

高速道路橋を2週間の通行止めで架け替え

～～首都高速1号羽田線高速大師橋約300m区間のリニューアル工事～～

架設小委員会

佐藤友明 和氣弘幸 石割大貴 白谷浩一 箭原大祐

1. はじめに

多摩川にかかる首都高速1号羽田線高速大師橋は(図-1)、1968年11月の開通から50年以上が経過し、1日約8万台もの自動車交通による過酷な使用状況などから、橋梁全体に1,200か所以上の疲労き裂が発生していたため(図-2)、構造物の長期的な安全性を確保する観点から疲労損傷が発生しにくく、長期の耐久性と維持管理性を備えた橋梁へ架け替えを行うこととなった¹⁾。

更新工事は、重交通路線である首都高速1号羽田線の交通への影響のほか、一級河川・多摩川や近隣の住居に対する工事期間中の影響の軽減も求められたことから、既設橋の下流側に新設橋を架設し、壁高欄・基層舗装を施工した後、既設橋と新設橋を上流側にスライドさせる横取り一括架設工法を採用し、通行止め期間わずか2週間で重さ約4,500t(新設橋、付属物含む)、長さ292mの橋梁を一挙に架け替える方法が取られた。

本稿では、上部工の架け替え工事について報告する。

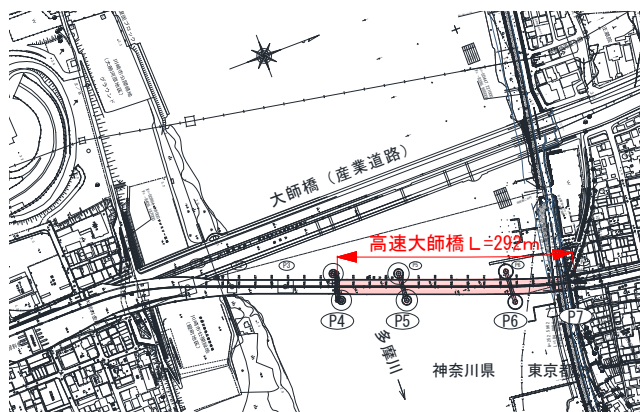


図-1 現場位置図

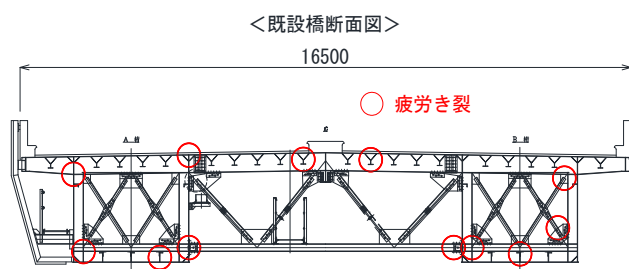


図-2 疲労き裂発生状況¹⁾

2. 工事概要

本工事の概要および新設橋の構造一般図(図-3)を以下に示す。

工事名：高速大師橋更新事業(工事)

工事場所：東京都大田区羽田二丁目、羽田三丁目
神奈川県川崎市川崎区殿町一丁目

工期：2017年6月28日～2025年5月31日

橋長：292.031m

支間長：78.816m+132.012m+79.504m

幅員：18.2m

構造形式：3径間連続鋼床版箱桁ラーメン橋
(P5, P6橋脚剛構造)

鋼重：約4,100t

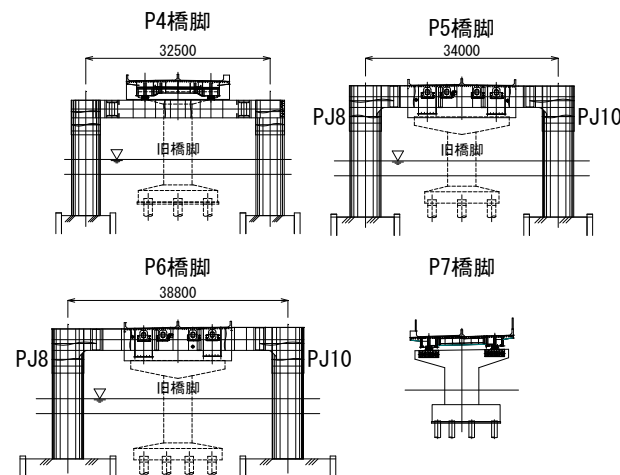
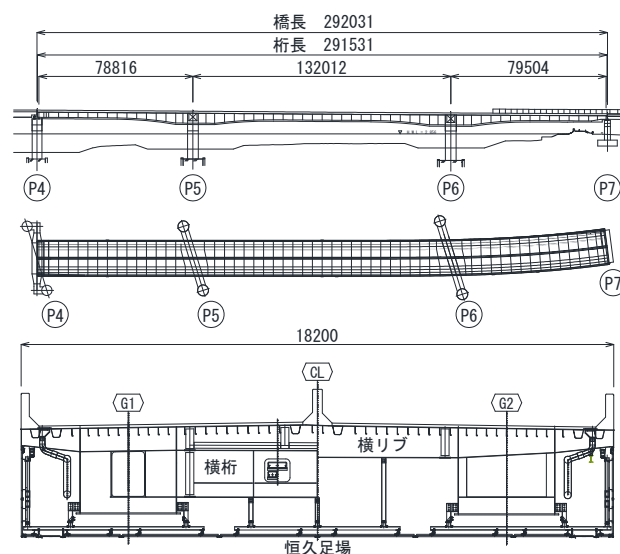


図-3 新設橋一般図

3. 橋梁概要

既設橋は3径間連続鋼床版箱桁橋であったが、新設橋は耐久性確保と維持管理性の観点から3径間連続鋼床版箱桁ラーメン橋に変更している(図-3)。さらに、疲労き裂などの損傷を防止し、耐久性を向上させるため、車道部は開断面リブとし、主桁と横桁(横リブ)との接合部は全断面溶接とフィレット構造を採用した。また、維持管理を容易にするため恒久足場を備えることとした。

