

「ケン・ブリッチくん」と行く保全工事の世界  
 ～難条件を種々の工夫で乗り越えろ！～

保全委員会 保全東日本部会  
 大口 真司, 稲田 博史

1. はじめに

既に存在する構造物を対象とする補修・補強工事は、設計においても施工においても新設にはない種々の制約を受けることとなる。主なものとしては、対象構造物のインフラとしての機能を阻害しないための施工時間的な制約、対象構造物の構造および隣接構造物などによる施工スペース、空間的な制約、既設構造物の誤差や供用後の変形なども考慮する必要があるといった設計・製作的な制約などがあげられる。

今回は、これらの制約が多く設計・施工的に非常に難条件であったものの、種々の工夫により無事施工した保全工事事例を3例紹介する。

※発表パワーポイントでは題名のとおり「ケン・ブリッチくん」が所々に登場し、一緒に工事事例を見ていくという形の構成となっているが、本稿ではケン・ブリッチくんは登場せずに工事事例のみを紹介する。

2. 工事事例

2-1. 鋼製橋脚上部梁部の取替え<sup>1)</sup>

～限られた施工空間で一夜で取替えるには～

(1) 工事概要

鉄道系交通機関の鋼製T型橋脚において、長年の供用により隅角部などに損傷が生じ、損傷状況から抜本的な対策が必要と判断されたため、隅角部を含む鋼製橋脚上部のT型梁部を取替えることとなったものである。

図-2.1.1に対象橋脚一般図を示す。上部の添接部より上の赤く着色したT型の梁部分が取替え箇所である。

(2) 現場状況と施工条件

写真-2.1.1に施工箇所状況写真を示す。施工対象橋脚は一般道および鉄道路線に挟まれた箇所位置し、一般道側はビルが近接、鉄道路線側は廃線路を挟んで新幹線が走行しているという、施工的に多くの制限、条件のある現場であった。主な施工条件を下記に列記する。

1) 当該線の運休は不可。運行に係る作業は夜間キ電停

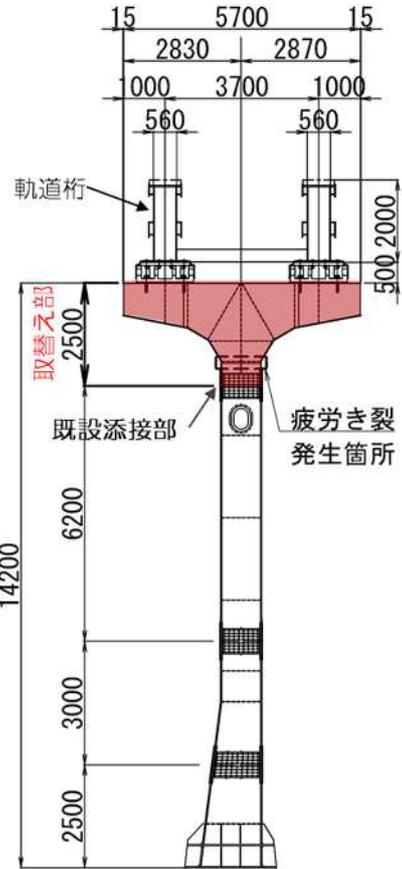


図-2.1.1 対象橋脚一般図



写真-2.1.1 施工箇所周辺状況

止後の作業。  
 2) 新幹線運行中はクレーン等のブームを伸ばした作業は不可（上記作業は新幹線の終列車後から始発までの

間)。

3) 一般道は一時的な規制，計画的な通行止めは可能であるが，常設規制は不可。

4) 強度的に歩道部，街渠部へのクレーンアウトリガーの設置は不可。

5) 廃線路部は作業用地として使用可。

### (3) 施工方法の検討

施工条件を考慮して施工方法を検討した結果を以下に記す。

#### ①軌道桁仮受け方法

今工事の対象橋脚部を取替えるためには，まず軌道桁を仮受けして荷重を解放する必要があるが，支承取替えなどで良く行われる橋脚前面にブラケットを取付けてのジャッキアップは施工内容から不可，また写真-2.1.1からもわかるように仮受け用のベントも立地的に設置不可の状況である。そこで今回は図-2.1.2に示すような，取替範囲より下部の橋脚柱にブラケットを設置し，そこから梁部材，柱部材を組み上げて脚廻りにベント状の取替え設備を設け，軌道桁のジャッキアップとともに脚廻りの施工空間を確保する方法とした。

#### ②梁部の撤去・架設方法

取替え脚梁部を直接クレーンで吊上げることは不可能であることから，梁取替え設備内にプレントロリー設備を設け，撤去梁部を吊上げ，一般道側に約 3.75m

横移動させて，一般道に配置したクレーンに吊替えて搬出する方法とした（架設はこの逆手順）。

図-2.1.3 に梁取替え設備の構造概要を示す。

#### ③時間的な制約（一夜間での取替）への対応

事前作業（3Dモデルによる支障物の確認，添接部高力ボルトの事前取替え，既設支承撤去・仮受け設備への盛替えなど）により不確定な要素を極力排除するとともに，詳細な時間工程を組み，その実証確認および施工訓練も兼ねた実際の設備を用いた試験施工を行うこととした。

