

多摩川スカイブリッジで活躍した施工機械

上下部工一体による急速施工

山本 晃久・中島 浩平

多摩川スカイブリッジは、羽田空港と川崎市のキングスカイフロント地区を結ぶ多摩川河口の第1橋として、令和4年3月12日に開通した橋である。

工期短縮を目的として、上部工・下部工が一体となった甲型共同企業体により平成29年に工事着手した。しかし、令和元年東日本台風による河川内の土砂堆積で、再浚渫により工事が半年ほど遅れるという被害を受けながらも、作業船を中心とした河川内作業を行い、様々な制約を考慮しつつ、工事着手から約4年半という短期間で開通した本橋で活躍した施工機械について報告するものである。

キーワード：道路橋、河川内作業、台船架設、剛結構造、複合ラーメン橋

1. はじめに

多摩川スカイブリッジは、平成26年に国家戦略特別区域の東京圏の一部として指定されている羽田空港の周辺地域と京浜臨海部の連携を強化し、成長戦略拠点の形成を支えるインフラとして建設が決定された。

平成28年に都市計画変更及び自主的環境影響評価を行い、平成29年に工事を開始し、令和4年3月12日に開通した橋である。道路延長約840mのうち、多摩川渡河部は橋長約602mの鋼3径間連続鋼床版箱桁橋（複合ラーメン）、川崎側取付部は橋長約72mの鋼2径間連続鋼床版桁橋を採用している（図-1、2）。

そのうち、多摩川渡河部は、河川管理者が位置づける生態系保持空間（広域的にみた貴重な生態系を保持しようとする空間）が存在し、橋脚本体の設置はもとより工事用栈橋などの仮設構造物も設置できない範囲となっているため、作業船を用いた河川内での施工が中心となった。

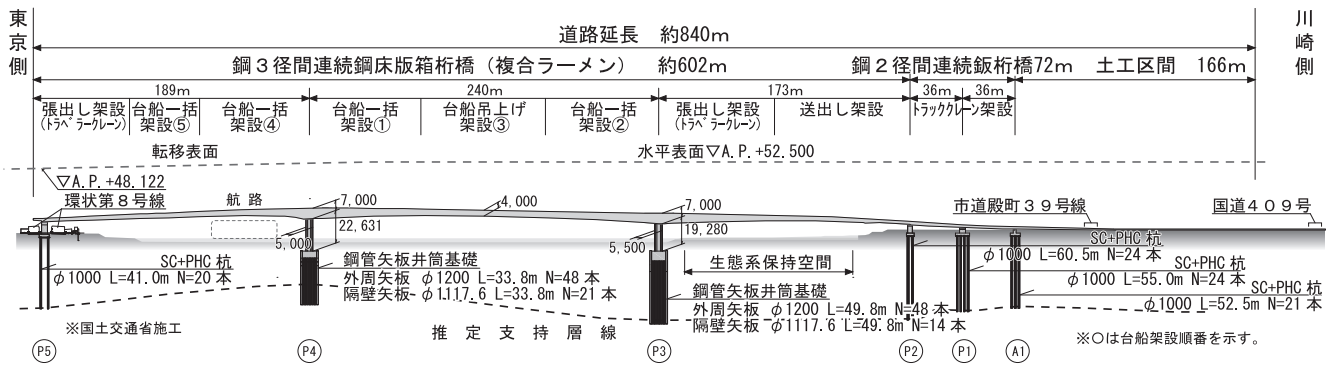
本稿は、羽田空港の航空法による高さ制限、多摩川の浅い水深と潮流、近接する環状第8号線及び生態系保持空間などの様々な制約を考慮し、工事着手から約4年半という短い期間で実施した河川内での橋梁下部工及び橋梁上部工の施工で活躍した作業船や施工機械について報告するものである。



