

26 品質管理

ケーブルエレクション直吊工法の架設精度向上のための工夫と安全管理

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社 IHI インフラシステム

現場代理人

監理技術者

計画担当

和田野 晋悟[○]

大谷 恵治

小松原 和也

1. はじめに

本工事は、関越自動車道・渋川伊香保インターチェンジ付近から上信越自動車道・東部湯の丸インターチェンジ付近を結ぶ上信自動車道のうち箱島地区の町道を跨ぐ新設橋梁の架設工事である。箱島跨道橋と呼ばれる本橋梁は鋼重406t、支間長79.9m、幅員10.5mの鋼単純下路式ワーレントラス形式である。路下の町道付近には、ほたるの保護地があり、桁下にベント等の仮設備を組み立て

ることができないため、**図-1**に示すケーブルエレクション直吊による架設工法が採用された。本稿では、ケーブルエレクション直吊工法の架設精度向上のための工夫と安全管理について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：箱島跨道橋鋼上部工製作架設工事
- (2) 発注者：群馬県上信自動車道建設事務所
- (3) 工事場所：群馬県吾妻郡東吾妻町大字箱島
- (4) 工期：平成30年10月～令和元年10月

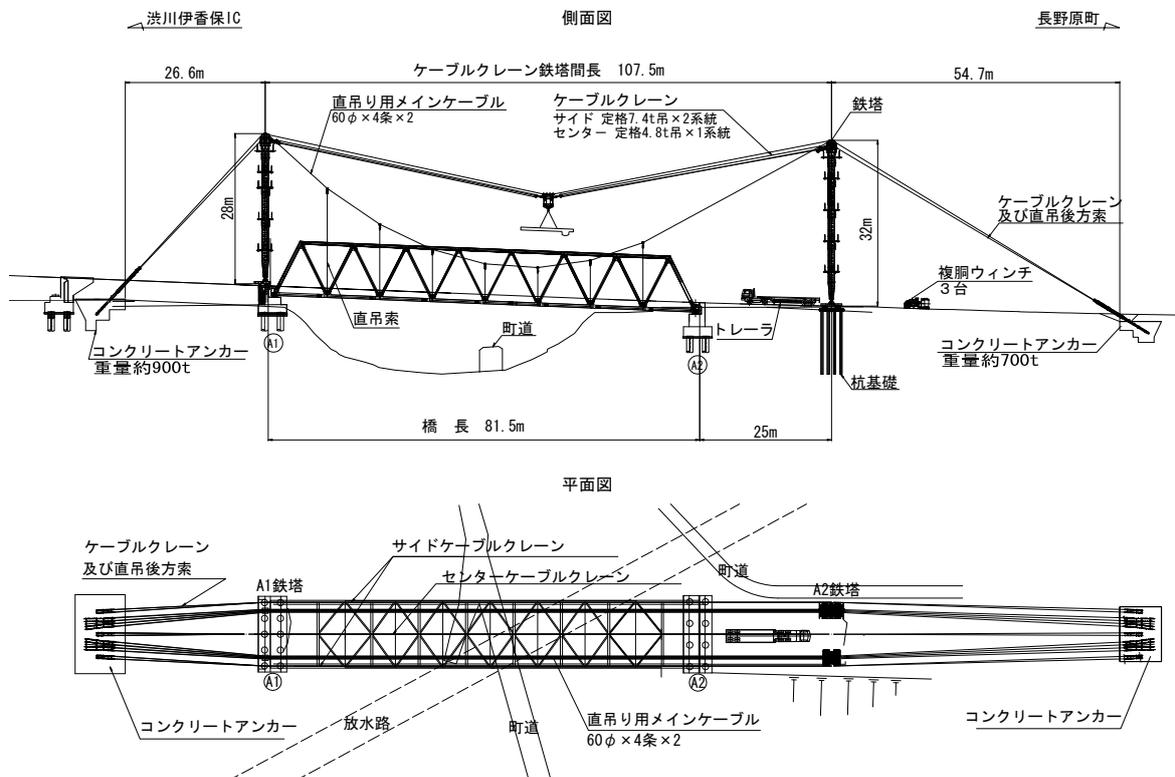


図-1 架設計画図

2. 現場における問題点

本工事の施工にあたり、以下の問題があった。

(1) ワイヤーの温度変化による桁と鉄塔の変位

ケーブルエレクション設備のメインワイヤー長は約210mである。架設は6月～7月と温度変化の激しい時期となりワイヤーの伸縮が大きく、架設途中の桁は高さ方向に最大で約50mm/日変位した。メインワイヤーは鉄塔頂部のサドルにおいて高力ボルトで固定しているため、鉄塔の倒れ量の管理は架設精度に大きな要因をもたらす。したがって、桁挙動と鉄塔の倒れ量をリンクして一括管理するとともに、落とし込み架設時には特に精度良く計測を行い調整する必要がある。

