

東西水路横断橋（仮称）多軸台車と台船を使用した大ブロック一括架設
 ～架設重量 7000ton を超える大型地組ブロックのロールオンと台船架設について～

架設小委員会 架設部会

折戸 宏行 田頭 剛史

1. はじめに

臨港道路南北線は中央防波堤外側地区における外貿コンテナ埠頭の供用等に伴う交通需要に対応するとともに、東京港の南北方向の道路ネットワークを強化するため、中央防波堤側と有明側を結ぶ主動線として整備が進められている路線である（写真-1）。

本事業は東西水路を横断する東西水路横断橋（仮称）のほか、臨海道路を横断する箱桁橋、その接続道路となるランプ橋4橋、計6橋を整備するものである。

中央防波堤内側地区（以降、中防内）と中央防波堤外側地区（以降、中防外）に挟まれる東西水路は、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会のボート・カヌーの競技場として利用される。そのため新設する東西水路横断橋は無橋脚で水路を横断する橋として建設を進めている。

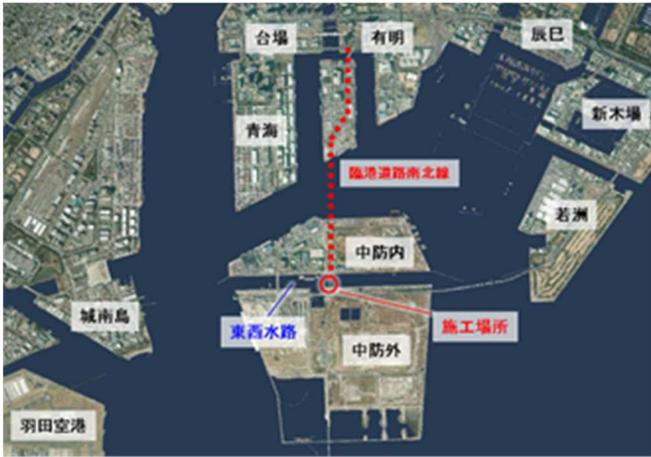


図-1 位置図

本稿では、東西水路横断橋の台船一括架設について紹介する。

2. 工事概要

工事名：平成 27 年度中防内 5 号線橋りょうほか整備工事

工事場所：東京都江東区青海 3 丁目地先

工期：平成 27 年 10 月 8 日～令和元年 11 月 29 日

橋長：249.500m

支間長：245.000m

有効幅員：3.000m(歩道)+7.750m～11.250m+11.250m～7.750m(車道)+3.000m(歩道)

