

3次元ポリラインデータによる測量および施工管理システム

ライカ ジオシステムズ(株)

西松建設(株)

(株)山陽測器

(有)セクトコンサルタント

○橋本 靖彦

正会員 福永 憲敬

浮田 真樹

岸岡 亮太

1. はじめに

近年、土木建設現場において、ICT（Information and Communication Technology）施工やCIM（Construction Information Modeling）の導入に伴い、3次元データによる重機施工管理技術の普及が進んでいる。一方で、測量、くい打ちおよび丁張掛けなどの作業は従来手法で行われ、現場施工用の詳細設計は縦断データと管理断面データといった2次元で表されるのが一般的である。管理断面間のデータは存在せず、本線と側道など複数路線間の関係も直接的に把握することはできない。よって、現場進行中に照査が不完全で設計変更が必要となるケースや、図面に表されない部分を現場ですり合わせなければならないケースが数多く発生し、現場の円滑な進行を妨げている。

起工測量を3次元で行い、その上に3次元設計データを構築し、法肩（法尻）などの変化点の連続を3次元ポリラインデータ化して、それを直接現場の測量および施工管理に使用することにより上記のような問題点を克服でき、あわせてGNSS（Global Navigation Satellite System）による迅速なワンマン作業により大幅な効率化が実現できる。そこで、筆者らは神奈川県圏央道工事（さがみ縦貫角田三栗山地区改良（その3）工事）にて、3次元ポリラインデータによる測量と施工管理システム導入による効果の検証を行った。

2. 3次元施工管理システム「ロードランナー」

2.1 3D スキャナーによる地形測量

3次元ポリラインデータとは、異なる線形の3次元ラインを連続的に結んだもので、これにより複雑な変化点の連続を正確に表現することが可能となる。この3次元ポリラインデータを作成するため、基本的に地形測量は3D スキャナーによって行う。それにより地形データを高密度・高精度に取得し、切土・盛土の3次元設計データを組み合わせることで詳細な法肩（法尻）の3D ポリラインが作成できる。この詳細なラインと用地境界を比較することで、正確な設計照査を施工前に実施することが可能となる。

3D スキャナーは1秒間に数万～百万点程度のポイント計測が可能で、対象物の表面を密に計測することで対象物の形状を正確にデータ化することができる。取得したデータは非常に多くのポイントの集合体であり、一般的に点群データ（ポイント・クラウド）と呼ばれる。3D スキャナーに



写真-1 3D スキャナー計測状況

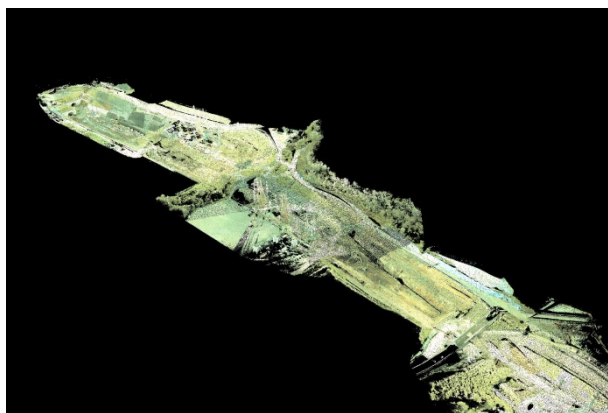


図-1 合成した点群データ

キーワード CIM, 3次元施工管理, 3D スキャナー, 3次元設計, ロードランナー, GNSS

連絡先 〒113-6591 文京区本駒込 2-28-8 ライカ ジオシステムズ(株) ジオマティックス事業部 TEL 03-5940-3020

はタイプによって計測距離が異なるため、工事現場で使用する際にはスペック上到達距離が 300m 程度のものを選択する。現場の地形全体を影となるところが無いように計測するため、一般的には複数箇所から計測を行う。

2.2 3D 設計による 3D ポリラインデータの作成

3D スキャナーで取得した複数のスキャンデータをソフトウェア上で合成、草木などの不要なデータ除去を行い、TIN (Triangulated Irregular Network) メッシュデータを生成する。TIN は不規則な地表面を 3 次元で表すのに適した方法で、地表面を小さな不整三角形の集合として表現する。次に 3D 設計データを作成し、TIN の地形データと合成する。この段階で切土・盛土と地山との境界が明確になり、正確な現場設計照査が施工前に可能となる。

