

## 鉄道・道路併用トラス橋（竜の口橋りょう）の施工

### Construction of Truss Bridge for Railway and Car Traffic (Tatsunokuchi Bridge)



越 中 信 雄<sup>\*1</sup>  
Nobuo ETCHU



下 澤 誠 二<sup>\*2</sup>  
Seiji SHIMOZAWA



熊 倉 正 徳<sup>\*3</sup>  
Masanori KUMAKURA

#### 要 旨

本橋は急峻な渓谷に架橋された鉄道・道路併用ダブルデッキトラス橋である。架橋場所は施工ヤードが大変狭い上に仙台市の特別環境保全地区となっており周辺環境に配慮し工法選定をおこなった。大変厳しい工程での施工中に東日本大震災も発生しその後の大きな余震対策を施しつつ施工を進め完工させた。本稿では、製作と現地施工について報告する。

キーワード：鉄道・道路併用ダブルデッキトラス，トラベラクレーン架設，耐震対策

#### 1. はじめに

本橋は、宮城県仙台市に建設している仙台市高速鉄道東西線のうち動物公園駅にほど近い竜の口渓谷に架橋された鉄道・道路併用ダブルデッキトラス橋である。同型式の橋梁は本州四国連絡橋など数例しかなく、山岳部での施工事例となるとほとんどない。トラス橋であるにもかかわらず各部材の重量は重く、現地施工では仙台市の特別環境保全地区となっている深さ50mの渓谷上での架設であることから製作から施工に至るまで多くの課題を伴う困難な施工であった（写真-1，写真-2）。



