

# 河川上の首都高速直下をくぐる歩行者専用橋の設計・施工 -大手町二丁目地区（再）日本橋川橋梁その他築造工事-

## Design and Construction for Pedestrian Bridge through under Shutoko(Metropolitan Expressway) over the River

平田 学\*1 上代 真之輔\*2  
Manabu Hirata Shinnosuke Jyodai

### 要旨

本報告では、UR 都市機構を代表施行者とする東京都千代田区・大手町地区の再開発事業の一環として、日本橋川河川内に首都高速地下トンネルと近接し PC ウェルで施工した下部工と、首都高速高架橋の狭い桁下空間に送出し架設した上部工(橋名：竜閑さくら橋)の概要と、設計・施工時の工夫について報告する。

キーワード：近接施工 PC ウェル 送出し架設

## 1. はじめに

JR 東京駅に近接する大手町地区は、江戸時代には武家屋敷が連なり、明治以降は旧大蔵省等が建ち並ぶ官庁街として整備されてきた。そして高度経済成長期を経て今は国際的ビジネス拠点として日本のビジネスシーンを代表する地区となっている。現在大手町地区は、高度経済成長期に整備した施設が更新時期を迎えており、既存建物の更新と併せた再開発事業により、新たなグローバルビジネスの戦略拠点として生まれ変わろうとしている。大手町二丁目においても地区内に広場状空地等を設け、にぎわいと回遊性のある都市空間の創出を図る第 1 種市街地再開発事業が施行されている。

本再開発事業の一環として整備される日本橋川橋梁（以下、本橋）は、都市再生特別地区の地区外公共貢献施設として一級河川日本橋川上空に架設する歩行者専用橋である。



図 1 日本橋川橋梁と歩行者ネットワーク

本再開発事業では、地上 35 階と 32 階の 2 棟のオフィスビル（延床面積 34.0ha、高さ 179m）が計画されており、本橋は、これらに 2 階で直接アクセスが可能な構造となっている。本橋の架設位置付近は、アトリウムのある「北ゲートプラザ」が計画されており、本橋が神田側から渡ってくる利用者の目印となり、あわせて大手町二丁目地区の拠点となる「西ゲートプラザ」にアクセスするセントラルプロムナードとなることで緑ゆたかで快適な歩行者空間が創出される。

また、本橋が整備されることにより日本橋川で分断された大手町・神田・日本橋の 3 地区が連携し、先行整備された接続する大手町川端緑道と併せた歩行者ネットワークの拡充をもって、地区および周辺の通勤や来訪者の利便性が向上することが期待される（図 1）。

本工事は、高架橋の首都高速都心環状線（以下、都心環状線）と地下トンネルの首都高速八重洲線（以下、八重洲線）に近接することに加えて、本橋が接続するオフィスビル建築工事と輻輳して上下部工の施工を行う条件となっていた。

本報告では、工事ヤードが厳しい空間的制約を受ける条件で施工した下部工（PC ウェル）と上部工（送出し架設）の設計・施工の事例について報告する。

## 2. 工事概要

本工事は、千代田区・中央区の特別区道第 850 号線および中日第 344 号線として、日本橋川上空を跨ぐ橋長 122.038m、総幅員 7.0m（有効幅員 6.0m）の 3 径間連続鋼床版箱桁・鉸桁橋を架設する工事で、あわせて日本橋川防潮堤と大手町側右岸の川端緑道の一部、および日本橋川橋詰広場を整備するものである。工事諸元を表 1 に、全体平面と断面を図 2 に示す。

\*1 東京本店 土木部 \*2 技術本部 土木技術部

表1 工事諸元

工事件名	大手町二丁目地区(再)日本橋川橋梁その他築造工事
施工箇所	大手町二丁目地区
発注者	独立行政法人 都市再生機構
施工者	株式会社 鴻池組
工期	平成26年7月11日～平成30年3月10日
歩行者専用橋工事	
橋梁下部工	場所打ち杭φ3000 L=17.5m~18.5m N=2本(P1,P3)
	場所打ち杭φ2500 L=19.5m N=1本(P4)
	場所打ち杭φ1000 L=17.5m~21.0m N=2本(P5,P6)
	PCウエル φ2500 L=25.0m N=1本(P2)
橋梁上部工	3径間連続鋼床版箱桁・鉄桁橋 W=7.0m L=122.038m 鋼重量333t
日本橋川護岸改修工事	
護岸工	鋼管矢板φ1500 L=23.5m N=12本
神田側橋広場整備工事	
橋詰広場整備工	一式
付帯設備工	一式
設備工事	
昇降機棟	2基
電気設備工	一式
取付道路撤去復旧工事	
歩行者専用道路	一式
補助98号線	一式

