

3次元設計データを用いた計測及び誘導システム

星野真吾

近年急速に普及が進んでいる情報化施工とは、建設施工分野におけるイノベーションを実現するICT(情報通信技術)を活用した新しい施工方法である。情報化施工において欠かすことができない要素がデジタルの設計データであるが、各建設生産プロセスにおいてこのデジタル設計データを活用し、より多くの建設施工現場で高効率・高精度の施工を行うことが今後の課題とされている。

キーワード：3次元設計データ, 情報化施工, 測量, トータルステーション, GNSS

1. はじめに

建設施工の現場において精密且つ正確に位置や形状の計測を行うことができる測量機は非常に重要な役割を担っている。正確な設計図面を作成し、綿密な施工計画を立て、その設計を正しく具現化するには正確な測量が不可欠だからである。その為どんな建設施工現場においても多かれ少なかれ測量が行われ、今の日本のインフラが形成されてきた。そして現在では、新たなインフラ整備の建設施工現場はもちろん、既存の道路や構造物などの維持・修繕においても測量が欠かすことのできない重要な作業の1つであることをご承知の通りである。

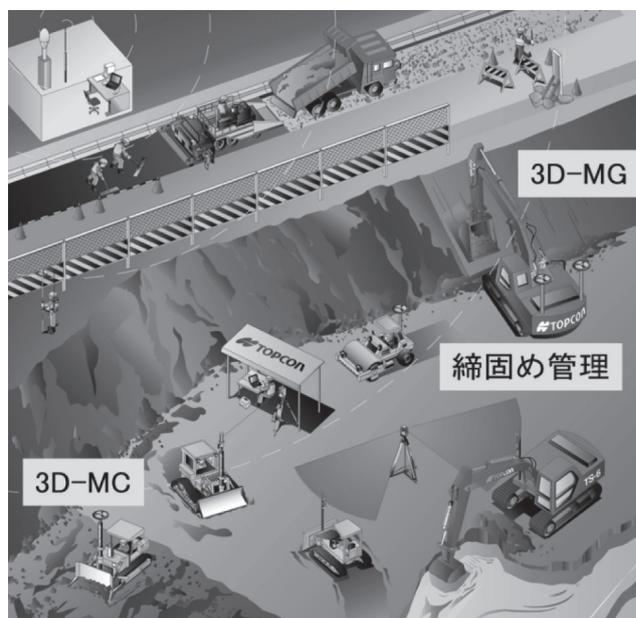
本稿では、建設施工現場における3次元設計データを用いた測量の意義と効果について考察する。

2. 情報化施工の種類と概要

時代の変化に伴い建設施工の方法も形を変えてきた。新しい手法や工法が次々に生み出され、市場のニーズに見合った機械とシステムが次々に開発されてきた。それらを融合した代表たるものが情報化施工であるが、一括りに情報化施工といっても使用される建設施工現場によってその種類や目的、活用効果は様々である。情報化施工技術は大きく分けて「施工において活用する技術」、「施工管理において活用する技術」に分類される。「施工において活用する技術」は施工の効率化・高精度化、「施工管理において活用する技術」は施工管理の省力化・簡素化などが期待される技術であり、年々活用される件数が増加してきている。

情報化施工の代表的な作業は以下の通りである。

- ① 3D-MC (マシンコントロール)
- ② 3D-MG (マシンガイダンス)
- ③ TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理
- ④ TSを用いた出来形管理