写真-1 着手前状況



写真-2 施工完了状況

<sup>\*1</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部 部長代理

<sup>\*2</sup> 橋梁事業本部 橋梁営業本部技術管理部 係長

<sup>\*3</sup> 橋梁事業本部 千葉工場計画部計画グループ グループリーダー

## 2. 橋梁諸元

路線名：仙台市高速鉄道東西線

施工箇所：宮城県仙台市

形式：鉄道・道路上下分離式併用鋼トラス橋

道路規格：V=60km/h 4車線（上層階）

鉄道規格：V=70km/h 複線（下層階）

弾性マクラギ直結軌道（下層階）

支間：120m

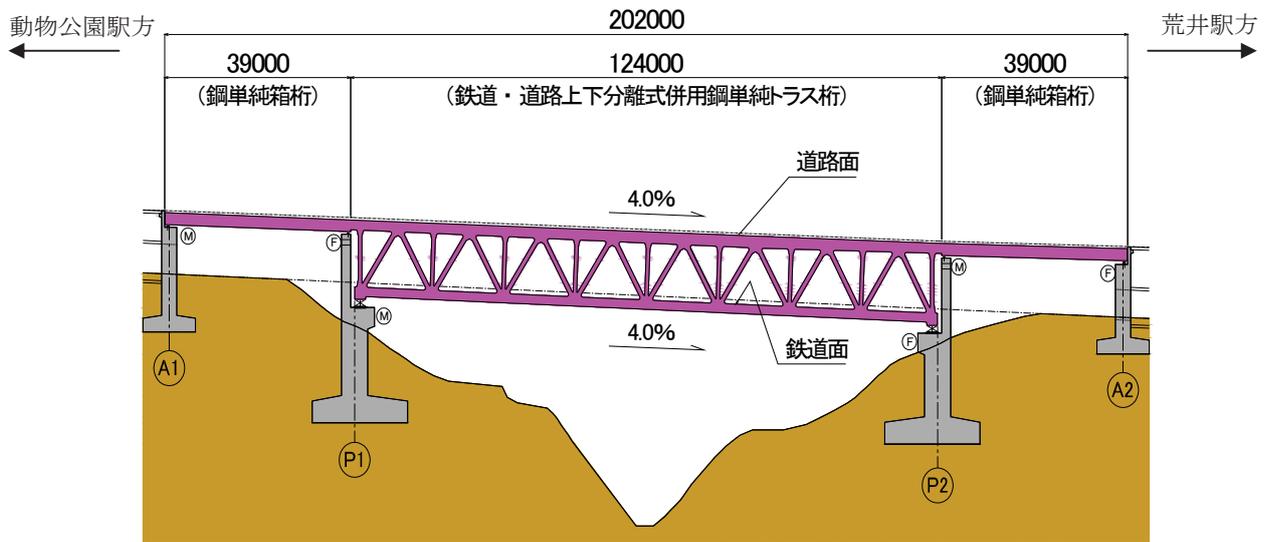
主構高さ：12.3m～12.8m

鋼重：28000kN

支承：鋼製BPピボット沓

床版形式：RC床版

使用鋼材：耐候性鋼材（さび安定化処理）

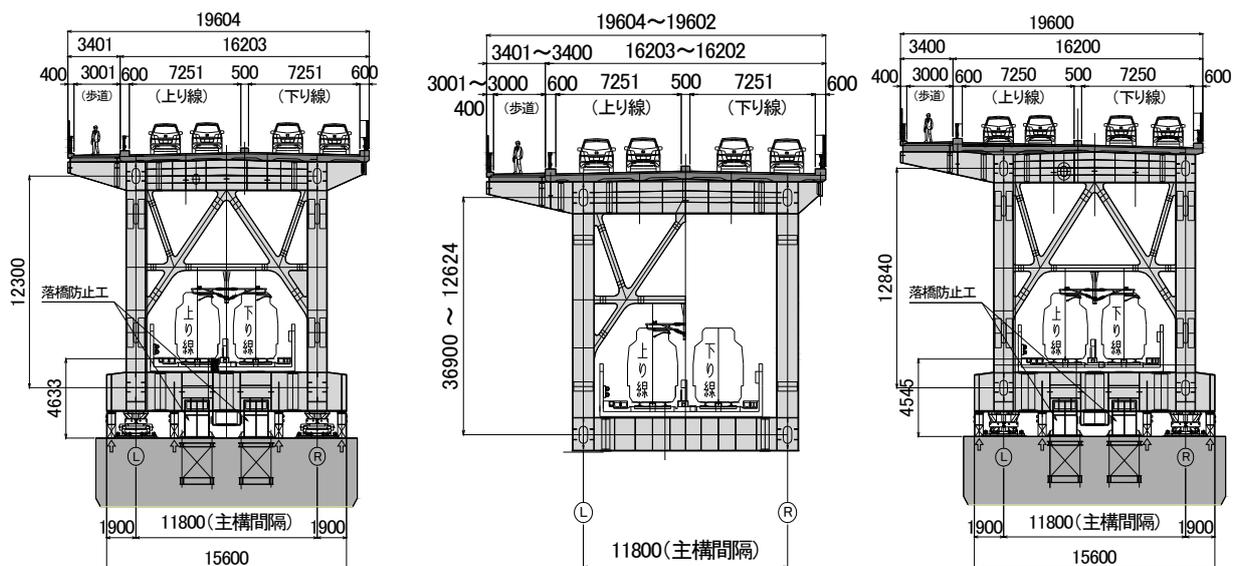


【P1側支点部断面】

【垂直材位置断面】

【斜材位置断面】

【P2側支点部断面】



図一 構造一般図

### 3. 工場製作

#### (1) 原寸

本橋の格点部は4面添接方式によるコンパクト化格点構造を採用しており、斜材のウェブが上下弦材及び垂直材のウェブと一体化している。これより主構の格点部は狭隘箇所及び密閉箇所が生じることから製作順序及び溶接施工の可否検討が必要となる。本橋ではこれらの検討を行うために発砲スチロールによる実物大模型を作成し検討を行った（写真-3）。

