

つくばエクスプレス北千住駅付近 PC 箱形桁の 営業線上空での架設

築嶋 大輔*1・松崎 利信*2・森田 和宏*3・井澤 勝*4

1. はじめに

つくばエクスプレスは、秋葉原を起点とし、つくば市に至る延長約 58 km、駅数 20 の都市高速鉄道新線で、首都圏新都市鉄道株式会社を事業主体、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構を建設主体として計画されている(図-1)。

工事は、平成 4 年度から着工しており、平成 17 年度に開業を予定している。

ここでは、JR 東日本が独立行政法人鉄道建設・運輸施設

整備支援機構より委託され、設計・施工監理を行っている区間のうち、北千住駅付近で施工されている営業線に挟まれた狭隘空間における PC 連続箱桁のタワー式ガーダー架設工法について紹介する。

2. 工事概要

本 PC 桁は、つくばエクスプレスが、南千住駅と北千住駅の間で、京成電鉄の橋桁下を交差した後、高架式の北千住駅ホームに向かって高架化されるアプローチ高架橋の一部である。高架橋は、RC スラブ式ラーメン高架橋 2 ブロック約 115 m と PC 連続箱桁構造の桁式高架橋 370 m からなっており、最大 35% の急勾配を有している(図-2)。

PC 連続箱桁の桁式高架区間 370 m は図-2 に示すように、南千住側から、(30 m × 3 連) の 3 径間連続桁、(30 m × 5 連) の 5 径間連続桁、および (27 m + 38 m + 38 m + 27 m) の 4 径間連続桁から構成されている。

桁の標準断面を図-3 に示す。桁断面は、上下線別に単線 1 ボックスの並列構造である。

現場の状況を写真-1 に示す。写真から分かるように、今回施工する PC 連続箱桁は JR 常磐線と営団日比谷線に挟まれており、幅約 6 m から 10 m の狭隘空間で架設しなければならない。本工事で使用した架設設備と JR 常磐線および営団日比谷線との離隔を図-4 に示す。JR 常磐線ともっとも近接するのは P9 の位置で、架設設備と JR 常磐線線路中心との離隔は 4.12 m、橋脚上で横取りする下り線の箱桁張出しスラブは JR 常磐線の直上となる。営団日比谷線側では P7 の位置でもっとも接近し、架設設備と営団日比谷線線路中心との離隔は 4.13 m となっている。

さらに、架設する PC 桁の下には、JR 常磐線、東武線と交差する北千住一丁目踏み切りがあるため、本工事は、一般交通および列車運行の安全確保が最優先の施工となる。



