

鋼桁の出来形計測が可能な UAV を活用した 3 次元計測システム「ハイブリッド測量」の紹介

株式会社駒井ハルテック 技術開発本部長 たちばな はじめ 橋 肇
 株式会社イクシス 代表取締役 やまさき ふみのり 山崎 文敬

1. はじめに

近年、日本では人口減少、高齢化、担い手不足が社会問題となっている。橋梁の工事現場においても、作業員の減少や高齢化、担い手不足が生じており、工事現場における省力化や生産性の向上が喫緊の課題となっている。橋梁上部工の工事現場では、下部工および上部工の測量を行う際、一般的に橋脚上等での高所作業が生じる。そのため、安全設備等の設置が必要となり、多くの労力や時間を要している。

国土交通省では、平成 30 年度以降、建設現場の生産性を向上するための研究開発を促進する「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」(PRISM) を実施している。

そこで、橋梁メーカーである駒井ハルテックと、データ解析やソフトウェア開発を得意とするイクシスでコンソーシアム協定を結び、令和 2 年度および 3 年度の PRISM に応募¹⁾し、橋梁上部工の工事現場における、測量技術に着目した取り組みを実施した。その結果、地上からの作業のみで、下部工測量および鋼桁の出来形計測が可能な 3 次元計測システム「ハイブリッド測量」を開発し、技術の成立性を確認した。

本稿では、ハイブリッド測量の概要や、橋梁上部工事における現場試行の結果について報告する。

2. ハイブリッド測量概要

図-1 に、ハイブリッド測量の概要を示す。ハイブリッド測量は、従来測量で使用されるトータ

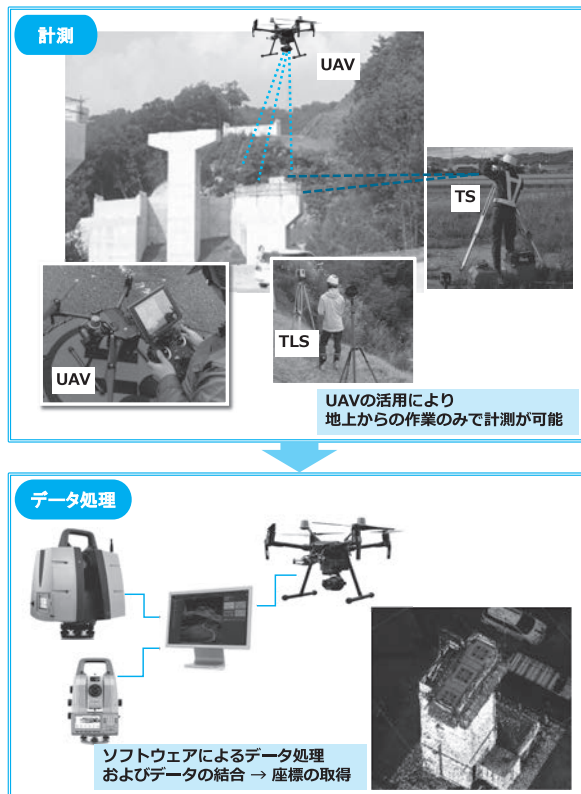


図-1 ハイブリッド測量の概要

ルステーション（以下、「TS」という）に加え、UAVおよび地上型レーザースキャナー（以下、「TLS」という）を併用して計測を行う。橋脚上面等、高所のデータはUAVを用いて収集することで、従来測量で生じていた橋脚、橋台上での作業が不要となり、地上からの作業のみで計測が可能となる。

図-2に、収集したデータの処理方法を示す。まず、TLSで取得した点群データおよび、UAVで取得した写真データをソフトウェアにて処理する。具体的には、TLSのデータはTSで計測した基準点に合わせて座標変換し、各スキャンデータを合成する。写真データは、TSで計測した基準点を考慮して解析することで、オルソ画像を作成し、3次元点群データを生成する。さらに、これらのデータを統合ソフトウェアにて合成し、一つの3次元点群データに集約する。最後に、合成した3次元点群データから、着目点の座標を抽出し、下部工の支間長等を算出する。