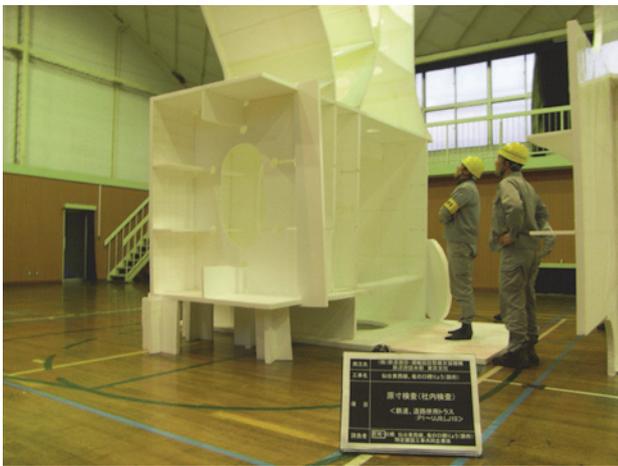


写真-3 格点部の実物大模型

#### (2) 溶接施工試験

トラス格点部は斜材ウェブと垂直材ウェブの接合部において接合する斜材ウェブが斜めに交差するため鋭角状の狭隘箇所が形成され作業姿勢が限定される溶接作業となる。よって、実物大の試験体を製作し次を確認した（写真-4）。

