JCMA 報告

平成 25 年度
「建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告（その 2）
優秀論文賞・論文賞 受賞論文紹介

優秀論文賞（1）

新幹線直上に高架橋架設を行う機械装置の開発

東北縦貫線工事の実績

鹿島建設㈱　永田　敏秋
穴井　秀和
幸野　寛伸

1. はじめに

東北縦貫線工事は東京駅～上野駅間を新たに在来線で結ぶためのもので，神田駅付近では新たな建設用地の取得が難しく，東北新幹線の直上に高架を重層化して構築するものである。

施工手順としては，まず新幹線の鋼ラーメン高架（橋脚・橋台）上部に鉄骨部材を継ぎ足して重層化し，次に重層化した高架に PC 桁・鋼桁を計 19 橋架設する。

これらの作業は，新幹線のキ電停止時間，かつ在来線の終電から初電までの短い時間内に行う必要があるが，作業条件を満足する既存の設備がないため，以下に示す機械装置を新たに開発し，施工品質を確認しながら安全を最優先に施工することになった。

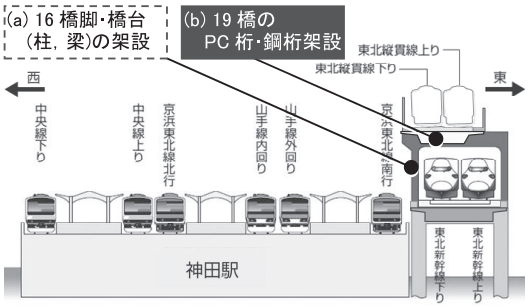
①橋脚・橋脚の施工では新幹線の軌道を利用した運搬・揚重設備，並びにその架設方式
②上記①で架設した橋脚・橋台上空を移動しながら，PC 桁などを 1 夜で架設することができる桁架設機，並びに架設方式
③上記②の桁架設機まで最大重量約 560t の桁を組み立てて運搬するための各種台車装置

以下にこれらの機械装置について実績を報告する。

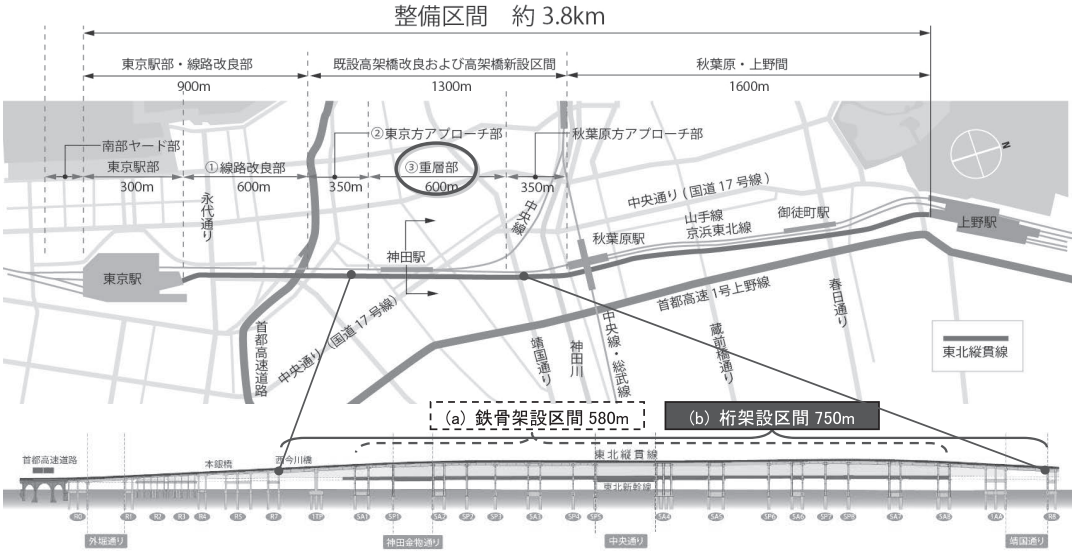
2. 工事概要

東北縦貫線の整備区間は，**図―1** に示すように東京～上野間の約 3.8 km で，このうち神田駅付近では新たな用地取得が難しく，**図―2** に示すように新幹線の高架を約 600 m 重層化した。

