

鉄道鋼トラス橋の送出し架設における計画と施工(その2)－架設中の状態と架設設備の検討－

鹿島建設(株) 正会員 ○竹之内綾子 伊藤弘之 森口智聡

1. はじめに

本工事は、橋長 76m の 2 層構造の鋼トラス橋を鉄道営業線直上に架設するものである。高架橋躯体上でトラスを地組し、予め送出し架設した軌条桁上を一括で縦送りする。架設計画において、営業線直上に留置する鋼トラス桁や架設設備に生じる水平力に対する固定や、架設途中の軌条桁および鋼トラス桁の安全性について検討した内容を報告する。

2. 架設時の水平力

(1) 水平力の設定

トラス桁や架設設備は、鉄道営業時間帯はレベルⅡ地震相当の水平力に耐える固定を要求される。本工事では、図-1 に示すように軌条桁送出し時は送出し起点の RC 躯体と中間ベントで水平力を負担し、トラス桁縦送り後は起点・終点の RC 躯体で水平力を負担させた。

(2) 固定方法

トラス桁の橋軸方向はレールクランプジャッキを用いてトラス桁と軌条桁を固定し、軌条桁はボルト固定した架台を介し RC 躯体の中層梁に定着した PC 鋼棒に接続した(図-2)。架台に作用する反力より水平力を算出し、各接合面では部材の応力度が降伏状態を超えないことを確認した。縦送り後、トラス桁を約 5.7m 降下させるため、降下設備を既設の RC 躯体に設置するが、降下設備に対する水平力の固定も同様の考え方とした。

3. 送り出し時の設計検討

(1) トラス縦送り方法

トラス桁は、左右 2 本の軌条桁の上を格点下に設置した重量台車各 8 台で支持し 1 夜間で縦送りする。軌条桁の最大スパンは 37.5m で、縦送り中の軌条桁のたわみ(最大 72mm)により、台車の反力抜けや反力集中が生じる課題があった。また、中間ベントは軌条桁に直角ではなく斜めに配置されたので、左右の軌条桁のスパンに 3m の違いがあり、左右のたわみ差によるトラス桁への影響も懸念された。そこで、各台車に油圧ジャッキを設置して自動制御管理システムにより各ジャッキの反力とストロークを自動で制御し、連続的に変化させていくことにより、初期の反力状態を保持したまま縦送りする計画とした。トラス桁縦送り時における軌条桁のステップ解析は、トラス桁の重量に不均等荷重係数として 1.2 を考慮しているため、ジャッキの反力は初期値の $\pm 20\%$ を制限値とし、これを超えた場合はジャッキストロークを自動で調整し反力が制限値を超えないように管理した。