橋梁の架け替えにともない橋脚も全て更新した。河川内の橋脚(P4~P6)はT型RC単柱橋脚から鋼・RC複合門型ラーメン橋脚に変更し、新設橋脚の上下流側に新たに基礎と柱を建設した。上部工と橋脚の継手(現場溶接)は横取り時に既設橋脚と干渉しない位置に設定した(図-4)。

P4, P7は一旦仮受け構造で上部構造を仮受けした状態で、既設橋脚を撤去して新設橋脚を構築する施工手順である(図-6, 7)。なお、陸上部のP7のみ更新後もT型RC単柱橋脚のままとしている。

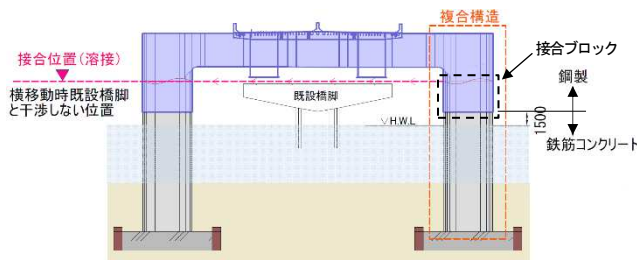


図-4 橋脚構造 (P5, P6)

4. 架け替え工事の概要

首都高速1号羽田線の長期の通行止めは周辺道路へ膨大な交通影響を及ぼす。また、路線に沿って住居が密集していることや、多摩川右岸には仮設物等の設置ができない生態系保持空間が設定されていることなどから迂回路を設置できなかった。このため、横取り一括架設工法により短期間(2週間)の高速本線通行止めで新旧橋梁を入れ替えて架け替えることとなった。

本工事の施工ステップを図-5に示す。

STEP1: 供用中の既設橋の上・下流側に新設橋脚を施工する。平行して橋梁を横取りするためのベント設備を設置する。

STEP2: 既設橋の下流側のベント設備上に新設橋を架設する。

STEP3: 高速本線の通行止めを行い、既設橋を上流側に横取りする。

STEP4: 続けて新設橋を横取りし、橋脚の接合、舗装等の橋面を仕上げ新設橋の供用を開始する。

STEP5: 河川内において既設橋、既設橋脚およびベント設備の解体と恒久足場を設置して工事完成。

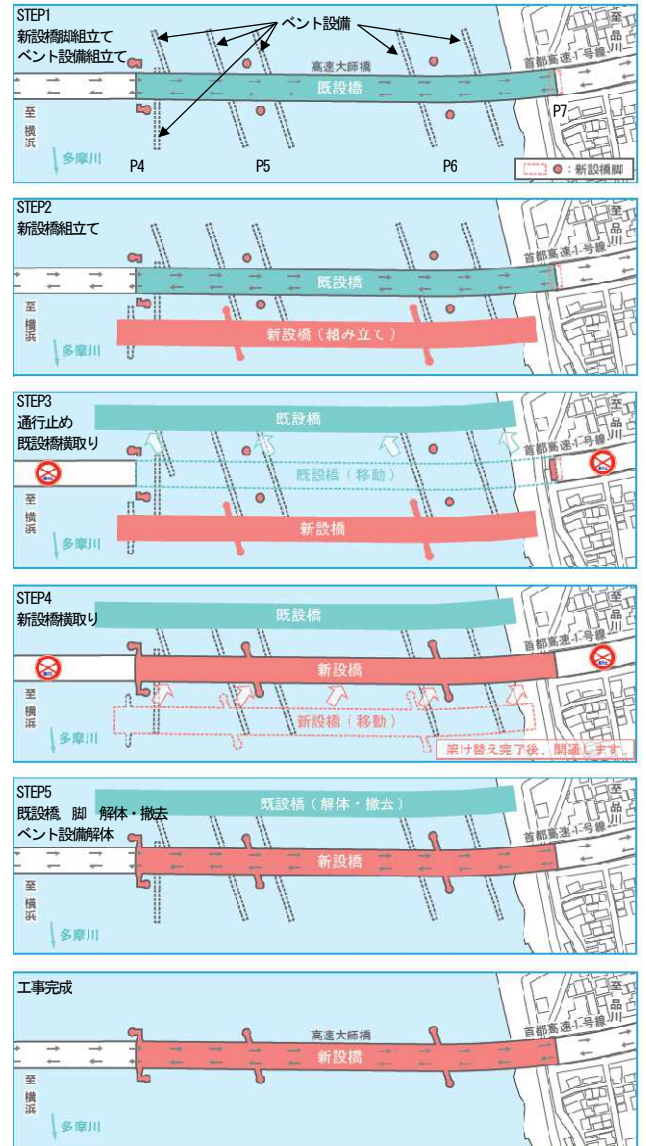


図-5 施工ステップ¹⁾

5. 仮受け構造

本工事では既設橋を供用しながら橋脚を造り替えるため、端支点の橋脚(P4,P7)で隣接のPC上部工も一時的に支える仮受け構造が必要であった。そのため、P4,P7橋脚位置でそれぞれ既設橋脚と干渉しないように仮受け構造を施工し、段階毎に上部工の受け替えを行った。