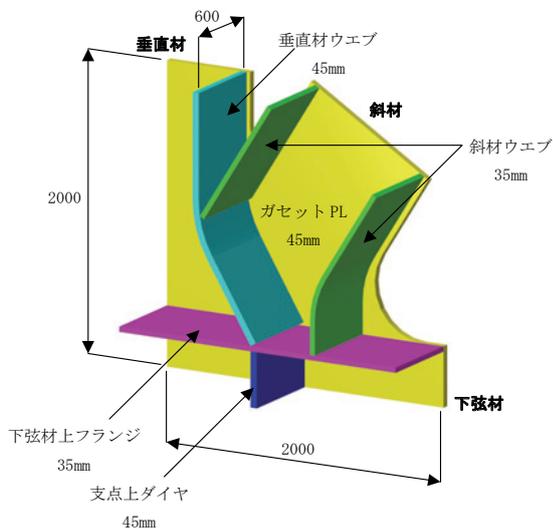


図-2 試験体概要図



写真-4 作業姿勢確認状況

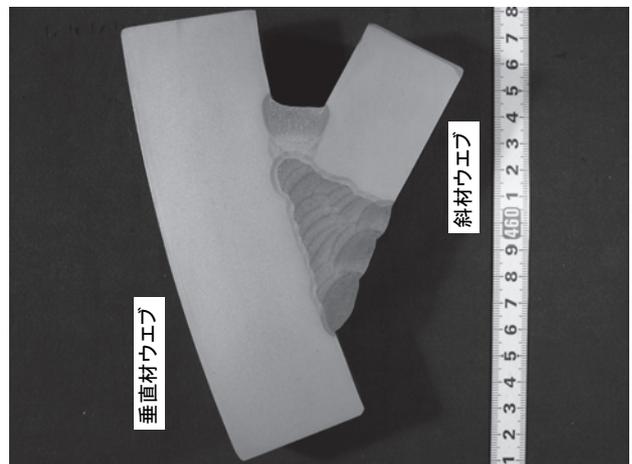


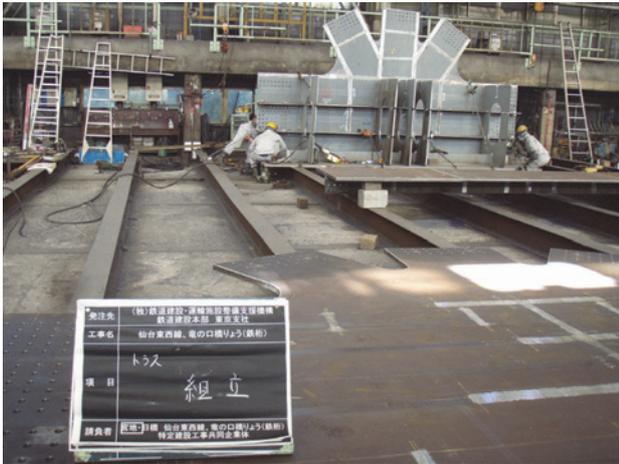
写真-5 マクロ試験片

- ・溶接継手部の開先形状
- ・溶接施工時の作業空間と作業姿勢
- ・部材の組立手順及び溶接施工手順

写真-5は溶接施工試験完了後の溶接部のマクロ試験片の一例であり、良好な溶接施工が可能であったことが確認できた。

#### (3) 組立・溶接施工

溶接施工試験で得られた情報により、部材の組立・溶接を実施した（写真-6、写真-7）。



写真一六 部材組立状況



写真一八 仮組立状況



写真一七 部材溶接状況



写真一九 事務所の液状化現象

#### (4) 仮組立

鉄道・道路併用ダブルデッキトラス橋であることから上層の出来形計測（キャンバーなど）及び鋼部材の取り付け関係を確認するため、正立の立体仮組立を実施した。約3,000tのトラス橋はJVの二社にて各々製作し、取り付け部分の約1格点分を当社に搬入し仮組立を実施した（写真一八）。

発注者による出来形検査を平成23年3月11日（金）に実施した。出来形計測の終了時点で激しい揺れが2度生じた。東日本大震災の揺れであった。

事務所は液状化現象を起こし、約2,000tの仮組立した桁が約10cm程度移動したことから、揺れの大きさを実感することとなった。なお、仮組立した部材への影響は無かった（写真一九）。

仮組立終了後は錆安定化処理剤（カプテンコートM）を塗装して、平成24年3月より現地への輸送を開始した。

## 4. 現地施工条件と架設工法選定

### (1) 現地施工条件

本工場の施工条件を次に示す。

- 1) 急峻な渓谷上に位置し桁下ヤード使用は困難。
- 2) 上記よりベントによる多点支持は不可能。
- 3) 特別環境保全地区であるため斜面の大がかりな盛土切土は不可能。