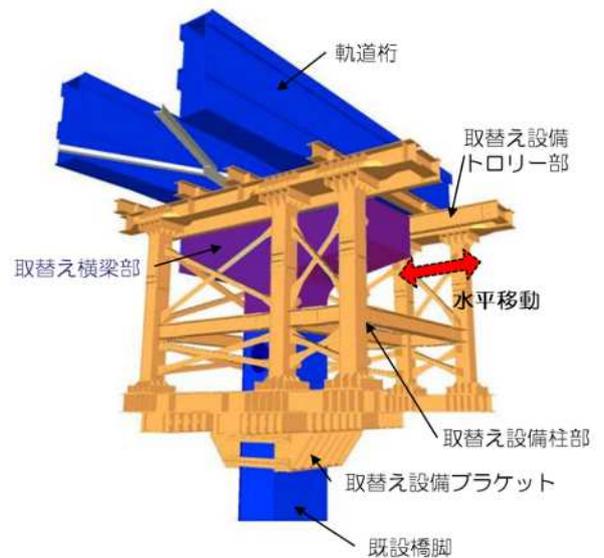


図-2.1.2 梁取替え設備の3Dモデル図

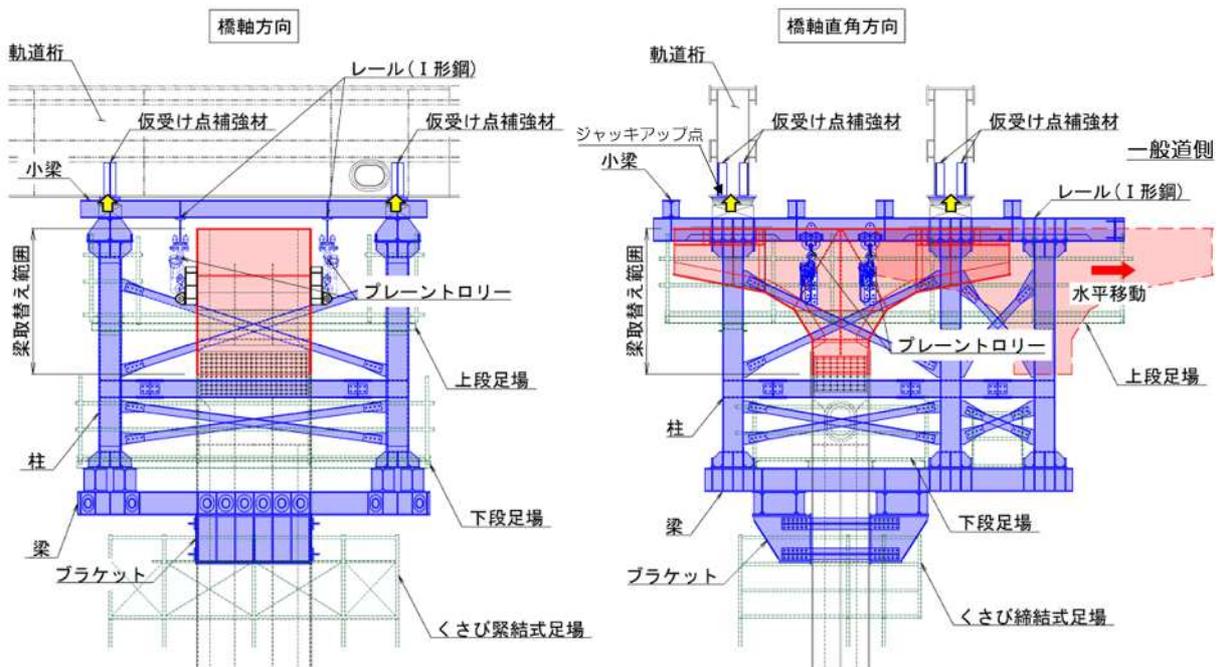


図-2.1.3 梁取替え設備の構造概要図

#### (4) 詳細施工計画

取替え方法の基本方針をもとに詳細な施工計画を行った。

##### ①施工要領・手順

図-2.1.4 に撤去時の施工要領図を示す。吊替え用のクレーンは取替え当夜に自走可能で組ばらしの必要のない最大級クラスの80t 吊ラフテレーンクレーンとしたが、クレーンを設置する一般道の道幅が狭くアウトリガーは中間張り出しとなる。そのため、クレーン作業半径の関係から、クレーンへの吊替え時および部材の回転、クレーンブームを起こせるように支障物をかわすまでは前方作業領域(図中の水色着色部)で行い、その後クレーンブームを起こすことで作業半径を短く(10.5m→7.0m)しながら搬出トラックまで旋回するという細かな手順が必要であった。

##### ②立体的な施工検証

平面的には施工可能と判断できたが、実際の現場には照明柱やビルなどが立体的に隣接しているため、立体的にも施工に問題がないかの検討も行った。3D レーザースキャナーで取得した点群データを用いて作成した現地の立体モデルと既設梁、新設梁や梁取替え設備、

ラフテレーンクレーンなどの3Dモデルを重ね合わせ、一連の施工を再現した3Dシミュレーション動画を作成し、平面的な検討結果の検証並びに現場周辺の建造物等との離隔確認を行った。図-2.1.5 に3Dシミュレーション例を示す。

