

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

西松建設株式会社 関東土木支社 正会員 ○佐山 裕之
 西松建設株式会社 土木設計部 正会員 土屋 光弘
 小田急電鉄株式会社 兜 俊彦、小野 心一

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で地組した鋼桁を800tクローラクレーンにより、小田急小田原線上（P3橋脚～P2橋脚）へ一括架設する工事（図-1）である。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、計測管理項目等を抽出・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。

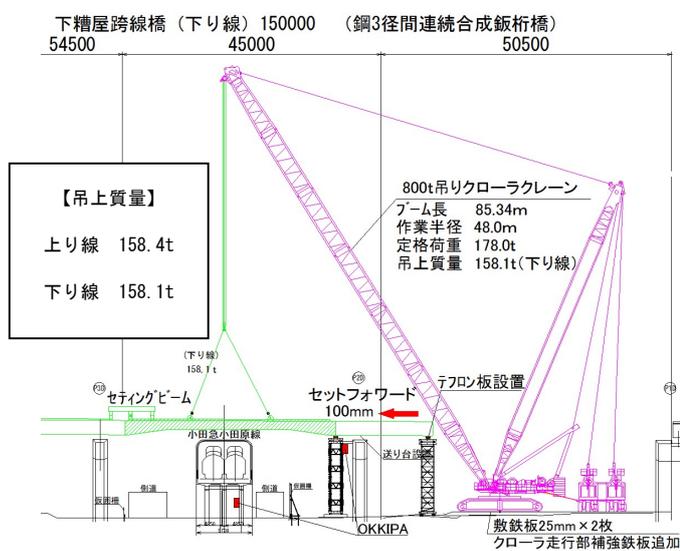


図-1 鋼桁架設側面図

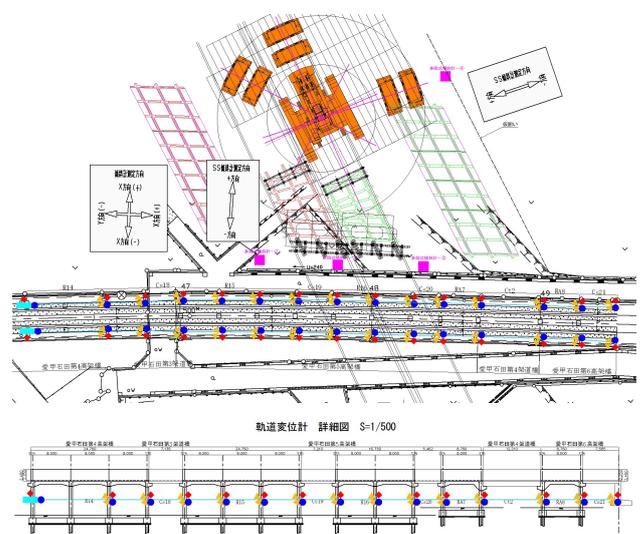


図-2 高架橋・地盤計測計画平面図・側面図

2. 桁架設工事の計測計画

鉄道輸送安全性の確保、災害防止を念頭に、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。

1) 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』¹⁾に準拠し、クローラ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。

2) 小田急線高架橋のFEM影響解析

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工事で地盤改良が地表面から深さ5mまで施工済みであったものの、改良下端から約2m厚の腐植土層が未改良であった。

キーワード：鋼桁架設 線路閉鎖工事 近接施工 FEM解析 自動計測

連絡先 〒105-0001 東京港区虎ノ門1-1-18 ヒューリック虎ノ門ビル TEL 03-3502-7558

表-1 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	2 8 台	●	
	傾斜量	構造物傾斜計	DC-30	5 6 台	▲	X Y 2 方向
	温度	温度計	BT-100B	2 8 台	●	
	不動点	基準沈下計	FT-20C	2 台	●	
		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-5LE	4 8 台	■	1 6 台 x 3 箇所 (高架橋沿い)
		多段式傾斜計	NKB-5LE	1 6 台	■	1 6 台 x 1 箇所 (民地境界)

