

張出し架設における自動測量技術の開発

Development of the Automatic Measurement System for Bridge Surface in Cantilever Method

角田晋相*¹ 宮澤祐蔵*² 民部田将弥*³ 秋山 博*⁴

概 要

PC 上部工の施工でよく行われる張出し架設工法は、進捗にともない荷重状態や構造系が変化し、逐次橋面高が変動するため、日々の橋面高さ測量により上げ越し量を管理する必要がある。また、張出し施工は移動作業車を用いたサイクル施工であり、型枠の測量や緊張管理、グラウト注入管理など、橋面高さ測量以外にも管理項目が多岐にわたるため施工管理者の負担が大きい。そこで、現場測量の省力化を図るため、トータルステーションを用いた自動測量技術を開発した。

現場における生産性向上の取り組みとして、開発した自動測量技術と併せて緊張管理およびグラウト注入管理のデジタル化技術を実施工に導入し、張出し施工における一連の施工管理の省力化効果を検証した。

key words : 張出し架設、自動測量技術、生産性向上

1. はじめに

PC 橋梁の施工でよく行われる張出し架設工法は、移動作業車を用いて主桁架設を 1 ブロックあたり 2~4m ずつ 10 日程度の短いサイクルで繰り返して施工を行う。そのため日々の測量や緊張管理など計測管理する項目が多岐にわたり、計測業務も人力に頼る部分が多い。

近年、生産性向上に向けた取り組みとして、管理データのデジタル化や ICT による自動計測技術が様々な分野で活用され、建設現場においても省力化技術として開発、実用化されてきている。

そこで、現場における施工管理の省力化に向けた取り組みとして、橋面高さや型枠セット時の測量の自動計測技術を開発し、緊張管理および PC グラウト管理のデジタル化技術と併せて、張出し施工における一連の施工管理の省力化を図った。

本報では、一連の省力化技術を実施工に導入し、管理業務の省力化効果について検証した事例について報告する。

2. 橋面自動測量技術の開発

2.1 開発目的

張出し施工では、荷重状態や構造系の変化により、逐次橋面高が変動するため、日々の橋面高さの測量により上げ越し量を管理する必要がある。また、張出し施工の型枠

セットは、レベルやトランシットを用いた測量で型枠位置を調整する。従来の型枠セット時の測量状況を写真-1に示す。測量作業には複数の人員が必要であり、張出し施工中は施工管理者の負担が大きい。

最近では、施工ブロックから離れた位置にトータルステーションを設置し、橋面の高さ変化を自動測量する技術が採用される場合もあるが、移動作業車や仮置きした資機材が障害となり張出し先端部の測量が行えないといった課題がある。

そこで、現場測量の省力化を図るため、橋面上の移動作業車に自動追尾式トータルステーションを配置し、橋面高さの自動測量とレーザーマーキングによる型枠の誘導機能を持たせた橋面自動測量技術を開発¹⁾した。



写真-1 型枠セット時の測量状況(従来)

*1 Shinsuke TSUNODA

技術本部技術研究所 主席研究員

*2 Yuzo MIYAZAWA

東京支社土木支店土木部 作業所長

*3 Shoya MINBUTA

東京支社土木支店土木部

*4 Hiroshi AKIYAMA

土木事業本部技術部 部長

2.2 自動測量技術

(1) 技術概要

橋面自動測量技術の概要を図-1に示す。本技術は、線形や座標などの設計データおよび施工ステップ毎の上げ越し量を事務所の管理用パソコンに入力し、インターネットを介して現地のタブレット端末で操作を行うシステムである。トータルステーションは、移動作業車の上方に配置することで、完成部分の橋面高さや張出し先端部の型枠を見通せるようにした。

橋面の高さの測量では、完成したブロックの各測点に設置した反射プリズムを定期的に自動計測する。

型枠セット時の測量では、型枠に設置した反射プリズムを自動計測し、設計値との差分をタブレットでリアルタイムに確認しながら型枠の位置調整が行えるため、1人測量が可能となる。また、トータルステーションのレーザーマーキング機能により目標位置を明示することで、視覚的にも型枠を調整する方向が分かり易くなり測量ミス

の防止にもつながる。

(2) トータルステーションの自己座標

本技術では、トータルステーションを移動作業車に設置するため、施工の進捗や張出し先端の荷重状態により常にトータルステーションの位置が変動する。そのため、計測前には自動追尾により基準点を視準することで、トータルステーション本体の自己座標を取得するようにした。