図-1 つくばエクスプレス路線図



*1 Daisuke TSUKISHIMA

東日本旅客鉄道(株)
東京工事事務所
工事管理室 主席



*2 Toshinobu MATSUZAKI

東日本旅客鉄道(株)
東京工事事務所
常磐管理室 課員



*3 Kazuhiro MORITA

東日本旅客鉄道(株)
本東京工事事務所
常磐工事区 施設技術係



*4 Masaru IZAWA

鹿島・フジタ建設共同企業体
北千住工事事務所 工事課長
代理

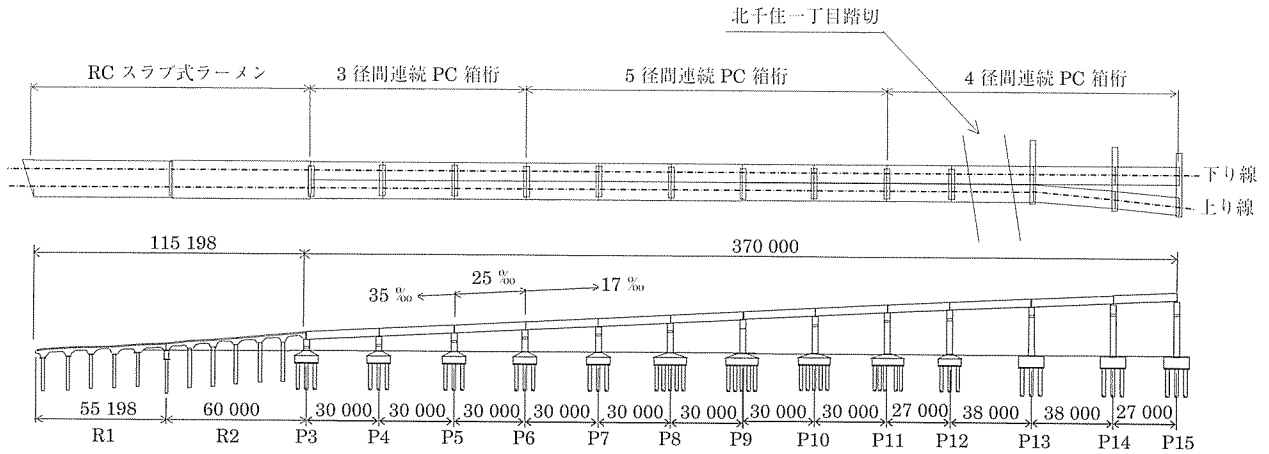


図 - 2 北千住駅アプローチ部高架橋

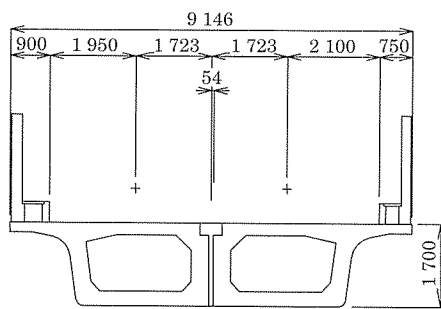


図 - 3 桁標準断面図

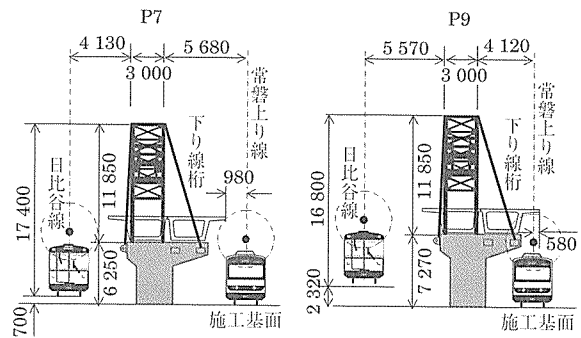


図 - 4 架設設備と営業線との離隔

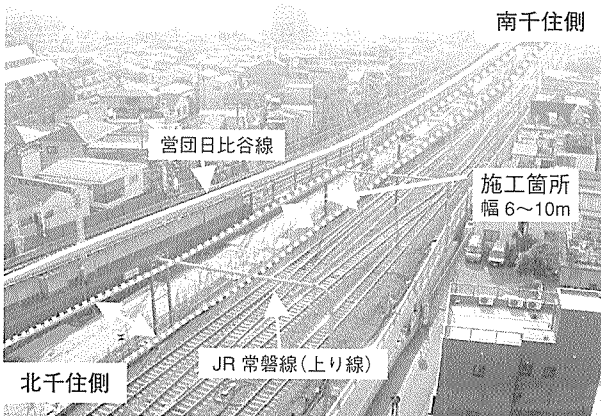


写真 - 1 施工場所

3. PC 連続箱桁の施工

桁製作は、現場付近に製作ヤードを確保することができないため、プレキャストセグメント工法とし、製作方式は1スパン分のセグメントを連続して製作するロングラインマッチキャスト方式とした。セグメントの製作状況を写真-2に示す。

スパンごとの架設方法を図-5に示す。

北千住側のP13からP15までの2スパンは、JR常磐線と営団日比谷線との離隔が比較的大きく、上り線側だけではあるが、桁下にベント支保工を組み立てるスペースを確保できることから、ベント架設工法とし、ベント上でセグメントの組立てを行った。

JR常磐線の上空架設となるP6からP13では、支保工の設置が不可能であるため、タワー式ガーダー架設機によ

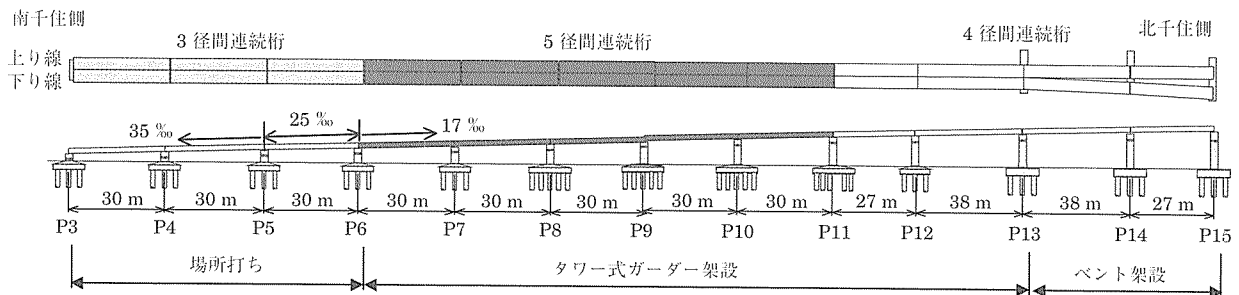


図 - 5 架設方法

るスパンバイスパン工法を採用し、桁架設終了後に、桁間にプレストレスを導入し、完成形の連続桁とした。

表-1にタワー式ガーダー架設の施工数量を示す。

1セグメントの大きさは、運搬を考慮し、長さの最大が3.5 m、重さ300 kNとした。なお、1連では最大スパン38 mで3000 kNとなる。

また、P3からP6の3スパンにおいては、上下線ともに桁下にベント支保工を組み立てるスペースを確保できることからP6からP13までのガーダー架設と併行作業で場所打ち架設を行い工期短縮を図っている。

