

久村第2高架橋の施工報告

(株)安部日鋼工業

○梶矢 真史

(株)安部日鋼工業

辻井 武

(株)安部日鋼工業 正会員

林 邦憲

キーワード：産業用ドローン 点群・TIN (三角網) データ 熱分配方式パイプクーリング

1. はじめに

久村第2高架橋は、山陰道の湖陵・多伎道路のうち島根県出雲市多伎町内に位置する橋梁である。本路線は東西を結ぶ唯一の幹線道路である一般国道9号の代替道路として、緊急輸送道路の確保および第3次医療施設への速達性の向上を目的とした自動車専用道路である。これにより、本橋梁の架橋位置は海沿いの一般国道9号から少し離れた山間部の急峻な谷間に位置しており、二本の市道と河川を跨ぐため張出し施工によって2径間連続箱桁橋を架設する工事であった。

本工事を施工するにあたり、橋台付近の樹木や市道沿いの架空線に移動作業車が干渉することが予想されたため、立木の伐採や架空線の移設が必要であった。また、P1柱頭部はマスコンクリートとなり、コンクリート打設時期が夏期となることが予想されたため、温度応力ひび割れの発生が懸念された。本稿ではこれらの課題に対して実施した施策について報告を行う。

2. 工事概要

本工事の工事概要を以下に示す。

工事名：湖陵多伎道路久村第2高架橋PC上部工事

工事箇所：島根県出雲市多伎町久村地内

発注者：国土交通省 中国地方整備局

構造形式：PC2径間連続Tラーメン箱桁橋

橋長：126.0m 支間長：62.150m+62.150m

有効幅員：9.260m 活荷重：B活荷重

柱頭部断面図を図-1に、側面図を図-2に示す。

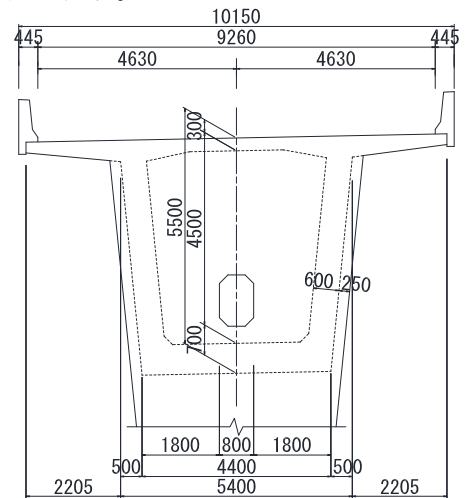


図-1 柱頭部断面図

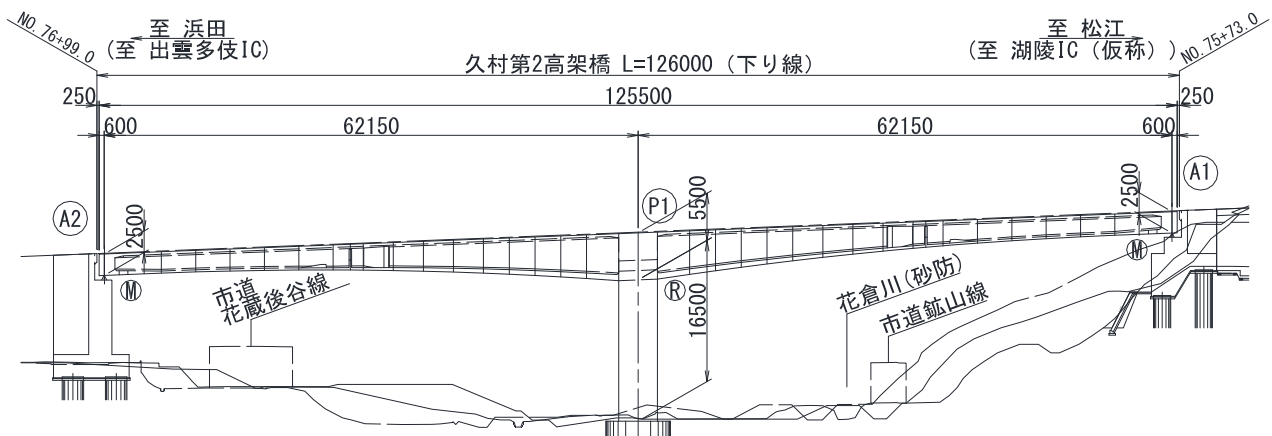


図-2 側面図

3. 移動作業車の干渉に対する施工計画について

3.1 支障物位置把握の課題

本工事の架橋位置が山間部の谷間に位置していることから、A1およびA2橋台は法面に設置されていた。とくにA2側には市道花蔵後谷線とそれに沿って架空線があり、張出し施工時における移動作業車との干渉が懸念された。また、地山法面の立木との干渉が懸念され、伐採範囲について正確な測量に基づく施工計画の立案が課題となった（写真-1）。

