

鉄道営業線に近接した桁架設 工事における計測計画と施工 結果

佐山 裕之* 今井田 善光**
 Hiroyuki Sayama Yoshiteru Imaida
 一谷 浩司*** 吉澤 賢一****
 Koji Ichitani Kenichi yoshizawa

1. はじめに

本工事は、建設中の第二東名高速道路における下槽屋跨線橋のうち、中日本高速道路株式会社（以下、NEXCO）で地組した鋼桁を800tクローラークレーンにより、小田急小田原線上（P3橋脚～P2橋脚）へ一括架設する工事である（表-1、図-1）。

施工に際しては、架設工事による既存の小田急線高架橋への影響が懸念されたことから、2次元FEM解析による既設構造物の変位予測等を実施し、計測工の管理目標値を設定した。また、過去の安全対策などの事例¹⁻³⁾を用いて発注者とリスク検討会を実施し、管理項目等を抽出・情報共有し、既設構造物の変位予測と計測結果を比較・確認する情報化施工を行った。本稿では、桁架設工事における計測計画と施工結果について報告する。

2. 工事概要

工事名：（中日本高速道路受託）新東名高速道路橋梁架設工事
 発注者：小田急電鉄株式会社
 路線名：第二東名高速道路横浜名古屋線
 工事場所：神奈川県伊勢原市下槽屋地先、小田原線愛甲石田～伊勢原間歌川高架橋50k525m付近
 工期：平成29年12月29日～平成30年7月31日
 （桁架設日：下り線3月30日、上り線4月4日）

表-1 第二東名高速道路の施工範囲

橋名	測点	橋長	有効幅員	形式
下槽屋跨線橋(上り線・下り線)	STA150+7.50 ～ STA148+57.50	150.000mのうち約36.6mが架設対象	9.5m	鋼3径間連続鋼桁橋

鉄道輸送安全性の確保、公衆重大災害防止を念頭に、線

* 関東土木(支)小田急伊勢原(出)(現：東急宮崎台(出))
 ** 関東土木(支)小田急伊勢原(出)(現：土木技術課)
 *** 関東土木(支)小田急伊勢原(出)(現：JR新潟駅(作))
 **** 関東土木(支)小田急伊勢原(出)(現：長野原(出))

路閉鎖工事に対する社内リスク検討会を開催した。また、発注者より受領した設計資料を照査し、種々の計測管理による情報化施工を行うことで、リスクを回避し、桁架設を夜間の線路閉鎖工事にて行うこととした。

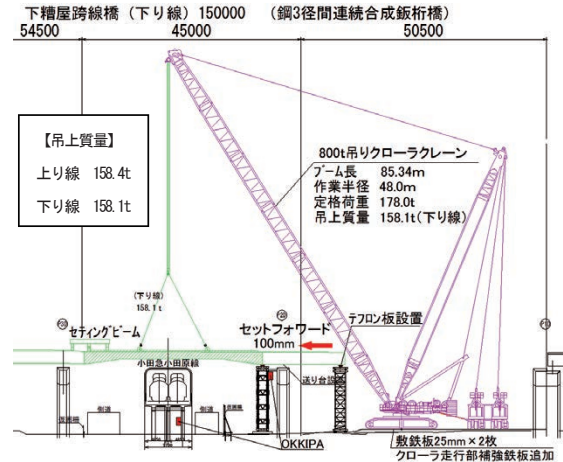


図-1 鋼桁架設側面図

3. 桁架設工事の計測計画

1) 橋梁設計資料等の照査

NEXCOより地組引き渡しを受ける鋼桁の設計計算書、他社施工の大型クレーン設置箇所地盤改良計画書および平板載荷試験報告書を照査した。また、ベント設備の設計計算書、セッティングビームや吊り治具等の計算書の設計照査を実施した。

