

東京ゲートブリッジの主橋梁の架設

Erection of the Main Bridge of Tokyo Gate Bridge

佐藤 功 武^{*1} 矢部 泰彦^{*2} 亀子 学^{*2}
 Isamu SATO Yasuhiko YABE Manabu KAMEKO

Summary

Tokyo Gate Bridge, which has been constructed over Tokyo Bay with a length of 1.6 km and constituting part of the 4.6-km section of Tokyo Port Seaside Road which connects Wakasu in Koto Ward with the reclaimed site outside the Central Breakwater, consists of a main bridge, a marine approach bridge and an onshore approach bridge.

The main bridge is a 3-span continuous-truss-box composite steel bridge; the girders were mainly preassembled in a factory, hoisted onto ships and transported to the construction site, and then constructed by single operation using 3,000-ton class and 4,000-ton class crane ships. A height restriction was in force around the site, and Sea Route No. 3 of Tokyo Port was shut down for the first time in history. The construction used new technologies including bases with a sliding isolation bearings, high-performance steel bridge components with high weldability (BHS components), and steel plate deck structure with high fatigue durability, with a design service life of 100 years.

キーワード：BHS鋼材、起重機船、大ブロッカー一括架設

1. はじめに

東京ゲートブリッジは、東京港臨海道路のⅡ期事業であり、中央防波堤外側埋立地から若洲までの約4.6kmの臨港道路の内、海域（海上）1.6kmの橋梁となっている。また、現状の道路混雑を緩和するとともに新ターミナルで取り扱われる新たな物流需要への対応等、物流の円滑化を目的として計画されており、主橋梁、海上アプローチ橋梁、陸上アプローチ橋梁から構成されている（図-1、2）。

