

斜橋送出し架設時における安全管理に関する工夫

株式会社中央コーポレーション 新銀 武

高橋 孝典

○深井 将光

1. はじめに

本工事例は、6主桁に対して手延べ機を4主桁として、全断面送出し架設する工事であった。また、主桁に対して、横桁・対傾構が直角に配置された斜橋であることが、特徴である。そのため、送出し施工時に、各主桁の手延べ機有無による応力状況、斜橋によるたわみ差が全体構造系に与える影響を把握し、設計時に主桁補強や架設機材取付対策、現場施工時の応力、変形等の適切な対応が課題であった。また、架設時においても、橋梁の特性を踏まえた十分な安全管理が求められた。

本稿では、斜橋送出し架設時の安全管理に関する工夫について、一事例として報告する。

2. 工事例概要

道路規格：第1種第3級

設計速度：80km/h

橋梁形式：鋼単純非合成板桁橋

橋長：56m

支間長：55m

斜角：67度(A1橋台)、69度(A2橋台)

幅員：16.9m~17.7m

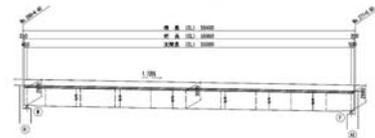
鋼重：363t

3. 構造概要

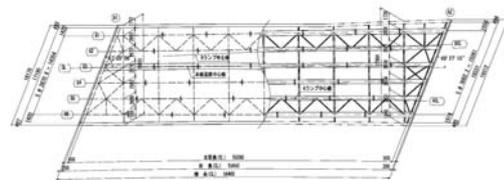
図-1に、構造一般図を示す。

本橋は、橋長が56m、支間長が55m、総幅員が16.9m~17.7mに変化し、若干であるがクロソイド曲線が入っている。また、A1橋台側で67°、A2橋台側で69°の斜角を有する構造となっている。使用材料は、SM490Y材クラスを採用しているが、最大ウェブ高さ3.06mで桁高が3.0m超となっており、鋼単純非合成板桁橋の適用範囲としては、一般的に適用される範囲の上限に位置する橋梁である。その他の特徴としては、幅員が広がるため、主桁がバチ桁となっている。また、外桁外側の床版張出量が大きいため、側縦桁を設けている。

側面図



平面図



断面図

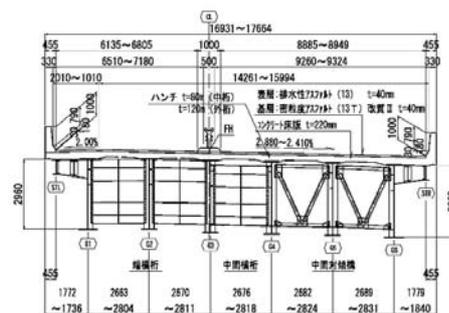


図-1 構造一般図

4. 架設概要

4-1 架設工法

本橋架設位置には、河川内に落差工、護床工が存在するため、ベントや栈橋を用いた工法では、既設落差工の撤去復旧に費用がかかり、経済的に不利となる。また、桁の規模から、一括架設が不可能であるため、現地状況から判断し、手延べ式送出し架設工法が選定された。

