

3 施工計画

阪急線・JR 線上におけるトラス橋の一括縦送り架設

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社横河ブリッジ

現場担当者

梅田 成泰[○]

現場代理人

中川 浩規

計画担当

村部 剛史

1. はじめに

大阪の阪急淡路駅は、京都線と千里線が平面交差する乗換駅であり、2019年にはJRおおさか東線の開業に伴い近隣に新駅も併設され乗降客が増加している。阪急京都線・千里線淡路駅付近連続立体交差事業は、2008年から京都線と千里線の淡路駅周辺の約7.1km区間が開始され、踏切撤去による渋滞緩和と市街地の一体化が期待されている。

本工事は連続立体交差事業の内、阪急京都線とJRおおさか東線が交差する上空（図-1）に千里線用のトラス橋を架設する工事である。橋梁一般図（図-2）、工事概要を下記に示す。

- (1) 工事名：京都線・千里線淡路駅周辺連続立体交差工事に伴う（第4工区）土木工事
- (2) 発注者：鹿島・戸田建設共同企業体
- (3) 工事場所：大阪府大阪市東淀川区菅原地内
- (4) 工期：2018年10月～2021年4月

- (5) 橋梁形式：単純2層トラス橋
- (6) 橋長：76.516m
- (7) 橋体重量：840t（主構造・付属物含む）

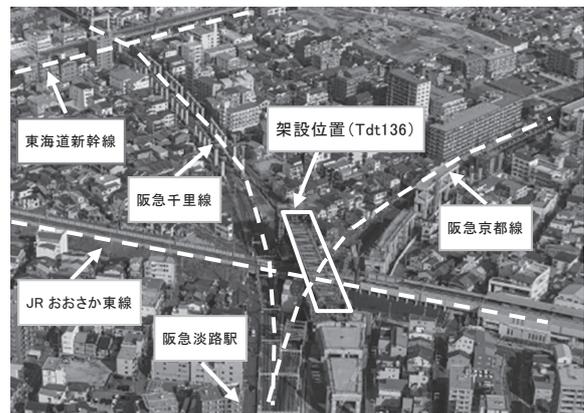


図-1 現場写真

2. 現場における問題点

架設工法選定時の制約条件として以下があった。

- ① 路下は阪急線、JR線が交差しているため、鉄道営業時間内に近接してのクレーン架設は極めて困難である。

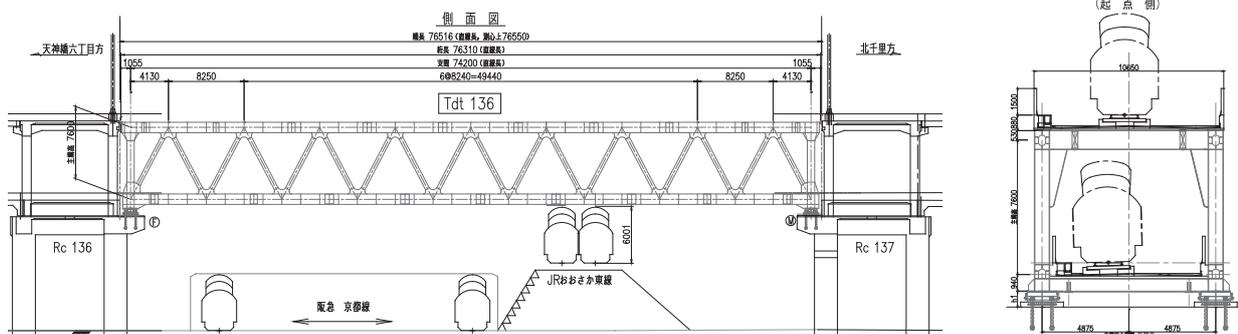


図-2 橋梁一般図

- ② 夜間停電作業の短時間で確実に架設を完了し、安全な状態で阪急・JR線の上空を開放する。
- ③ トラスは完成系にて設計完了済みであり架設系の追加断面力による大幅な補強はできない。