- 4) 下部工で使用した栈橋が使用できる。
- 5) 表土からすぐ下に堅い岩盤がある。
- 6) 橋梁両端からの部材搬入が可能である。

### (2) 架設工法選定

上記条件から、桁下利用が大幅に制約されているため一般的にはケーブルエレクション直吊工法が採用されることが多い。しかし本橋はダブルデッキ構造であること

などから橋体質量が非常に重い。約28000kN（225kN/m）このためケーブル直吊設備が一般規模を大きく越えてしまい設備コスト面などに問題が多い。現地は下部工で使用した栈橋が使用可能な状況であったため、架設工法は栈橋を有効に使用しながら両端4パネルを栈橋上からクレーン直接架設とし残りの中央部をトラベラクレーン張出し架設とした（図-3）。

### (3) 本工法選定による効果

本工法の採用により、下記の効果があった。

- 1) 栈橋利用で新たな設備コストが抑えられた。
- 2) ベント設置数を減じ渓谷斜面の影響を最小とした。
- 3) またトラベラクレーン架設を両側から同時に行う事とし厳しい工程条件も満足することができた。

## 5. 桁架設

### (1) 架設工法概要

トラス桁の架設は、クレーンベント工法（栈橋併用）とトラベラクレーン張出し架設方法の2工法併用で実施した（図-3）。

#### 1) 両端4パネル架設要領

栈橋上に200t吊クローラクレーンを搭載して架設した。ベント基数を減じるため下弦材架設に際しては栈橋上で地組し架設した。

#### 2) 中央4パネル架設要領

先に架設したトラス桁上にトラベラクレーンを1台ずつ搭載し張出し架設とし、中央部で閉合した。

### (2) ベント設置

ベントはトラス桁張出し架設時の15000kNを越える反

力と地震に対して安全性を確保すべく鋼管杭基礎とした。杭施工工法として急峻な斜面でも周囲への影響が最小である「ケーシング内部回転式マルチオーガ工法」を採用した。オーガで削孔した後はオーガを引き抜きつつモルタル充填し本杭をバイプロハンマで建て込んだ。

