

東北新幹線直上の PC 桁・鋼桁架設（東北縦貫線工事）

鹿島建設(株) 東北縦貫線工事 永田 敏秋
○ 山本 正嗣

1. はじめに

東北縦貫線とは、東京駅～上野駅間の約 3.8km に新たに整備を進めている在来線である。混雑緩和と乗り換え解消を目的に、京浜東北線と山手線に並行した上下線を設け、東京駅起点の東海道線と上野駅止まりの東北・高崎・常磐線を直通運転させる計画である（図-1）。

東北縦貫線工事の神田駅周辺では建設用地が無いことから、東北新幹線の高架を約 600m にわたり重層化した。この重層化は鉄骨（橋脚・橋台）架設工と桁架設工から成り、東北新幹線の直上、かつ在来線と並行道路との間の狭隘部における工事で、発注者の J R 東日本からは「難易度の高い工事」指定を受けている。桁架設工では総重量 1800t の桁架設機を製作・使用し（写真-1）、深夜に機械の移動と桁の降下架設を繰り返しながら、2013 年 4 月に全 19 橋の PC 桁・鋼桁の架設を完了した。

本文では、工事全体と桁架設工の概要、桁架設時の課題と対処について報告を行う。



図-1 工事位置 路線図
※図の上側が北



写真-1 東北新幹線直上の桁架設機と搭載直前の PC 桁

2. 工事全体の概要

東北縦貫線の整備区間約 3.8km の中で、当社は南部工区約 1.5km を担当した。このうち神田駅周辺の約 600m では、東北新幹線の軌道を支える鋼製橋脚・橋台の上に鉄骨部材を継ぎ足し（鉄骨架設工）、組み上がった橋脚・橋台の間に桁を順次架設していった（桁架設工）（図-2,3）。工事諸元を表-1,2 に示す。

