

## 論文・報告

## 永田橋の施工

## ～スペーストラス構造を用いた複合橋～

## Construction of Nagata bridge

大谷 満 \*1  
Mitsuru OTANI

瀬田 真 \*2  
Makoto SETA

今井 平佳 \*3  
Hirayoshi IMAI

近藤 秀樹 \*4  
Hideki KONDOU

大植 健 \*5  
Ken OUE

本稿では、スペーストラス構造を用いた複合トラス橋である永田橋の施工について報告する。スペーストラス構造を用いた橋梁は、国内での施工実績が少なく道路橋としては本橋が国内初となる。本橋の施工における最大の課題は、橋体の架設を2009年11月1日から2010年5月末日までの一湯水期内の施工を要求されていたことである。このため、工程の遅延防止策および、工程を改善する方法を検討する必要があった。ここでは、本橋を施工する際に行った主な検討内容について報告する。

キーワード：スペーストラス構造，複合構造，一湯水期施工，工程短縮，外ケーブル

## はじめに

本工事は一級河川多摩川に架かる永田橋の架替工事である。架橋付近は公園やサイクリングロードが隣接しているため、本橋は景観とランドマークとしての機能を重視した橋梁として計画が行われた。そこで、本橋の構造形式にはスペーストラス構造を用いた4径間連続複合トラス橋が採用された。

スペーストラス構造とは、鋼部材である下弦材とコンクリート部材である上床版が3次的に配置された鋼トラス材で結合したトラス構造である(写真1)。スペーストラス橋の国内での施工実績は少なく、車道橋として採用された橋梁としては、本橋が国内初となる。

本橋の上床版は主方向、横方向ともに床版内にPC鋼材が配置された場所打ち床版となっている。下弦材はφ800、最大板厚67mmの厚板鋼管からなり、中間支点上などの圧縮域では鋼管内部にコンクリート充填を行うこととなる。また、トラス材の格点には偏向管が設置されており、トラス間を縫うように外ケーブルが配置されている事も本橋の特徴である。

本橋の施工における最大の課題は、橋体の架設を平成21年11月1日から平成22年5月末日までの一湯水期内

での施工を要求されていたことである。本橋は固定支保工による一括施工であるため、支保工の設置から鋼部材の組立・現場溶接、床版の打設、PC鋼材の緊張、支保工の解体までを行うこととなる。このため、工程の遅延防止策と、より工程を改善する方法を検討する必要があった。ここでは、本橋を施工する際に行った主な検討内容について報告する。



写真1 スペーストラス構造

\*1 川田建設(株)東日本統括支店事業推進部  
\*2 川田建設(株)保全事業部  
\*3 川田建設(株)東日本統括支店事業推進部

\*4 川田建設(株)東日本統括支店事業推進部  
\*5 川田建設(株)東日本統括支店事業推進部

## 2. 橋梁概要

本橋梁の橋梁概要を以下に示す。また、主桁断面図を  
図1、全体側面・平面図を図2、にそれぞれ示す。

工 事 名：永田橋上部製作・架設工事  
 発 注 者：東京都西多摩建設事務所  
 工事場所：東京都福生市大字福生地内～  
 あきる野市草花地内  
 工事期間：自) 2008年12月18日  
 至) 2010年8月13日  
 構造形式：4径間連続複合トラス橋  
 橋 長：244.300 m  
 支 間 長：62.100 + 60.300 + 60.300 + 60.000 m  
 有効幅員：9.000 m (車道) + 3.500×2 (歩道)