本橋の特徴は、羽田空港と隣接していることによる高度制限と、東京港第三航路をまたぐことによる桁下高さ制限からトラス構造となっていることである（図-3）。

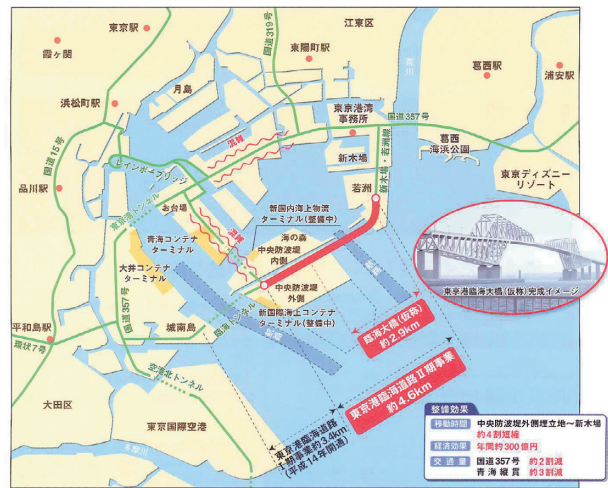


図-1 位置図

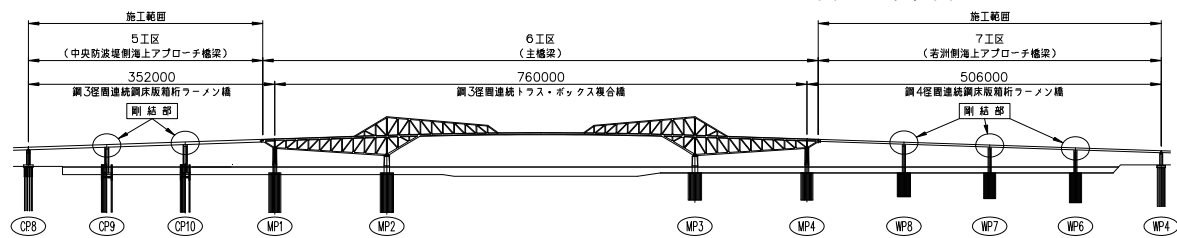


図-2 全体図

*¹橋梁事業本部 技術本部橋梁工事部東京工事グループ係長

*²橋梁事業本部 千葉工場生産管理部計画グループ係長

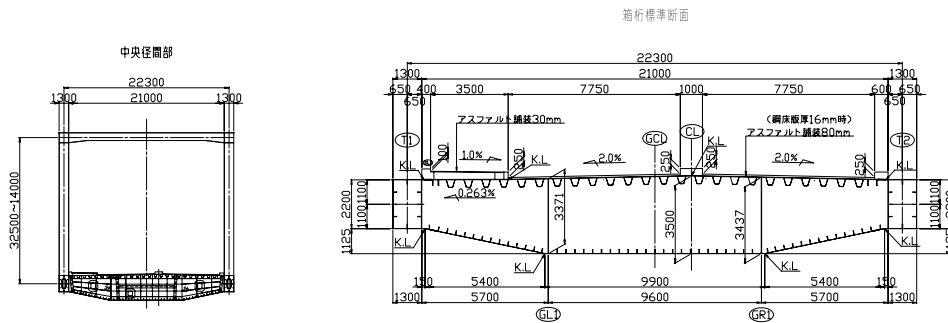


図-3 主橋梁上部工断面図（中央径間）

また、隣接工区との仕口の取合精度を確保する為にシミュレーションを実施し、大型起重機作業管理システムにより架設時の高度制限の遵守と平面位置の管理を行った。

本稿では、地組工事、架設工事について報告する。

2. 工事概要

本工事は東京ゲートブリッジ主橋梁のうち、中央径間の製作・運搬・架設工事である。

中央径間のブロック割りは以下の通りである。

- ① 若洲側中央径間トラス－日立堺工場
- ② 中防側中央径間トラス－宮地千葉工場
- ③ 中央箱桁－宮地千葉工場

それぞれをJV各社の工場にて製作・地組・浜出しを行い、台船にて輸送し、大型起重機船による大ブロック一括架設を行った。

中央径間トラス架設に関しては航路部分閉鎖での架設だったが、中央箱桁架設に関しては、工事としては過去に例のない国際航路である東京東航路（第3航路）の完全閉鎖での一括架設を行った。

発注者：国土交通省 関東地方整備局 東京港湾事務所
 施工場所：東京都江東区青海地先、若洲地先
 橋梁形式：鋼3径間連続トラス・ボックス複合橋
 橋長：760.000m
 支間長：160.000m+440.000m+160.000m（6工区）
 総幅員：21.000m
 有効幅員：歩道 3.500m、車道 2@7.750m
 総重量：約7,600t

3. 中央径間トラスの地組立

中央径間トラスの地組は以下の順序で行った。

- ① 片側ライン分の中弦材の地組立
- ② それを基準として反対側ラインの中弦材を組立
- ③ 鋼床版はその間に落とし込み
- ④ 斜材・上弦材の組立

すべて端材にて450t吊C.Cを使用して地組立を行った。

中央径間トラス1ブロックの大きさは、

- ・ 主構間隔－22.3m
- ・ 長さ－113.3m
- ・ 重量－約2,800t

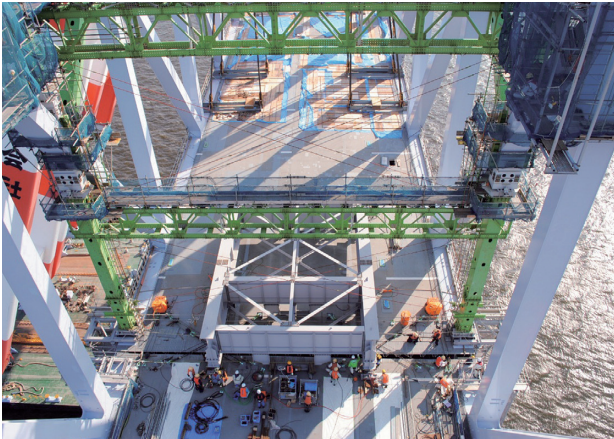
と大規模であり、出来形管理項目としては主に、通り、高さ、傾き、仕口部分の出入りとし、大ブロック架設現場ジョイント側の仕口の位置を入念に計測するとともに、調整を繰り返して管理した。

大ブロックの両端の仕口以外の単部材の継手部は鋼床版縦シーム以外ほとんどが溶接構造であり、1断面の継手線の集中を緩和するため、近年鉄道橋などで用いられるようになったZ継手が採用された。溶接による収縮の影響での全体の変形も考慮した地組形状および溶接順序を考案し、その手順の確認と形状確認を日々徹底した。

特に側径間トラスとの現場ジョイントとなるJ17、J40に関しては隣接工区とも形状管理方法を密に取り交わし、全体の橋長の精度を確保できるよう、管理規格値の50%精度で管理し、調整用の余長も設けた。