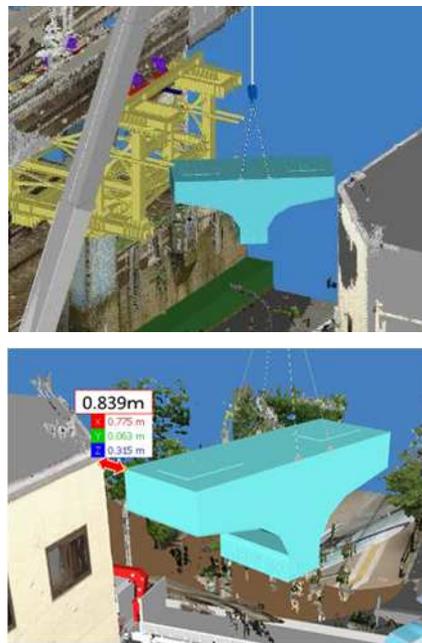


図-2.1.5 3Dシミュレーション例

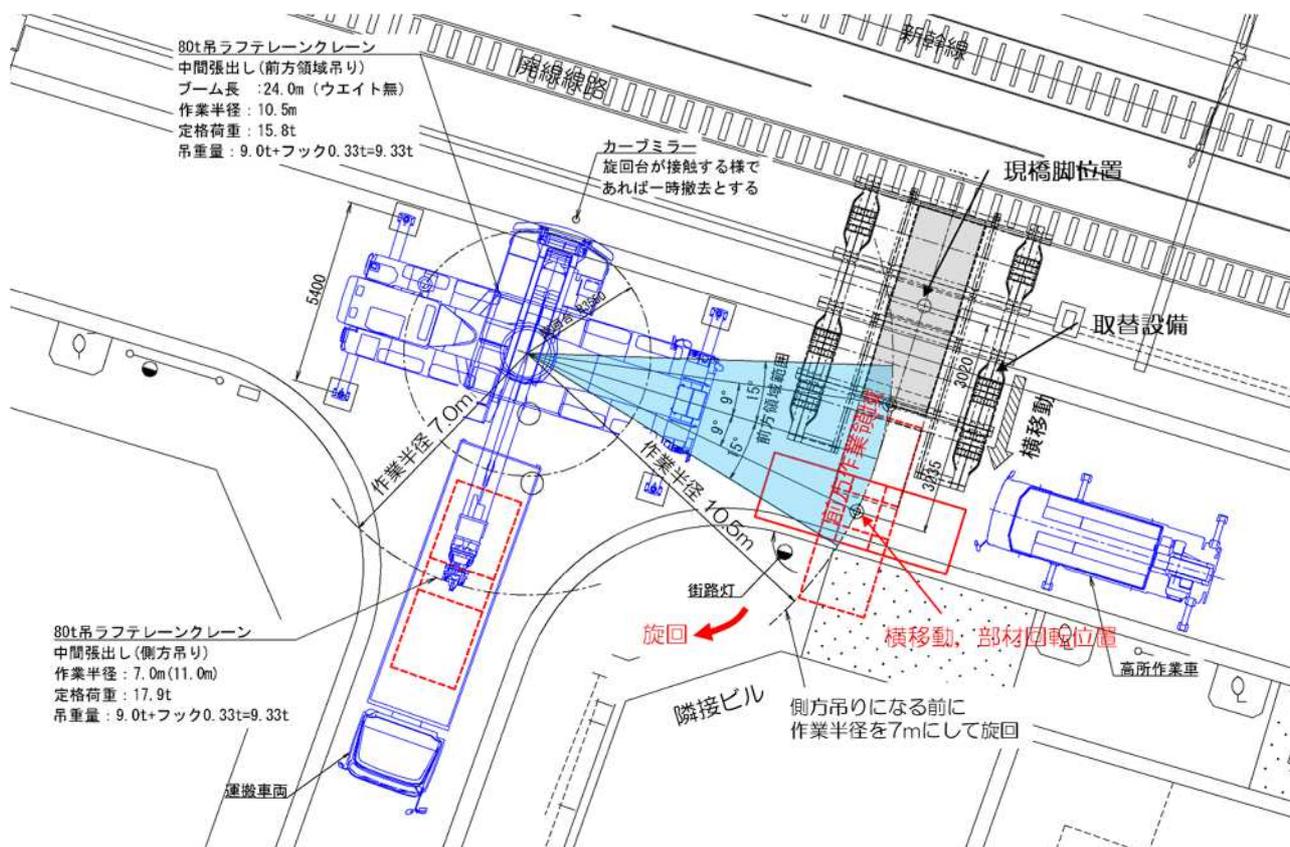


図-2.1.4 撤去時の施工要領図(平面図)

### ③試験施工

実際の梁取替え設備と仮設H鋼などにより再現した模擬梁を使用して、現地状況を再現した梁取替え試験施工を実施した。試験施工時は、実施工時に配置予定のクレーン、オペレーター及び作業員により実施し、施工手順、所要時間の最終確認とともに、各作業員の実施工へ向けたより明確なイメージを持つことを目的とした。写真-2.1.2 に試験施工状況を示す。



写真-2.1.2 試験施工状況

#### (5) 現場施工 (取替え当夜)

取替え当夜のタイムスケジュールを表-2.1.1 に示す。

取替え当夜の大まかな時間配分, 手順としては, a) 20時から一般道の片側交互規制で作業がスタート, 路線バスの最終を待って b) 21 時ころから通行止め, クレーン等の配置を始め, c) 23 時予定の当該路線の線路閉鎖から軌道桁のジャッキアップ, トロリーでの仮吊り, 添接部のばらしを始め, 新幹線の最終通過まで待機。d) 0 時予定の新幹線最終の通過を待って, クレーンブームを伸ばし, 撤去脚梁部材を一般道側に横移動, クレーンへの吊替え, 撤去脚梁の荷下ろし後, 新設脚梁をクレーンで吊り上げ, 撤去と逆手順で架設位置に横移動。新設橋脚位置調整後, e) 最も時間のかかる添接板のセット, ボルトの本締めを行い, 新設脚上の仮受け設備上に軌道桁をジャッキダウンして完了という, 実作業約 5 時間のタイムスケジュールであった (a)~e) は表-2.1.1 内参照)。

結果的に, 取替え設備の構造的工夫, 3D シミュレーション及び試験施工による入念な事前検討, 綿密な施工計画により, 大きなトラブル無く時間内で施工完了することができた。

写真-2.1.3 に既設脚梁部の撤去状況, 写真-2.1.4 に新設脚梁部の架設状況をそれぞれ示す。

表-2.1.1 取替え当夜タイムスケジュール

作業内容	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00
時間制約	a)			当該線路閉鎖23:00	新幹線最終列車0:00			線路解除目標4:00		新幹線リミット5:30
交通規制	片側交互通行	最終バス21:06			区道全節通行止め					
工事車両規制帯入場 ~トローラー、クレーン配置	b)	トローラー→高車→80tRC								
朝礼・人員配置・作業準備										
ジャッキアップ ~仮受部材撤去			線閉確認後	仮受部材撤去						
トロリーへ仮吊り確認										
ボルト・添接板撤去 (添接板解放)				c)						
クレーンブーム延伸 (吊り具セット)					新幹線作業可確認後					
橋脚頭部横移動 クレーンに吊替え					d)					
撤去脚梁地上卸し										
新規ボルト・添接板配置										
新設脚梁玉掛・荷揚げ										
トロリー吊替・横移動、調整										
添接板セット、ボルト本締め							e)			
仮受設備・ジャッキダウン										
片付け、交通開放										