以上の条件から、桁下空間が使用不可な場所で採用される送出し架設工法には下記の課題があった。①トラスに負曲げ時の追加断面補強が必要となる。②時間内にトラスを完全に架設完了するには橋脚が狭く設備配置が困難である。③たわみ処理に作業時間を要する。

そこで架設計画は、仮設の軌条桁を先行して送出し架設し、その軌条桁上の台車にトラスを搭載して縦送りするトラス一括縦送り工法を採用した。

トラス一括縦送り工法の架設ステップ図(図-3)と概要を以下に示す。

【ステップ①】 送出し設備設置・軌条桁組立

橋脚上に送出しローラを設置、その上に手延機と軌条桁を組み立てる。

【ステップ②】 軌条桁送出し

軌条桁は昼間組立と夜間線路上の送出しを3回繰り返して全長182mを設置する。

【ステップ③】 トラス組立

軌条桁上にトラス全量を組み立てる。

【ステップ④】 トラス縦送り

トラス縦送りに干渉しない範囲のRc136とRc137橋脚の降下設備を先行して組み立てる。

トラス下弦材に台車を配置し、トラス全体をダブルツイングジャッキで牽引して夜間一括縦送り架設を行う。

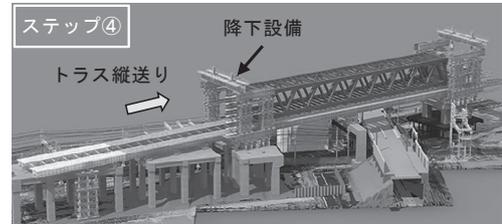
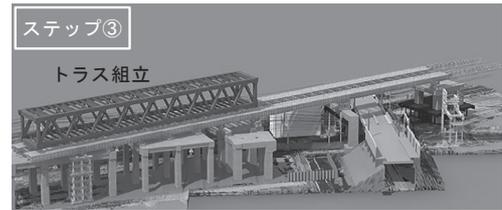


図-3 トラス一括縦送り工法ステップ図

トラス一括縦送り工法を採用するには、以下の施工上の問題があった。

(1) 軌条桁のたわみによる台車反力変化

トラスへの補強を行わないために、トラス下弦材の全格点のL側とR側に計16台の台車を配置して、トラス縦送りを実施することとした。しかし図-4に示すように、台車がトラスを多点支持した状態で軌条桁上を走行した場合、軌条桁のたわみによって台車反力が逐次変化する。また、阪急線とJR線が交差するヤード条件から、送出し区間途中にある中間ベントは橋軸方向に対し斜角に軌条桁を支持しているため、トラス縦送り時に軌条桁のL側とR側でたわみ差が生じる。そのため台車反力バランスが崩れる懸念があり、軌条桁のたわみ性状と台車反力の関係を事前に確認する必要があった。