### 3. 上部工の設計

本橋は、図2に示すように日本橋川および八重洲線地下トンネルに対し斜角を持って横断する位置関係にあり、渡河部の支間割りを単径間とすると支間長が約90~100mに及ぶ。一般に支間長が長くなると、トラス橋、ランガー桁橋等の橋梁形式が選定されるが、いずれも桁高が10m程度必要で、日本橋川上の都心環状線との空頭制限（橋面からの離隔8.0m）より適用できない。このため、渡河部の支間割りは2径間とし、河川管理者との協議により河積を阻害しない死水域設定線と八重洲線を覆う石積み護岸との間に橋脚を設置する計画とした。

支間割りは、渡河部となるP1~P2間を54.4m、八重洲線交差点となるP2~P3間を40.7m、オフィスビルとの接続区間となるP3~P4間を20.9mとした(図2)。橋梁形式は、都心環状線の下を通過するP1~P3間は空頭制限をクリアできる箱桁形式を採用し、P3~P4間は経済性で優位な鉄桁形式とした<sup>1)</sup>。箱桁断面は、主桁幅を広げるとともに、ウェブを斜めにして下フランジ端部の位置を高くし、フランジ下に曲面の入った六角形断面とした。これにより、都心環状線の箱桁とのデザインの差別化と、鋼床版張出し部の疲労損傷リスクの低減を図っている。また、桁内空間の拡大と渡河部の化粧パネルの省略により、主桁の外観・桁内点検を容易に行える構造とした(図3、写真1)。