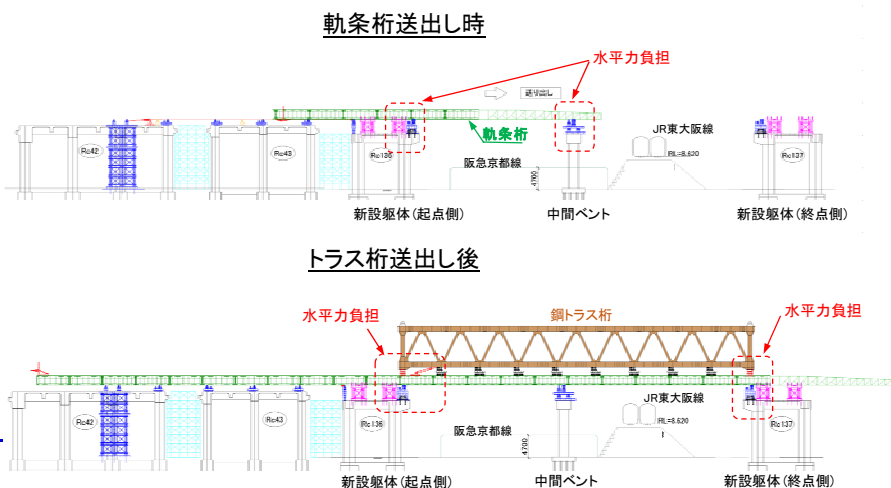


図-1 水平力の負担

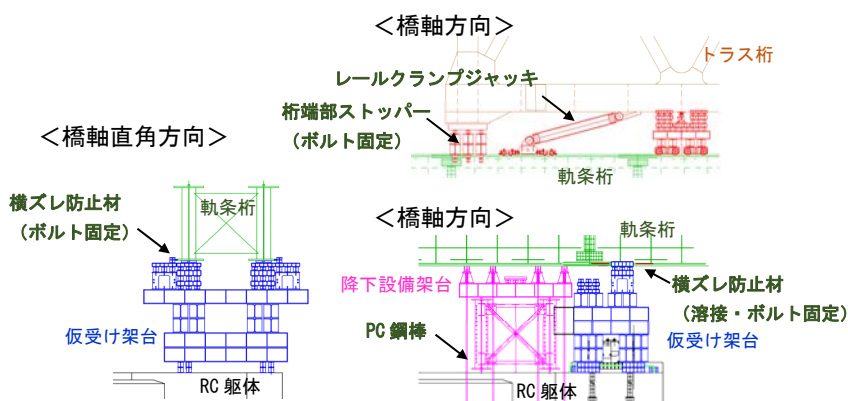


図-2 固定方法の例

キーワード 鉄道、鋼トラス桁、送出し架設、営業線直上、3次元解析、軌条桁たわみ

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL 03-6229-6646

(2) トラスの剛性を考慮したステップ解析

一般的に送出し架設では、一定の桁反力を前方へ移動させていくステップ解析による断面力で照査を行い、軌条桁の安全性を確認する。本検討では、軌条桁スパンの左右差やトラスの剛性を考慮するため、軌条桁とトラス桁を3次元でモデル化したステップ解析を行い、軌条桁とトラス桁の安全性を確認した。図-3に示すように、トラス桁主構、軌条桁、手延機は梁要素でモデル化し、トラス縦送り1mごとに全75ステップの解析を実施した。高架橋上やベント上の各支点の拘束条件は3方向を固定、回転は自由とし、中間ベントは梁もモデル化し梁のたわみを考慮した。トラス桁と軌条桁はギャップ要素で接続し、引張力は考慮せず圧縮力のみを伝達する設定とした。実際の応力状態を確認するため、反力の抜けや集中の顕著なステップおよび左右の軌条桁のたわみ差が大きいステップについて、施工時の管理方法に合わせ、トラスの反力が初期値の $\pm 20\%$ を超えた場合は $\pm 20\%$ の値を上限として余剰分を周辺の台車へ等分配し収束するまで解析を繰り返した。図-4に左右の軌条桁で最大のたわみ差が生じるステップの変形図を示す。たわみ差の最大値は25mmであり、トラス部材に過大な応力が発生しないことを確認した。また、各ステップで軌条桁およびトラス桁部材の応力度が許容値内であることを確認した。

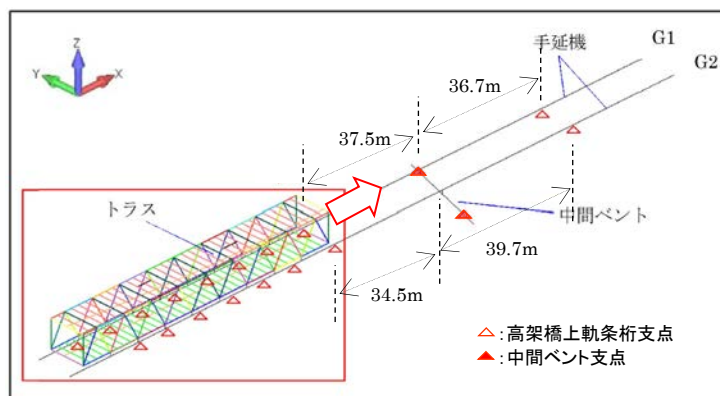


図-3 解析モデル

STEP65 (65m 送り出し時)

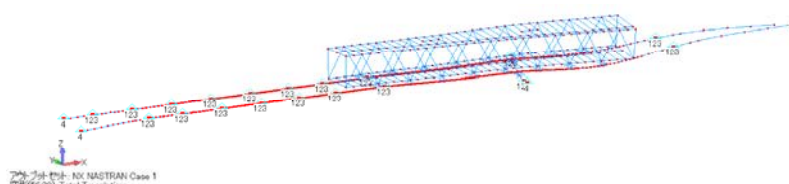


図-4 変形図(左右の軌条桁たわみ差最大ステップ)

4. 実証実験による検証と施工実績

過去に実例が少ない大規模なトラス桁の縦送りであること、また、1夜間で確実に送り出す必要があることから、実施工を模擬した実証実験を行った。実際に使用する軌条桁の上にトラス桁と同重量の仮想ウェイトを載せて、反力の調整を行いながら縦送りした。実験では、トラス桁の剛性を考慮することができないが、トラス桁の代わりに用いた軌条桁を実験用の3次元解析で再現し、実測した反力およびたわみ量を

比較することで解析の妥当性を確認した。また、自動制御システムで縦送りを止めることなく反力を調整しながら所定の速度で送り出せることを確認した。図-5に実施工におけるジャッキ反力の測定結果の一部を示す。実施工では、初期反力の $\pm 20\%$ 内で継続して送りだし、予定時間内に施工を無事完了した。

5. まとめ

鉄道営業線の直上という有事の影響が極めて大きな場所で鋼トラス橋の架設を計画し、安全性の検討を行った。限られた場所・設備の中でレベルⅡ地震相当に耐える固定を実現し、無事施工を完了した。実証実験で確認したとおり、実施工では、反力を管理値内で自動調整しながら時間内に安全に送り出すことができた。実施工時の軌条桁のたわみは解析結果と概ね一致した。事前に精度よくトラス桁の反力、軌条桁のたわみ量、およびジャッキ調整量を把握することで、トラス桁の安全性を確認し、架設当夜の円滑な縦送りを実現することができた。

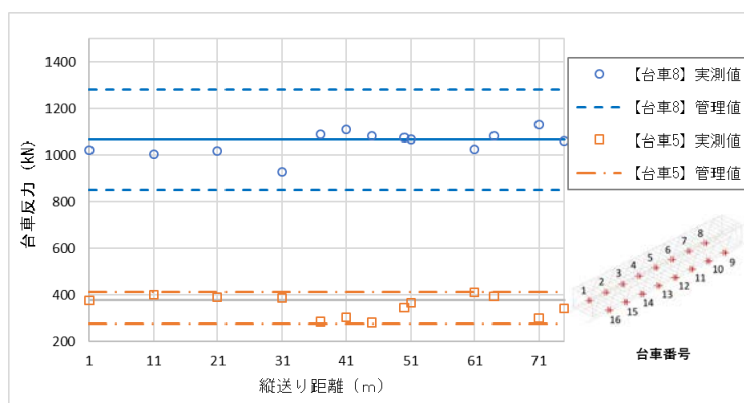


図-5 ジャッキ反力