

レーザートラッカーによる仮橋施工の高精度化と効率化

奥野 祐平¹・綿貫 将太¹

¹奥村組土木興業株式会社 環境開発本部 第二技術部（〒552-0016 大阪市港区三先1-11-18）

河川内における仮橋工事では、出水期の施工制約条件などから全体工程が長くなることもあり、上部工と下部工を分割して発注することがある。先行する下部工施工では、アクセス道路や施工ヤードを整備した後、下部工を構築することになる。上部工の施工は出水期明けの作業となるため、出水期間中の水位上昇により下部工の支間長が変化している恐れがあること、施工ヤードの地耐力が低下している恐れがあることなどから支間長の確認と施工ヤードの再整備が重要である。

今回、上部工桁の製作に反映させるために精確な支間長の確認を行うとともに、上部工工事を開始する前に施工ヤードの状態を確認し、安全に作業ができるかを検討する必要があった。そこで高い精度での測量が可能な「Leica レーザートラッカー」による支間長の確認とSWS試験で原位置の換算N値を計測したことで、整備された施工ヤードの地耐力について再検討を行った。

キーワード 河川工事、レーザートラッカー、SWS試験（スクリューウェイト貫入試験）

1. はじめに

木津川上流域に位置する上野地区は、木津川・服部川・柘植川が合流し直下流に岩倉峡の狭窄部を抱えており、浸水常襲地として古来より悩まされてきた地域である。木津川では、狭窄部下流の河川整備が進捗していないのが現状である。木津川上流部大規模水害・土砂災害に関する減災対策として、淀川水系上野遊水地事業に伴

う三田地区引堤により、伊賀上野橋延伸を行うことを目的に、迂回路（仮橋）を設置する必要があった。併せて、服部川左岸高水敷き部を掘削することにより、服部川の水位を低下させることを計画した。