2) 近接程度の判定について

『都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル』⁴⁾に準拠し、クローラークレーンと既設高架橋の位置関係に基づき近接程度の判定を行った。近接程度の判定の結果、無条件範囲（I）であることを確認し、高架橋・軌道に変位や変形等の影響が及ばないものと判断した。

3) 小田急線高架橋のFEM影響解析

貸与資料等を基に、2次元FEM解析は、小田急線高架橋およびNEXCO橋脚をビーム要素でモデル化し、架設用機械（800tクローラークレーン）の接地圧を荷重として入力した。また、土質パラメータについては、当該地点で実施された原位置試験の一つであるSBIFT試験結果やN値からの推定値による変形係数を適用した。種々の土質パラメータを設定することで、計測工の管理値を設定し、かつ、リスク検討の観点からケーススタディを行ったものである。800tクローラークレーンの据え付け地盤では、支持力確保のためにNEXCO工事で地盤改良が施工済みであった。地盤改良は地表面から深さ5mまで施工されていたが、改良下端から約2m厚の腐植土層が未改良であった。未改良の腐植土層は、N値0～1と非常に軟弱であるため、架設用機械自重や鋼桁架設時による荷重により、沈下・側方変形を引き起こす可能性が懸念されたこともあり、FEM影響解析を実施することとした。

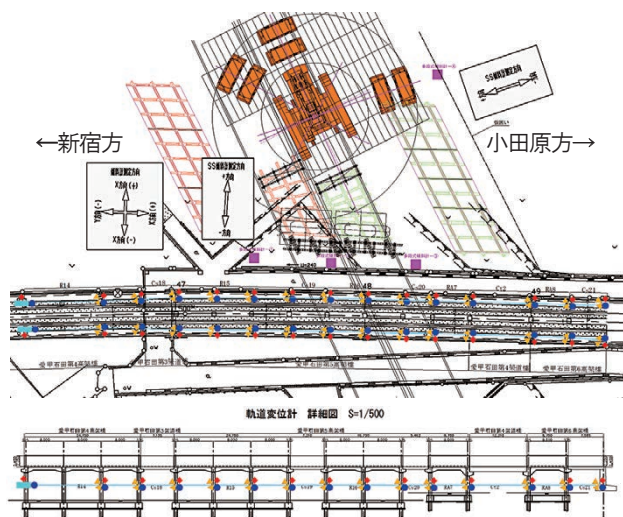
FEM解析結果を表-2に示す。

表一 FEM 解析による小田急線高架橋の水平・鉛直変位

解析ケース	地表面 (GL±0.00)		スラブ (GL+6.11)		地表面とスラブの変位差	
	水平変位 δx_1 (mm)	鉛直変位 δy_1 (mm)	水平変位 δx_2 (mm)	鉛直変位 δy_2 (mm)	$\delta x_2 - \delta x_1$ (mm)	$\delta y_2 - \delta y_1$ (mm)
Case ①	1.4	0.40	1.5	0.43	0.1	0.03
Case ②	1.5	0.40	1.7	0.41	0.2	0.01
Case ③	1.5	0.38	1.6	0.43	0.3	0.05
Case ④	6.0	0.58	6.2	0.40	0.2	0.18

変形係数を原位置試験 (SBIFT) 結果から設定した解析結果 (Case ①~③) は、小田急高架橋スラブ表面で $\delta x = 1.5 \text{ mm} \sim 1.7 \text{ mm}$ となり、N 値から推定した変形係数での解析結果 (Case ④) は、最大 $\delta x = 6.2 \text{ mm}$ 程度が予測された。よって、架設用機械の「搬入前、組立後、試験吊り、本架設」の各段階で、地盤の水平変位、鉛直変位の測定を実施するとともに、小田急線の軌道・高架橋と地中変位を自動計測する情報化施工を併用し、慎重に施工を進めることとした (図一2、表一3)。