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㈱
施工者：鹿島建設㈱
工事場所：東京都千代田区（神田駅付近）
工期：2008 年 3 月～ 2013 年 9 月



図―2　工事位置断面図（神田駅付近）



図―1　工事位置平面図（上）と側面図（下）

3. 新幹線軌道利用の運搬・揚重設備と架設方式

鉄骨架設は周辺道路からの施工が難しいため，ほとんどの部分は新幹線軌道内から行うことにした。施工毎に搬送台車にクレーンと鉄骨を搭載し，東京駅の南側の作業基地から平均約 1.5 km 先の架設箇所まで運搬する方法をとった。

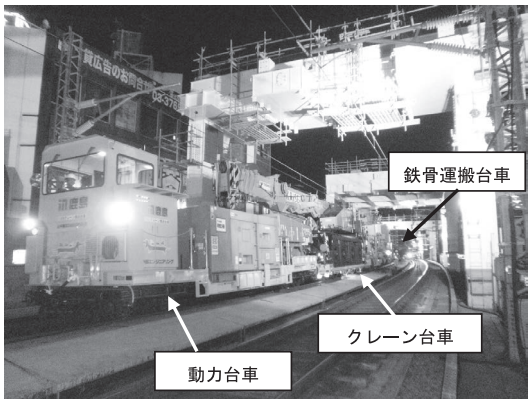
搬送台車は 4 両編成で，1 両目は運転席と動力台車，2 両目にクレーンを搭載するクレーン台車，3・4 両目が鉄骨運搬台車で，3 両目には架設する鉄骨を搭載し，4 両目は油圧ホースなどの緊急時の資材を搭載することにした。

(1) 搬送台車

台車を牽引する駆動輪は，車輪をレールに押し付ける力が不足すると車輪が空転し，駆動力不足となることが懸念される。そのため，クレーン台車に駆動車輪を設けてクレーンの自重を利用するようにし，先端の動力台車には運転席と動力源の機器を搭載した。これにより搬送台車の全体重量の軽減を図った（**表―1**，**写真―1**）。

表―1　搬送台車の仕様

名称	仕様	備考
全重量	約 168 t	鉄骨運搬台車を含む
全長	約 40 m	
全幅	3.0 m	
走行速度	最大 10 km/h	



写真―1　搬送台車

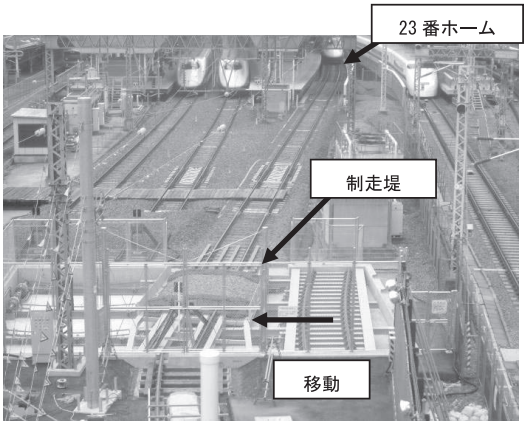
また，新幹線軌道内を走行するため，万一作業中や移動中に立ち往生してしまうと翌日の新幹線の運行に支障をきたす恐れがある。これを予防するために，**表―2** に示すような安全装置を装備した。

表―2　クレーン搬送台車の主な安全装置

名　　称	内容
新幹線保守安全システム	他の保守車輌や線閉作業箇所との干渉を防止する通信システム
貫通ブレーキ	動力車輌のブレーキをかけると他の牽引車輌も同時にブレーキをかける設備
油圧保障時のバックアップ	クレーン本体や鉄骨運搬台車の油圧装置が故障した場合，搬送台車の油圧源からのバックアップが可能

(2) 移動式制走堤

搬送台車は，昼間は東京駅の南側に留置しておき，新幹線のキ電停止後に移動を開始する。東北新幹線の本線の南端には，新幹線が万一逸走した場合の歯止めとなる制走堤（砂利盛り＋鋼材止め）が設けられており，搬送台車が新幹線の軌道を走行するには制走堤を撤去し，作業終了後には復旧する必要がある。そこで，移動式制走堤を開発して撤去・復旧時間を短縮した（**写真―2**）。



