

コンクリート構造物における出来形管理のICT技術を活用した効率化・高精度化について

国土交通省	中国地方整備局	松江国道事務所	事務所長	鈴木 祥弘
国土交通省	中国地方整備局	松江国道事務所	建設専門官	奥山 敏幸
国土交通省	中国地方整備局	松江国道事務所	建設監督官	日野 貴之
国土交通省	中国地方整備局	松江国道事務所	工務課係員	宮岡 将哉

1. はじめに

国土交通省では、全ての建設生産プロセスで ICT 等を活用する i-Construction を推進し、建設現場の生産性を2025 年度までに2 割向上させることを目指している。

このため、公共土木工事において、様々な分野の知見を結集することで、デジタルデータをリアルタイムに取得し、「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」を公募した。

今回の取組は、国土交通省で発注する工事を現場フィールドとして、このプロジェクトに選定された新技術を活用し、コンクリート構造物（橋梁下部工）の出来形管理において、現行の方法（アナログ）を改善し、3 次元データを活用した高精度、高効率な管理手法を執行するものである。

この取組は、計測精度や作業工数について現行管理との比較を行う他、取得した3 次元データの活用について、多様なかつ精力的な試行錯誤により、更なる改善方法の導出にも努めるものである。

2. 工事概要

一般国道 9 号静間・仁摩道路は、島根県大田市静間町から大田市仁摩町大園に至る延長7.9km の自動車専用道であり、現道の交通難所解消や災害時の避難路確保等、地域生活の課題解決を目的に鋭意工事が進められている。

この道路の終点部において、橋梁下部工を構築する工事が試行の対象現場であり、大園高架橋 A1 橋台（場所打杭工 N8 本（Φ1200、L16.5m）、橋台躯体工 H16.5m）、A2 橋台（場所打杭工 N15 本（Φ1200、L=27.5m））、P1 橋脚工（場所打杭工 N15 本（Φ1200、L=24.0m）、橋脚躯体工フーチング）、仁摩インター橋 P1 橋脚（場所打杭工 N9 本（Φ1200、L=5.0m）、橋脚躯体工 H=14.1m）の出来形管理について、3 次元データを活用することにより高精度化・高効率化を図るとともに、出来形管理作業の安全性向上も視野に入れて取り組んだ。

（図-1、写真-1）

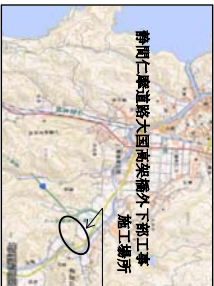


図-1 試行場所位置図



写真-1 試行対象構造物の配置

3. 試行の内容

今回の試行は、カンツ技建工業を代表者に、福井コンピュータ、ライカジオシステムズ、山陽測器の4社がコンソーシアムを構成、出来形計測に地上レーザースキャナ搭載型トータルステーション（以降、ワルチスステーションと呼ぶ）、データ処理には3 次元設計データ作成システム、点群処理システムを使用し、3 次元データ上で行う新たな出来形管理手法についての技術・精度・効率各面の実証の他、普及に向けた汎用性確保の検討も加えて試行の取組を進めた。

「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」

連絡先 〒690-0017 島根県松江市西津田 2 丁目 6 番 2 8 号 国土交通省 松江国道事務所 工務課

TEL 0852-60-1343

試行にあたって、施工前に対象構造物の3 次元設計データを作成したうえで、施工後の出来形について、ワルチスステーション（写真-2）の地上レーザースキャナ機能により3 次元点群データを取得し、併せて、現行の出来形管理基準に即した出来形データの検証のため、トータルステーション機能により隅角点（プリズムターゲット配置）の3 次元座標を測定した。取得した点群データは、点群処理システムにより3 次元データ化し、3 次元設計データと対比した。また、現行の出来形管理基準に即した管理値をデータ上で計測・管理するとともに、3 次元の較差も抽出している。なお、発注者による出来形確認についてもデータ上で行っている。（写真-3）