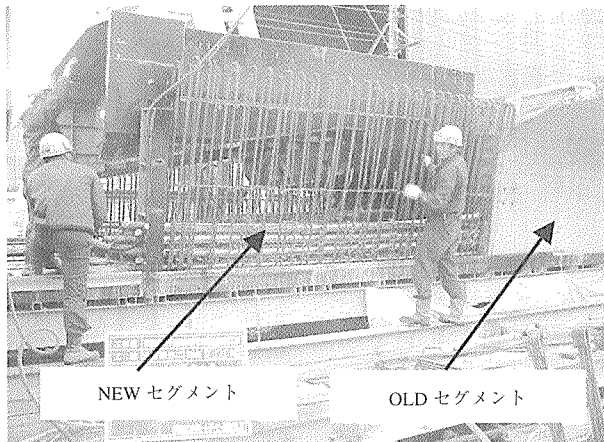


写真-2 セグメント製作状況(ロングラインマッチキャスト方式)

表-1 架設数量

| PC 桁 | | 線別 | 桁長 (m) | セグメント数 |
|---------|---------|------|--------|--------|
| ガーダー架設 | P6～P7 | 上り線 | 30.0 | 9 |
| | | 下り線 | 30.0 | 9 |
| | P7～P8 | 上り線 | 30.0 | 9 |
| | | 下り線 | 30.0 | 9 |
| | P8～P9 | 上り線 | 30.0 | 9 |
| | | 下り線 | 30.0 | 9 |
| | P9～P10 | 上り線 | 30.0 | 9 |
| | | 下り線 | 30.0 | 9 |
| | P10～P11 | 上り線 | 30.0 | 9 |
| | | 下り線 | 30.0 | 9 |
| | P11～P12 | 上り線 | 27.0 | 9 |
| | | 下り線 | 27.0 | 9 |
| P12～P13 | 上り線 | 38.0 | 13 | |
| | 下り線 | 38.0 | 13 | |
| ベント架設 | P13～P14 | 上り線 | 38.0 | 13 |
| | | 下り線 | 38.0 | 13 |
| | P14～P15 | 上り線 | 27.0 | 9 |
| | | 下り線 | 27.0 | 9 |
| 合計 | | | 560 | 178 |

3.1 タワー式ガーダー架設設備

(1) タワー式ガーダー架設機

桁下空間が作業スペースとして利用できないP6からP13では、タワー式ガーダー架設工法を採用している。

同様な条件で、橋脚上空のみを使用して桁を架設する一般的な工法としては、エレクションガーダー式架設工法があるが、この工法は橋脚上に桁幅よりも広い桁吊り用門型

構やベントが必要となる。しかしながら、本高架橋の桁は箱型断面で幅が広く、橋脚幅が桁幅よりも狭くなっているため、橋脚上に同様な桁吊り用の設備を構築することが不可能である。そこで、本工事では橋脚上ではなく、桁上に扛上・降下可能なタワーを設置するタワー式ガーダー架設工法を採用した。

タワー式ガーダー架設工法に用いる架設機を図-6に示す。

架設機は、桁の扛上・降下に使用する前部タワー、後部タワー、および手延べ機、補助タワー、走行ガーダー、吊りガーダーから構成されている。

前部、後部タワーには、それぞれ1800 kN ジャッキ、補助タワーには200 kN ジャッキが各2台ずつ設置され、タワー自体および吊りガーダーを扛上・降下させることができるようになっている。

吊りガーダーは桁を吊り上げ、扛上・降下する装置で、吊りガーダーと桁は、ゲビンデスターブにて接続する。

走行ガーダーは、桁を架設位置まで引き出すための装置で、ガーダー上には桁が走行するための軌条が設けられている。なお、桁は後部タワー側から引き出す。

タワー式ガーダー架設機による架設工法の特徴は、次のとおりである。

- 1) 各タワーに設けられた扛上・降下用ジャッキにより、後部タワーを桁高よりも高く扛上させることができるため、桁幅よりも狭いタワーであっても桁引出し時にタワーが支障することがない。
- 2) 桁の吊上げ作業および引出し作業をそれぞれ行う吊りガーダー、走行ガーダーの2つのガーダー設備を有することで、後部タワーを扛上させた状態においても桁の引出しができる。

つまり、タワー式ガーダー架設工法は、橋脚幅や桁幅に影響されることなく施工できるガーダー架設工法である。

(2) 自走台車

事前に架設された桁および走行ガーダー上には、あらかじめ4条の走行レールを設置しておき、セグメント組立て時および架設時のPC桁の移動は、8つの車輪を持つ2000 kN 自走台車2台を用いて行う。自走台車の構造を図-7に示す。

高架橋は最大35%の急勾配となるため、事前に台車の走行および制動能力を確認する目的で、現場作業ヤードにて勾配3.5%の仮設軌条を設け、台車の走行試験を実施した。なお、台車の制動能力には3倍の安全度を考慮した他、おしめ用ウィンチにより、逸走防止対策も施している。