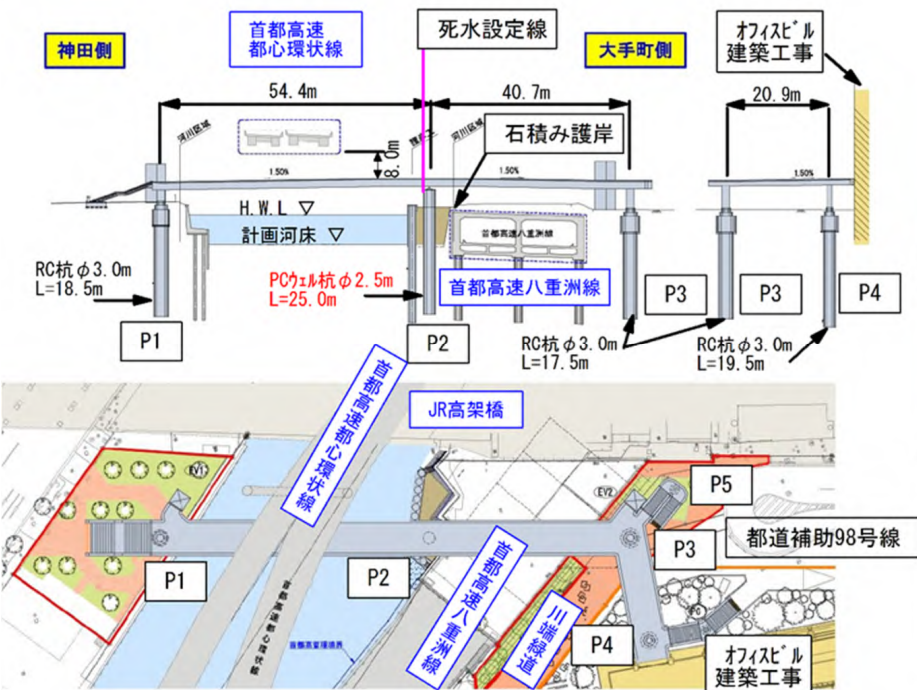


図2 全体平面と断面

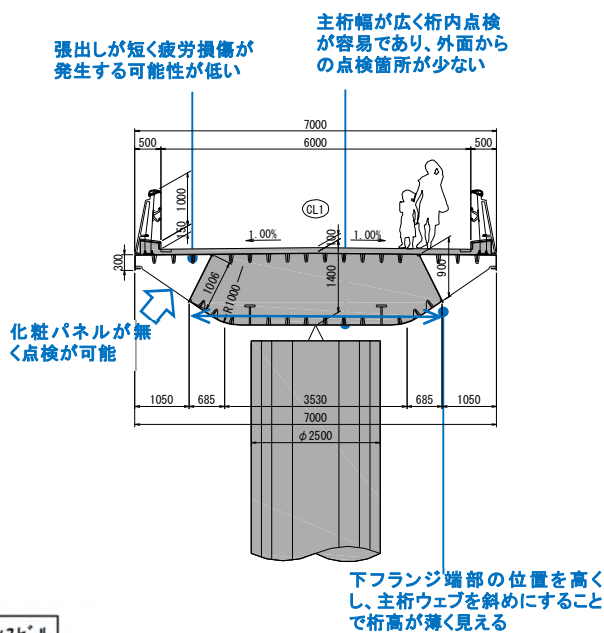


図3 箱桁断面

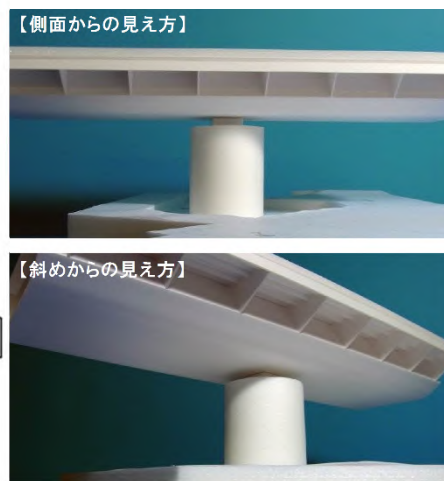


写真1 六角形断面の検討模型



## 4. 下部工（PC ウェル）の設計・施工

### 4.1 下部工の工法選定

日本橋川河川内に設置する下部工（以下、P2 橋脚）は、八重洲線地下トンネルと石積み護岸に近接する位置での施工となるため、死水域設定線を越えずに両構造物から 1D（杭径）以上離れた位置とし、基礎掘削時の両構造物への影響を抑制している（図 4）。

また、八重洲線地下トンネルは、上載荷重  $10\text{kN/m}^2$  の荷重制限があり、頂部に重機を onboard して陸上から施工することは困難であるため、P2 橋脚の基礎形式は、河川内からの施工が可能かつ近接構造物への影響が少ない工法から選定する必要があった。基礎形式としては、ケーシングパイプにより孔壁の崩壊を防止できるオールケーシング工法による場所打ち杭（ $\phi 3,000$ ）と PC ウェル本体を連続して圧入することで孔壁を防護する PC ウェル工法（ $\phi 2,500$ ）の 2 工法を挙げ比較検討した。両工法ともに河川内に油圧ジャッキの反力を支持する仮設の鋼矢板・鋼管杭上に反力架台を設置すれば、河川内からの施工は可能である。オールケーシング工法は、全周回転掘削機が大きく重量も重いため仮設の反力架台のコストが高くなり、構造性能も場所打ち杭最大径（ $\phi 3,000$ ）としても降伏曲げモーメントが PC ウェルには及ばない結果となった。このため、基礎形式は、経済性、構造性能で優れる PC ウェル工法を採用した。

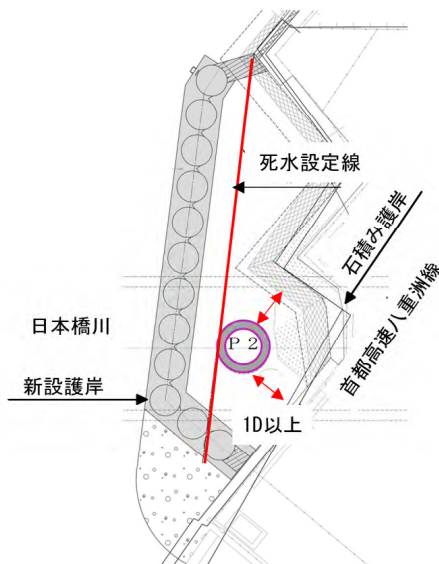


図 4 P2 橋脚と死水域設定線

### 4.2 圧入反力支持用鋼矢板・鋼管杭の施工

PC ウェル工法の施工には、PC ウェル設置箇所周囲に油圧ジャッキの圧入反力を支持する仮設の  $5.0\text{m} \times 5.0\text{m}$  の反力架台を設置し、その上で PC ウェル支持圧入装置（支持圧入力  $400\text{t}$  級）を固定する必要がある。反力架台工の施工に