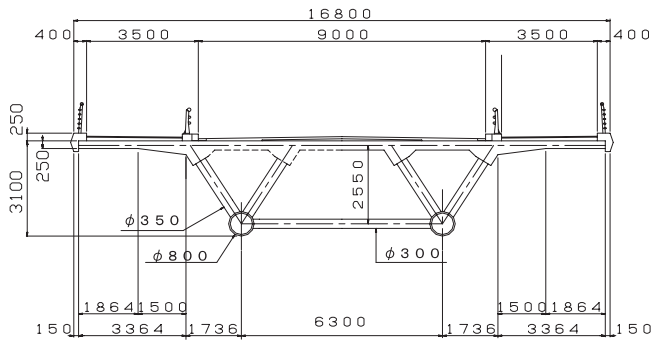


図1 断面図

## 3. 施工工程について

図3、4に施工工程と架設作業時の作業ステップを示す。7ヶ月間の準備工の後、2009年7月より鋼管部材の工場製作を開始した。工場製作では各部材をキャンバーを考慮した3次元座標値により管理・製作を行った。渇水期となる11月1日から現場作業が可能となり、支保工の組立作業が開始となった。支保工組立以降の架設ステップは以下となる。

### STEP-1

11月より支保工をA1橋台側より組み立て、河川内は仮設杭の設置を同時に開始する。また、12月より鋼部材の架設を開始する。鋼部材は下弦材とトラス材が一体となった10m程度の部材を1ユニット(写真2)として、50ユニットを架設することとなる。また、製作時に算出した各部材の3次元座標値の結果に基づいて架設を行った。

### STEP-2

鋼部材の架設が全体の1/4完了後に並行して現場溶接を開始する(写真3)。くさび式支保工と防炎シートによる簡易式風防設備を用いる事により、風防設備の組立・移動・解体を容易にした(写真4)。溶接が完了し、風防設備が撤去された箇所から、上床版コンクリートの型枠・鉄筋組立を開始する。

