

# 滋賀竜王工業団地造成事業にともなう 情報化施工の実施について

太田 宏生<sup>1</sup>

<sup>1</sup>滋賀県土地開発公社 用地・業務部 技術用地課

高効率・高精度な施工や管理、生産性・品質の向上が可能であるとして、施工プロセスにICTを活用する情報化施工の導入が国土交通省を中心に積極的に進められている。国土交通省で設立されている情報化施工推進会議において、重点目標の一つに地方公共団体への展開に関する事項が挙げられており<sup>1)</sup>、今年度、本県土木交通部では総合評価方式により3工事において情報化施工が実施されている。本報告では滋賀竜王工業団地造成事業で実施している情報化施工を紹介するほか、従来方法との比較、監督職員業務に与える影響等を考察に加える。本報告が、今後本県で情報化施工が実施される際の一助となればと考える。

キーワード 情報化施工, 滋賀竜王工業団地, 3D図面による設計照査, ブルドーザのMC技術, 情報化施工の締固め度管理, ドローンの活用

## 1. はじめに

情報化施工について、国直轄工事では一般化技術（TS出来形管理技術）、一般化推進技術（MCMG技術等）を中心に、平成25年度までの活用工事が1000件を突破し、実績の蓄積が進んでいる<sup>2)</sup>。情報化施工の全国的な流れについて、情報化施工推進会議では、重点目標の一つに公共事業全体の7割を占める地方公共団体への展開に関する事項が挙げている<sup>1)</sup>。本県においても、土木交通部監理課技術管理室で作成されている滋賀県CIMロードマップ（案）に、平成30年度までに総合評価方式等による情報化施工の事例の蓄積が予定されており<sup>3)</sup>、今年度、総合評価方式により3工事で情報化施工が実施されている。以上より、本県においても今後さらなる情報化施工の実施が促進されることが考えられる。

一方、運用規則の確立が十分でない情報化施工の導入にあたり、従来以上の構造物の品質確保を大前提として、施工の効率化、工期短縮、安全性の向上等の導入メリットを確保する必要がある。そのため担当する監督職員においては、特に本県での実績の蓄積がないなかで、各技術の特性の把握や柔軟な技術者判断等が求められる。

滋賀県土地開発公社では、滋賀竜王工業団地造成事業として約30haの大規模造成工事を、熊谷・たち建設工事JVが、総合評価、および創意工夫による提案として情報化施工を幾つか実施している。

本報告では、今後本県における情報化施工を実施する

にあたっての参考となることを目的として、以下のことを述べる。本工事で実施している情報化施工4技術について、実施目的、内容、効果、考察の順で示す。実施目的では、各技術が本造成工事におけるどういった問題点に対応するものかを示す。実施内容では、各技術の内容、実施の流れを示す。効果では、可能な限り従来方法と比較しつつ得られる効果を示すとともに、各技術が実施の目的に達しているか示す。考察では、監督職員の業務という視点から各技術に考察を試みる。更に、各技術を導入するにあたって感じた課題点について記す。

## 2. 滋賀竜王工業団地造成工事と情報化施工

本工事は蒲生郡竜王町で実施しており、造成面積約30ha、造成土量218万m<sup>3</sup>の大規模な造成工事である(図-1)。工事期間は、平成26年8月から平成28年9月までの2年間で予定している。また、造成事業にともない、敷地内で町道3路線工事、工水・上水・下水工事、ガス・電気工事、隣接地で国道477号拡幅工事等の複数工事が別々の発注機関、監督職員のもと同時期に進行している。