先立ち河川内で磁気探査を実施した結果、反力架台設置箇所八重洲線地下トンネル構築時の仮設鋼矢板が残置されていることがわかった。このため、反力架台の設置は、残置鋼矢板部と石積み護岸部における鋼矢板の打設方法と施工後の引抜きに伴う地盤変状対策が課題となった。

八重洲線地下トンネル施工時の残置鋼矢板は、引抜きによる撤去は困難であったため、鋼矢板を切削しながら打設可能な「ジャイロプレス工法」（先端ビット付鋼管杭回転圧入工法）を採用した。ジャイロプレス工法は、鋼管杭を打設する工法であるため、八重洲線側の反力架台については鋼矢板から鋼管杭に変更した。PC ウェルの施工完了後、この鋼管杭を残置して影響遮断壁とし、反力架台の仮設鋼矢板引抜きに伴う地盤変状による八重洲線への影響を防止することができた。

石積み護岸については、反力架台の鋼矢板圧入時に石積み基礎を切削するため、石積み護岸の前面に一次仮締切りを設置して護岸としての機能を維持できるように工夫した。また、鋼矢板の圧入は、埋土の下に洪積層が堆積しているため、硬質地盤で確実に鋼矢板を圧入できる「クラッシュパイラー工法」を採用した。PC ウェル反力架台の手順を図 5 に示す。図 6 に施工断面図、写真 2 に反力架台の完了写真を示す。

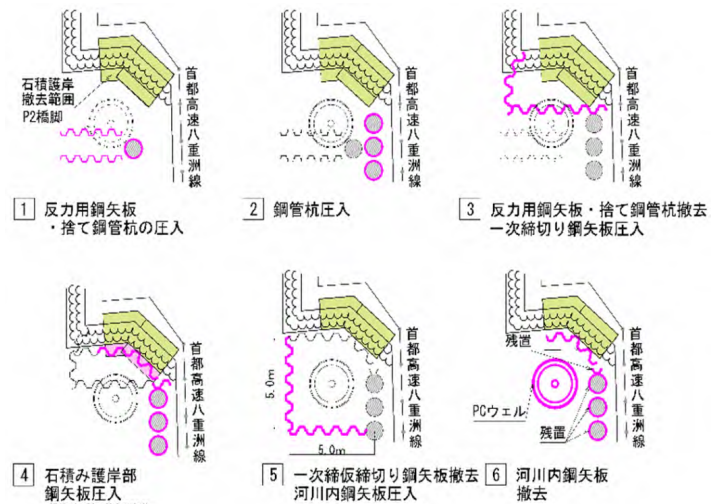


図 5 PC ウェル反力架台施工手順

### 4.3 PC ウェル河川内の施工

反力架台と PC ウェルの施工は、主要機械である  $50\text{t}$  吊レスコピッククローラクレーンを上載するクレーン台船、資機材を運搬する支援台船  $60\text{t}$  級台船（2 艘）、 $40\text{t}$  級台船、警戒船、引船からなる船団が必要であった。現地の近くの日本橋川に架かる常盤橋の改修工事により川幅が規制されており、施工箇所まで船団を曳航させることは不可能であ

ったため、台船は陸送した組立式のユニフロートを現地の河川内で連結する組立台船とした。右岸側は八重洲線の荷重制限、整備済みの川端緑道があり、クレーンの配置や車両による資機材の搬入が困難であった。一方、左岸側は、クレーンの配置が可能で、都心環状線の高架橋にクレーン作業が干渉しない空地が日本橋川沿いにあり、この空地を組立台船の組立ヤード、PC ウェル施工時は資機材の供給ヤードとして使用した。クレーン台船は、20分割したフロートを河川内で組み立てて12.7m×21.5mの台船とした。クレーン台船上に載せる50t吊テレスコピッククローラークレーンは、400t吊オールテレーンクレーンにて揚重し、台船に吊り下ろした。