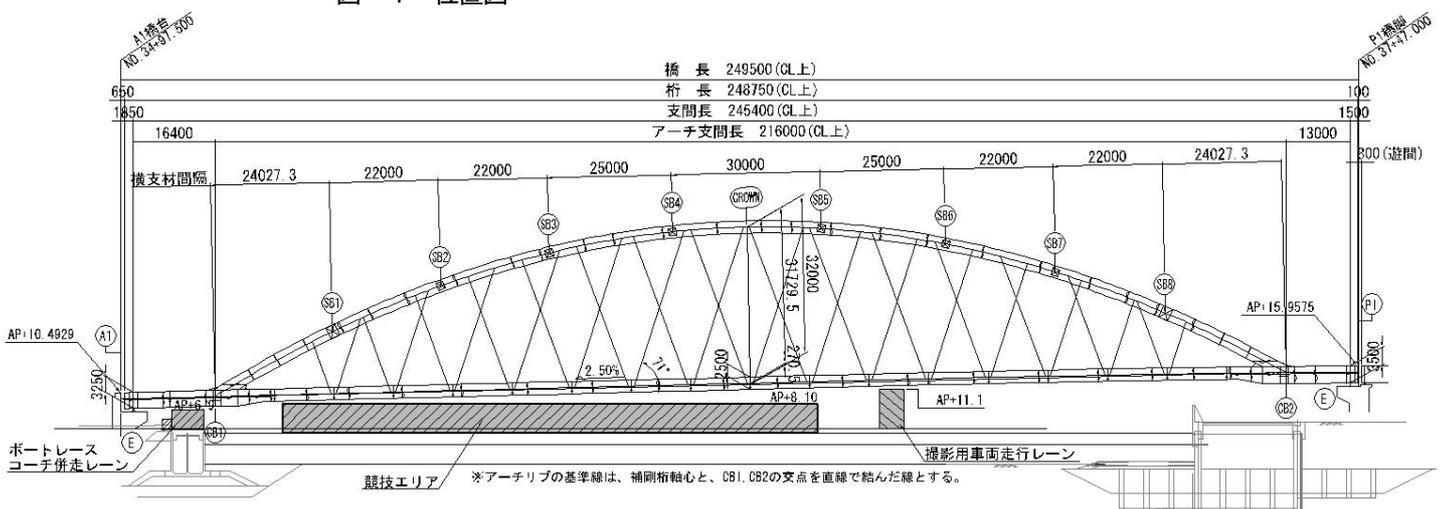
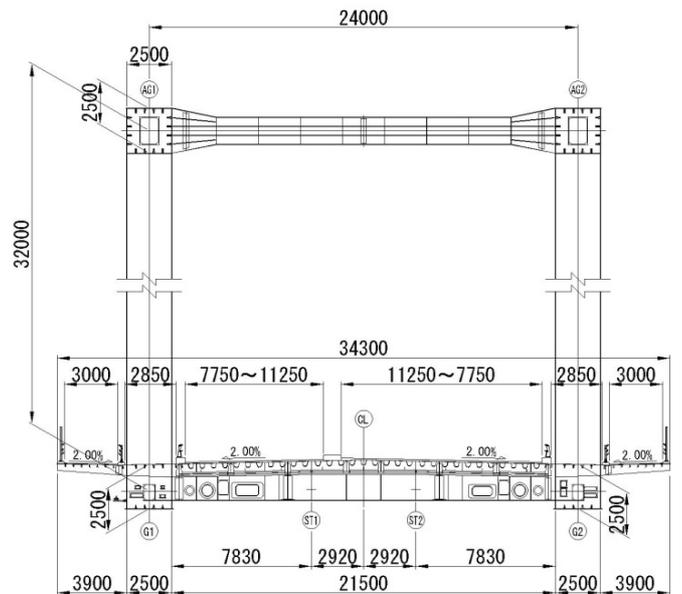


図-2 橋梁一般図

3. 一括架設概要

水上での一括架設工法で代表的なものとして大型起重機船 (FC) による一括架設が挙げられる。架設重量が 7,000t と大型ブロックであるため、FC の場合は相吊りが基本となる。この条件下で以下の点より台船一括工法を採用した。

- ・水路幅が 200m と狭く、水路内での FC 相吊りでの回頭作業ができない
- ・水路への入口付近では東京ゲートブリッジや国際航路などが障害となり、水路内入域が困難
- ・水深が浅く、FC およびタグボート作業に必要な喫水の確保が困難

また、重量の特殊性から台船上にジャッキ等のリフトアップ・ダウン設備を設けず、潮位差および台船のバラスト調整を利用した高さ調整による架設とした。

台船への浜出し方法として、多軸台車を大ブロック下へ進入させ多軸台車へと荷重を移行し、そのまま台船へと乗り込ませる計画とした。このように台車のまま台船に載せる作業をロールオンと呼ぶ。東西水路横断橋の一括架設は以下の 4STEP に分けられる。

STEP-1 ロールオン (浜出し)

