

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¹

¹滋賀県土地開発公社 用地・業務部 技術用地課 (〒520-0807大津市松本一丁目2番1号)

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いる¹⁾。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、公共事業で実施する際の課題点等を考察に加える。本報告が、今後、情報化施工が公共工事で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1,000件を突破し、実績の蓄積が進んでいる²⁾。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おり³⁾、今後、情報化施工は地方公共団体においても広がりを見せると考えられる。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。

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発注し、熊谷・たち建設工事JVが、総合評価の技術提案および創意工夫として情報化施工を実施している。

本報告では、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のような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を示す。考察では、通常の考察に加えて、発注者の視点からも各技術に考察を試みることで、公共事業で実施する際の課題点の検討とする。

2. 滋賀竜王工業団地造成工事と情報化施工

本工事場所は滋賀県蒲生郡竜王町であり、名神高速道路竜王ICから約1.5kmの位置である。造成面積約30ha、造成土量218万m³の大規模な造成工事である(図-1)。工事期間は、2014年8月から2016年9月までの2年間を予定している。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・雨水管工事、隣接地で国道477号拡幅工事等の複数工事が、滋賀県土地開発公社、滋賀県企業庁、滋賀県竜王町等、別々の発注機関のもと同時期に進行している。

上記のことから、以下の3点を本工事の主たる問題点とした。

- 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技術について報告する。

- 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巻き出し厚さ、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



図-1 滋賀竜王工業団地造成箇所の航空写真

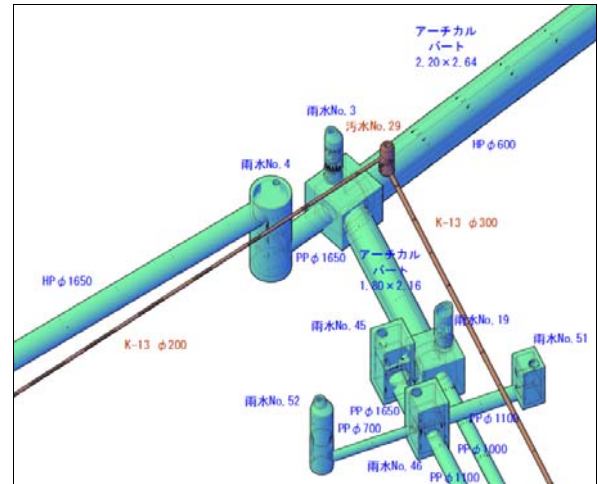


図-2 3次元化図面(雨水管と下水管)

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。

工程調整について、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するのに大いに役立った。また、別工事間の取り合い部において、3D図面を活用することで一部設計の不具合を事前に発見し修正することができた。

本工事では、定期的に各工事発注者および受注者合同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

発注者の監督業務において、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、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いての調整に省力化が図れるという結果となった。また、先述の内容に用途を限定すれば、発注者は発注図面(2D)を貸与するだけであり、3D図面の導入により従来方法から監督業務の量が増加する要因はない。

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。

受注者だけでなく発注者側も主体的に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。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、本技術は、GNSSで自動計測したブルドーザの位置、高精度慣性センサでブルドーザの挙動、排土板のセンサで排土板の変異量という3点でブルドーザの動きを把握し、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捲き出し高さ等に自動制御し、捲き出しおよび敷き均しをおこなっていくものである。

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、試験施工により捲き出し高さを決定し、捲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図れる。本現場でも、施工の大部分で丁張を設置していない。参考に、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³⁾。また、従来では丁張による断面での施工管理であったが、本技術では施工範囲全面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ている。

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

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る必要がある。

本技術の課題点として、重機の仕様により、施工中に捲き出し高さの目標値は表示されるが、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。従来方法では、捲き出し厚さ200m毎に1箇所での写真管理が定められているが⁴⁾、丁張を使用しない本技術には用いることが難しい。また、強引に適用すれば、本技術の利点を損なうものとなる。

上記課題点に対して、本工事では、施工中にモニタに表示される捲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で対応した。本技術における施工の効率化を損なわずに、かつ従来の管理基準のレベルを落とさない管理が実施できていると考える。

(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

本工事は、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が、試験施工より過転圧により剛性が得られにくく、また雨水等による含水比の状況により締固めが困難になりやすい土質条件であることが事前に判明した。

国土交通省が定める要領には、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、所定の捲き出し厚・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であると要領に注意点として記載されている⁵⁾。

そのため、従来のRI計器による現場密度試験に加えて、締固め回数による締固め度管理および地盤剛性による締固め度管理を実施した。

使用重機は、GNSS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。

振動ローラには、車体に設置されたGNSSとローラに設置された加速度計により、締固め回数と地盤剛性の両方が確認できる。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、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、運転席のモニタで、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。