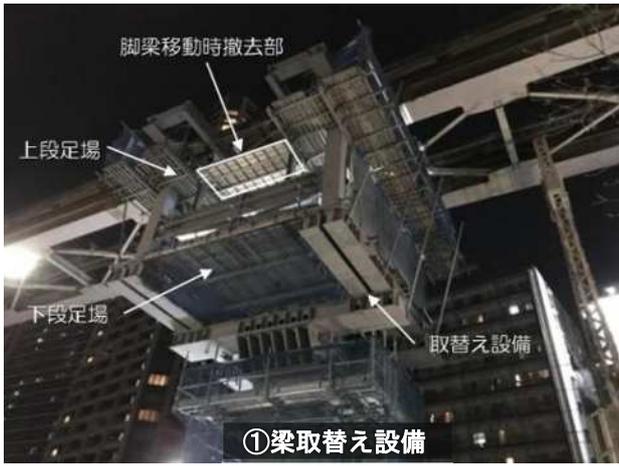


写真-2.1.3 既設脚梁部の撤去状況



①新設橋脚梁のクレーンへの玉掛け



②新設橋脚梁の吊上げ



③トローリーへの吊替え～横移動

写真-2.1.4 新設脚梁部の架設状況

取替え施工後に、新支承の設置、支柱部の耐震補強、塗装塗替えを行い全施工を完了した。写真-2.1.5に完成写真を示す。



写真-2.1.5 施工完了

## 2-2. 腐食した縦桁の上フランジ交換

～限られた時間内で効率よく交換したい～

### (1) 工事概要

複線鉄道橋の単純トラス橋（支間長 31.6m×22 連）において、枕木から列車荷重を直接支持する縦桁上フランジに腐食などの損傷が進行してきたため、縦桁上フランジ部の部分交換を行うことになった。既に何連かの施工を行っているが、施工連数が多く、同じ施工が続くために、施工性、安全性のさらなる向上が求められたものである。

図-2.2.1 に橋梁一般図を写真-2.2.1 に全景写真を示す。

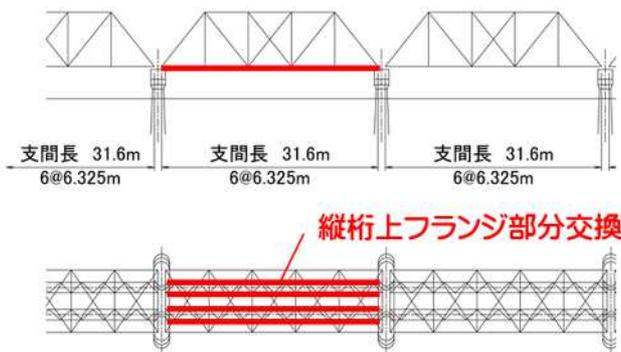


図-2.2.1 橋梁一般図



写真-2.2.1 全景写真

## (2) 現場状況と施工条件

写真-2.2.2 に部分交換する縦桁の近接写真を示す。写真の上フランジ側の着色した部分が交換範囲である。縦桁上フランジに枕木が直接フックで固定されており、両脇にも縦桁があるため、作業空間が非常に限られているとともに、軌道下での作業のためクレーンを使用できないという厳しい施工条件ということがうかがえる。

また、2-1の事例と同様に当該線の運休は不可のため、施工可能時間は夜間線路閉鎖の4時間程度と時間的にも制限が厳しく、効率的かつ安全な施工方法が望まれた。

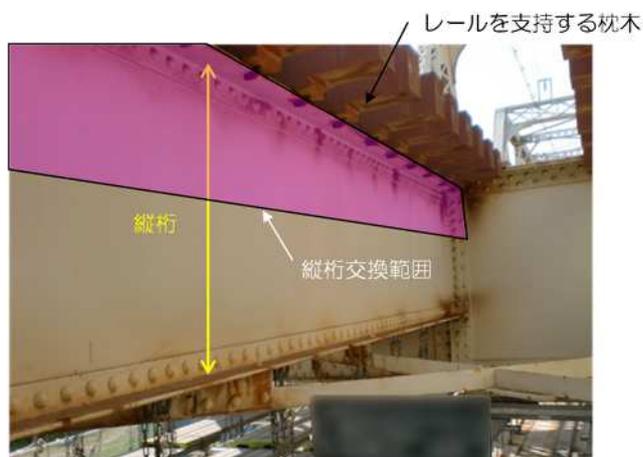


写真-2.2.2 施工対象縦桁

## (3) 施工方法の検討・改良

### ①基本的な交換施工手順

施工方法の改良案を紹介する前に、まず基本的な施工方法、手順を説明する。図-2.2.2 に全体施工フローを示す。施工手順としては、一夜間で縦桁上フランジ部の部分交換を行う本作業と、本作業前の準備工である事前作業の2つに分けられる。

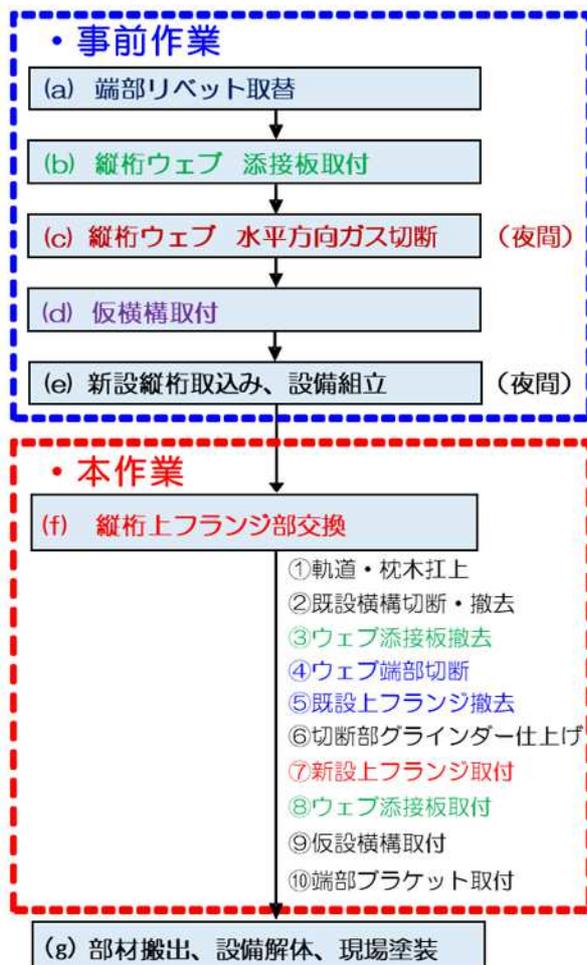


図-2.2.2 全体施工フロー

### 1) 事前作業

事前作業の施工概要図を図-2.2.3 に施工状況写真を写真-2.2.3 に示す。

事前作業は縦桁上フランジ部の部分交換を行う本作業の時間短縮のための準備作業である。具体的には、縦桁端部リベットの高力ボルトへの取替え（当夜ばらし易さの向上）、縦桁交換部の事前切断、添接板による仮止め（当夜作業の削減）、仮横構の取付け、新設部材の事前取込み、交換設備の組立などである。図-2.2.2の文字色と図-2.2.3の施工箇所を同色で表しているのであわせて確認されたい。