(2) 鉄塔倒壊のリスク低減

鉄塔基礎の構造は、A2側は法面崩壊のリスクがあり杭基礎としたが、A1側は杭基礎にすると支持層が深く杭長も大きくなるため、地中を斜めに横断する放水路への影響が懸念された。また、A1背面ヤードが非常に狭隘であることもあり杭基礎の採用は困難であった。そのため、A1側の鉄塔は図-2に示すように橋台パラベット上に設置し、鉄塔基部はアンカーと山留材で橋台と一体化させたが、本来作用することのない局所的な水平荷重をパラベットに作用させ影響を与えることを避けたかった。また、ケーブルエレクション工法では重大災害となる鉄塔倒壊のリスクを最小限にさせることを最優先とした。



図-2 A1鉄塔基部

(3) 架設時の形状変化

ケーブルエレクション工法において、作業通路や足場の関係上、桁端から中央に向かって架設を行う場合が多い。しかし、端部から架設を行った場合、数値計算では支承部で6.3°の回転変位が生じ支承が損傷してしまう恐れがあった。端支点付近の下弦材は最大5.0m程度の降下が生じ、約3.5m下の地山に衝突することが予想された。また、各添接部においても回転量が大きくなるため、添接板の変形が懸念された。したがって、偏重载荷による支承への影響や地山との接触を避け、スムーズに添接ができるように架設時の形状変化が小さくなる架設方法を検討した。

3. 工夫・改善点と適用結果

本工事では、桁変位と鉄塔の倒れ量をリアルタイムに自動計測し、架設と安全管理に反映させた。

(1) 桁・鉄塔の自動計測による架設管理

図-3に示すような、3次元自動計測が可能なトータルステーションをA1橋台上に据付け、各横桁の両端の上フランジ天端にプリズムを設置した。また、A1・A2鉄塔には自動計測が可能な傾斜計を設置した。それぞれのデータはWEBブラウザ上へ送信されるため、リアルタイムでのデータをパソコンや携帯で遠隔監視できるシステムとした。

この自動計測により、温度や日射の影響によ



図-3 3次元自動計測器（上）と傾斜計（下）

る、鉄塔の倒れとキャンバーの挙動との相関関係を求め、それをもとに鉄塔の調整量を設定した。図-4は下弦材架設完了時に鉄塔倒れ量調整を行った際のキャンバー変化について①傾斜調整前、②A2鉄塔調整後、③A1鉄塔調整後をそれぞれ表したものであり、縦軸の誤差は全架設完了時のキャンバーに対しての差を表す。また、表-1は図-5の①～③に対応した鉄塔傾斜角度および鉄塔頂部の傾斜量を表したものである。①調整前はC4で-252mmと誤差が大きく、鉄塔の倒れ量を調整する必要があった。表-1、図-4より②A2鉄塔調整時には頂部で104mm起こした際にC4で120mmアップ、③A1鉄塔調整時には159mm起こしC4でさらに176mmアップし、キャンバー全体の数値も計画値に近づき、理想的な形状を得た。

(2) 傾斜計の活用と鉄塔に作用する水平力の低減による安全管理

架設に伴う鉄塔の倒れ量は、アンカーから鉄

表-1 鉄塔傾斜調整時の鉄塔倒れ量

	A1鉄塔		A2鉄塔	
	傾斜角度	頂部倒れ量	傾斜角度	頂部倒れ量
	(°)	(mm)	(°)	(mm)
①調整前	0.022	11	0.168	94
②A2鉄塔調整後	0.024	12	0.355	198
③A1鉄塔調整後	0.350	171	0.346	193

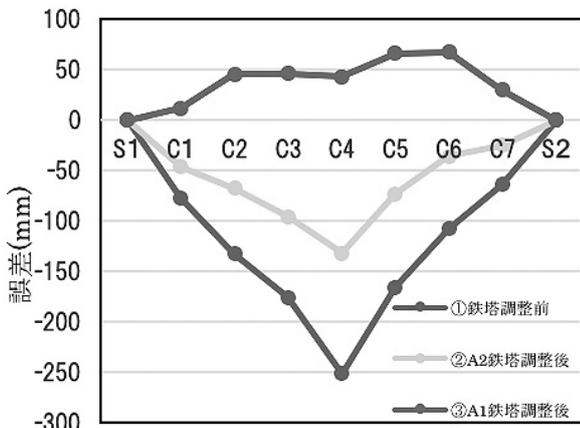


図-4 鉄塔傾斜調整時のキャンバー変化

塔頂部までのメインワイヤー（φ60mm×8本）の伸びにより、A1鉄塔頂部で約500mm程度であり、図-5に示すセンターホールジャッキを用いた調整装置で調整する。架設前に全量を起こしておけば鉄塔の調整は1回で済むが、鉄塔基礎に作用する水平力を低減させるため、倒れ量を最大200mmとし、調整回数を3回（200mm+200mm+100mm）に分割した。それぞれに作用する水平力を表-2に示す。調整が1回の場合は水平力が最大25.9kNに対し、3回に分けた場合は最大17.3kNとなるため、水平作用力を33%低減することができた。