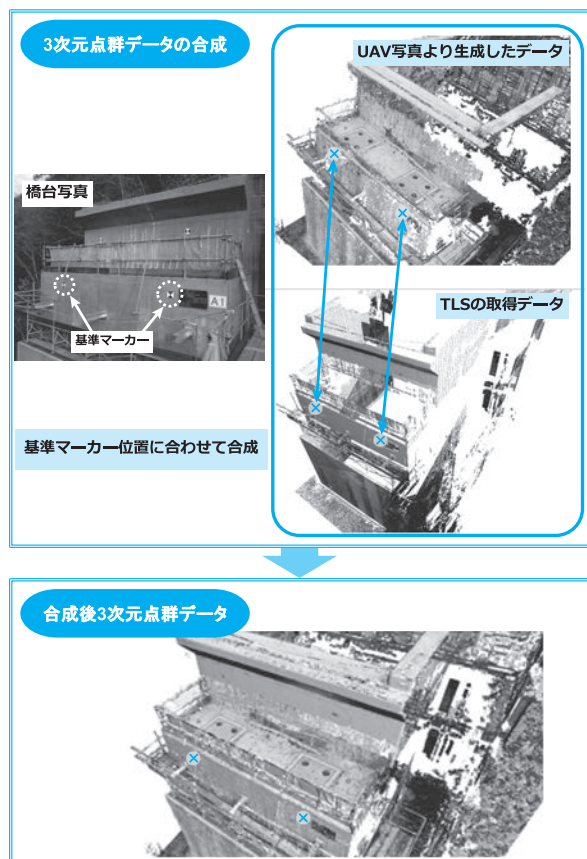


図-2 収集したデータの処理方法

なお、ここでは、基準点として下部工に貼り付けたマーカを使用した例を示したが、現場状況によってはマーカを使用せず、任意の点を基準とする場合もある²⁾。

3. 現場試行

(1) 現場試行概要

2021年12月～2022年3月に、奈良県吉野郡の橋梁上部工事にて、ハイブリッド測量を試行した。図-3に、対象橋梁の構造一般図を示す。本橋梁は、橋長56m、支間長53.1mの鋼単純箱桁橋である。

試行の対象は、着工前の下部工測量および鋼桁架設後の出来形計測である。ハイブリッド測量の測量精度、作業効率、安全性等を検証するため、比較対象としてTSを用いた従来測量も実施した。

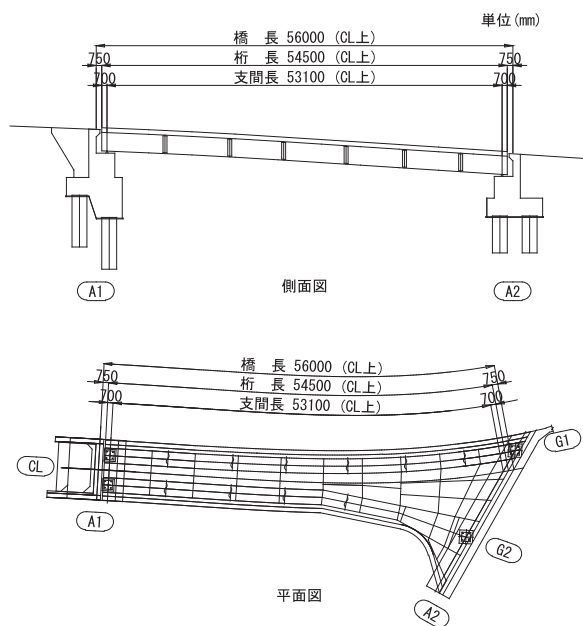


図-3 対象橋梁の構造一般図

(2) 使用機材

ハイブリッド測量は、表-1および写真-1に示す機材を用いて計測した。

表-1 使用機材一覧

機材	製品名	メーカー
TS (トータルステーション)	Leica Visa TS16A R1000 (1級TS)	Leica
TLS (地上型レーザースキャナー)	Leica Scan Station P40	Leica
UAV	DJI Matrice210 RTK D-RTKV2	DJI
UAV 搭載カメラ	ZENMUSE X7 (レンズ: DJI DL24 mm F2.8 LS ASPH)	DJI