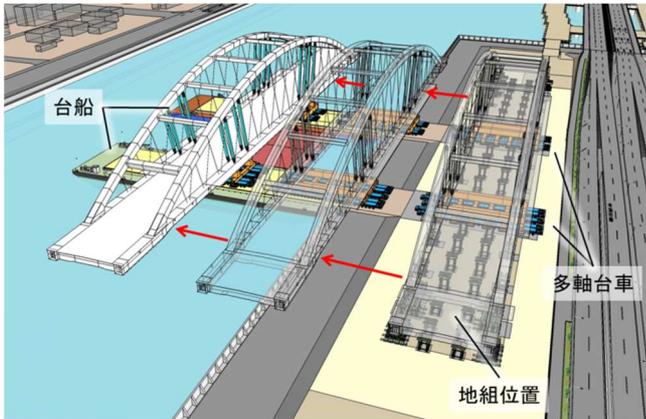


図-3 ロールオンイメージ

STEP-2 台船移動

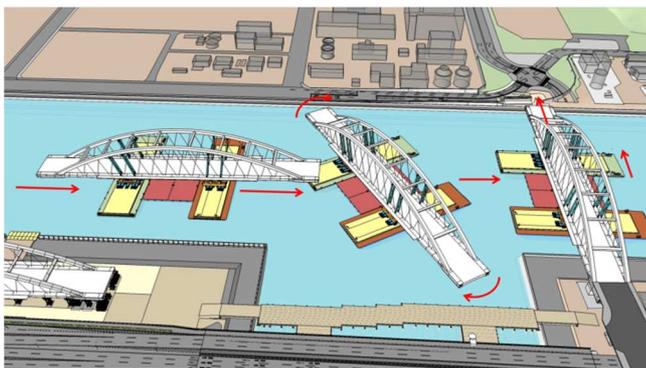


図-4 台船移動イメージ

STEP-3 一括架設 (受替え)

STEP-4 降下作業

以上 4 つの STEP を連続して行った。

4. 架設計画

4.1 架設高さ計画

東西水路は水深が浅く、海底高さが A.P.-4.000m であり、台船を座礁させないような高さ計画において常に悩まされることとなった。

まず、架設系と支点支持系において、受点位置のたわみ量を算出した (図-5)。台船の沈降量 > 受点たわみ量となれば、一括架設後、台船退出が可能となる。次に、架設系における桁端のたわみから橋脚上の架台高を設定した。最後に橋脚上受点の高さを下記の条件より決定した。

- ・架設後降下量低減のために完成時の縦断勾配 (約 2.1%) にできる限り近づける。
- ・橋脚上架台高さが低すぎると受替え前に台船が座礁してしまう (図-5)。

以上の点を勘案し、約 1.4% 傾けて架設高さを設定した。

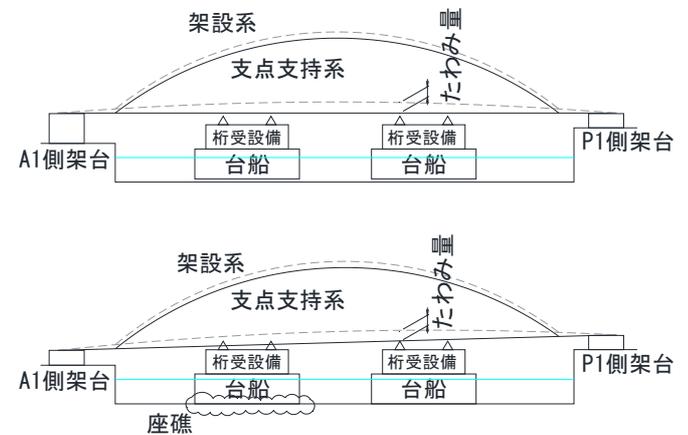


図-5 架設高さ検討

地組ヤードの高さは、護岸の切断可能高によって決まる。護岸のコーピング上面および地組ヤード・台船間の渡り桁 (以降ランプウェイ) の高さより、A.P.+5.200m で地組ヤードを造成した (図-6)。

2 隻の台船を使用しているロールオンのため、台船 1 隻によるロールオンでは生じえない問題がある。それぞれの台船が上下に動揺した場合に桁の剛性により負荷が増えることがその一つである。その要因となる事象は様々あり、それぞれを管理する必要がある。主なものを以下に示す。