図-1 位置図

2. 構造概要

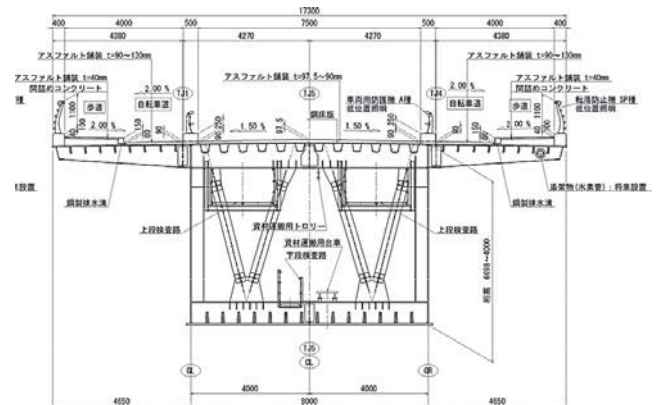
橋梁部の構造概要を表-1に、渡河部および取付部の上部工断面図を図-3、4に示す。



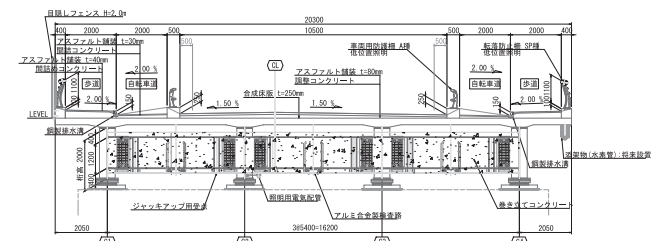
図一 2 橋梁架設図

表一 1 構造概要

路線名		川崎都市計画道路殿町羽田空港線 東京都市計画道路補助線街路第333号線	
道路規格		第4種第1級	
設計速度		V=60 km/h	
形式	渡河部	鋼3径間連続鋼床版箱桁橋（複合ラーメン）	
	取付部	鋼2径間連続鉄桁橋	
上部構造	橋長		
	〈渡河部〉 L = 602.200 m / 〈取付部〉 L = 72.000 m		
	支間長	渡河部	〈渡河部〉 182.00 m + 240.00 m + 171.75 m
		取付部	〈取付部〉 35.20 m + 35.20 m
	有効幅員	渡河部	車道
歩道・自転車道			2.0 m (歩道) × 2 + 2.0 m (自転車道) × 2
取付部		車道	0.5 m × 2 + 3.25 m × 2 + 3.00 m
		歩道・自転車道	2.0 m (歩道) × 2 + 2.0 m (自転車道) × 2
下部構造	形式	躯体	RC逆T式橋台 (A1), RCT形橋脚 (P1, P2), RC壁式橋脚 (P3, P4), RCラーメン式橋脚 (P5)
		基礎	鋼管矢板基礎 外周矢板φ1,200, 隔壁矢板φ1,117.6 (P3, P4), SC+PHC杭φ1,000 (P1, P2, P5)
	材料	コンクリート	σ _{ck} =24 N/mm ² , σ _{ck} =30 N/mm ²
		鉄筋	SD345, SD490
鋼管杭		SKY400, SKY490	



図一 3 渡河部上部工断面図



図一 4 取付部上部工断面図

川崎側には生態系保持空間が存在し、工所用栈橋などの構築ができない空間であったことから、作業船による河川内作業にて工事を行う必要があった。

そこで、作業船が工事区域に進入できるように工事区域および河口の航路部の浚渫を行う必要があった。浚渫水深は、橋梁鋼桁の台船架設が可能な A.P.-2.0 m に余掘 0.5 m を加えた A.P.-2.5 m とし、バックホウ浚渫船 4 隻を用いて約 18.5 万 m³ の浚渫を行った（写真一）。

浚渫した土砂は、底開式土運船（600 m³ 積）にて川崎市の浮島処分場に運搬し、直投にて処分を行った。

浚渫後、作業船を用いて橋脚基礎および橋脚の施工を行い、令和元年 9 月 30 日に台船架設の 1 回目を行った。しかし、令和元年 10 月 12 日に令和元年東日本台風が襲来し、航路部も含め工事区域全てが A.P.±0.0 m

3. 下部工（浚渫工，基礎工，橋脚工）

(1) 浚渫工

架橋位置は、多摩川河口 (0.8Kp) に位置し、東京湾では貴重な河口干潟が存在する場所である。そのため、全体的に水深が浅く、架橋位置の航路部（幅約 60 m）で A.P.-3.0 m 程度であるが、それ以外は A.P.-1.0 m より浅い水深であった。