3.2 タワー式ガーダー架設工法の架設手順

架設手順としては、まずタワー式ガーダー架設機およびセグメントの組立てヤードとなるP13からP15までのベント架設箇所を施工する。その後、タワー式ガーダー架設とP3からP6までの場所打ち施工とを併行して行う。

(1) 組立てヤード

工場で作成したセグメントを組み立てるヤードが地上には確保できないため、唯一JR常磐線と営団日比谷線の離隔が比較的大きくなるP13からP15までの間をベント架

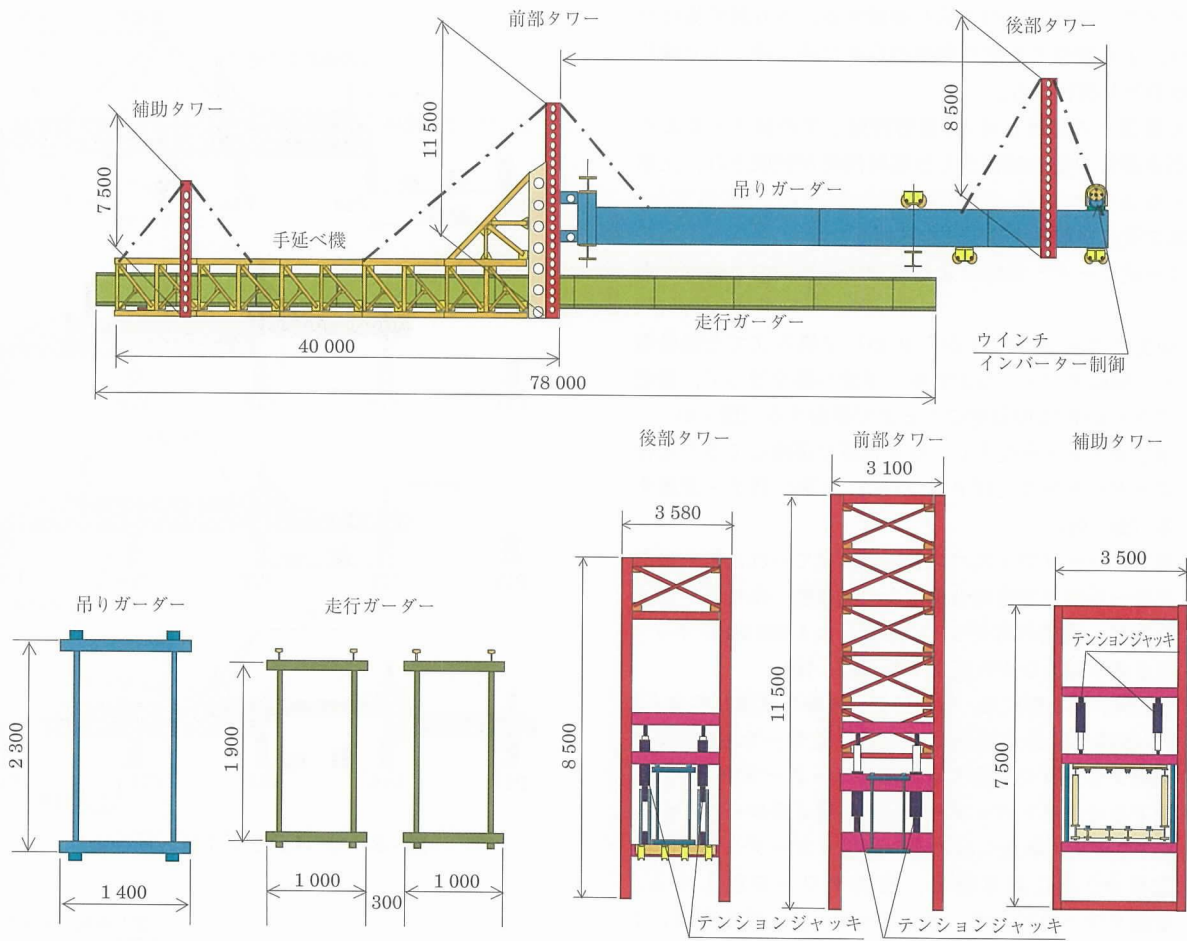


図-6 タワー式ガーダー架設機

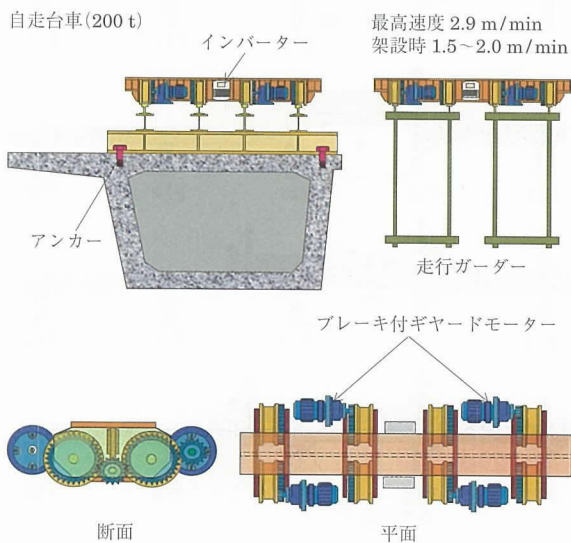


図-7 自走台車

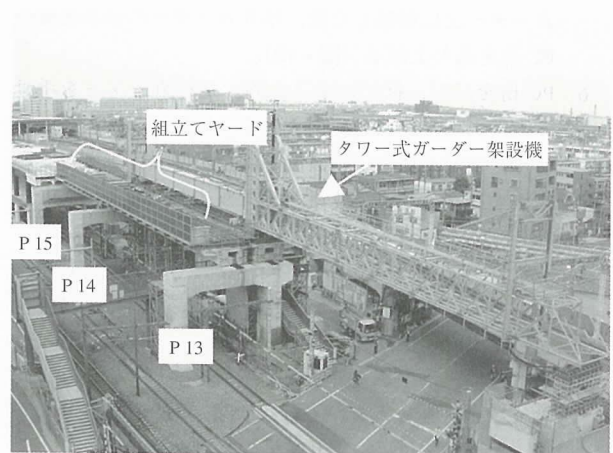


写真-3 組立てヤード

設とし、ベント上で組み立てられた桁上を、その後のガーダー架設のための架設機、および桁のセグメント組立てヤードとした(写真-3)。

(2) セグメントの接合

セグメントの接合は勾配の下側である南千住側から1ブロックずつ行方。もっとも南千住側にあるブロックには自

走台車をセットし、軌条上に配置された各ブロックを1つずつ接合しながら移動していく。調整ジャッキによりセットキー、せん断キーの面合わせを行い、エポキシ系の接着剤(可使時間70分、硬化時間24時間)を用いて接着する。

接着に際しては、ゲビンデスタープにより接合面に300 Paの圧力を加えた。

(3) タワー式ガーダー架設

タワー式ガーダー架設は、1スパン分に組み立てられた

桁をすべて上り線側で引き出し架設する。下り線の桁については、上り線側で横取り装置の台車に降下後、下り線位置に横取りし据付ける。

下り線側での引出しはJR常磐線直上での施工となるため、列車運行の安全確保から作業時間帯が制限され、工期が長くなることから、すべての桁を上り線側で引き出し、下り線位置に横取りする工法を採用した。

タワー式ガーダー架設による架設手順は次のとおりである。

- 1) 組立てヤード (P13 から P15) で組み立てた架設機を、補助タワー、自走台車、手延べ機を使って、前部タワーが P12 の位置にくるまで移動する (図-8)。