### (3) 鋼製BPピボット沓施工

本橋の沓は設計鉛直反力が1沓あたり25000kNもある上、鉄道橋であることから鋼製BPピボット沓が採用された。設計荷重が大きい沓は大きく質量も400kN/1沓あるためトレーラによる陸上輸送ができない。このため沓製作者の協力をえて、沓を小分割して工場から現地搬入し現地の栈橋上で組み立てた。組み立てる際には、沓が精度良く組み立てられるようH鋼を使用した定規梁を設置しその上で慎重に組み立てた（写真-10）。



写真-10 沓組み立て状況

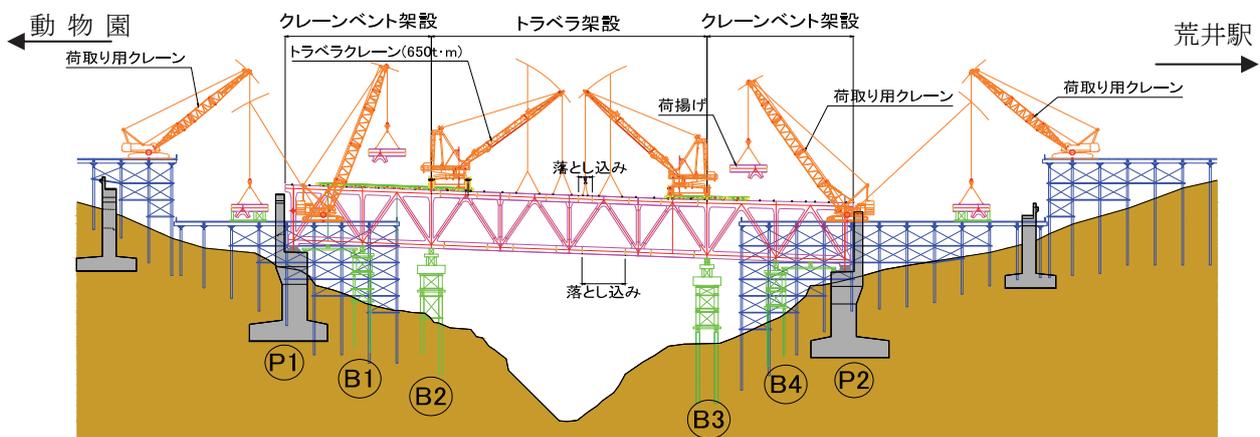


図-3 架設計画図

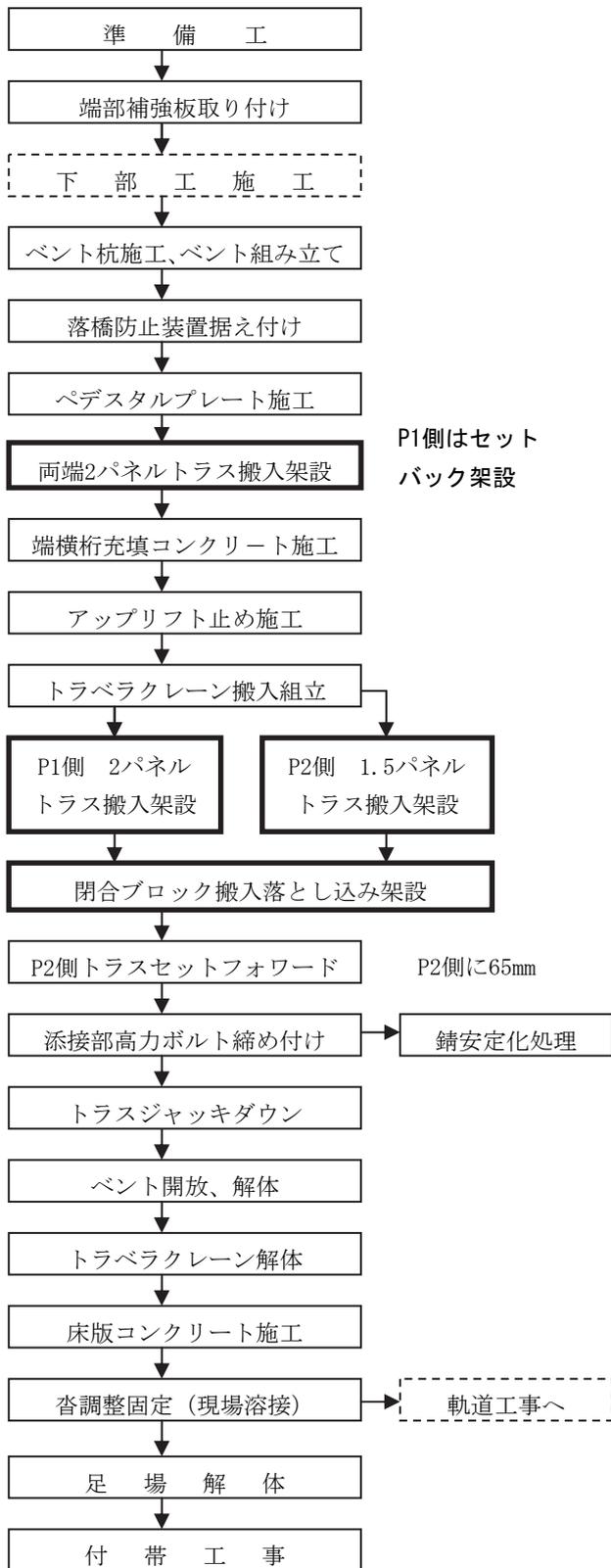


図-4 施工フローチャート

#### (4) トラス桁の張出し架設と精度管理

支間中央部の4パネルはトラス桁上に搭載したトラベラクレーンで1パネルずつ両側から単材にて張出し架設を行い中央部で閉合した(図-6, 写真11~14)。張出し架設時のたわみ分、上げ越し架設を行った。閉合時の落とし込みクリアランスを確保するためP1橋脚側のトラス桁はあらかじめセットバック架設し閉合部材架設完了後65mm程セットフォワードを実施した。総質量19000kNものセットフォワードとなったため6000kN耐力の送り台を使用し慎重に作業した(図-5, 写真-15)。閉合・添接ボルト本締め後、ジャッキダウンを実施し架設を完了した(図-6)。

架設時の形状管理元となる管理値は、施工ステップ毎の立体骨組み解析を行い、その値に製作そりなどを足しあわせて設定した。施工の際は事前に算出しておいた管理値どおり桁架設が進捗していることを1パネル架設する毎に計測、確認を行った。