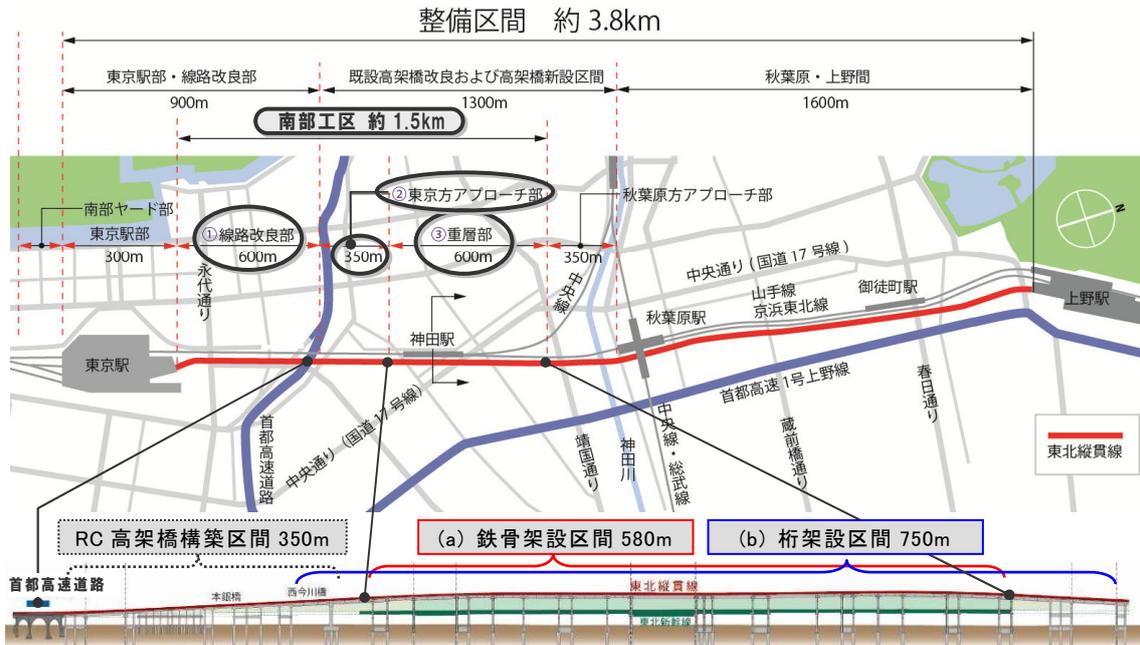


図-2 工事位置 平面図(上)と側面図(下) ※図の右側が北

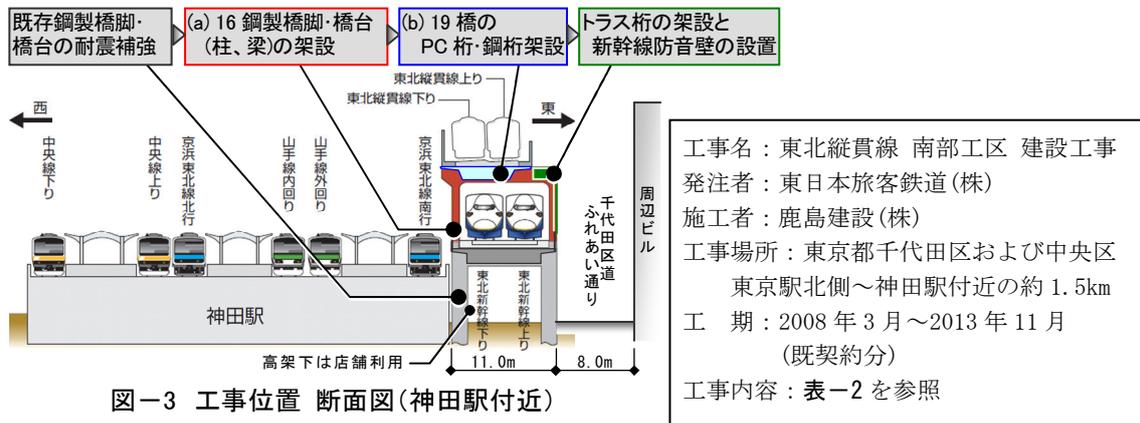


図-3 工事位置 断面図(神田駅付近)

<p>既存鋼製橋脚・橋台の耐震補強</p> <p>(a) 16 鋼製橋脚・橋台 (柱、梁)の架設</p> <p>(b) 19 橋の PC 桁・鋼桁架設</p> <p>トラス桁の架設と新幹線防音壁の設置</p>
<p>工事名：東北縦貫線 南部工区 建設工事</p> <p>発注者：東日本旅客鉄道(株)</p> <p>施工者：鹿島建設(株)</p> <p>工事場所：東京都千代田区および中央区 東京駅北側～神田駅付近の約 1.5km</p> <p>工期：2008年3月～2013年11月 (既契約分)</p> <p>工事内容：表-2 を参照</p>

表-1 工事諸元

表-2 主な工事内容

主な工種	場所	工事内容 (構築物)
1) 線路改良工	線路改良部 600m	路盤工事 (既設バラスト路盤撤去、RC 路盤新設)
2) アプローチ工	東京方アプローチ部 350m	RC 高架橋・橋脚工事 8 基、既設高架橋耐震補強
3) 鉄骨架設工	重層部 580m	既設橋脚の耐震補強、鋼製 8 橋脚+8 橋台の架設
4) 桁架設工	重層部 750m (東京方アプローチ部と北部工区を含む)	PC 桁 17 橋+鋼桁 2 橋の組立と桁架設機での架設、その他 2 橋の構築
5) 新幹線防音壁工	重層部 600m	鋼トラス桁 14 橋の組立・架設、防音壁の設置

