

ICT 技術を活用した上げ越し管理システムの開発

河合 祐輔*1・大野 俊平*1・磯部 善隆*1

概 要

張出し架設工法では、毎週のように「コンクリート打設」、「PC 鋼材緊張」、「移動作業車の移動」を行い、その都度橋面高さが変動するため、その挙動を計測により確認する必要がある。一般に橋面高さの計測はレベルを用いて二人で行われること、また長大橋であるほど計測点が増加することから、計測には多大な労力・時間を要する。

本検討では張出し架設工法における上げ越し管理の省力化を目的とし、ICT 技術を活用した橋面高さ管理を実施した。その結果、本管理方法は、従来のレベルを用いた管理方法の半分以下の作業時間で行うことができ、大幅な省力化に繋がることを確認した。

キーワード：上げ越し管理，橋面高さ計測，ICT，省力化

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR CONTROLLING ADDITIONAL
ELEVATIONS BY THE USE OF ICT

Yusuke KAWAI*1, Shunpei OHNO*1, Yoshitaka ISOBE*1

For the construction of a bridge by a cantilever method, the three processes, “concrete placement,” “PC steel tensioning” and “shifting of the mobile work platform” are repeated weekly. Once each process is finished, the height of bridge deck changes, and then measurements are necessary to confirm the behavior of the bridge deck. Generally, measurement of the bridge deck height is made by two workers using levels. The longer the bridge, the greater the number of points needing to be measured. This measurement step involves a huge amount of labor and time.

This paper reports a study done of an innovative management approach to make the cantilever method more effective, by the use of ICT technology for managing the height of bridge decks to save labor during the process of additional elevations. The study revealed that this management method was able to perform the required task in a much shorter time, 50% or less, than the conventional method using levels.

Keywords: management of additional elevations, measurement of bridge deck height, ICT and saving labor

*1 Concrete and PC Group, Bridge Technology Department, Civil Engineering Division

ICT 技術を活用した上げ越し管理システムの開発

河合 祐輔*1・大野 俊平*1・磯部 善隆*1

1. はじめに

橋梁の施工における出来形管理において、精度確保が難しく労力を要するのが橋面高さ管理である。橋面高さ管理では、施工中の構造系変化等を考慮した変形計算より上げ越し量を算出し、上げ越し量に基づいて型枠セットを行い、橋面が所定の高さとなるように管理する。この一連の高さ管理作業を上げ越し管理という。橋面高さは、コンクリートのヤング係数の違いや出来形誤差、緊張力誤差、温度差の影響など様々な要因で設計値と誤差を生じるため、完成時に許容値を超える誤差の発生が予想される場合は、施工中に適宜、上げ越し量を補正する必要がある。

張出し架設工法は、PC 橋の架設に広く用いられる工法の1つであり、橋脚の柱頭部から順に橋桁となるブロックを左右にバランスをとりながら張り出して施工していく工法である。一般に1つのブロックは10日程度で施工され、その中で橋面高さ変化を伴う作業として、WG移動、コンクリート打設、PC緊張作業が存在する。これらの作業時には、その都度橋面測量を行い、設計値との比較、補正を行うことで、精度確保に努めている。

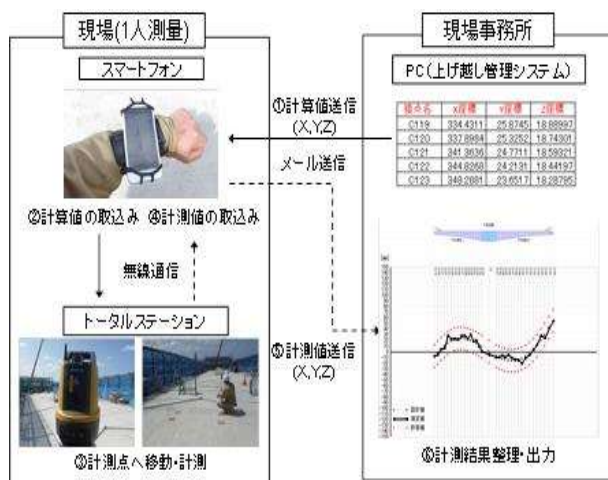


図-1 使用機器関連図

る。橋面高さは、通常、レベルを用いて2名で測量し、橋長の長い橋梁やブロック数の多い橋梁では多くの労力と時間を要する。

そこで、上げ越し管理の省力化を目的とし、橋面高さ計測にICT技術の導入を検討した。本稿では、ICT技術を活用した橋面高さ管理方法について報告する。

2. ICT 技術を活用した橋面高さ管理方法

2.1 使用機器

橋面高さ計測および計測結果管理のため、以下の機器を使用した。

- (1) トータルステーション (TOPCON LN-100)
- (2) 360°プリズム (TOPCON ATP2SII)
- (3) スマートフォン
- (4) 上げ越し管理システム (Tekken Cantilever System)