上記のことから、以下の問題点が浮上した。

- ① 他工事との調整方法(工程管理等)について
- ② 大規模造成における盛土の品質確保について
- ③ 造成の効率的な施工方法について

以上の問題点への対応策として、総合評価の技術提案、および創意工夫として熊谷・たち建設工事JVが実施し



図-1 滋賀竜王工業団地造成箇所の航空写真

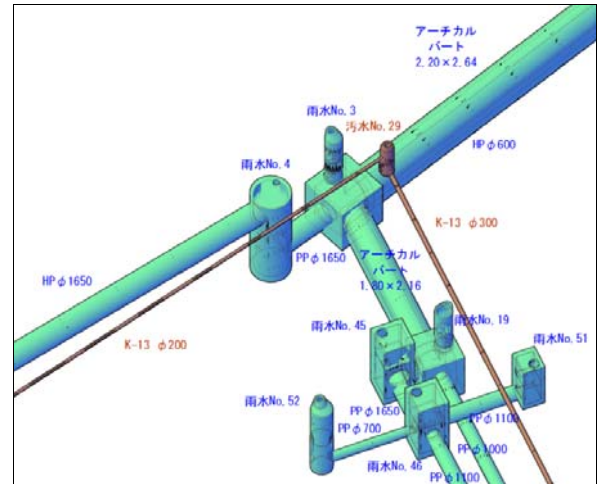


図-2 3次元化図面(雨水管と下水管)

ており、本報告ではそのうち情報化施工にかかる以下の4技術について紹介する。

- ① 図面の3次元化による設計照査等への活用
- ② ブルドーザのMC技術による盛土材の捲き出し厚さ、敷き均しの管理
- ③ 振動ローラ等の情報化施工による締固め回数、地盤剛性による締固め度管理
- ④ SkyCatchによる3次元現況測量

### 3. 情報化施工実施内容と各考察

以下に情報化施工4技術の実施結果と各技術に対する考察を示す。

#### (1) 図面の3次元化による設計照査等への活用

##### a) 目的

本内容は、輻輳する設計内容の可視化や情報の共有など他工事との調整に対する提案である。

##### b) 内容

実施内容について、発注図面を3D化し、設計照査や工程調整に用いる。

実施の流れについて、各発注者より工事の2D図面(異なる設計者)を受注者に貸与し、受注者が3D図面として一体化する。図-2が実際に本工事で3D次元化した図面の一例であり、青色が雨水管であり茶色が下水管を示す。

##### c) 効果

効果について、設計照査では従来であれば複数の図面(平面図、横断図、縦断図等)を各工事分照らし合わせ、干渉の有無等の照査していたが、3D図面を用いれば図-2からも分かるように一目で確認でき、また一つの図面データであらゆる方向から可視化できるため設計照査を正確にかつ短時間で行える。

工程調整では、照査でも紹介した点から工事範囲を共有する別工事間でどちらが先行して工事すべきか判断しやすい。また取り付け部等が存在した場合、両者が3D図

面を活用し立会等することで取り付け部での不具合の発生を防止できる。

本工事では、定期的に各工事発注者・受注者で工程会議を実施しており、その際の調整にも本技術を用いている。多人数での情報共有の際にも効果を発揮している。

以上のことから、目的に対して十分な効果が得られていると考えられる。

#### d) 考察

監督職員の業務について、発注者は発注図面(2D)を貸与するだけであり、先述の内容に限定すれば、従来方法から業務量が増加する要因はない。一方で、施工時の立会時に複数の図面を見比べる必要がなくなり手間が省ける。先述の工程会議の件を踏まえて、工業団地内での各工事間における調整に省力化がはかれるという結果となった。

課題点について、前述のとおり効果があり当初の目的を達成していることを前提として、以下の点が改善されればより有用なものになると考える。

受注者だけでなく監督職員も主体的に3D図面を活用できるとより良い。例えば、受注者が3D化した図面を発注者がデータで提出を受け、発注者も当該データを活用し、発注者と受注者が連携して照査、施工管理、設計変更等に活用していくことが理想である。実現するには、監督職員の3D図面に対する技能の取得、受注者および発注者間での共通したソフトウェアの保持、3D図面を利用するに堪えるPC環境の整備等が考えられる。ソフトウェアやPC環境の整備については、全国的な潮流を把握し適宜対応していく必要がある。監督職員の3D図面に対する技能の習得は、一朝一夕に身につくものではないことから、講習会等で今から蓄積していくことが望まれる。