4-2 施工概要

工事全体のフローチャートは、図-3の通りとなる。

送出し設備の構造は、A1橋台ではローラ設備、A2橋台では送り装置を使用する。また、ピロン柱をC2格点上に設置し、手延べ機先端のたわみを制御する。

送り出し軌条設備は、A2側作業ヤードに設置

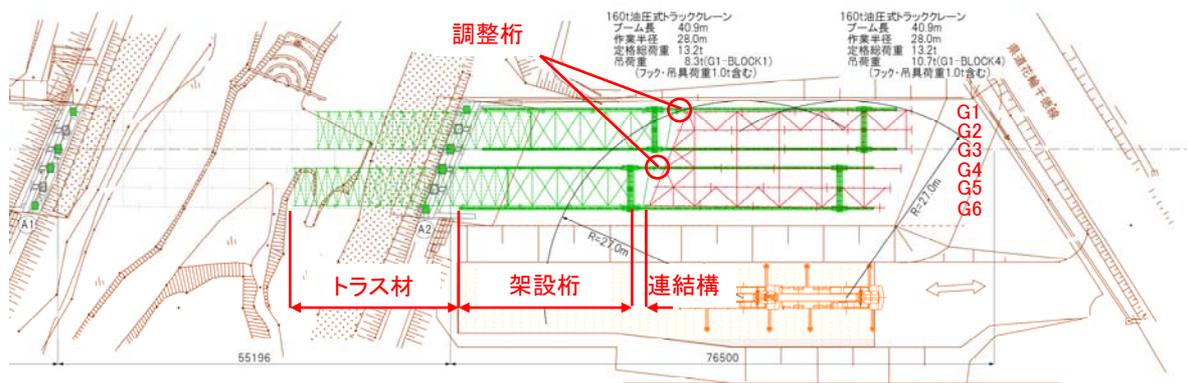


図-2 平面図

した。全長 A2 橋台背面から 58.3m、幅 14.08m の軌条を、G1、G3、G4、G6 桁ラインに設けた。

送出しに使用する台車は、40t 台車×2 台×2 軌条を 1 組とし、全 4 組(G1-G3 で 2 組、G4-G6 で 2 組)を使用した。

手延べ機設備は、トラス材と架設桁を組み合わせて利用し、架設桁と主桁は、連結構にて接続した。本橋は、斜角を有しているため、G1 桁および G4 桁に関しては、連結構と主桁の間に調整桁を設けて、G1 桁と G3 桁、G4 桁と G6 桁の橋軸直角方向ラインを描えることとした。(図-2 参照)

桁の地組は、全 2 回に分け、桁を後方に継ぎ足しながら送出しを行うものとした。また、桁の地組架台は、台車と地組架台を併用し地組を行うものとした。

送出しは、116.394m を全 5 回(手延べ機の縦取り 1 回+送出し 4 回)に分けて行うものとした。また、各ステップを細分化し、断面力の発生状況を確認・検討した。

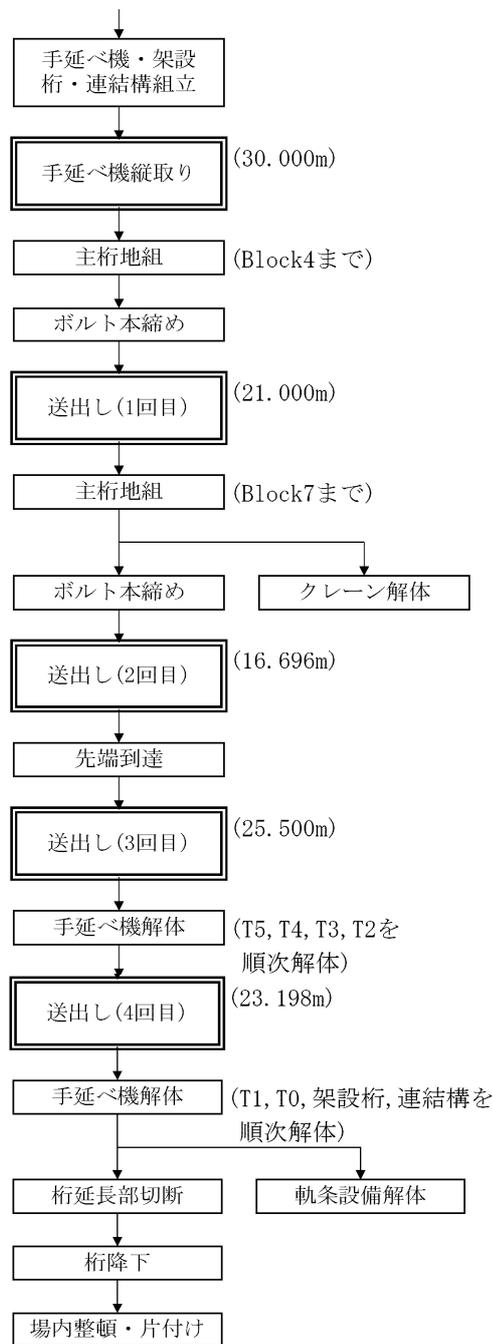
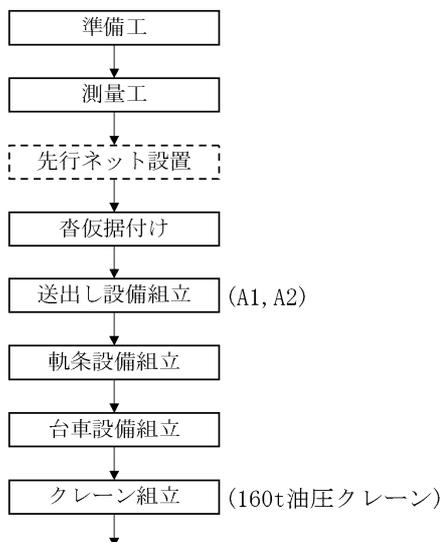