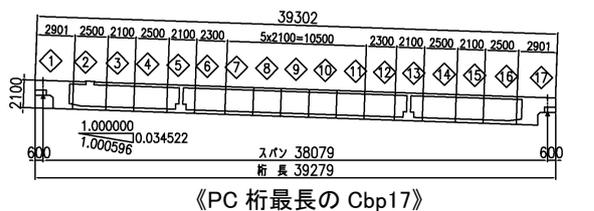
3. 架設する桁の構造と組立

桁架設機により架設する桁は、PC（Prestressed Concrete；プレストレスト・コンクリート）桁が17橋と鋼桁が2橋の計19橋である（表-3）。東北新幹線の線路を支える既存の桁は全て鋼製であるが、本整備では、定期的な塗装の解消（メンテナンスフリー）と騒音の元となる振動を抑えるためにコンクリート製のPC桁とゴム支承が採用されている。ただし、桁長が40m以上の2橋は軽くて強度の高い鋼桁とし、内部に防振処理（防振パネルの設置、架設後に防振コンクリート150mm厚を打設）を行っている。桁は、全て分割製作したブロックを現場に搬入し組み立てた。1ブロックはトレーラーにて夜間運搬できる大きさ・重量である。特にPC桁を工場製作のプレキャストブロックとしたことで、現場での型枠・鉄筋・コンクリート打設が不要となり作業ヤードを狭く、また現場作業日数を少なくできた（PC桁：図-4、5、写真-2）（鋼桁：図-6、7、写真-3）。

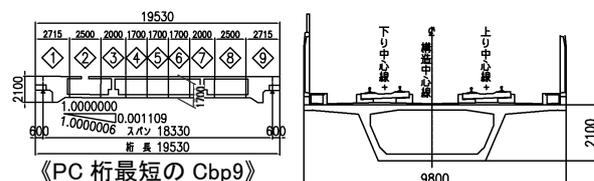
表-3 桁の構造諸元

桁種	名称	桁長 (m)	桁重量 (t)	分割数 (個)	最大ピース重量(t)
PC桁	Cbp1~17	20~39	320~590	11~19	30
鋼桁	Gd1	57	550	30	23
	Gd2	43	380	25	

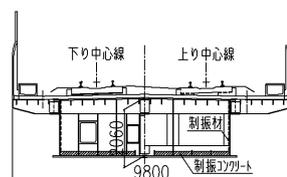
※桁重量は架設時で、後日施工のマクラギ等は含まず。



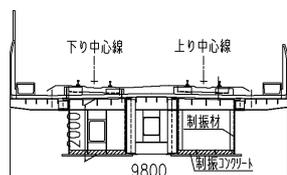
《PC 桁最長の Cbp17》



《PC 桁最短の Cbp9》



《Gd1》



《Gd2》

図-4 PC 桁の構造(ブロック割)と断面

図-6 鋼桁の断面

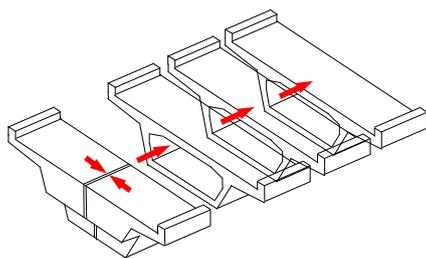


図-5 PC 桁のブロック割・組立イメージ

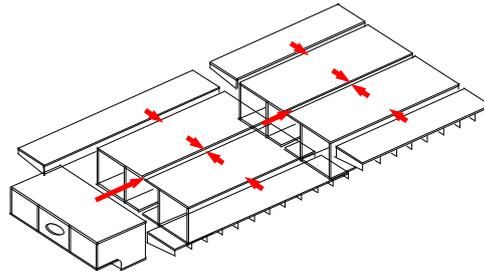


図-7 鋼桁 Gd1 のブロック割・組立イメージ



写真-2 組立台車上の PC ブロック



写真-3 鋼桁 Gd1 の組立状況

4. 桁の架設

桁架設工では本工事に設計・製作した総重量 1800t の桁架設機（写真-7）を使用し、約 1.5 箇月に 1 橋のペースで桁架設を行った（写真-4~6、図-8）。

桁架設機の組立を 2009 年 11 月～2010 年 6 月に行い、桁架設機の移動と動作試験を経て、PC 桁 17 橋と鋼桁 2 橋の全 19 橋の組立・架設を 2010 年 9 月～2013 年 4 月に完了した。



