

志津見大橋の施工

吉川 卓*1・藤原 浩幸*2・正司 明夫*3・後小路 祥一*4

1. はじめに

志津見大橋は、志津見ダム建設に伴う付替え道路として鳥根県飯石郡飯南町志津見に建設された橋長 280 m の PC5 径間連続複合トラス橋である。本橋の架橋地点周辺には、大山隠岐国立公園の一部をなす三瓶山や、東三瓶フラワーバレー、三瓶温泉などがあり多くの観光客が訪れる拠点となることから、地域のシンボリックな位置付けとして本構造形式が採用された。写真 - 1 に志津見大橋の全景を、図 - 1 に橋梁一般図を示す。

本橋は、景観に配慮し地形変化に対応して P1 橋脚を中心に主桁高を変化させており、曲弦トラス構造を除く PC 複合トラス橋としては、わが国で初めての変断面構造となっている。また、P3 橋脚付近では、複合トラス断面と通常の PC 箱桁断面が連続した構造となっており、A1 から P3 までの 3 径間が複合トラス部、P3 から A2 までの 2 径間が PC 箱桁部である。これは世界初の構造となっている。

複合トラス橋の鋼トラス材は、コンクリート上・下床版



写真 - 1 志津見大橋全景

と比較して日照等による温度変化を受けやすい部材であり、鋼トラス材と上床版および下床版の温度差によって各部材に応力が発生する。しかし、設計において各部材の温度差を規定する規準類がないことから、本橋では、実橋での温

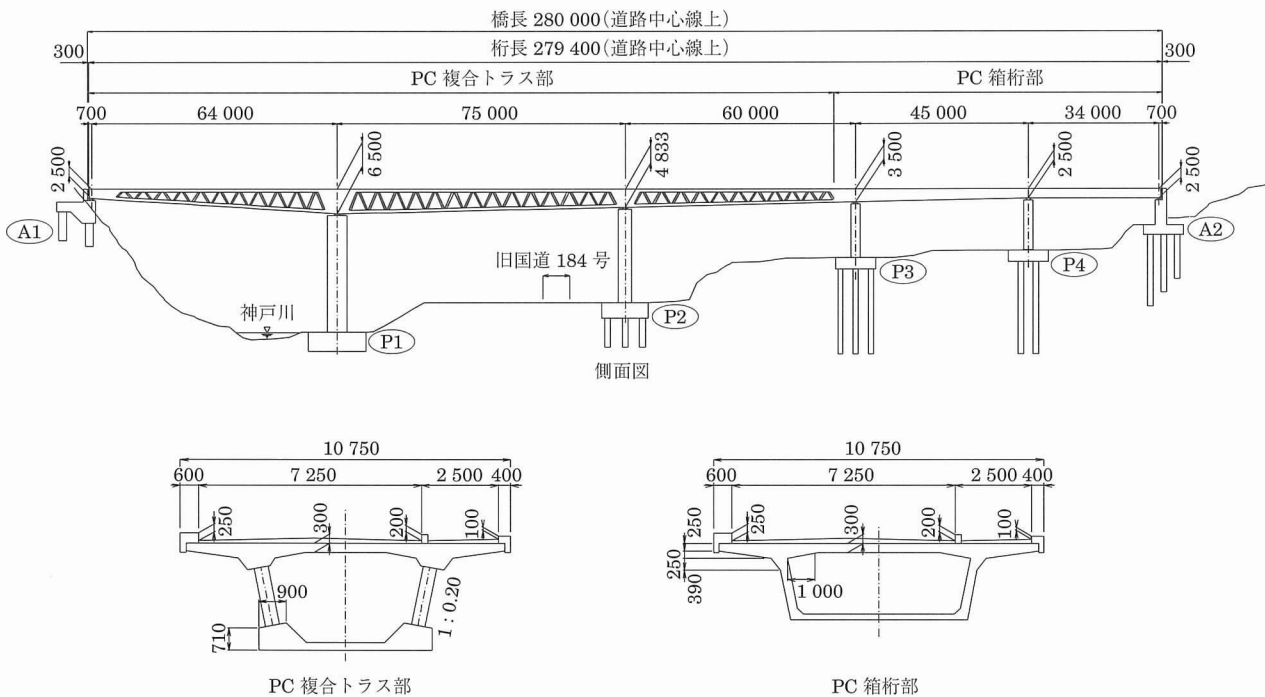


図 - 1 橋梁一般図

*1 Taku YOSHIKAWA : オリエンタル建設 (株) 技術部
 *2 Hiroyuki FUJIHARA : 国土交通省中国地方整備局 斐伊川・神戸川総合開発工事事務所
 *3 Akio SHOJI : オリエンタル・富士ピー・エス特定建設工事 共同企業体
 *4 Shoichi USHIROSHOJI : オリエンタル・富士ピー・エス特定建設工事 共同企業体