図-3 施工フローチャート

送出ステップは、図-4 の通りとなる。また、各 STEP におけるポイントは、次の通りである。

STEP-1(手延べ機の縦取り)

- ・縦取り前および縦取り後の台車反力管理

STEP-2(第 1 回送出し)

- ・ピロン柱設置およびワイヤー繰り込み
- ・手延べ機先端作業回避のための前方ワイヤー手延べ機への事前固定
- ・送出し前および送出し後の台車反力管理

STEP-3(第 2 回送出し)

- ・送出し前の台車反力管理
- ・送出し途中での前方台車解放に伴う台車挙動の監視

STEP-4~7(第 3 回送出し)

- ・手延べ機先端到達に伴う反力バランス変化監視
- ・送出し後の台車反力管理

STEP-8~10(第 4 回送出し)

- ・手延べ機解体後の反力管理

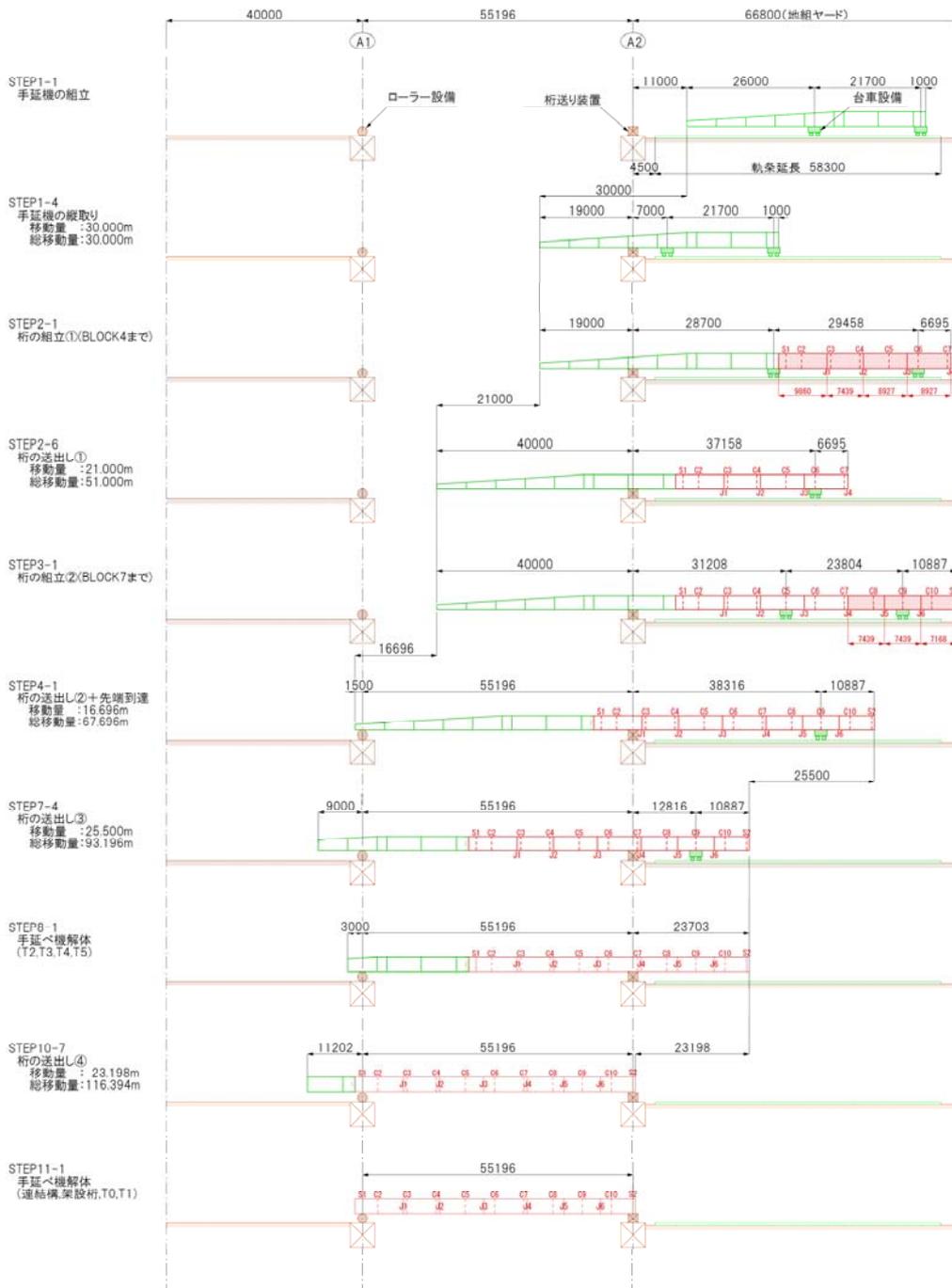


図-4 送出しステップ図

2. 安全管理に関する課題

本工事例の特徴は、全6主桁に対して施工性と経済性に着眼し、手延べ機を両側外桁と中央部2主桁の径4主桁のみに取り付け、全断面送出し架設で施工することである。また、主桁に対して、横桁・対傾構を直角に配置した斜橋構造が採用されていることである。

このため、斜橋特有の特性である、各主桁の製作キャンバー差による桁倒れの影響を考慮して全体地組し、さらに手延べ機の取付有無の違いによる橋体と架設機材の全体構造系が、送出し架設時に複雑な挙動を示すことが予想された。設計時には、斜橋としての挙動、手延べ機有無による主桁への影響を把握して、安全かつ品質の良い架設を行うことが課題となる。架設時も同様に、橋梁特性に配慮しなければならない。

3. 安全管理に関する工夫

本工事例の橋梁特性から、3つの課題を抽出し安全管理に関して、工夫を施すこととした。

3-1 反力集中管理システムによる送出し架設時の安全管理に関する工夫

主桁送出し架設時に、ジャッキ・台車反力のアンバランスによる、送出し設備の倒壊防止に対して、施工計画の段階で、全ての送出し架設ステップ毎の最大反力シミュレーション解析を実施した。シミュレーション解析結果に基づき、補強設計も同時に実施した。実施工においては、送出し量・ジャッキ反力・推進反力を計測し(写真-1,2)、

その解析結果を目標値として、現場事務所内で一括集中管理出来るシステム(写真-3,4,図-5)を構築した。また、送出しジャッキは、非常停止装置付き連動型を使用するとともに、送出し装置・台車・手延べ桁先端にウェブモニターカメラ(写真-5)を設置して画像確認(写真-6)を行い、モニタリング数値が計画値誤差±10%を超えた場合には、送出し作業を中止することとした。



写真-1(反力管理状況)



写真-2(反力管理状況)



写真-3(集中管理状況)



写真-4(集中管理状況)



写真-5(ウェブカメラ)



写真-6(画像確認)

