・mを配置し、張出し架設を採用しました。航空法による高さ制限(A.P+49.9m)を受けるため、クレーンは制限高さとなる最大49.5m以内での施工となります。

まず、富津地組立ヤードまで陸上運搬したトラベラクレーンをブロック分けして台船で海上運搬、200t吊クレーン付き台船を使用して桁上に組立て、さらに運搬台車を組立てました。その後、主桁部材を200t吊クレーン付き台船で運搬台車に荷揚げして架設位置まで移動、トラベラクレーンで張出し架設を行いました。

主桁断面を架設して現場溶接および高力ボルト(HTB)による添接を行うという手順を繰り返して架設、主桁断面の後は側床版を架設しました。

張出し施工に際しては、落下物への対策や溶接・金属溶射時の養生のために移動防護工を設置しました。防護工は、作業の進捗に伴い前進させ施工しました。

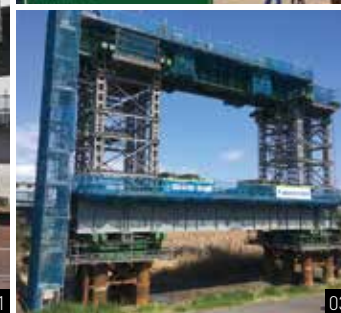
張出し誤差3mm、環状8号線上はピンで矯正

羽田側は、別工事で構築されたP5橋脚の沓座と最終的に合わせる必要があるため、通りと高さ、ウェブ間隔など断面を確認しながら施工しました。設計段階では、P4橋脚からの張出し長170m(台船架設含

む)、許容誤差50mmとしていましたが、実際の誤差は3mm程度と計画の1/10以下に収めることができました。

P4橋脚は剛結構造であり、橋脚のわずかな回転でも2~3mのずれが生じるため、台船架設のブロック間に調整ブロックを入れて修正しました。ただし、張出し架設中に調整ブロックは使えないこと、また、最後の5ブロックは環状8号線を夜間通行止めとするため期間が限られることなどから、添接時のドリフトピンを緩めて5ブロックで20mm矯正しました。ずれた場合に調整できるようP5橋脚上に横押し設備を準備しましたが、問題なく無事架設完了しました。

送出し架設



たわみ処理、精度・安全性に留意して架設

P2-P3橋脚間の104mは送出し架設を採用、鋼2径間連続鈑桁橋となる部分に仮設構台を設置し、P1、P2橋脚、A1橋台部を架設桁の支点としました。

送出し長が長く、張出し桁に向かい架設するため、たわみが大きくなります。手延べ機にはたわみ処理装置（ジャッキによる角度調整機構）、到達側の桁上にはSHLシステム（Super Heavy Lift System）を採用、たわみに追従して高さを油圧ジャッキで調整し、送出し時の架設桁の水平を維持しながら架設することで、降下量平均0.5mと降下設備の規模を縮小しま

した。

また、長支間の送出しでは、送出し時の精度と安全性確保が重要となります。横移動防止装置を配置し、集中管理室にて「送出し長・各支点反力・横ずれ量」の一元管理を行いました。

生態系保持空間を避けてベント設置 手延べ桁設置場所の変更でたわみに対応

架設桁の支点はP1、P2橋脚、A1橋台部ですが、送出し時の中間支点を確保するため、P2橋脚河川

側の生態系保持空間を侵さない限界地点にB1ベントを構築しました。φ900の鋼管杭12本、杭長約56mを打設したB1ベントでは、受梁もすべて製作梁としました。

送出す桁の鋼重は全部で約1,020t、さらに約76.9mの長さを有する手延べ桁の重量は約150tです。送出し延長149.25mという長さで生じるたわみに対応するため、通常は本桁の先端に継ぐ形で配置される手延べ桁を本桁の上側に設置しました。

環境保全への取り組み

環境モニタリングと アドバイザー会議の設置

工事区域には東京湾では貴重な干潟が存在しており、そこに生息する生態系への配慮は欠かせません。工事に先立ち、「環境モニタリング計画」を策定、計画に基づいた四季の環境調査を実施して、工事による環境への影響把握を行いました。

さらに、水環境や生態系の有識者による「河川河口の環境アドバイザー会議」を設置し、環境モニタリング調査方法や調査結果の内容について、年3

回合計15回開催し、指導・助言を頂きながら環境に配慮して工事を進めてきました。

それらの取り組みが功を奏し、環境に影響を与えることなく施工を実現することができました。

河川河口の環境アドバイザー会議 出席有識者

東邦大学 風呂田名誉教授

横浜国立大学 中村教授

港湾空港技術研究所 桑江グループ長

=====

01 第8回河川河口の環境アドバイザー会議 02 魚類調査(地引網) 03 鳥類調査 04 底生動物調査 05 干潟地形測量 06 底質調査 07 植物調査



景観設計



3点に着目した景観検討会の実施

本橋は、多摩川の河口第一橋として、日本の成長戦略拠点をつなぐ象徴的な橋となります。詳細設計を進めるにあたり、事業者である川崎市をはじめ、国土交通省、東京都、大田区、さらに景観や色彩の有識者で構成された「景観検討会」を設置、桁の色彩や歩道空間などについて検討を行いました。

景観の着目点としたのは以下の3点です。

- ・ 河川の広がりを感じる水平基調の景観と調和
- ・ 自然環境との一体感を感じられる橋上の開放感
- ・ 河川空間への圧迫感の低減

検討の結果、周辺の環境と調和し、先進性と落ち着きを感じさせるというコンセプトのもと、鋼桁の色彩を無彩色のパープルブルー系色（マンセル値

5PB7.5/0.5）と決定しました。

そのほか、高欄形状、照明や歩行者空間のデザインについても検討会で方向性が決められ、橋梁の細部にわたる意匠については、座長の法政大学福井教授と副座長の日本色彩研究所赤木理事、川崎市と連絡道路JVの事務局の間で検討を行いました。

テキスト桁色彩の選定

5PB7.5/0.5	空・水面の色相と同一調和の色彩 他2色（5PB8/0.5、SPB7/0.5）
5BG8/0.5	空・水面の色相と類似調和の色彩 他1色（5BG7/0.5）
10YR7.5/0.5	空・水面の色相と対比調和の色彩 他1色（10YR7.5/1）

高欄は、よじ登りにくい横棧形式

検討会では、広がりのある河川景観や水平基調の橋の形状との調和、さらに橋上の解放感を表現するため、高欄形状を横棧形式と決定しました。

ただし、横棧形式は縦棧形式に比べてよじ登りしやすいため、防止策も検討されました。現地実験を行い、高欄の高さを1.2mとすること、トップレールを幅220mmとし、つかみにくい楕円形状を採用すること、さらに支柱は歩道側に約65°の傾斜を設けるとともに、横棧部材を支柱の外側に連続して配置するなどの対策により、よじ登りにくいタイプの横棧形式の高欄を採用しました。