

6 施工計画

ケーブルエレクション直吊工法における 安全管理と工夫

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本橋梁株式会社

監理技術者

岩間 賢司[○]

主任技術者

川村 弘昌

計画担当者

川端 一徳

1. はじめに

本工事は、群馬県渋川市の関越自動車道・渋川伊香保インターチェンジ付近から東吾妻町、長野原町、嬭恋村を経由し、長野県側の上信越自動車道へ至る延長約80kmの地域高規格道路の一部であり、東吾妻町の久々戸川を跨ぐ橋長90mの鋼単純上路式トラス橋をケーブルエレクション直吊工法で架設するものである。

本稿では、ケーブルエレクション直吊工法における安全管理と工夫について述べる。

工事概要

- (1) 工事名：補助公共道路改築事業（国道・連携）（仮称）新大国橋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 大字松谷地内

- (4) 工期：自) 令和2年12月15日
至) 令和4年12月20日

2. 現場における問題点

- (1) 工法特有の不安定要因の削減

本工法は両鉄塔間に張り渡したメインケーブルから吊り下げた受梁上で橋桁を組み立てる。一般的なベント工法のように堅固な地盤で橋桁を支持する工法とは異なり、架設ステップ毎に吊点の位置が大きく上下に変動する。架設途中における桁の鉛直変位は、最大で1mを越えるケースがある。架設作業は先述の通り吊点の位置が上下に変動する不安定な状態での高所作業となり、墜落・転落災害のリスクが増大するとともに、施工効率の悪化が危惧されるなかで、不安定要因を削減する必要があった。

- (2) 設備倒壊リスクの排除

ケーブルクレーン架設は風、落雷等の気象状況

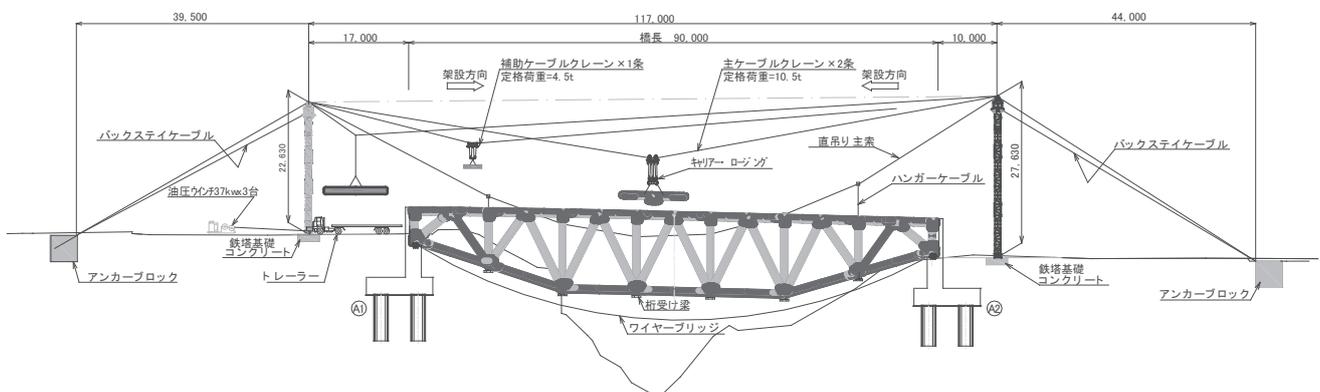


図-1 架設計画図

や、地震等の自然災害に影響を受けやすい工法である。万が一、鉄塔設備が倒壊するようなことが起これば、現場従事者への人的被害、および橋体崩落による物的被害を招くばかりか、現場と並走する国道145号側に倒壊した際には、近隣住民の生活路線であり、観光名所である草津温泉等へのルートも担う国道を遮断することになる。このような隣接する住民や道路利用者をも巻き込んだ重大災害となるリスクを排除する必要があった。