また、設置した傾斜計は2軸（橋軸方向と橋軸直角方向）の倒れ量を計測し、鉄塔の捻じれについても監視を行った。また、鉄塔傾斜の上限値を超えるとアラートメールが送信されるよう設定し、迅速な対応を可能とした。

(3) 支間中央からの架設による桁変位量の低減
架設中の桁変位量を低減させるために、支間中

表-2 鉄塔倒れ量と水平力の関係

鉛直力		調整1回		調整3回	
(%)	(kN)	鉄塔倒れ量 (mm)	水平力 (kN)	鉄塔倒れ量 (mm)	水平力 (kN)
17	806	500	14.4	200	5.8
33	1611	400	23.0	100	5.8
50	2417	300	25.9	200	17.3
67	3223	200	23.0	100	11.5
83	4028	100	14.4	100	14.4
100	4834	0	0.0	0	0.0



図-5 鉄塔調整装置 (A1)

中央から両端に向かって架設する方法を検討した。端部から架設する場合と支間中央から架設する場合の桁変位の支承部での回転量と横桁（C1）での下弦材の降下量の計算を行うと、表-3のようになった。支承部の回転量は6.3°から3.8°に下がり、中間横桁端部（C1）の下降量は5.0mから2.7mとなり、回転量、降下量ともに50%～60%に低減することができた。また、支間中央ではワイヤーブリッジのサグが大きく架設時の動線の確保が困難であったため、横桁を先行して架設しワイヤーブリッジを吊り下げた状態で下弦材の架設を行った。その後、ワイヤーブリッジを下弦材に盛り替え、通路と作業スペースを確実に確保することで作業効率を向上させた。

表-3 架設順序による桁の形状変位

	回転量 (°)	下降量 (m)
端部から	6.3	5.0
中央から	3.8	2.7
低減率 (%)	60	54

※回転量は支承部の値
 下降量は中間横桁の端部C1での値

(4) 適用結果

3次元自動計測と傾斜計の設置により、桁と鉄塔の挙動を一括して管理することができ、架設途中段階でのキャンバーの計画値と常に比較しながら確認ができた。チェーンブロックによる吊索長の調整は、下弦材架設完了時と上弦材閉合前の計2回のみで落とし込み架設を迎えた。落とし込み架設時（図-7）は、高さ・仕口間距離は良好な数値が得られ、スムーズに落とし込み作業ができた。

図-6より吊索開放前後の出来形についても規格値の20%（±10mm）以内に収まり非常に良好な架設ができたといえる。

安全管理については、橋台に作用する水平力を低減させることができ、パラペットを損傷させることも無かった。また、鉄塔の2軸計測が可能な傾斜計により鉄塔の捻じれを監視することで鉄塔倒壊のリスクを最小限とした。

支間中央からの架設により、桁の変位量を低減させることができ、支承、地山への影響を最小限におさえ、作業員の動線も確保し安全に架設を終えることができた。また、架設時の下弦材の各ジョイントにおける回転量も低減され、添接のための吊索長の調整や仮SPL等の製作・設置も不要となったため、スムーズに架設することができた。

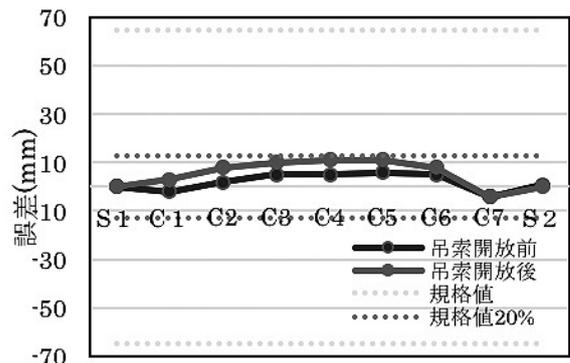


図-6 吊索開放前後の出来形



図-7 落とし込み架設状況

4. おわりに

本工事では、桁挙動の3次元自動計測と鉄塔の傾斜計の設置により、規格値の±20%以内と非常に精度の良い出来形を確保することができた。傾斜計を用いた鉄塔の2軸計測による監視が無事故、無災害を達成できた。また、支承も損傷することなく、地形にも影響がない支間中央からの架設を採用したことでスムーズに架設ができた。本工事における工夫が今後の参考になれば幸いである。最後に、本工事の施工にあたり、ご協力頂いた関係者の皆様に感謝の意を表します。