写真-2
TLS 機能搭載 TS ワルチスステーション



写真-3 データによる出来形確認状況

3 次元データ処理のアプリケーションについては、汎用性を考慮し、ICT 土工で使用する3 次元設計データ作成システム、点群処理システムを使用した。また、3 次元設計データについても、ICT 土工と同手法・同データ形式としており（図-2）、電子野帳（データコレクター）への展開により、現地での測量やランダムな出来形確認に活用可能である。

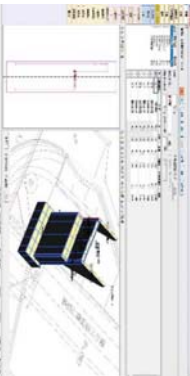


図-2 大園高架橋 A1 橋脚 3 次元設計データ

4. 試行の結果

出来形の計測に関しては、現地でのデータ取得が施工の作業工程に影響を及ぼすことなく、データ上で計測する管理値としての精度も十分確保可能であることが確認できた。（写真-4）

出来形管理作業の作業効率に関しては、場所打杭部で約 50%、躯体部で約 20%の作業工数（人数×時間）の低減が確認でき、出来形管理写真も 100 枚単位の削減を行うことができた。なお、フーチング部については、現場狭小等の影響により、現行の出来形管理基準の適用では作業工数の低減が望めない結果となった。（図-4）

また、出来形管理に必要な人員で見ると、現行で最大3 人だったものが最大2 人に低減することができた。

これらの結果から、この試行方法によれば、データ上での出来形計測・管理が、技術的にも精度的にも十分可能であり、現行の出来形計測・管理よりも効率が良いことが確認できた。

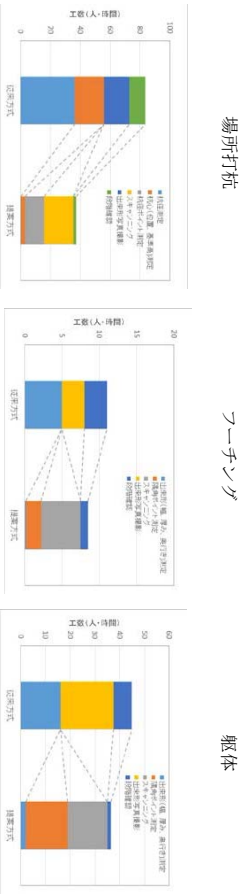


図-4 工数比較表

5. 考察

この試行方法によれば、現行の出来形管理基準と同等の出来形管理が、データ上で十分可能であることを確認した上で、3次元データによる出来形管理をプロセス毎に考察する。

(1) 3次元設計データ

構造物の3次元設計データの作成は、現時点では新たな追加作業となつて一定の負担が生じることとなるが、この課題については、要素技術の有効活用を視野に入れたCIMの展開や設計分野におけるフロントロディングの進展等により、発注者の提供データを基本とする環境になれば、解消する。また、構造物の3次元設計データがあることで、施工前・施工中の測量作業における計算業務が不要になり、位置出し作業が容易かつ高精度となる。さらに、施工プロセス毎に、データ上で構造物の位置関係や設計対比が確認できるため、施工精度の向上に加え施工ミスや手戻りの未然防止にも期待できる。

(2) 3次元出来形データ測定（点群データ取得と隅角点座標測定）

出来形点群データについては、1点/3cm²の密度で4方向から取得した。これにより、点群が、施工プロセス毎に40万点から100万点近くに及び、隅角点の位置も、アプリケーション上であらゆる方向から簡単に視認できる。また、3次元座標値も特定可能であり、出来形データとして十分信頼に足りるものとなっている。（図-3）

プリズムターゲットによる隅角点3次元座標測定については、現行の出来形管理基準に即した実測値を取得するために、構造物施工時に施す面取りの影響により必要となる隅角点再現実業や、測定視程上の障害物の影響による余分な器械移動が発生し、作業効率が低下したが、この測定は、データ上での出来形計測値の精度検証を目的に、試行においてのみ必要であると考えられるため、課題として扱わないものとする。

なお、点群データ取得のための測定においても、測定視程上の障害物の影響（鉄筋や足場等）が想定されるが、これについては、取得した点群の不足により、対象物全体の3次元データ化に支障が生じる可能性があるため、作業効率だけでなく、安全面も含めて工夫が必要な課題と言える。