写真―2　移動式制走堤

移動式制走堤はトラバーサーの片方に制走堤を，もう片方には新幹線軌道と接続するレール・枕木を設置し，全体を平行移動すると制走堤とレールが入れ替わり，15 分程度の時間で搬送台車を新幹線の軌道に送り出すことができるようにした。

(3) クレーンとクレーン台車

架設箇所では新幹線の架線とクレーンのブームや吊上げる鉄骨が干渉することを避けるため，上下線の軌道間を利用して揚重作業をする必要がある。そのためクレーンは横移動に容易に対応可能で安定性に優れたオールテレーンクレーンとし 100 t 吊りを選定した。

クレーンはクレーン台車に搭載され架設位置まで搬送されると台車の外側にアウトリガーを設置し，本体を持ち上げクレーン台車を引き抜いた後，覆工板上を

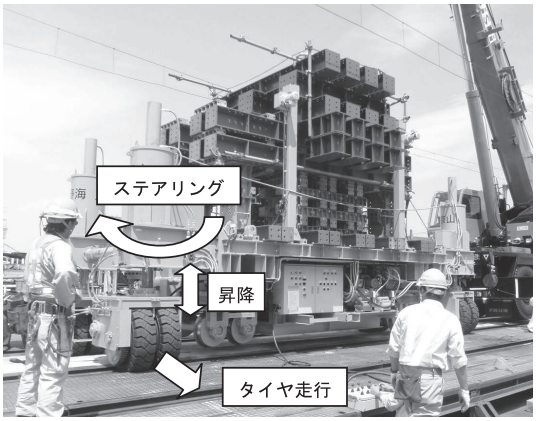
上下線の軌道間までステアリングを切り返して横移動させ設置する。

(4) 鉄骨運搬台車

架設する鉄骨を搭載した鉄骨運搬台車もクレーンと同様に揚重作業に当たっては上下線の軌道間に移動する必要がある。

そこで鉄骨運搬台車には，**写真**―３に示すように四隅に配置した昇降シリンダーの先端にステアリング機能を持つタイヤタイプの走行装置を装備した。まずステアリングによってタイヤを走行させたい方向に向け，次に昇降シリンダーによって台車全体を持ち上げ，新幹線の軌道から車輪を離線させて，タイヤでの走行を開始する。線路間の覆工板に傾斜がある場合には，搭載した鉄骨がほぼ水平になるように昇降シリンダーで調整すると共に上空の架線には接しないようにした。

鉄骨運搬台車の主な仕様を**表**―３に示す。



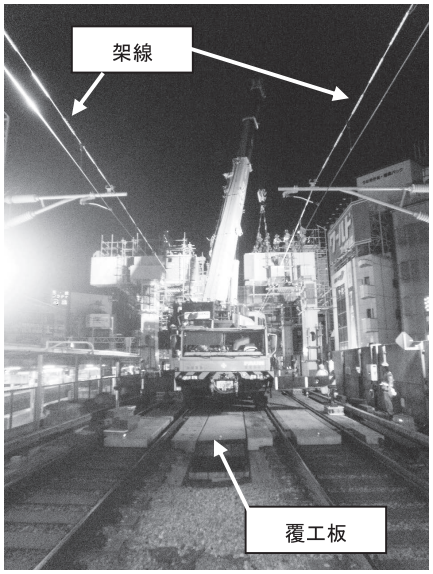
写真―３　鉄骨運搬台車（事前実験にて）

表―３　鉄骨運搬台車の主な仕様

名　　称	主仕様
昇降装置	
積載走行重量	25 t 積
ストローク	400 mm
タイヤ走行	
速度	1.5 ～ 2.5 m/min
タイヤ走行	油圧駆動
ステアリング	電動駆動

(5) 鉄骨架設実績

鉄骨を架設する揚重作業は，新幹線の架線の間約4.2 m を利用して全てが実施される。そのため，クレーンと同様に鉄骨運搬台車も上下線の間に移動させた後に開始されることになる。**写真**―４に鉄骨架設の状況を**表**―４に架設実績を示す。



写真―４　鉄骨架設状況

表―４　鉄骨架設数量

名称		数量	単位
架設箇所数	橋台	8	基
	橋脚	8	基
架設ブロック数	地上	36	ピース
	軌道内	218	ピース
	計	254	ピース
架設最大重量		20	t/ ピース
架設重量		約 2700	t
架設期間	2009 年 9 月～ 2010 年 10 月（約 14 ヶ月）		