写真-4 昼間待機中・自走台車上の PC 桁



写真-5 夜間の桁架設準備作業



写真-6 PC 桁の降下・架設

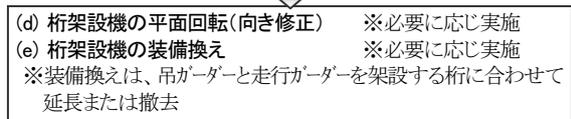
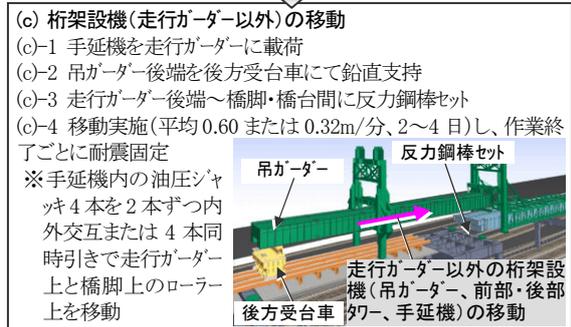
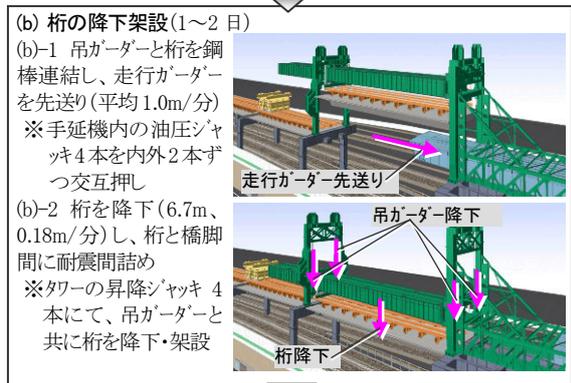
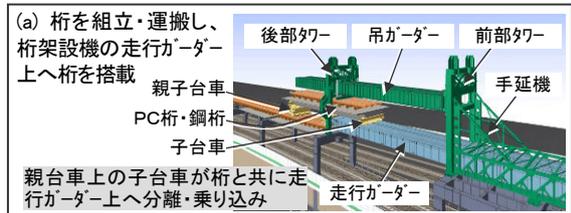


図-8 桁架設工の一連の流れ

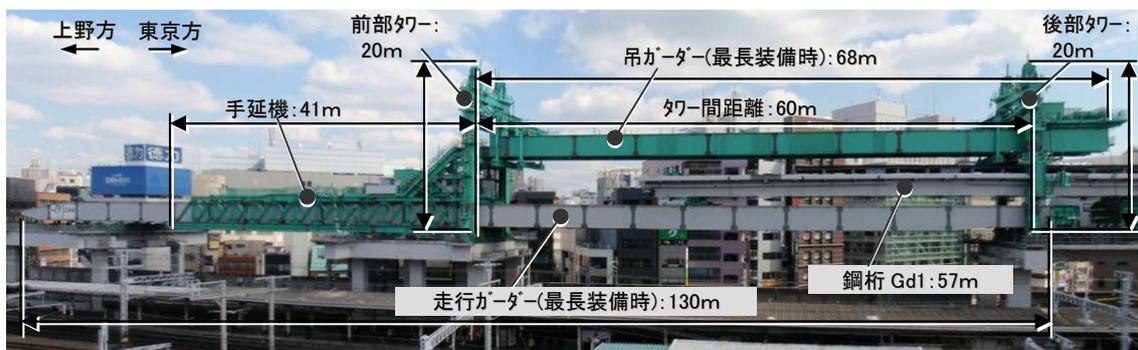


写真-7 桁架設機と構成部材 ※最長桁の鋼桁 Gd1 の架設時(2012年3月)

5. 桁架設時の課題と対処

(1) 最長の桁である鋼桁 Gd1 架設への対処

a) 曲線桁 Gd1 の後部タワー通過時の干渉

全 19 橋のうち約半数の 9 橋が平面的な曲線桁（ウェブは直線）で、桁端と桁中央の張出し寸法の差は鋼桁 Gd1 が 460mm と最も大きい。さらに Gd1 運搬台車の乗込み仮軌条が平面曲線のため、桁を走行ガード上には搭載する際に後部タワーのクランク及び柱内側と干渉してしまう。そこで張出し寸法差の大きな Gd1 と Gd2 では、スライド装置（橋軸直角方向に 0～+500mm 可動）を製作し、子台車と桁の間に配置した。事前の CAD 検証結果に基づき、進入位置に応じた位置調整（Gd1 で東京方 4 回、上野方 5 回）を行い、後部タワークランク部を通過させた（図-9、写真-8）。