また、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、2次元 FEM 影響解析を実施することとした。

FEM 解析による水平・鉛直変位の予測結果を表-2 に示す。また、解析 Case①におけるメッシュ変形図を図-3 に示す。クレーン荷重載荷部分で地盤の沈下が生じ、小田急線高架橋で $\delta x = 1.5 \text{ mm}$ の水平変位が生じる結果となった。変形係数を原位置試験 (SBIFT) 結果から設定した解析結果 (Case①~③) 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 (Case④) は、最大 $\delta x = 6.2 \text{ mm}$ 程度が予測された。

FEM 解析に基づき、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。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。

表-2 FEM 解析による高架橋の水平・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 $\delta x1 \text{ (mm)}$	鉛直変位 $\delta y1 \text{ (mm)}$	水平変位 $\delta x2 \text{ (mm)}$	鉛直変位 $\delta y2 \text{ (mm)}$	$\delta x2 - \delta x1 \text{ (mm)}$	$\delta y2 - \delta y1 \text{ (mm)}$
Case①	1.4	0.40	1.5	0.43	0.1	0.03
Case②	1.5	0.40	1.7	0.41	0.2	0.01
Case③	1.5	0.38	1.6	0.43	0.3	0.05
Case④	6.0	0.58	6.2	0.40	0.2	0.18

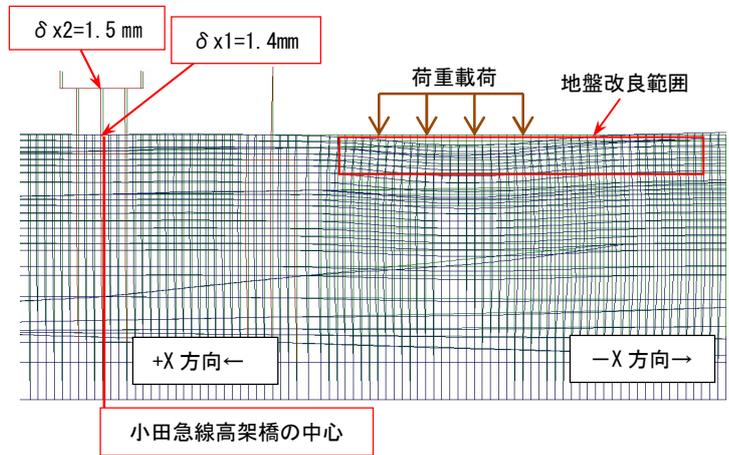


図-3 メッシュ変形図 (解析 Case①)

3) 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、バント、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バ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。

4) バ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 ベンドについては、調整ジャッキは、50t 対応で 100mm 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、弊社開発の計測器『OKIPPA』をバント、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。

3. 施工結果

上下線の桁架設ともに、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-5 のとおりである。バ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、バントの傾斜については、セットフォワード時に最大となり、許容範囲内であった。

4. 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、本架設時は、発注者、現場、支社、本社一体で監視体制を整え、桁架設工事を無事施工することができた。2次元 FEM 解析による影響予測結果は、小田急高架橋スラブ表面で $\delta x = 1.5 \text{ mm} \sim 1.7 \text{ mm}$ であり、実施工時の計測結果は最大でも 0.3 mm と小さく、近接程度の判定結果 (無条件範囲 (I)) と概ね整合が確認された。

参考文献 1) 『都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル』公益財団法人鉄道総合研究所, 平成 19 年 1 月

表-4 バ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)
バント水平変位	±30	±52	±75

表-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	2.6mm	2.3mm	1.6mm	2.8mm
軌道・水準	2.9mm	3.1mm	2.8mm	2.9mm
スラブ・水平	—	0.5mm	0.1mm	0.2mm
地盤・No.2 水平	2.2mm	2.1mm	3.7mm	2.1mm

※構造物・傾斜変位以外は、最大振幅変位量の半分の数値