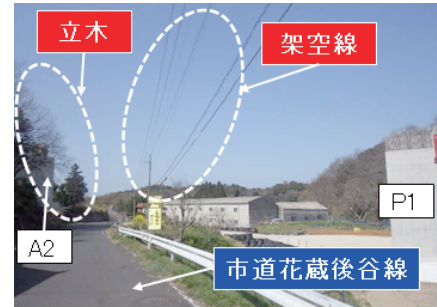


写真-1 A2側支障物

3.2 干渉に対する対策

(1) 使用機器およびソフトウェア

これらの懸念事項に対して精度の高い測量を行う目的で、産業用ドローン（以下、ドローン）を用いた。ドローンによる地形測量および写真解析による点群・TIN（三角網）データを生成、処理し、3次元CADソフトであるSketchUP2017に取り込みモデル化することとした。

使用機器およびソフトウェアについては、以下の機材およびソフトを使用した。

産業用ドローン：DJI Matrice600

デジタルカメラ：ソニー α 6000（2430万画素）+12mm単焦点レンズ

点群生成ソフトウェア：QGIS YellowScan Plugin

点群処理ソフトウェア：Bentley MicroStation , TerraSolid TerraScan

(2) ドローンによる写真測量の実施と3次元データの作成

ドローンにデジタルカメラを取り付け、現場上空を飛行させて撮影することとし、ドローンの操縦は予め組んだプログラムによって自動航行および自動撮影とした。フライトプログラムによる航行経路を（図-3）に示す。

当初設計図は2次元データ（P21）であったので、平面図と側面図をもとに3次元モデル化して、ドローンを用いた現地測量によって作成した3次元データと組み合わせた。



図-3 フライトプログラム

(3) 3次元データの使用による効果

ドローンを用いた測量の実施と3次元データ解析により、移動作業車の市道や架空線との取合いおよび立木との位置関係を正確に把握することができた（図-4）。

これにより、立木の干渉範囲および干渉時期と、架空線の移設箇所を正確に示すことができたことから、適切な施工計画の立案および関係各署との協議においてイメージの共通認識が図れた。

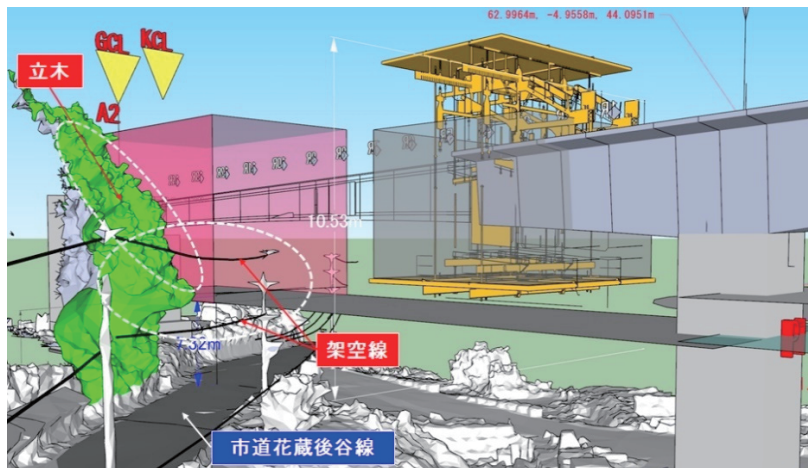


図-4 3次元データ解析による効果

4. 柱頭部コンクリートの温度応力ひび割れ抑制について

4.1 3次元FEM温度解析

マスコンクリートとなるP1柱頭部について、3次元FEM温度解析を実施して、無対策時におけるコンクリート内外温度差および温度応力の分布状況を把握した。そこで、従来の水冷パイプクーリングの採用を試み、3次元FEM温度解析でその効果を確認したところ、床版上面および張出し床版先端部にひび割れ発生確率の高い箇所が確認された。このことから、さらにひび割れ抑制効果の改善を目指して、当社開発の熱分配方式パイプクーリングシステムを導入することとした。3次元FEM温度解析におけるひび割れ抑制対策の効果などについては別編に記載することとして、本編では熱分配方式パイプクーリングの施工に関して報告する。