移動作業車が次のブロックに前進してトータルステーションの位置が大幅に変わる場合は、手で基準点を視準して自己座標を取得する必要がある。トータルステーションは、広い範囲を視準できるように比較的高い場所に配置するため、直接目視により視準するには、昇降設備が必要になるなど手間が掛かる。

そこで、基準点の視準作業を効率化するため、レーザーマーキング機能とリモート機能を活用した。手動による基準点の視準方法を図-2に示す。基準点の視準方法は、

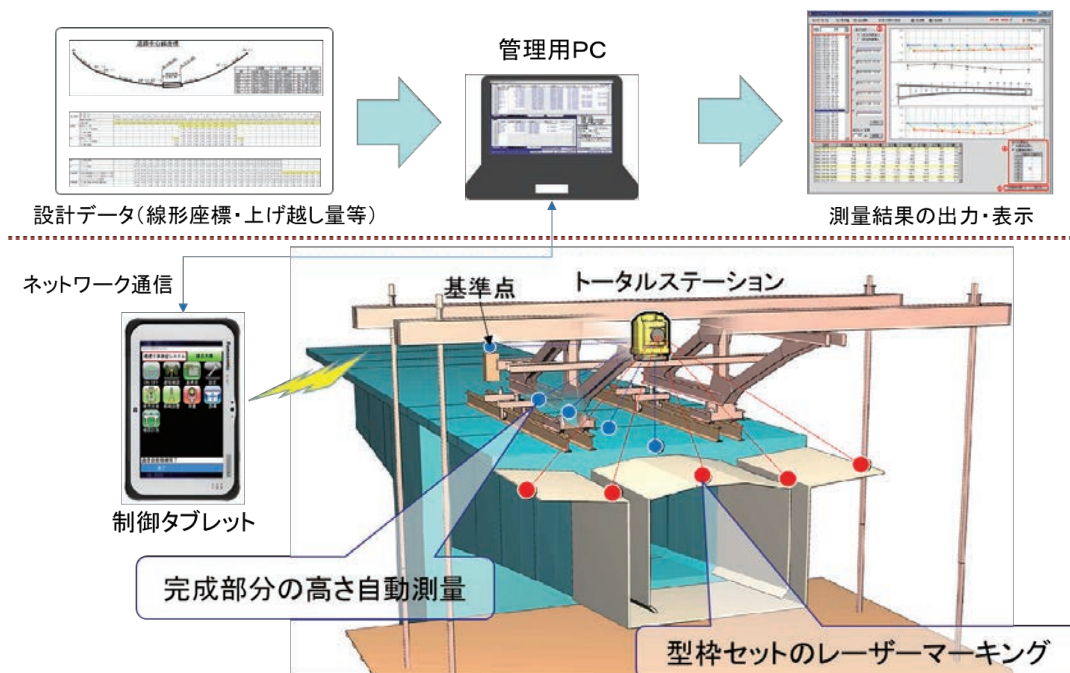


図-1 橋面自動測量技術の概要

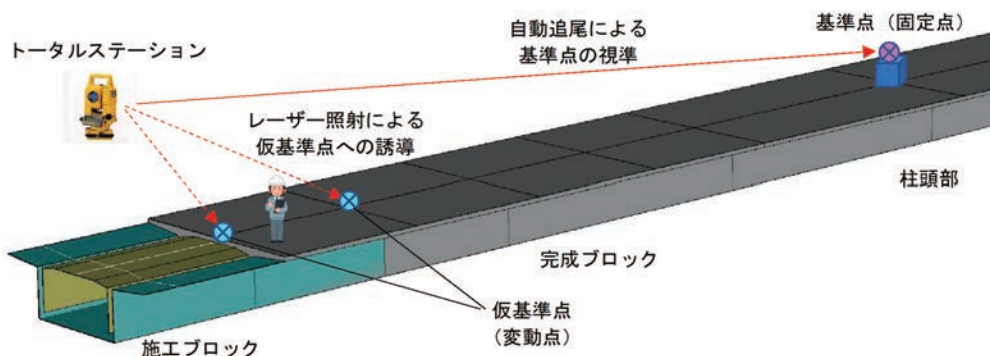


図-2 手動による基準点の視準方法

トータルステーションから近い位置にある仮基準点（完成ブロックの高さ測量点）にレーザー照射を向けるようにタブレットで操作して仮の自己座標を取得し、基準点を自動追尾するようにした。

3. 開発技術の効果検証

3.1 適用現場

開発した自動測量技術を現場に導入し、省力化効果について検証を行った。適用現場は、長野県松本市で施工中のPC橋梁上部工工事である。図-3に橋梁の概要を示す。橋梁形式は、PC2 径間連続ラーメン箱桁橋である。

