

# ケーブルクレーン斜吊工法による ニールセンローゼ桁橋の施工～新阿蘇口大橋～

Construction of Nielsen-Lohse Bridge by the Cable Crane and Cable Erection Method:  
Shin-Asoguchi Bridge



辻 丈 彰 Tomoaki Tsuji ①  
川 島 芳 浩 Yoshihiro Kawashima ②

## あ ら ま し

新阿蘇口大橋は当社が施工した熊本県南阿蘇村に架かる橋梁である。構造形式はバスケットハンドル型のニールセンローゼ桁橋であり、架設工法はケーブルクレーン斜吊工法である。バスケットハンドル型のニールセンローゼ桁橋はアーチ系構造特有の製作上の課題があることに加え、斜材にケーブルを使用しているために形状管理には注意を要する構造であった。また、渓谷への架設という厳しい架設条件であったため、限られた施工ヤードの中での仮設備の工夫と、安全面に配慮した架設が必要とされた。本稿は新阿蘇口大橋の架設工事の概要について報告するものである。

## Abstract

Shin-Asoguchi Bridge, built by Hitachi Zosen in the village of Minamiaso in Kumamoto Prefecture, is a Nielsen-Lohse girder bridge of basket handle type constructed by the cable crane and cable erection method. The Nielsen-Lohse girder bridge of basket handle type poses fabrication challenges unique to arch structures and moreover requires careful shape management as cables are used for the diagonal members. Due to the tough construction conditions of the valley, this project additionally required ingenuity in placing the temporary facilities in the limited space of a construction yard and erection taking into consideration safety. This paper provides an overview of construction work for Shin-Asoguchi Bridge.

## 1. 緒 言

新阿蘇口大橋は、阿蘇入口部の交通混雑の緩和と交通安全の確保を目的とした国道57号立野拡幅事業に伴い、県道瀬田竜田線上の阿蘇口大橋に隣接する形で計画された橋梁である。既設の阿蘇口大橋は国道57号の2車線部分に充てられ、新阿蘇口大橋は付け替えた県道瀬田竜田線の橋梁として利用される。

本橋は、架橋場所が白川の比丘尼谷峡谷に位置していることから、地形の条件や建設コストを踏まえた施工性の検討により、主橋梁部の構造形式はバスケットハンドル型のニールセンローゼ桁橋が採用され、ケーブルク

レーン斜吊工法による架設が計画された。2013年11月に主橋梁部の鋼桁の架設が完了し、橋面工の工事を経て2014年7月に供用が開始され、その特徴的な景観から阿蘇の玄関のシンボリックな存在となっている。

バスケットハンドル型のニールセンローゼ桁橋はアーチ系構造特有の製作上の課題に加え、斜材にケーブルを使用しているために形状管理に対しても注意を要する構造である。また、本橋の架橋地点は白川の比丘尼谷峡谷と県道瀬田竜田線に挟まれた厳しい架設条件となっているため、限られた施工ヤードの中での仮設備の計画に加えて、安全面により一層の配慮が求められた。本稿はこのような特徴を有する新阿蘇口大橋の架設工事の概要について報告するものである。

① 社会インフラ事業本部 鉄構・防災ビジネスユニット 鉄構・橋梁部

② 社会インフラ事業本部 鉄構・防災ビジネスユニット 建設工事部

## 2. 工事概要

### 2.1 橋梁概要

橋梁の概要を以下に示す。

工事名	: 県道207号付替比丘尼谷橋上部工 (P2～A2) 工事
発注者	: 国土交通省九州地方整備局
施工者	: 日立造船株式会社
工事場所	: 熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字立野～ 菊池郡大津町大字瀬田地内
工期	: 2012年8月28日～2013年11月29日
道路規格	: 第3種第3級
設計速度	: V=40km/h
橋梁形式	: 鋼単純下路式ニールセンローゼ桁橋
橋長	: 125.0m
支間長	: 123.0m
アーチライズ	: 20.0m
幅員	: 8.700m (有効幅員7.500m)
総鋼重	: 約690t
工事範囲	: 設計照査、製作、架設 (床版は施工外)
架設工法	: ケーブルクレーン斜吊工法