図一 情報化施工イメージ図

作業者の経験や勘を頼りに行ってきた建設施工において、設計データを用いた自動制御や誘導システムを活用することは施工の効率や品質の向上効果の点で期待されている。

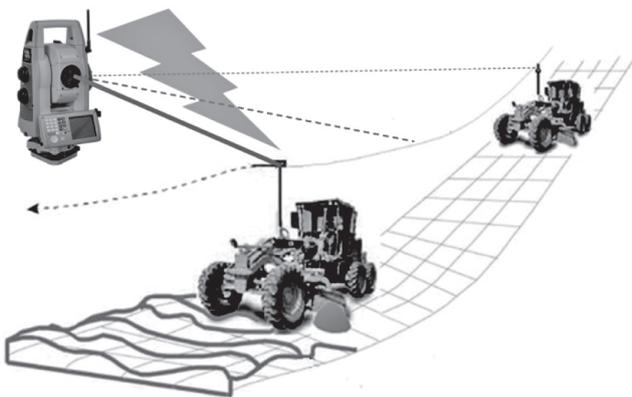
また、施工管理において活用する技術では、盛土の締固めの度合いや出来形の精度を現場で簡易的に確認することができ、現場で取得した観測データを作成ソ

フトに移行するだけで管理図や帳票に起こすことができることから手間とミスの発生を軽減できる。

これらの作業に共通していることは、システムを成立させるにはデジタルの設計データが必要であり、その設計データが施工品質や施工管理に大きな影響を与えるということである。

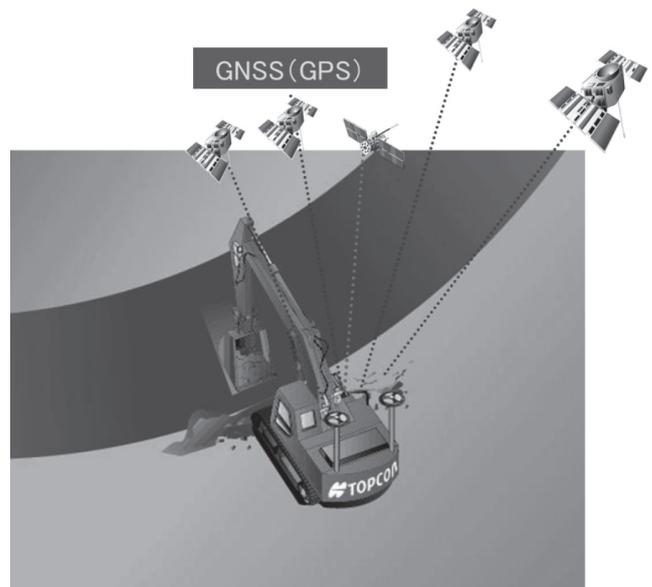
3. 情報化施工に用いられる測量機器

情報化施工においてデジタルの設計データが必要不可欠なことは既に記している通りだが、計測する為の測量機も同様に不可欠である。現在では建設施工現場で多く稼働するトータルステーション（以下 TS）を使用すれば距離や角度は計測できるが、マシンコントロールを行う場合は、計測する対象が施工現場を縦横無尽に動く重機であることから、通常の TS ではリアルタイムに位置を計測することができない。そこで使用されるのがモーターを搭載した自動追尾タイプの TS である。この自動追尾タイプの TS は重機のキャビン上に固定されたプリズムを一度捕捉すると、捉えたプリズムが動けば追尾する機能を有しており、重機がどのように動いてもプリズムが見えている限り追いつけることができ、リアルタイムに重機の位置情報の取得が可能である（図一2）。



図一2 自動追尾型 TS による 3D-MC 施工イメージ

さらに現在では携帯電話やカーナビゲーションなどに多く搭載され、通常の生活においても身近な存在になっている衛星測位システムも建設施工現場にて活用されるケースが増えてきた。日本国内では GPS（アメリカによって運用される衛星測位システム）という呼称が多用されているが、建設業界では GPS や GLONASS（ロシアによって運用される衛星測位システム）など複数の種類の衛星を使用する GNSS（全地球航法衛星システム）という呼称を用いることが増え