 - 2) 吊りガーダーを扛上し、自走台車で運搬してきた走行ガーダーを吊り上げ P12 から P13 間に降下・設置する (図-9)。
 - 3) 組立てヤードで1スパン分に組み立てられた桁を後部タワー手前まで自走台車により運搬後、吊りガーダーを前部、後部の両タワーに設置した1800kN ジャッキを盛り替えながら扛上する (図-10)。
- この時、桁上面には、あらかじめ軌条を設置しておく。
- 4) PC 桁後部に逸走防止ウインチワイヤーを取り付け、後部タワーまで運搬する。吊りガーダーを PC 桁上に降下させ、吊りガーダー後部の盛替え用ローラー台車を PC 桁上の軌条にはめ込み、吊りガーダーの後部荷重を PC 桁に盛り替え、後部タワーを扛上する。後部タワーの扛上は、吊りガーダー扛上時と同様に1800kN ジャッキを盛り替えて行う (図-11)。
 - 5) PC 桁を前部タワー方向へ送り出し、後部タワーを通過した時点で後部タワーを降下させる。PC 桁を走行ガーダー上に移動した後、吊りガーダーの吊り装置で PC 桁を吊り上げる (図-12)。
 - 6) PC 桁を降下、据付けするため、走行ガーダーを手延べ方向 (南千住側) に引き出す。走行ガーダーの引出しは、手延べ機の中に設置された水平ジャッキとレールチャックにより、手延べ機を反力にして行う (図-13)。
 - 7) 走行ガーダーの引出し完了後、橋脚上に横取り装置をセットし、PC 桁を降下させ横取り装置の台車に据え付ける (図-14)。
 - 8) 横取りは、水平ジャッキとレールチャックにより、ジャッキを盛り替えながら行う (図-15)。横取り完了後、桁を据え付け、下り線桁の架設が終了となる。次に、上り線桁の架設に使用するため走行ガーダーを引き戻し、これまでと同様の作業を繰り返す、上り線桁の架設を行う。
 - 9) 上下線1スパン分の桁架設が終了した後、架設機の移動を行う。まず吊りガーダーを降下させ台車に載せ、後部タワーを扛上する。次に6)で示した走行ガーダーの引出し装置を利用し、ここでは走行ガーダーを反力として手延べ機の引出しを行う。ガーダーの移動が完了すると2)の状態に戻り、1スパン分の架設手順の1サイクル終了となる (図-16)。