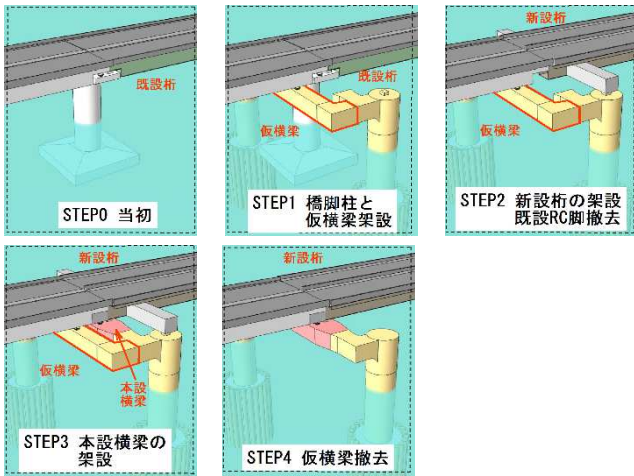


図-6 P4 橋脚受け替えステップ

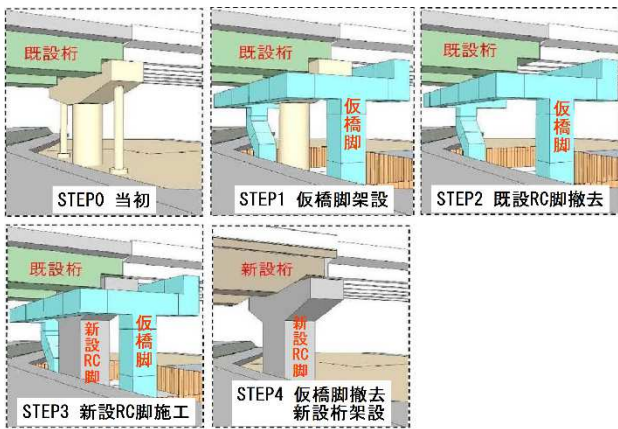


図-7 P7 橋脚受け替えステップ

6. 新設橋の架設

6.1 架設工法

河川上の P4~P6 間は河積阻害率低減のためベント設備を削減できる大ブロック台船リフトアップ架設を採用した。また、道幅が狭くて大型車が通行できない区道や近隣に住宅が密集する P6~P7 間は、河川から部材供給できるトラベラークレーン架設を採用し、現場条件・周辺環境に適合させた (図-8)。

6.2 台船リフトアップ架設

P5~P6 (約 1,900t), P4~P5 (約 1,300t) の2つの大ブロックを東京湾内の別所で地組立てを行い、3,700t 吊起重機船で 6,000t 積級台船に積込み (写真-1)、現地まで曳航した (図-9, 写真-2)。その後、台船に搭載した 12 台のリフター (合計能力 3,400t) による約 2m のジャッキアップと、潮位および台船のバラスト調整を利用してベント設備上に架設した (写真-3)。

(1) 台船の曳航

多摩川河口から架設地点までの台船の曳航にあたっては、①浅い水深②多摩川スカイブリッジ桁下の通過が課題であった。

浅い水深に対しては河口から架設地点までの河床を浚渫することで必要な水深を確保したが、なるべく潮位が高い時間に曳航できるようにタイムスケジュールを

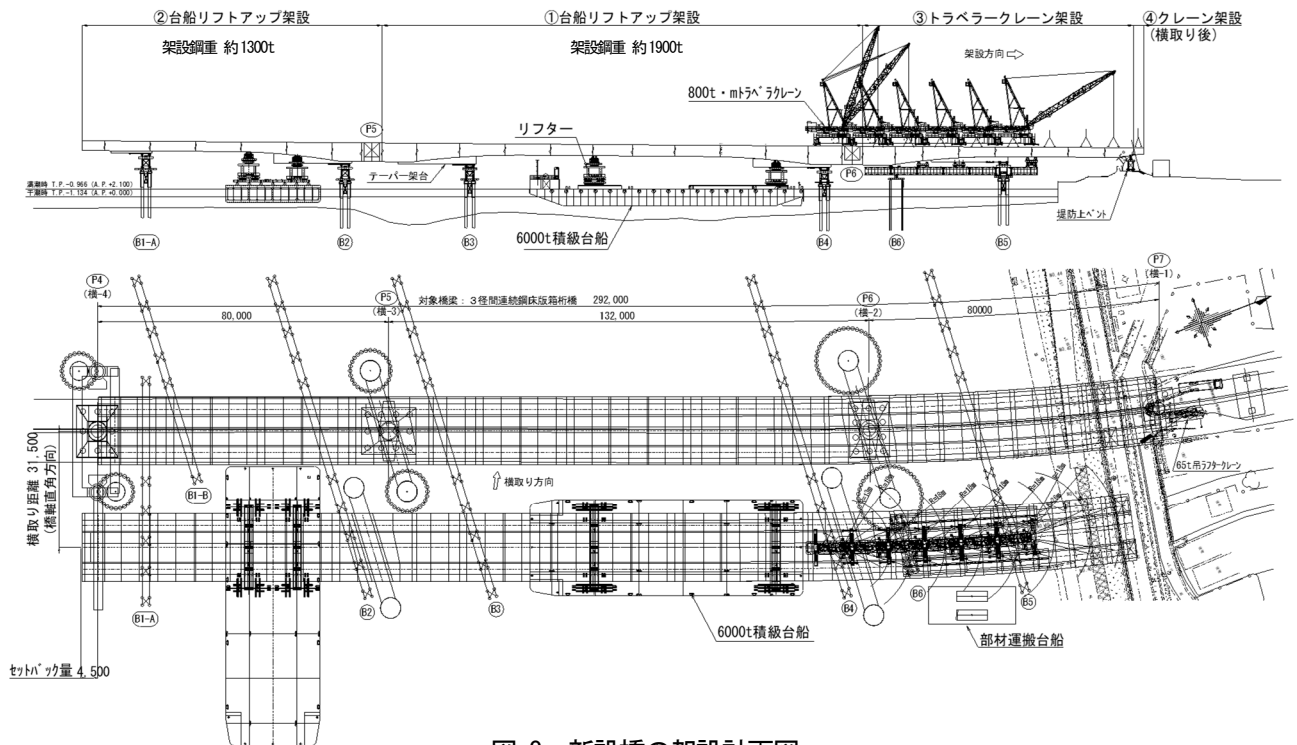


図-8 新設橋の架設計画図

検討し、浚渫を必要最小限に留めた。潮位と河床高および台船の吃水の関係を図-10 に示す。

曳航に必要な時間内に維持可能な最低の潮位を A.P.+1.5 として設定し、台船の吃水 2.5m と余裕 0.5m を考慮して浚渫深さは A.P.-1.5 とした。