4.3 仮設備

・仮設ベント

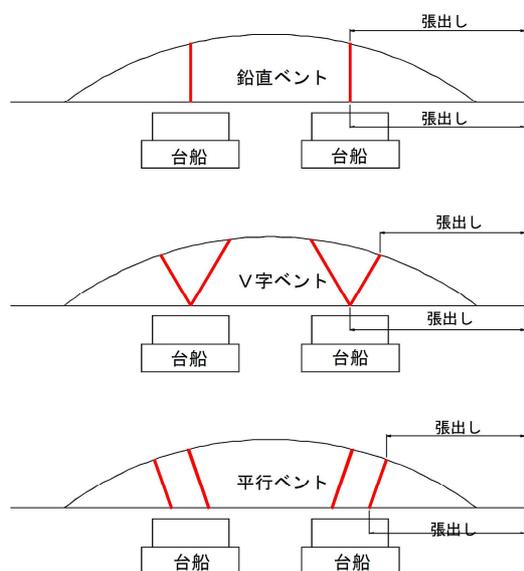
仮設ベントはアーチリブを支持し、補剛桁へ作用する曲げモーメントを低減するとともに、桁端のたわみ量を低減する役割がある。

一般に、アーチの一括架設ではアーチリブを支持するベントとして鉛直やV字のものが多く、逆ハの字に平行配置することとした（以降、平行ベント）。これにより、以下の点が改善された（表-3、図-7）。

- ①大ブロックたわみ：より外側で桁・アーチリブを支持するため、たわみ量を低減できる。
- ②仮設ベント断面：外向きに支持することで部材長を短く断面を小さくできる。V字は内向きのベントが長くなるため、比較的断面が大きくなる。
- ③台船間隔：台船間隔が縮小可能となり、座礁リスクや浚渫土量を低減できる。
- ④桁受設備の反力分散：受点の数が増えるため、多軸台車への作用を分散できる。
- ⑤橋体断面：曲げモーメント性状によりアーチリブ受点および補剛桁受点の負曲げを小さくでき、架設系による断面補強を比較的小さくできる。

表—3 仮設ベント比較

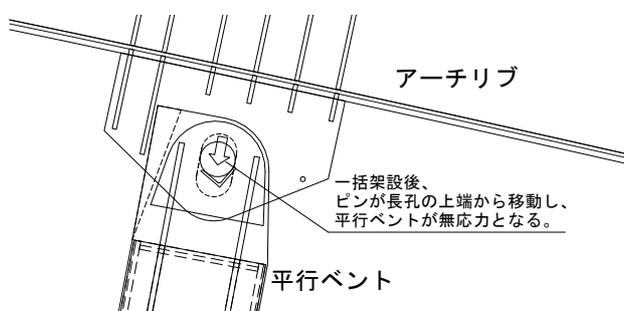
	鉛直ベント	V字ベント	平行ベント
不均等(受点数)	○(4)	○(4)	△(8)
たわみ	△	○	◎
ベント断面	△	内向き△ 外向き◎	○
台船の位置	△	△	○
桁受設備の反力分散	△	△	○
橋体断面	△	△	○



図—7 仮設ベント比較

ここで、受点が増えることによる反力バランスの課題が残るが、平行ベントの長さおよびジャッキ受点の支点高をそれぞれ設定することで平行ベント軸力およびジャッキ反力を均等化することとした。施工では、定着側の2点間距離および温度変化の影響を考慮して、平行ベントの長さを決定した。反力は、ジャッキ架台高をライナーにて調整し、微小な差異は油圧グループの統一により反力を分散した。

平行ベントは上下ピン構造とし、設置時や架設後の撤去が容易なようにピン受のガイドを設けた。また、一括架設後には、アーチリブと補剛桁の間隔が広がり、ケーブルに張力が入る。この時に平行ベントに引張力が作用しないよう、アーチリブ側の連結環に長孔を設けた（図-8）。



図—8 一括架設後の平行ベント軸力解放

また、製作キャンバーにより桁とアーチリブの間隔が狭いため、地組状態では一部の平行ベントを挿入できない。したがって桁端をジャッキアップすることで平行ベントの挿入を行った。

