

東北縦貫線工事

大型機械による新幹線直上でのPC桁・鋼桁架設工事

永田 敏秋・柳澤 則雄

東北縦貫線工事では、東京駅～上野駅間に新たに在来線を整備している。このうち神田駅付近では建設用地が無いことから、新幹線高架の直上に新たな高架を構築し重層化する。本報告では、先に報告した「鋼製橋脚・橋台の上部継ぎ足し構築である鉄骨架設工事¹⁾」に引き続き、RC及び鋼製橋脚・橋台間において施工した「大型機械による桁架設工事」とその課題への対応事例の一部を紹介する。

キーワード：新幹線直上、在来線近接、鉄道高架橋、桁架設、機械施工、PC桁、鋼桁、単純桁

1. はじめに

東北縦貫線工事の整備区間は東京駅～上野駅間の約3.8kmである。このうち神田駅付近では建設用地が無いため新幹線高架直上への線路構築となっており、750mにわたり東京方から上野方へ順次19橋の桁架設を行った(図-1, 2)。

当整備の目的は、混雑緩和と乗り換えの解消である。京浜東北線と山手線の他に新たに在来線の上下線を整備することにより、東京駅起点の東海道線と上野駅止まりの東北・高崎・常磐線とを直通運転により接続する計画である。

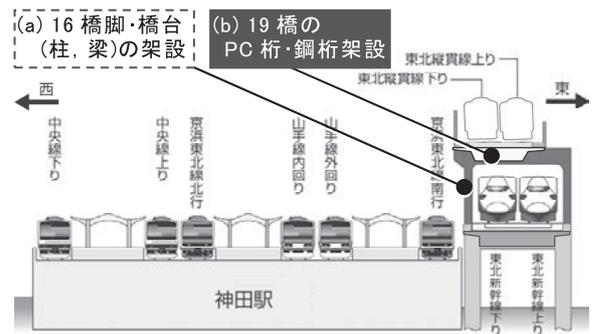


図-1 工事位置断面図(神田駅付近)