(3) 3次元データ上における計測作業（データの利用）

現行の出来形管理基準に即した出来形管理値は、3次元データ化した隅角点3次元座標を基に、データ上の隅角点間（2点）の距離と高低差を計測表示するだけの単純作業となった。

場所打杭の基準高については、抗天端部の3次元設計データと出来形点群データとの較差により、面的評価を実施した結果、現行の管理値（抗中心点の最高値）より合理的かつ高精度なものと評価できる。（図-4）また、3次元設計データとの較差は、構造物位置の3D偏差としても評価が可能である。

仁摩インター橋P1橋脚には、支間長と下部工中心間距離の計測対象となる既設のA1橋台・P2橋脚が存在しており、これらの3次元現況点群データを取得することで、効率的かつ高精度な出来形管理が実現する。また、高所作業や移動作業が軽減され、以前より安全な測定作業が可能となる。（図-5）

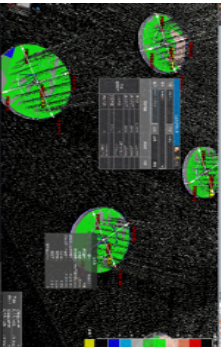


図-4 抗天端の面的出来形管理

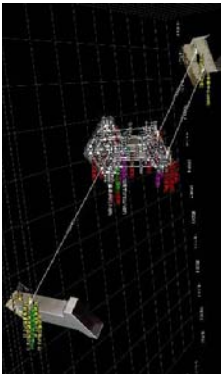


図-5 既設構造物との支間長

6. 更なる展開 生産性革命「貫徹の年」に向け（3次元データの活用）

今回試行した新たな出来形管理手法において取得したデータの利用を工夫することにより、前述（考察）の課題への対処の可能性も含め、更に安全で効率的な検討例を紹介する。

(1) 構造物の3次元出来形点群データの断面化による計測・評価（図-6）

3次元出来形点群データから、構造物の任意の位置の断面形状が抽出可能であり、その断面データ上で寸法（幅・高さ・基準高）が容易に計測できる。また、3次元設計データとの対比により、断面の相似性評価も可能である。

(2) 構造物の表面の凸凹評価（図-7）

構造物の出来形点群データを取得しながら、3次元設計データを搭載したトータルステーションにより面的（凸凹）評価を行うことで、施工した構造物の位置、出来形形状が容易に確認できるうえ、出来映え（通り）についての客観的評価も可能である。

(3) 施工中における3次元データの活用による品質向上

前述(1)、(2)は、施工完了後の3次元データの活用方法だが、施工中においても、電子野帳（データコネクタ）に展開した3次元設計データを利用する事で、施工精度、品質の向上が期待できる。例えば、コンクリート打設前の型枠の施工に用いられ、存置型枠等の位置情報の把握が可能となり、近い将来考えられる構造物のフレキシビリティにも対応できる。

この様に、出来形測定において、最新の技術・機器・機能を有効活用することで、障害物等の課題を解消することが可能であり、足場上での無理な姿勢や複数人作業も低減できることから、安全性の向上に期待できる。ただし、足場撤去前の出来形確認は必須であるため、効率化を追求するあまり、本質を見失わないようにすることが肝要である。

ちなみに、現場条件によっては、レーザー距離計（写真-6）等による出来形確認も検討の対象となる。隅角点の測定は、点群取得が困難な場合の代替データとして取得することで、今回の試行方法による出来形管理が可能となる。

7. おわりに

現在、i-Con 深化からi-Con 普及への進展が望まれている。

「技術を現場で使いこなす！！」のローガンを掲げた今回の試みでは、世界遺産「石見銀山遺跡とその文化的景観」、彼（いし）の古（いにし）の地で最新テクノロジーを使いこなせたか否か。

この試みが、ICT技術の発展に対する、小さくとも大きな一歩となり、建設現場の生産性向上、魅力ある職場づくり、そして、建設業界の更なる発展につながることを願う。



図-6 断面抽出



図-7 測定機凸凹比較



写真-6 レーザー距離計