写真一 干潟浚渫部での施工状況



写真二 台風襲来後の再浚渫状況

前後に埋め戻ってしまい、工事が中断した。

ここで、当初の東京オリンピックまでの開通は困難となったが、鋼桁の架設も始めており、早期供用を目指すという観点から、発注者と協議し、令和2年の台風シーズンまでに橋梁架設を完了させるという目標を立て、アユの溯上が始まる4月までに再浚渫することとした。

令和元年東日本台風の被災によりバックホウ浚渫船が全国的に不足する中、多摩川上流で工事をしていた業者にバックホウ浚渫船の融通を行ってもらった他、九州からグラブ浚渫船を回航するなど、バックホウ浚渫船4隻、グラブ浚渫船1隻で約13万 m^3 を約5か月半で浚渫し、4月からの鋼桁架設を開始した(写真一2)。

(2) 基礎工

橋梁基礎は、小判型の鋼管矢板井筒基礎で杭径 $\phi 1,200$ 、最大杭長63.0mである。架橋位置は羽田空港B滑走路の転移表面および水平表面範囲であり、A.P.+48.1~52.5mより上空に障害物が飛び出ることが許されない範囲であることから、杭打ち船を使用することができなかった。

また、多摩川河口は羽田空港A滑走路およびD滑走



写真三 鋼管矢板打設状況

路の進入表面範囲であり、A.P.+25mを超える作業船を曳航できないこと、また、水深が浅く、吃水が3mを超える作業船を曳航できないという制限があった。

当初設計では、ハーフセップ台船と中堀・圧入工法による施工となっていたが、荒天時の作業船の退避や $\phi 1,200$ の鋼管矢板を中堀・圧入できる施工機械が全国に少ないことから、作業構台を設け、200t吊クローラークレーンと高出力バイプロハンマ油圧ハンマ(IHC S-280)によるフライング打設にて施工を行った(写真一3)。

なお、河川内作業は濁水期施工(11月~5月)が基本であるが、本工事においては、河積阻害率を常時5%以下とし、荒天時の避難体制を確実にを行うことを条件に通年施工で行った。

そのため、仮設構台は河積阻害率を低下させないように鋼管矢板井筒基礎の投影面積内に収めるとともに、構台高さをH.H.W.L以上として、出水時にも器材が流されないような対策を講じた。

鋼管矢板は3本継ぎで施工し、空域制限を侵さないように施工するとともに、導杭、導材の設置と千鳥打設により精度よく施工することができた。

鋼管矢板井筒内の掘削は、井筒の安定性のため水中掘削とし、グラブバケット仕様の100t吊クレーン付台船にて行い土運船にて浮島処分場へ運搬した。切梁支保工は、作業構台上の200t吊クローラークレーンにて行い、作業足場として、井筒内に組立台船を連結して使用した。これにより短期間で、安定性の高い足場を水中上に構築することにより作業性の向上に努めた。

(3) 橋脚工

橋脚の施工は、仮設構台の200t吊クローラークレーンにて行い、鉄筋、型枠などの資材供給は1,000t積台船および100t吊クレーン付台船を用いて行った。

コンクリート打設は、配管することができない場所であることから、コンクリートプラント船(第七長崎



写真-4 コンクリート打設状況

号)を用いて行った。

このコンクリートプラント船は、1回で600 m³の打設能力があったが、その全数分の材料を積載すると吃水が深くなり、工事区域へ進入できないことから、1回当たりの打設の力を半分の300 m³とした(写真-4)。

4. 上部工

(1) 柱頭部

本橋は橋脚と鋼桁を剛結構造とした複合ラーメン構造とすることにより、中央径間が240 mと国内最大でありながら、桁高が7 mまでに抑えられ、景観に溶け込んだスレンダーな形状を実現している。また、その効果として鋼重や支承の削減により経済性、耐震性に優れた構造となっている。その剛結部の要が柱頭部であり、橋脚からの鉄筋(D51)を柱頭部の鋼桁に貫通し、コンクリートで確実に充填する必要がある。