図一3 GNSS による 3D-MG 施工イメージ

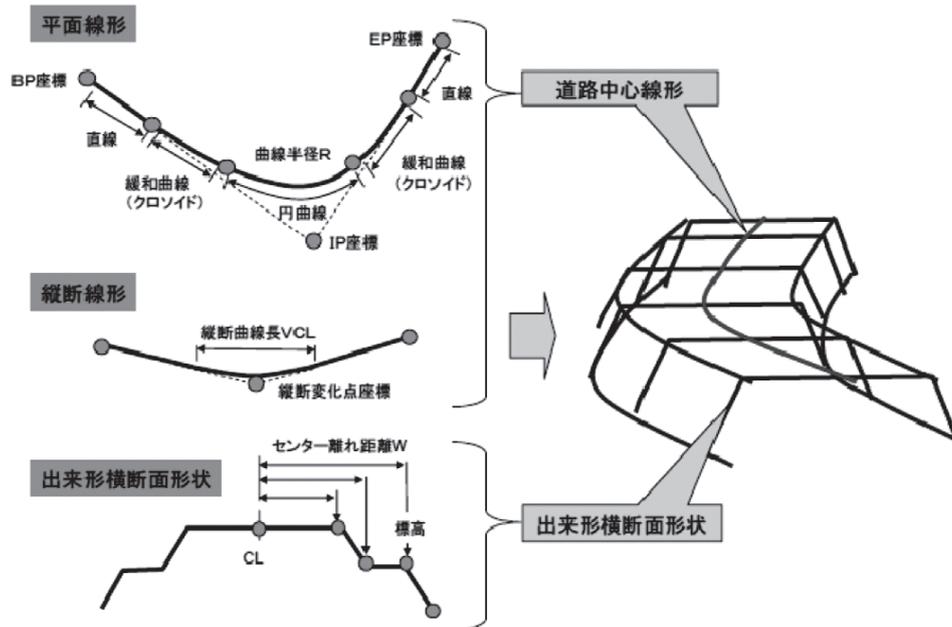
てきている（図一3）。

携帯電話やカーナビゲーションの測位精度は通常数 m ～数十 m の誤差を持つとされているが、建設施工現場で求められる精度から考えると意味をなさないケースが多い。そこで相対測位方式 RTK-GPS という手法を用いて、1 ～ 3 cm 程度の誤差内になるよう測位精度を確保しながらリアルタイムに重機の位置を把握している。

4. 3次元設計データを用いた計測及び誘導システムの概要と効果

建設施工現場において測量とは杭設置や丁張設置、出来形の計測などの為に行われる。設計図面や事前に事務所で計算した計算書を見ながら巻尺やレベル、トータルステーションを用いて角度や距離を測り、必要なポイントに杭を設置する。または設計値と実測した値の差を電卓で計算して比較し、施工の出来形の確認を行う。この方法では現場での測量データの手書きなど手作業が多く、人為的ミスが懸念される。それに対し、多種の計算機能やデータの記録機能を有する TS やデータコレクタを使用し、座標値や平面線形、縦断勾配、横断形状などの 3次元の設計データを取り込むことで現況測量や横断観測、杭設置、丁張設置などに付随する多くの作業において効率化を図ることが可能であり、人為的なミスの発生確率も大きく軽減させることができる（図一4参照）。

ここからは具体的にどんな作業において効果が期待できるかを説明する。



図一4 道路工事の3次元設計データイメージ

(1) 杭の復元

従来の杭の設置作業は事前に求めた逆トラバース計算書を見ながら角度を合わせ、距離を測って位置の特定を行う。ここで問題になるのが現場の工事基準点が亡失するなど何らかのトラブルが発生し、事前に準備した計算書が現場で使用できない想定外の事態が発生した場合である。このような場合、現場で測量電卓を用いて再計算するか、現場事務所に戻って土木CADで再計算する方法が考えられる。どちらにしても労力と時間がかかり、一時的に現場がストップすることになる。しかし、座標値や設計データを管理できるTSやデータコレクタを用いれば、杭打ちの為の事前計算は不要となり、その場でデータコレクタが必要な振り角と距離の計算を行うことができる。また、路線の線形データを用いることで設置したい中心杭はもちろん、幅杭の誘導もその都度最適な方法を作業者が選択することができ、ポイントへの誘導に関して前後・左右という表示を用いることでスムーズな誘導が可能となる(図一5参照)。