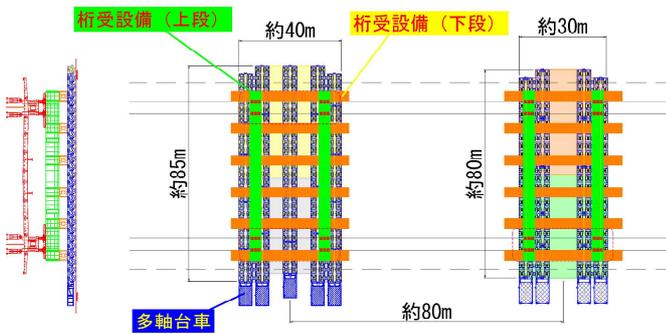


写真—2 平行ベント

4.4 桁受設備

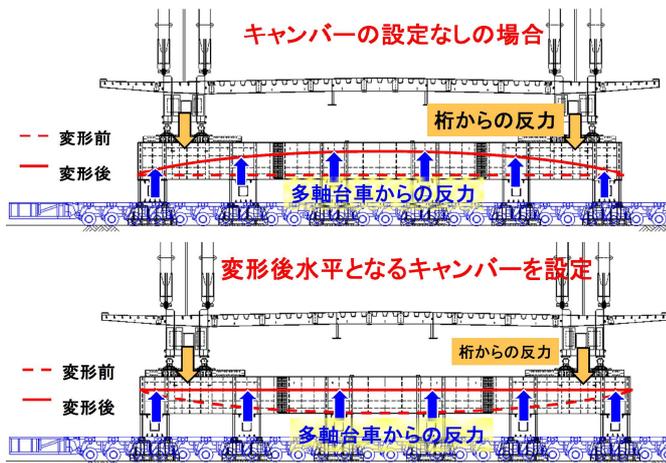
多軸台車は1軸あたりの能力が限定されるため、大重量の搭載となるほど軸数を増やさなければならない。本工事はそれぞれ132軸、102軸の大編成であるため、平面的に大きく広がる（図-9）。したがって、桁受設備

の変形も大きくなり、その分は多軸台車のジャッキストロークを使うことになる。一方でその可動量は±350mmと限定されており、ロールオンにおいて地盤高さ相対変位の調整にこのストローク量の多くを使用することになる。以上より、桁受設備の役割として、剛度を確保しつつ多軸台車の変形を抑え込む必要があった。



図—9 桁受設備配置

山留材やサンドル等の機材で桁受設備を構築すると、広範囲で剛性を確保できない上、重量、高さの面で問題が生じる。そのため、桁受設備は薄肉高材質で新規製作した。さらに、井桁に組んだ桁受設備にキャンバーを設けることで、重量、高さ、ストロークの課題を克服し、搭載時の変形を最小限に抑えた(図-10)。



図—10 桁受設備のキャンバー設定

また、桁受設備は補剛桁の地組前に組立て、補剛桁の地組ベントを兼ねる。そのため、補剛桁の製作キャンバーを考慮した高さで設定した。さらに、後から多軸台車を配置できるよう門型構造とし、海上輸送されてきた多軸台車が走行路を自走して侵入可能な構造とした。大ブロックは桁受設備上に油圧グループを介して配置した300tジャッキにより支持する構造とした。



写真—3 桁受設備

5. ロールオン(浜出し)

ロールオン当日は、ほぼ予定通りの潮位を推移していたため、予定時刻の15時45分にロールオンを開始した。潮位や台船の姿勢、ランプウェイ、300tジャッキ、反力、多軸台車反力、重心等は集中管理室の12台のモニターで遠隔監視した(写真-4)。



写真—4 集中管理室 遠隔監視モニター

ロールオンで管理の最も厳しい箇所は、桁を直接支持する300tジャッキで、6台を1群として8箇所支持した。そのうち、2箇所ずつは油圧グループを同一とし、疑似的に4点で支持している状態をつくり、反力変動を極力抑えた。さらに、多軸台車も油圧グループを前後分けの2編成とし、ジャッキ同様に4点支持状態でロールオンを行った。多軸台車の進行に伴い、台船が沈み込もうとするが、バラストと潮位変動により高さを保持しつつ、約3時間をかけてロールオンを完了した。台船の姿勢を常に監視し続けた結果、反力変動は数kN程度でほぼ変化なく、安定してロールオンを完了した。