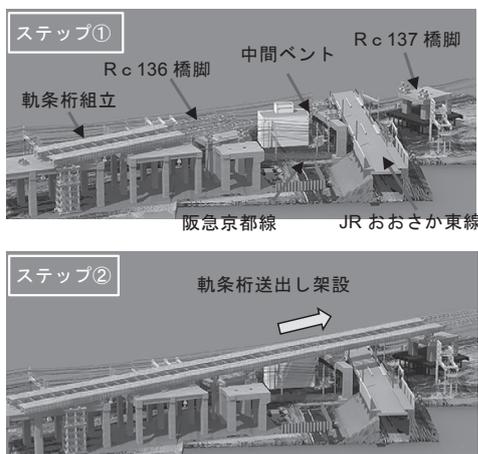


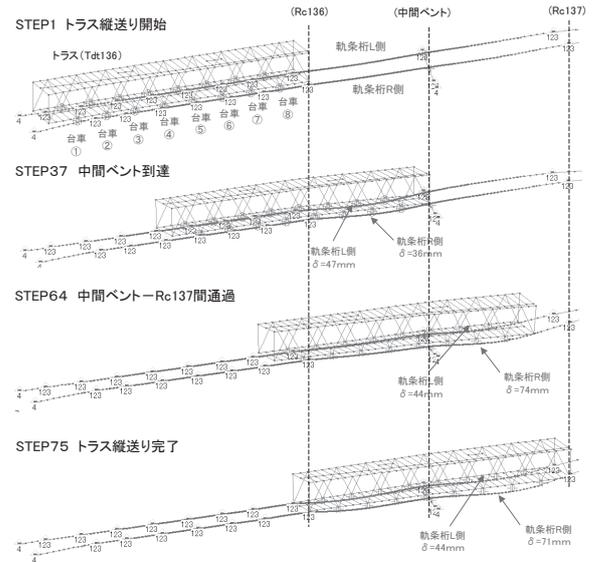
図-4 台車設備 (L側)

(2) 台車反力の調整

トラス縦送り時にトラス桁への付加応力を発生させずに、一定の反力で支持するために1台車あたり2台の油圧ジャッキでトラス桁を支持した状態でトラス縦送りを行うことにした。この時、軌条桁のたわみ変化に応じて全32台のジャッキがストロークを逐次調整し、台車反力を制御する作業が発生する。しかし夜間停電作業の短時間内にトラス縦送りを完了するためには、台車反力の管理を自動化させる必要があった。

(3) 縦送り作業の時間制約

トラス縦送りの夜間停電作業時間は135分である。その内、トラス縦送り（76m）に与えられた時間はトラス桁および台車の固定設備解除とその復旧時間を除いて100分であった。100分以内にトラス縦送りを完了させるため、牽引設備としてダブルツインジャッキを採用した。そこでダブルツインジャッキによる牽引速度とジャッキの反力管理作業の検証が必要であった。



解析STEP番号	軌条桁	台車反力 (kN)							
		台車①	台車②	台車③	台車④	台車⑤	台車⑥	台車⑦	台車⑧
STEP 1	L側	1,143	267	377	329	327	380	266	1,143
	R側	1,144	269	385	331	337	407	284	1,167
STEP 37	L側	707	59	0	1,659	994	0	0	813
	R側	615	317	22	1,444	927	0	0	1,000
STEP 64	L側	1,064	208	0	0	274	2,325	0	358
	R側	983	404	0	0	1,435	997	0	503
STEP 75	L側	878	0	0	1,191	1,191	0	0	971
	R側	116	0	0	1,875	0	0	0	1,333

STEP1台車反力の-20%超過 STEP1台車反力の+20%超過

図-5 トラス縦送り3次元解析結果

ストロークの伸縮でSTEP1の設計台車反力の±20%状態を自動調整する、ジャッキ反力自動制御管理システムを構築した。

システム画面を図-6に示す。画面表示には、各台車に設置したジャッキの反力とストローク量、トラス縦送り距離を確認できるものとした。

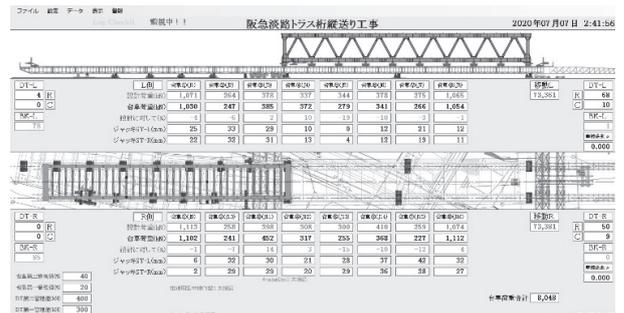


図-6 ジャッキ反力自動制御管理システム画面

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 軌条桁のたわみによる反力変化

軌条桁のたわみを把握するために、トラス・軌条桁の剛性と重量を考慮した3次元解析（汎用有限要素解析プログラム）にて確認した。縦送りステップ図とステップ毎の台車反力結果を図-5に示す。STEP1での縦送り開始時の均等な台車反力は縦送りを進めると軌条桁のたわみによってほとんどの台車反力が縦送り前と比較して±20%を超え、反力がゼロとなる台車もあった。また中間ベントによるL側とR側の軌条桁たわみ差はSTEP64で最大30mmとなった。この結果から、反力を一定にしないと軌条桁と台車の耐力不足、トラスにねじれが発生する問題を数値的に確認した。そのため台車反力を一定に保つことが必要となった。