トータルステーション(以下、「TS」と記す)は、自動追尾機能と無線通信機能を備えたLN-100(TOPCON)を使用した。このTSはフリーアプリケーション「MAGNET construct」¹⁾をインストールしたスマートフォンを用いて操作することができるため、従来2人必要とした橋面高さ測量を1人で行うことが可能となる。また、各施工ステップにおける橋面高さを管理するシステムとして、当社保有の上げ越し管理システム(以下、「TKCS」と記す)を用いた。TKCSではスマートフォンから受信した計測結果ファイルを直接読み込むことができるため、これまで行っていたパソコンへの手入力を省略することが可能となる。

2.2 システム概要

本システムはTKCS、スマートフォン、TSの間に簡易なネットワークを形成し、TSのコントロ

*1 土木本部 橋梁技術部 コンクリートPCグループ

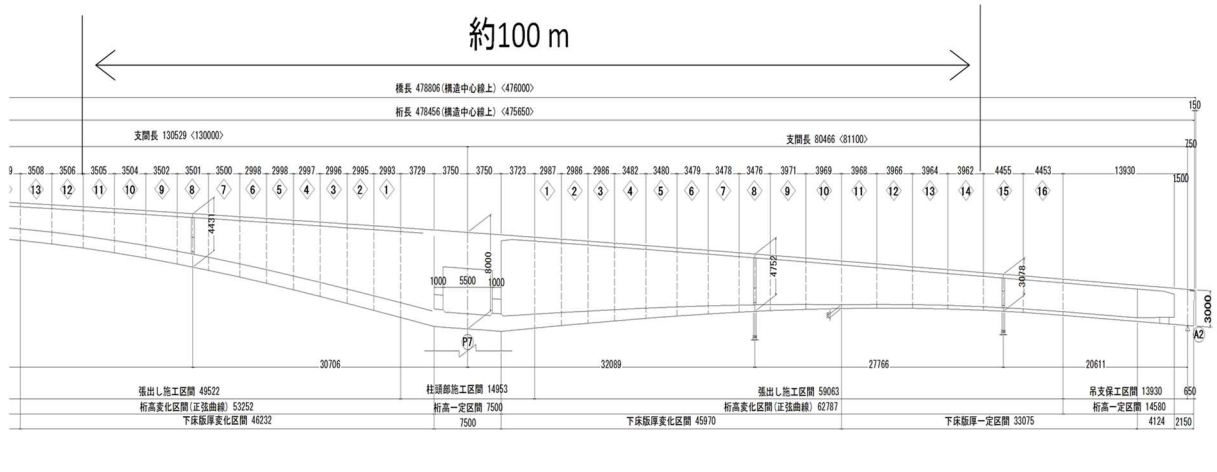


図-2 計測範囲縦断面

ールや計測データの授受を行う。本システムにおける各使用機器の関連図を図-1に示す。

3. 試験計測の実施

本システムを用いた試験計測を下記の工事にて実施した。なお、計測範囲は当社の施工範囲である P7~A2 のうち約 100m、計測点として 19 点を対象とした (図-2)。

工事名：牧港高架橋上部工工事

工事場所：沖縄県浦添市宇牧港地内

発注者：沖縄総合事務局 南部国道事務所

構造形式：4 径間連続混合箱桁橋

橋長：476.0 m

3.1 計測準備

計測前に TKCS 上で計測するステップの橋面高さを算出し、スマートフォンへ 3 次元座標データを送信する。スマートフォンではアプリケーションを起動し、受信した座標データを読み込む。スマートフォンの座標データ表示画面を図-3に、実際に計測を行った橋面状況を写真-1に示す。