国道422号本線の整備に伴い、迂回路として仮橋（プレガーダー橋）を設置する計画である。下部工（支持杭・桁受・受桁）は施工済みであった（図-1）。

仮橋橋の上部工の支承条件はFIXおよびMOVであり、

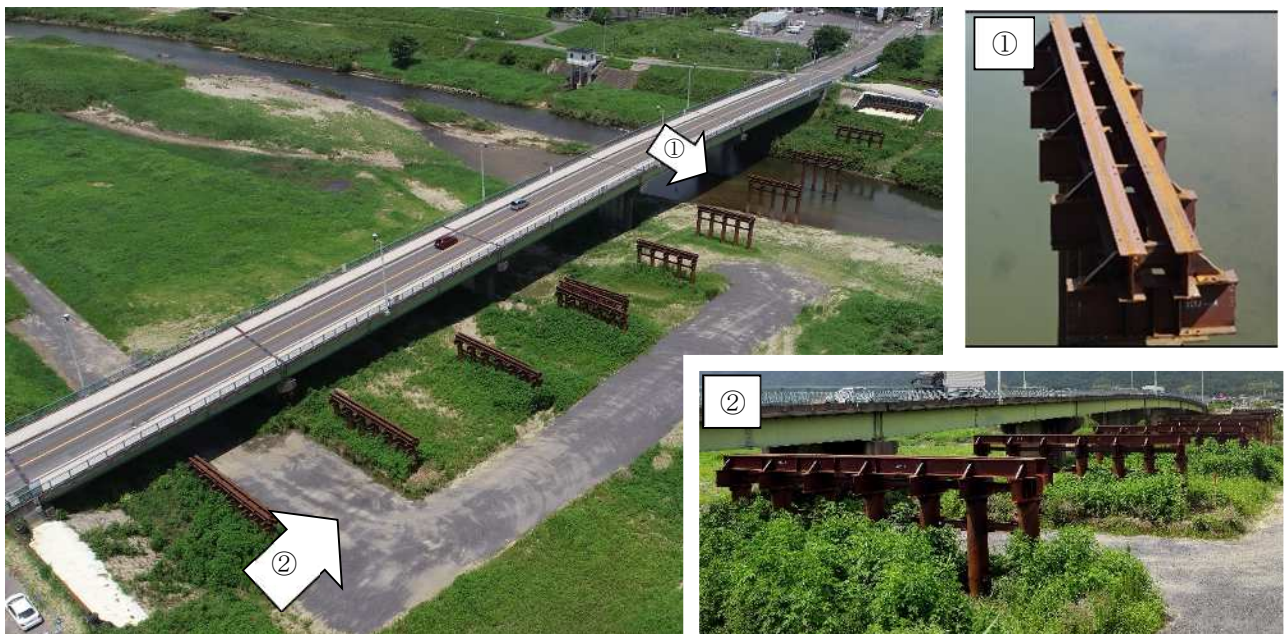


図-1 伊賀上野仮橋（2024年7月撮影）

受桁にボルトで固定されるため、上部工の製作には高い精度が求められる。このことから、上部工製作前にボルト固定位置の確認が必要である。また、施工ヤードの地耐力についても、改めて確認する必要があった。

2. レーザートラッカーによる支間長調査

(1) レーザートラッカー（ATS600, Leica社）の概要

支間長の情報は設計図面での情報しかなかったため、従来のレーザースキャナーよりも高精度な三次元測量が行えるレーザートラッカー（以下、トラッカーという）を用いることにした。トラッカーは、航空機や自動車部品を製造する工場などで使われる産業用の計測機械であり、土木工事での使用例はかなり少ない。機器構成を図2に示す。



図2 レーザートラッカーの機器構成

一般的に使用されるレーザースキャナーには無い大きな特徴が3点ある。1点目は精度が良く、計測対象まで30mかつレーザーの入射角が 45° 以上でスキャニング計測を行った場合、誤差は $\pm 0.3\text{mm}$ である。2点目はリフレクターと呼ばれる器具を用いて、トータルステーション（以下、TS）のように点を計測することも可能である。3点目は点間ピッチを 0.5mm から 1m の間で任意に設定することができる。図3の通り、レーザースキャナーは測定距離に近い箇所では点群が密に、遠い箇所では点群が疎になる特性があるが、トラッカーは、測定距離にかかわらず均一のピッチを維持したまま点群の計測が可能である。

(2) 調査方法

トラッカーの高い測定精度を保持するためには、対象物に正対して計測することが基本である。

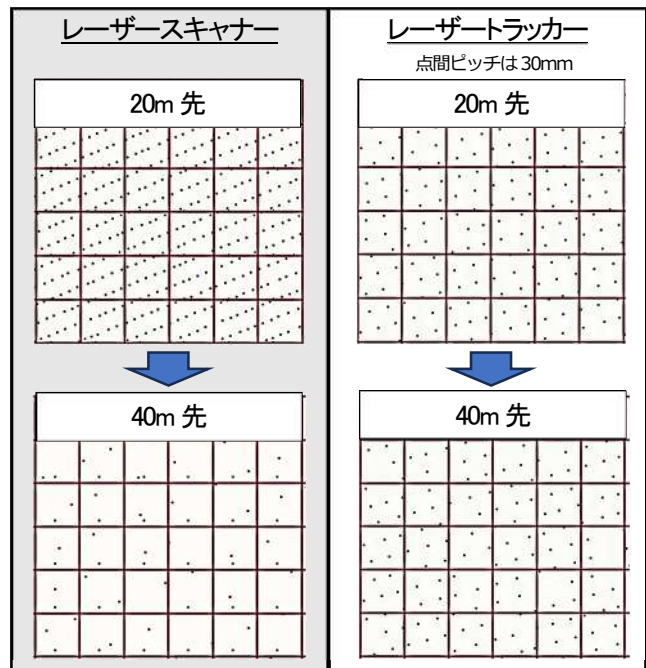


図3 点群密度の比較

このため、隣接する既設橋上にトラッカーを設置して計測することになるが、既設橋は供用された状態での計測となるため測定不良や測定精度の低下などが懸念された。車両通行時の振動の影響を受けないよう測定時間を極力短くする必要があり、1回の計測では1基の受桁を対象として、基準点を確認し、隣の受桁の計測を順次行った（図4）。計測距離は最大で約25m、最小で約3mであった。