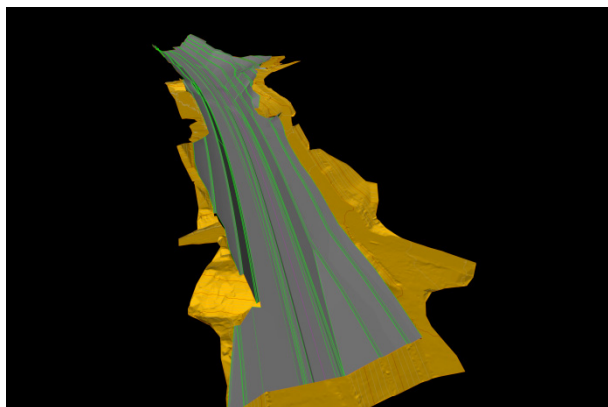


図-2 TIN と設計データの合成

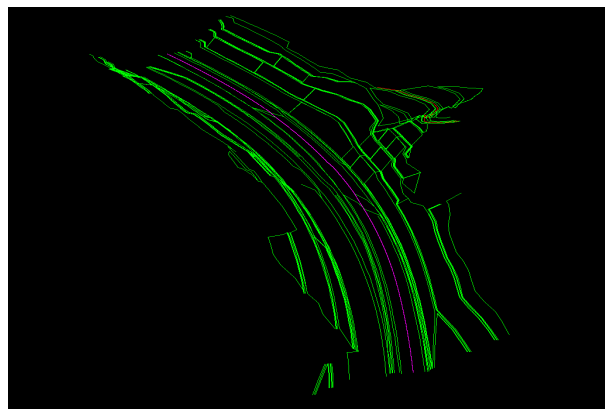


図-3 3D ポリラインの抽出

3 次元地形データと 3 次元設計データを作成することで、発注者や場合によっては地権者に対する工事完成時のイメージを 3D で提供できる他、正確な土量計算も可能になるなど、設計照査以外にも多くの利点がある。法肩（法尻）や小段などの変化点ラインを 3D ポリラインとして DXF 形式で出力し、ロードランナーがインストールされているフィールド・コントローラへ取り込み施工管理作業に使用する。

2.3 ロードランナーによる測量・施工管理作業

ロードランナーはトータルステーションと GNSS の両方で使用可能なアプリケーションで、一つのコントローラを共用して作業を行うことができる。上空視界が確保されているところでは GNSS、樹木や山などで GNSS 信号の受信が困難なところではトータルステーション、というように状況に応じて最適なシステムを選択できる。特に GNSS を使用することでトラバース測量や方向杭の設置が不必要となり、常にワンマン作業が可能のため測量に係る時間を大幅に短縮できる。

3D ポリラインデータをロードランナーに取り込むと画面には平面図が表示され、現在位置とその追加距離、参照するラインからの離れ、および切り・盛りの値が示される。また、ボタンをタップすることで現在位置の設計断面方向の画面を表示し、作業のイメージが非常に分かりやすくなっている。管理断面に限らずすべての変化点がデータ化されているため、くい打ち点を予め事務所で測量計算しコントローラへ転送したり、任意断面のデータを現場で手計算する必要が全くない。

ロードランナーのその他の特徴として、複数線形を同一デ



写真-2 ロードランナー測量機器

ータとして取り扱えることがある。本線と側道および工事用道路、あるいはランプなどを一括して施工管理するには最適なシステムといえる。また、参照するラインは任意に選択でき、その時の作業に応じて最適なラインを参照した作業を行うことが可能である。例えば暫定供用開始するような現場においても、仮のセンターラインを設定し施工することが可能である。

ロードランナーは3D設計データ上でくい打ち、丁張掛け、切り盛りチェック、および施工状況管理が行える機能を有し、3Dポリラインデータがあれば線形は問わないため、造成工事などでも使用可能である。