工事名：R1 国道 158 号奈川渡改良大白川橋上部他
新設工事

発注者：国土交通省関東地方整備局

施工者：銭高組（単独）

3.2 導入技術

本工事には、開発した橋面自動測量技術の他にも 2 つの省力化技術を導入した。現場に導入した省力化技術を写真-2 に示す。

以下に導入技術の内容を示す。

- ①橋面高さ測量や型枠測量の省力化を図る橋面自動測量技術
- ②PC 鋼材への緊張力導入時の計測管理を自動化すること

- ③PC グラウト施工において注入状況をパソコンで管理するグラウト注入管理システム

4. 省力化技術の効果

4.1 橋面自動測量技術

本技術でのトータルステーションの設置状況を写真-3 に、柱頭部に設けた基準点を写真-4 に示す。現場では、本システムによる計測値と従来のレベルによる測量値との比較を行い、計測精度を検証した。橋面高さの自動測量では、レベル測量との差が 2mm 程度であり、型枠へのレーザーマーキング（写真-5）では、レベルおよびトランシットで調整した型枠位置に対し最大 3mm の誤差が見られたが、大きな誤差はなく精度よく計測できていることが確認できた。

橋面の高さ測量および型枠セットに要する時間比率について、従来手法と比較した結果を図-4 に示す。橋面の高さ測量は自動で行うため基準点視準等の準備作業を含めても大幅に短縮することができた。型枠セットに要する時間は従来手法と変わらなかったが、従来手法では測量作業に複数名必要になるのに対し、本技術では 1 人で測量を実施できるため大幅な省人化が図れた。