表―５　標準的なサイクルタイム

時刻	作業内容
0：15 ～ 0：30	制走堤移動・レール締結
0：25	新幹線のキ電停止
0：30 ～ 0：50	搬送台車移動
0：50 ～ 1：20	台車引抜・100 t 吊りクレーン設置
1：20 ～ 1：35	鉄骨運搬台車横取り
1：35 ～ 1：45	玉掛・足場取付
1：45 ～ 1：55	揚重作業
1：55 ～ 3：05	添接部足場組立・仮ボルト締結
3：05 ～ 3：40	クレーン撤収作業
3：05 ～ 4：00	搬送台車帰還，片付け，跡確認
4：30	キ電停止の解除

架設する鉄骨部材の箇所や位置によって異なるが，標準的なサイクルタイムを**表**―５に示す。

4. 桁架設機による桁架設

前述の鉄骨架設が完了した橋台・橋脚をまたぐように脚（前部及び後部タワー）を設置して，橋脚・橋台

上空を移動しながら連続的に桁を架設できる桁架設機を開発した。

開発した桁架設機による桁架設の手順は以下の通りである。

まずPCまたは鋼桁の組立を行い，桁架設機まで台車で移動し，走行ガーダ上に乗り入れる。この時，台車の走行面と走行ガーダ上面とは約3mの高低差があるため，桁を運搬する台車は上下に分離できる親子台車を使用し，走行ガーダには子台車のみが乗り入れるようにした（**写真―5**は鋼桁の乗り入れ途中の状況を示す）。走行ガーダ上の桁は吊ガーダに取り付けた鋼棒で吊り上げ，前部及び後部タワーの昇降ジャッキを伸縮させて吊ガーダと共に桁を降下させる。

架設当夜は，桁を走行ガーダから地切りした後，走行ガーダを先送りし，吊ガーダを降下させて桁を設置する。

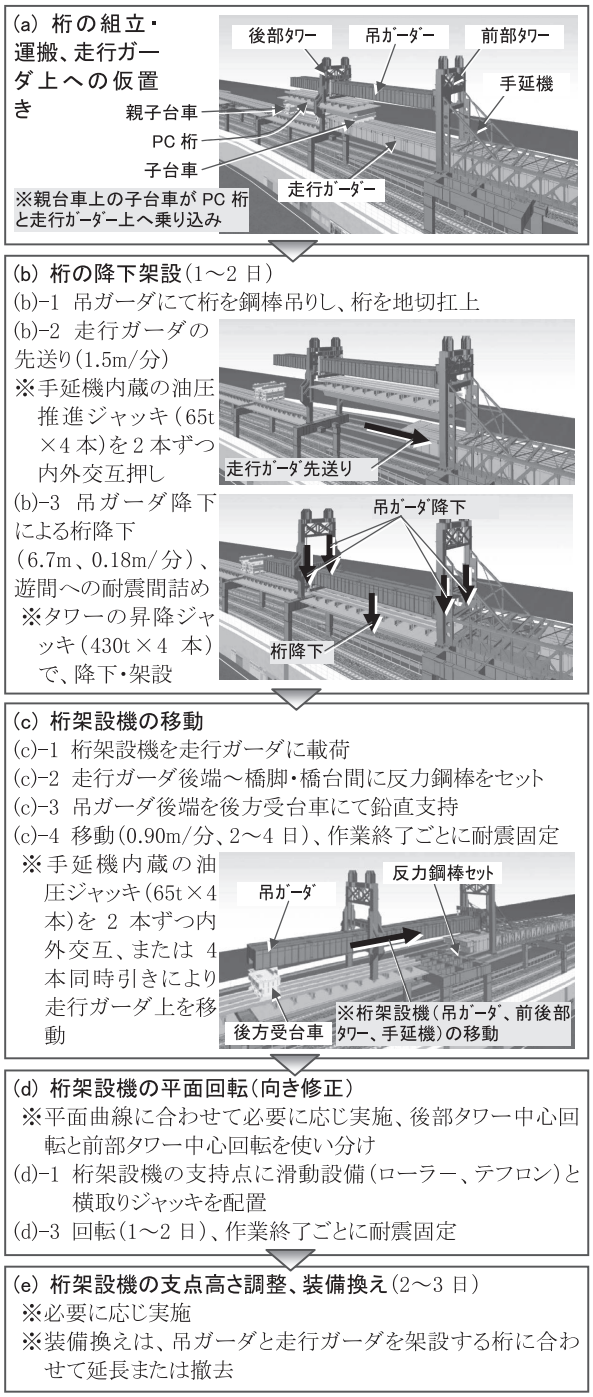
一方，桁架設機を移動させる時は，走行ガーダを橋台・橋脚に固定した状態で，吊ガーダの後端を後方受台車で受けながら，桁架設機を走行ガーダに載荷して移動させる。