一方で、河口から架設地点までの経路上には先に供用を開始した多摩川スカイブリッジがあり、上記の条件では桁下高さが不足して通過できなかった。そのため、桁

下通過時は台船のバラスト調整により吃水を 2.9m まで深くしたうえで、潮位が A.P.+1.0 に下がるのを待って桁下を通過した (図-10, 11)。桁下通過後にバラスト水を排出し、再び潮位が A.P.+1.5 に回復する翌日を持ってから架設地点までの曳航を再開した。なお、多摩川スカイブリッジの上下流周辺は A.P.-2.5 まで深堀りし、潮待ちとバラスト調整の際に係留可能な待機水域を確保した (図-9)。

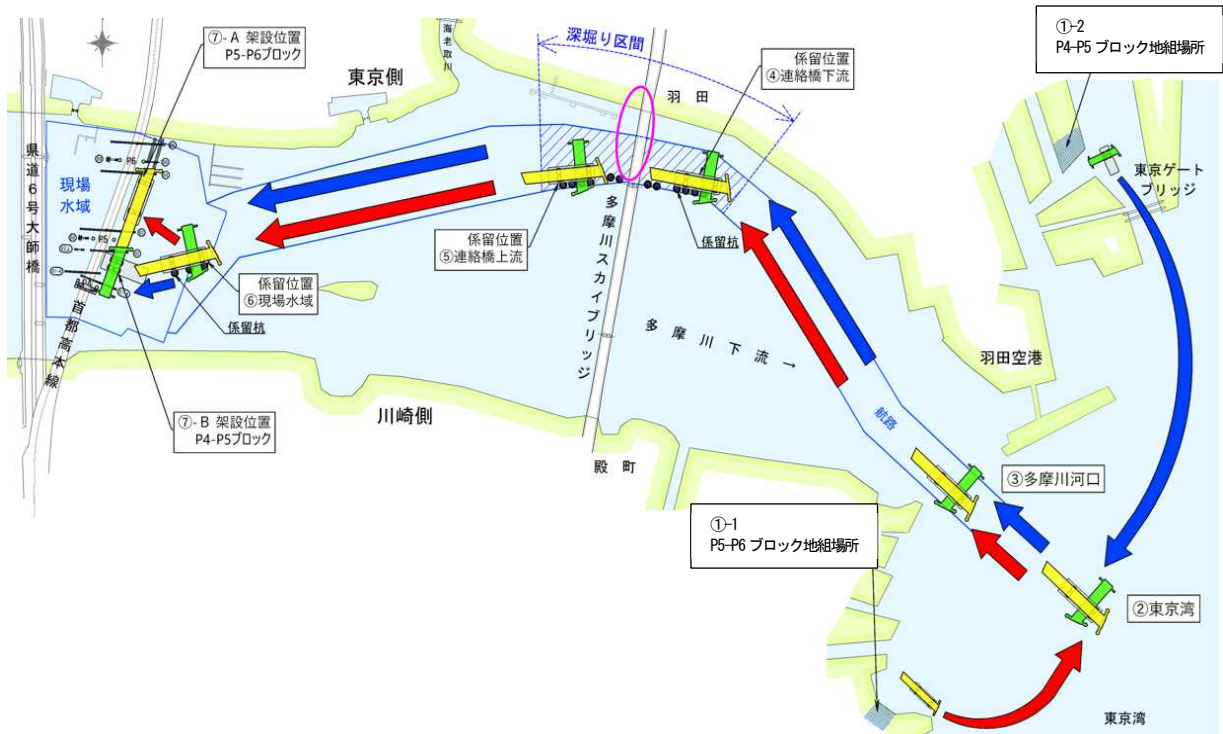


図-9 大ブロック運搬経路

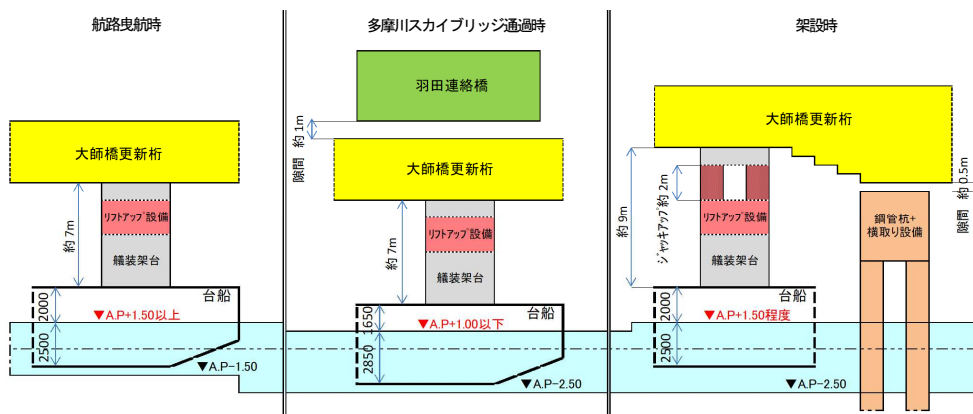


図-10 台船の高さ制限

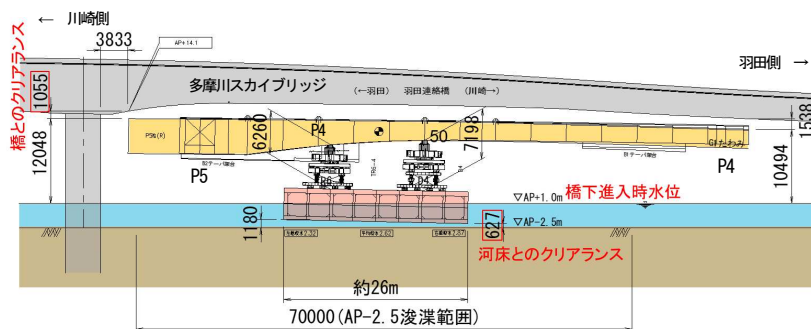


図-11 積付け計画 (P4～P5)