### 2.2 構造上の特徴

上弦材のアーチ形状は、鉛直面に対して10°傾けたバスケットハンドル型を採用しており、アーチ面と鉛直面に相違があるために製作キャンバーの設定には十分検討する必要があった。上弦材と下弦材が結合する隅角部は複数の部材が配置される狭隘な構造となるため、製作には注意が必要であった。また、斜材にはケーブルを用いており、外観が良くその景観性が利点として挙げられる構造であるが、架設誤差の影響を敏感に受けやすいため、厳しい形状管理が求められた。

**2.3 架設現場の特徴** 現地の状況は、桁下に比丘尼谷峡谷が存在し、起点側から終点側へ向かって左側に白川、右側には県道瀬田竜田線が隣接しており(図3)、施工ヤードの確保と現道への安全面の配慮が課題となった。



図2 位置図



図3 現地の状況

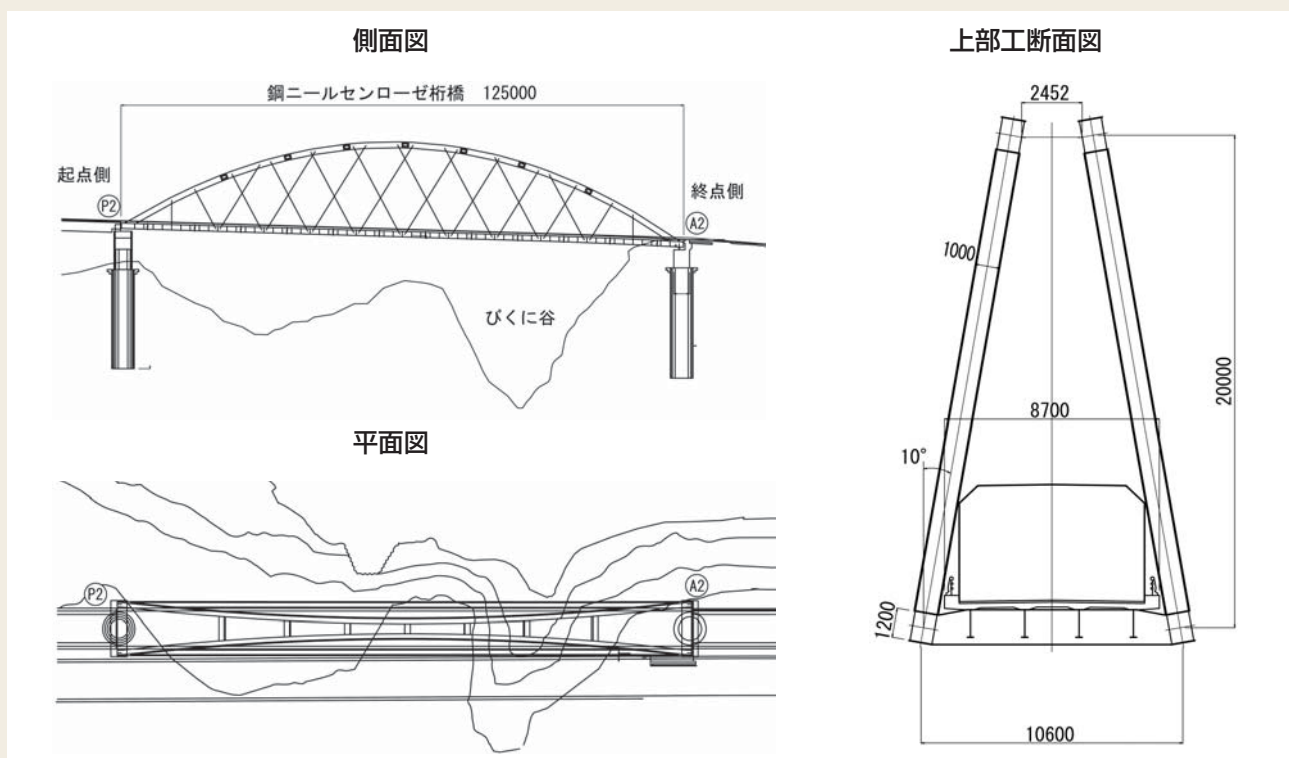


図1 一般図

### 3. 製作時の検討概要

**3.1 製作キャンバー** 本橋のようなバスケットハンドル型のアーチ形状では、鉛直面に対して主構アーチ面が傾斜しているためにたわみの方向と主構アーチ面が一致しない。このため、たわみの方向と同じ鉛直方向にのみ製作そりを付けた場合、製作系の座標は一つの面に存在せず、部材をねじって製作する必要がある。一方、製作性を優先して主構アーチ面内方向に製作そりを付けると、鉛直方向へのたわみにより完成時には上支材や横桁の長さが短くなる。これらのことを考慮して、本橋では製作キャンバーの設定を以下のように行った(図4)。