#### (2) ブルドーザのMC技術による盛土材の捲き出し厚さ・敷き均しの管理

##### a) 目的

本内容は、大規模造成の盛土の品質確保と造成の効率

的な施工方法に対する提案である。

#### b) 内容

実施内容について、GNSSで自動計測したブルドーザの位置、排土板に設置したセンサ、予め設定した3Dデータをリアルタイムで照合し、排土板高さを当該位置の設計巻き出し高さ等に自動制御し、巻き出し、および敷き均しをおこなっていく。

また、図-3は、本現場で実際に使用しているMC技術用のブルドーザであるが、従来のように通常のブルドーザにセンサ等の機器を設置するのではなく、全ての機器が内蔵されており、センサや配線が外部との接触により誤作動を起こす恐れ等がないものとなっている。

実施の流れについて、従来方法と同様に、試験施工により巻き出し高さを決定し、巻き出し等を施工していくが、従来のように丁張や検測を必要としないことが異なる点である。

#### c) 効果

効果について、本技術は従来必要としていた丁張や検測を必要としないため現場作業の効率化がはかれる。そのため、従来工法と比較して標準的な日当たり施工量が1.35倍とされている<sup>4)</sup>。また、従来では管理断面で丁張での施工管理であったが、本技術では施工範囲全てでオペレータに情報が提供されるため管理の高度化が図れる。

以上より、造成の効率化と盛土の品質確保という目的が達成されていると考えられる。

#### d) 考察

監督職員の業務について、本技術は要領が整備されていないため、履行確認の観点から施工状況の把握方法、管理方法等を施工条件や重機の仕様等に合わせて決定する必要があることが従来と異なる。

施工管理方法を例に挙げると、本技術において、初めに設定する巻き出しの高さは施工中にモニタに表示されるが、施工結果データとしては残らず、トレーサビリティが確保されないという問題点があるため、何らかの管理基準を設ける必要がある。従来方法であれば、巻き出



図-3 MC技術対応型ブルドーザ

し厚さ200mm毎に1箇所での写真管理といった管理基準が用いられるが<sup>5)</sup>、丁張を使用しない本技術には用いることが難しい、若しくは本技術の利点を損なうものとなり、従来通りの管理方法は適用しがたい。新たな管理基準を現場に合わせて考案する必要が出てくる。

因みに、施工管理について本工事では、本技術に加えて熟練オペレータによる施工を実施しており、また施工中にモニタに表示される設定した巻き出し高さを各層で写真におさめ、標高データを記録することを検討している。以上のことから、十分に従来以上の品質管理ができていると考えられる。

課題点について、上記と同様に要領等が整備されていないことが挙げられる。しかし、国土交通省により現場対応集や手引き等が作成されており<sup>6)</sup>、各メーカーのパンフレットには機器の仕様等が記載されているため参考にされたい。

### (3) 振動ローラ等の情報化施工による締固め回数、地盤剛性による締固め度管理

#### a) 目的

本内容は、大規模造成における盛土の品質確保に対する提案である。

#### b) 内容

実施内容について、本工事では、以下の2点の理由から、締固め回数による締固め度管理に加えて、地盤剛性による締固め度管理とRI計器による現場密度試験を実施した。まず、大規模な造成工事であり、より一層の盛土の品質確保が必要である。次に、過転圧すると剛性が得られにくく、雨水等による含水比の上昇により締固めが困難になりやすい土質条件である。

使用重機は、GPS及び加速度センサが付いた振動ローラ(図-4)とエコノマイザ(地盤剛性即時表示装置)搭載型ハンドガイドローラ(図-5)である。

振動ローラは、管理ブロック毎の締固め回数と地盤剛性による締固め度の両方が行える。ハンドガイドローラは、振動ローラの補助として法肩部1mの範囲に使用し、地盤剛性を即座に確認できる。

実施の流れについて、従来通り試験施工を行い最適な締固め回数と地盤剛性を決定する。決定した値を各機種システムのシステムに入力し、施工を行う。振動ローラの施工結果を図-6、図-7に示すが、各々初めに入力した締固め度を満たすとブロックが赤色に表示される。これは施工中にオペレータがリアルタイムで確認できるとともに、施工結果が可視化される。