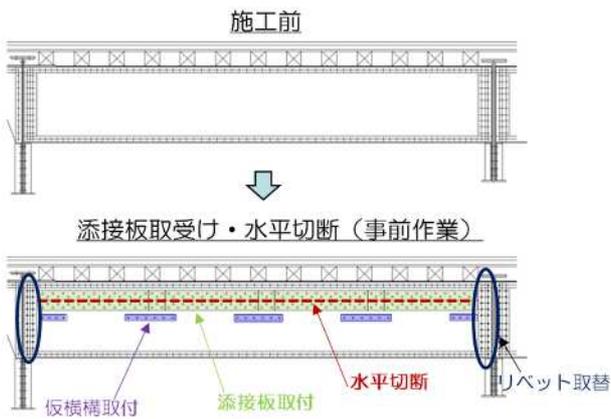


図-2.2.3 事前作業施工概要図



添接板の仮取付け



添接板をはずしながらの交換部の事前切断



本設上横構（一時撤去される）

仮上横構

仮上横構の取付け

写真-2.2.3 事前作業状況

## 2) 本作業（縦桁上フランジの部分交換）

本作業の施工概要図を図-2.2.4に示す。事前作業と同様に図-2.2.2の文字色と施工箇所を同色で表している。

青色で着色した縦桁上フランジ部を赤色で着色した新設部材へ交換する作業がメインであるが、作業の流れは全体施工フローの①から⑩の順と、事前作業を行っても多くのステップが必要である。作業時間は線路閉鎖間合いの4時間程度しかなく、枕木等の扛上の軌道作業も必要のため、効率的に作業を進めて時間短縮を図ることが必要となる。特に、手順の④～⑤の既設上フランジ部撤去～新設上フランジ部取付けまでを如何に短時間で完了させることができるかが、施工性、安全性の両面で肝となることから、この作業方法について改良を行ってきた。

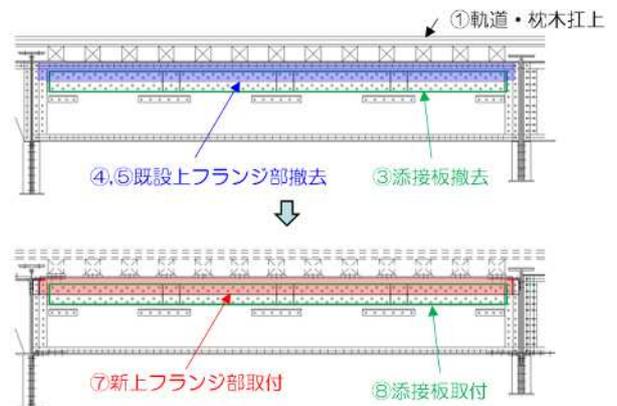


図-2.2.4 本作業施工概要図

以下に、本作業におけるこの縦桁上フランジ部分撤去～新設部材取付けに対する施工工法を、当初工法と改良工法の順に紹介する。

### ①当初工法

縦桁上フランジ部の部分交換の実作業は、上空には軌道、隣には縦桁があり、非常に限られた空間での作業となるため、当初から交換設備を考案して施工していた。図-2.2.5に当初工法の交換手順イメージ図を、写真-2.2.4に撤去および取付けの状況写真を示す。

当初工法の交換設備はスライド式で、撤去側、新設側にそれぞれ交換設備を取付け、仮止めした添接板を撤去後、まず既設の交換縦桁部を横にスライドおよびダウンして撤去する。撤去後、撤去した方向と反対側に用意した新設縦桁上フランジ部をアップ、所定位置にスライドさせて添接板を取付けて完了という手順である。

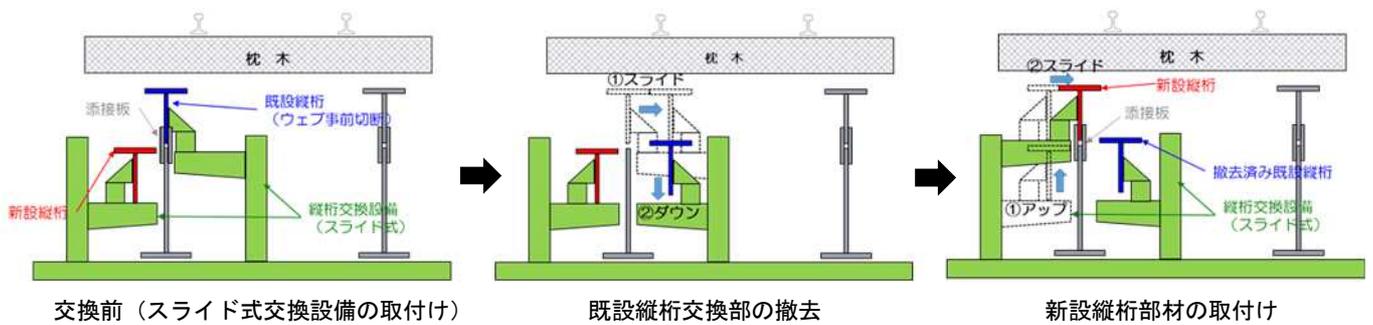
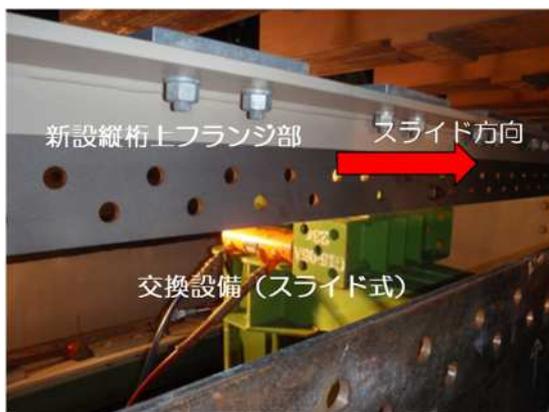