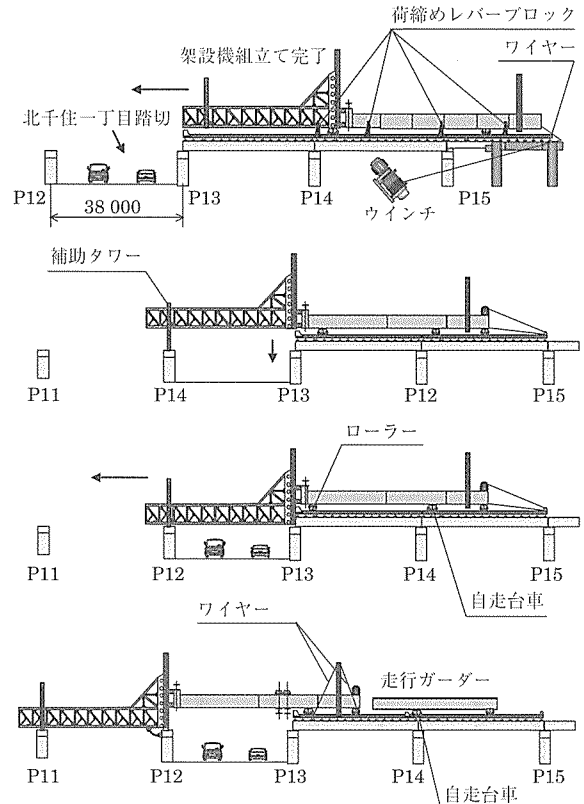


図-8 1) ステップ：架設機移動

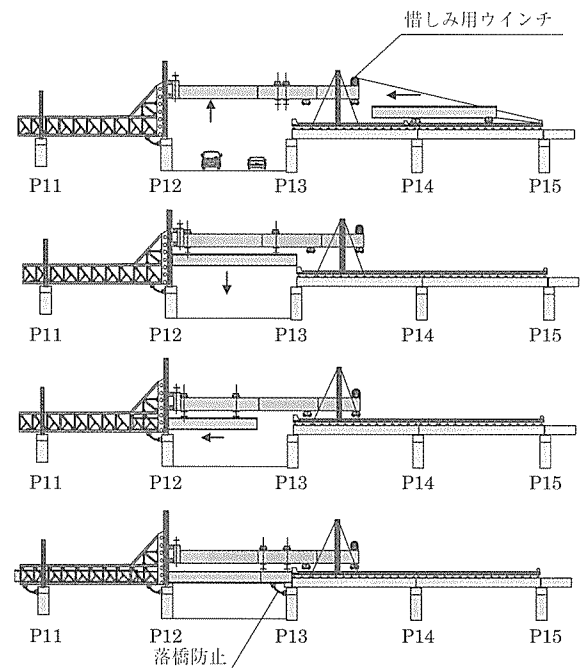


図-9 2) ステップ：走行ガーダー設置

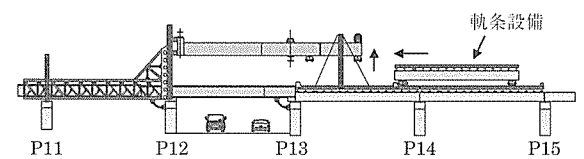


図-10 3) ステップ：吊りガーダー扛上

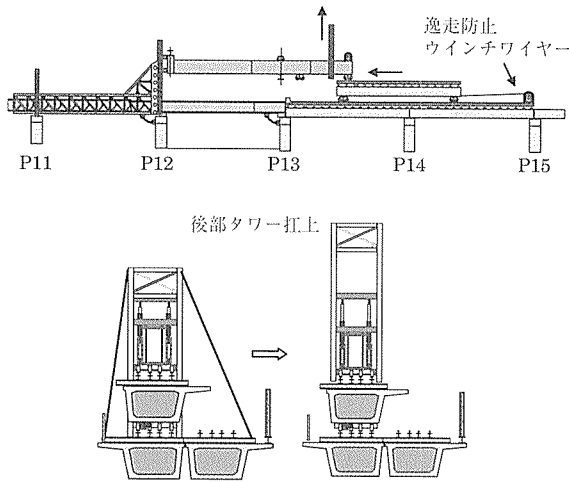


図 - 11 4) ステップ：後部タワー吊上・吊りガーダー荷重盛り替え

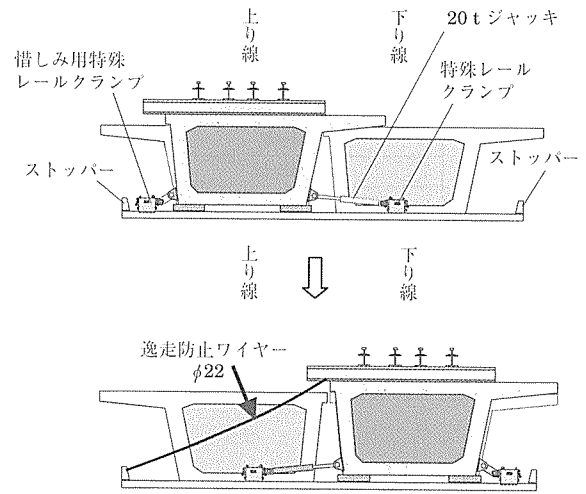


図 - 15 横取り装置

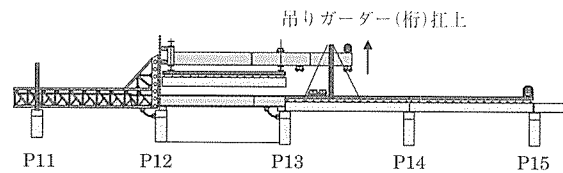