3.2 器械設置

柱頭部の任意点に TS を設置し、スマートフォンと無線接続を行う。その後、既知点 2 点を視準し、後方交会法により TS の位置を決定する。

3.3 橋面高さ計測

計測したい座標点をスマートフォン上で選択し、TS を当該座標点に自動追尾させ計測を行う。計測はアプリケーション操作による自動計測であるた



図-3 座標データ表示画面

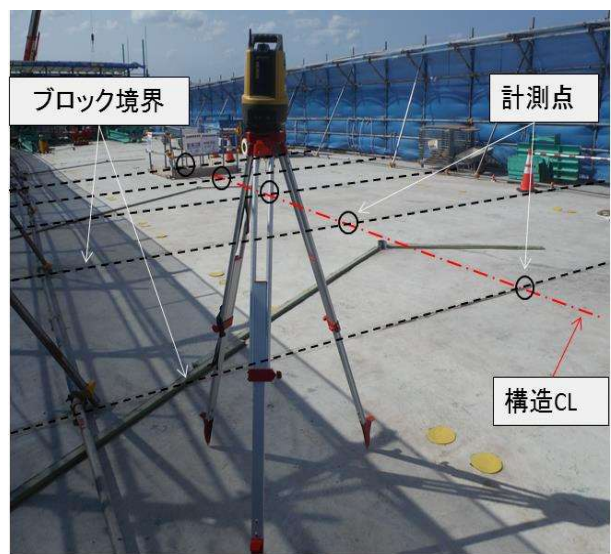


写真-1 橋面状況

め、人的要因による誤差は比較的小さくできる。スマートフォン上で自動記録・自動計算された計



図-4 計測時スマートフォン画面



写真-2 計測状況

各計測点の実測値				設計値との差					
測設点	測設ノート	測設X	測設Y	測設Z	ΔX	ΔY	ΔZ	切り	差
G156	stk	C156	447.791	9.022	12.844	0.006	-0.006	0.003	0.003
G155	stk	C155	443.653	9.441	13.088	0.005	-0.004	-0.01	0.01
G154	stk	C154	439.973	9.883	13.313	0.006	-0.006	-0.004	0.004
G153	stk	C153	435.973	10.341	13.546	0.006	-0.003	-0.004	0.004
G152	stk	C152	432.027	10.818	13.774	0.013	0	0	0
G151	stk	C151	428.09	11.318	14.008	0.013	-0.003	0	0
G148	stk	C148	417.258	12.742	14.644	0.017	-0.003	0.003	0.003
G147	stk	C147	413.813	13.267	14.848	0.017	-0.013	-0.004	0.004
G146	stk	C146	410.373	13.77	15.052	0.012	-0.019	-0.009	0.009
G145	stk	C145	406.922	14.274	15.243	0.018	-0.018	-0.003	0.003
G144	stk	C144	403.974	14.706	15.407	0.013	-0.009	0	0
G143	stk	C143	401.012	15.136	15.576	0.022	0.007	-0.001	0.001
G141	stk	C141	398.102	15.569	15.74	-0.021	0.026	0	0
G135	stk	C135	383.396	17.913	16.546	-0.085	0.012	0.005	0.005
G133	stk	C133	380.4	18.395	16.706	-0.044	0.007	0.003	0.003
G132	stk	C132	377.46	18.88	16.873	-0.06	0.001	-0.008	0.008
G131	stk	C131	374.506	19.365	17.023	-0.063	-0.002	-0.005	0.005
G130	stk	C130	371.543	19.854	17.183	-0.057	-0.006	-0.012	0.012
G129	stk	C129	368.602	20.336	17.325	-0.074	-0.003	-0.005	0.005
G122	stk	C122	344.924	24.208	18.44	-0.097	0.004	0.002	0.002

図-5 計測結果ファイル

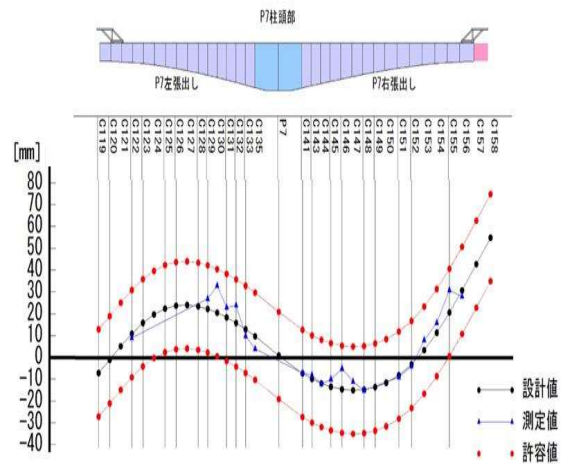


図-6 橋体形状管理図

測結果を全計測終了後にパソコンへメール送信する。計測時のスマートフォン画面を図-4に、実際の計測状況を写真-2に示す。

3.4 結果管理

TKCSで受信した計測結果ファイルを読み込み、橋体形状管理図を出力する。管理図上には計測値の他、設計値および許容値も同時に表示されるため、誤差をグラフ上で確認することができる。計測結果ファイルを図-5に、橋体形状管理図を図-6に示す。

4. 計測精度の確認

橋面高さの計測について、自動追尾機能付きTSによる計測(以下、「自動計測」と記す。)と従

来のレベル計測の結果を比較することで測定精度の確認を行った。測定誤差はレベル計測の測定値を基準とした。設計値と計測値の橋体形状の差を図-7に、自動計測とレベル計測の測定誤差を図-8に示す。自動計測とレベル計測の測定誤差は最大で±3mm程度であり、各ステップの橋体形状を確認する計測精度として十分なものであることを確認した。