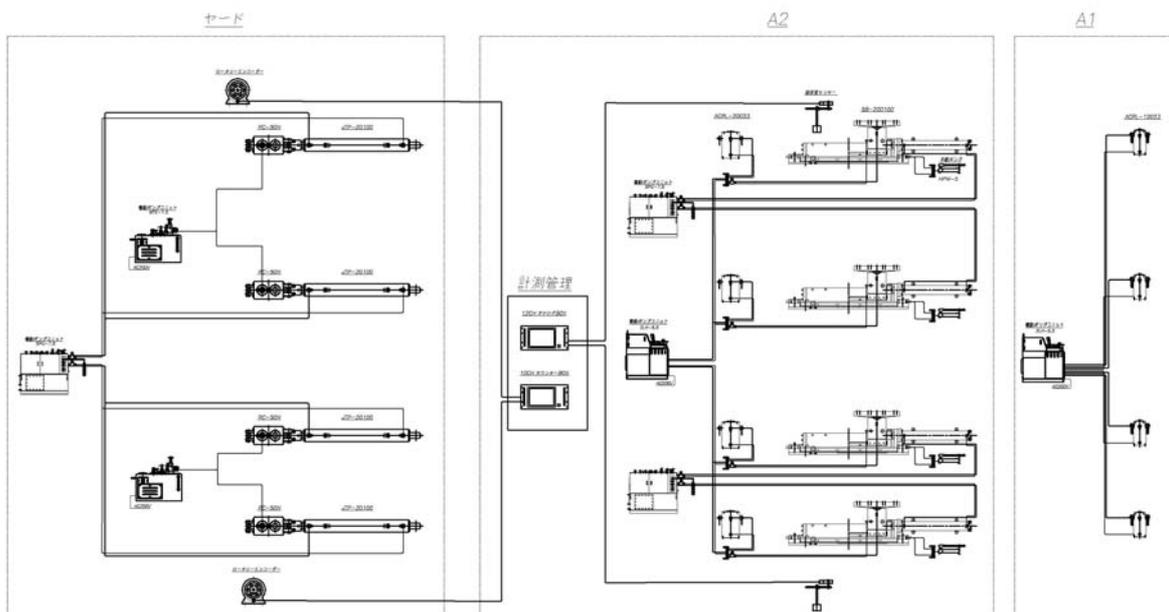


図-5 送出しシステム図

3-2 台車の逸走・横ずれに対する安全管理に関する工夫

送出し作業時における台車の逸走・横ずれ等への防止に対して工夫した。一日の送出し量は、作業が安定する 20m 以下とした。送出し量を軌条にマーキングするとともに、送出し作業時には桁を後退させないようおしめ装置を使用し、停止時には輪留めを設置して固定を確実なものとした。また、送出し駆動装置・台車には、クランプ式ジャッキ(写真-7)を設置し、逸走防止措置を行った。橋台上には、ガイドローラ(写真-8)を設置し、台車逸走の原因となる横ずれが±100mm 以上となった場合には、送出し作業を中止することとした。



写真-7(クランプ式ジャッキ)



写真-8(ガイドローラ)

3-3 手延べ機先端到達時の安全管理に関する工夫