図-2.2.5 当初工法の交換手順イメージ図



(a) 既設縦桁上フランジ部のスライド、撤去



(b) 新設縦桁上フランジ部のスライド、取付け

写真-2.2.4 当初工法 (スライド式) による施工

当初工法では既設縦桁上フランジの撤去到約 30 分、新設縦桁上フランジ部の取付けに約 30 分の合計約 60 分の時間が必要であった。線路閉鎖時間内の全体的な余裕時間としては、当初工法でも約 50 分程度は確保できていたが、軌道工事も伴うリスクの多い工事のため、出来る限り作業時間は短縮したいということから改良工法を検討した。

## ②改良工法

図-2.2.6 に改良工法の交換手順イメージ図を、写真-2.2.5 に撤去および取付の状況写真を示す。

改良工法は回転式である。撤去部材と新設部材を連結した回転式交換設備を回転させることで撤去と設置

を同時に行う方法で、新設部材は回転後正規の位置に収まるように交換設備にセットされている。調整設備としての油圧ジャッキは不要となり、設備の回転はチェーンブロックにより行うことで、機率的にも簡易化が図られた。

改良工法では撤去と設置が同時にできるとともに微調整も不要で、当該の作業時間は約 10 分と当初工法から約 50 分の時間短縮ができた。表-2.2.1 にタイムスケジュールの比較を示す。

なお本工法の採用に当たっては試験施工も行い事前に施工の確実性、安全性も確認している。写真-2.2.6 に試験施工状況を写真-2.2.7 に施工完了状況を示す。

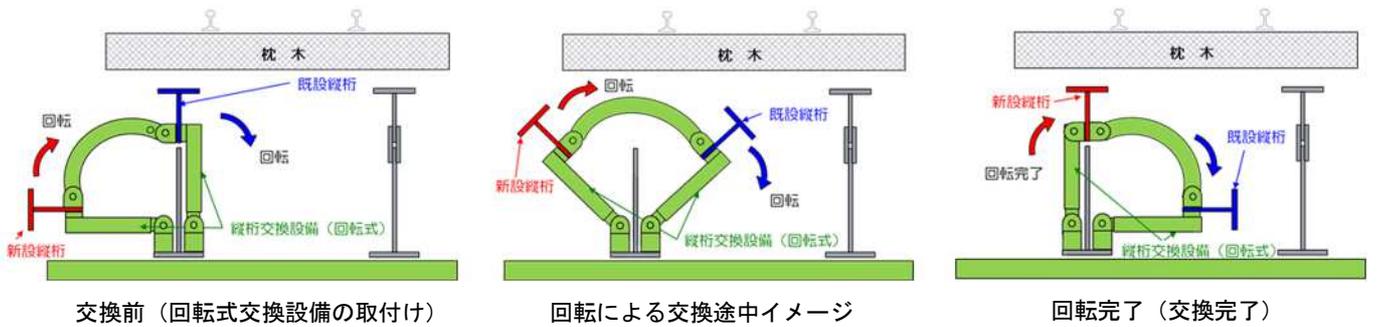


図-2.2.6 改良工法の交換手順イメージ図



①交換前 (新設側)



②回転中 (新設側)



③回転中 (既設側)



④回転完了 (交換完了)

写真-2.2.5 改良工法 (回転式) による施工状況

表-2.2.1 当初工法と改良工法のタイムスケジュールの比較

作業内容	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00
	30 40 50	0 10 20 30 40 50	0 10 20 30 40 50	0 10 20 30 40 50	0 10 20 30 40 50	0 10 20
時間制約	← 列車間合い (線路閉鎖) 約4時間 →					
線路閉鎖着手	●					
軌道扛上関係作業	●	●				
当初工法	ボルト撤去・添接板撤去	●	●			
	既設上フランジ撤去		●	●		
	新設上フランジ設置		●	●		
	添接板取付・本締め			●	●	
	軌道扛下・復旧				●	●
	線路閉鎖解除					●
改良工法	ボルト撤去・添接板撤去	●	●			
	既設上フランジ撤去		●	●		
	新設上フランジ設置		●	●		
	添接板取付・本締め			●	●	
	軌道扛下・復旧				●	●
	線路閉鎖解除					●

約50分の短縮

約45分の余裕

約95分の余裕



写真-2.2.6 試験施工状況



写真-2.2.7 施工完了状況

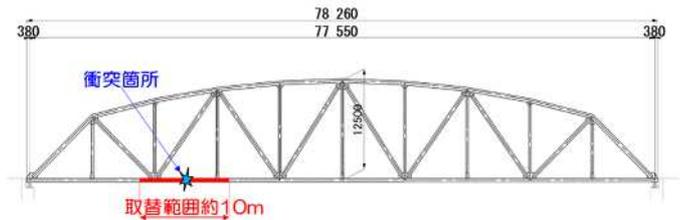


図-2.3.1 橋梁一般図



写真-2.3.1 現場全景写真



-下弦材の変形状況-



-格点部付近の状況-

写真-2.3.2 変形状況

## 2-3. 変形したトラス下弦材の取替え<sup>2)</sup>

～格点を跨いで下弦材を取替えできるか～

### (1) 工事概要

対象橋梁は支間長 77.55m の下路式単純曲弦ワーレントラスで、リベットによる組合せ部材で構成された単線の鉄道橋である。

桁下の河川の増水による流下物が橋桁に衝突。格点を跨いで下弦材が大きく変形した。変形状態から加熱矯正などでの復元は不可能と判断され、変形部分の下弦材を取替えることとなった工事である。

図-2.3.1 に橋梁一般図を写真-2.3.1 に現場全景写真、写真-2.3.2 に変形状況写真を示す。

下弦材は、格間で最大 360mm の湾曲変形を生じており、下弦材下面のタイプレートも破損、断面が大きくつぶれているとともに、格点部のガセットも大きく変形していた。下弦材の取替範囲は変形状況から2つの格点を跨いで約 10m の範囲が必要と判断された。

### (2) 施工方法の検討

現場の全景写真からもわかるように、桁下にベントなどの仮設支保工を設置することは非常に困難である。また、早急な復旧が望まれるという社会的な要請も考慮し、取替時の安全性を確保しつつ出来る限り早期に

施工できる方法を検討した。

### ①取替時の橋梁安定性の確保

橋梁を下から支える仮設支保工（ベント）の設置は現場条件および時間的な問題から不可と考え、各種の解析を実施したうえで下記の2方法により支持することとした。

- 1) 撤去下弦材部を跨ぐ範囲に仮設の補強梁を設置するとともに、PC 鋼棒によりプレストレスを導入し、下弦材切断時の応力解放による急激な変位を防止する。
- 2) トラス橋内に自立した架設桁を設置して格点部を吊り上げ、トラス全体の変形を防止する。