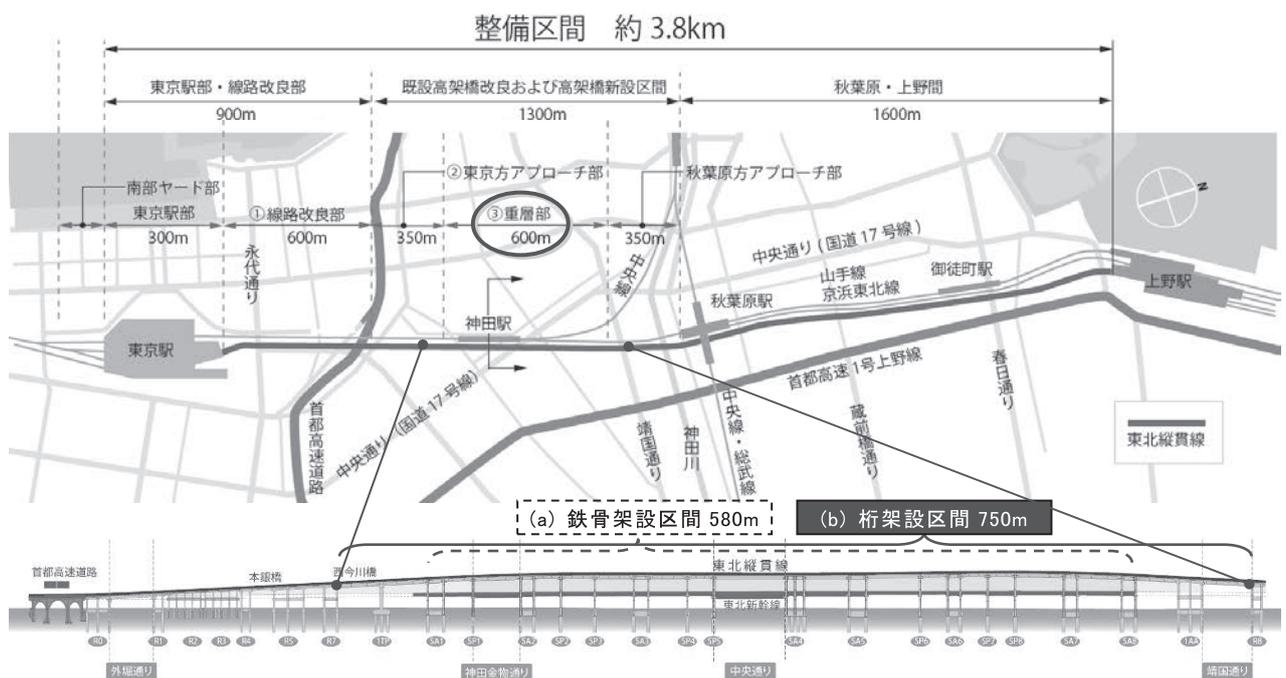


図-2 工事位置平面図(上)と側面図(下)

2. 桁架設工の工事概要

工事名：東北縦貫線（南部）PC・鋼桁架設他
 発注者：東日本旅客鉄道(株)
 施工者：鹿島建設(株)
 工事場所：東京都千代田区 神田駅付近
 工期：2009年10月～2013年9月

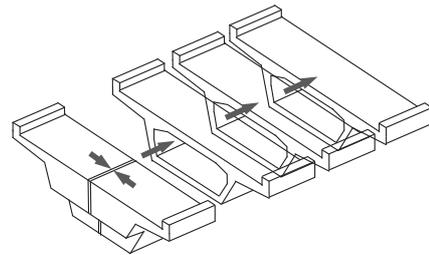


図-4 PC桁のブロック割・組立イメージ

3. 桁の構造と組立

架設する桁は19橋全てが単純桁で、PC桁17橋と鋼桁2橋である（表-1）。

PC桁の組立は、プレキャストブロック（最大重量300 kN/個、ピース数11～19、桁端部のみ横方向に2分割・現場横締め）を搬入し、東京方・構台上の組立ヤードの台車上で順次引寄せ・接着し、PC緊張を行った。組立が完了した桁はジャッキアップして2台の自走台車に載せ替え、架設位置まで搬送した（図-3～5、写真-1）。

鋼桁の組立は、分割ピース（最大重量230 kN/個、ピース数はGd1が30・Gd2が25）を搬入し、東京方の組立ヤードの架台上で順次仮組立し、ボルト締結を行った（図-6, 7, 写真-2）。組立が完了した桁はジャッキアップして2台の自走台車に載せ替え、架設位置まで搬送した。

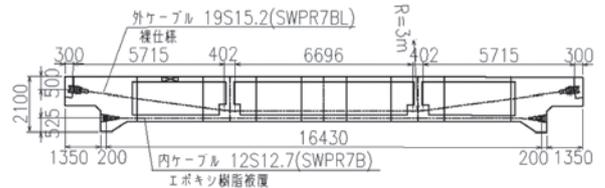


図-5 Cbp9主ケーブル配置（側面図）



写真-1 搬入後・引寄せ台車上のPCブロック

表-1 桁の構造

桁種	名称	桁長 (m)	重量 (kN)	断面
PC桁	Cbp1～17	20～39	3200～5800	1室箱桁（斜めウェブ）
鋼桁	Gd1	57	5400	3室箱桁
	Gd2	43	1室箱桁2連結(2Box)	