### STEP-3

1月～2月中に下弦材で48箇所、横支材で74箇所の現場溶接を完了し、2月中旬～4月初旬には上床版コンクリートの鉄筋・型枠の組立を完了する。

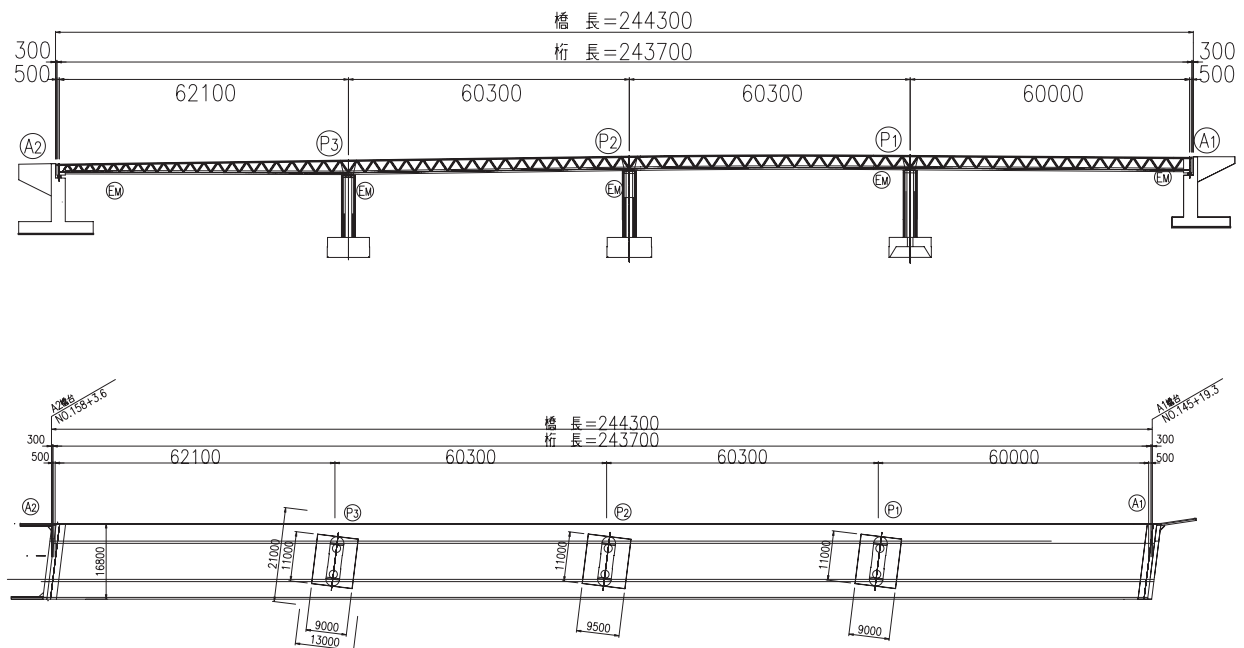


図2 全体側面・平面図

STEP-4

3月中旬～4月中旬に上床版コンクリートを4回に分けて打設し、コンクリート床版打設後に床版の内ケーブルおよび外ケーブルの緊張を一括して行う。その後、支保工を撤去して橋体の完成となる。

