

張出し架設工法での橋面・型枠自動計測技術の開発と現場への適用

国土交通省

菊地 和彦, 山崎 勲

(株)大林組 正会員

大岡 和男, 森山 公雄, 丸田 雅晴

大場 誠道, 富永 高行, 〇坪倉 辰雄

1. はじめに

橋梁上部工の自動測量では、橋面に設置したトータルステーションで各測定点に設置した反射プリズムを計測する自動計測技術は存在していたが、張出し架設工法では橋面上両端に移動作業車（寒中施工時は仮囲いが必要）が設置されており、またそのほか各種資材を橋面に仮置きする必要もあり、直接視準できない状況が頻発して、計測または作業に支障が出ていた。そこで、トータルステーションにより直接視準できない箇所を橋面に設置した傾斜計により補間して計測する「①トータルステーションと傾斜計を複合した橋面高さ自動計測技術」と、橋面に設置した傾斜計のみで橋面高さを計測する「②傾斜計を用いた橋面高さ自動計測技術」を開発した。

また、張出し施工の型枠高さ計測について、従来はオートレベルを用いて型枠高さを調整してきたが、移動作業車内の型枠（メタルフォーム）に傾斜計を設置して上記①②の「橋面高さ自動計測技術」と連動させることにより、型枠の高さを自動で計測できる「③移動作業車の型枠高さ自動計測技術」を開発した。本稿では、上記 3 つの自動計測技術について詳述すると共に、現場での適用結果を報告する。

2. 適用現場

北海道富良野市で施工中の新富良野大橋 A 橋上部工事で本技術を適用した。新富良野大橋は空知川に架かる全長 619m の橋梁であり、橋梁形式は PC8 径間連続箱

桁橋で、有効幅員 12.0m、最大桁高 4.8m の橋梁を移動作業車による張出し架設工法で架設した。上部工は A 橋・B 橋に工区が分割されており、本工事では起点側 4.5 径間（施工範囲 348m）を A 橋工区として施工し、前述の技術のうち①を夏季施工となる P1 橋脚で、②③を冬季施工となる P2 橋脚で適用した。

3. トータルステーションと傾斜計を複合した橋面高さ自動計測技術の開発

本技術では、橋面上約 20m ごとに設置した反射プリズムをトータルステーションで自動計測し、さらに約 7m ごとに設置した傾斜計の計測値を用いて（写真-1, 2）、約 3.5m ごとにある測定点（カットライン）の高さを算出した。算出した計算値はたわみ管理システムに連動させ、タブレット端末に瞬時に施工状況を表示する IoT システムを構築した。システムの概略図を図-1 に示す。 $\alpha \cdot \beta$ の反射プリズム（設置間隔約 20m）をトータルステーションで計測した値を基準値とし、そののち各測定点の高さを A～E の傾斜計（設置間隔約 7m）で補間した。本システムにより得られた橋面高さの精度は、毎 BL オートレベルの計測値と比較したが、最大でも 5mm 程度の誤差に収まり、大きな誤差なく高精度に算出されていることを確認した。また、トータルステーションにより 3 次元的な橋面変位を計測することで斜角を有する張出し施工中に生じる主桁のねじりや橋脚の傾斜などを管理することができたため、架設精度が向上した。



写真-1 使用した傾斜計



写真-2 橋面傾斜計設置

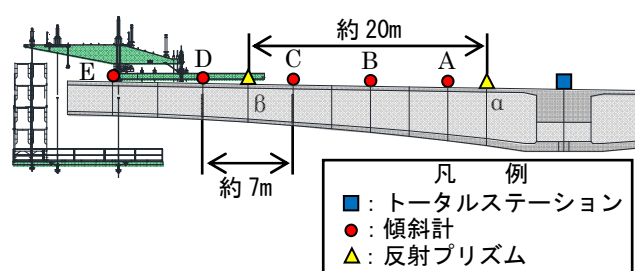


図-1 システム概略図

キーワード 自動計測技術, 張出し架設, 傾斜計, トータルステーション, 生産性向上

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB 棟 (株)大林組 橋梁技術部 TEL 03-5769-1306

4. 傾斜計を用いた橋面高さ自動計測技術の開発

本技術では、柱頭部中央の橋面高さを不動点とし、橋面上約 7m ごとに設置した傾斜計（図-1 の A～E）のみで各測定点の高さを算出した。本システムにより得られた橋面高さの精度は、毎 BL オートレベルで得た計測値と比較したが、「トータルステーションと傾斜計を複合した橋面高さ自動計測技術」に遜色なく、積雪地における冬期の橋面高さ管理に大きな優位性を示すことができた。なお、①A・C・E の傾斜計を使用し設置間隔約 14m として橋面高さを計算した場合と②A・D の傾斜計を使用し設置間隔約 20m（反射プリズムと同間隔）として橋面高さを計算した場合、どの程度計測精度に影響するか検討した結果、A～E の傾斜計をすべて使用した場合と比べて①の場合は平均約 5mm の誤差、②の場合は平均約 10mm の誤差が発生することを確認した。