《離隔確認箇所》

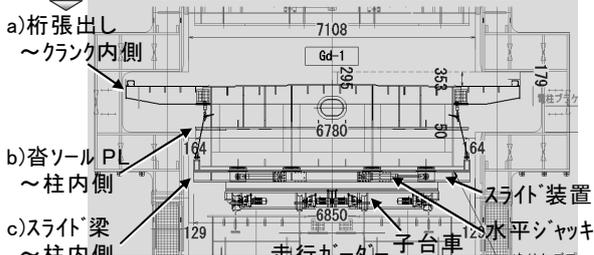


図-9 Gd1 と子台車(2 台)上のスライド装置

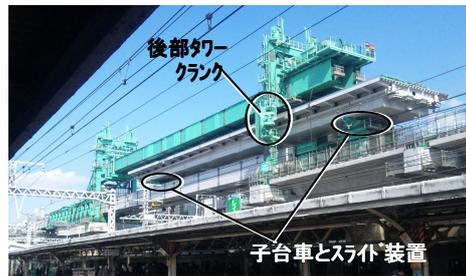


写真-8 Gd1 張出し部の後部タワークランク通過 ※手前はJR神田駅のホーム

b) 桁長最大の鋼桁 Gd1 の架設時間

Gd1 の桁長は 57m で、その架設を他の桁と同じ方法にて行った場合には、隣接する京浜東北線 南行きの線路閉鎖間合い 3.5 時間（作業後の跡確認及び手続きで実質の架設時間は 3.0 時間）に取まらない。そこで下記対策により架設した（表-4）。

表-4 鋼桁 Gd1、Gd2 架設時の時間対策

- ① 手延機浮き上がり防止を総ねじ PC 鋼棒 6 本-φ36(C 種)にて行い、走行ガード片持ち状態での後端たわみ量を約 900mm に抑制した(図-10)。
- ② 走行ガード後端のたわみ出し(ジャッキダウン)をロングストロークジャッキ 1100mm・100t×2 本にて行い、たわみ出しの盛り替え時間を無くした(写真-9)。
- ③ 架設後の桁の仮耐震固定(橋軸・橋軸直角方向)にワンタッチ式治具を製作し用いた(写真-10)。
- ④ 上記①～③の効果と時間を事前試験で確認した。
- ⑤ 通勤ラッシュを避けた土曜朝に、京浜東北線・南行き始発からの 3 本を山手線・外回りへ回すことで拡大間合い時間(35 分増)を確保した。また、東北新幹線のキ電停止間合いも調整し合わせた(写真-11)。



写真-9 走行ガード後端のたわみ出し

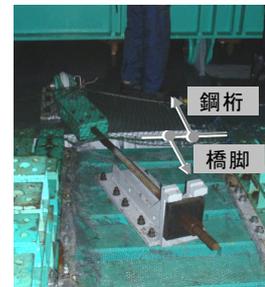


写真-10 ワンタッチ式の橋軸ストッパー鋼棒

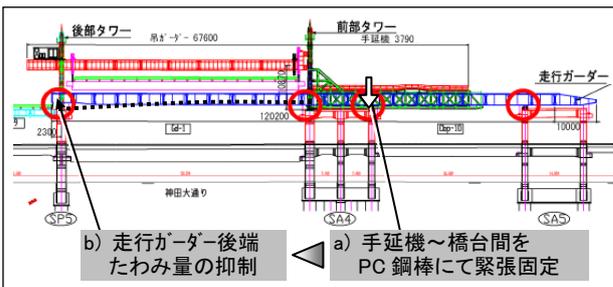


図-10 手延機の浮き上がり防止とたわみ抑制



写真-11 Gd1 架設(走行ガード先送り中)

(2) 電柱支障部での PC 桁架設への対処

最終桁の Cbp17 (PC 桁) は、全 19 橋の中で最も重い 590t、都道靖国通り上空の跨道橋、下り勾配 3.5% で、架設位置は平面線形の曲率が厳しい。下記の課題への対処 (表-5) により、試験施工を経て 2013 年 4 月 19 日深夜に靖国通りを 100 名体制で通行止めにし無事架設できた。