そのため、鋼桁の架設を確実に行う必要があることから、架設には120 t吊固定式起重機船(HAKKEI-120)と200 t吊クレーン付台船を用いた。

水深が浅いため、吃水の大きな起重機船が使用できないことから、柱頭部の鋼桁はP3橋脚は12、P4橋脚は14分割して架設した。架設後に、鋼桁下フランジに設けたφ100 mmの鉄筋挿入用の孔(P3橋脚:256箇所、P4橋脚:244箇所)にD51の鉄筋を挿入、機械式継手で結合し、コンクリートプラント船で充填を行い、剛結構造とした(写真-5)。

(2) 地組・浜出し・曳航

鋼桁は、尾道、堺、和歌山の各工場で作製したものを鋼材運搬船および台船により千葉県富津港の公共岸壁まで海上運搬し、そこで最大82 mの大ブロックになるように地組立を行った。

地組立ヤードでは海上運搬した鋼桁を効率よく移動するため、多軸式台車を使用した。地組立は750 t吊と350 t吊のクローラークレーンを用いて実施した。



写真-5 柱頭部架設状況



写真-6 浜出し状況

製作した大ブロックは、3,000 t吊起重機船(富士)にて浜出しを行い、架台を艀装した4,000 t積台船に積込み、4,000 PSの曳船で川崎港まで曳航した。前述した様に多摩川の水深が浅いことから、多摩川河口で吃水の浅い800 PSの曳船に変更し、架設位置周辺まで曳航した(写真-6)。

(3) 台船架設

中央径間の240 m及び東京側径間の合計5ブロックの鋼橋架設は台船を用いて行った。架設位置は多摩川河口の0.8Kpの位置で、海の潮位の影響を受ける感潮河川であることから、5ブロックのうち、4ブロックは潮位を利用した台船架設とした。

架設日は大潮を狙って行い、満潮前に架設位置にセットし、満潮から下げ潮の間で架設した。架設後に台船に注水して、吃水を下げ、架設位置から離脱した。

1ブロックは台船吊上げ架設を採用した。これは、中央径間を3分割した真ん中であり、両方に架設済みの鋼桁があることから、鋼桁上に吊上げ設備として、200 t油圧ジャッキングホイスト8台を設置して吊上げ架設した。河川上の作業であり、船舶の動揺があるなか、吊上げジャッキのロッドと鋼桁との狭い空間で



写真一七 台船吊上げ架設状況



写真一九 送出し架設状況



写真一八 東京側張出し架設状況

のピン接合を行うことから、架設台船の正確な位置決めが要求された。

そのため、係留杭を打設し、ウインチ操作による位置決め他、緩衝用台船を用意し、正確な位置決めを努め、ピン接合を行い吊上げた。

ピン接合完了後、架設台船に注水し、吃水を下げて現場から離脱した。なお、閉合部であることから、鋼桁の継手遊間は20mmとし、仕口の接触を避けるため、仕口角度をハの字形状とした(写真一七)。

(4) 張出し架設

台船架設を行った鋼桁の両端に650t・m級のトラベラークレーンを設置し、川崎側、東京側に向けてそれぞれ張出し架設を行った。鋼桁は、地組立ヤードの富津港から架設進捗に合わせて台船にて運搬し、200t吊クレーン付台船で鋼桁上に楊重した。

東京側については、羽田空港B滑走路の転移表面にかかり上空制限があるため、クレーンブームがA.P.+49.5mを超えないように細心の注意を払って架設した。また、到達部のP5橋脚付近は、環状8号線上での架設となるため、防護工を設置するとともに、夜間の道路交通規制を行い架設を行った(写真一八)。

(5) 送出し架設

川崎側には生態系保持空間が存在するため、ベントなどの仮設備を設けることができない。そのため、P2橋脚とP3橋脚の間の172mはP3橋脚からの張出し架設とP2橋脚からの送出し架設で側径間中央で閉合する方法とした。

取付部橋梁となる範囲に送出し構台を設け、約104mの鋼桁を現地で組立てた。

通常であれば、送出し長が長く、張出し桁に向かい架設するため降下設備も大規模となるが、たわみの大きくなる手延べ機にたわみ処理装置(ジャッキによる角度調整機構)、到達側の桁上にSHLシステム(Super Heavy Lift System)の採用により、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、降下設備の規模を縮小した(降下量は平均で0.5m)。