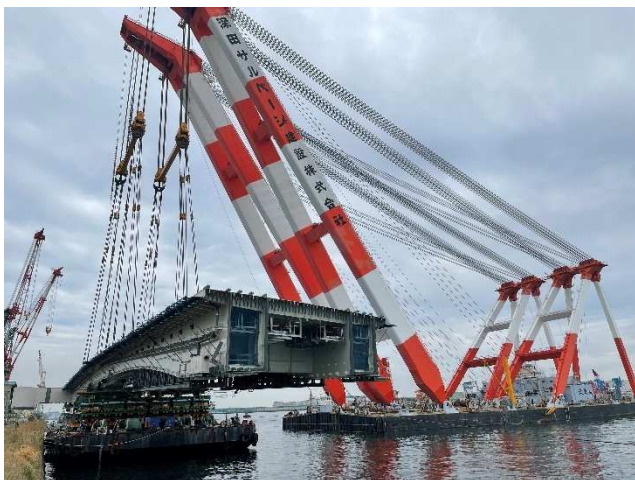


写真-1 浜出し (P5～P6)



写真-2 多摩川スカイブリッジ通過 (P4～P5)



写真-3 リフトアップ架設

(2) ベント設備上への架設

架設時の潮位は A.P.+1.5 以上とし、リフターにより 2m のリフトアップを行いベント上に搭載した。その後、リフターのリフトダウンを行い台船からベントへ荷重の移動を行うが、移動にともなう桁のたわみと台船の浮上によりリフターのストロークだけでは荷重を解放できないため、バラスト水注入と干潮に向けて下がる潮位を併用して台船の荷重を解放した。

6.3 トラベラクレーン架設

台船リフトアップ架設後、新設桁上に 800t・m トラベラクレーンを組立て、P6～P7 間の桁架設を行った。トラベラクレーンの組立て、新設桁上への桁の供給は 200t 吊クレーン台船にて行った。

7. 橋面・付属物工

通行止め期間を抑えるため、横取り前に可能な限り付属物を設置した。事前に設置した主なものを下記に示す。

- ・壁高欄, 中央分離帯 (伸縮装置周辺を除く)
- ・基層グースアスファルト舗装 (//)
- ・照明柱, 遮音壁支柱
- ・標識柱および標識
- ・ケーブルラックおよび電力・通信ケーブル

表層舗装は打継ぎを設けることによる舗装耐久性の低下が懸念されたため、横取り後に全て施工することとした。

横取り前は橋面上にクッカー車や舗装機械が直接乗り入れできないため、クレーン付台船と専用の吊り枠を使って車両総重量約 20t のクッカー車や舗装機械を橋梁上へ荷揚げした (図-12)。吊り枠には鋼製のスロープを設け、車両が自走して直接乗り込めるようにした。また、クッカー車は合材積載時と荷下ろし後の空荷時で車

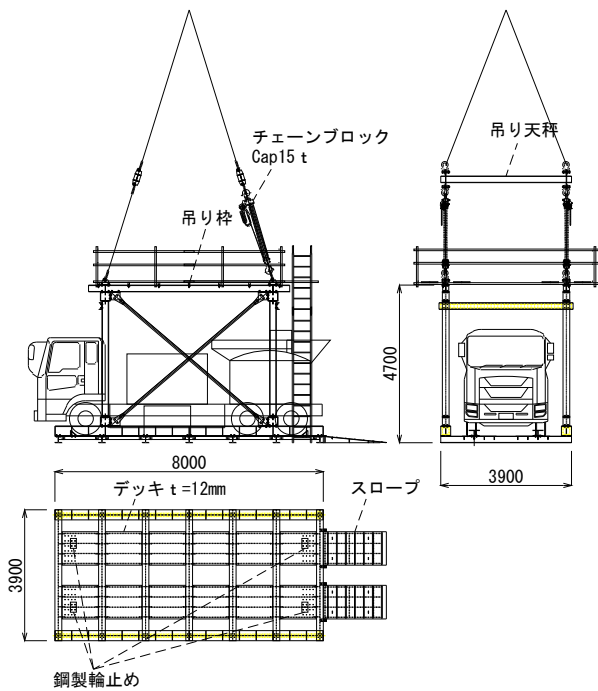


図-12 舗装工事車両荷揚げ用吊り

両の重心が変化するため、チェーンブロックで調整した。

8. 横取り設備

(1) ベント設備

ベント設備 (図-13) は、河積阻害率低減のため B1-A ベントを除き、河川の流線方向と並行に設置した。基礎はφ600~900mm の鋼管杭で、横取り時に杭が沈下して横取りが不能となるリスクを回避するために、新設橋脚の基礎と同じ支持層に打ち込んでいる。打設は一般部はバイプロハンマ工法 (護岸近辺の一部はウォータージェット併用)、空頭が制限される桁下はウォータージェット併用鋼管圧入パイラー工法を採用した。

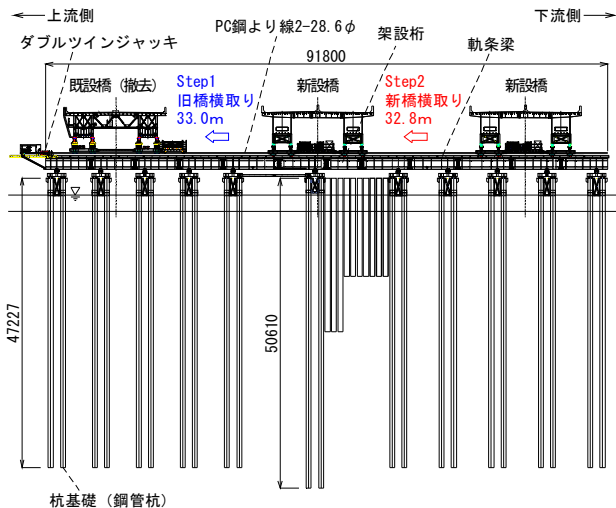


図-13 ベント設備

(2) 軌条設備

新設橋は橋軸方向にも移動するため桁高変化に対応できるように、フランジ下面に橋軸方向の軌条となるテーパ架台を取り付けた (図-14)。本架台にて縦断勾配および製作キャンバーも吸収し、高さ変化による横取り時の反力変化の抑制も図った。