度差に関する資料を得ることを目的として、施工後2年間の予定で温度に関する長期計測を実施している。

本稿は、複合トラス橋である志津見大橋での施工の特徴について報告するとともに、長期計測の途中経過について報告を行うものである。

なお、本橋は、平成16年1月より施工に着手し、平成17年3月に本体工事が完了、平成17年6月中旬に供用を開始している。

2. 橋梁概要

志津見大橋の橋梁概要を以下に示す。また、主要材料の数量を表-1に示す。

工事名称：志津見ダム志津見大橋上部工事
 施工場所：鳥根県飯石郡飯南町志津見地内
 構造形式：PC5径間連続複合トラス橋
 橋長：280m
 支間長：64.0 + 75.0 + 60.0 + 45.0 + 34.0m
 全幅員：10.750m（有効幅員車道7.25 + 歩道2.50m）
 桁高：6.500m ~ 2.500m（PC複合トラス部）
 3.500m ~ 2.500m（PC箱桁部）
 平面線形：R = 180, A = 90m ~ R = ∞
 縦断勾配：1.00%
 横断勾配：5.0%片勾配 ~ 2.0%両勾配

表-1 主要材料の数量

項目	仕様	単位	数量	摘要
コンクリート	$\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	m ³	2412	上部工のみ
鉄筋	SD295	t	327	上部工のみ
PC鋼材	12S12.7 SWPR7BL	t	27	縦締め 内ケーブル
	12S15.2 SWPR7BL	t	12	縦締め 内ケーブル
	19S15.2 SWPR7BL	t	29	縦締め 外ケーブル
	1S28.6 SWPR19L	t	24	横締め
鋼部材	STK490 SM490, SM490Y SM570, SCW480	t	197	鋼トラス材 格点構造

3. 施工概要

本橋は、当初設計ではP1橋脚およびP2橋脚から移動作業車を用いた張出し施工を行い、P1-P2間を閉合した後、A1-P1間を仮支柱を使用して主桁を支持し、残りのブロックを施工する施工順序としていた。しかし、契約後VE提案によりP1柱頭部にピロン支柱を設置し、仮斜材による斜吊り工法を併用した張出し施工とすることで、主桁の応力改善を行いながらP1橋脚からの張出し施工を最終ブロックまで連続して行い、A1-P1間を吊り支保工、P1-P2間を支柱式の支保工で閉合できる施工方法とした。また、P3からA2までの2径間は、当初設計と同様に支柱式支保工を用いた施工を行い、この径間で使用した支保工をP2-P3径間に転用して施工を行うこととした。契約後VE提案により、P2橋脚からの張出し施工に用いる大型

移動作業車やタワークレーン、エレベータ、およびA1-P1間の仮支柱とその基礎などの仮設備関係の機材を削減することで、ピロン支柱、仮斜材、支保工転用による工費増を抑え全体工費を低減することができた。図-2に本橋の施工ステップを、写真-2にP1橋脚の張出し架設状況を示す。