(2) トラス支持反力の調整

台車反力を一定に保つため、各台車のジャッキ

(3) 縦送り作業の時間制約

工事着手前に、大阪港の夢洲にて架設時と同一の軌条桁と支持条件を再現した実証実験を行った（図-7）。なおトラスの代替として、仮設の桁に設計重量相当のウエイトを搭載（模擬トラス）し、実使用する台車で支持した。

実証実験では、縦送り時の軌条桁のたわみ変化にジャッキ反力自動制御管理システムが正常に作動することの確認、およびその時のダブルツインジャッキの限界牽引速度の確認を行った。



図-7 トラス縦送り実証実験

実験結果からダブルツインジャッキ限界牽引速度は1.2m/分であった。この結果より、トラス縦送りに要する時間は約60分であると実証できた。また、模擬トラスを1m毎移動して静的載荷で確認した軌条桁のたわみ値は解析値とほぼ同一であることを確認した。以上の結果を踏まえて、トラス縦送り計画と設備の検証を行い問題ないと判断して実施施工を行った。

(4) 適用結果

実施施工では、ダブルツインジャッキ牽引速度1.2m/分にて移動を行った。ジャッキ反力自動制御管理システムは一度もトラブルなく作動し、仮設備に過大な応力、変位を与えることなくトラス縦送りを停電時間内に完了した(図-8・9)。

また、画面システムの構築により、トラス桁の縦送りに伴い上記の項目がリアルタイムで表示されるため、状況把握や情報の共有を円滑に行うことが出来た。

トラス縦送り完了後の計測結果を図-10に示す。軌条桁たわみ値の解析値 $\delta 1$ と計測値 $\delta 2$ 、各台車のジャッキストローク長の計測値 $\delta 3$ の結果である。軌条桁たわみの解析値 $\delta 1$ と計測値 $\delta 2$ の比較では、たわみ値がほぼ同程度であった。また、たわみ計測値 $\delta 2$ とジャッキストローク長 $\delta 3$ の比較では、各々の絶対値がほぼ同一であったことから、軌条桁のたわみに追従して

ジャッキストロークが伸縮して台車反力を自動調整できていたことが確認できた。



図-8 夜間トラス縦送り状況



図-9 トラス縦送り完了

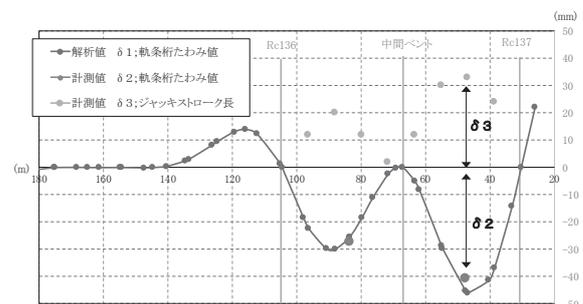


図-10 トラス縦送り解析値と計測値の比較

4. おわりに

本工事は、狭隘な市街地での鉄道立体化交差事業において、施工実績の少ない軌条桁を使用したトラス一括縦送り工法を採用したものであった。本架設工法については、計画上の課題点、架設位置の立地条件上から計画・現場の段階で様々な要求事項があったが、これら全てに対応できたことから安全性の確認はできたと考える。

最後に、本橋梁の架設が無事完成できたのは阪急電鉄、鹿島・戸田JV職員皆様の日々のご指導のおかげであり、協力会社の綿密な作業手順の検討の成果であります。ここに深く感謝申し上げます。