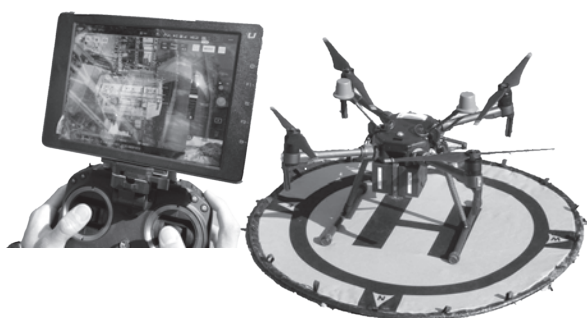


写真-1 UAV (DJI 社製)

(3) 計測手順 1 (下部工測量)

下部工測量は、図-4の手順で実施した。

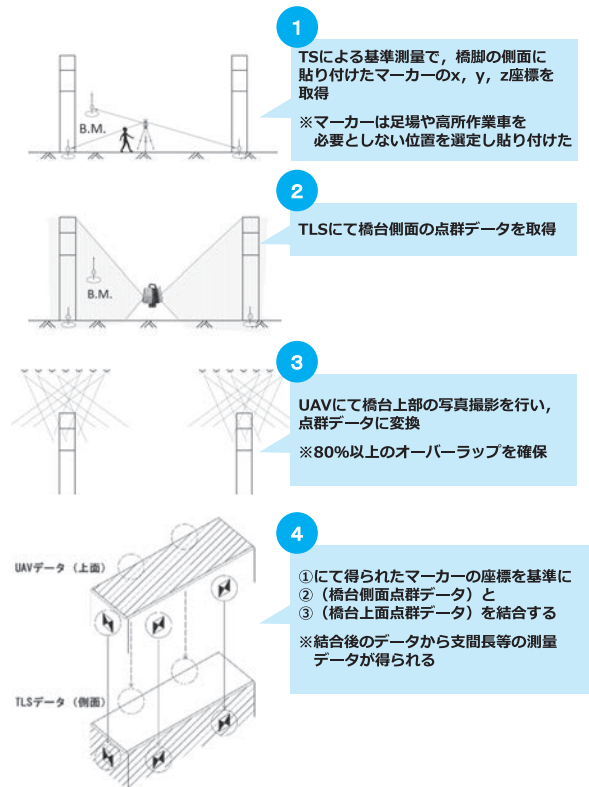


図-4 下部工測量手順

(4) 計測手順 2 (鋼桁出来形計測)

