

ICT 活用工種の拡大に向けて

— 構造物設置に ICT 技術を取り入れた試験的施工 —

岡本 佳洋

茨城県 水戸土木事務所 (〒310-0802 茨城県水戸市柵町 1-3-1)

現在、土木工事における i-Construction の取組みとして、土工や舗装工等に ICT 活用工事が導入されるようになっており、2019 年度からは付帯構造物設置工でも ICT を活用する方向性が示された。このような ICT 活用工事の拡大の動きを踏まえ、プレキャストカルバートを対象として、ICT 技術を取り入れた施工を試験的に実施した。施工では GNSS 受信機を用いて構造物の位置情報を取得し、3次元設計データを基に座標管理によるプレキャストカルバートの誘導・設置を行った。また、この施工結果を基に施工性及び精度について検証を行い、付帯構造物設置工での ICT 活用の有用性を確認した。

キーワード i-Construction ICT 活用工事 GNSS 受信機 プレキャストカルバート

1. はじめに

現在、土木工事における i-Construction の取組みとして、ICT 技術を活用した ICT 土工、ICT 舗装工の技術基準類が整備されている。茨城県では平成 28 年度に ICT 活用モデル工事に着手し順次導入を進め、県内の建設産業全体の生産性向上のために ICT 技術の普及に努めている。

土工や舗装工では ICT の活用が進んでいる一方で、関連する排水構造物等の付帯構造物設置工では従来施工のままとなっており、ICT 活用効果が限定的となっているのが現状である。

こうした状況の中で、国土交通省では ICT 活用工種の拡大を進めており、2019 年度からは付帯構造物設置工でも ICT を活用する方向性が示された。これにより一連の工事で ICT が活用できる環境が整ったことから、さらなる生産性の向上が期待される。

今後、適用工種が増加していくなかで、ICT 技術のメリットを享受するためには、工事の中で積極的に ICT を活用し、経験と施工実績を重ねて知見を深めていくことが重要である。

今回は、付帯構造物設置工について、2019 年度から ICT の適用に先駆けて、プレキャストカルバート（以下、カルバート）を対象として ICT 技術を取り入れた“施工”を試験的に実施し、有用性の検証を行った。

2. 工事概要

事業：石岡小美玉 S I C アクセス道路整備事業

工事箇所：茨城県小美玉市竹原地内

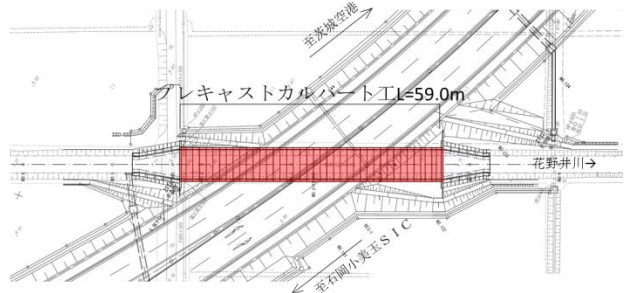


図-1 施工箇所図

構造形式：プレキャストカルバート（2分割）

W6.8m×H3.6m

施工延長：L=59.0m（40 部材）

3. ICT 技術の導入

(1) ICT 活用工事（付帯構造物設置工）

2019 年 4 月に示された ICT 活用工事（付帯構造物設置工）実施要領¹⁾において、「ICT 活用工事」とは以下の①②④⑤の全ての段階で ICT 施工技術を活用することと定義されている。

- ① 3次元起工測量
- ② 3次元設計データ作成
- ③ 施工（該当なし）
- ④ 3次元出来形管理等の施工管理
- ⑤ 3次元データの納品

上記のとおり、施工での ICT 技術の活用は考えられていないことが分かる。そのため、今回の試験施

工は、活用の可能性を模索するための試金石となる。

なお、施工当時（2018年2月）に実施要領は未策定であるため、プロセス等は独自のものとなる。

(2) 施工における ICT 技術の活用の検討

従来の ICT 施工では MC または MG のバックホウやブルドーザを使用して施工している。これらは、バケットや排土板の位置情報をリアルタイムで取得し、ICT 建機による施工用データとの差分に基づきバケット等を自動制御する 3 次元マシンコントロール技術、または、ICT 建機による施工用データとの差分を表示し、バケット等を誘導する 3 次元マシンガイダンス技術を用いている。