ハンドガイドローラは、締固めと同時にエコノマイザに表示される地盤剛性を確認し、地盤剛性が低い箇所は再転圧を行う。

#### c) 効果

効果について、締固め回数による締固め度管理については、一般的に品質管理において従来必要であったRI計

器による現場密度の測定が原則省略され、施工や管理業務が効率化される。しかし、本現場ではRI計器による現場密度の管理を同時に行っているため、当該利点は得られていない。また、従来オペレータが目視とカウンタにより締固め回数の管理を行っていたが、本技術では当該管理が自動化され、リアルタイムで確認できることよりオペレータの負担軽減とともに、転圧不足や過転圧等の防止により確実性の向上がなされている。

地盤剛性による締固め度管理について、本現場は施工面積が約30haと広大であり、締固め回数による管理と併用することでより均一な締固めが実現されている。

実施の目的に対して、先述の通り、施工の確実性の向上とより均一な締固めにより、大規模造成における盛土の品質確保は十分になされていると言える。

#### d) 考察

初めに、締固め回数による締固め度管理については、国土交通省にて実施要領、および監督・検査要領が定められているが<sup>8)</sup>、地盤剛性による締固め度管理については、要領が定められていない。

監督職員の業務について、締固め回数による管理については、要領に端的にまとめられており、当該要領を熟読し監督にのぞむ必要があることは言うまでもない。

補足として、従来と異なる点を要綱より一部抜粋すると「事前確認チェックシート」により摘要の可否を判断、施工状況の立会(回数規定有り)、締固め回数の記録(図-6)の確認といった内容が挙げられる<sup>8)</sup>。

地盤剛性による締固め度管理は、要領等がないことから、監督職員として受注者と協議し、施工管理方法、状況把握の握方法等を決定する必要がある。

本現場では、RI計器による試験をしたが、情報化施工のみを用いた場合は、試験結果表に施工管理が集約され、一目で可視化されるため、監督職員としての確認業務が省略化されると考えられる。

課題点について、締固め回数による締固め度管理については、既に実施時の対応策として先述しており、要領にも注意点として記載されている点であるが、試験施工と同様の品質で所定の含水比の範囲が保たれる盛土材を使用していない場合や、所定の巻き出し厚・締固め回数で施工できたことを確認できない場合には、受注者が現場密度試験を実施して規格値を満足していることを、確認することが必要となる<sup>7)</sup>。このことから、本技術の実施にあたっては、従来以上に慎重な試験施工(試験材料の選定等を含む)や現場、施工状況の把握が監督職員、並びに受注者には求められると考えられる。