写真-11 トラベラクレーン張出し架設状況



写真-12 トラベラクレーン張出し架設状況



写真-13 トラベラークレーン張出し架設状況



写真-14 閉合完了状況



縦取りジャッキ (1000kN)  
送り台 (スライドジャッキ) <底面テフロン板組み込み>

写真-15 セットフォワード設備

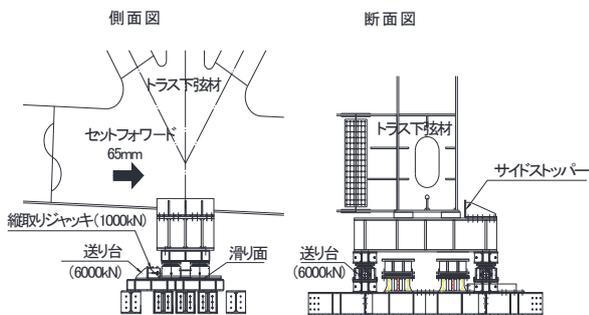
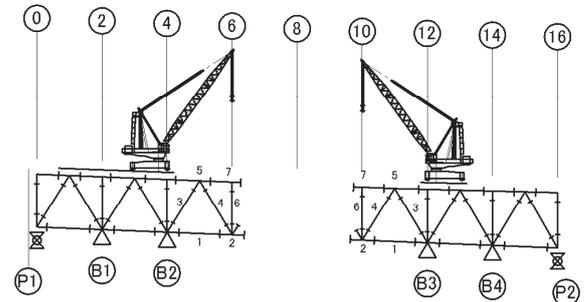
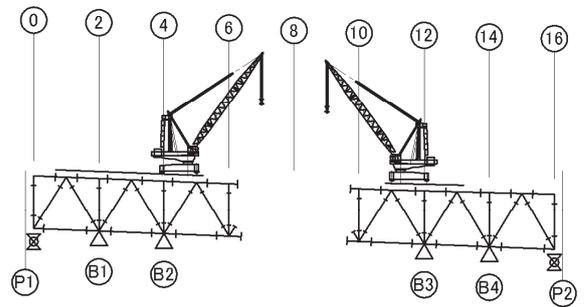


図-5 セットフォワード設備

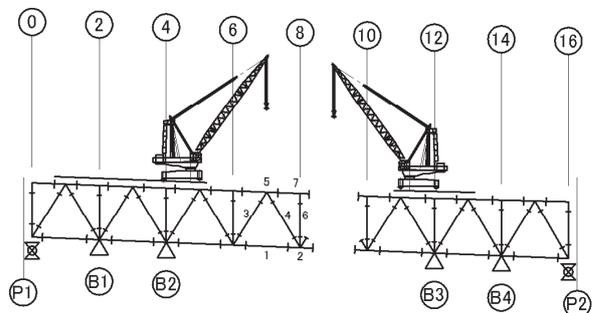
STEP-1 : 桁架設 (部材 1~7 の順)



STEP-2 : トラベラークレーン移動・据付



STEP-3 : 桁架設 (部材 1~7 の順)



STEP-4 : P1 側トラベラークレーン移動・据付  
→桁架設 (部材 1)  
→P1 側桁縦取り(セットバック分)  
→下弦材の閉合→桁架設(部材 2~5 の順)  
→上弦材の閉合

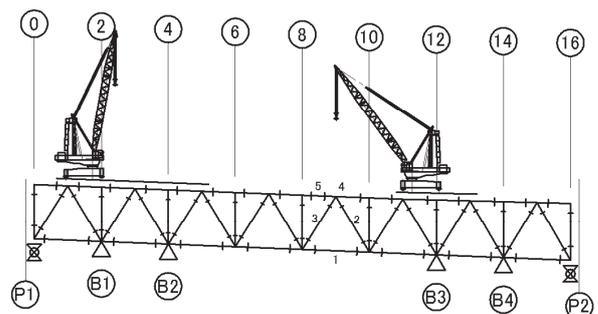


図-6 架設ステップ図

## (5) 沓据え付け

沓の据え付けは、鉄道部と道路部の両方の床版工事が完了し死荷重の大半が载荷された状態で行った。このため桁のたわみによる支点部の回転や桁の伸びはほぼ収束した状態で行ったので沓の遊間などは高い精度で確保することができた。作業は、あらかじめ支点補強されてある位置に超大型送り台（10000kN／1組）を1橋脚あたり8台据え付けて桁と沓の最終調整を実施した。調整後現場溶接によりベダスタルプレートに固定を行った。調整する桁の総質量が80 000kNにもなるため設備も大型となり厳しい施工となったが精度良く施工できた。