また、クレーン足元の養生として、敷鉄板を2枚敷とし、クレーン走行部は追加で補強鉄板を敷設した。



図一2 高架橋・地盤計測計画平面図・側面図

表一3 計測項目および設置数量

計測箇所	計測項目	検出器	型式	数量	記号	備考
高架橋躯体	鉛直変位量	構造物沈下計	FT-20C	28台	●	
	傾斜量	構造物傾斜計	DC-30	56台	▲	XY2方向
	温度	温度計	BT-100B	28台	◆	
		基準沈下計	FT-20C	2台	●	
	不動点	基準装置	TK-18WS	2台	■	
		温度計	BT-100B	2台	◆	
周辺地盤	水平変位量	多段式傾斜計	NKB-SLE	48台	■	16台×3箇所 (高架橋沿い)
		多段式傾斜計	NKB-SLE	16台	■	16台×1箇所 (民地境界)

4) 架設用機械組立後・試験吊りによる事前計測

架設用機械組立後および試験吊りの各段階において、小田急線高架橋、ベント、影響範囲地盤の変位を本架設前に、計測・確認するとともに、ジャッキの微調整、設定高さ調整を行い、本架設を実施する計画とした。セットフォワード側のベント水平方向の管理値については、隣接する歌川橋梁実績値より H/140 とし策定した (表一4)。

表一4 ベント水平変位管理基準値

項目	警戒値 (mm)	工事中止値 (mm)	限界値 (mm)
ベント水平変位	±30	±52	±75

5) ベント沈下および傾きへの対応

セットフォワードにおいてテフロン板にて桁を滑らせる B3 ベントについては、調整ジャッキが 50t 対応で 100 mm のジャッキストロークがあるため地表面変位に伴う許容沈下範囲に収まることを事前確認した。

また、種々の情報化施工に加え、西松建設開発の『OKIPPA®』をベント、高架橋躯体、沈下測定杭に取付け、インターネット経由での遠隔監視も同時に試行した。

4. 施工結果

上下線の桁架設とともに、当夜の計測結果では顕著な変状は観測されなかった。架設用機械搬入から組立、試験吊り時の変位測定結果は、表一5 のとおりである。

ベントの変位については頭部傾斜が確認されたものの、許容値以内であった。また傾斜については、セットフォワード時に最大となり許容範囲内であった。

表一5 計測管理結果一覧 (下り線側変位量)

変位計測	事前計測	本計測 3月	本計測 4月	事後計測
軌道・高低	2.6 mm	2.3 mm	1.6 mm	2.8 mm
軌道・水準	2.9 mm	3.1 mm	2.8 mm	2.9 mm
構造物・水平	—	0.5 mm	0.1 mm	0.2 mm
地盤・No.2	2.2 mm	2.1 mm	3.7 mm	2.1 mm

※ 構造物・傾斜変位以外は、最大振幅変位量の半分の数値を記載

5. まとめ

試験吊り等による事前確認、上下線本架設における自動計測を行い、桁架設工事を無事遂行することができた。

本架設時は、現場、支社、本社一体で監視体制を整え、施工管理することができた。また、下り線架設時には、予期せぬ終電間際の列車運行障害により、当夜架設中止時間の 10 分前で線路閉鎖を行い、2 分前に検電接地という厳しい状況においても無事、施工完了する事ができた。

工事の円滑な推進、線路閉鎖、検電設置等に際しては、小田急電鉄様に多大なるご尽力を頂きました。この場をお借りして関係各所の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 『鋼橋架設工事の事故防止対策 (日本橋梁建設協会)』 p.5~p.7 ベント等と仮設橋桁の固定方法の事例
- 『日経コンストラクション 2017/10/23 号』 p.12 及び 図 2 [安全対策] 事故を教訓に 3 つの周到な準備
- NEXCO 西日本事事故例『有間川橋橋桁落下事故・予野川橋ベント転倒事故について』平成 28 年 6 月 24 日
- 『都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル』平成 19 年 1 月 公益財団法人鉄道技術総合研究所著