写真-1 千葉工場に接岸する中央径間部材



写真一2 トラス形状保持材とセッティングビーム

さらに現場ジョイントの計測データをシミュレーションし、仕口角度や対岸の桁の仕口までの距離だけでなく、トラス部材（上弦材、斜材、中弦材）のすべてのボルト孔の位置まで確認し、そのデータを元に調整した。

その結果、側径間トラスで許容値を使い切った箇所も含め、中央径間トラスで誤差をすべて吸収し、所定の誤差範囲の中に収めることができた。

また、架設時のたわみの拘束および仕口の形状確保、仕口の調整用の形状保持材を設置した。

4. 中央径間トラスの架設

中央径間トラスの架設は、①若洲側②中防側の順序にて施工した。海上輸送には、当時国内最大級の13,000t積台船「天馬」を基地港のある岡山県で艀装し、若洲側の浜出しには国内最大の4,100t吊起重機船「海翔」により浜出しを行い、荒天により出発を2日ほど遅らせたの出発となったが、大阪湾（日立堺工場）から東京湾（宮地千葉工場）へ回航した（※国内に大型台船が不足している中、海外物件での使用が決まっていた「天馬」を、当現場の為に貸与していただいた備南開発株式会社にはこの場をお借りして深く感謝いたします）。

海上輸送では外海を回航するため、中止基準（2m）の2倍の高さの有義波高（4m）を想定した動揺解析を行い、桁が波に接触しないと想定される積み付け高さとし、ローリングおよびピッチングによる台船上での移動等ないように橋軸直角方向と橋軸方向にストッパーを設置し、さらに荒天時の避難場所（伊勢湾内）も想定し、運搬中の安全を考慮した。

一度、千葉工場岸壁にて点検および桁の架設用準備



写真一3 作業区域へ入域する中央径間トラス（中防側）

（仕口養生設備の撤去、引寄設備の準備など）を行い、現地へ入域した。

中防側は3,700t吊り起重機船「武蔵」にて浜出しを行った。

側径間トラスの大ブロック架設と同様に、中央径間トラスの架設も東京東航路を部分閉鎖（航路幅300mを最小150mに短縮）して、海上に航路禁止区域を設けた上で、若洲側中央径間トラスは平成22年5月16日、中防側中央径間トラスは平成22年5月30日に、3,700t吊り起重機船「武蔵」を使用して一括架設した。側径間トラス、隣接アプローチ工事との大きな違いとして、作業時間帯の長さがある。

34時間という制限された時間の中での作業となるため、まずは「危機管理タイムスケジュール」というものを作成し、どのタイミングで可否決定をするか？、その際にどこまで周知するか？ということを事前に諸官庁と協議を行った。また、作業開始後のトラブルおよび雨天の際、最悪の状態を考慮して、どこの部位のどれだけの本数のHTBを締めれば起重機船を開放できるか？というシミュレーションと、「最低ボルト本数」を状況に応じた数ケース想定して作業に望むこととした。

実作業においては台船および起重機船は前日に航路外の位置に設けられた航路禁止区域に入り、架設ブロックの水切り（台船から吊り上げる作業のこと）を行うとともに、吊り切りの状態で待機し、当日は午前4時に集合、午前6時より部分閉鎖および架設作業を開始した。

事実上、架設開始は前日吊り切りの時点となり、それをあわせると約3日間の作業となるため、その期間の天候をあらかじめ気象データより推測し、架設作業の可否



写真-4 中央径間トラス架設状況（中防側）

判断の第1報とした。加えて前日の水切りは、あくまでも架設まで可能と判断できる天候の予報があることを前提に行われた。

約2,800tの重量を有する巨大で複雑なトラス構造物の張り出し一括架設、しかも航路（部分）閉鎖が伴う海上工事という事例は、調べた限り世界でも過去に例はなく、失敗の許されない難しい架設となった。

なお、中央径間トラスの大ブロックの一括架設は以下の手順で行った。

- ①前日の側径間側での水切り（吊ワイヤー1.5m巻上）、受け点補修塗装、台船出域、
- ②台船出域後、吊ワイヤー巻上（10m）、起重機船後退（約50m）・仮泊
- ③起重機船前進（約120m）
- ④起重機船5m手前で停止。約62mまで巻上）
- ⑤起重機船微調整にて仕口あわせ
- ⑥添接作業（仮HTB。中弦材→鋼床版の順）
- ⑦吊ワイヤー巻上・微調整
- ⑧添接作業（上弦材、斜材、同時。中弦材、鋼床版も仮HTBを入れ替えて、同時添接）
- ⑨作業時間、天候予想を考慮し、締付ボルト本数の決定。（時間があれば全数。時間が無いもしくは雨天予想時は最低ボルト本数）。
- ⑩架設終了。起重機船荷重開放。
- ⑪起重機船出域、部分閉鎖解除