※重量は架設時で施工用の仮軌条 19 kN/m を含む。

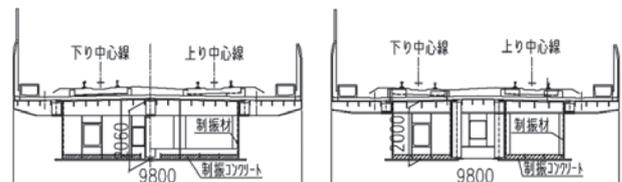


図-6 鋼桁の標準断面図 Gd1（左）とGd2（右）

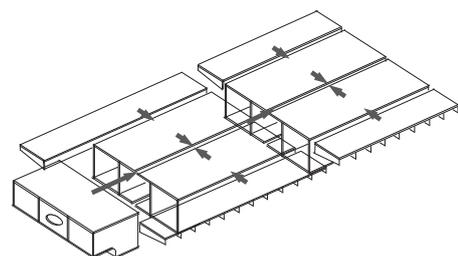


図-7 鋼桁Gd1のブロック割・組立イメージ

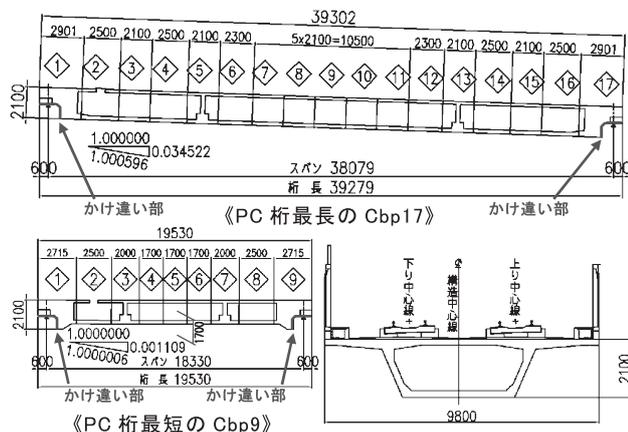
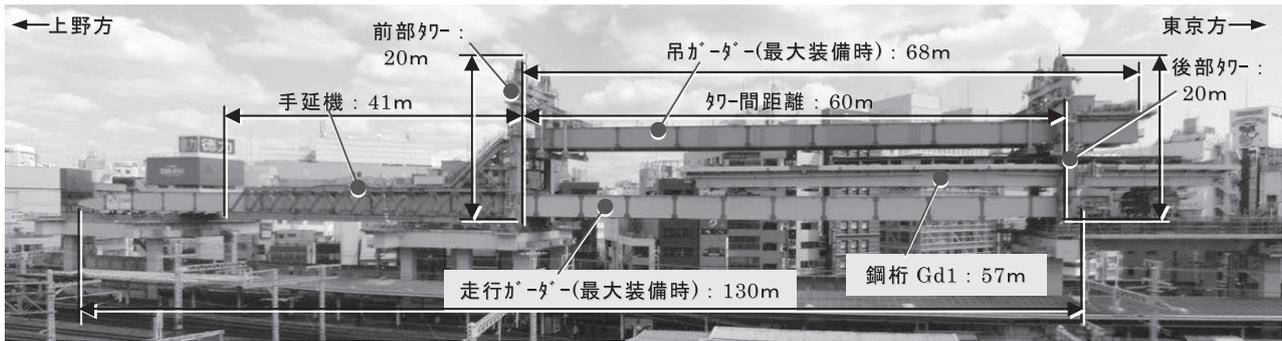


図-3 PC桁の構造図（ブロック割）と標準断面図



写真-2 鋼桁Gd1の組立状況



写真一三 桁架設機の構成部材 (Gd1 架設の最大装備時; 2012年3月)



写真一四 昼間待機・自走台車上のPC桁 (Cbp16)



写真一五 走行ガーダーの先送り (Cbp17 架設時)



写真一六 桁の降下・架設 (Cbp7)

4. 桁の架設

桁架設工では本工事に設計・製作した総重量 17,800 kN の桁架設機 (写真一三) を使用し、「(a) 桁架設機への桁の搭載→ (b) 桁の降下架設→ (c) 桁架設機の移動」の一連の動作を繰り返し、約 1.5 箇月に 1 橋のペースで桁架設を行った (図一八、写真一四～六)。桁架設機の組立を 2009 年 11 月～2010 年 6 月、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 月に無事完了した。