(3) 吊り索張力の管理

吊り索により桁を吊り下げる本工法において、より安定的にかつ精度良く架設するには、架設開始から上弦材閉合までの期間、架設ステップ毎の正確な吊り索張力の管理が求められる。ステップ毎の桁の形状管理とあわせて、吊り索が計画している張力以内であることを検証する必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 面組架設による安全性、施工効率の向上

発注時の計画では、左右の弦材をそれぞれ1系統のケーブルクレーンで単材架設し、その後、両弦材間に横桁・横構を取付ける架設手順であった。しかし、単材架設では受梁に不均等に荷重が載荷されることとなり管理が煩雑になることに加えて、高所で不安定な状態での添接作業が多い状況であった。本検討で見直した架設計画では、A1橋台背面の荷取り位置で左右の弦材を面状に地組立てし、2系統のケーブルクレーンで相吊りして同時架設する工法を採用した(図-2)。

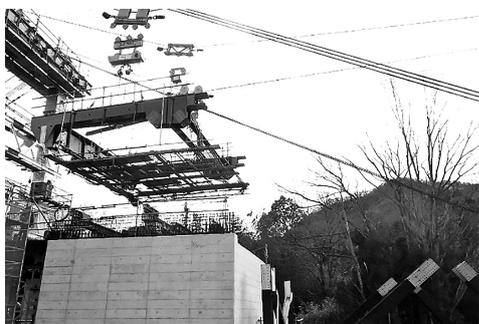


図-2 面組架設

また、通常施工では桁架設後に吊足場の組立を行うが、本工法では面組後の架設部材に足場を先

行設置して一体化させた上で架設することで、高所作業を削減し、墜落・転落災害のリスクを低減した。この架設計画の見直しにより、直吊り索に左右対称な荷重が載荷されるため、ケーブルの形状管理を容易にし、出来形精度の向上に大きく寄与した。

一方、面組架設を計画する中で、地組立て位置となるA1橋台背面において、左右に位置する橋台ウイングの内側では架設部材を面状に組み立てるスペースが確保出来ないことが判明した。そこで左右ウイング(壁高欄)をかわすため、地上から約6mの高さに地組立て用の構台を設置することにした。当初計画ではケーブルクレーンによる桁部材の荷取りを計画していたが、荷取り位置に地組立て用の構台を設置したため、別途、荷取り用と地組立て用の移動式クレーンを用意した。これにより、地組立て作業と桁架設作業を別の班で施工することが可能となり、かつ下弦材・上弦材の架設回数が1/2以下になるため、効率的に架設作業を進めることができた(図-3)。

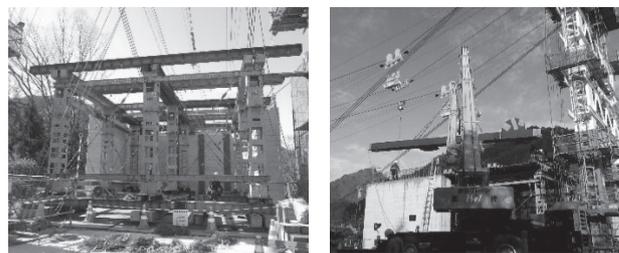
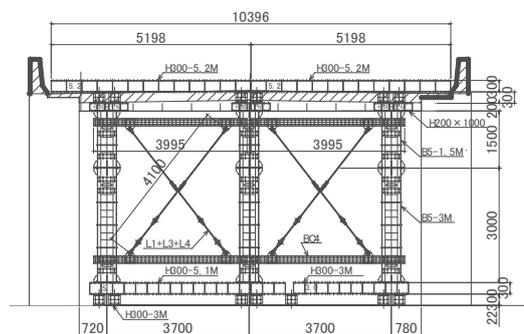


図-3 地組構台と移動式クレーンによる桁荷取り

(2) 仮設備の工夫による安全性、施工効率の向上

鉄塔設備の倒壊、基礎部の不等沈下や転倒に起因する橋梁架設での過去の事故を踏まえ、ケーブルエレクション設備の要となる鉄塔基礎とアンカーブロックに対する監視体制強化が重要であると考えた。そこで、A1、A2両橋台の背面に設置