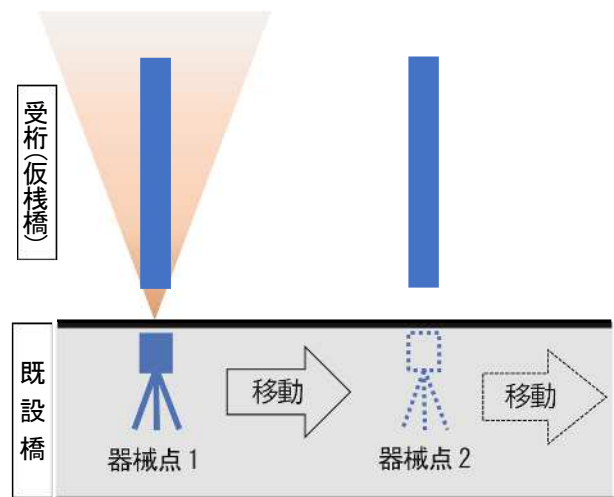


図4 計測の手順

実際の計測の様子を図5に示す。既設橋にトラッカーを据え置き、受桁の計測を行った。

精度が求められるスキャンであるので、受桁の孔のみをスキャン範囲として設定し、計測点群のピッチは 1.5mm とした。次に、孔の点群のみでは後の解析で孔の区別が難しくなるので、受桁全体をスキャン範囲として、計測点群のピッチは 25mm とした。このようにトラッカ

一を用いることで、精度が求められる箇所は点群を密に計測し、そうでない箇所は点群を疎に計測するといったことが可能であり、従来のレーザースキャナーに比べて効率的かつ精度良く計測を行うことができる。

今回のように橋梁が近接しているような条件下では、出水期間であっても計測可能であることや渇水期において水位が低くならない場合でも計測が可能であり、出水期明けの施工がスムーズに行えるというメリットがある。



図5 計測の様子

受桁の計測を始めてから次の受桁の計測を始めるまでにかかる時間は30分程度であった。これはトラックの盛替え、各器械点での基準点計測やスキャンにかかった時間を含むものである。

(3) 調査結果

測量に要した時間は4日で人員は2名、点群の解析には5日を要し人員は2名であった。

点群の処理には、専用の点群解析ソフト（PolyWorks）を用いた。下部工ごとに計測（図-4）を行い、基準点をもとに計測データを繋ぎ合わせて、下部工の位置関係を再現した。

点群の例として、図-6に仮橋橋下部工KP5の点群データを示す。

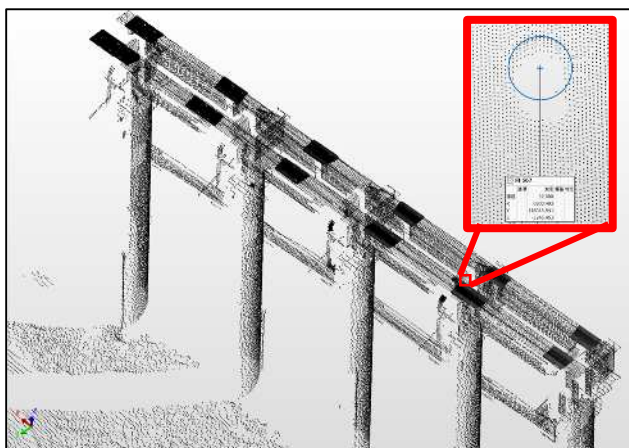


図-6 仮橋橋下部工 KP5 の点群

受桁の孔の抽出方法としては、沓座を固定する孔を円（直径は既知）として抽出し、円のモデルをiges形式で出力した。Autodesk Civil 3Dにiges形式で出力した円のモデルを取り込み、沓座の4つの円のそれぞれ対角上にある2つの円の中心を線で結ぶ。その2つの対角線の交点間の距離を支間長とした（図-7）。