(a) 桁の組立・運搬、桁を桁架設機の走行ガーダー上へ搭載

(b) 桁の降下架設 (1～2 日)

(b)-1 吊ターにて桁を鋼棒吊りし、桁を地切扛上

(b)-2 走行ガーダーの先送り (平均 1.0m/分)
 ※手延機内の油圧ジャッキ (650kN×4 本, ストローク 2000mm) を 2 本ずつ内外交互押し

(b)-3 桁降下 (0.18m/分, 6.7m) と、遊間の耐震間詰め
 ※タワーの昇降ジャッキ (4300kN×4 本) にて、吊ターと共に桁の降下・架設

(c) 桁架設機 (走行ガーダー以外) の移動

(c)-1 手延機を走行ガーダーに載荷

(c)-2 吊ター後端を後方受台車にて鉛直支持

(c)-3 走行ガーダー後端～橋脚・橋台間に反力鋼棒セット

(c)-4 移動 (平均 0.60 または 0.32m/分, 2～4 日), 作業終了ごとに耐震固定

※手延機内の油圧ジャッキ (650kN×4 本) を 2 本ずつ内外交互または 4 本同時引きで走行ガーダー上と橋脚上のローラー上を移動

(d) 桁架設機の平面回転 (向き修正)

※平面曲線に合わせ必要に応じ実施, 後部ター中心回転と前部ター中心回転を使い分け

(d)-1 桁架設機の支持点に滑動設備 (ローラー, テフロン, 無給油スライド板) と横取りジャッキを配置

(d)-3 回転 (1～2 日), 作業終了ごとに耐震固定

(e) 桁架設機の支点高さ調整, 装備換え (2～3 日)

※必要に応じ実施

※装備換えは, 吊ターと走行ガーダーを架設する桁に合わせて延長または撤去

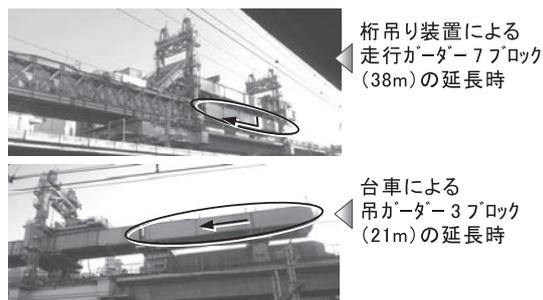
図一八 桁架設工の一連の流れ

5. 技術的課題への対応

(1) 様々な長さの桁の架設

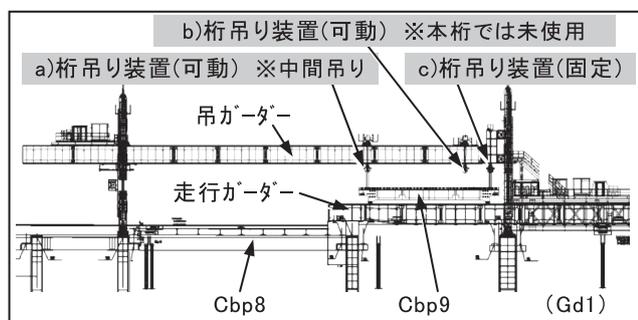
長短順次異なる桁長 20 ~ 57 m へ対応するため、下記の機能を桁架設機に持たせ架設した。

- ①最長の鋼桁 Gd1 が全 19 橋の中間の 10 番目であることに合わせ、桁架設機の走行ガーダーと吊ガーダーの長さを「短い→長い→短い」と変化させた(装備換え)(写真一七)。



写真一七 装備換え (部材の追加延長)