ここまでの作業を渇水期である2010の5月末日までの7ヶ月間で行わなければならないため、工程に遅延を発生させないための工夫、工程を短縮するための施工方法の検討が必要であった。



写真2 鋼部材1ユニット

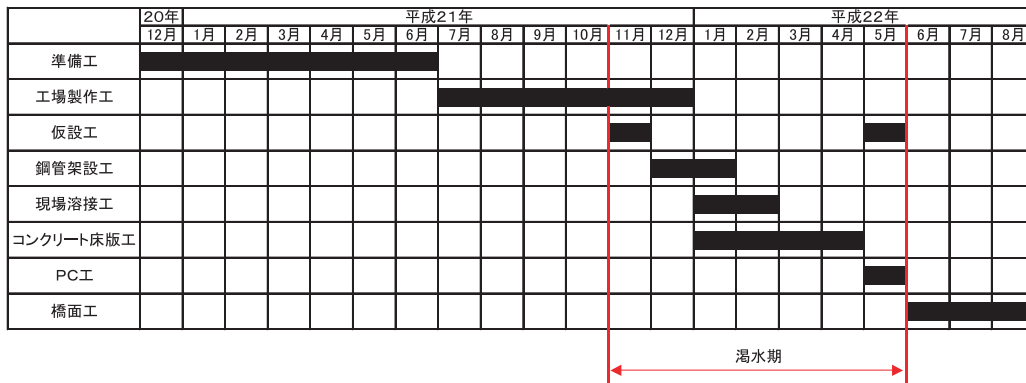
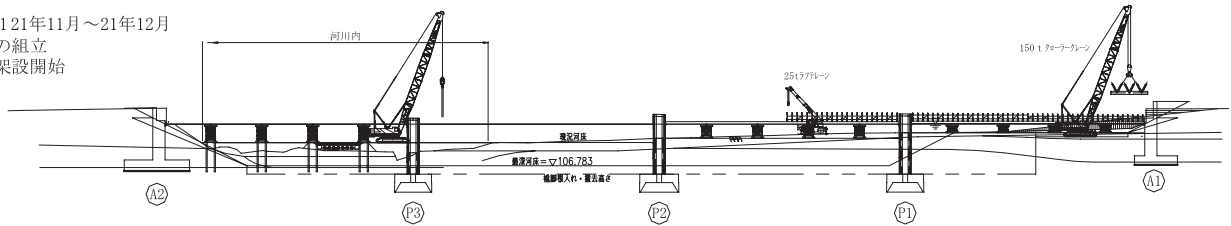
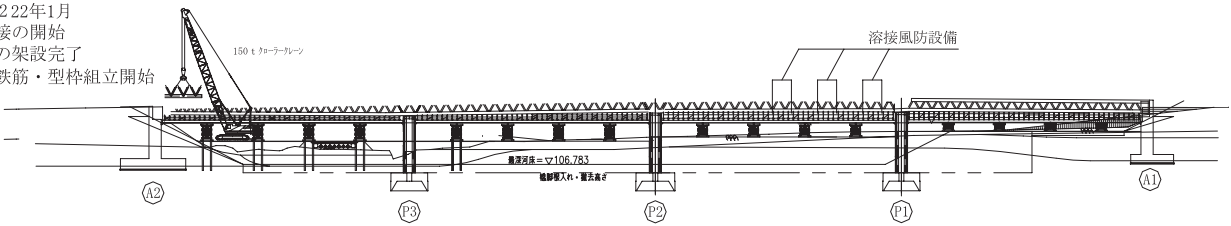