架設後の出来形としては、ほぼシミュレーションした結果どおりの出来形となった。

5. 大型起重機船作業管理システム

東京国際空港B滑走路延長進入表面下による高さ制限の厳守、東京東航路の航泊禁止区域内での工事作業の厳守と架設地点との平面相対位置の管理が重要な課題であり、以下の項目についての管理を行った。

①吊り荷重管理

各フック及びFC合計の荷重をモニターに表示させ、本部及びFC船内で確認できるようにして荷重管理を行った。

②高度管理

側径間、アプローチと同様に、架設箇所は東京国際空港（羽田空港）B滑走路の延長進入表面の高度制限を守らなければならない作業であった為、FCジブトップにGPSを設置し、座標及び高さを常時確認し、管理を行った。

③FC位置管理

前日より吊った状態の桁を、そのままの状態FCを架設地点まで正確に横移動・前進させなければならない



写真-5 大型起重機船作業管理システム



写真-6 カメラでの監視システム

為、高度管理と同様に、FCに設置したGPSにより、FCの位置を常時確認し、管理を行った。

④トラス吊上時姿勢管理

吊り上げた状態の桁が傾くことにより、荷重バランスが崩れることを考慮して、桁上に設置したジャイロセンサー（加速度計）により、平面方向、断面方向、前後方向、方位角を自動計測を行い、常時管理した。

⑤カメラによる管理

実際の作業を目視にて確認できるよう、カメラを設置し、モニターで常時確認できるようにした。

6. 中央箱桁の地組・架設

中央箱桁1ブロックの大きさは、

- ・ 主構間隔－22.3m
- ・ 長さ－108.4m
- ・ 重量－約1,700t

中央径間トラスと同様、出来形管理項目としては主に通り、高さ、傾き、仕口部分の出入りとし、溶接での収量も考慮し地組立を行った。

架設の前作業としても、中央径間トラスと同様、架設桁の先端の間隔および形状を測量し、シミュレーションを行い、仕口角度、孔位置もすべて反映させた桁の長さ調整を行った。

また、落とし込み架設になることにより、架設時の作業スペースを確保するため、若洲側中央径間トラスのセ

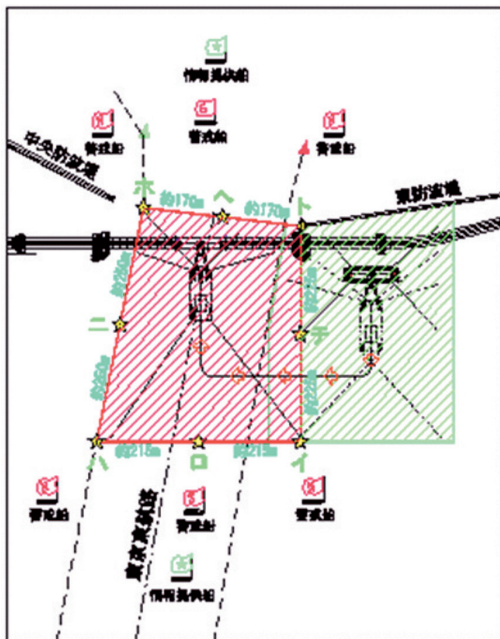
ットバックを行った。中央箱桁架設時、側径間トラスが支承にセットされてから1年以上経過しており、初動時の摩擦係数が大きく、桁が移動しづらいことが懸念されたが、死荷重に加えて温度による荷重、不均等荷重など、想定される負荷荷重すべてを考慮し、MP3橋脚には600tジャッキを推進力用として8台、惜しみ用で8台、600tジャッキを横方向調整用で8台セットしたほかに、MP4橋脚には補助設備として100tジャッキを8台、300tジャッキを4台セットしたことにより、予定通り作業することができた。

冬季の東京湾内は風が強く、荒天が懸念されたが、幸い天気は回復の方向となっていた。とはいえ、架設当日は朝は晴れ、夕方には風が吹くという予報であり、予断を許さない状況であったが、工事関係者の祈りが通じたのか結果として、朝はこれまで見たことがないほどの晴天、無風となった。