上弦材に対しては、死荷重によるたわみ量を鉛直方向に与えたアーチクラウンの頂点と支点位置の3点を含む平面を考え、アーチ主構の製作座標はこの3点を含む平面に存在するように設定した。一方、下弦材は上弦材と比較して鉛直方向のたわみ量が大きく、上弦材と同様の方法では完成時に幅員方向の変形が大きくなるため、鉛直方向のみに製作そりを与えることとした。この場合は下弦材にねじれが生じるが、上弦材のようにアーチライズがないためにその量は微小であり問題とはならないため、ねじれる形状で製作を行った。

**3.2 3次元プロダクトモデル** 本工事では、鋼橋3次元プロダクトモデル作成システム「Symphony」により3次元プロダクトモデルを作成し、設計照査と工場製作の効率化を図った。「Symphony」による3次元プロダクトモデルは、橋梁を構成する鋼板を3次元CAD上でソリッドモデルにて再現し、各部材に材質や溶接方法などの属性情報を持たせたものである。これにより、設計照査では隅角内の狭隘部や干渉問題を直接視覚的に把握した上で照査が可能となった(図5)ほか、原寸機能によりNC機械や溶接ロボットなどの工作機械への情報を効率的に供給することができた。

### 4. 架設計画

**4.1 架設工法** 架設工法の選定は、ケーブルエレクション斜吊り工法と斜吊り直吊り併用工法の2工法を対象に検討されていた。斜吊り直吊り併用工法は、下

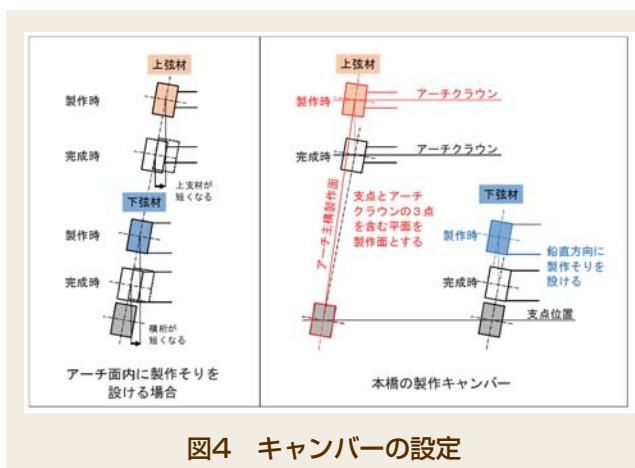


図4 キャンバーの設定

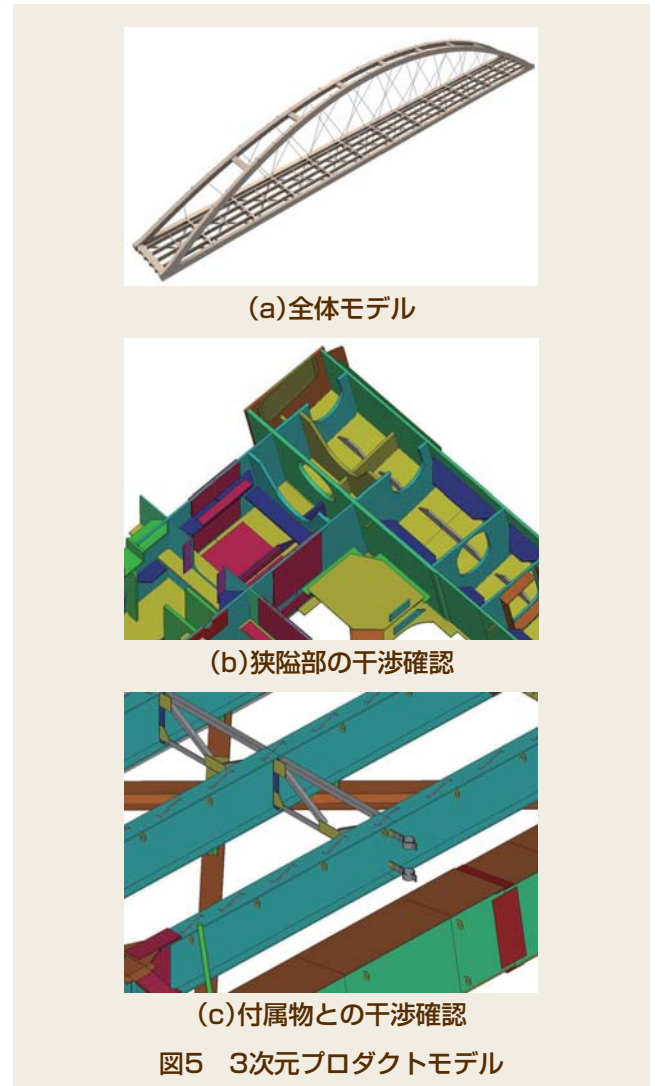


図5 3次元プロダクトモデル