なお桁の平面線形（R = 800 m）を合わせるためには桁架設機の向きを変更する作業が伴うが，前部タワーの片方の脚などを中心にして桁架設機全体を平面的に回転させた。また縦断勾配の調整には，前部タワーと後部タワーの脚部などに高低差を設けて桁架設機に勾配をつけて実施した（**図―3**）。

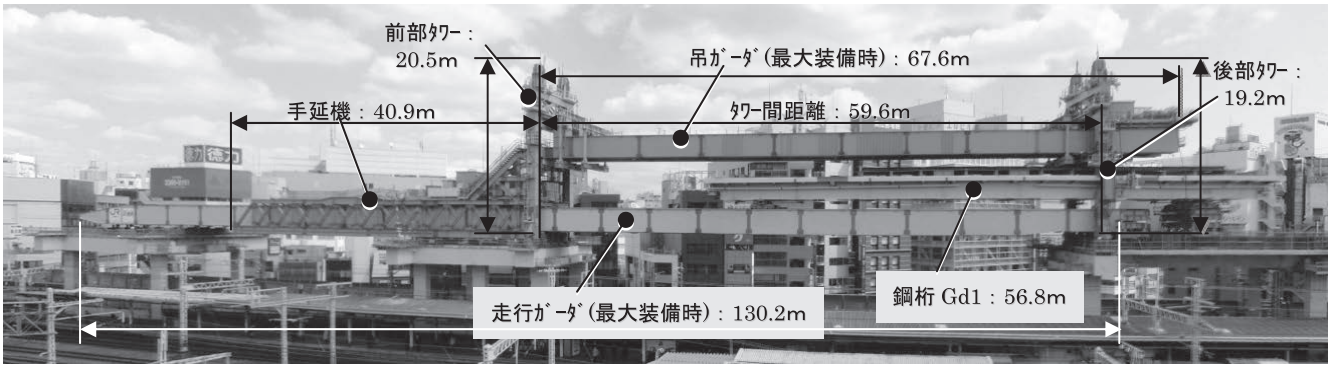
(1) 架設機装備の油圧機器

推進ジャッキは桁架設機の手延機に設置されており，ジャッキ先端のクランプで走行ガーダ上のレールを把持している。

走行ガーダを先送りする時は，前部及び後部タワーを橋脚・橋台上に固定して推進ジャッキを伸ばしながら行い，桁架設機を移動させる時は，逆に走行ガーダを固定して推進ジャッキを縮めながら行う。



図―3　桁架設工の一連の流れ



写真―5　桁架設機

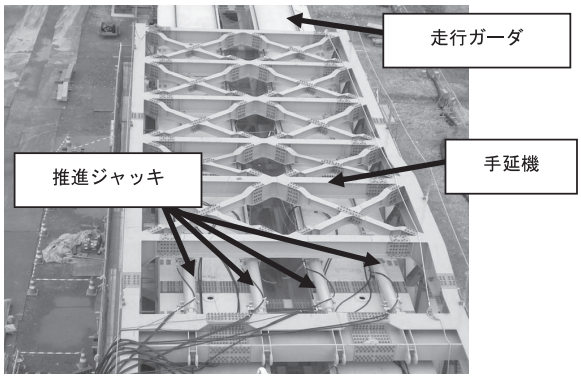
表―6　架設機の主な仕様

名称	仕様	備考
推進ジャッキ	4 本	
ストローク	2000 mm	
推力	伸び　800 kN ／本	走行 G 先送り
	縮み　649 kN ／本	架設機移動
伸縮速度	伸び　最大 28 mm/min	
	縮み　最大 15 mm/min	
油圧ユニット	90 kW × 2 台	6P,400 V
昇降ジャッキ	4 本	
ストローク	6,900 mm	
吊下げ能力	4,230 kN ／本	
降下速度	最大 3 mm/min	
油圧ユニット	30 kW × 2 台	6P,400 V