国際航路の部分閉鎖では警戒船4隻、情報提供船2隻の配置だったが、完全閉鎖では警戒船8隻、情報提供船3隻を配置し、さらに安全に留意し、架設は平成23年2月27日、3,000t吊り起重機船「富士」を使用して行った。

中央箱桁は13.5時間という中央径間トラス架設以上に時間の制限が厳しかったが、中央径間トラス架設時と同様に危機管理タイムスケジュールを作成し、最悪の状態の判断基準をシミュレーションしていたことと、さらに少しでも時間を短縮するために、前日からの吊り切り状態で待機し、揚錨船を2隻配置したことにより、円滑に作業することができ、当初の予定時間を大幅に短縮して架設することができた。

なお、中央箱桁の大ブロックの一括架設は以下の手順で行った。



図－4 航路閉鎖時の工事区域



写真－7 セットバック（橋軸方向）

- ①（架設前）セットバック（若洲側中央径間トラスを350mm）
- ②前日の若洲側側径間側での水切り（吊ワイヤー1.5m巻上）、受け点補修塗装、台船出域、
- ③台船出域後、吊ワイヤー巻上（10m）、起重機船後退（約50m）・仮伯
- ④当日4:00より航路部分閉鎖開始、吊ワイヤー巻上（状況による）、起重機船横移動（約360m）
- ⑤起重機船前進（約120m）
- ⑥起重機船5m手前で停止。約70mまで巻上）
- ⑦起重機船微調整にて仕口あわせ



写真-8 中央径間箱桁の架設

- ⑧添接作業（中防側中弦材・鋼床版同時添接、若洲側添接板挟み込み）
 - ⑨作業時間、天候予想を考慮し、締付ボルト本数の決定。（時間がないもしくは雨天予想時はセッティングビームに仮受）。
 - ⑩架設終了。起重機船荷重開放。
 - ⑪起重機船出域、全面閉鎖解除
 - ⑫（架設後）セットフォワード若洲側中央径間トラスを350mm（架設翌日）・支承調整
 - ⑬（架設後）支承溶接
- 架設後、目標位置に桁を調整し、夜間測量により、許容値内の出来形であることを確認した。



写真-10 中央箱桁による東京ゲートブリッジ閉合



写真-9 大ブロックジョイント部



写真-11 集合写真

7. おわりに

過去にない構造、過去にない規模のトラスの張り出し架設、過去にない国際航路でもある東京東航路の全面閉鎖…過去にないこと尽くめの工事でありました。

周りを見ると100戦練磨のツワモノばかり揃っているところ、若輩者の私などが併合ブロックの責任者でいいのか？と何度も思いながらの日々でした。

桁運搬中の不慮の出来事や、未曾有の大震災に遭遇し、幾度も苦難はありましたが、その都度そのツワモノ達に助けられ、気がつけば平成23年4月28日に無事工事を完了することができ、工事としては、厚生労働大臣優

良賞、橋梁としては、土木学会田中賞、全日本建設技術協会全建賞、日本鋼構造協会協会賞など、数々の賞もいただくことができました。

最後になりますが、本工事におきましてご指導賜りました国土交通省関東地方整備局東京港湾事務所、(財)港湾空港建設技術サービスセンター、東京港航行安全委員会、東京海上保安部、千葉海上保安部、東京都港湾局、隣接工区の皆様、並びに各方面でご尽力いただきました関係者各位に誌面をお借りしまして、厚く御礼申し上げますとともに、震災で被災をされた方々、ご親族を持つ方々に心よりお見舞いを申し上げます。

2012.11.12 受付



写真-12 東京ゲートブリッジ全景

グラビア写真説明

東京港南部地区臨海道路橋梁上部築造工事（その3）工事（東京ゲートブリッジ）

本工事は、中央防波堤外側埋立地と若洲を結ぶ東京港臨海道路Ⅱ期事業における延長約2.9kmのうち、国土交通省施工区間（海上部）の中央径間を対象とした工事です。航空制限と航路制限を考慮しトラス・ボックスという珍しい構造が採用されています。その容貌は東京港の玄関を飾るに相応しい構造物です。一般公募により名称が『東京ゲートブリッジ』に決まり、多くのメディアでも取り上げられ注目を集めております。

架設は大型起重機船を使用した一括工法を採用し、最後に中央径間箱桁を落とし込むという難度の高い施工となりました。

開通後は物量の円滑化や交通状態の緩和に貢献することは勿論のこと、歩道も併設されますので大きな建造物を近くで楽しめる名所となることを期待します。

(清水 達也)