ロールオン完了後は、ランプウェイを撤去し、台船

上の所定位置まで移動し、架台へ受替えた。岸壁より台船を数m離れた位置で停泊し、次の干潮時の潮位で座礁しない高さまでバラスト排水し、台船の高さを確保した。



写真—5 ロールオン（正面）

6. 台船移動

台船は護岸に 20 箇所以上に設置した係留設備からのウィンチ操作と係留箇所付け替えを繰り返すことにより水路内を約 400m 移動させた（写真-6）。超重量物のため、動き出しおよび停止時の挙動に細心の注意を払い作業を行った。

移動日当日は風速が 10m/s に近い強風となったため、所定位置への移動は途中で断念し、翌日作業とするか判断を迫られた。翌日は風が弱まる予報であり、一括架設に影響のない範囲まで移動することとし、台船の旋回移動は翌日の作業とした（写真-7）。



写真—6 水路内移動



写真—7 台船旋回前（上段）旋回後（下段）

7. 一括架設

7.1 P1 橋脚乗越え

本橋は交差点内に差し込まれるような位置にあり、最終的な位置へは橋梁を橋軸方向へ差し込むように移動しなければならない。したがって、橋脚上の受架台を高さ的にかわす必要があった。そこで、台船の喫水を最小限とし、さらに潮位が A.P.+1.300m 以上となるまで待機し離隔を確保して最終移動を行った。



写真—8 一括架設状況（P1 乗越え直前）

7.2 サンドル架台へ受替え

受替え時の位置調整は先に台船上のウィンチを使用し、最終的な位置調整は橋脚上のレバーブロックで引込み、台船ウィンチのおしみを少しずつ緩めることで細かい位置を調整し、余裕隙間 50mm の受架台の中へ納めた。

支点位置には、一括架設後の降下作業の作業性を考慮し、降下用ジャッキ（能力 1000t）を桁から吊下げの方針とした。架設時、平面位置調整の後、このジャッキストロークを伸ばすことにより、積極的に反力の移行を行った。台船へ作用する反力が小さくなるに伴い、桁の変形が生じる。これに伴い受点位置では水平変位が生じるため、A1 橋台側を可動、P1 橋脚側を固定とし、片側（A1 側）へ水平力を逃がす構造とした。台船もこれに伴い、A1 方向へ移動させ、荷重開放時の水平力の作用をできる限り小さくした。

台船のバラスト能力にはそれぞれ違いがあるが、適宜ポンプの可動時間を調整し、台船への荷重を解放した。同時に、台船が座礁しないよう船底離隔にも注意しながらの作業であった。

台船上の反力解放後、座礁しない高さで船内注水を止め、計画通りの離隔で台船を退出した。



写真—9 一括架設状況



写真—10 一括架設後 台船退出状況

8. 降下作業

上述のとおり桁から吊り下げた降下用ジャッキを用い、サンドル降下を行った。1 支点反力が 2000t 程と大きいため、日中の温度差による桁の移動に対応には架設時にも使用した A1 側可動、P1 側固定の設備を降下完了まで設置した。

降下作業は、上記温度差の影響や他工事との輻輳回避のため夜間作業とし、一括架設当夜含め 4 夜間で降下を完了した。



写真—11 降下状況

9. おわりに

本橋は道路線形や施工条件等により橋梁形式・施工工法ともに特殊性を有する橋梁であり、特に施工の面では入念な検討を行い、2019 年 8 月に無事に橋梁本体の架設を完了し、その他の橋梁についても 2019 年 6 月に施工を完了した。来たる東京 2020 大会では、ボート・カヌー競技を通じて本橋梁を目にすることによって、本稿が今後の橋梁架設の幅を広げる一助となれば幸甚である。

最後に、厳しい施工条件の中において無事工事を完了することができたことは、すべての関係者の努力の賜物であり、東京都港湾局をはじめとすご協力いただいた関係者の皆様に深く敬意と感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 田頭剛史, 折戸宏行, 杉本高志, 栢山了太, 神原明広, 香川拓也: 東西水路横断橋(仮称)の計画と施工, 橋梁と基礎 2019-7
- 2) 柳井健二, 高田潤一郎, 船木正志, 西克幸, 田頭剛史, 竹嶋竜司: 東京港臨港道路南北線 7,000t アーチ桁 台船ロールオンと一括架設, 橋梁と基礎 2018-12