(2) 現況測量・横断測量

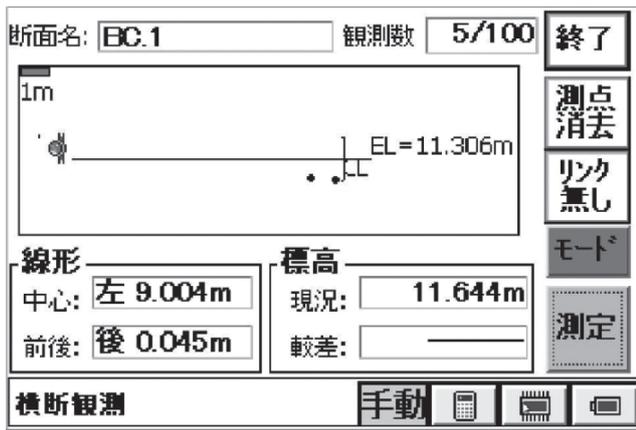
建設施工現場において工区内の構造物の位置出しや形状の変化点を測量することは、施工を円滑に進めていくうえで非常に重要な作業となる。また、横断図を作成する為の横断測量も重要な測量作業であり、この横断データを用いて盛土・切土量を把握することができる。

この観測した全てのデータを手書きし、パソコンに



図一5 杭の復元作業時のソフトの画面

打ち込む作業は、観測する測点が多ければ多い程時間と労力を要する。また、観測データの記録間違いやパソコンへの打ち間違いの危険性があり、施工に大きな支障をきたす恐れがある。記録機能を有するTSやデータコレクタを用いると、観測した角度と距離データを座標値、もしくは中心杭からの離れと標高といった、作業者が求める表示に変換し、現場で簡単に確認及び記録することが可能である(図一6参照)。



図一六 横断測量における観測画面

その際に記録された観測データはUSBメモリ等の記録媒体を用いてパソコンに送ることで、観測結果の入力間違いなどの人為的なミスが発生しないことも大きな利点と言える。

(3) 出来形管理

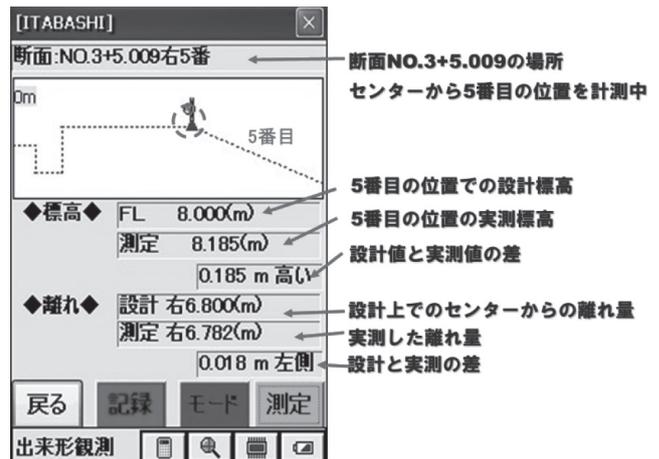
国土交通省が策定した「TSを用いた出来形管理要領」に則った方法で出来形管理を行う施工現場が増えてきているが、要領策定前の方法で行っているケースがまだまだ大半である。観測方法もTSを使用する方法やレベルと巻尺を使うなど色々なケースがあるが、共通するのは観測したデータを手で記録し、設計値との差分を自ら計算しなくてはならない点である。他の項目でも述べた通り、手作業は時間と労力を要し、人為的ミス発生の危険性がある。

しかし、「TSを用いた出来形管理要領」に則ったもしくは準じた手法で出来形の確認を行えば、データコレクタ上に実測値と設計値の差分が瞬時に表示され、出来形の精度を簡単に確認・記録できる(図一7参照)。