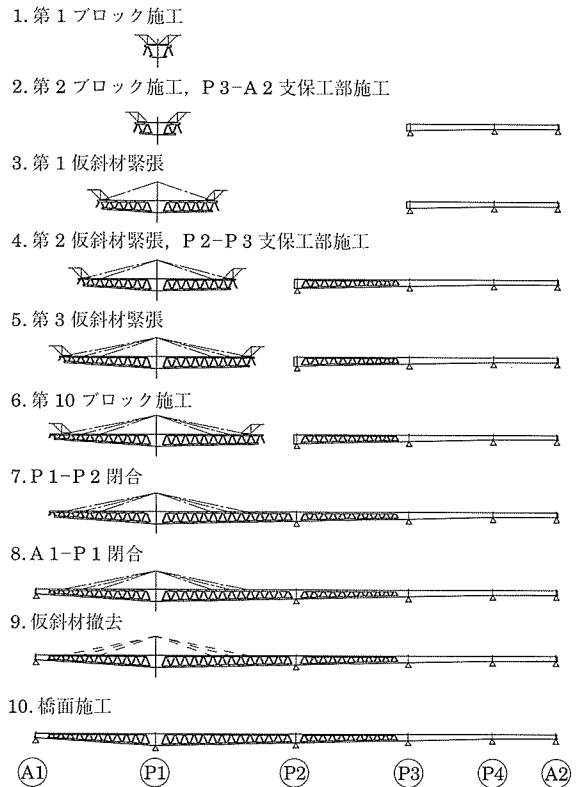


図-2 施工ステップ

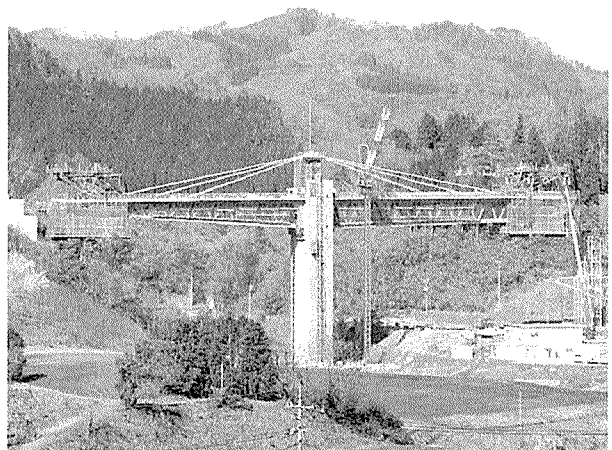


写真-2 張出し架設状況

4. 施工

4.1 張出し施工部の施工

(1) 施工サイクル

張出し施工の施工サイクルを図-3に示す。仮斜材を設置しない標準ブロックの施工日数は10日~11日（休日を

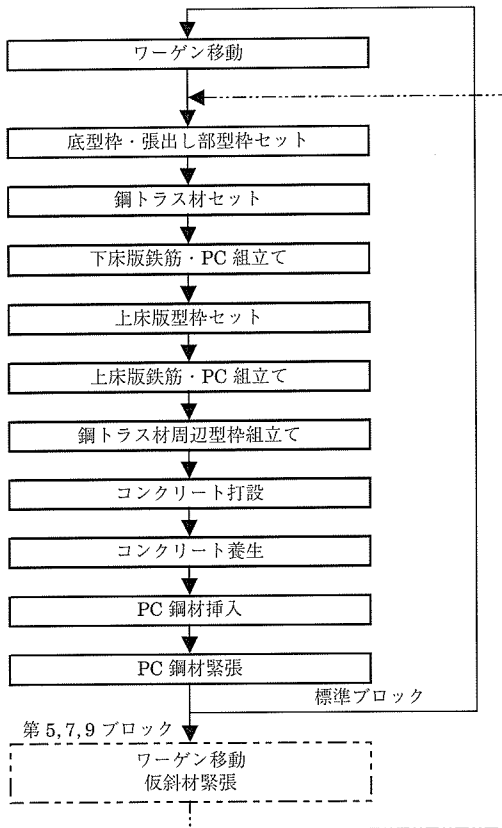


図-3 張出し施工サイクル

含む)であり、仮斜材を設置する、5、7、9ブロックの施工日数は11日～14日(休日を含む)であった。

張出し部の施工は、写真-3に示す耐力350t・mの大型移動作業車を使用して行った。また、移動作業車内には、鋼トラス材架設のための荷役設備として、ワーゲン1基あたり2台の電動チェーンブロック(2.8t吊)を設置した。

(2) 鋼トラス材の架設

鋼トラス材は、タワークレーンで橋面上に荷揚げし、専用の移動台車(写真-4)で移動作業車内に運搬し、移動作業車に設置した電動チェーンブロックを使用して、所定の位置に設置した(写真-5)。



写真-3 大型移動作業車

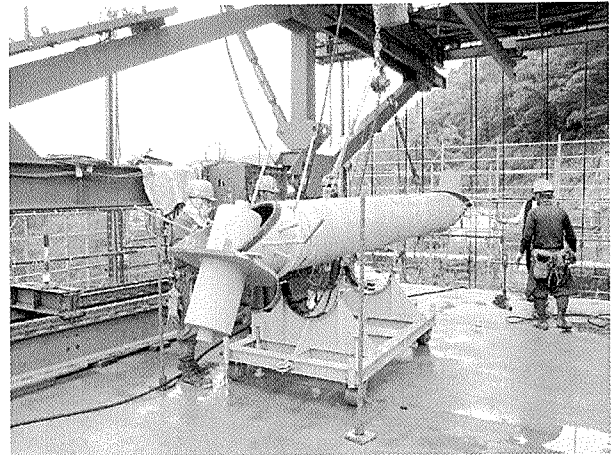


写真-4 鋼トラス材運搬



写真-5 鋼トラス材架設状況(張出し施工部)

張出し施工部における鋼トラス材の固定概要を図-4に示す。鋼トラス材の固定は、下側後方(図-4A部)では既設ブロックの鋼トラス材格点部に取付けボルトを使用して固定し、下側前方(図-4B部)は写真-6に示す治具を使用して格点部の位置調整および固定を行った。この位置調整治具は、格点部のせん断キーを支持する形状とし、橋軸方向および橋軸直角方向の微調整を水平方向に設置したM20のボルトを締め付けることで行い、上下方向の調整を備え付けの油圧ジャッキを利用して行った。格点部を所定の位置に設置した後は、コンクリート打設などによる位置のずれを防ぐために、写真-6に示すようにレバーブロックを使用し移動作業車の縦梁から固定した。また、上側格点部(図-4C部)は、吊治具で移動作業車から吊り下げた後、取付けボルトを使用して格点部の固定を行った。鋼トラス材の固定は、格点部の固定のほか、橋軸方向には幅止め用パイプサポート、橋軸直角方向には幅止め用異形棒鋼を使用して行った。

鋼トラス材が接合する格点部は、複合トラス橋の荷重伝達構造において重要な部位であるため、精度の高い施工が求められる。本橋では、格点部の据付けを「志津見大橋設計・施工検討委員会」にて決定した許容誤差にて管理を行った。図-5に格点部の据付け管理値を、写真-7に下側