弦材等を先に直吊り架設した後、それをアンカーとして上弦材を架設することができ、ケーブルクレーンによる桁の架設作業のみを考慮すると優れた方法であるが、本橋では架設する桁と県道瀬田竜田線が近接しているため、直吊り設備の作業空間が確保できない。このため、併用工法ではケーブル設備やアンカー設備が大きくなり、施工量も増大するデメリットが生じることから、本橋ではケーブルエレクション斜吊り工法で発注された。なお、ケーブルクレーンと斜吊り設備の鉄塔は兼用となっている(図6)。

**4.2 仮設構台** 鉄塔設備の組立解体を行うためにP2側既設仮設構台の増幅を行い、また、橋体部材の搬入を行えるようにA2側に仮設構台を設置し、運搬車両の経路および桁荷取りヤードを確保した。仮設構台は、地質条件より支持杭をN値50以上の層に根入れさせることから、ダウンザホールハンマー工法を採用した。支持杭は、後の他工事のことも考慮して削孔後に砂置換しバイプロハンマで打込み、構台撤去時には引抜ける構造とした。

**4.3 ケーブルクレーン設備** ケーブルクレーンは、P2橋脚上と桁荷取りを行うA2橋台背面に鉄塔を設置することとし、ケーブルスパンを144mとした。ケーブル配置は、上弦材がバスケットハンドル型となっているた

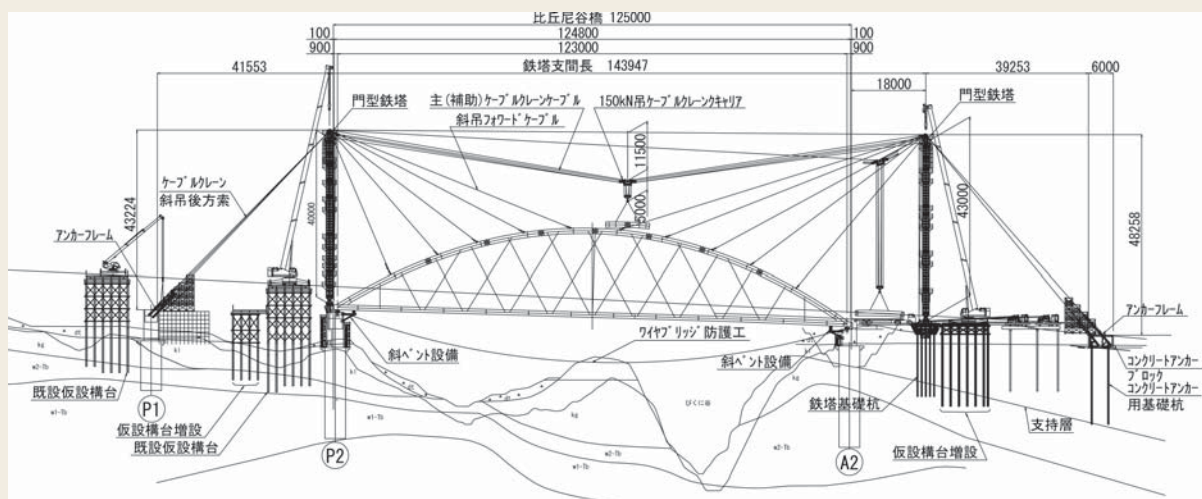


図6 架設計画図

め、下弦材間隔より少し外側にそれぞれ主ケーブルラインを2系統、中央に補助ケーブルを2系統の合計4系統とした。吊上げ能力は、最大ブロック重量を考慮して主ケーブルを18t吊り、補助ケーブルは左右の上弦材、上支材の一体化架設を考慮して13t吊りとした。