また、長支間の送出しとなることから、送出し時の精度と安全性確保のために、横移動防止装置を配置し「送出し長・各支点反力・横ずれ量」を集中管理室にて一元管理した(写真一九)。

5. その他

河川内作業ではないが、取付部橋梁(2径間連続鈹桁橋)や東京側の遊歩道に接続する階段工、川崎側の取付道路および国道接続部の道路改良を行った。

取付部橋梁は、2径間の連続鈹桁橋で橋脚基礎は約50mのRC+PHC杭で、クローラ式杭打ち機による中掘工法で施工した。橋脚はRC構造で、上部工の施工は桁のI型鋼や合成床板の設置などは500t吊クローラークレーンにて行った。

東京側の階段工の基礎は、多摩川の防潮堤を挟んだ遊歩道と環状8号線隣接部に設置するため、作業ヤードが狭隘であることから、基礎杭は場所打ち杭とし、



写真-10 階段工基礎（TBH工法）施工状況

大口径ボーリング工法の1つであるTBH工法（トップドライバース工法）にて施工を行った。

杭径は $\phi 1,500$ で杭長は約50mであったが、大きな揚重機が使用できないため、鉄筋かごの挿入におけるかごの分割数や鉛直精度確保を慎重に行った。

取付道路は、逆T擁壁と重量式擁壁による盛土構造である。

逆T擁壁はレベル2地震動対応とし、取付部と同様にPHC杭による杭基礎構造でクローラ式杭打機による中掘工法で施工した。また、盛土部は道路沈下対策として、 $\phi 3,500$ の高圧噴射攪拌工法で格子状改良を行った。既設下水道管や高圧電力線の埋設を考慮した施工のため、地盤変状に気を付けながら施工をおこなった（写真-10）。

6. おわりに

本工事は、平成28年に都市計画変更、平成29年に設計施工一括発注と計画が完全に固まらない中、設計と施工を並行して進めてきた。また、空域制限や生態系保持空間の存在など大きな制約がありながら、その時点における効率的な施工機械や作業船の選定および調達を行ってきた。

さらに、令和元年東日本台風による埋戻りと再浚渫という想定外の事象が起こり、浚渫船の調達や地組ヤードの占用期間の延長や工程変更による大型機械の再確保など、1工事にしては数多くの作業船や施工機械を使用している状況であったため施工計画の立案と



写真-11 開通直前の多摩川スカイブリッジ

実施にかなりの労力を要した。そんな状態でありながらも、大きなトラブルもなく着工から約4年半という短期間で開通することができた（写真-11）。

この短期間の施工を成立させた大きな要因として、施工機械調達や配置計画の成功があげられると考える。

日々の状況変化に臨機応変に対応してもらったJV職員とその要望に応え対応し施工機械を調達して頂いた協力会社の方々に感謝の意を表したい。

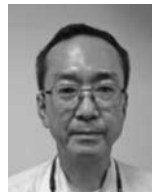
JICMA

《参考文献》

- 1) 本田, 山本: 中央支間240mの複合ラーメン橋の設計施工, 土木施工, vol.60, pp.68-71, 2019.4
- 2) 室水, 陶山, 山本:(仮称) 羽田連絡道路渡河部橋梁の施工状況報告, 橋梁と基礎, vol.55, pp.48-49, 2021.3
- 3) 鈴木, 本田, 徳永, 榎本, 須藤, 神出: 多摩川スカイブリッジの計画・設計, 橋梁と基礎, vol.56, pp.13-18, 2022.1
- 4) 鳥羽, 丸田, 森, 中島, 山下, 山本: 多摩川スカイブリッジの施工, 橋梁と基礎, vol.56, pp.19-24, 2022.1

【筆者紹介】

山本 晃久 (やまもと てるひさ)
五洋建設㈱
土木本部 土木技術部
専門部長



中島 浩平 (なかじま こうへい)
日立造船㈱
機械・インフラ事業本部
鉄構・防災ビジネスユニット 企画部
副部長