鋼桁出来形計測は、図-5の手順で実施した。なお、基準マーカは、鋼桁フランジ上に設置した。

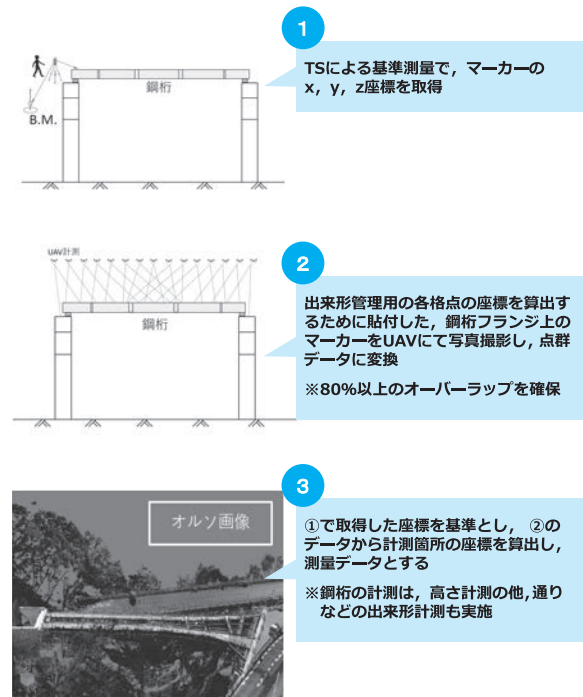


図-5 鋼桁出来形計測手順

(5) 試行結果および従来技術との比較

試行現場にて、下部工測量および鋼桁出来形計測を実施し、従来測量とハイブリッド測量の結果を比較した。

① 計測精度

現場試行では、下部工の支間長、アンカーホール位置、支承上構造高および上部工の支間長、通り、そりを計測したが、ここでは代表的な項目について述べる。

まず、支承上構造高は図-6に示すとおり、従来測量とハイブリッド測量の計測値の差が7mmであった。

次に、鋼桁架設後の支間長は図-7に示すとおり、従来測量とハイブリッド測量の計測値の差が、G1桁で1mm、G2桁で4mmであった。鋼桁架設後の支間長は、従来測量とハイブリッド測

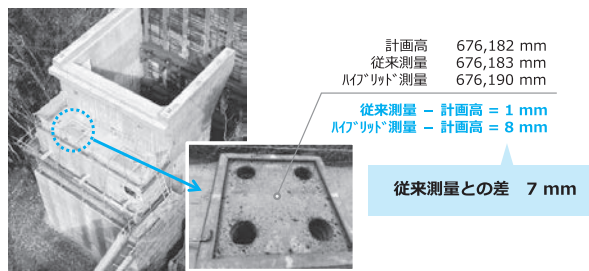


図-6 支承上構造高計測結果

量の計測値の差が、国土交通省要領（案）³⁾ に示される測定精度 ± 10 mm の範囲内となった。

続いて、鋼桁のそりについて述べる。そりは、支点支持時に桁のフランジ中心線のz座標を計測した。図-8に示すとおり、従来測量とハイブリ

ッド測量の各格点位置の高さの差は、最大4 mmであった。この値も測定精度 ± 16 mm³⁾ 以内であり、ハイブリッド測量の精度は、従来測量と同程度であることが確認できた。

② 省力化

従来測量とハイブリッド測量で、下部工測量および鋼桁出来形計測にかかる日数、人工を算出し、比較した。ハイブリッド測量により、作業時の橋台の昇降や、高所作業用の安全対策にかかる時間と労力を削減できた。そのため、作業日数は図-9に示すとおり、全体で2日間短縮（26%削減）となった。作業人工は図-10に示すと