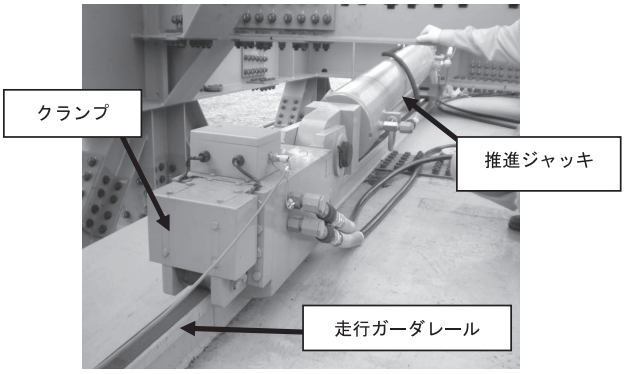
推進ジャッキ並びに昇降ジャッキは複数本を同時に使用するため，同じ移動量を確保（同調）することが制御の要になる。そこで，油圧回路にサーボ弁を用い，mm 単位で同調させた。

また，万一油圧回路にトラブルが生じた場合を想定して，バックアップ回路を設けておき，切替えによって回避できるようにした。

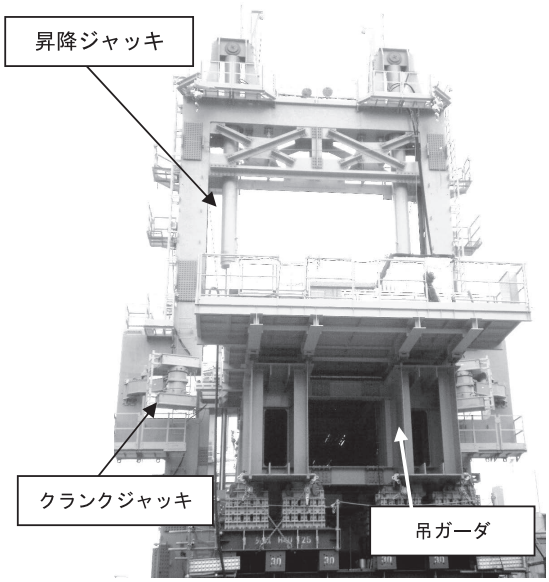
前部及び後部タワーの脚の間隔は桁の幅より狭いため，後部タワーにクランクを設け，桁の張り出し部が通過できるようにしている。桁を吊り下げるときにはタワーの脚に鉛直荷重がかかるので，このクランクを閉合するためのジャッキを設置した（**写真―6～8** 参照）。