反力架台とPC ウェルの施工箇所は、都心環状線と既設護岸に挟まれた空間となっている。首都高との協議により、都心環状線の箱桁側面とクレーンブームとの離隔は1.5m以上とすることになっていることに加えて、日本橋川は、約2.0m程度の潮位変動があり、それに伴いブームと都心環状線の高架橋との離隔に変化が生じる問題があった。そこで、レーザー光で面状にスキャニングしてバリアを作り、バリアに侵入する物体を検知して警報を発令する安全監視システムを採用し、都心環状線の高架橋とブームとの離隔を管理した。バリア面は、都心環状線の橋軸直角方向と八重洲線の川側側面に構築した(図7)。また、クレーン台船上の50t吊テレスコピッククローラークレーンにはブームの先端にレーザバリアを設置し、クレーン先端の平面半径1.5m内に物体が近づくと検知するように設定して、万全の体制で施工を実施した。PC ウェルは、1ブロック当たり長さ2.5m(トータル10ブロック)に分割し、分割したPC ウェルブロック上に圧入装置を設置し、掘削・圧入を繰り返してPC ウェルを構築した(写真3)。

#### 4.4 PC ウェル施工時の計測管理

P2 橋脚は、八重洲線地下トンネルとの近接程度が制限範囲Ⅲという最も厳しい領域となっているため、施工前に管理者である首都高と近接協議を実施した。八重洲線地下トンネルが陸側から河側へ偏土圧を受けており、PC ウェル施工時の掘削に伴う地盤変形の影響が懸念されたため、八重洲線地下トンネルに対し、2次元弾性FEM解析によりPC ウェル施工時のステップ解析を行った。その結果、八重洲線地下トンネルの予測変位は一次管理値内(最大水平:0.3~0.7mm<管理値1.5mm、最大鉛直:0.1~2.4mm<一次管理値2.5mm)<sup>2)</sup>であることを事前に確認した(図8)。PC ウェルの施工時は、既設護岸や八重洲線地下トンネルに固定式傾斜計、連通管式沈下計およびトータルステーションにて位置を計測するための測点プリズムによる計測システムを構築