5. 移動作業車の型枠高さ自動計測技術の開発

本技術では、移動作業車の型枠梁上に設置されたメタルフォームに傾斜計を設置し、型枠の傾斜量を計測した。計測した型枠傾斜量と「橋面高さ自動計測技術」によって得られる張出し先端の高さを連動させることで管理断面の型枠高さを算出した。また、「橋面高さ自動計測技術」と同様に、型枠高さをリアルタイムでタブレットに表示できる IoT 化を図ることで、目標とする型枠高さと現在値との比較を可能とした（図-2）。

本技術の開発にあたり、型枠上で作業する際に発生する振動の影響を検討し、10 秒間の計測平均（2 秒ごとに計測したため、5 つの計測値の平均）を採用することで十分な精度を確保できることを確認した。また、型枠セット後の型枠梁は既設側がコンクリートに固定され、他方はピン構造となっており、型枠を側面方向に見ると直線ではなく曲線形状になるため（図-3）、傾斜計は 1 列あたり 4 個設置し、傾斜量の差を確認した。

本システムの精度検証をオートレベルで得た計測値との比較にて毎 BL 行った結果、自動計測により計測した型枠高さは、良好な精度で実施できていることを確

認した。また、本橋の 3.5m 張出し BL においては、図-3 における A・C の傾斜計のみを使用しても同程度の精度を保つことができることを確認した。

6. まとめ

「橋面高さ自動計測技術」について、開発した2つの技術の特徴として、「トータルステーションと傾斜計を複合した橋面高さ自動計測技術」は橋面高さ管理だけでなく、3次元的な橋面変位を計測することができ、「傾斜計を用いた橋面高さ自動計測技術」は積雪や橋面の資材状況などに影響を受けず計測することができた。これらの技術を開発することにより、従来どおりのオートレベルによる測量を減じることができたため、生産性を40%向上させることが可能となった（表-1）。

次に、「移動作業車の型枠高さ自動計測技術」について、いつでも誰でも型枠の高さを把握して施工管理ができるようになり、施工管理者の測量業務を減じることができたため、生産性を25%向上させることが可能となった（表-1）。また、型枠技能者についても施工管理者の指示を待つことなく型枠高さを調整できるようになったため、作業効率が向上した。

表-1 従来と橋面高さ自動計測技術の比較

測量	項目	のべ時間 (張出し1BLあたり)	比率
橋面測量	従来の手法	10	1.00
	開発した手法	6	0.60
型枠測量	従来の手法	8	1.00
	開発した手法	6	0.75

今後の方針として、橋梁形状・支間長・橋脚高さ・型枠の種類などの現場条件によって、精度を確保するために必要な反射プリズムや傾斜計の数が変化することが予想されるため、さまざまな条件で計測・検討を行い、汎用性を高めていく必要がある。

参考文献

菊地，山崎，森山，坪倉：新富良野大橋 A 橋の施工，プレストレストコンクリート Vol.62, No.1, pp.33-41, 2020.1

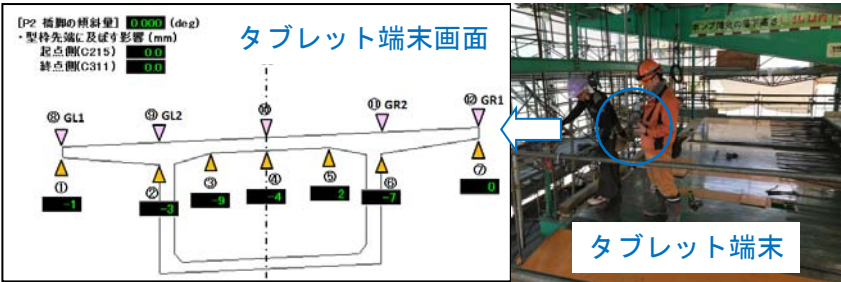


図-2 型枠セット状況

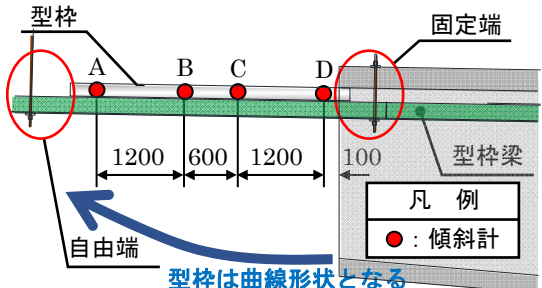


図-3 型枠セット時の側面図