手延べ機先端たわみの抑制と、橋台到達時の手延べ機の上げ越し(吊り上げ)作業の簡易化について、工夫した。送出し架設が進むと、手延べ機先端が自重により大きくたわみ変形を起こし、橋台到達時にクレーン等による大掛かりな先端部吊

り上げ作業が発生する。この先端たわみを抑制するため、手延べ機と主桁とをアウトケーブル(写真-9,図-6)を介して連結し、先端の上げ越し作業を簡略化することとした。



写真-9(アウトケーブル)



写真-10(ビロン柱設置状況)

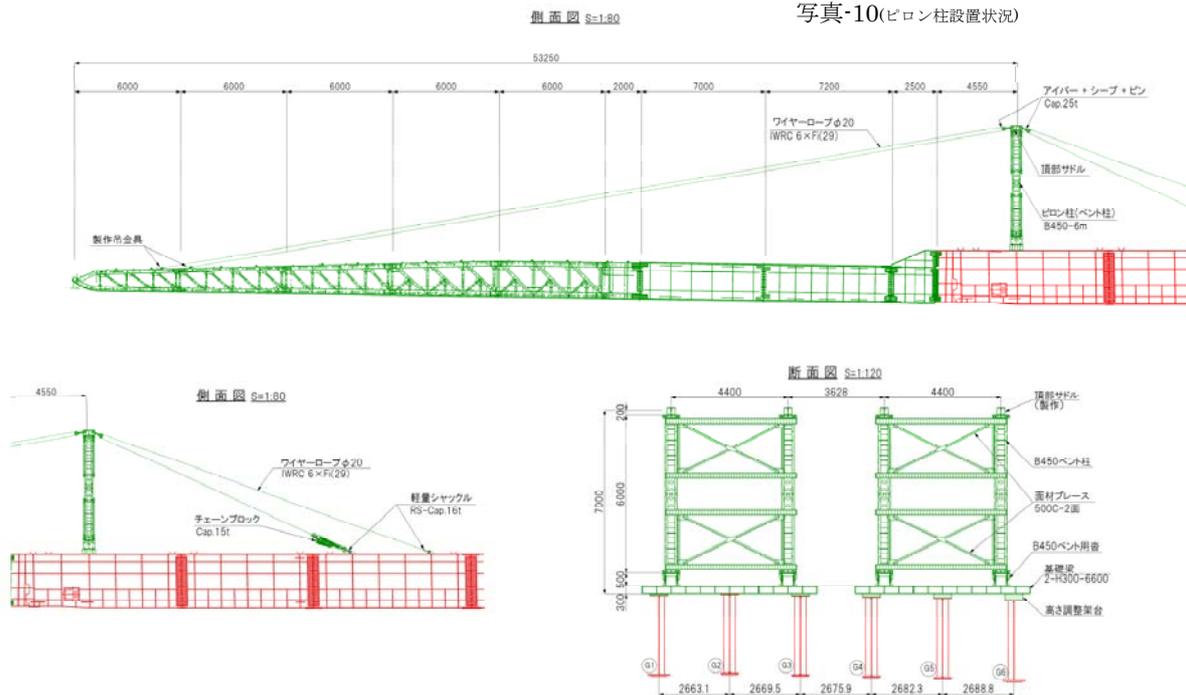


図-6 設備図

4. シミュレーション解析概要

一般的な送出し工法の設計では、手延べ桁、連結構および主桁を棒モデル化し、補強設計を行う。直橋や複雑な平面線形を持たない橋梁では、必要十分な検証方法である。斜橋構造で全断面送出し架設という本工事例の特徴から、対傾構・横桁の二次部材断面力や送出し装置・台車の反力が、不均等な形で大きくなることが予想された。このため、次に示す3つの検証を行い、全体挙動を忠実に数値的に把握することを目指すことにした。