図 - 12 5) ステップ：吊りガーダー（桁）吊上

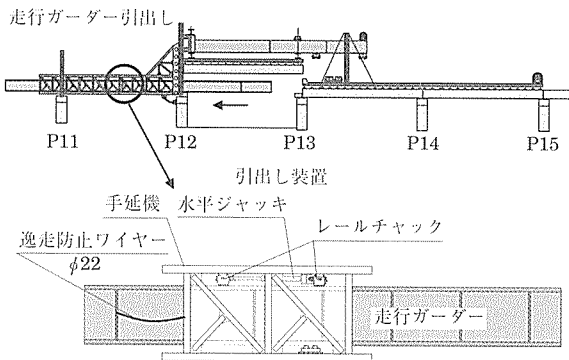


図 - 13 6) ステップ：走行ガーダー引き出し

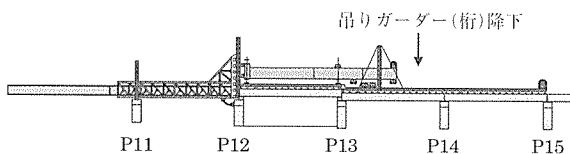


図 - 14 7) ステップ：吊りガーダー降下桁据付け

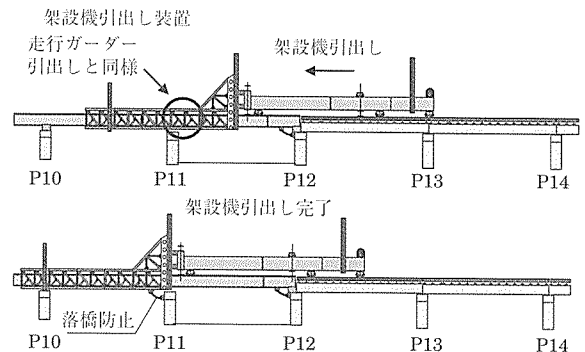


図 - 16 9) ステップ：架設機移動
2) ステップの状態

タワー式ガーダー架設機による架設状況を写真 - 4 に示す。

3.3 架設作業の安全度および作業時間帯の考え方

今回の工事は、JR 常磐線と営団日比谷線に挟まれた狭隘空間、および JR 常磐線上での施工となるため、施工にあたっては、施工時のさまざまな状態について、その安全性を検討した。