図3 全体工程

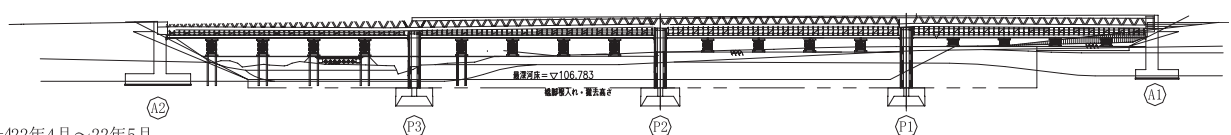
STEP-1 21年11月～21年12月  
支保工の組立  
鋼部材架設開始



STEP-2 22年1月  
現場溶接の開始  
鋼部材の架設完了  
上床版鉄筋・型枠組立開始



STEP-3 22年2月～22年3月  
現場溶接完了  
上床版鉄筋・型枠組立完了



STEP-4 22年4月～22年5月  
上床版コンクリートの打設  
PC鋼材の緊張  
支保工解体

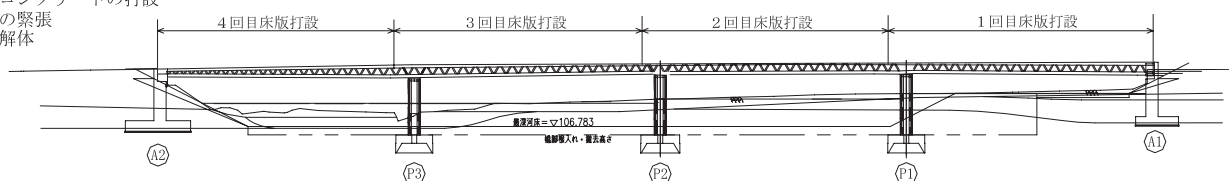


図4 架設の並行作業ステップ図

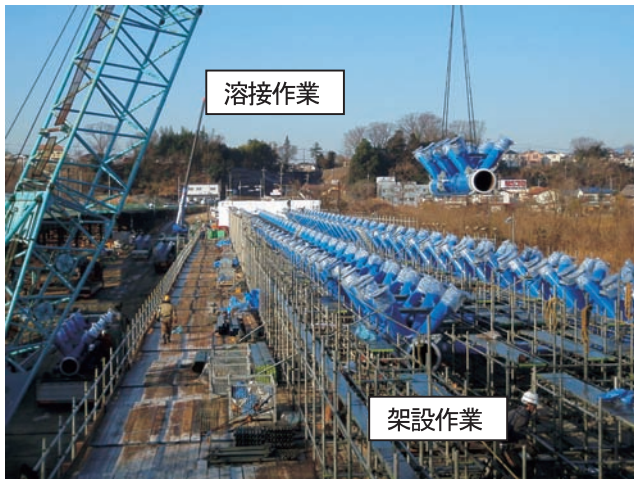


写真3 並行作業状況

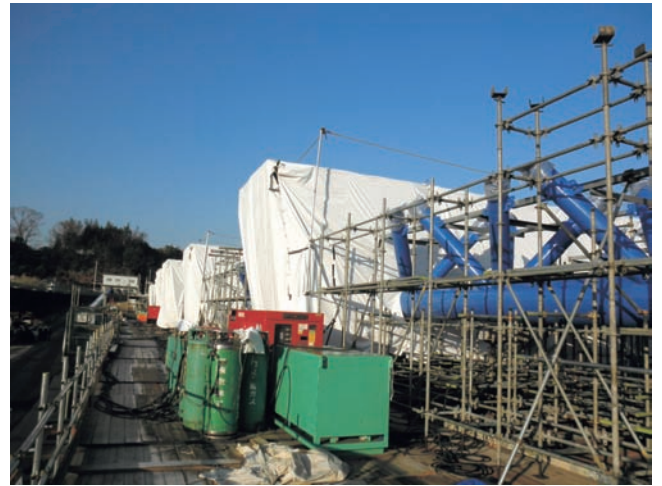


写真4 風防設備設置状況

#### 4. 溶接手法の変更について

当初、下弦材の溶接は下弦材内部に人が入ることで良好な裏波形状を有する片面溶接が想定されていた。しかし、現場溶接を行う下弦材は $\phi 800$ ・最大板厚67mmの厚板鋼管であり、内径は最小で666mmであるため、模型を使用して溶接作業性の確認を行った(写真5)。この結果、管内ではほとんど身動きがとれず、管内において溶接作業を行うことは不可能であった。このため、本橋の下弦材の現場溶接は、外側からの裏当て金付き片面溶接を採用した(図5)。

しかし、裏当て金付き片面溶接では施工後に溶接品質を確認することが困難であるため、本来有すべき疲労強度が満足されないことが懸念された。そこで、本工事では裏当て金付き片面溶接を用いるにあたり、G等級以上の強度を満足していることを検証するために疲労試験を実施した。

疲労試験は図6に示すテストピースに一定応力度振幅を与え、溶接部が破断に至る振幅回数から疲労強度等級を確認することとした。与えた振幅応力度はG等級の200万回基本許容応力範囲である $\Delta \sigma f = 50\text{N/mm}^2$ の応力振幅を与えた。また、テストピースは実際の現場溶接の状況を考慮した溶接を行い、溶接方法は半自動MAG溶接とし、溶接方向は縦向き溶接とした。テストピースは目違い量・隙間量を変えた4モデル(図7)のテストピースを3本ずつ作成し、合計12本の試験を行った。

試験方法は図8に示すように、テストピースの両端を疲労試験に固定し、一定振幅の直応力が作用するように繰り返し载荷を実施した。载荷速度については、2Hzから始め試験状況を確認しながら繰り返し速度を増加させ、最大4Hzまでとした。

疲労試験の結果、モデルー3、モデルー4において繰り返し回数150万回で一部に亀裂が発生したが(写真6)、

すべてのモデルにおいて繰り返し回数300万回を超えても破断は見られなかった。図9に繰り返し回数に対する疲労強度区分図を示す。G等級の200万回基本許容応力範囲である $50\text{N/mm}^2$ の応力振幅において、300万回以上の繰り返し回数が得られたことから、今回の溶接手法はG等級以上の疲労強度を有していることが確認出来た。