写真―6　推進ジャッキ



写真―7　推進ジャッキクランプ

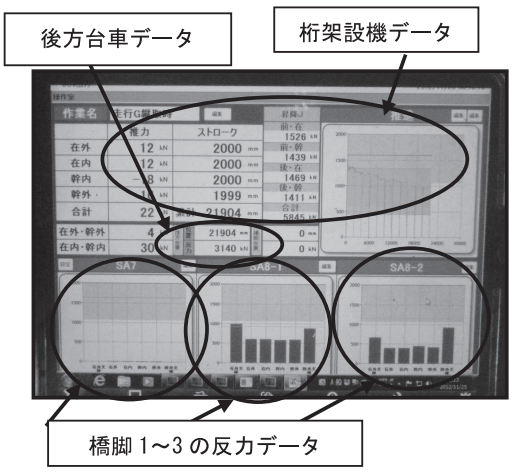


写真―8　後部タワー

(2) 管理システム

架設機の油圧機器の圧力やストローク及び橋脚・橋台上の反力を計測・管理するため，無線 LAN を利用したネットワークシステムを構築した。

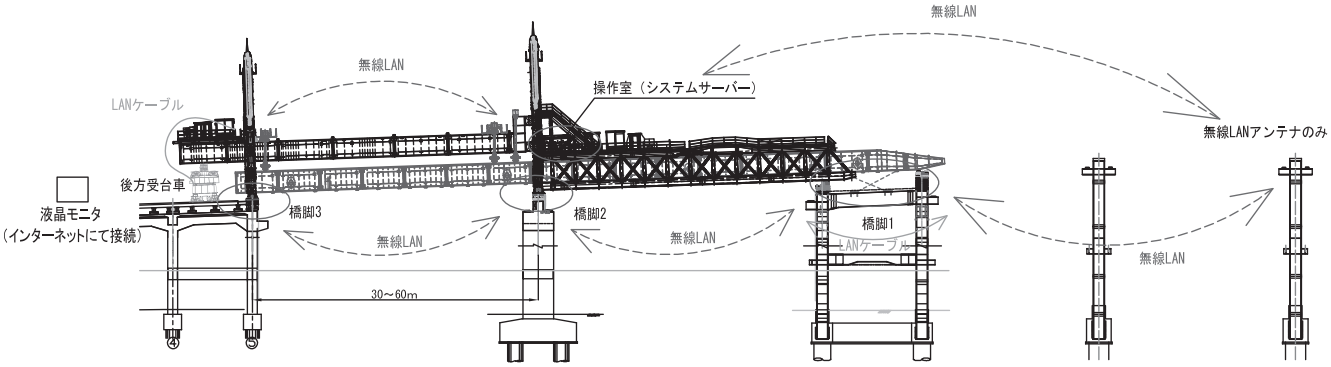
このシステムによって離れた場所からでも荷重状況の把握がリアルタイムで可能となり，iPad の利用により現地で作業指揮を取りながら全体の作業状況を確認することができるようにした（**写真―9，図―4**）。



写真―9　桁架設機管理システム画面（桁架設機移動時）

5. 台車装置

平地の組立ヤードがないため，PC 桁や鋼桁は構台上や架設した PC 桁上で 1 ピースずつ台車に搭載して



図―4　架設機管理システムのデータ通信方法

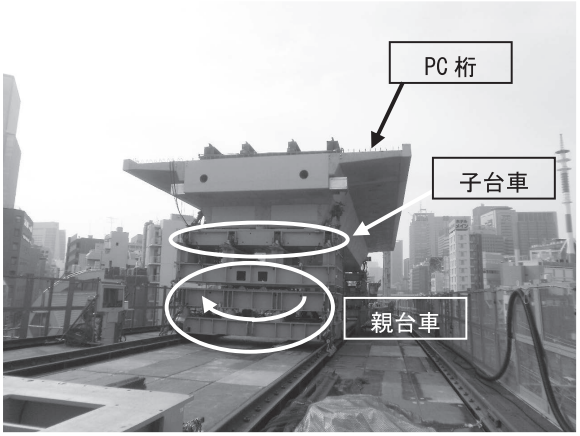
引き寄せて組み立てた。

PC 桁の両端のピースは約 60 t になるため半割構造とし，台車上で予め横締めして全体を引き寄せて組み立てた。

組み立てた桁を架設機まで運搬するのは端部の組立に使用した親子台車をそのまま使用する。親子台車には旋回ベアリングが組み込まれており，曲線部では後ろ側の車輌の上部が旋回して桁と台車の向きずれを補正しながら走行する。また，駆動車輪には左右別々にインバータを搭載しており，モータの周波数を調整して内輪差を解消できるようにした（**表―7**，**写真―10**）。

表―7　台車の数量

名　称	使用目的	数量
ブロック台車	一般ブロックの組立	15 台
牽引台車	ブロック台車の牽引	1 台
親子台車	端部ブロックの組立（PC 桁） PC・鋼桁の運搬	4 台
後方受台車	架設機移動用	1 台



写真―10　PC 桁運搬状況

6. おわりに

2013 年 4 月 19 日深夜に靖国通りを通行止めにして最後の桁を架設した。2009 年 12 月の新幹線軌道内での鉄骨架設開始から 3 年 5 ヶ月にわたる 19 橋の桁架設が完了した。途中，東日本大震災に見舞われるなどさまざまな課題も発生したが，東日本旅客鉄道殿のご指導のもと，関係者の豊かな発想力と熱意で解決してきた。ここに感謝の意を述べる。

この論文が今後の工事の参考になれば幸いである。

JCMA

お断り
この JCMA 報告は，優秀論文賞を受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。