図-4 情報化施工に対応した振動ローラ施工状況

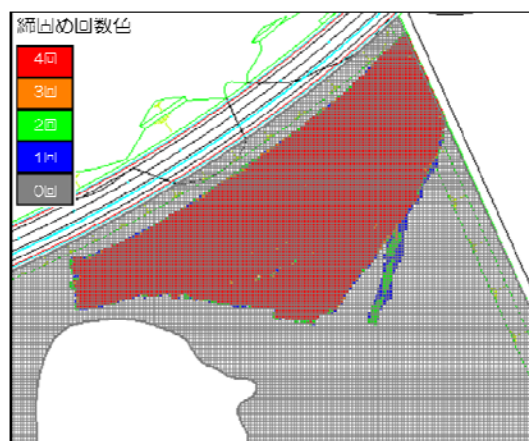


図-6 締固め回数による締固め度管理



図-5 エコマイザ搭載コンパクタによる剛性確認状況

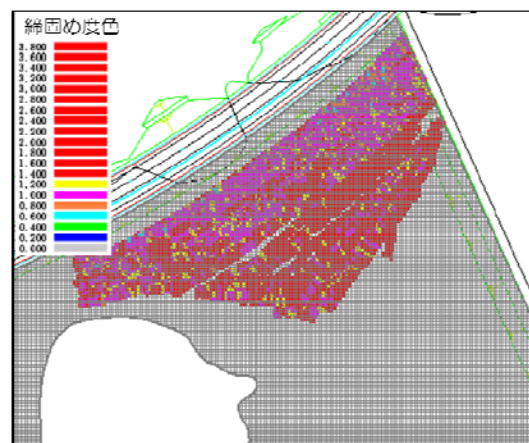


図-7 地盤剛性による締固め度管理

地盤剛性による締固め度管理について、当該技術に限らず実施要領や現場対応集等の運用方法にあたっての判断材料の乏しい技術の適用については、その性質の把握に努め、施工管理における位置づけは補助的なものに留める方が望ましいと考える。例を挙げれば、当該技術は軟らかい地盤上で振動輪の加速度波形は規則正しい正弦波形を示し、硬い地盤上での加速度波形は正弦波形より大きく乱れる特性と、一般的に締固めが進むと地盤剛性が増加する特性とを利用したものである。評価手法によっては振動ローラの振動条件の影響を受ける点や地盤剛性は土の締固め度のみならず土の種類、含水比等の影響を受ける点から定量的評価としては課題点が残っている<sup>10)</sup>。先進技術は日進月歩で発展しており、各メーカーの技術開発によりそれら課題点が既に解消されている可能性もあるが、それに対して、個別に技術的判断を下すのは研究機関等を持たない地方自治体においては難しい。

#### 4) SkyCatchによる3次元現況測量

##### a) 目的

本内容は、効率的な施工管理を目的とした取組である。

##### b) 内容

実施内容について、現況測量にはUAV(全自動無人ヘリ)を使用する(図-8)。

実施の流れは、事前に現場地形、フライトの障害の有無を調査し、安全な飛行経路設定を行い、PCで作成した飛行経路をUAVに転送する。UAVは予め設定した経路をGPS



図-8 UAV(全自動無人ヘリ)写真



図-9 UAVによる航空写真を用いた3D図面

による位置制御を行いながら自立飛行を行い、設定された経路を飛行しながら、航空写真を連続撮影する。航空写真を専用システムで解析し、高密度の点群データを算出し、点群データより3D図面(図-9)、等値線図(図-10)を作成する。設計図面を3D化したものと、航空写真により得られた3D図面データを比較し、土量を算出する(図-11)。

##### c) 効果

効果について、従来のようにTS、レベルによる高さ管理と比較して、従来の方法では約30haの測量に1、2週間要するのに対し、UAVによる測量は1日しか要しないことから、測量期間が短縮され、施工管理の効率化、工期の短縮がはかれる可能性がある。また、航空写真や3D図面により、従来のようにヘリコプターでの空撮と比較して、現況を俯瞰することが容易になる。更には、総切盛量の算定により、工程管理の効率化がはかれる可能性があると考えられる。

実施の目的に対して、作業効率は先述の通りである。先述した効果で可能性があるとしたのは、本技術が現在実施中であり、かつ全国的に導入されて間もないためである。しかし、実際にTS、レベルによる高さ管理との比較を受注者が進めており、取りまとめ中であるが、概ね大差ない結果が得られていると回答を受けており、本技術が目的を達していると見込まれる。