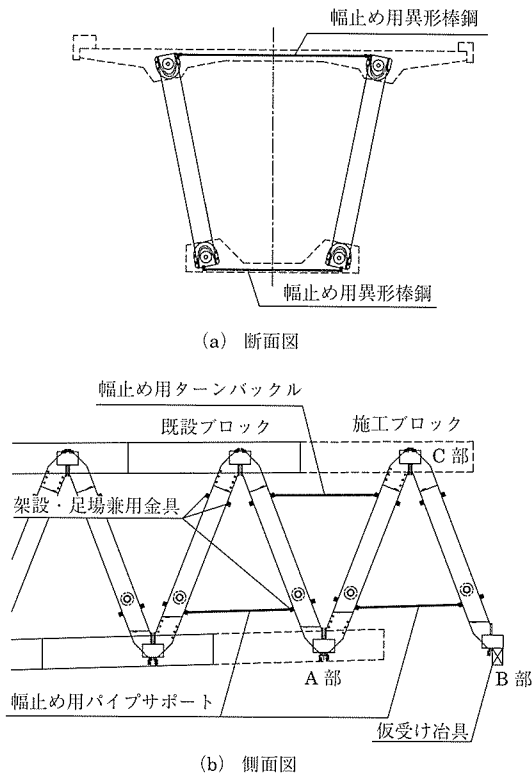


図-4 鋼トラス材固定方法 (張出し施工部)

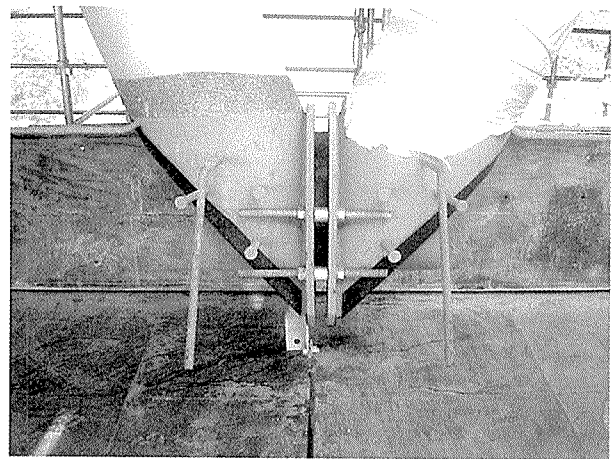


写真-7 下側格点部

格点部の据付け状況を示すが、前述のような固定方法により施工を行ったため、格点部の許容誤差に対して十分な精度で施工を行うことができた。

(3) ピロン支柱および仮斜材

ピロン支柱は、支保工材として使用する支柱式支保工を高さ約 10 m に組み、頂部には仮斜材偏向のため、図-6 に示す鋼コンクリート合成構造のサドル部材を設置した。サドル部は、仮斜材を上面から架設可能とするために上面が開いた構造とし、仮斜材緊張後は、地震などにより左右に張力差が生じた場合でもサドル部においてケーブルが滑らないように、鋼殻内にコンクリートを打設しケーブルとコンクリートの付着によって張力差に抵抗できる構造とした。また、仮斜材の設置期間は、約 5 箇月と長期間になるため、防食対策として表面に樹脂を被覆した鋼材を使用した。

ピロン支柱は頂部に重量の大きなサドル部材が設置されていることから、第 1 仮斜材緊張までの間、地震などに対して支柱が安定するようピロン支柱の四つ角に柱頭部ブロックから伸ばした鉛直方向 PC 鋼棒を配置し緊張した。また、ピロン支柱頂部には橋軸方向および橋軸直角方向に傾斜計を設置し、仮斜材緊張等によるピロン支柱の傾きの管理を行った。仮斜材架設状況を写真-8 および仮斜材配置状況を写真-9 に示す。