巻上げウインチは、桁の運搬車両の経路を考慮し、A2橋台背面の川側に杭基礎による架台を設置し、その上に計4台を配置した。ウインチに作用する水平力については、バックアンカーを利用して水平固定設備を設置した。

**4.4 斜吊設備** 斜吊は3段の斜吊りケーブルを使用し、うち2段を盛替えながら行った。上弦材の架設精度が下弦材の架設精度にも大きく影響を及ぼすため、全ての斜吊ケーブルにロードセルを設置して張力を常時監視した。さらに3次元トータルステーション機器等により、橋体の形状、橋体の温度、鉄塔の倒れを含めて架設ステップごとに解析値との比較を行いながら一元管理できる「斜吊管理システム」(図8)を構築した。また、無線LANによりP2側とA2側の双方で監視が行えるようにし、常に全体の状況を把握することで品質、安全の確保に努めた。

**4.5 工事工程** 現場の着手は2013年1月からとなったため、2013年12月の床版業者への引渡しまで約11カ月の工程で計画を行った(図9)。工程上、仮設備の施工がかなりの割合を占めることから、仮設備の施工量をなるべく最小限にするように、A2側のバックアンカーの設置高の変更や、前面受働土圧を確保することで基礎杭の本数を削減することを検討し、仮設備の設置および撤去の両方の面から工程の短縮を図った。

**4.6 施工ステップ** 最初に、主に200tトラッククレーンを使用してケーブルクレーン設備の組立を行った。ケーブルクレーンの組立は、高所での作業であり、また隣接する県道交通へ影響を軽減するため、鉄塔材等は地組立を行い、大ブロックでの架設を行った。架設に先行して、ワイヤブリッジ防護を展張することで、河川内への落下物防止、墜落災害の防止を図った。また、ほぼ全ての作業が県道に影響を及ぼすため、交通規制(片



図7 斜吊設備

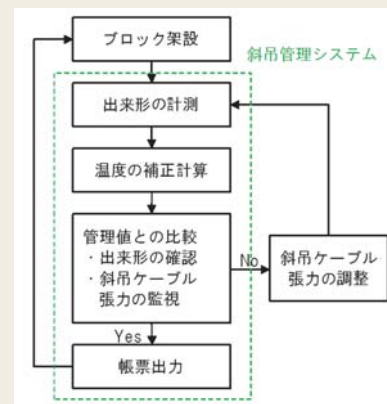


図8 斜吊管理システム

	2013年											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	
準備工	■											
仮設工		■										■
足場工			■									
ケーブルクレーン設備工		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
上弦材架設工						■	■	■	■	■	■	■
斜材ケーブル架設工								■	■	■	■	■
下弦材架設工									■	■	■	■
付属物工											■	■

図9 工程表

側交互通行、全面通行止規制)を実施し、安全確保を図った。

桁架設は、上弦材、斜材ケーブル、床組み部材を含む下弦材の順番に行った。上弦材は片側3本の斜吊ケーブルを盛替えながらP2側の閉合前までの架設を先に行い、次にA2側の架設、最後に閉合ブロックの架設を行った。

斜材ケーブルの架設は、先に全てを上弦材側に取付けてしまうとバスケットハンドル型のアーチ形状から後から行う横桁、縦桁等の床組み部材の架設の障害となる。このため、下弦材と同時にP2側、A2側それぞれ交互に1ブロックずつ架設を繰り返し行い、最後に中央部の閉合ブロックの架設を行った(図10)。

## 5. 現地施工

**5.1 上弦材の架設** 閉合ブロックを落とし込み架設することから、製作キャンバーラインより上げ越したラインを事前に計算で求め、このラインを目標として上弦材の架設を行った。これにより、閉合ブロック架設時の継手の作業空間を確保した。また、先に述べた「斜吊管理システム」により各ステップでの精度を厳しく管理した。これにより、閉合前および閉合時の調整作業を軽減することができ、閉合作業を無事完了した。

**5.2 斜材ケーブル、下弦材、床組み部材の架設** 斜材ケーブルと下弦材の架設は、架設ステップごとに上弦材が変形するため、ステップごとに下弦材の高さ計測を実施し、ステップ解析の結果と比較して斜材ケーブルを調整しながら高さ管理を行った。各ステップでの架設精度を高めることで、閉合時の作業軽減につながった。