し、常時自動計測をすることで両者の挙動を監視し、施工完了まで八重洲線地下トンネルに影響を与えなかったことを確認した。

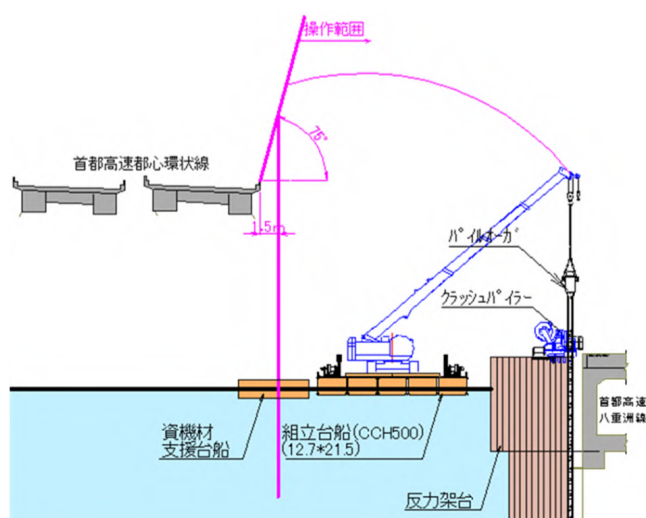


図6 PC ウェル反力架台施工断面図



写真2 PC ウェル反力架台



写真3 P2 橋脚 PC ウェル工法の施工状況





図7 PC ウェル施工時の計測・監視体制

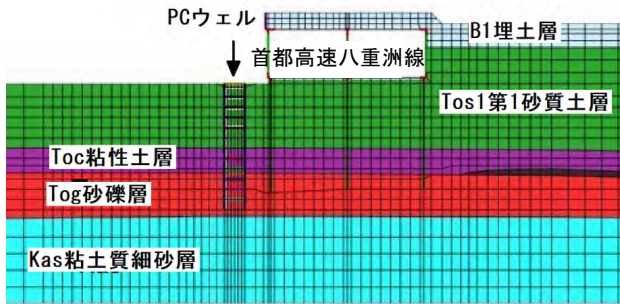


図8 FEM 解析断面

#### 4.5 新設防潮堤の施工

PC ウェルの圧入完了後は、引き続きクレーン台船を使用し、右岸側の新設防潮堤の施工を実施した。近接する八重洲線地下トンネルへの影響が少なく、河川内から施工が可能なジャイロプレス工法(鋼管杭回転圧入工法)を採用し、鋼管杭の打設を行った。ジャイロプレス工法で施工可能な鋼管杭の最大径は $\phi=1.5\text{m}$ 、最大板厚  $t=29\text{mm}$  であり、この施工条件に基づいて設計したところ、背面土圧の軽減が必要となったため、HWL 以下を中詰固化土 ( $\gamma=15\sim 17\text{kN/m}^3$ )、それ以上を軽量盛土 ( $\gamma=11\text{kN/m}^3$ ) で埋戻し

た。鋼管杭打設後の被覆コンクリートは、プレキャスト製品を用いて工程短縮と品質の向上を図った。

## 5. 上部工の施工

### 5.1 架設工法の選定

現地状況においては、日本橋川河川内や荷重制限のある八重洲線地下トンネルの頂部には、架設ベントを設置することができない。また、クレーン台船による一括架設、ケーブルクレーン鉄塔を設置する工法は、都心環状線の上空制限により、適用は不可である。そこで隣接オフィスビルを施工中の建築工事車両の動線確保などの課題はあったが、橋梁終点側となる右岸側の P3 部に接続している都道補助 98 号線の片側車線を規制して施工ヤードとすることにより、今回の施工条件に適合する架設工法として、送出し工法を採用した。

### 5.2 送出しヤードと P2 橋脚ベントの工夫

送出しヤードは、送出し時の桁の安定計算より、延長が 45m 以上必要となったが、P3 橋脚から建築工事用ゲートの間では必要長を確保できないため、2 つのゲートと交差する作業構台構造でヤード延長の 64m と、車両通行の空間高さ 5.2m を確保した。建築工事用ゲートとの交差部は、架設桁により桁下の空間高さを確保し、車両が通行しない箇所については、H 型鋼の梁およびベントを支柱とする作業構台を構築した。また、車両軌跡図から求めた架設桁の支間長が約 17m と 24m のロングスパンとなったため、桁材には剛性の高い I-956×300 を使用した (図 9)。また、送出し施工時の安定確保のため、P2 橋脚にベントを設置して中間支点として機能させる必要があったが、新設防潮堤の上載荷重制限により直接地面でベントの反力を支持することができないので、P2 橋脚上で反力を受けさせるためにベントの構造を工夫し、左右の斜材と水平材で荷重を橋脚に伝達する構造とした (図 10、写真 4)。