4.2 支保工施工部の施工

P1-P2 閉合部および P2 から A2 までの 3 径間の施工は、支柱式の支保工を使用して行った。P2-P3 径間の施

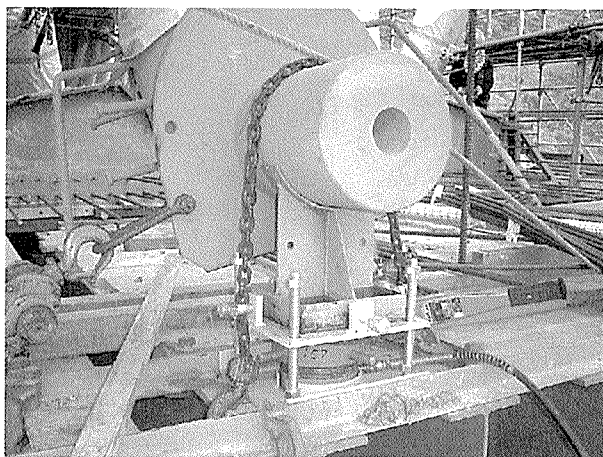


写真-6 格点部固定治具

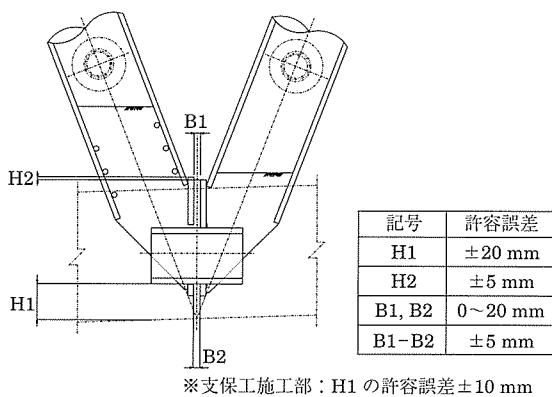


図-5 格点部の据付け管理値

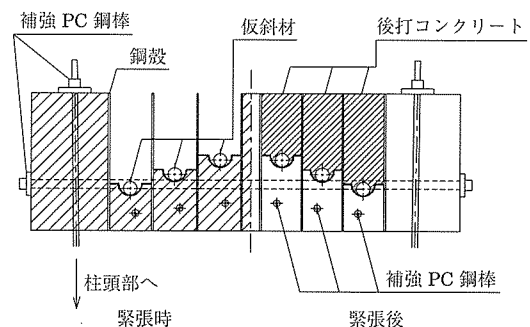


図-6 仮斜材サドル

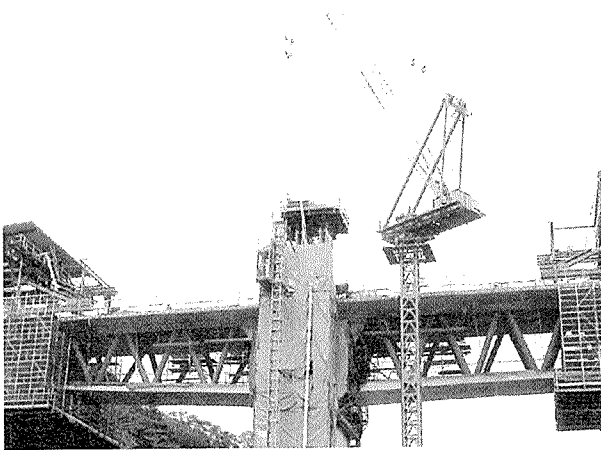


写真-8 仮斜材架設状況



写真-9 仮斜材配置状況

工状況を写真-10に示す。P2-P3径間は、1径間を一括で施工するため、鋼トラス材（44本）を一度に架設した。鋼トラス材は、50tラフタークレーンで支保工内に荷揚げし、その後、図-7に示すように橋軸直角方向に張り渡したH型鋼からパイプ支柱を使用して吊り下げた。鋼トラス材架設状況を写真-11に示す。格点部の固定は、張出し施工部と同様に、取付けボルトを使用して行った。また、格点部の位置調整は、橋軸方向には強力サポートを使用し、

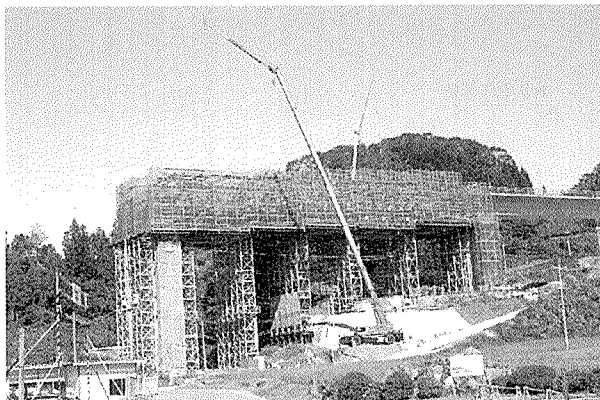
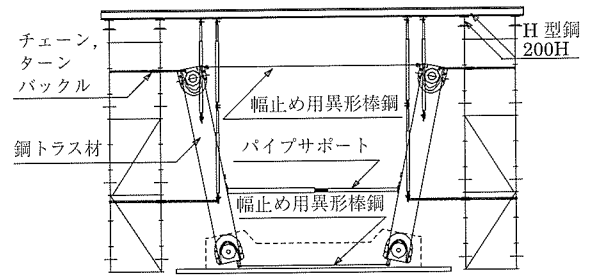
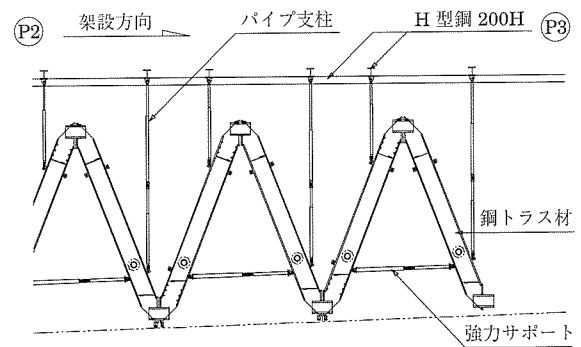