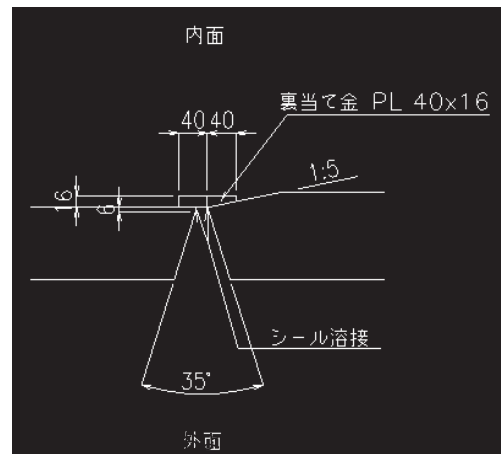


写真5 溶接の作業性確認状況

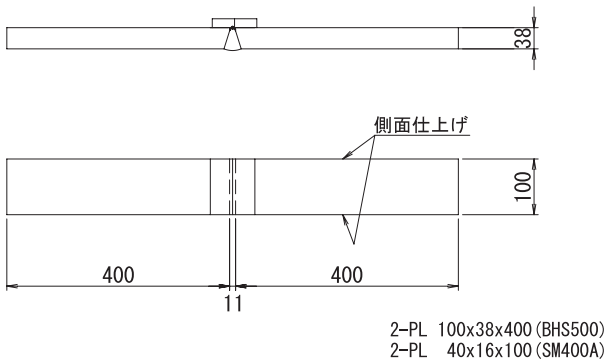


図6 疲労試験体構造図

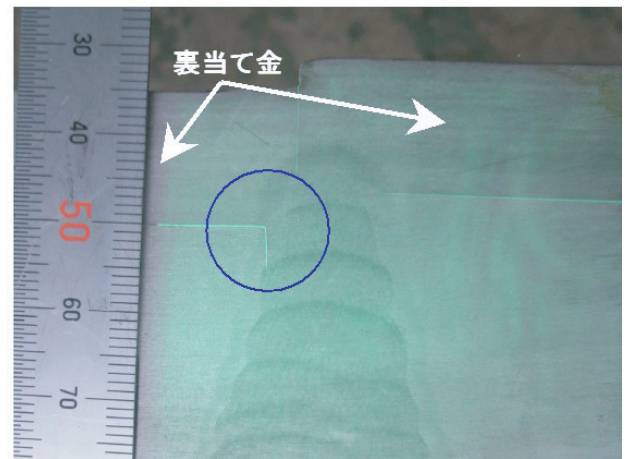


写真6 疲労試験体亀裂発生状況

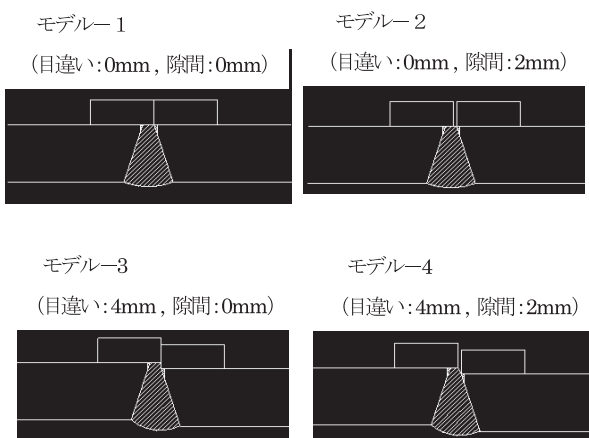


図7 疲労試験体モデル

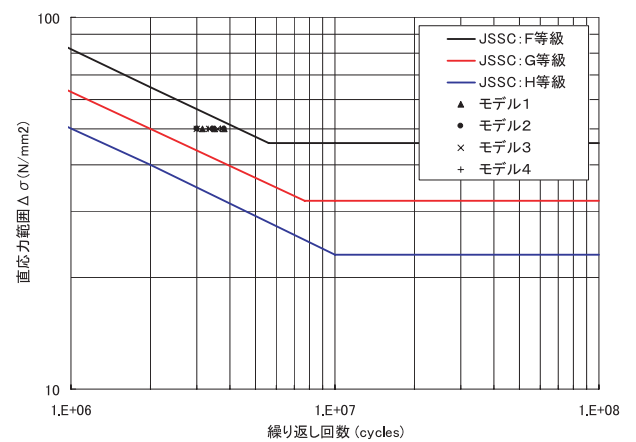


図9 繰り返し回数に対する疲労強度区分

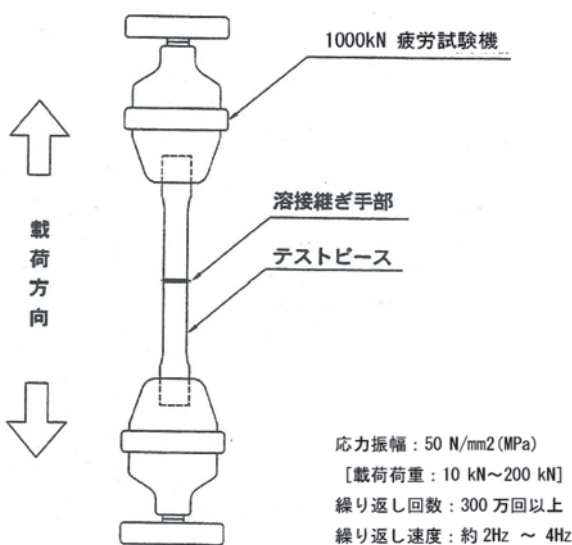


図8 疲労試験機概要図

## 5. 溶接作業の改善による工程短縮

当初設計において本橋の鋼部材の材質はSM570とされていた。しかし、SM570級の高強度鋼では冷間割れの抑制の対策として予熱が必要であるため、現場溶接作業の作業効率が低下する。また、本橋の溶接時期は1月から2月の間と気温が低い時期であるため、予熱作業による工程遅延が懸念されていた。そこで、本橋では鋼管の材質にSBHS500を採用することとした。

SBHS500は高強度と溶接性を両立しており、溶接割れ感受性を低く抑えている。一般に溶接割れ感受性組成が0.22%以下の場合予熱は不要とされており、SBHS500は溶接割れ感受性組成は0.20以下となっている。よって、外気温が5℃を下回らない限り溶接時の予熱は不要となる。また、溶接入力熱量の上限も従来のSM570では7kJ/mmであったがSBHS500では10kJ/mmに緩和される。これにより、現場溶接時における予熱作業と溶接パス数を減らすことができた。さらに、溶接の開先角度を60度から35度に変更することで溶接パス数を大幅に減らし工程の短縮を行った。

## 6. 外ケーブル配置での工程短縮

本橋は、各径間毎に外ケーブル（19S15.2）が6本ずつ配置されている。各支点横桁を定着位置として、トラス格点に設置された偏向管を通すことでトラス内に外ケーブルを配置している（写真7）。