また、完成施工物に対して出来形の確認を行うのは建設施工において必須事項であるが、日々施工物の出来形確認を行うことで工事の進捗状況を把握することも重要であり、情報化施工として指定された作業以外でも設計データを活用して高効率・高精度の施工を行うことが理想形であると考えられる。

(4) 検測作業

建設施工現場における検測作業例の1つとして、重機で敷き均し作業を行った後に計画通りに施工ができているかどうかを確認する作業がある。例えば、舗装工事では水系を張り、そこから巻尺を用いて、仕上がりの面の高さを測定する作業方法がある。



図一七 TS 出来形管理観測結果

3次元設計データを活用すればこの作業においても簡素化と高精度の確認が可能となる。先程述べた「TSを用いた出来形管理要領」に則った出来形管理は、中心杭や法肩などの変化点を「点」で押さえる測量作業であるが、「面」として管理できるTIN(ランダム状に配置されている地形点から三角形群を発生させ、三角形内の標高は三角平面から内挿する)形式で設計データを作成することによって、その範囲内であればどのポイントであっても設計値との差分をリアルタイムに把握することができる。この方法の最大の利点は「点」ではなく、「面」での管理が行えるというところにあり、施工範囲全体の平坦性の向上に大きく貢献している(図一8参照)。



図一八 面管理における検測作業

この原理は3D-MCや3D-MGにおける排土板やバケットの刃先の位置と設計データとの差分をリアルタイムに算出する原理と同様であり、施工から管理・確認までの一連の作業を同じ設計データを用いて行えることで更なる効果を発揮させることが可能となる。

さらに前述の測量作業は、自動追尾型 TS や GNSS (GPS) 測量機を使用することで、1 人 (ワンマン観測) で行うことも可能となり、測量作業の省力化にも繋げることができる (図-9 参照)。

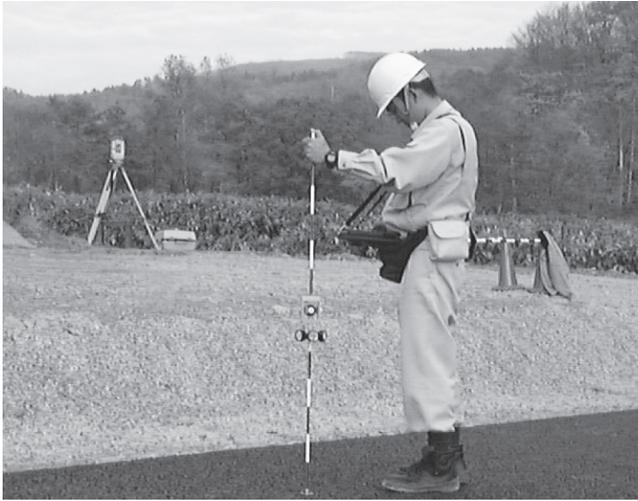


図-9 ワンマン観測イメージ

5. おわりに

情報化施工の一部の技術が平成 25 年度から一般化・実用化となる予定である。情報化施工を実施すること

で請負施工業者はもちろん発注者側においても従来よりも手間が掛かる作業が発生するのも事実である。

しかし、それ以上に作業効率や施工品質の向上が期待できる情報化施工の更なる普及が建設施工の環境を大きく変えていくことを期待したい。

謝 辞

今回の表題である「3次元設計データを用いた計測及び誘導システム」は新技術情報システム NETIS に登録している技術であるが、このたび「平成 24 年度準推奨技術 (新技術活用システム検討会議 (国土交通省))」に選定頂いた。この選定には多くの方に同技術を活用頂いたことが大きく寄与しており、この場を借りて感謝の意を申し添えたい。

JCMMA

【筆者紹介】

星野 真吾 (ほしの しんご)
 (株)トプコンソキアポジショニングジャパン
 営業推進部 マーケティング&サポートグループ