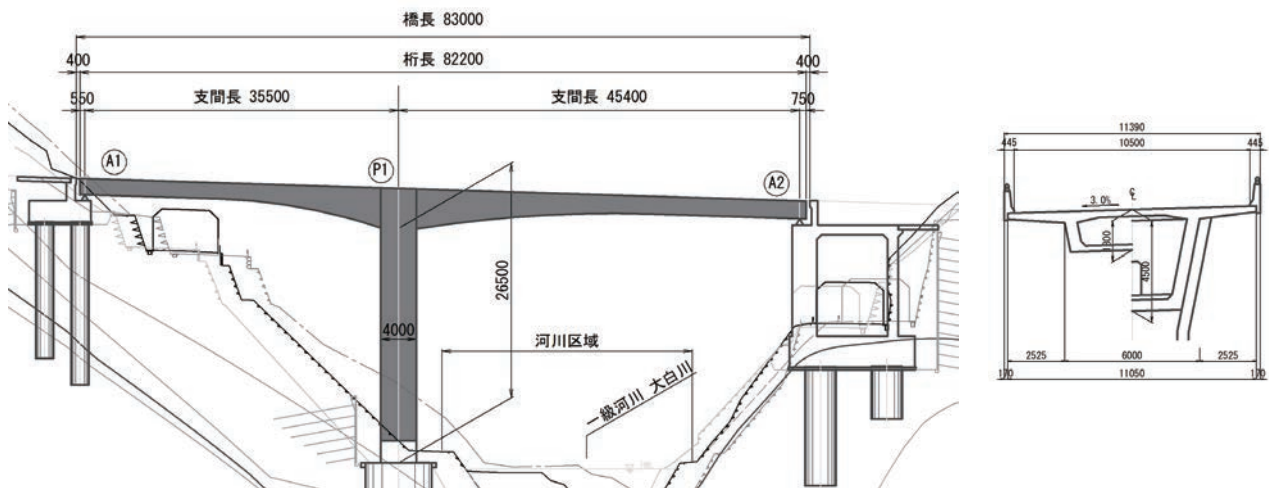


図-3 橋梁の概要



写真-2 現場に導入した省力化技術

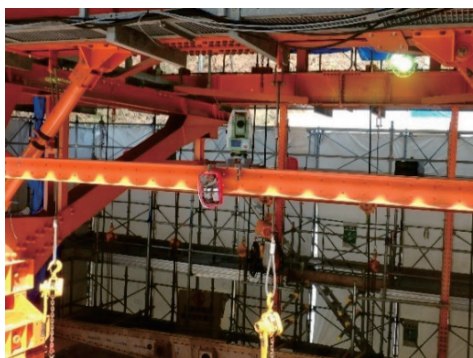


写真-3 トータルステーションの設置状況

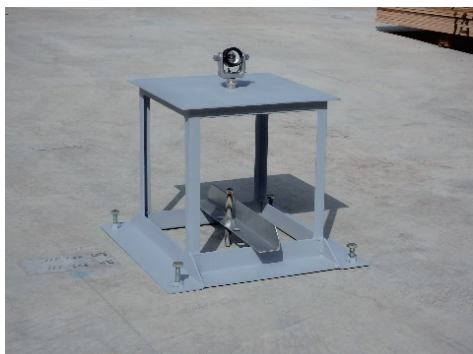


写真-4 柱頭部に設けた基準点

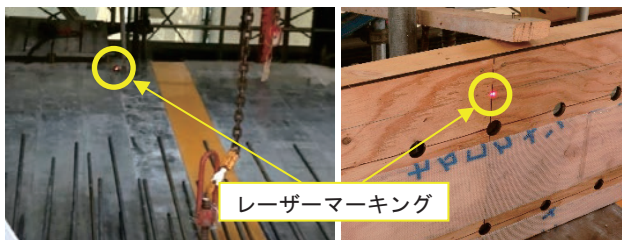


写真-5 型枠へのレーザーマーキング

4.2 緊張管理システム

緊張管理システムの概要を図-5に示す。本技術は、油圧ポンプの圧力とPC鋼材の伸び量を自動計測し、計測データをデジタル化することで緊張管理業務を省力化するシステムである。計測管理は、タブレットPCで行い(写真-6)、PC鋼材の伸び量測定にはレーザー変位計(写真-7)を採用することで、段取り替えの簡素化を図った。緊張管理状況を写真-8に示す。

1日あたりの緊張管理業務に要する時間比率について従来手法との比較を図-6に示す。システムの配線や設定作業が必要となるため、従来手法に比べて緊張準備に時間を要するが、緊張作業中の計測作業が自動となるため、現地での作業時間を若干短縮できた。

計測データのデジタル化により、緊張管理図が自動で作成され、グループ管理等のデータ処理も効率的に行えるため、事務所での管理業務を大幅に省力化でき、緊張管理業務全体では約50%生産性を向上することができた。