4.2 熱分配方式パイプクーリングの実施

(1) 熱分配方式パイプクーリングシステムについて

従来のパイプクーリングは、冷水を任意の温度で事前に準備して、すべてのパイプに一律の温度履歴で通水が行われる。

本システムは、2系統の異なる温度の冷却水を送水できることで、コンクリート温度制御に必要な交換熱を構造物の部位に応じて分配できる(図-5)。したがって、部位ごとに冷却水の温度を変化させたり、一部分を一時的に温めたりすることができる。これらの水温制御については、コンクリート内に設置した熱電対で内部温度の測定を行い、制御ユニットにより自動で送水水温をコントロールできるため、従来方法よりも細分化した冷却水温度制御が可能となる。

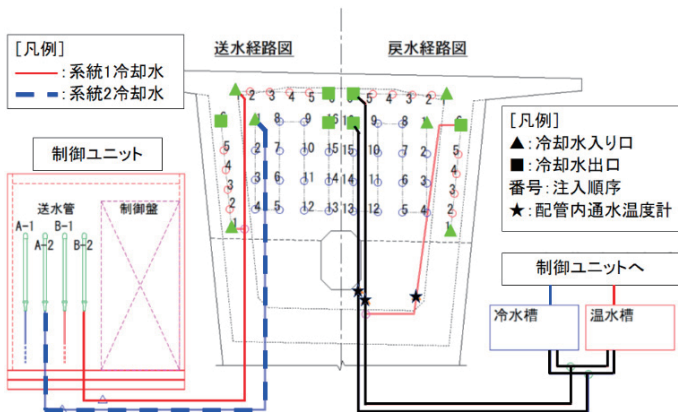


図-5

熱分配方式パイプクーリングシステム図

(2) クーリングパイプの配置

熱分配方式パイプクーリングの特徴として、構造物内に設置するクーリングパイプの本数が多くなることから、クーリングパイプの接続や注水および排水口の型枠への取付け方法を効率的かつ確実に実施する必要がある。本工事では、クーリングパイプの接続方法としてボルト固定式を採用し、施工性を向上させた(写真-2)。送水および排水口の型枠への取付けには、専用のモルタル製接続具を使用して、施工性および漏水防止に対する確実性を向上させた(写真-3)。

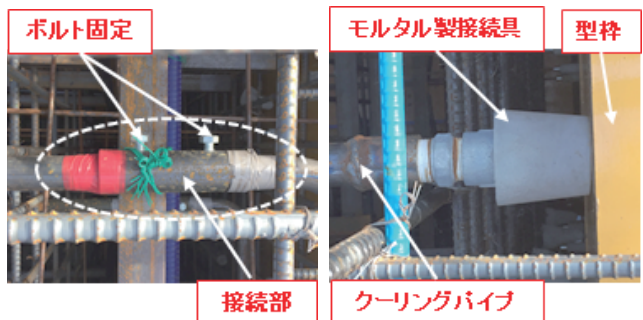


写真-2

クーリングパイプ接続部

写真-3

型枠取付け方法

(3) 熱分配方式パイプクーリングの実施

熱分配方式パイプクーリングシステムは、冷水槽(3.0m³)、温水槽(3.5m³)、チラーユニット、制御ユニットで構成され(写真-4)、冷水を作り出すチラーユニットの能力は37.5kWである。パイプクーリングに使用する冷却水は、クーリングパイプ内へ送った水を温水槽へ回収する循環方式であ

るため、回収した水の温度によってはチラーユニットによる冷却が間に合わず、送りたい水温を作り出すことができない懸念があった。本工事では熱分配方式パイプクーリングユニットにおける冷水槽および温水槽以外に、2m³のノッチタンク2槽、1m³のポリタンク2槽および4m³の散水車1台に常温水を用意し、チラーユニットの冷却能力が間に合わなかった場合の措置として、クーリング後に高温となった排水を廃棄して常温水と入れ替えられるように準備を行った。実際にコンクリート温度が高くなりだした8時間後付近において、冷水槽の使用量が増えてチラーユニットの能力が逼迫したため、クーリング後に高温となった約2m³の排水を入れ替える処置を行った。また、本システムが万一の故障などによって送水不能となった場合でも、従来方法のパイプクーリングが実施できるように、スクイーズポンプ2台を用意して、流路切替えバルブにより即座に送水できる準備を行った(写真-5)。