する鉄塔基礎とアンカーブロックのコンクリート上面に無線式傾斜監視システムを設置し、仮設構造物の変位をリアルタイムに計測管理することにした。このシステムは1°以上の挙動検知時に架設管理者の携帯端末へアラートメールを送信するもので、メール受信時には現場従事者を安全な場所に一次待避させ、原因究明をした上で補強の処置を行うことにした。休工日や夜間に異常を検知した際も架設管理者等が現地へ急行し、異常の有無を確認できるため、リアルタイムに確実な処置を行えるものである。今回の現地施工では1°以上の挙動を検知することはなかったが、システム上では1°に満たない挙動を検知しており、重大災害となるリスク排除に大きく寄与した。

また、本工法においては、アンカーブロック前面の埋め戻し施工の良否が重要となる。そこでこの現場では、前面の埋め戻しに万全を期するため改良土を使用した。改良土を使用することで、アンカーブロックの滑動、転倒に対する安全性を向上させることができた(図-4)。



図-4 改良土による前面埋め戻し

なお、アンカーブロックおよび鉄塔基礎の掘削作業は、インテリジェントマシンコントロール油圧ショベルを使用した。作業機の操作をセミオート化することができ、オペレータ自身が微操作をしなくても設計面で掘削することが可能となり、過掘りすることがなくなり、必要以上に地山を乱すことを防ぐことができた。また、丁張や検測作業を省略できるため施工効率が向上した(図-5)。



図-5 ICT対応油圧ショベルによる掘削

山間に位置し天候の変動が顕著な本現場条件では、架設途上において受風面積の大きい上・下弦材が横風を受け、大きな水平変動による設備や橋体の崩壊が懸念される。そこで気象情報をいち早く察知するために、3次元超音波風向風速計と気象観測システムを併用した。数値的な現地の風速

-表- ステップ別解析結果

主索張力														単位:kN					
A1側後方索						主索						A2側後方索							
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	
G1側	1763	1764	1765	1766	1767	1769	1730	1629	1551	1530	1567	1659	1827	1818	1817	1815	1814	1812	1811
G2側	1762	1763	1764	1765	1766	1767	1729	1627	1550	1528	1565	1657	1825	1816	1815	1814	1812	1811	1810

A1側 鉄塔頂部変位量 単位:mm			吊索張力 単位:kN						A2側 鉄塔頂部変位量 単位:mm					
	X	Y	Z	吊索1	吊索2	吊索3	吊索4	吊索5	吊索6		X	Y	Z	
G1側	-10	0	-4	G1側	242	295	298	298	297	350	G1側	12	0	-5
G2側	-10	0	-4	G2側	242	295	298	298	297	349	G2側	12	0	-5

下弦材鉛直変位 単位:mm															
	S1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	S2
G1側	0	-12	-3	-7	-5	-9	-5	-9	-5	-10	-4	-5	-2	-6	0
G2側	0	-12	-3	-7	-5	-9	-5	-9	-5	-10	-4	-5	-2	-6	0

※値は無応力製作形状からの変位量とする。

A1側反力 単位:kN				主桁反力 単位:kN				主桁反力 単位:kN				A2側反力 単位:kN						
	X	Y	Z	S1	G1側	X	Y	Z	S2	G1側	X	Y	Z	A2鉄塔	G1側	X	Y	Z
BS	G1側	1528	0	-878	G1側	53	-1	308	G1側	-42	1	209	G1側	1	1	1994		
	G2側	1527	0	-877	G2側	47	0	311	G2側	-55	0	208	G2側	1	-1	1992		
A1鉄塔	G1側	-1	0	1706									G1側	1527	0	-973		
	G2側	-1	0	1704									BS	G2側	1526	0	-972	