一方で、付帯構造物設置工で ICT 建機を用いることを想定すると、設置するにはワイヤー等で吊り上げることから、建機の位置情報が分かることにあまり意味はないと考えられる。

そこで、カルバート自体の位置情報を取得し、取得した情報を基に誘導・設置することで ICT 技術を活用した施工を行うことを目指した。

(3) 位置情報取得の測位システムの整理

ICT 技術を用いた施工において位置情報を取得する方法としては、①GNSS で取得、②自動追尾 TS で取得の 2 通りある。各測位システムの特徴を表-1 に示す。それぞれの特徴を踏まえ、施工条件に適合する手法を選択した。

今回は、衛星補足数が多いことや、支保工等で視準の確保が難しいといった現場特性及びコストを踏まえ、①GNSS による方法を採用した。

表-1 測位システムの比較

名称	GNSS	自動追尾TS
測位方法	人工衛星からの信号を用いて受信機の位置情報を取得。 上空視界があり、常にFIX解を得る衛星補足数(5個以上)が必要。 Ex. RTK法 ネットワーク型RTK法等	TS本体から発信するレーザーがプリズムの反射光を検知し自動追尾することでプリズムの位置情報を取得。 プリズムとの間の視準が確保でき、距離も適正な位置に本体を設置。
精度	水平方向±20mm 高さ方向±30mm	±10mm以下
コスト	低	高

4. ICT 活用施工

(1) 施工モデル

3 章を踏まえ、「GNSS でカルバートの位置情報を取得し、カルバートと設置位置との座標値の差分を表示し、それに基づきカルバートを誘導・設置」を行う施工モデルとした。

a) GNSS 受信機の設置位置

受信機を取り付ける箇所は図-2、図-3 のとおり横断方向は各部材の中心、縦断方向は上流側からオフセット 150mm をとった位置の 1 箇所とした。

オフセット 150mm は、受信機をカルバートに固定するために必要であり設けている。

b) 3 次元設計データ

本施工モデルでは、受信機を取付ける特定の点の座標値のみ把握できればよいことから、土工や舗装工のように TIN 形式による 3 次元化を必ずしも必要としない。

そこで、今回はカルバートの中心線形に 3 次元座標を与え、3 次元設計データとした。受信機の設置位置を踏まえ図-4 のように各部材に 3 次元座標を与えた。

c) 施工プロセス

- ① 構造物の割付配置が決定後、各部材の特定の 1 点に設計座標値 (x,y,z) を付与し、カルバートの 3 次元データ化
- ② 座標値を付与した箇所に GNSS 受信機を取り付け、カルバートの位置情報を取得
- ③ データコレクタに表示される座標値の差分を基に計画した設置位置へ誘導・設置
- ④ 各部材で順次、②～③の工程を繰り返す