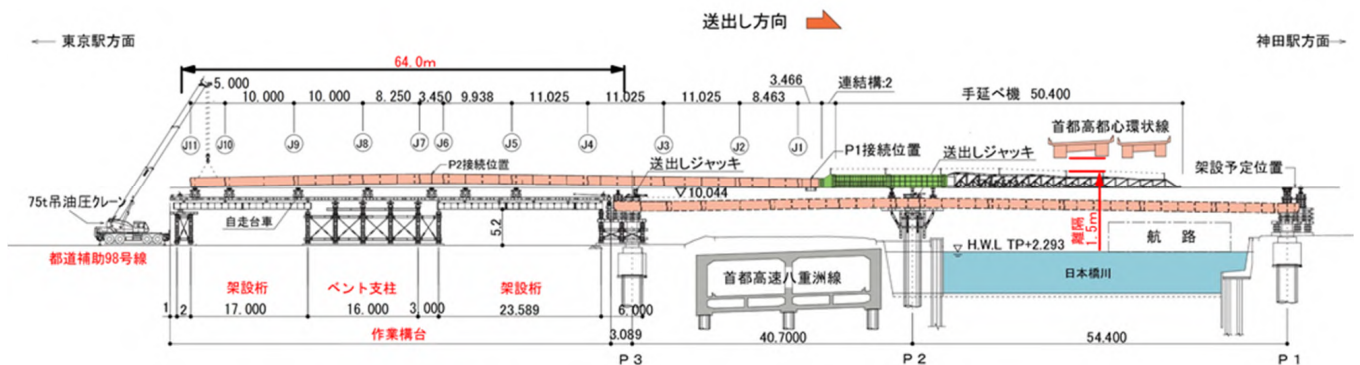


図9 送出しヤード(作業構台) 概要図

### 5.3 箱桁の組立と送出し工法

架設する箱桁の組立は、工場で製作した幅 3.5m×長さ 10m に分割した桁材を、送出し方向と逆側の作業構台妻部に設置した 75t 吊油圧クレーンで約 50m 分（1 径間分）の仮組みを行った（図 9）。軌条桁延長を 1 径間延長（約 50m）より長い 64m と設定したため、仮組みした 1 径間分の箱桁を上載することが可能となり、1 径間ごとに本溶接やキャンパー調整、塗装の管理を行うことができたことにより、出来形と品質を確保した。また、送出し工は、P2 と P3 に 200t ジャッキを配置して、1 ストローク当たり 1m を 10 回繰り返して、1 日の最大送出し量を 10m として施工した。送出しは、延べ 26 回で架設した。

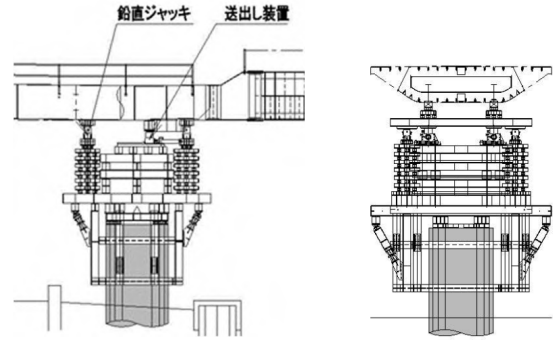


図 10 P2 橋脚上設備側面図および断面図

### 5.4 送出し工法施工時の計測管理

送出しヤードを作業構台方式としたため、都心環状線の高架下と送出し施工時の箱桁上面との離隔が首都高速との近接協議で確認した最小安全離隔距離（1.5m）と同値になった。このため、送出し施工時の徹底した計測管理が必要となった。桁本体と送出し台車の移動、桁連結や橋脚支点到達、台車の撤去などの荷重条件の変化に応じて送出し施工を 51 の STEP に分割し、各 STEP における P1～P3 の支点反力、手延べ機・箱桁のたわみ量を事前に算出した。送出し施工時の計測管理は、事前に算出した各橋脚の支点反力と手延べ機の手延べ機先端変位量、手延べ機到達後は箱桁先端の変位量について解析値との対比を行い、送出ししている桁が都心環状線の高架下との最小離隔 1.5m 以上を確保しているかを確認する方法で実施した。また、支点反力の測定は、鉛直ジャッキの荷重計を用いて測定し、工事事務所に設置したモニターに測定結果を表示して、常時、監視できる体制で施工した。箱桁先端の挙動はトータルステーションとレベル観測により、水平・鉛直位置の管理を日々実施し、都心環状線との最小離隔 1.5m 以上の確保を厳守して送出し架設を施工することができた（写真 5、写真 6）。



写真 4 P2 橋脚部のベント



写真 5 首都高直下を通過する手延べ機



写真 6 架設完了全景

## 6. おわりに

本工事は、施工の制約が多い条件下での設計・施工一括方式の工事であった。工事計画全般にご指導を頂いた発注者の UR 都市機構様をはじめとした皆様のご協力により無事竣工を迎えることができた。関係各位に謝意を表す。竜閑さくら橋は、平成 30 年 3 月 23 日に開通式を迎え、オフィスビルと接続する民間管理部分を除き、供用が開始された。この橋が大手町地区・日本橋・神田を連携する新たな歩行者ネットワークとして地域の活性化に貢献することを期待する。

### 参考文献

- 1) 海老原竜司、仁保夏妃、神田勇二、上代真之輔、菅原栄進、太田泰弘：竜閑さくら橋の計画および設計、橋梁と基礎、pp. 25-29、2017. 12
- 2) 海老原竜司、関悟志、仁保夏妃、平田学、辰巳寛人：竜閑さくら橋の施工、橋梁と基礎、pp. 31-36、2017. 12