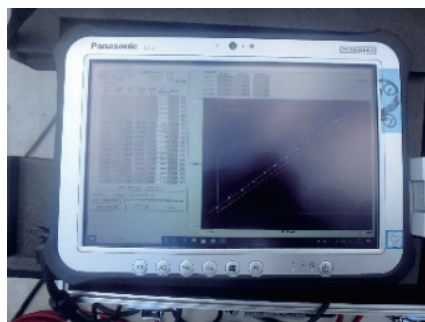


写真-6 タブレットPC

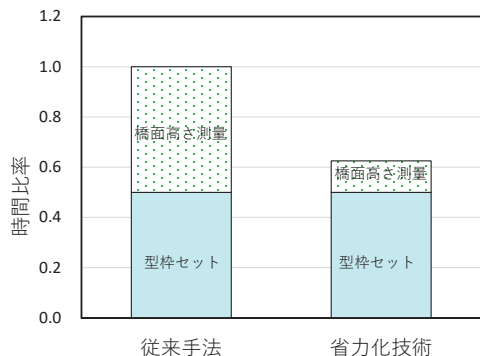


図-4 測量および型枠セットに要する時間の比較



写真-7 レーザー変位計

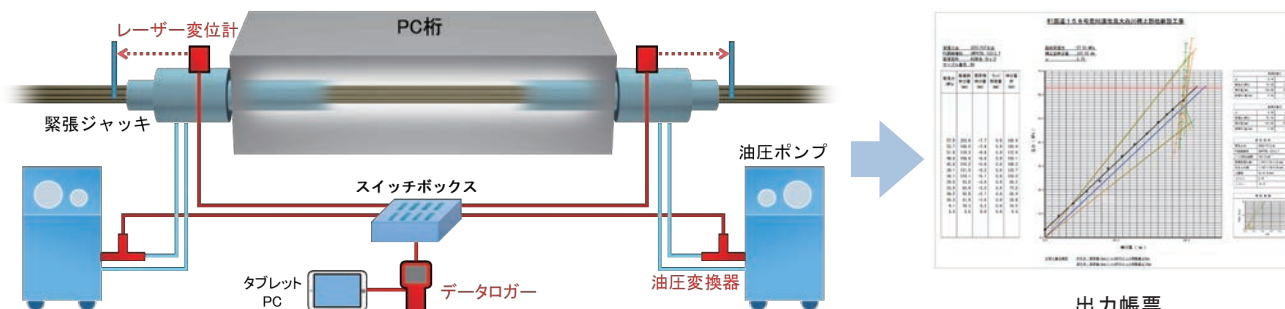


図-5 緊張管理システムの概要



写真-8 緊張管理状況



写真-9 管理パソコン



写真-10 注入管理装置

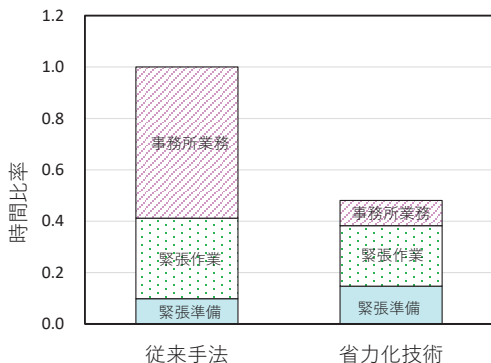


図-6 緊張管理業務に要する時間の比較

4.3 グラウト注入管理システム

グラウト注入管理システムの概要を図-7に示す。

PCグラウトの施工では、グラウトの圧送圧力、注入量、温度の逐次記録をデジタルデータとしてパソコンで一括管理するシステム^{2),3)}により管理を行った(写真-9、写真-10)。

従来手法であるチャート式流量計による管理と時間との比較を図-8に示す。本システムの採用により、計測データから容易に管理帳票を生成できるため、注入施工後のチャート記録の読み取りや手入力による管理記録の作成が省略でき、現場管理者の負担を軽減することができた。

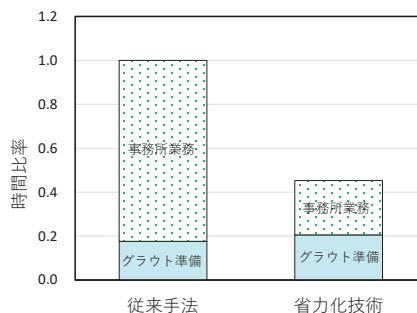


図-8 グラウト管理業務に要する時間の比較

5. まとめ

開発した橋面自動測量システムの現場検証では、移動作業車に設置したトータルステーションからの自動計測において良好な精度で計測できること確認ができた。計測データをデジタル化する技術を導入することで、手作業による管理帳票の作成などが省略でき、デスクワークによる負担を大幅に軽減できた。自動計測技術やデジタ

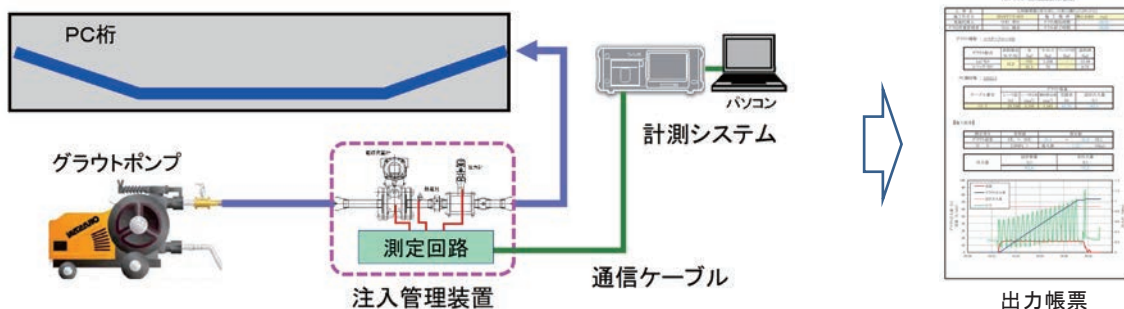


図-7 グラウト注入管理システム

ル化技術を現場で運用することで、データ整理作業の効率化による生産性向上に加え、現地での値の読み違いや記録ミスといった人為的ミスの防止につながる。

今後、積極的に現場導入を行い生産性向上に努めるとともに、課題の抽出、改良改善を行ってより良いシステムにしていきたい。

【参考文献】

- 1) 角田晋相、宮澤祐蔵、民部田将弥、秋山博：張出し架設における自動測量技術の開発と生産性向上技術による施工、第 31 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、pp. 97-100、プレストレストコンクリート工学会、2022 年 10 月
- 2) 角田晋相、告中修平：PC グラウトの注入計測および充填計測の一元化による管理、土木学会第 73 回年次学術講演会、VI-477、pp. 953-954、平成 30 年 8 月
- 3) 角田晋相、告中修平：PC グラウト一元管理システムの開発、銭高組技報 No. 43、pp. 3-6、2018 年