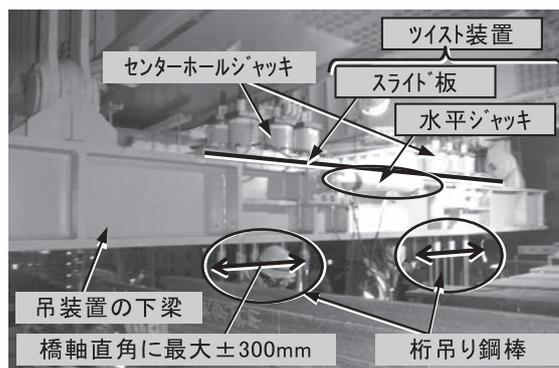
- ②長い装備状態での短い桁の架設では、吊ガーダーの支間部にて桁吊りが可能な様に、桁吊り装置を台車可動式とし、吊ガーダーの強度も対応させた(図一9)。



図一9 最大装備時の桁架設 (Cbp9 架設時)

(2) 桁架設時の平面位置調整

当初計画では、架設後の桁と桁架設機の中心を合わせる計画であったが、桁吊り状態にて吊り鋼棒を橋軸直角方向に動かせるツイスト装置(スライド板、水平ジャッキ、下梁のスリット孔から成る)を、桁吊り装置の下梁に追加した(写真一八)。可動量は構造安定範囲の±300mmで、前後ツイスト量の調整で桁の回転や横移動を自在にし、桁架設機の平面回転(1回につき準備を含め約1週間程度)を当初計画13回→10回と減らすとともに、杓位置調整と、PCケーブルタイプの落橋防止の貫通孔(桁、橋台・橋脚)同士の位置合わせ(精度は±5~15mm程度)を容易にした。



写真一八 吊装置の下梁とツイスト装置

(3) 桁架設機移動時の支点反力管理

桁架設機移動時の橋脚・橋台上では、手延機下面の6本のレールを、最大8台のローラー及びその下の油圧ジャッキにて支持し、橋軸直角方向の反力のばらつき管理・調整を行った。事前の反力解析結果を基に管理値を設定し、設置台数を決めている。反力調整を即時に行うため、防滴型PCを中央操作室と各橋脚支間に配置し、移動する中央指揮者が無線接続したiPadを携帯し、モニター管理を行った(写真一9~11)。



写真一九 ローラーと油圧ジャッキ



写真一〇 iPad (防滴カバー付き)



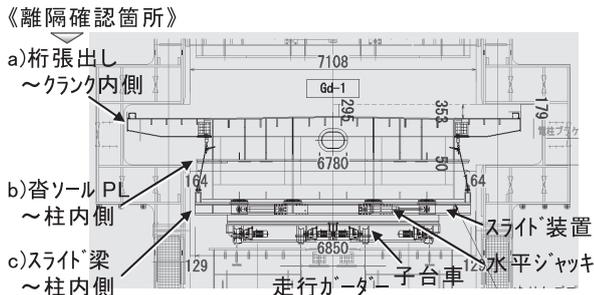
写真一一 左:防塵・防滴・耐衝撃型 PC (パソコン), 右:画面表示例 (ジャッキ推力, 支点反力)

(4) 桁架設時、桁架設機移動時の時間管理

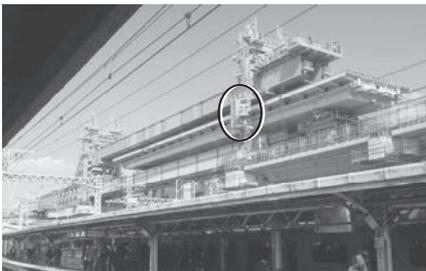
試験結果等から分刻みのサイクルタイムを設定し、実績により逐次見直しを行った。その中では要所に耐震固定への移行を考慮した限界時間を設け、作業着手時に「作業開始可能」か「中止して直ちに耐震固定へ向けた作業へ移行」かを誰もが判断可能にした。なお、桁架設日及び桁架設機移動日は、営業側の異常時対応(新幹線上野折り返し可)をとり、リスク管理を行った。