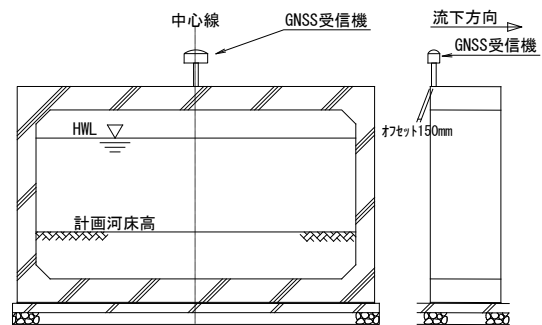


図-2 GNSS 受信機設置位置図

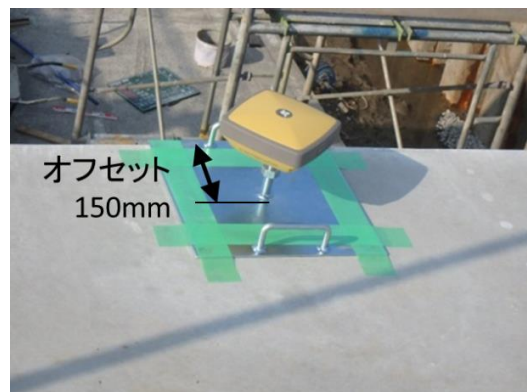


図-3 受信機設置状況

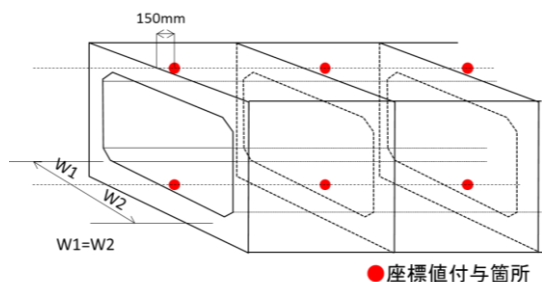


図-4 3次元化イメージ

(2) 通常施工と ICT 施工の比較

通常施工と ICT 施工の施工フローを図-5 に示す。通常施工で行う芯出し（墨出し）作業が、ICT 施工では不要となり、他の ICT 施工と同様に事前の準備作業が短縮できる。

また、据付工では、通常は墨の位置を確認しながら作業を行うことから、作業員は墨の位置、自分の手元等複数の視点へ注意を向ける必要があり、注意力が散漫となり、事故の危険性がある。今回の ICT 施工では、墨の位置の確認が不要となることで、事故の危険性が低減でき、安全性の向上を図ることが出来る。

加えて、省人化や施工日数短縮が可能となれば、ICT 施工の意義があるものと言える。

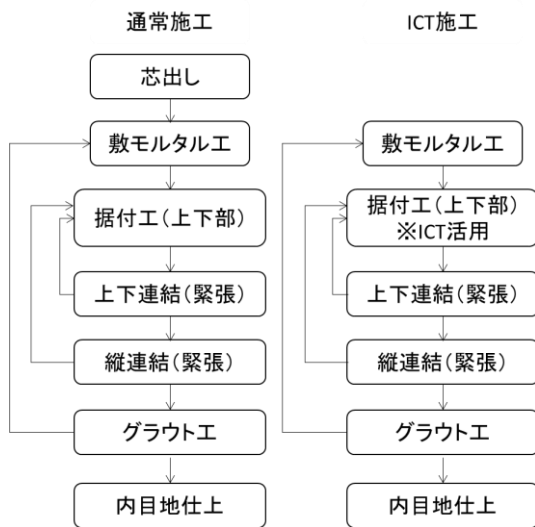


図-5 施工フロー

(3) 施工

a) 3次元起工測量

UAV による起工測量（図-6、図-7）

b) 3次元設計データ作成

土工、カルバートの3次元設計データ作成（図-8）

c) 床掘

MC バックホウによる床付け面の仕上げ

d) カルバート据付

受信機を取り付け、誘導の合図者がデータコレクタで常に座標の差分を確認しながら誘導し、作業員は合図に基づき据付（図-9、図-10）

e) 出来形計測

GNSS ローバーにより出来形計測（図-11）

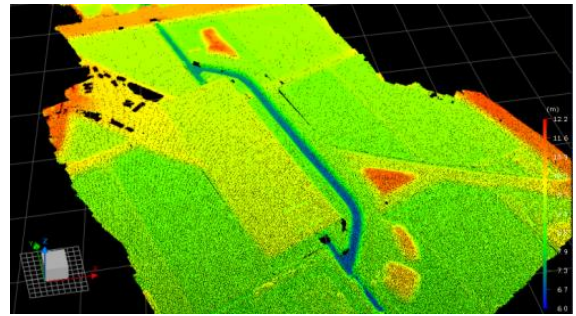


図-7 起工測量の点群データ

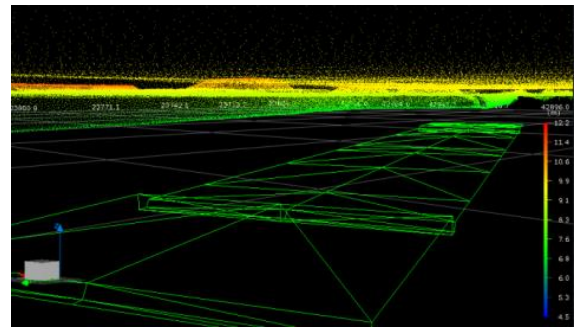


図-8 3次元設計データ



図-9 カルバート据付状況

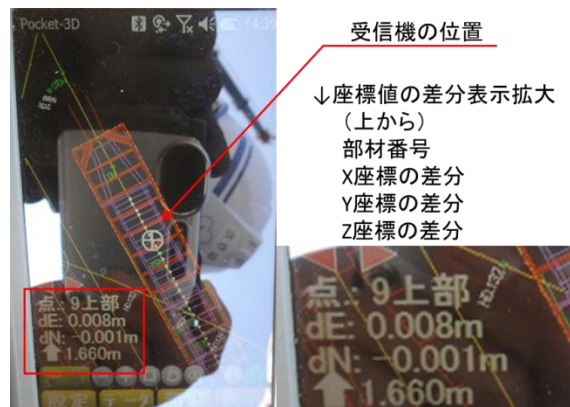


図-10 データコレクタ画面表示



図-6 UAV 測量状況

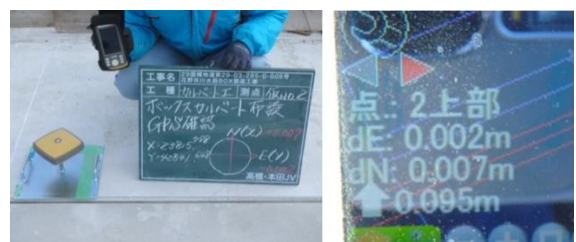


図-11 出来形計測

5. 施工の検証

(1) 配置人員及び施工工程

受注者へのヒアリングによるカルバート工の配置人員を表-2に示す。通常施工の場合、据付班4人の他にレベルで高さを計測する2人を必要としていたが、ICT施工では、データコレクタで高さを確認できることから、レベル計測が不要で、敷モルタル調整のために1人配置できればよかった。これにより、通常施工と比べて配置人員を1人削減することができた。

全体の施工工程は図-12のとおり、ICT施工にすることで57日から51日に工程を6日間(12%)短縮できた。そのうち、据付工では5日分削減した。

また、通常施工とICT施工のそれぞれの据付スピードを計測した結果、1セットあたり通常施工は約50分に対して、ICT施工は約40分となり、約10分(20%)短縮できた。1日4セット設置する工程であったため、1日あたり計40分の短縮となった。

なお、カルバート施工は、1日の作業工程として敷モルタル～グラウト工(4セット)までの施工を見込んでおり、工程通り行うためには効率的な施工に努める必要があった。仮にある作業が終わらなければ、次の日はその作業からの開始となり、その日の作業工程がさらに厳しくなるといった悪循環に陥る可能性があった。しかし、今回、据付で40分短縮できたことで、1日の作業工程を確実に終わらせることができ、ICT活用は工程管理において有利に働いた。

(2) 施工精度

施工精度は、設計座標値と実測座標値の差分で評価する。なお、縦断方向は、施工誤差が蓄積されていくことから個々の設計値との差を評価することは

表-2 配置人員の比較

	オペレータ	玉掛者	合図者	据付班	高さ調整班	計
通常施工	1人	1人	1人	4人	2人	9人
ICT施工	1人	1人	1人	4人	1人	8人

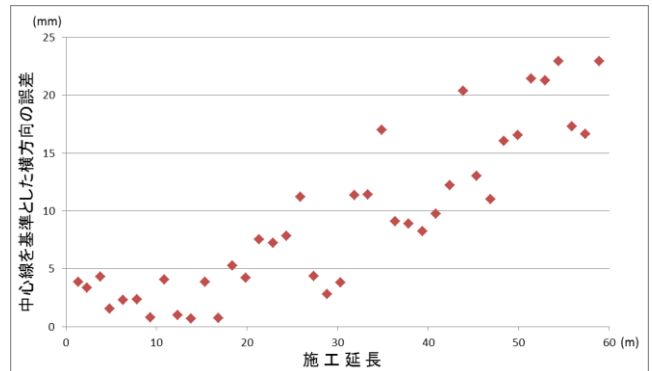


図-13 横断方向の誤差

難しい。そのため、今回は横断方向の施工誤差のみを評価することとする。

ただし、構造物の線形のずれに対して明確な規格値がない。道路の付帯構造物の場合、線形のずれが舗装幅に影響することから、評価モデルとしてカルバートを道路両側の付帯構造物と仮定し、舗装工の幅の規格値-50mmと比較した。

横方向の施工誤差を図-13に示す。誤差は最大で23mmで、平均では9mmであった。同精度で両側に設置できたとすると線形のずれは最大で46mmとなり、試験施工では、舗装工の幅の規格値と比較しても、良好な精度であった。

(3) 考察

今回の試験施工は多くの作業員と各部材の設置に時間を要す大型の構造物を対象に行ったことから、

項目	単位	数量	10	20	30	40	50	60	
【通常施工】		合計57日							
準備工	式	1.0	基準点確認・丁張設置2人(2日)						
床掘	式	1.0	1次掘削2人・2次掘削(手元作業員・合図者)13人(14日)						
基礎工	式	1.0	砕石基礎・均しコンクリート10人(7日)						
据付工	式	1.0	据付け・上下連結・据付け・締めめ・グラウト注入・内目地仕上げ計9人(23日)						
埋戻	式	1.0	埋戻め3人・合図者1人(10日)						
出来形測量	式	1.0	レベル・光波測距測量2人(1日)						
【ICT施工】		合計51日							
準備工	式	1.0	ローカライズ・UAV測量2人(1日)						
床掘	式	1.0	1次掘削2人・2次掘削2人(14日)						
基礎工	式	1.0	砕石基礎・均しコンクリート10人(7日)						
据付工	式	1.0	据付け・上下連結・据付け・締めめ・グラウト注入・内目地仕上げ計8人(18日)						
埋戻	式	1.0	埋戻3人・合図者1人(10日)						
出来形測量	式	1.0	GNSS測量2人(1日)						

※準備工(ICT)・床掘(ICT)・基礎工・据付(ICT)・埋戻は施工実績に基づく施工日数
 ※据付(通常)は歩掛に基づく施工日数
 ※準備工(通常)・床掘(通常)は想定施工日数
 ※起工測量の点群処理や3次元設計データ作成等の内業、仮設支保工の日数は含めない

図-12 施工工程の比較

人員や施工日数について、ICT活用の効果が明確に表れたと考えられる。そのため、側溝等の小型構造物へ適用した際に同様の結果が得られるのか、さらなる検証が必要と考える。

6. 課題と対策

(1) 施工性

a) 課題

施工では据付スピードは上昇しているものの、部材毎に受信機の取付を繰り返しているため、その分、施工性の低下が見られた。部材が多くなれば、その手間が大きくなるため、施工日数が延びてしまう可能性もある。

b) 対策

すべての部材に受信機を取付けていたが、必要に応じて受信機なしで据付けを行う等の対応が考えられる。

(2) 方向の精度

a) 課題

受信機の取付位置を中央1箇所にしたことで、カルバートの向きが確認できないという問題がある。図-13が示すように施工延長と横方向の誤差は概ね比例している傾向があり、カルバート設置の際に、どこかで回転が生じたことで施工延長に対して誤差が増大していった可能性がある。

b) 対策

受信機の他に、方向センサー等を取り付けて向きの確認を行うことが挙げられる。ICT建機は、建機の向きやバケット等の位置座標を同時に把握して施工が可能であることから技術的にも実現可能性がある。

7. まとめ

カルバート工にICT技術を導入し、次の2点について検証を行い、その有用性を確認できた。

①省人化や工事日数短縮が可能であり、生産性向上へつながる

②GNSSによる誘導の精度は、既存の規格と照らし合わせた結果、良好であった

加えて、掘削坑内での作業日数の削減されたこと、ICT技術が施工を補助することで安全性の向上が図れた。

なお、同時に課題も生じており、本格的な運用には、誘導から設置までの施工の簡素化、座標と方向を同時に把握するための技術手法の導入が求められる。

参考文献

- 1) 国土交通省：ICT活用工事（付帯構造物設置工）実施要領