河川内に横取りの軌条となるベント設備を 6 列配置し、それぞれに架設桁を搭載して、この上に軌条梁を固定した。なお、不均等荷重を考慮した 1 主桁当りの最大荷重は約 10,000kN と大きく、架設桁・軌条梁は保有機材では対応できなかったため、本工事に設計・製作した。

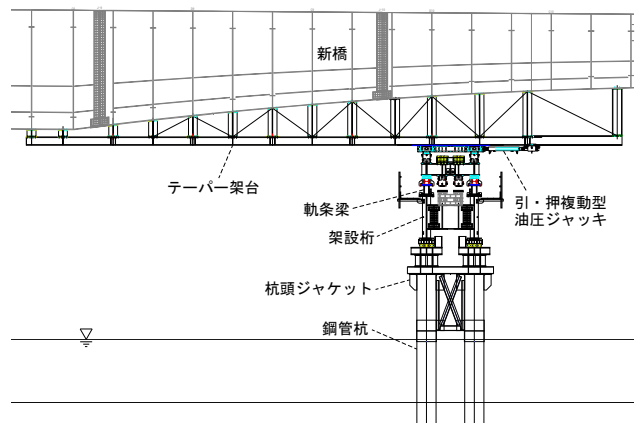


図-14 テーパ架台

(3) 横取り装置

既設橋は盛り替え不要で連続運転が可能なダブルツインジャッキとスライディングシップにより、ベント軌条と平行に一方に横取りした。

一方、新設橋はベント軌条と異なる方向に横取りするため (図-15)、ダブルツインジャッキのほかに、橋軸方向にクレビスジャッキ (引・押複動型ジャッキ) を設置した 2 軸横取り装置を採用し (図-16, 写真-4)、橋軸方向と橋直方向の二方向に同時にスライドさせることで横取り時間の短縮を図った。横取り装置の諸元を表-1 に示す。