写真-4 システム全体写真

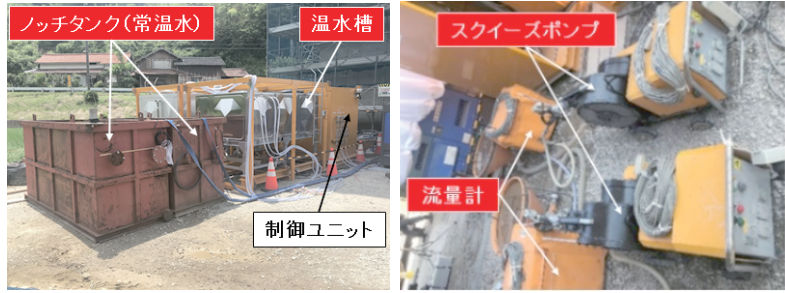


写真-5 予備設備写真

4.3 熱分配方式パイプクーリングの実施効果

事前に実施した熱分配方式パイプクーリング実施における3次元FEM解析のコンクリート温度履歴と、現場で実測したコンクリート内部温度およびかぶり付近温度の履歴がほぼ等しい値となったため、無対策や従来方法のパイプクーリングと比較して、温度ひび割れの抑制対策を効率的に実施できたと考えられる(図-6)。また、コンクリート硬化後の近接目視点検においてひび割れの発生は認められなかった。

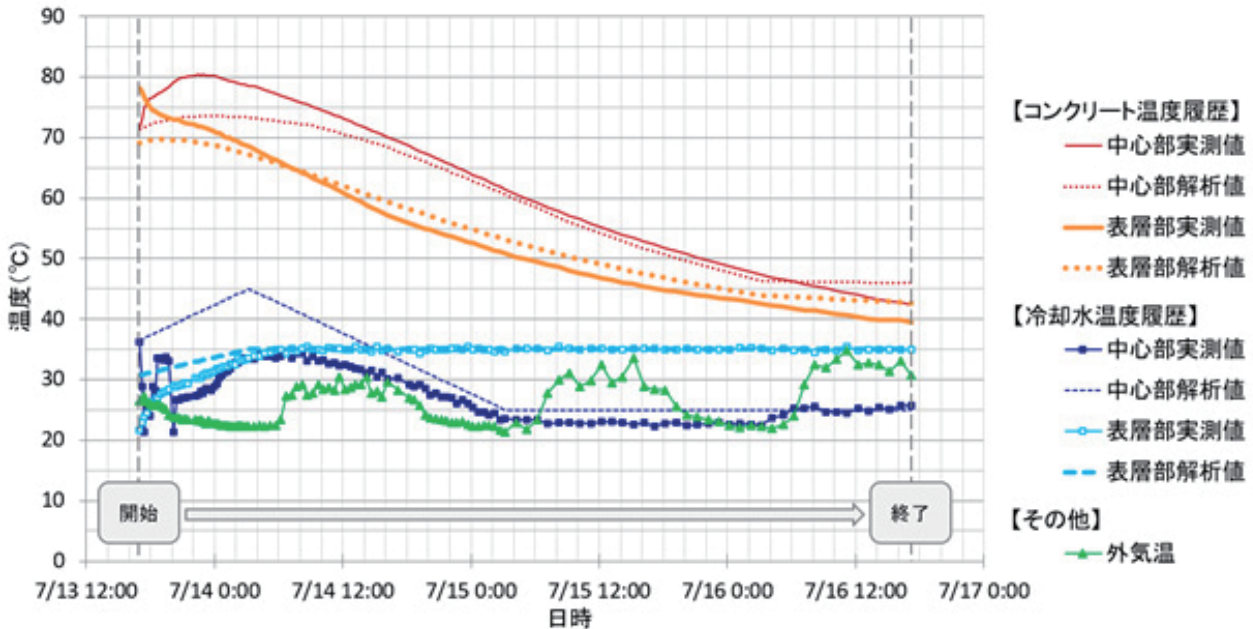


図-6 コンクリート温度計測結果

5. おわりに

本工事は令和元年5月に完成する見込みである。本工事の施工にあたり、実証フィールドとしてご理解を賜った国土交通省中国地方整備局 松江国道事務所様や施策の実施にあたりご協力いただいた関係業者の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。