写真-10 P2-P3径間施工状況



(a) 断面図



(b) 側面図

図-7 鋼トラス材固定方法（支保工施工部）

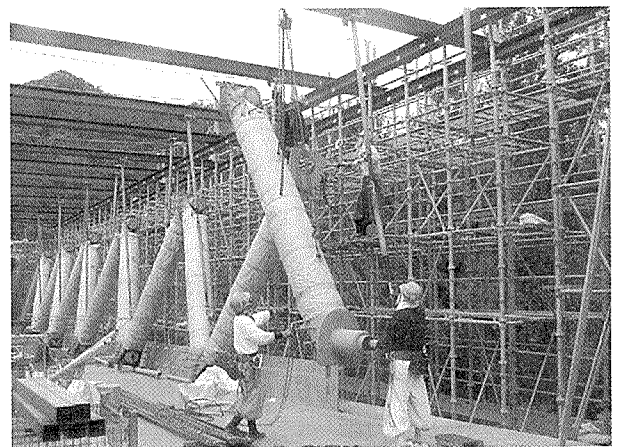


写真-11 鋼トラス材架設状況（支保工施工部）

橋軸直角方向には所定の長さ切断された异形棒鋼を左右の格点部間に設置することで行った。支保工施工部では、格点部の位置を調整する際、隣り合う鋼トラス材が互いの位置に影響を及ぼし合うが、パイプ支柱や強力サポートを使用した固定を行ったため、比較的容易に許容誤差以内への微調整を行うことができた。

4.3 コンクリート打設

先にも述べたが、複合トラス橋において鋼トラス材とコンクリート床版が接合する格点部は重要な部位であることから、格点部周辺には確実なコンクリート充填を行う必要がある。本橋では、格点部のコンクリート打設を確実なものとするため、すべての格点部にMSセンサを用いてコンクリート充填確認を行った。MSセンサの設置位置は、目視による充填確認が困難となる3箇所とした（図-8）。MSセンサの設置状況を写真-12、計測システムを写真-

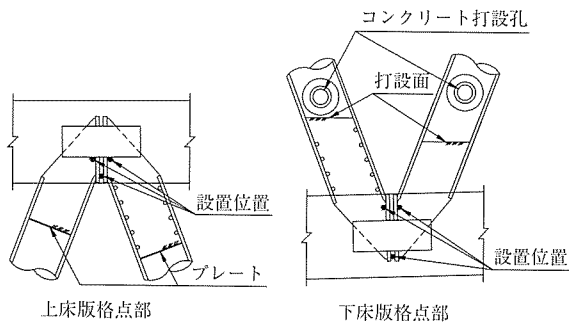


図-8 MS センサ設置位置

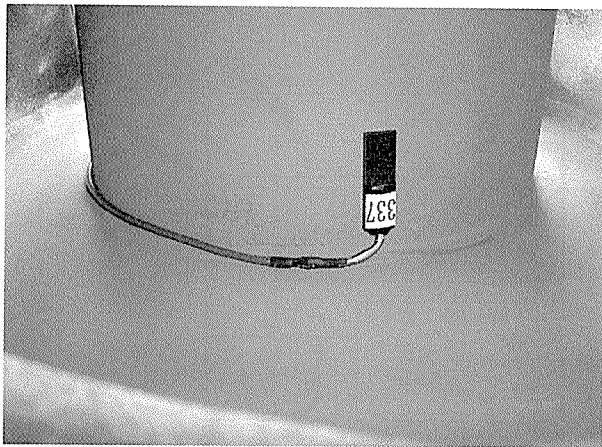


写真-12 MS センサ設置状況

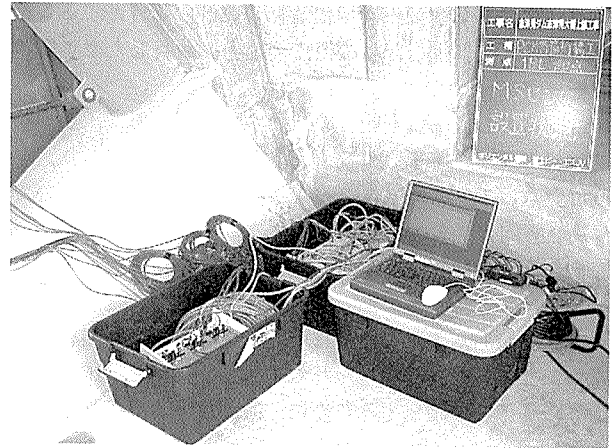


写真-13 計測システム

を与えた。MS センサの使用により、複雑な形状の格点部周辺に確実なコンクリート充填を行うことができた。なお、下床版格点部の鋼管内コンクリートは、鋼管に設けた打設孔よりコンクリートを投入し、目視により所定の打設高さが確保されていることを確認した。

5. 長期計測

複合トラス橋の設計において、鋼トラス材とコンクリート上・下床版の温度差により発生する応力度を考慮する必要があるが、複合トラス橋についての温度差を規定する規準類がない。本橋の設計では、通常のPC橋で用いられる上床版とウェブ・下床版の温度差5℃と、鋼橋で用いられる上床版と鋼部材の温度差10℃を足し合わせ、下床版と鋼トラス材の温度差が15℃となった場合でも、許容値を満足するようにプレストレス量を設定している。また、設計で想定した以上の温度差が生じる場合を考慮し、温度差が30℃となった場合でも許容値を満足することを確認している。

本橋では、設計に用いた温度差が妥当なものであるかを確認すること、また、複合トラス構造における各部材の温

13に示す。

MS センサは、熱電対とヒーターを組み合わせた構造となっており、センサ周辺にコンクリートが充填された場合、空気中と比較してヒーターから放出される熱量が低下し、出力電圧も低下することから、その電圧変化を読み取ることで充填の確認を行うことができる。電圧の変化はパソコンの画面を通じてリアルタイムで確認でき、各部位のコンクリート充填が確認されるまでバイブレーションで入念に振動