(1)手延べ桁、連結構および主桁を棒モデル化した面内 FRAME 解析(図-7 参照)を行い、主桁の補強設計を行った。

(2)手延べ桁、連結構および6主桁の全体架設構造系をモデル化した、立体解析(図-8 参照)を行った。棒モデルと全体架設構造系モデルの解析結果を比較することで差異を確認し、全体挙動を把握した。

(3)対傾構および横桁の各部分モデル面内 FRAME 解析(図-9 参照)を行い、補強設計を行った。

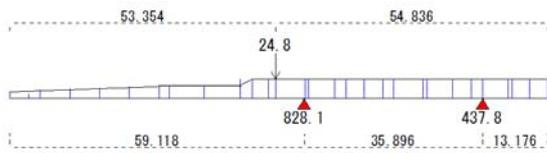


図-7 棒モデル

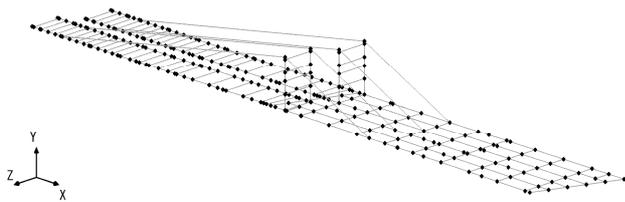
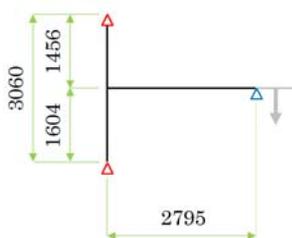


図-8 全体架設構造系モデル

分配横桁



対傾構

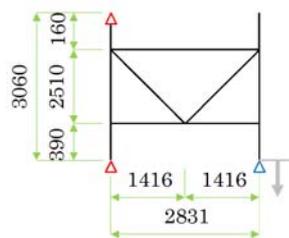


図-9 対傾構・横桁部分モデル

5. 安全管理に関する工夫の効果

5-1 反力集中管理システムによる送出し架設時の安全管理に関する工夫の効果

シミュレーション解析により、最大反力を事前確認し、送出し作業中のジャッキ・台車反力のバランスをモニター制御しながら集中管理することで、作業の安全性が向上した。また、異常時停止措置が、迅速に取れる体制を整えることで、ジャッキ・台車反力のアンバランスによる手延べ機の傾斜・主桁座屈など、送出し作業中に想定される設備や主桁の倒壊を事前に回避することが出来た。

5-2 台車の逸走・横ずれに対する安全管理に関する工夫の効果

送出し量の制御および台車固定により、安定的な作業を確保出来た。また、台車の逸走および横ずれを防止することで、送出し作業の安全性が向上した。

5-3 手延べ機先端到達時の安全管理に関する工夫の効果

手延べ機先端をアウトケーブルで連結する構造にすることで、手延べ機先端のたわみが減少し、橋台到達時直前における先端部の大規模な上げ越し作業が不要となった。本項目は、橋台到達時直前の大規模な上げ越し作業を念頭に置いた工夫であったが、副次的な作用として送出し支点上の曲げモーメントや、不安定な架設構造系の安定性向上につながった。

6. あとがき

本稿の対象橋梁は、斜橋特有の特性である各主桁の製作キャンパー差に配慮しながら主桁全体を地組し、さらに手延べ機の取り付け有無の違いによる橋体と架設機材を含む全体構造系が、送出し架設時に複雑な挙動を示すことが予想される事例であった。計画時において、斜橋としての挙動や手延べ機の有無による主桁への影響を把握して、安全かつ精度良い架設を行うこと、施工現場の特性を踏まえた送出し設備とすることが、重点課題であった。結果、本体構造への不具合(腹板座屈など)や設備倒壊等の事故が発生することなく作業を完了出来たことを考えると、計画において工夫した内容はすべて効果的に寄与し、同様の事例における安全対策の参考となると考えられる。