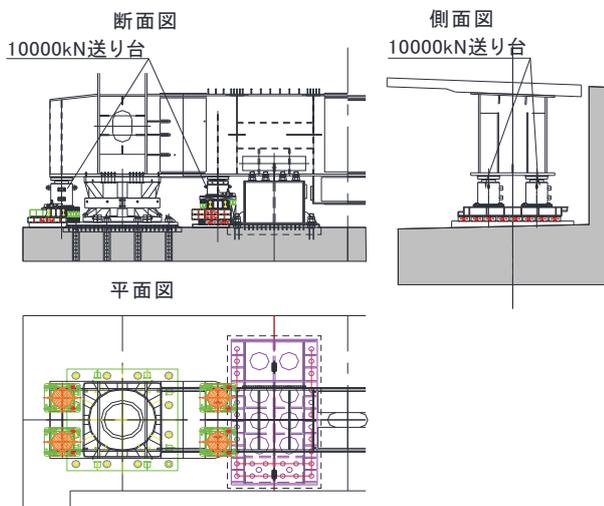


図-7 トラベラクレーン逸走防止対策

## 6. 余震対策

頻発する余震に対して仮設備が倒壊しないように下記の対策を施した。

- 1) 仮設備設計地震荷重 $kh=0.2$ とした。(通常0.13程度)
- 2) 張出し時トラス転倒防止アップリフト止めPC鋼棒とは別に合計1200kNのカウンタウエイトを桁端に搭載
- 3) 落橋防止装置の遊間を0mmとした
- 4) ベントと橋脚はH鋼で連結し相対的なズレ防止を行った(図-8)。
- 5) トラベラ軌条の浮き上がりやズレ防止措置対策を実施した(図-9)。

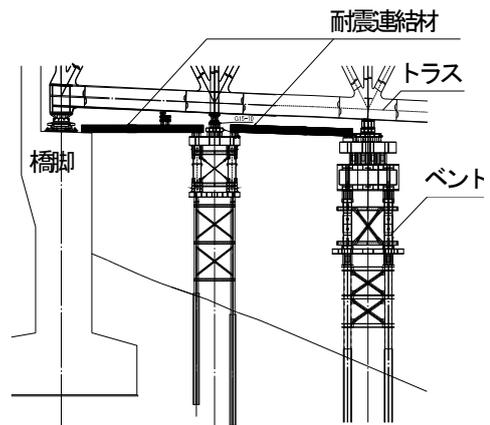


図-8 ベントの繋ぎ材の設置

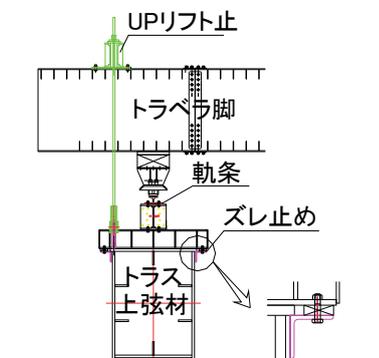


図-9 トラベラクレーン逸走防止対策

## 7. おわりに

本工事は、狭隘な山岳地帯での大型トラス橋トラベラクレーン架設として施工した貴重な施工事例となった。施工中も大きな余震が頻発するなかで平成25年10月に橋梁本体の建設工事が完了できた。本施工例が今後の鋼橋工事の参考例になれば幸いである。

この工事を進めるに当たり、事業主体である仙台市、発注者である(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の方々から多大なるご支援とご指導を賜り、また多くの協力会社の方々にご協力をいただきました。ここに、深く感謝いたします。

## <参考文献>

- 1) 河村,南,下澤,吉永：仙台地下鉄東西線 竜の口橋梁の設計・施工,橋梁と基礎 vol.48,2014.1
- 2) 吉田,吉永：鉄道・道路上下分離式併用トラス橋の架設計画および現状報告,土木施工 vol.,2012.8

2014.3.12 受付