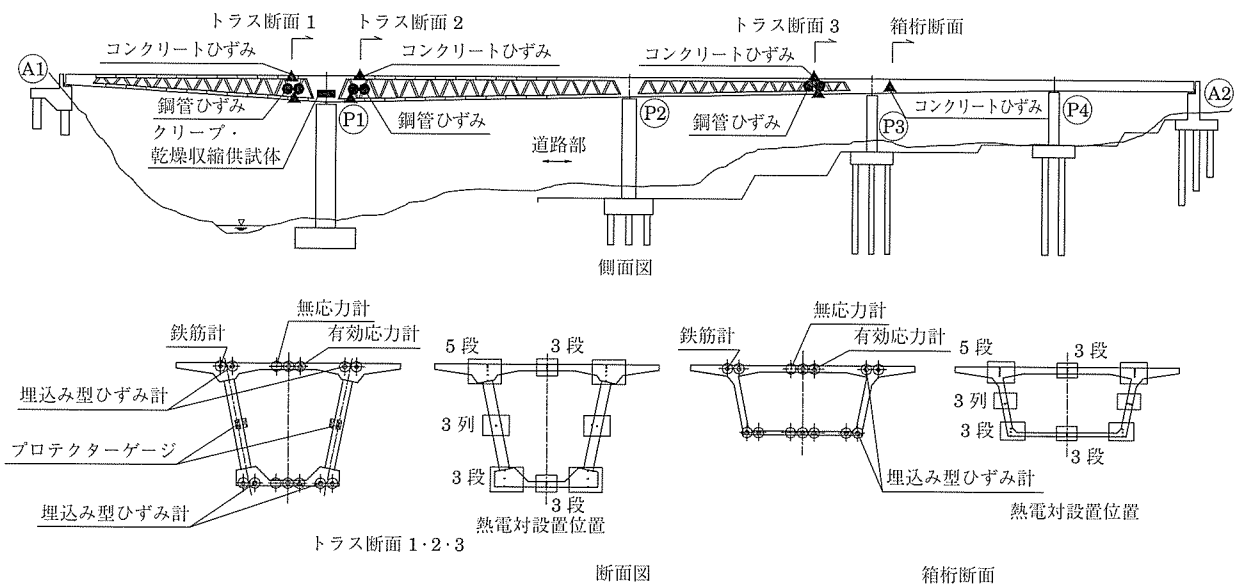


図-9 計測位置

○ 工事報告 ○

度分布を把握し今後の同種構造物の設計の資料とすることを目的として、主桁部材の温度と応力に着目した2年間の長期計測を行っている。

計測器の設置位置を図-9に示す。各断面では、鋼トラス材および上・下床版のひずみと温度を計測しており、温度計測点は1本の鋼トラス材で3点、上・下床版については高さ方向に3または5点とした。

複合トラス橋の下床版は、PC箱桁橋の下床版と異なり日照を受ける場合があるが、桁高の大小によって日照の受け方に違いがあることから、日中の下床版温度は桁高によって差が生じるものと考えられる。桁高の違いが下床版温度に与える影響を確認するために、計測断面は、桁高が高い

P1柱頭部を挟む2断面（桁高約6.5m）および桁高が低いP3付近の断面（桁高約3.5m）とした。また、複合トラス橋とPC箱桁橋の温度分布を比較するために、PC箱桁橋（桁高約3.5m）についても計測を行っている。

計測は、インターバルタイマーを使用し1時間ごとに行い、計測値の収集は携帯電話を使用した遠隔モニタリング²⁾としている。計測に必要な電源は、バッテリーとソーラーパネルから供給するシステムとし、長期の計測に対応できるようにした。なお、計測期間を1年間とした場合、暖冬や冷夏といった気象的に特異な年となる場合も考えられることから、計測期間を施工終了後から2年間とした。