5. 上げ越し管理方法の労力比較

従来の上げ越し管理方法(以下、「従来法」と記す。)とICT技術を活用した上げ越し管理方法(以下、「ICT法」と記す。)に掛かる労力を比較するため、それぞれの橋面高さ管理に費やした時間を

比較した。なお、結果は10測点あたりの作業時間とし、各作業時間には作業に要する人数を反映した。従来法とICT法の作業時間を図-9に示す。全作業時間としては従来法が約50分、ICT法が約19分であり、ICT法の作業時間は従来法の半分以下であった。これは、ICT法においては計測時の標高算出やPCへのデータ入力が必要となり、また、TSの自動追尾機能により橋面高さ計測に要する作業人数を2名から1名に削減できたためである。

これらのことから、ICT技術を活用した上げ越し管理方法は大幅な労力低減に繋がると判断することができる。

6. まとめ

上げ越し管理における省力化を目的とし、ICT技術を活用した橋面高さ管理を実施した。以下に得られた知見を示す。

- (1) ICT技術を活用した橋面高さ管理は従来のレベルを用いた管理方法の半分以下の作業時間で行うことができ、大幅な省力化に期待できることを確認した。これは特に施工ブロック数の多い長大橋において効果的だと考えられる。
- (2) ICT技術を用いた橋面高さ管理では、人的要因による誤差を比較的小さくできるため、出来形管理精度の向上に期待が持てる。
- (3) 自動追尾機能付きTSの測定値とレベル計測との差は±3mm以内であり、各ステップの橋体形状を確認する機器として、十分な精度を備えていることを確認した。

7. おわりに

今後は、様々な現場で計測を行い、データの蓄積・改善を経ることで、より現場のニーズに応じた技術へと発展させていく所存である。本技術の導入推進を図り橋梁現場の省力化、生産性向上に努めていきたいと考える。

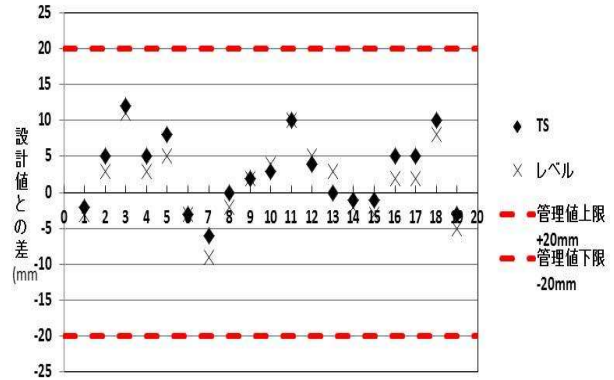


図-7 設計値と計測値の比較

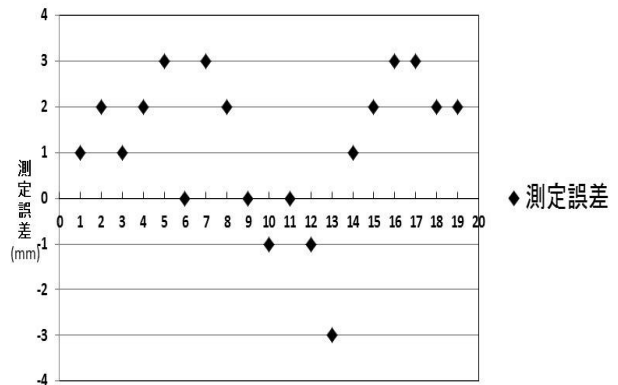


図-8 自動計測とレベル計測の測定誤差

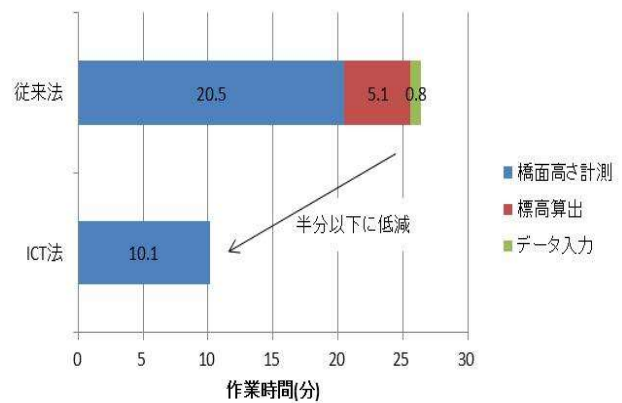


図-9 橋面高さ管理における作業時間の比較

参考文献

- 1) 「MAGNET construct」ホームページ: <http://www.topconpositioning.com/magnet-productivity-suite/magnet-field-solutions/magnet-construct>, 2017. 9