図-2.3.2 に3Dの施工時補強イメージを示す。

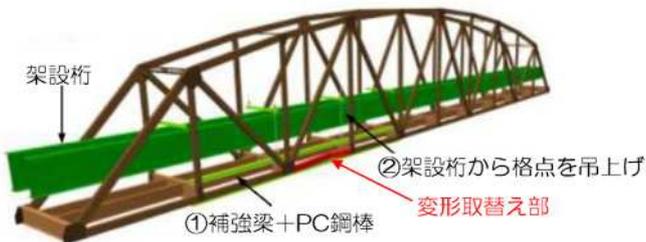


図-2.3.2 施工時の補強3Dイメージ

### ②架設桁の設置

架設桁は既設トラスの主構間隔の関係から鉸桁形式の2主桁構造とした。当該橋梁手前の線路脇用地にて2パネルごとに地組みし、運休となっている当該線路上に自走台車を設置して架設地点まで運搬、橋梁上で連結するものとした。また、最終のスペンが70m以上となりたわみが非常に大きくなるため、レールと接触しないように設置ステップごとにたわみを計算して運搬高さなども検討した。図-2.3.3に架設桁の設置概要図を示す。

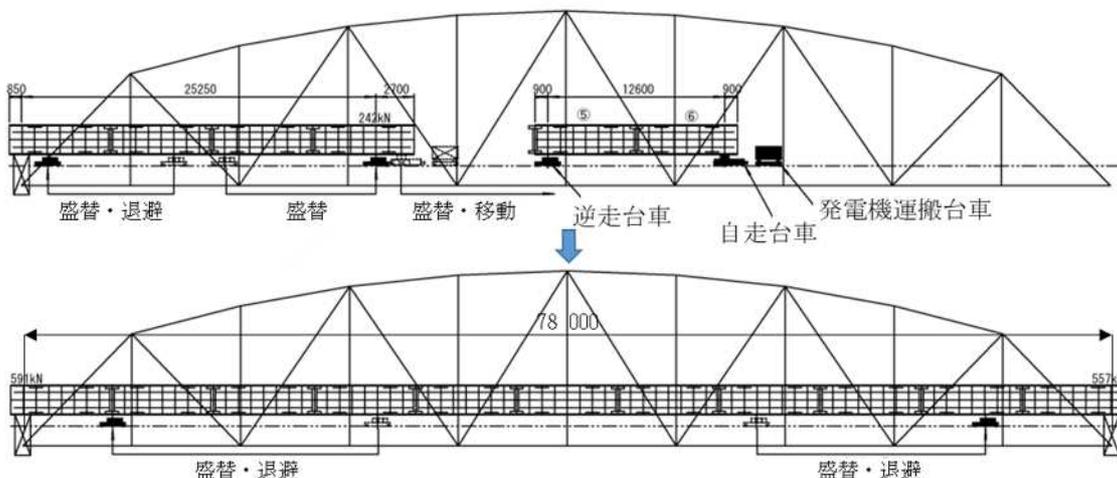


図-2.3.3 架設桁の設置概要図

### ③トラス格点を跨いでの下弦材撤去

トラスの格点を解放してしまうとトラス構造は非常に不安定なものになってしまうため、安全な形状を保ったままの撤去方法について検討した。構造および格点の損傷程度を詳細に確認した結果、本橋梁はリベットによる組合せ部材で構成された構造であることから、格点ガセットの下弦材止めのリベットのみ撤去すれば格点の斜材、垂直材、横桁までばらすことなく下弦材のみを撤去することが可能と判断され、変形した下弦材ガセットは加熱矯正して再利用する方法とした。図-2.3.4に格点部の下弦材撤去方法を示す。

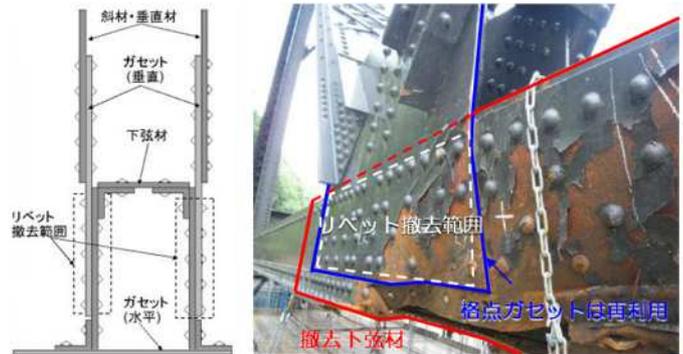


図-2.3.4 格点部の下弦材撤去方法

### (3) 現場施工

図-2.3.5に下弦材の取替えステップ図を示す。新規製作の下弦材は3分割構造として、取替範囲の両側格点部を片側ずつ取替えた後、中間部材を落とし込んで完了というステップで施工した。