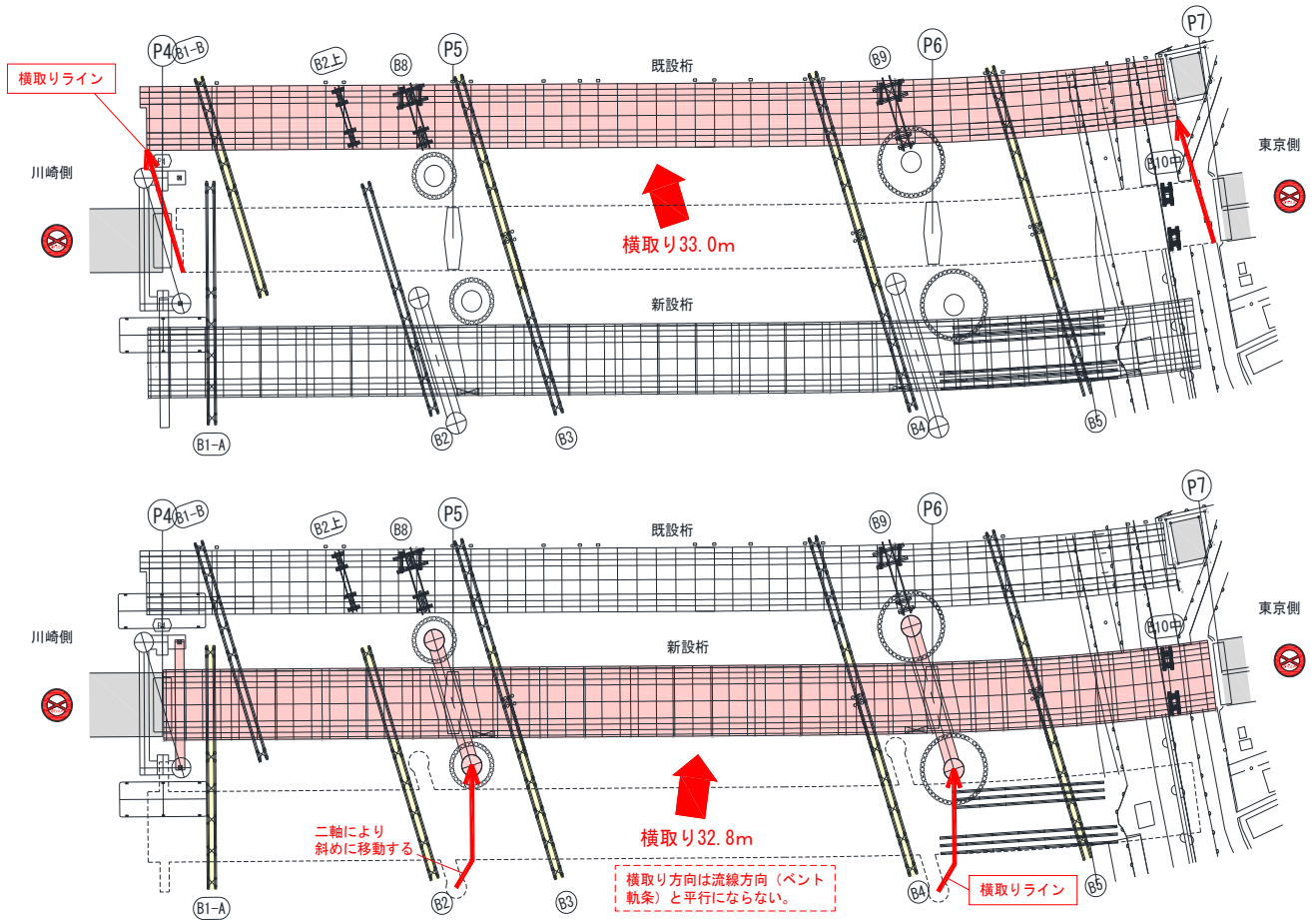


図-15 横取り架設計画図¹⁾

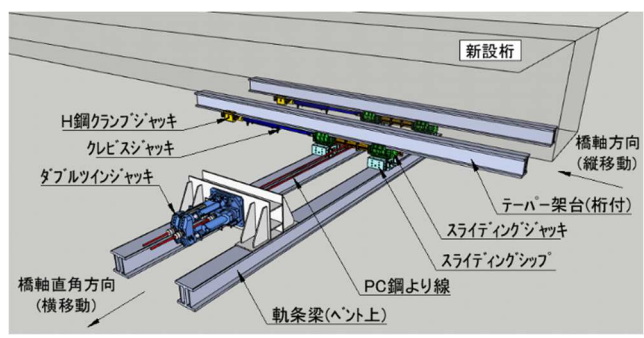


図-16 横取り装置

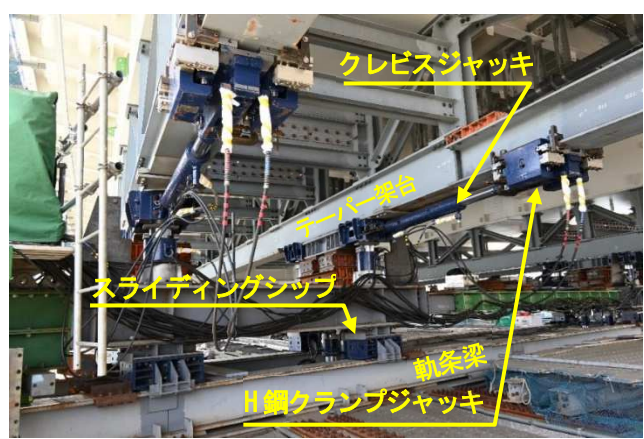


写真-4 横取り装置

表-1 横取り装置諸元

項目	単位	既設橋	新設橋
橋梁質量	t	約3,800	約4,500
支点数	箇所	4	5
横取り距離	m	33.0	32.8
横取り勾配	%	0.0	0.0
横取り線形	—	直線	直線(折れ線)
ジャッキアップ	mm	150	なし
ジャッキダウン	mm	なし	550
横取り装置	—	1軸横取り装置	2軸横取り装置
x 方 向	使用機械	—	引・押複動型油圧ジャッキ
	能力	kN	(押し)500(引き)200
	台数	台	20
y 方 向	使用機械	—	ダブルツインジャッキ
	能力	kN	1,500
	台数	台	5

※ x 方向：橋軸方向， y 方向：横断方向

横取り時の支点反力を表-2, 3に示す。新設橋の最大反力はB4ベントの14,782kNであり、出発抵抗を考慮した摩擦係数を0.1に設定して、ダブルツインジャッキは能力1,500kNの機種を選定した。軌条梁とテーパ架台には摩擦抵抗を低減するため板厚9mmステンレス板を取り付けた。

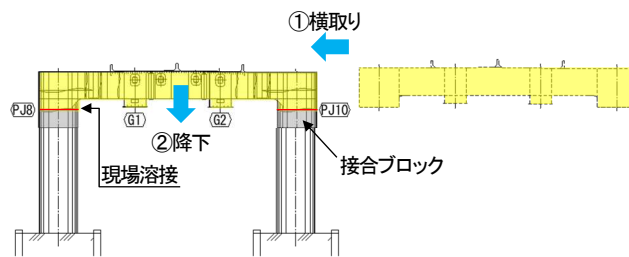


図-17 横取り後の現場溶接

表-2 既設橋支点反力(kN)

支点名	G1	G2	合計
B1-B	2,894	2,789	5,683
B3	6,598	6,335	12,983
B4	4,581	3,757	8,338
B5	5,047	4,837	9,884
合計			36,838

表-3 新設橋支点反力(kN)

支点名	出発時			到着時		
	G1	G2	合計	G1	G2	合計
B1-A	3,026	3,337	6,363	2,425	2,732	5,157
B2	4,144	3,390	7,534	2,491	1,830	4,321
B3	4,388	5,439	9,827	6,065	6,958	13,023
B4	8,047	6,735	14,782	6,076	4,874	10,950
B5	3,184	3,191	6,375	5,847	5,583	11,430
合計			44,881			44,881

また、このように異なるジャッキを組み合わせた大規模な横取りは実績がなかったため、実物大試験を実施して作動時の同調性に問題がないことを確認して本番に臨んだ。

9. 上下部接続部の現場溶接開先精度への対応

今回の工事は一度施工を開始すると後戻りはできず、決められた時間内で確実に交通を開放することが絶対であり、事前にさまざまなリスクの洗い出し、検討、対策を行って本番に臨んだ。なかでも最大の課題は、コンクリート橋脚に設置した接合ブロックと横取りする桁に一体化した鋼製橋脚との現場溶接部(図-17)の開先精度確保が挙げられ(目違い3mm以下、ルートギャップ3~11mm)、設計段階から十分に検討を重ね、製作・施工に反映した。

1)調整ブロックの設定

主桁・鋼床版および橋脚横梁に調整ブロックを設定し、コンクリート橋脚のそれぞれの柱の位置を計測して製作に反映することで、橋脚位置の誤差を吸収した。

2)接合ブロックの調整

2つの大ブロックは別々の場所で製作・組立てを行ったため、現地に架設して一体化させた後に鋼製橋脚位置を計測して接合ブロックの据付け位置を調整することで、製作・組立て形状の誤差を吸収した。

3)接合ブロックの増厚

現場溶接部は直径5.5mの円柱で設計板厚は70mmであったが、接合ブロック側を95mmに増厚して、片側あたり12.5mmの目違い調整しろを設けた(図-18)。これにより、目違いの許容誤差3mmを足して合計15.5mmの調整しろを確保した。

4)メタルタッチの設定

鋼製橋脚側に8カ所のメタルタッチを設け、横取り完了後にメタルタッチ部を接合ブロックにタッチさせれば、6mmのルートギャップが自然に形成できる構造とした。

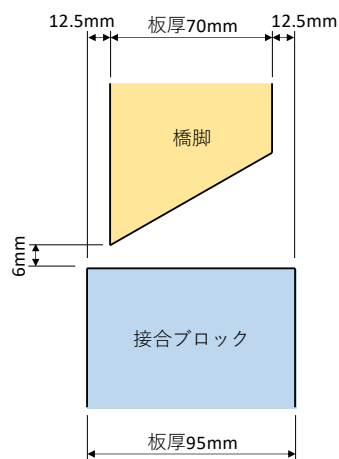


図-18 接合ブロックの増厚

10. 通行止め

10.1 タイムスケジュール

通行止め工事の計画タイムスケジュールを図-19に示す。通行止め期間は2023年5月27日午前5:00から2023年6月10日午前5:00までの2週間で、既設橋および新設橋の横取り、橋脚柱の現場溶接、残りの舗装や伸縮装置・落橋防止装置などの付属物の施工のほか、しゅん工検査を始めとする各種検査、点検、安全確認等を行った。