平成17年5月～平成17年10月までの6箇月間計測し

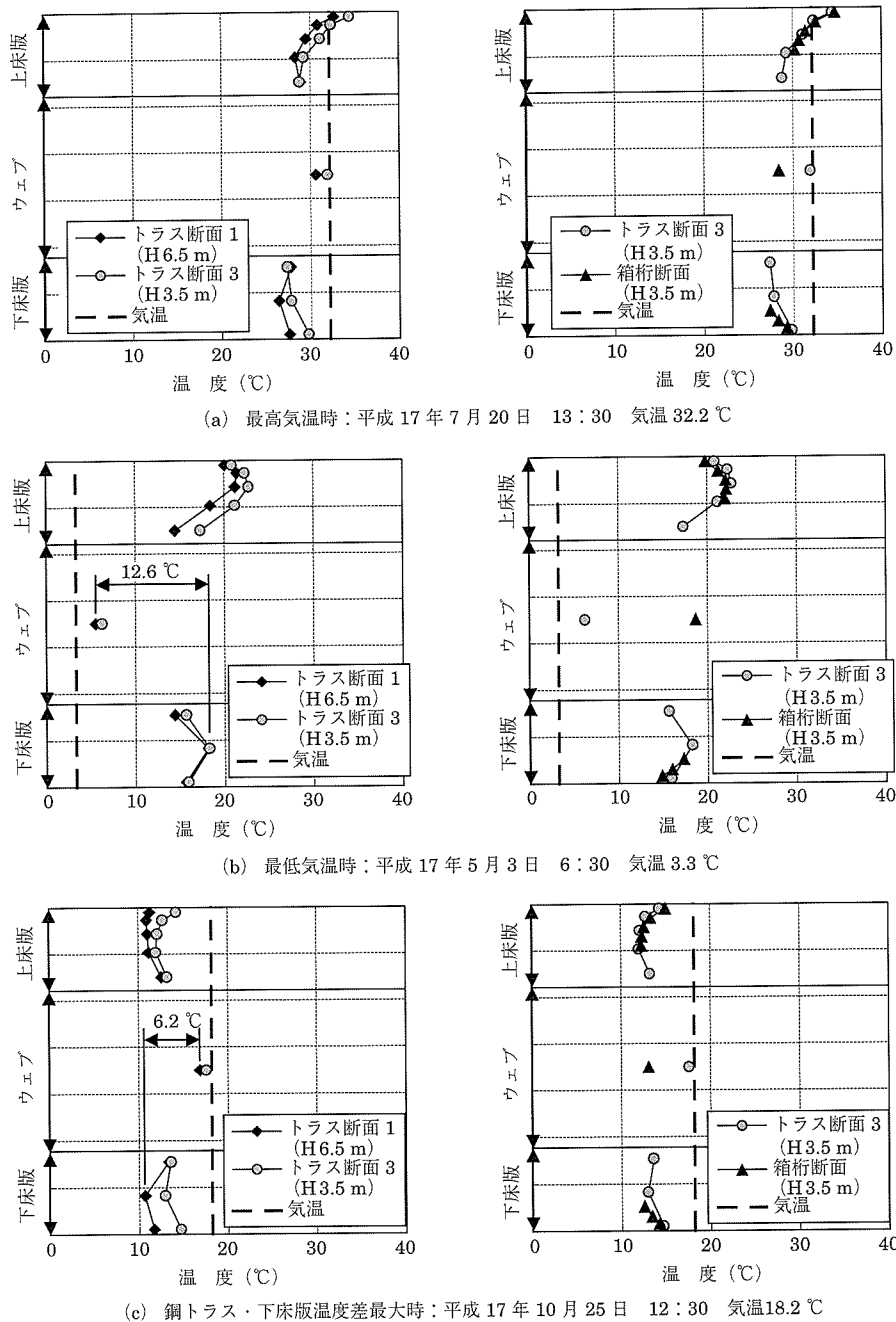


図-10 主桁の温度分布

た結果の一例として、主桁断面内の温度分布を図 - 10 に示す。この図は、計測期間における、最高気温時、最低気温時、および鋼トラス材と下床版の温度差最大時の温度分布を示しており、複合トラス断面における桁高の違い（約 6.5 m と 3.5 m）と、同一桁高における断面の違い（複合トラス断面と PC 箱桁断面）を比較している。図中の横軸は温度、縦軸は主桁断面内の各部位の温度計測位置を示している。

桁高の違いによる複合トラス断面の温度分布を比較すると、早朝および日中ともにほぼ同等となっている。これより、桁高の違いにより生じる日照差が下床版温度に与える影響は小さいものと判断される。同一桁高 3.5 m において複合トラス断面と PC 箱桁断面の温度分布を比較すると、上床版および下床版部分については、ほぼ同程度の温度となっている。また、コンクリートウェブ部は下床版と同程度の温度であり、鋼トラス部材の温度は、気温と同程度となっている。

これまでの計測期間で得られた結果からは、鋼トラス材と下床版の温度差は $-12.6 \sim 6.2$ °C であった。なお、今回の結果は、気温が -10 °C 程度となる冬期のデータは含んでいない。

今後、引き続き計測を行い 2 年間のデータが得られた時

点で、複合トラス橋の温度分布性状、温度差および温度変化により発生する応力の関係について報告を行う予定である。

6. おわりに

複合トラス橋は、現在のところ施工実績が少ない構造であるが、透明感のある景観性やコスト削減の観点から、今後、適用事例が増加するものと考えられる。本橋梁の施工で培った実績が、今後施工される複合トラス橋の参考となれば幸いである。また、本橋は冒頭に述べたように平成 17 年 6 月中旬に、無事供用開始を迎えることができた。最後に、本工事を行うにあたり、多大なるご指導、ご協力を頂いた関係者の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 正司, 青木, 大城, 細野: センサーによるグラウト充填の確認方法に関する検討, 第 12 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2003.10
- 2) 近藤, 藤原, 正司, 吉川: 志津見大橋における長期モニタリングに関する報告, 第 14 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2005.11

【2005 年 11 月 17 日受付】



図書案内

付着が拓く PC 構造の近未来

— 構造性能評価における鋼材付着の役割 —
2005 年 6 月

頒布価格: 会員特価 3 000 円 (送料 500 円)

: 非会員価格 4 000 円 (送料 500 円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会
鋼材付着制御による PC 構造性能改善研究委員会