以降、施工状況を施工順序ごとに写真とあわせて紹介する。

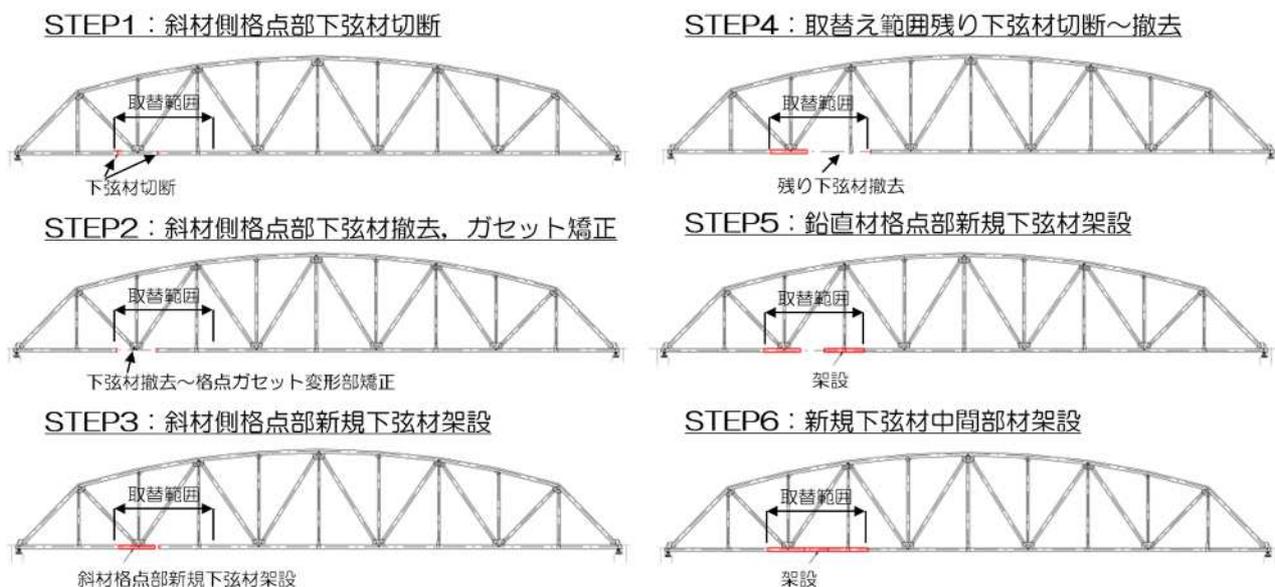


図-2.3.5 下弦材の取替えステップ図

図-2.3.6 に仮設補強材（補強梁，PC 鋼棒）の設置図を，写真-2.3.3 に設置状況写真を示す。

仮設補強材は横桁の上下フランジに設置している。

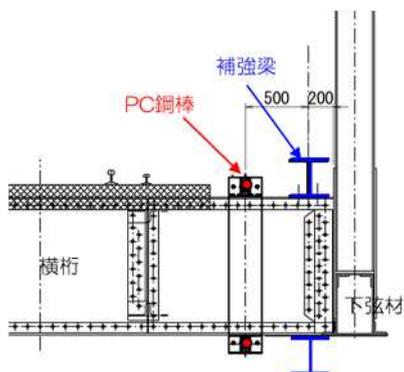


図-2.3.6 仮設補強材設置図

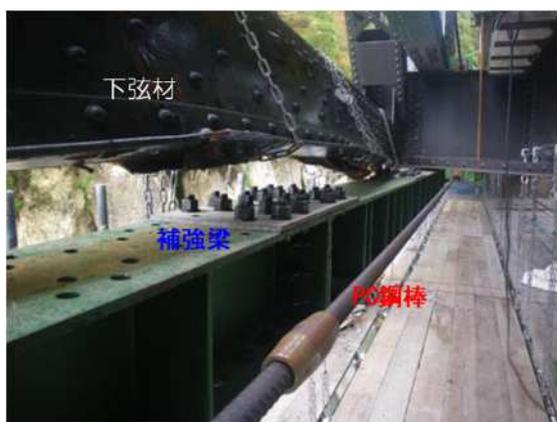


写真-2.3.3 仮設補強材設置状況

写真-2.3.4 に架設桁の設置状況を，写真-2.3.5 に架設桁からの吊上げ設備を示す。

架設桁からの吊上げは取替え格点のみとし，センターホールジャッキにより1格点当たり約15t程度で吊上げている。



架設桁の運搬状況



架設桁の設置（断面）



架設桁の設置完了（全景）

写真-2.3.4 架設桁の設置状況



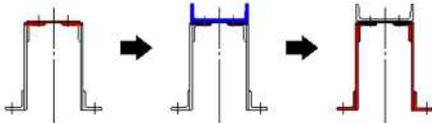
写真-2.3.5 架設桁からの吊上げ設備

写真-2.3.6 に下弦材の切断状況を図-2.3.7 に切断手順を示す。最初の切断時は、変形による内部応力の解放により切断部材が急激に振れる恐れがあるため、上フランジ面を切断後、上フランジの切断線上に仮補強材を取付けてから両ウェブを切断するという手順で行った。



写真-2.3.6 下弦材の切断状況

- ①上フランジ切断
- ②仮補強材取付
- ③両ウェブ切断



切断手順

・切断時の急激な部材の振れを抑制する目的で上フランジを切断し仮補強材を取付けた後に両ウェブを切断。

図-2.3.7 下弦材の切断手順

写真-2.3.7 に下弦材切断後の状況を示す。切断後の部材のずれは 40mm 程度で収まったが、下弦材の断面は逆三角形に大きく変形しているのがわかる。



写真-2.3.7 下弦材切断後の状況

写真-2.3.8 に格点ガセットの加熱矯正状況を、図-2.3.8 に加熱矯正手順を、写真-2.3.9 に格点ガセット部の新下弦材の取付け状況をそれぞれ示す。



写真-2.3.8 格点ガセットの加熱矯正

- ①下弦材片側撤去
- ②変形ガセットの加熱
- ③ジャッキによる矯正

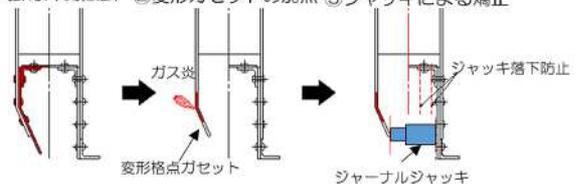


図-2.3.8 加熱矯正手順



新下弦材の架設



架設完了後の格点ガセット部

写真-2.3.9 格点ガセット部の新下弦材取付状況

最後に写真-2.3.10 に取替え前後の対比写真を示す。詳細な事前検討により、ほぼ当初計画とおりに無事取替えることができた。

### 3. おわりに

今回紹介した事例は鋼橋だからこそ可能な方法がほとんどである。本事例が、これからの鋼橋の維持管理において、何らかの形で少しでも役に立てれば幸いである。

#### 〔参考文献〕

- 1) 長倉康裕, 池田大介, 久保武明, 高木博司, 名嘉真浩昭, 小林裕介: 鉄道近接施工下における東京モノレール羽田空港線 T形鋼製支柱の梁取替え, 橋梁と基礎, Vol. 57, No. 5, pp. 39-44, 2023. 7
- 2) 塚原高志, 高橋保, 後藤貴士, 窪田利幸: 只見線第四只見川橋りょうの河川増水による変状と対策, SED, No. 39, pp. 250-253, 2012. 5



取替え前



取替え後



取替え前



取替え後

写真-2.3.10 完了写真 (取替え前→取替え後)