図-7 孔位置と支間長

a) トラックと設計値の差分

計測した支間長は、一部で設計図面の支間長と大きく異なる箇所が確認された。KP11~KA2間の主桁において、設計値と比べて支間長は最大で27mm短かった。これは支間長の規格値を超えるものであった。

b) TSとの比較

トラックとTSの支間長の差分について、8箇所と比較した結果、±3mmに収まった。トラックで測量したデータは有効なデータであると判断できる。

c) 主桁中心間距離の調査（メジャーとTSとの比較）

TSで支間長を測量する作業と並行して、主桁中心間距離もメジャーで計測を行った。

メジャー、トラック、TSの3つを用いて13箇所を計測した。メジャーで計測した数値とトラックで測量した数値は±1mm程度の誤差であった。

3. 施工ヤードの地耐力確認

(1) 施工ヤードについて

仮橋の桁の架設作業は、先行した下部工工事で整備した施工ヤードで行う計画であった。整備された施工ヤードは出水期を越えているため、浸水の影響による地耐力の低下などが懸念され、安全に作業を行うためには桁の架設作業に用いるクレーンの設置圧を満足する地耐力が確保されているかの確認が必要であった。調査は3箇所で行った（図-8）。



図-8 現地施工ヤード

(2) 地耐力確認

地耐力を確認する調査方法として行われているのが、ボーリング試験（標準貫入試験）、平板載荷試験、SWS試験等がある。今回は記載した3つの調査方法の中から、最も簡易的に調査ができ、作業時間が短く早期に結果を判断できることを考慮し、SWS試験による施工ヤードの地耐力確認を行った（図-9）。

a) SWS試験（スクリーウェイト貫入試験）

先行した下部工工事では、地耐力確保を目的として、盛土層（B層）をすべて良質土に置き換えて、表層に厚さ0.2mの砕石を敷きならしていた（図-10、11）。置き換え土より以深は原地盤である。置き換え土の上の砕石0.2mは薄層であったため、支持力検討の対象外とし、荷重の分散効果のみ考慮した。



図-9 現地計測状況



図-10 施工ヤードの断面



図-11 下部工完了時の施工ヤード

b) SWS試験結果

3箇所で行ったが、置換土の層厚や、N値、せん断抵抗角が異なる結果となった（表-1）。

表-1 試験結果一覧

試験箇所	層構成			換算 N 値	せん断抵抗角
No.13	1層目	砕石	0.20m	—	—
	2層目	置換土	1.75m	11.6	28
	3層目	原地盤	—	113.7	56
No.15	1層目	砕石	0.20m	—	—
	2層目	置換土	1.83m	10.1	27
	3層目	原地盤	—	113.7	56
No.17	1層目	砕石	0.20m	—	—
	2層目	置換土	0.75m	18.9	32
	3層目	原地盤	—	85.8	51

c) 地耐力照査結果

地耐力の照査を行った結果、下部工工事とクレーン荷重が異なることや出水期の影響などにより、桁の架設に用いるクレーンの設置圧が地耐力を上回ることがわかった。対策として採用した条件を表-2に示す。

表-2 地耐力の照査結果一覧

試験箇所	検討条件	結果
No.13	敷き鉄板無し	NG
	敷き鉄板無し + 砕石 50cm 追加	OK
	敷き鉄板 1 枚	NG
	敷き鉄板 1 枚 + 砕石 35cm 追加	OK(採用)
No.15	敷き鉄板無し	NG
	敷き鉄板無し + 砕石 60cm 追加	OK
	敷き鉄板 1 枚	NG
	敷き鉄板 1 枚 + 砕石 40cm 追加	OK(採用)
No.17	敷き鉄板無し	NG
	敷き鉄板無し + 砕石 20cm 追加	OK
	敷き鉄板 1 枚	OK(採用)

4. おわりに

通常では上部工工事の開始後に下部工の出来形を確認することになるが、河川の流量によっては下部工への近接のために足場等の設備が必要となることがある。トラッカーを使えば出水期間であっても測定でき、水流のある場所や高さのある場所でも測定可能なため、出水期明けの着手が早められるなど、安全性の向上、コストの軽減や工程短縮に寄与すると考えられる。

地耐力確保を目的に置き換えた場合、出水期間中に乱されて地耐力の低下が生じやすくなるため、地耐力の確認が必要であることがわかった。

先行工事で施工した正確なデータの引き渡しが行われないと、品質や安全性の低下に繋がる恐れがある。支間長や地耐力においても後続工事業者で確認作業を入念に行う必要がある。

参考文献

- 国土交通省：出来形管理基準及び規格値（案）令和6年3月，I-123
- 国土交通省：「日本の川 木津川の歴史」，

（https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon