

# 軟弱地盤における ICT 施工の活用について

## — 千歳川河川事務所の取り組み —

札幌開発建設部 千歳川河川事務所 第2工務課 ○大平 哲士  
前北 賀則  
宮坂建設工業株式会社 土木部 藤原 孝浩

近年、建設現場では生産性の向上などを目的にICT技術の積極的な活用が進められているが、軟弱地盤においては、盛土（载荷）により生じる沈下が施工高さに差異が生じ、施工毎に3次元データの調整が必要となるため、作業に時間を要し、工事工程にも影響が生じることから、ICT技術の活用は困難と考えられていた。本稿は、築堤盛土工事においてICT施工を活用する際の課題とその対応について、報告するものである。

キーワード：ICT、生産性向上、業務改善

### 1. はじめに

少子高齢化社会である我が国では、働き手の減少を補う生産性の向上を目指すことが大きな目標となっている。国土交通省では平成28年度を「生産性革命元年」と位置付けし、建設業界の生産性を向上させるため、調査・測量から設計、施工、検査、さらには維持管理、更新に至るまでの建設生産プロセス全体を向上させる i-Construction を推進している。

i-Construction では施策の3本柱として「ICT技術の全面的な活用」、「規格の標準化」、「施工時期の平準化」を設定している。

本稿では、軟弱地盤上の築堤盛土工事においてICT施工を活用する際の課題とその対応について、報告するものである。

### 2. 工事の概要

当事務所で実施したICT活用工事の実施箇所(図-1)及び工事の概要を次に示す。

工事名：石狩川改修工事の内 北島遊水地西7線周囲堤外工事

工事目的：「石狩川水系千歳川河川整備計画」に基づき洪水を安全に流下させるための対策として、「堤防の整備」、「河道の掘削」、「遊水地群の整備」の3つの事業を実施している。本工事は、そのうち「遊水地群の整備」として、北島遊水地の周囲堤を築造するものである。

工事数量：築堤盛土 V=22,400m<sup>3</sup> [ICT対象土量]  
地盤改良工 中圧噴射攪拌 N=1,139本  
改良径 φ1600mm  
改良長 L=13.8~14.0m

現場条件：北島遊水地の地盤は泥炭性軟弱地盤であることから、盛土タイプはBDタイプ(軟弱地盤に普通土を盛土する場合で盛土を厚さで管理する)工事となっている。

ICT施工の概要：受注者提案型による実施  
UAVによる起工測量及び出来形管理  
3Dマシンコントロール技術による盛土施工

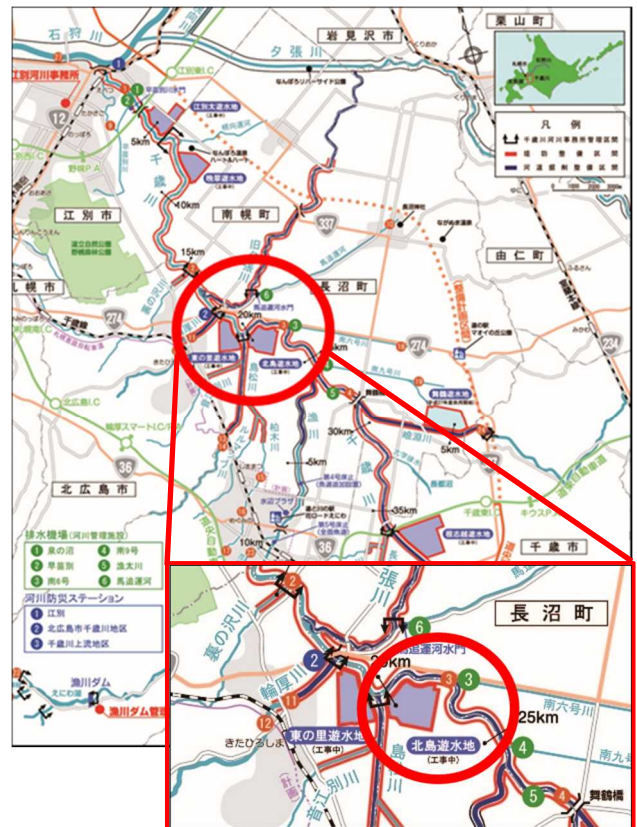


図-1 工事箇所図<sup>1)</sup>

### 3. ICT技術活用の概要

ICT活用工事の概要を図-2に示す。

ICT活用工事とは、建設生産プロセスの段階において、ICT技術を全面的に使用している工事のことであり、<sup>2)</sup>本工事における各項目の詳細は以下の通り。

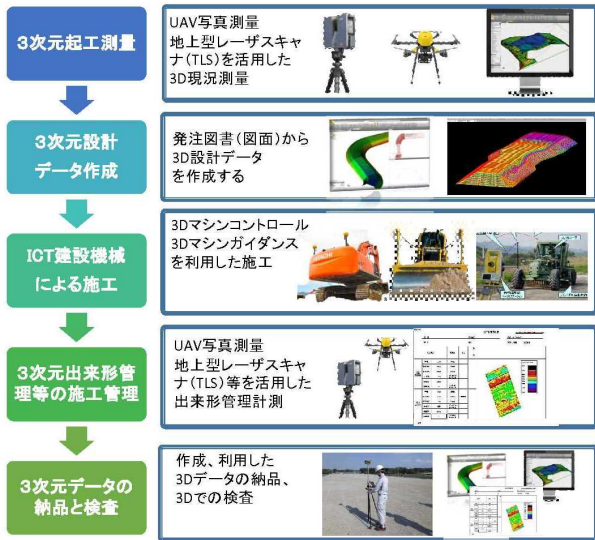


図-2 ICT活用工事の概要<sup>3)</sup>

#### (1) 3次元起工測量・3次元設計データ作成

本工事では、UAVを活用して3次元データ収集を行った。UAVを用いた写真測量では、施工範囲を撮影した写真を3次元点群データにする(図-3)。また、観測した計測点群データから編集により、草や木などの成果に不要な部分を除去して基準に適合したデータに整理して工事用の設計データとする(図-4・図-5)。



図-3 3次元点群データ

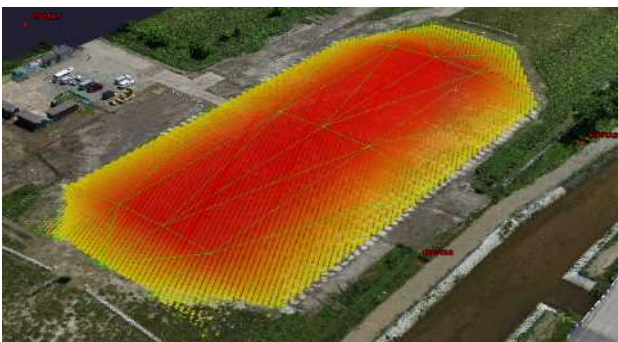


図-4 3次元設計データ①



図-5 3次元設計データ②

本工事箇所は、前述したように軟弱地盤上ではあるが、3次元起工測量及び3次元設計データの作成は、問題なく行うことができた。

#### (2) ICT建設機械による施工

本工事では、「3D-マシンコントロール技術」(オペレーターに機械の位置及び設計データとの差分を車載モニターに表示、排土板は自動制御により設計データに基づいて敷均す)を用いた。オペレータは重機の移動操作のみを行い、設計データと現地盤の差分に基づき、排土板の高さ・勾配を自動制御して敷均し・法面整形を実施した。

#### (3) 3次元出来形計測・管理の概要

起工測量と同様にUAVを用いて、盛土完了箇所のデータを収集したのち、データ処理により盛土量を算出する(図-6)。なお、出来形計測・管理については、色で高さの精度を確認することができるヒートマップで工事範囲全体を面的に確認・工事範囲全体の精度を一目で判断することができるが、本工事は、高さ管理を求めない盛土タイプ(沈下を許容する厚さ管理)であるため、ヒートマップによる施工管理は行っていない。

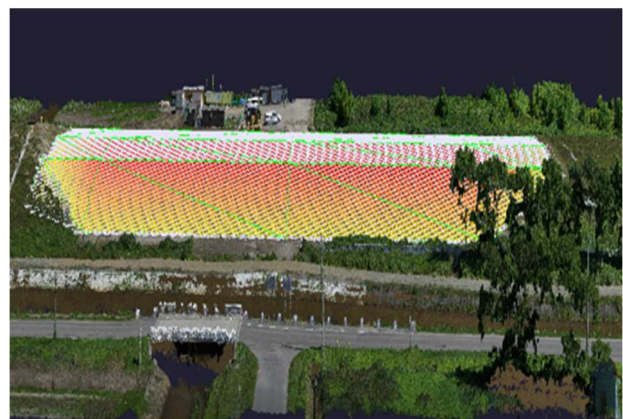


図-6 数量算出データ

#### 4. 軟弱地盤におけるICT活用の課題

軟弱地盤での盛土工事において、ICT活用する場合、ICT建設機械による施工及び、3次元出来形管理等の施工管理において課題が確認された。

具体的には、軟弱地盤上の盛土は、荷重により沈下が生じることから、当初作成した3次元施工データ(当初計画線)と施工時の高さ(沈下地盤線)に差が生じる(図-7)。そのため、3次元マシンコントロールの施工データをその都度、施工毎に調整が必要となる。

また、3次元施工データの施工毎の調整においては、測量及びデータの作成に時間を要するため、工程に影響を及ぼす要因となる。したがって、i-Constructionが推進している生産性の向上とは、大きくかけ離れてしまい、軟弱地盤でのICT活用の大きな課題となる。

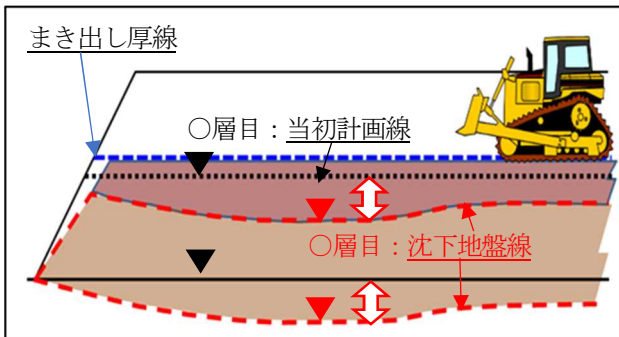


図-7 軟弱地盤における盛土施工概念図

#### 5. 軟弱地盤におけるICT活用の課題に対する対応

軟弱地盤において、現状では以下の特徴があり、その管理イメージを図-8に表す。

- ・築堤盛土タイプがBDタイプのため、出来形は「高さ」ではなく「厚さ」で管理する。
- ・「厚さ」で管理する場合、沈下量を計測する必要があり、沈下パイプ区間毎に、手動で高さを調整する必要がある。
- ・層厚に差異を伴うため、部分的な範囲を盛土する必要が生じる。
- ・その結果、層数が増加する。

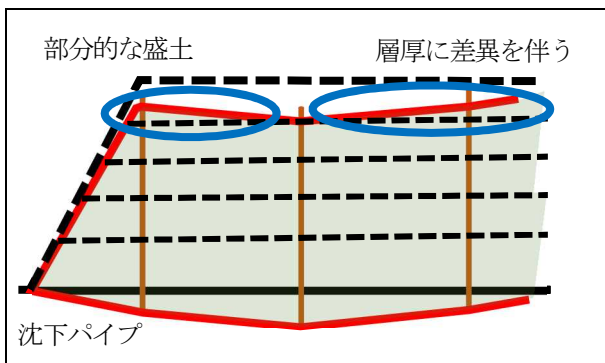


図-8 管理イメージ図

図-8に示すように、点管理による施工の場合、盛土の最上層では、部分的に薄層になったり、層状数が増えたり、部分的な範囲の盛土施工が生じる。

そのような施工は効率的ではないことから、図-9に示すように従来行っていた沈下パイプによる点管理を、各層毎に計測する面管理で行うことで効率化を図り、ICT施工を実施した。

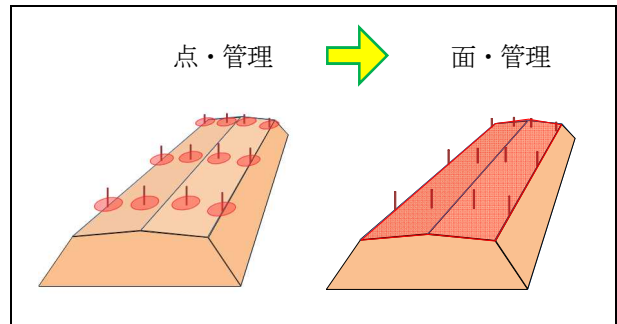


図-9 管理イメージ図

管理方法については、通常であれば毎回UAV測量を行えばよいが、それでは費用が増大してしまう。また、従来工法に戻り、各層毎に横断測量し、データをまとめて3次元データを修正するという方法もあるが、この方法では、計測時間が増え非効率である。

以上の検討結果を踏まえ、次の方法により実施することとした。

各層毎の計測方法は、携帯型の端末と自動視準トータルステーションを併用することとした。計測状況のイメージは図-10のとおり。

携帯型の端末と自動視準トータルステーションは、どちらも通信機能を持ち、施工管理ソフトで測定箇所を設定することで、携帯端末よりトータルステーションに指示し、ノンプリズムで自動視準を行う。この組み合わせにより、作業効率の向上を図った。

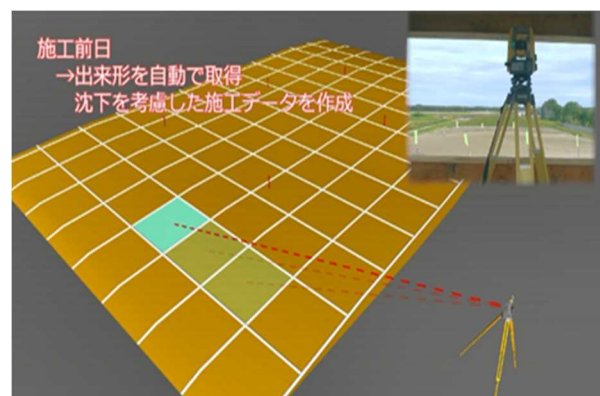


図-10 計測状況イメージ

図-11に各層毎のICT施工による盛土のサイクルイメージを示す。

1層盛土完了後、次層の盛土データを作成するために、毎層毎回出来形の測定を行う。

前述の機材の内、自動視準トータルステーションは、出来形計測を担当しており、施工管理ソフトは3次元データ変換を担当している。このようにして作成した3次元データは、現場から事務担当へデータが送られ、次層設計データ作成及び3次元マシンコントロールのデータ変換が行われ、現場のICT建機へデータが送られる。このサイクルを1つの層を施工する毎に行った。

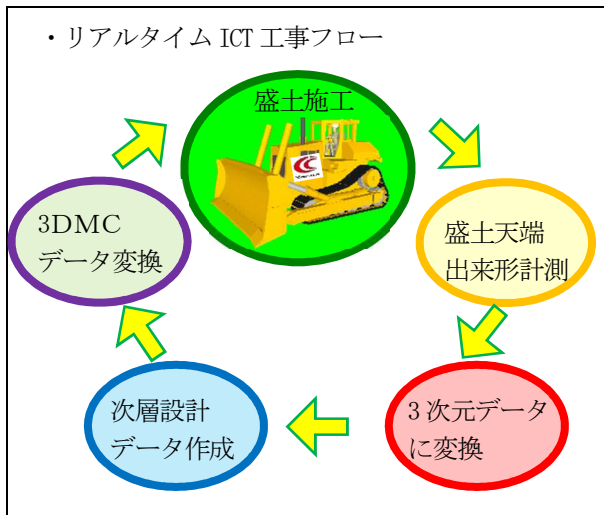


図-11 リアルタイム ICT 工事フロー

測定を行うに当たり、検討した事は、各層毎の計測密度である。

出来形計測時の計測密度は、0.01m<sup>2</sup>(10cm×10cm)当たり1点以上である。計測箇所が多いことから、3次元施工データもなめらかな形状となる。しかし、測定時間が増え、データ量も多くなるため、各層毎に出来形測定をするには負担が大きい。また、図-12に示すとおり、測定点間のメッシュ幅がブレード幅以下となり、敷均し時に隙間が生じるため、マシンコントロールがうまく対応出来なくなる恐れがある。

今回使用するブルドーザー(8t級)のブレード幅は3.1mのため、敷均しに十分対応でき、隙間が生じないようにブレード幅以上の縦横5m毎に、仮想メッシュを引き、そのマス1箇所を測定する事とした。

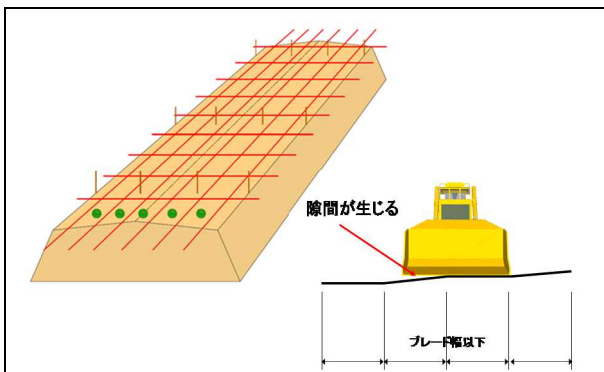


図-12 計測密度検討図

## 6. 結果

### (1) 作業時間の比較

表-1は、盛土1層にかかる時間と現場職員が作業する時間を表したものであり、従来工法(沈下パイプを用いた場合)と今回のICT活用法(軟弱地盤上でICT活用を行った場合)に加え、従来のICT活用法(普通地盤上でICT活用した場合)の3パターンで比較した。なお、「盛土1層にかかる時間」とは、現場職員による作業時間+機械による計測時間及びデータを取りまとめる時間+現場外の人員が作業する時間のことを表しており、「現場職員が関わる時間」とは現場職員による作業時間を表している。

今回のICT活用工事による現場職員の作業時間は20分であった。一方、従来工法では、150分かかっており、比較結果としては、現場においては、作業時間を約1/8に軽減することができた。なお、軟弱地盤でのICT施工では、各層の管理が必要であるため、各層毎の測量や補正が必要な分、普通地盤のICT施工と比べ、作業時間が増えてしまう。

表-1 施工管理測量 比較表

従来工法 軟弱地盤	1層の管理時間	現場職員が関わる時間
沈下測量		30分
高さ表示(層状定規設置など)		120分
合計		150分

ICT活用 軟弱地盤	1層の管理時間	現場職員が関わる時間
トータルステーション設置		10分
面管理出来形計測	40分	10分
3次元データ修正	30分	
3DMCブルドーザーデータ取込	30分	
合計	110分	20分

### (2) 経済比較

(1)の比較では、従来工法とICT施工ではICT施工が格段に現場職員の労務時間が減少しているが、一方で今回の軟弱地盤に対応したICT施工を行うために追加した各機材の費用について、表-2に示した。

その結果、盛土量に左右されるが、今回工事では約160万円の費用が発生している。また、表-3では盛土工事の各工程に必要な金額を算出し、まとめた。

軟弱地盤上での施工で比較すると従来工法とICT施工では約600万円の差額が生じた。軟弱地盤と普通地盤のICT施工の金額を比較すると約250万円の差額となった。これは各層毎の出来形測量や3次元データの修正にかかる費用が大きな要因となっている。

表-2 ICT 軟弱地盤対応対策機材一覧表

今回の現場で独自に使用した機材(単位：円)

機材	費用	購入費	損料
タフパッド		150,000	
快速ナビアトパンス		100,000	
サイトスコープ		700,000	
自動視準トータルステーション			630,000/3ヶ月
合計		1,580,000	

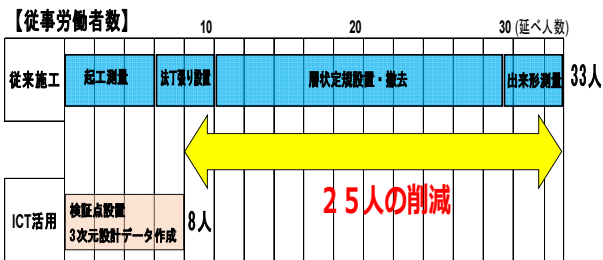
表-3 盛土工各工程費用算出表

従来工法	概算金額 (単位：円)		ICT施工	
	上段：材料	下段：労務	軟弱地盤対応ICT施工	普通地盤
起工測量(縦横断測量)	-	193,800	起工測量(UAV測量)	1,300,000
沈下棒設置	97,200	-	沈下棒設置	97,200
丁張設置、層状定規設置	425,000	113,500	3次元データ作成	700,000
ICT施工に必要な機械等費用	-	-	ICT施工に必要な機械等費用	2,380,000
沈下棒周囲転圧	277,100	-	沈下棒周囲転圧	277,100
沈下測量	544,000	-	沈下測量(自動規準)	880,000
層状定規盛替	277,100	-	3次元データ修正	700,000
盛土天端調整層	48,300	-	出来形測量(UAV測量)	1,100,000
出来形測量	129,200	-	出来形測量	32,000
合計	2,105,200	-	合計	8,042,300

(3) 従事労働者

盛土に関わる労働力の比較を図-13に示した。測量に必要な従事労働者が従来工法では33人必要なところ、ICT活用工事では8人であり、25人の削減ができた。

また、安全面においては、従来工法では測量業務を日中に行うために盛土エリアをブロックに区切り、作業を行うことがあるが、今回のICTを活用した場合は、日没後の測量が可能であるため盛土作業終了後に実施することで、人と機械の重複作業がなくなり、安全性が向上した。



施工日数の短縮は、緩速盛土(10cm/day)のため、変更なし。

図-13 従事労働者比較

7. 今後の課題について

- 現場労働人員及び労務時間については、削減の効果が得られたが、費用の点で捉えてみると、数百万もの機材費が発生している。今後、軟弱地盤においてもICT技術の推進を図るためには、この点の改善や工夫が必要となってくる。
- 出来形管理としては、「厚さ」管理項目においては従来の「沈下パイプ」をICT施工においても活用しなければ、確認出来ない状況であるため、今後の改善が望まれる。
- 現状、軟弱地盤上におけるICT施工の指針や基準書が整備されていない。このような状態では、発注者・受注者共に管理方法や確認方法が明確ではなく手探りの状態であるため、作業効率の著しい低下が懸念される。

8. おわりに

今回の軟弱地盤におけるICT施工の活用では、ICT施工の問題点に、最新の技術を取り入れる事で、ICT施工を実施する事ができた。今後、指針や基準の整備を早急に進めていくことで、軟弱地盤におけるICT活用が、分野・工種に関わらずに普及していくものと思われる。これにより、作業が短縮化・省力化され、生産性の向上に繋がると共に、将来予想される労働力不足対策になると考える。

参考文献

- 北海道開発局 札幌開発建設部 千歳川河川事務所 管内事業概要
- 国土交通省：ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針
- 北海道開発局 事業振興部 技術管理課 機械課 ～北海道開発局におけるi-Constructionの取り組み～P15