管理に加え、ピンポイントの気象情報を入手することで、厳正なクレーン作業の可否決定を行うことが可能となり、作業の安全性を確保した。

(3) 吊り索の張力管理方法の工夫

ケーブルエレクションの検討に当たり、架設ステップ解析を実施して、各ステップにおけるメインケーブルや吊り索の張力、アンカーブロック部の反力等の設計値を把握し、それらの値が計画値以内にあるかを検証した。解析モデルは、上下弦材、垂直材、斜材、対傾構、下横構、横支材、ケーブル、桁受梁、鉄塔についてモデル化を行い、斜材、対傾構、下横構、横支材は全てピン結合とした。ステップ別解析結果の抜粋を-表-に示す。

解析結果から種々ケーブルに作用する張力が計画値以内であることを現地着手前に確認することができた。また、本検証とあわせて現地において、架設する部材を受け持つ受梁の両側吊り索に、吊り橋の吊材取替用に開発した「吊材取替装置」を配置し、この装置のデジタル張力計と押し油圧ジャッキにより、適正かつ均等な張力になるよう計測・調整した(図-6)。

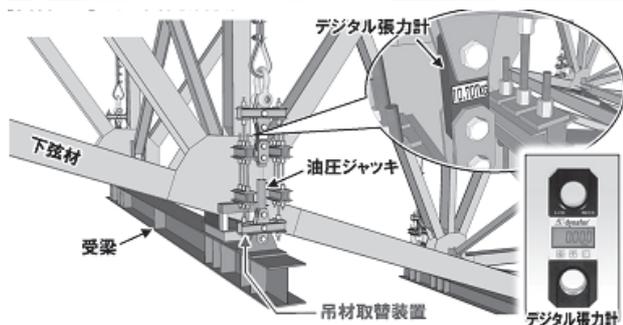


図-6 吊材取替装置

この吊材取替工法は、油圧ジャッキを作動させて吊り索の張力を吊材取替装置に移行させ、デジタル張力計により張力確認を行うものである。従来の施工では、現場責任者や作業員等の経験や勘に頼る部分が大きく、不安定・不確実な作業になっていたが、この装置により、安定的にかつ精度良い架設が実施できた。また、張力計および油圧ジャッキが吊材取替装置本体から取り外し可能な構造となっているため、高価な張力計や油圧ジャッキを多数用意する必要がなく、順次転用することができた。これにより、手配や準備の手間、作業コストの低減が可能であったことも付け加えておく。

4. おわりに

本工事を通して、種々の問題点解決に当たり、新たな取り組みに挑戦する中で貴重な経験をすることができた。途中2ヶ月半の工事一時中止期間を挟んだが、令和4年12月に無事竣工を迎えることができた。

本橋の完成により、渋川・吾妻地域の産業や経済の活性化に寄与すれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたり、助言やご指導を頂きました群馬県上信自動車道建設事務所およびJV構成員である三井住友建設鉄構エンジニアリングの皆様をはじめ、全ての関係者の皆様に対し、この場をお借りして感謝の意を表します。

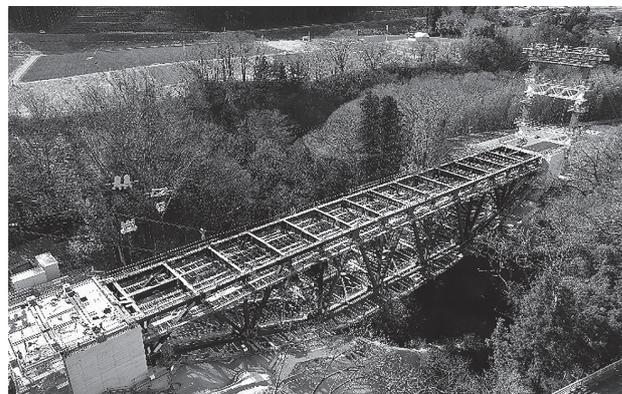


図-7 架設完了