(5) 曲線桁 Gd1 の後部タワー通過時の干渉

9 橋が曲線桁（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 460 mm と最も大きい。さらに Gd1 運搬台車の乗込み部が平面曲線を有しているため、走行ガーダー上に桁を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。張出し寸法差の大きな Gd1 と Gd2 では、スライド装置（受梁、スライド板、水平ジャッキから成り、橋軸直角方向に 0 ~ + 500 mm 可動）を子台車と桁の間に配置し、進入位置に応じた位置調整（Gd1 で東京方 4 回、上野方 5 回）を行い通過させた（図— 10、写真— 12）。



図— 10 Gd1 と子台車上のスライド装置



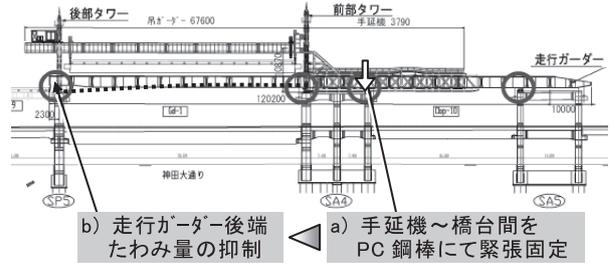
写真— 12 Gd1 張出し部の後部タワークランク通過

(6) 桁長最大の鋼桁 Gd1 の架設時間

Gd1 の桁長は 57 m 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 時間に収まらない。そこで下記対策により架設した（表— 2）。

表— 2 鋼桁 Gd1, Gd2 架設時の時間対策

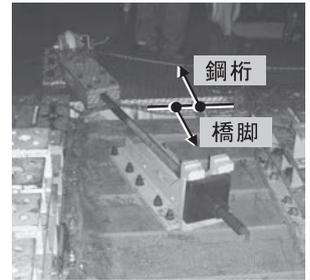
- | |
|--|
| <p>①手延機浮き上がり防止を総ねじ PC 鋼棒 6 本・φ 36 (C 種) にて行い、走行ガーダー片持ち状態での後端たわみ量を約 900 mm に抑制した（図— 11）。</p> <p>②走行ガーダー後端のたわみ出し（ジャッキダウン）をロングストロークジャッキ 1000 mm・1000 kN × 2 本にて行い、たわみ出しの盛り替え時間を無くした（写真— 13）。</p> <p>③架設後の桁の仮耐震固定（橋軸・橋軸直角方向）にワンタッチ式治具を製作し用いた（写真— 14）。</p> <p>④上記①～③の効果と時間を事前試験で確認した。</p> <p>⑤通勤ラッシュを避けた土曜朝に、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。</p> |
|--|



図— 11 手延機の浮き上がり防止



写真— 13 走行ガーダー後端のたわみ出しジャッキ



写真— 14 ワンタッチ固定式橋軸ストッパー鋼棒

6. おわりに

2013 年 4 月 19 日（金）深夜、靖国通りを通行止めにし桁架設機による最後の桁架設を終えたが、気の抜けない工事がまだまだ続く。桁架設工事は、先の鉄骨架設工事と同様、様々な課題の中、計画から施工に至るあらゆる面で、多くの方の発想力と本プロジェクトに懸ける思いにより支えられ、無事完了することができたと感じている。

関係者の方々には厚く御礼を申し上げますと共に、本報告が他工事の参考になれば幸いである。

JCMMA

【参考文献】

- 1) 柳澤則雄, 「東北縦貫線工事 新幹線上空での鉄骨架設工事」, 建設の施工企画 No.730 : pp.35 ~ 39, 2010.12
- 2) 溝渕利明 監修, 「見学しよう工事現場 5 線路」, ほるぷ出版, 2012.10

【筆者紹介】



永田 敏秋 (ながた としあき)
鹿島建設
東京土木支店
東北縦貫線工事事務所
所長



柳澤 則雄 (やなぎさわ のりお)
東日本旅客鉄道(株)
東京工事事務所
東北縦貫線プロジェクト
課長