上弦材のアーチ形状がバスケットハンドル型で先行して上弦材の架設を行っている場合には、床組み部材を直

吊で架設しようとする上弦材と干渉して所定の位置まで降下することができない。さらにケーブルクレーンの構造の特性上、吊った部材の往復移動、巻上げ巻下げの動きはかなり遅く、部材数が多い場合には時間がかかり高所での危険な作業が多くなるため、安全面での懸念があった。このため、本橋では横桁、縦桁、下横構および対傾構をA2側端部の床組み部材の架設後にその桁上で地組立により一体化し、ケーブルクレーンで吊り上げ、上弦材と下弦材の間を低空移動させて架設を行った。床組み部材の移動時には、上弦材の上支材が障害となるが、主クレーンと補助クレーンで玉掛け材の盛替えを行いながら移動させた。これにより、クレーンの移動回数を減らすことが可能となり、作業時間の短縮と架設回数の低減による作業員の危険な作業を軽減することができた。

**5.3 支間長の管理** 本橋の完成時の支承条件はP2橋脚が固定、A2橋台が可動であるが、ケーブルクレーン斜吊工法では上弦材や下弦材の架設ごとに自重による支点への水平力が作用するため、架設時には支承を固定する必要が生じた。このため、P2橋脚は架設に先だてて支承を固定し、A2橋台は剛性の強い端横桁を利用して、仮固定設備を設置した。

架設が進捗することで水平力は増加し、下弦材閉合時には1支点当たり3,000kN程度になる。この水平力と下部工と基礎および地盤の剛性から、橋脚と橋台の躯体は回転による倒れが生じて支間長が44mm変化すること