(1) 架設作業の安全度

架設作業の安全性について、自走台車による桁の運搬時、タワー式ガーダー架設機の移動時、桁吊り上げ時それぞれについて、検討した項目と各安全度を表 - 2 に示す。

なお、架設作業の安全性を検討するにあたり、各種材料、作業状態に対する安全度の基準は、土木学会の鋼構造架設設計施工指針を参考とした。

また、地震時の検討については、架設時の一時的な状態

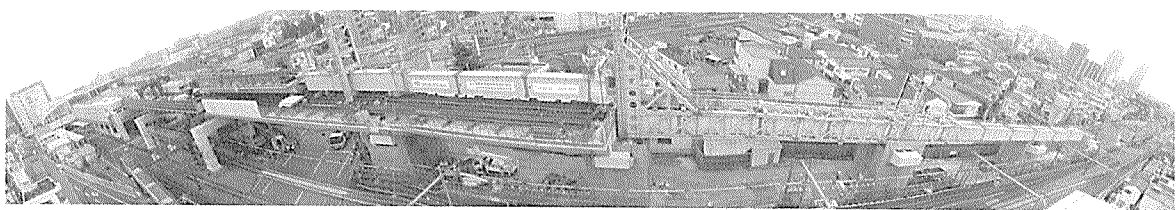


写真 - 4 架設状況

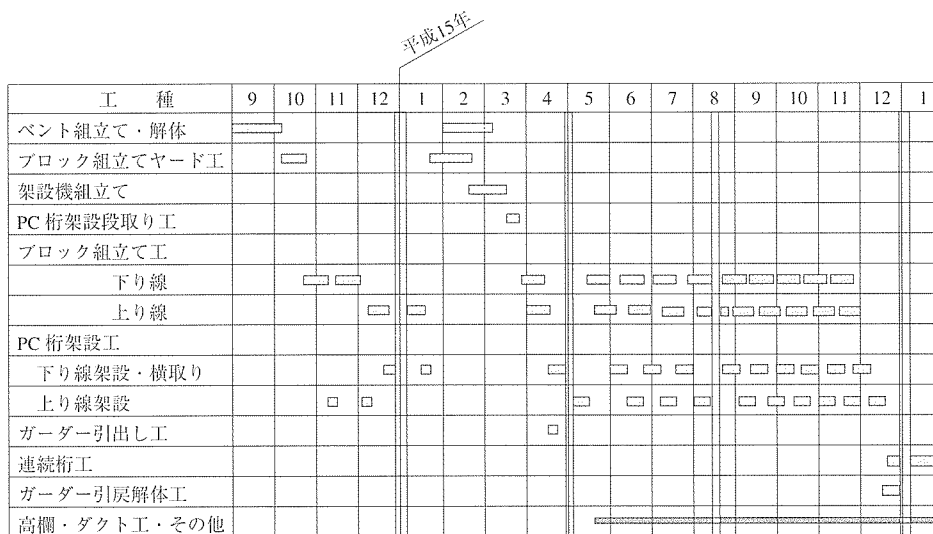
表 - 2 施工時安全度

| 作業状態 | 検討項目 | 安全度 | 備考 | |
|--------------------|-----------------|-------------|-----|-----|
| 自走台車による 桁の運搬 | 桁(自走台車) の逸走 | 牽引能力 | 2 | |
| | | 制動能力 | 3 | |
| | 桁の転倒 | | 2.5 | 地震時 |
| | 台車の脱輪 | | 6.3 | 地震時 |
| タワー式ガーダー 架設機の移動 | 架設機の逸走 | ジャッキ能力 | 3.4 | |
| | | レールチャックランプ力 | 4.2 | |
| | | ウィンチワイヤー破断 | 5.5 | |
| PC 桁の吊り上げ | 吊り装置(ゲビンダ)の破断 | | 2.2 | |
| | 吊りジャッキ能力 | | 2.1 | |
| | 架設機(タワー) の転倒 | 前部タワー | 2.4 | 地震時 |
| | | 後部タワー | 2.2 | 地震時 |

表 - 3 作業時間区分

| 作業フロー | P6～P13 | | | | 理由 |
|-------------|--------|---|----|------|-----------------------------|
| | 昼 | 夜 | 線閉 | 道路夜間 | |
| PCブロック荷取り | | ○ | | | 夜間搬入のため夜間作業 |
| PC箱桁組立て | ○ | | | | 軌道中心から3m以上で、運転手から見ても不安要素がない |
| PC箱桁移動 | ○ | | | | 軌道中心から3m以上で、運転手から見ても不安要素がない |
| 手延機吊りガーダー移動 | | | ○ | ○ | 営団日比谷線き電停止 |
| 走行ガーダー移動 | ○ | | | ○ | 営団日比谷線き電停止 |
| 吊りガーダー扛上・降下 | | | ○ | ○ | 営団日比谷線き電停止 |
| 後部タワー扛上・降下 | | | ○ | ○ | 営団日比谷線き電停止 |
| PC据付け | | | ○ | ○ | 営団日比谷線き電停止 |
| PC箱桁横移動 | | | ○ | ○ | JR・営団線き電停止 |

表 - 4 工程表



であることを考慮し、大規模地震の半分程度を想定した水平震度0.3を設定して検討した。

(2) 作業時間帯

各作業の作業時間帯(昼・夜)の区分を表-3に示す。

本工事は、写真-1および図-4に示したとおり、JR常磐線および営団日比谷線に挟まれ、2つの営業線に非常に近接した作業であること、および架設機が前部タワーで11.85mと高さがあり、各作業状態での安全性の検討は十分に行っているものの、万一転倒した場合の影響範囲が大きいことから、列車運行の安全確保を最優先し、架設機の移動やタワーを扛上・降下させる作業については、すべて夜間列車運行の無い時間帯での作業とした。

架設工程を表-4に示す。

4. おわりに

本工事は、平成14年9月からベント架設に着手した後、平成15年6月からは、タワー式ガーダー架設による桁架設を開始した。作業は順調に進み、平成15年12月には、無事故ですべての桁の架設を終了し、現在は、高欄などの橋面上での作業を行っているところである。

今回紹介したタワー式ガーダー架設工法が、今後、同種の狭隘空間における桁架設工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼構造架設設計施工指針，2001年版
【2003年12月24日受付】