##### d) 考察

監督職員の業務について、従来方法による計測数値の

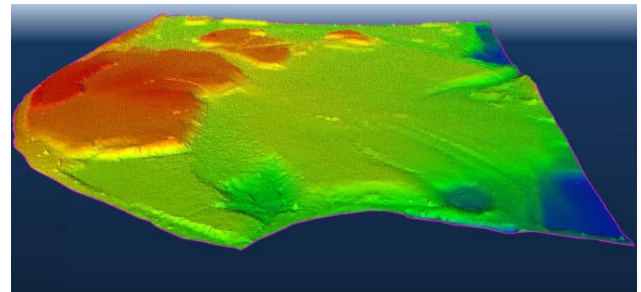


図-10 UAVによる航空写真を用いた等値線図

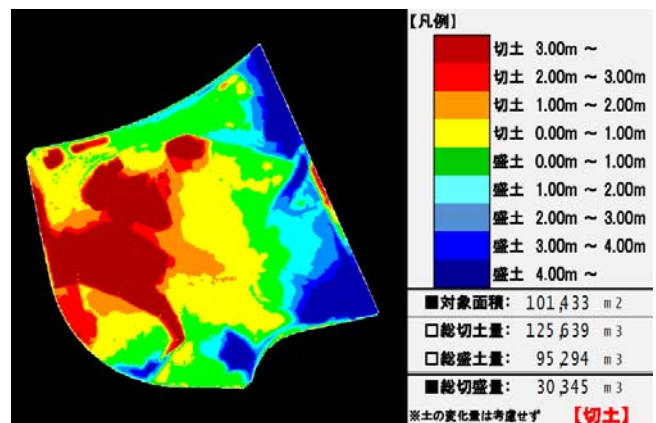


図-11 総切盛量の算定

並んだ出来形管理表より、図-10、図-11のように図により出来形が可視化されることにより確認作業の効率が上がると考えられる。

また、得られた図-9や航空写真は、公社内での施工協議や地元説明会等に用いることが可能であり幅広い業務に活かすことができる。

課題点について、実施例が増加し、早急に効果の裏付けがされることをのぞむ。

#### 4. おわりに

以上、今後本県で情報化施工が実施されるにあたっての参考となることを目的として、滋賀竜王工業団地造成工事で実施した情報化施工をもとにその実施目的、内容、効果、考察を述べた。

情報化施工に対して監督職員という立場からのぞむ場合、最初に取り組むべきことは、要領や現場対応集等、指針となるものの存在の把握である。道路土工指針―盛土工指針においても盛土における情報化施工についての記載があることから参考にされたい。それらを熟読し、実施にのぞまれたい。

施工の実施に際しては、要領等の有無にかかわらず、新しい技術の特性、および現場状況の把握に、土木技術者として従来以上の配慮が必要となる。

既述したように、管理方法等を現場で設定する際に、従来方法をそのまま持ち込むと情報化施工の利点を十分に活かさないということが起こりうる。監督職員には、新しい技術の特性を把握し、得られる利点を低下させない柔軟な姿勢が要求される。なおかつ、情報化にとまなうブラックボックス化を発生させない管理方法を設定するという高度な判断も求められる。これについては、一定の管理方法のみに縛られず、立会等で施工状況の把握回数を増やしたり、従来方法と適宜組み合わせたりといった対応をすることも一つの手段かもしれない。

また、現場条件(土質、地形等)によっては、締固め度管理で示した通り、情報化施工の利点が活かさないのみならず、本来確保すべき品質が得られないといったことも起こりうるため、注意が必要である。

施工の実施に関して監督職員は、実施することが目的ではなく、施工の効率化や構造物の品質の向上が目的であることを念頭に業務をすすめる必要がある。

最後に、本報告で紹介したとおり、情報化施工は高効率な施工、生産性・品質の向上が可能であるとともに、発注者側(監督職員)にも業務の効率化、省力化をもたらす利点がある。本県において情報化施工の実施が促進されるとともに、本報告が参考になることを切に願う。

謝辞：本報告書を作成するにあたり、多くの情報提供、および技術的なご指導をいただきました熊谷・たち建設工事JVのご担当者様に深謝いたします。また、作成に

あたりご指導くださいました滋賀県土地開発公社技術用地課の皆様に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 情報化施工推進会議：情報化施工推進戦略～「使う」から「活かす」へ、新たな建設生産の段階へ挑む！！～；平成25年3月29日
- 2) 国土交通省：【資料2】情報化施工導入実績(平成25年度分集計最終版)；平成26年9月30日
- 3) 滋賀県土木交通部監理課技術管理室：滋賀県CIM推進ロードマップ(案)；平成27年3月9日
- 4) 国土交通省：平成25年度 情報化施工の発注者指定型工事積算要領(施工パッケージ型積算方式)
- 5) 国土交通省：写真管理基準；平成21年
- 6) 国土交通省：MC・MGブルドーザの現場対応集；平成26年3月
- 7) 国土交通省：マシンコントロール/マシンガイダンス技術(ブルドーザ編)の手引き【施工者用】；平成26年3月
- 8) 国土交通省：TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理の監督・検査要領；平成24年3月
- 9) 国土交通省：TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領；平成24年3月
- 10) 建山和由：振動ローラの振動挙動計測による土の締固め度評価手法―原理と適用性について―；平成12年7月