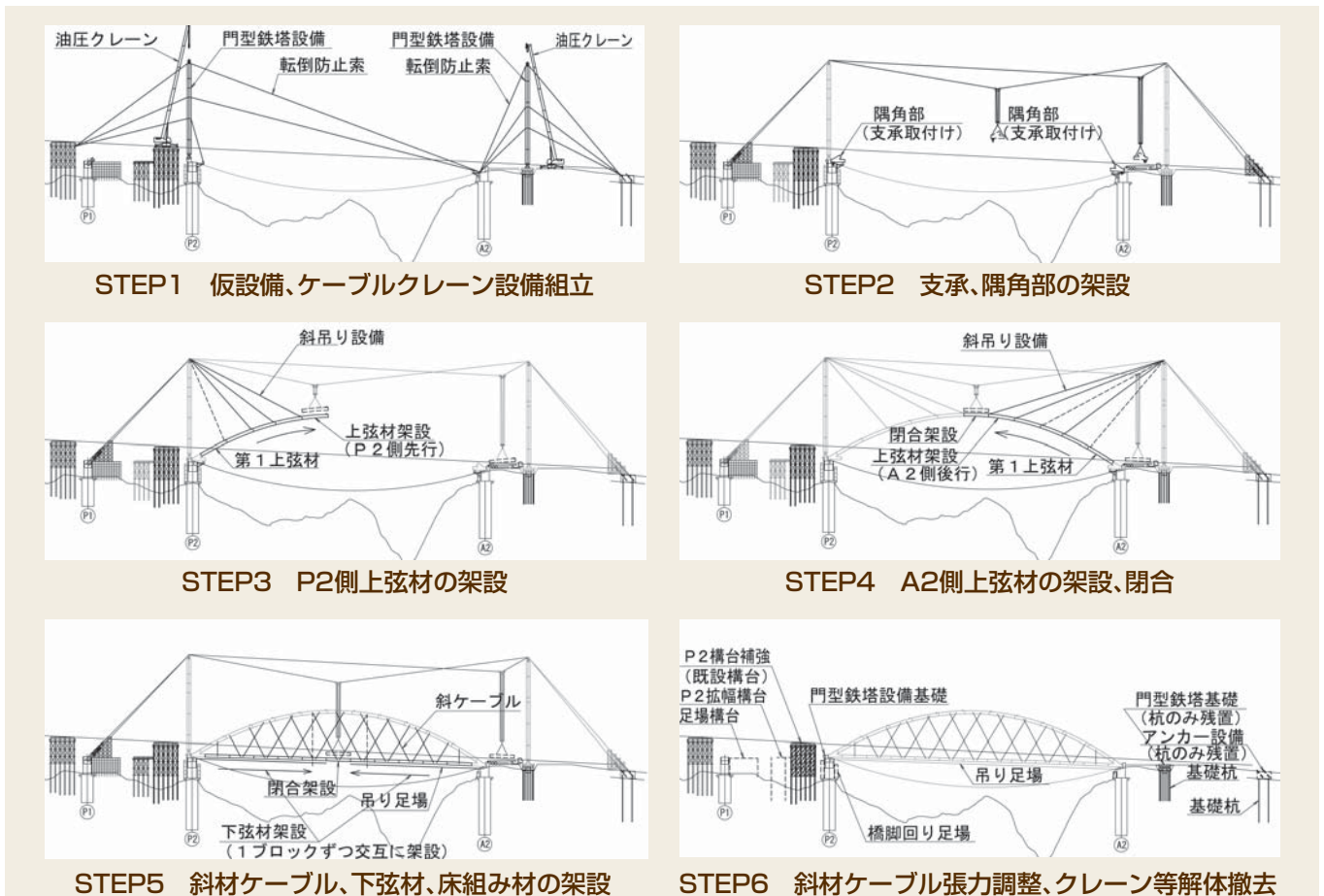


図10 施工ステップ図

が事前の検討で明らかになっていたため、この量を製作に反映するとともに、架設では架設ステップごとにP2橋脚の倒れとA2橋台可動支承の上下沓のずれを計測し、支間長の管理を行った。

**5.4 ケーブル張力調整** 一般的なニールセンローゼ桁橋では鋼桁の架設完了時には桁のキャンバーを中心とした形状管理を重視するが、本工事では床版施工が含まれていなかったことから、床版施工完了後のケーブル張力のバラツキや調整作業を考慮して、橋体形状とケーブル張力を同時に調整し、管理することとした。

ケーブル張力の調整量の決定は、ケーブル張力と桁のキャンバーの両方を最適にする調整量をファジー理論により求めるファジーケーブル張力調整法<sup>1)</sup>により行った。これは、ケーブル張力誤差とキャンバー誤差を許容誤差により無次元化を行ってその値を満足度と定義し、管理箇所の満足度を最大にするような調整量をファジー回帰分析により求めるものである。この方法により、ケーブル張力と桁のキャンバーを同時に管理することができるため、工程の短縮も図ることが可能となる。

ケーブル張力の測定は、橋体とケーブルの温度が安定する夜間に実施した。上記の調整方法を用いたことにより、2回のケーブル張力の調整を行うことでキャンバーと張力を目標とする誤差内に収めることができた。

## 6. 結 言

本橋は、バスケットハンドル型のアーチ形状を有しているため、製作においては一般的なニールセンローゼ桁橋の特徴に加えて多くの検討や工夫が求められた。さらに、厳しい条件の中での架設は、安全面や工程管理の面で注意を要するものであったが、無事工期限内に完成に至ることができた。これは国土交通省熊本河川国道事務所をはじめ、関係各所の協力のおかげであり、ここに感謝の意を表する次第である。

なお、南阿蘇村は2016年熊本地震により甚大な被害を受けたが、調査の結果、本橋には大きな損傷は見られなかったことを付記する。本報告で紹介した工事内容が、今後の同種の橋梁の施工において参考になれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 金吉正勝, 古田均, 田中洋: 設計者の満足度を考慮したファジィケーブル張力調整法, 土木学会論文集, 1998, No.598 / I-44, 381-390.



図11 上弦材架設



図12 下弦材架設



図13 床組み材架設

### 【文責者連絡先】

Hitz日立造船株式会社 社会インフラ事業本部  
鉄構・防災ビジネスユニット 鉄構・橋梁部  
辻 文彰  
Tel : 06-6569-0261 Fax : 06-6569-0257  
e-mail : tsuji\_to@hitachizosen.co.jp

Hitachi Zosen Corporation  
Infrastructure Business Headquarters  
Steel Structure & Disaster Prevention  
Business Unit  
Steel Structure & Bridge Planning Department  
Tomoaki Tsuji  
Tel : +81-6-6569-0261 Fax : +81-6-6569-0257  
e-mail : tsuji\_to@hitachizosen.co.jp



辻 文彰



川島 芳浩