	2024年5月					6月									
	27日	28日	29日	30日	31日	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日
端部橋桁の撤去	←→														
既設橋横取り		←→													
新設橋横取り			←→												
端部橋桁の架設 位置調整・橋脚現場溶接				←→											
舗装・区画線、付属物								←→							
検査・点検等														←→	

図-19 通行止め計画タイムスケジュール

10.2 既設橋の横取り

既設橋はベント方向に横取りすると挟角側のP4は隣接桁と接触するため、先に桁端部を切断・撤去した。一方のP7側は、上流に位置する水門の操作棟と干渉するため、同様に桁端部を先に撤去している。なお、桁端部の撤去に先立って実施した舗装版、中央分離帯・壁高欄の撤去のための切削機や圧砕機を使用しての作業は、隣接する周辺住宅への影響を考慮して昼間施工とした。

桁端部を撤去したのち、約3,800tの既設橋をジャッキアップして横取り装置に受替え、支承を撤去してから約2時間かけて上流側に33m横取りした(写真-5)。なお、既設桁の横取り反力は概ね計画値とおりであった。



写真-5 既設橋横取り後【提供：首都高速道路(株)】

10.3 新設橋の横取り

既設橋の横取り完了後、続けて新設橋の横取りを行った。新設橋の反力も概ね計画値とおりであったが、橋軸方向にもスライドするため逐次反力が変化することから、集中管理室にて常に全支点反力をモニタリングし、横取り装置に組み込んだ鉛直ジャッキのストロークを変化させて反力を調整しながらの横取りであった。新設橋は剛性が高い鋼床版箱桁であり、鉛直ジャッキのストロークの変化に伴って横取り支点反力は敏感に変化するため、繊細な反力調整が求められたが、実験などの十分な準備を行っていたため、トラブルなく33mの横取りを4時間で完了させた。また、横取り後に550mm降下して接合ブロックへ据付けた。

P7側はベント設備からの張出しが大きく、全て架設して横取りすると先端がたわみによって橋脚と干渉するため、降下完了後に1ブロックだけトラッククレーンで架設した。

10.4 現場溶接

所定の開先精度が得られるように入念に桁位置の微調整を行った。当時の気温は20℃前後と橋梁の設計標準温度とほぼ同じだったことで桁温度による伸縮の影響も小さく、無事に開先精度が確保できた。

溶接は4カ所同時施工とし、1橋脚柱当たり4名×4箇所×昼夜2交代=36名もの溶接工が従事し、約60パス、6mm換算延長約8.4kmもの溶接を約2日間で完了させた。溶接完了後、24時間の冷却期間を経て非破壊検査を行い溶接欠陥の有無を確認した。

なお、2週間という限られた中での溶接施工となるため、雨天でも溶接作業が実施できるように雨天に対応した風防設備を設置し、確実な工程管理を図った。

10.5 舗装工および付属物工

橋脚の現場溶接と並行して、橋面では打ち残していた橋梁端部の壁高欄の設置と伸縮装置の据付けを行った(写真-6)。また、溶接完了後に直ちに舗装工を開始した(写真-7)。

通行止め期間中、台風の影響により一時作業中止となったが、前後の工程管理を確実に実施することで、通行止め期間内に予定していた全ての工事を無事に完了することができた(写真-8)。

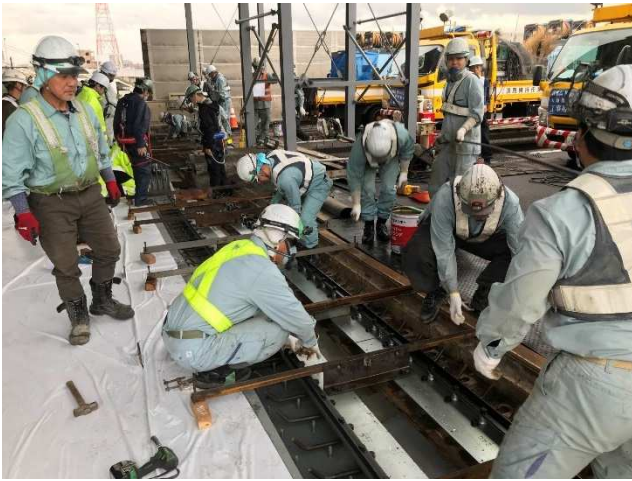


写真-6 伸縮装置据付け



写真-7 舗装工



写真-8 通行止め工事完了【提供：首都高速道路（株）】

11. おわりに

架け替えの対象は建設から50年以上経った古い橋梁で、図面では判別できない構造も多数あり、その解明のために工事着手後も様々な調査・検討を行った。それらの事前検討が功を奏し6月10日午前5時、無事に新設橋の供用を開始した。

最大の課題であった通行止め工事は完了したが、現在も既設構造物や仮設備の撤去、恒久足場の設置等の現場作業を継続中であり、全作業完遂まで気を緩めず、安全を第一に邁進する所存である。

些細なミスでも首都圏の物流に多大な影響を与えてしまう本工事は、常に緊張感との闘いであったが、本報告が今後の同様な大規模架け替え工事の一助となれば幸甚である。

最後に、本工事に対して多大なご指導を頂きました首都高速道路株式会社の皆様をはじめ、本工事に関係されたすべての皆様に対し、紙面をお借りし厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 濱野康平, 右高裕二, 石原晋吉, 竹林丈: 供用後50年経過した橋梁の交通影響に配慮した横取り一括架設による更新—首都高速1号羽田線高速大師橋更新事業—, 橋梁と基礎, 2024.1