各外ケーブルは2箇所の変向管に挿入することになるが、直接外ケーブルを偏向管に挿入した場合、外ケーブルの被覆に損傷を与え、偏向管内部の防錆塗装にも損傷を与えることとなる。偏向管内部の防錆塗装が損傷した場合、補修を行うには一度緊張した外ケーブルを引き抜かなければならず、大幅な工程遅延が予想された。また、外ケーブルの配置は橋体施工における終盤の作業であるため、この作業における工程の遅延は一渴水期施工を達成するにあたり致命的な遅れとなる。そこで本橋では、外ケーブルを亜鉛メッキマルチケーブルとし、PE管をケーブル保護管として偏向管内に挿入した状態で外ケーブルの引き込みを行うものとした。

偏向管は曲げ半径3.0m、内径116.4mmの曲がり管を使用した。保護管となるPE管の端部にはバンド金具を取り付け、外ケーブル挿入時にPE管がケーブルと一緒に引き込まれることを防ぐこととした。また、挿入時にPE管が形状変化に対応できず偏向管内部の塗装に損傷を与えることが懸念された。このため、事前にPE管と外ケーブルの挿入試験を行い、作業性と塗装保護機能の確認を行った（写真8）。

施工試験は1.5m程の長さのPE管と5.0m程の長さの試験用外ケーブルを用いて行い、配置箇所の異なる3箇所の偏向管において挿入試験を行った。PE管は人力での挿入が可能であったため作業性に問題はなく、外ケーブルをレバーブロックを用いて引き込みを行った後の外ケーブルおよび偏向管内部に損傷は見られなかったため十分な保護機能を有していることが確認できた。



写真7 外ケーブル配置状況



写真8 外ケーブル挿入施工試験状況

## 7. おわりに

本橋は道路橋にスペーストラス構造が採用された国内初の橋梁でありながら、一渴水期内での橋体施工という厳しい施工条件を有していた。そのため、施工試験などにより施工方法の細部にいたるまで、作業の確実性を確認しながら施工することで工程の遅延をなくし、より確実な施工を行った。

本工事は2008年12月に着工し、2010年5月に下弦材を受けていた全ての支保工の解体が終了し、無事、一渴水期施工の条件を達成した。7月末には全ての作業を終了し（写真9）、8月上旬に無事竣工を迎えた。

最後に今回の工事において多大なご指導を頂いた関係各位に感謝いたします。



写真9 完成写真