従来のRI計器による現場密度試験は点での管理であっ



図-3 MC技術対応型ブルドーザ



図-4 情報化施工に対応した振動ローラ施工状況

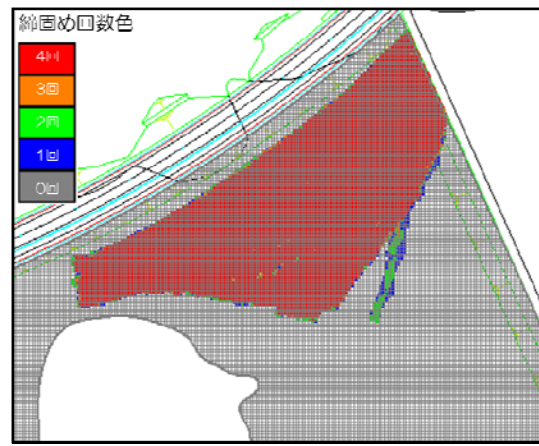


図-6 締固め回数による締固め度管理



図-5 エコマイザ搭載コンパクトによる剛性確認状況

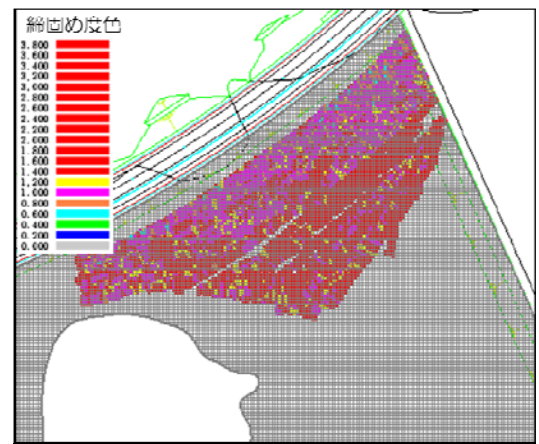


図-7 地盤剛性による締固め度管理

たが、締固め回数と地盤剛性による締固め度管理を用いることで面管理できており、もれなく、より均一な締固めが実現されていると考えられる。

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

まず、締固め回数による締固め度管理について、土質条件等によっては、従来の現場密度試験を省略することが可能である。その一方で、先述の通り、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、施工状況の把握が発注者に求められると考えられる。

次に、地盤剛性による締固め度管理について、図-6の締固め回数による締固め度管理結果では、施工箇所全体が管理基準を満たす赤色に染まっている。一方で、図-7の地盤剛性による締固め度管理結果では、概ね赤色に染まっているが、未着色箇所や赤色以外の着色箇所が見られる。

応答加速度により地盤剛性を判定する当該技術は、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⁶⁾。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。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。

ただし、地盤剛性による締固め度管理は、締固め回数と異なり実際の締固め状況を確認できる点が利点であり、本工事の実施結果から推測するに、図-6と図-7が結果が概ね合致していることから補助的に用いるには有用ではないかと考えられる。

(4) SkyCatchI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。



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

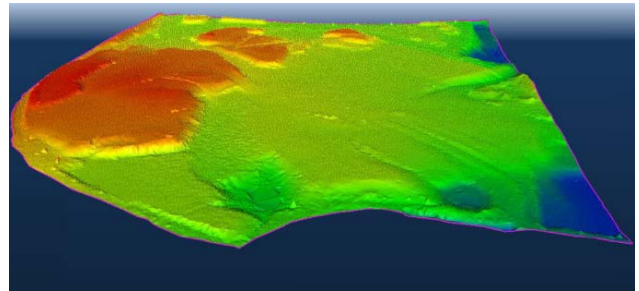


図-10 UAVによる航空写真を用いた等値線図

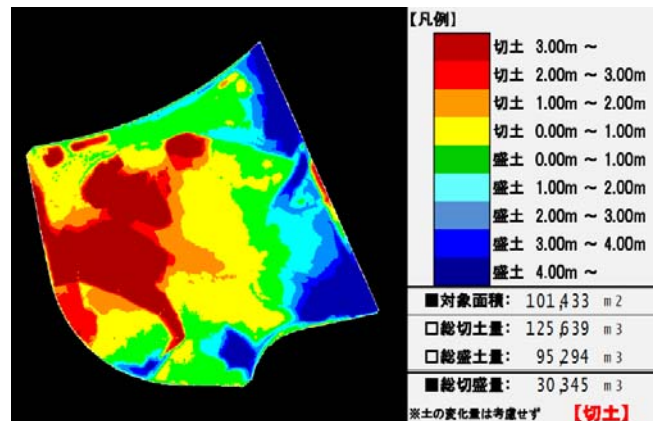


図-11 総切盛量の算定

b) 内容

本技術による現況測量には、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GNSS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

測量期間について、従来のTSによる高さ管理では約30haの測量に2週間程度要するのに対し、UAVによる測量は1日しか要しない。このことから、測量期間が短縮され、施工管理の効率化、工期の短縮が図れる。

また、現場の全体像の把握について、従来であればヘリコプターで航空写真を撮影するため回数が限られたが、本技術であれば施工中何度も撮影が可能であり、俯瞰による進捗確認が可能となる。

更には、総切盛量の算定により、工程管理の効率化が図れると考えられる。

以上のことから、先述の目的は満たしていると考えられる。

d) 考察

発注者側の工程管理において、従来方法による計測数値の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化が図れると考えられる。

また、航空写真や得られた図-9は、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、本現場では先述の内容のとおり活用していることから、一定の精度があれば問題ないためTSとの精度比較をしていないが、本技術により出来形管理が可能となればより施工管理の効率化が図れると考えられる。

4. おわりに

以上、今後、公共事業において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。

情報化施工を実施する中で、発注者が注意すべき点は大きく以下の2点である。

まず、新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。締固め度管理で示した通り、土質条件等によっては、情報化施工の利点が活かせないのみならず、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。

次に、情報化施工は実施することが目的でなく、施工の効率化や目的物の品質向上が目的であることを念頭に置いて、その効果を阻害しないように管理方法等を定める必要がある。これについては、一定の管理方法にとらわれず、従来方法と適宜組み合わせたり、立会による施工状況の把握回数を増やし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。

最後に、国直轄工事だけでなく、今後は地方公共団体においても情報化施工の実施が促進されと考えられる、本報告が、公共事業における情報化施工の実施例として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。

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！！～；2013年(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)；2014年(平成 26年)9月 30日
- 3) 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)
- 4) 国土交通省：写真管理基準；2009年(平成 21年)
- 5) 国土交通省：TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領；2012年(平成 24年)3月
- 6) 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ー原理と適用性についてー；2000年(平成 12年)7月