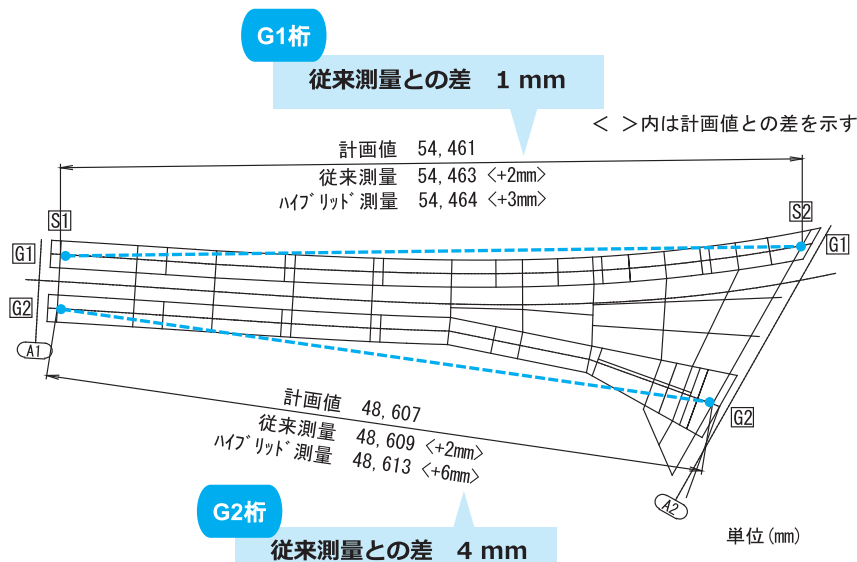


図-7 鋼桁架設後の支間長計測結果

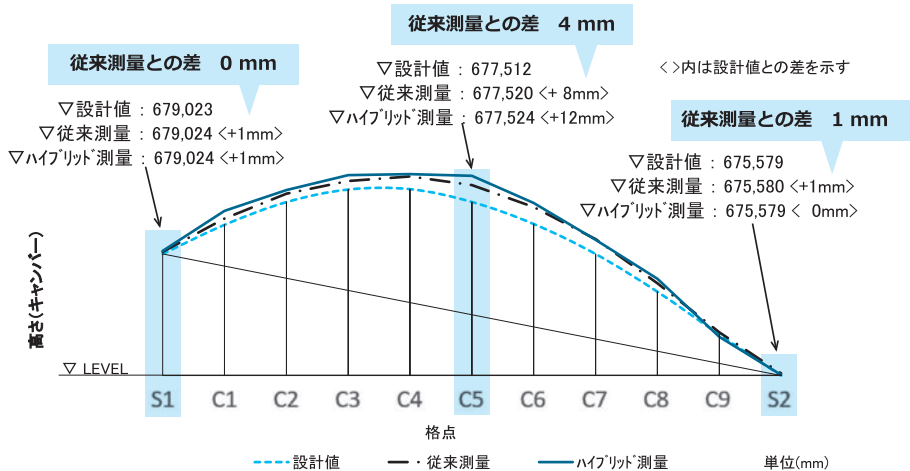


図-8 鋼桁のそり計測結果

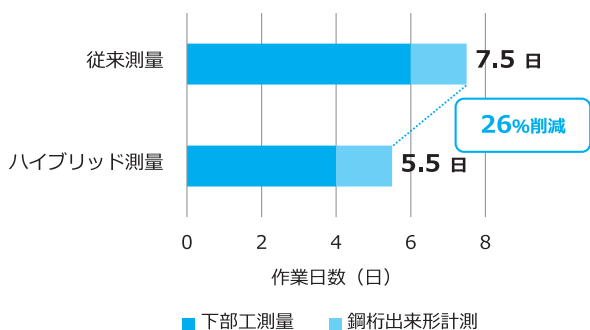


図9 下部工測量および鋼桁出来形計測の作業日数

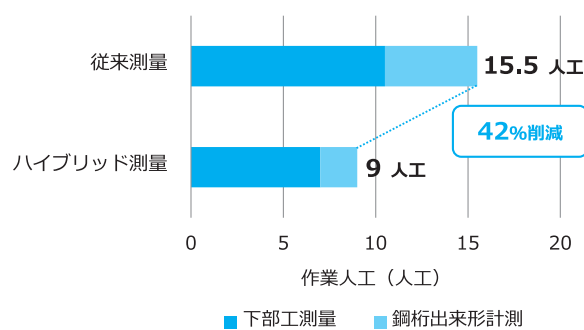


図10 下部工測量および鋼桁出来形計測の作業人工

り、全体で6.5人工削減（42%削減）となった。

③ 安全性

本橋では従来測量の場合、下部工測量、鋼桁出来形計測ともに高所での作業が必要であった。しかし、ハイブリッド測量の活用により、地上からの作業で下部工の天端面のデータを高精度で取得できた。さらに、鋼桁出来形計測においても、地上からの作業のみで計測が可能のため、従来測量に比べて安全性が向上した。

4. おわりに

本稿では、開発したハイブリッド測量の概要と実工事現場にて試行した結果を示した。ハイブリッド測量は、従来測量と同程度の精度を有し、省力化や安全性の向上に効果があることが確認できた。今後は、UAVの飛行高度の適用範囲等を検証し、さらなる省力化や精度向上を目指すとともに、活用の場を広げていく。

謝辞：本文で示した現場試行は、国土交通省の令和3年度の「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」に採択され、助成を受けて実施しました。現場試行にあたり、ご指導、ご協力をいただいた近畿地方整備局の関係者の皆さまに感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 国土交通省ホームページ：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，https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000807.html（2023年2月時点）
- 2) 橋肇，山崎文敬，中本啓介，小林光，山中晶裕：UAVなどを用いた上部工着手前のハイブリッド測量，土木学会第76回年次学術講演会，I-47，2021.9
- 3) 国土交通省ホームページ：3次元計測技術を用いた出来形管理の監督・検査要領（構造物工（橋梁上部工）編）（試行案），<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/content/001475953.pdf>（2023年2月時点）