表-5 Cbp17 の架設方法に関する課題と対処

<p>1) 今までの走行ゲーター先送りでの課題 平面線形の曲率が厳しく走行ゲーターを先送りする際に先端が東北新幹線の電柱と架線に支障する。今までの桁の架設方法と同じ「走行ゲーター先送り」が適用不可。</p>	<p>2) 当初計画と課題 ⇒走行ゲーター引き戻し(案)の課題 a) 引き戻し設備の設置による工程遅延・コスト増加。 b) 後工程のトラス桁架設の工程着手遅延。 c) 新しい桁架設方法(ダブルツインジャッキとPCケーブルによる走行ゲーター引き戻し)のため、入念な事前検討と試験施工が必要。 d) 試験施工の際、ガイトとなる手延機内から走行ゲーターが外れ不安定になるため、靖国通りを通行止めする必要があるためコスト増加。さらに通行止めが交通量の少ない指定日となり、ゴールデンウィークと神田祭を挟み最低 1 箇月の工程遅延。</p>	<p>3) 見直し計画 ⇒走行ゲーター先送りを可能にした対処 (図-11、写真-12) ① 走行ゲーター後端 3 ブロック撤去で、走行ゲーター先送り時の前方張出し長と先端たわみを必要最小限。 ② 支障する架線の横移設。 ③ 支障電柱の頂部を最大限切除。 ④ 桁架設機の勾配を上げ、支障電柱部との離隔を確保。 ⑤ 電柱と支障する走行ゲーター先端を部分切除。 ⑥ 走行ゲーター先端たわみの数値解析と、試験施工にて離隔確認。</p>
---	--	---

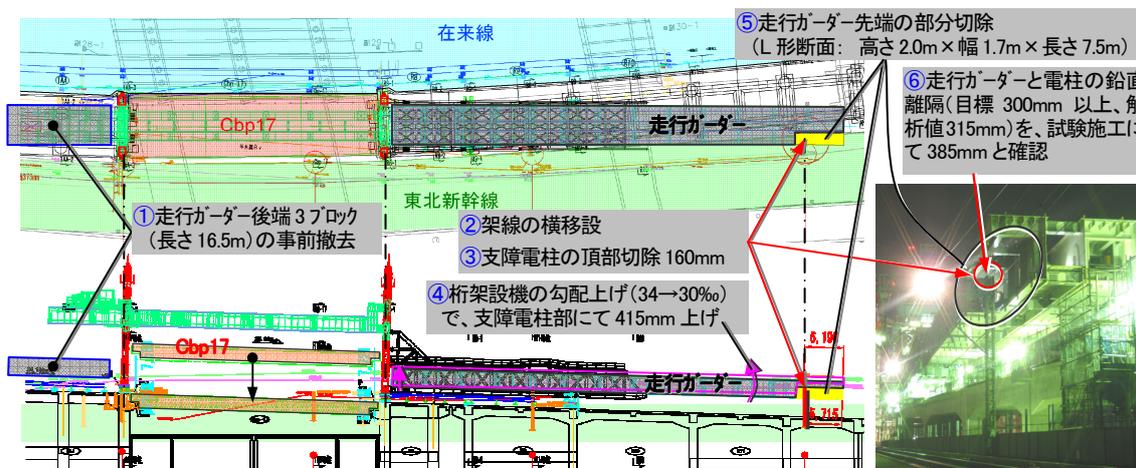


図-11 Cbp17 の走行ゲーター先送りを可能にした対処
平面図(上)、側面図(下)

写真-12 走行ゲーター
先端と電柱頂部

6. おわりに

今回ご報告した工事は、我が国の重要交通手段の一つである東北新幹線直上での作業であり、深夜のごく限られた時間内に所要の耐震固定を含む全ての作業を終えることが、必要条件であった。19 橋の桁架設はその全てにおいて制約条件が異なり、施工計画に対し、細部測量、施工方法の細部検証や見直し、仮設支持構造の設計・製作・設置、そして施工管理用の変形や反力の解析などの諸検討を行い、施工計画の安全性と精度を高めていった。そして、「JR 東日本 東京工事事務所」との施工検討会は 100 余回に及んだ (担当者との打合せは別途)。

軌道工事への部分的な引き渡しも始まった。このような前例の無い工事を無事乗り越えられたことについて、関係者のみなさまに厚く御礼を申し上げます。