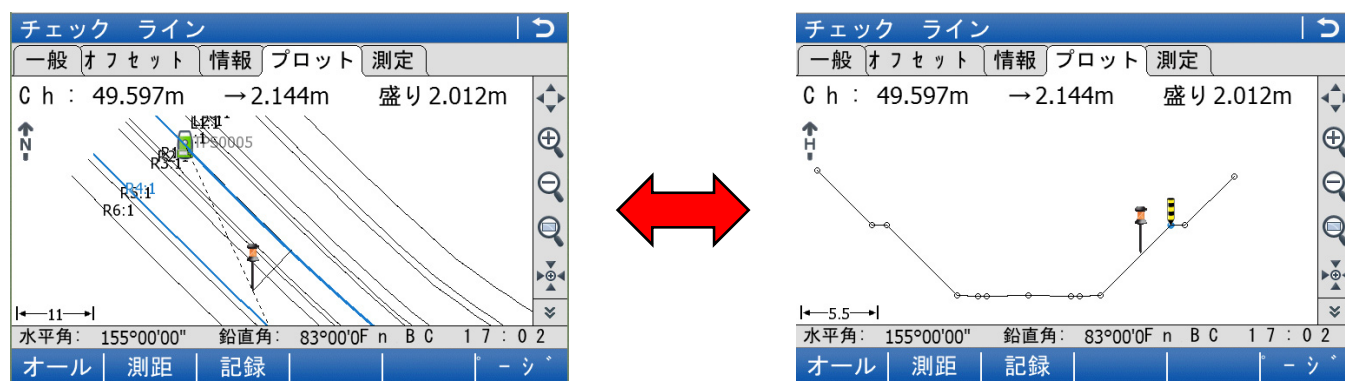


図-4 ロードランナー画面表示 平面と断面を切替えて表示

3. さがみ縦貫角田三栗山地区改良（その3）工事における使用実績

3. 1 現場概要

本システムを適用したさがみ縦貫角田三栗山地区改良（その3）工事の概要は、

- ・ 工期（本線指定部分）： 平成 25 年 6 月 13 日～平成 26 年 2 月 14 日
- ・ 規模（本線指定部分）：
 - 切土掘削 433,000 m³
 - 法面整形 36,700 m²
 - 工事範囲 79,000 m²
- ・ 工種など： 掘削工，法面工一式，排水構造物工一式，路体盛土工一式

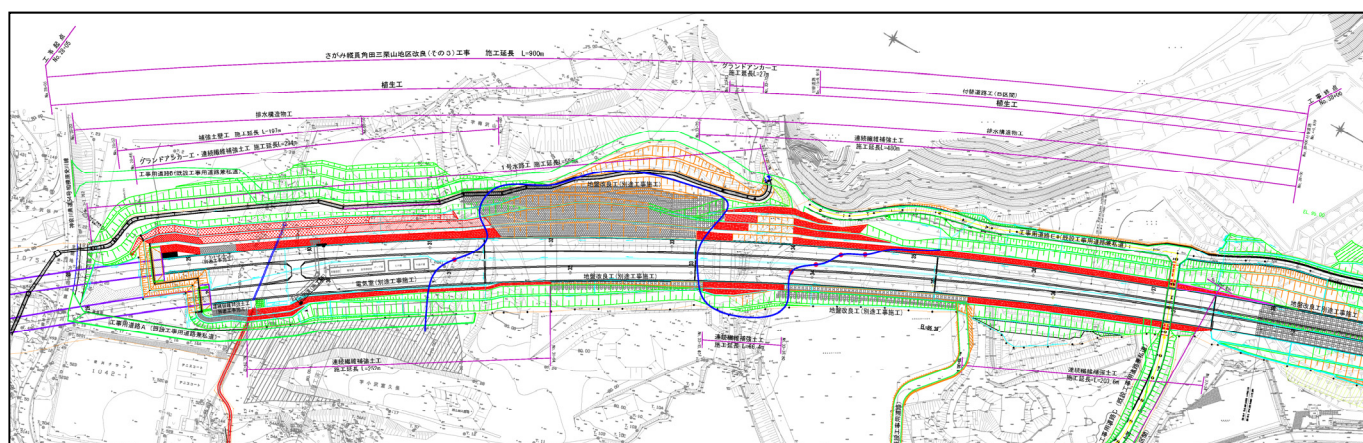


図-5 さがみ縦貫角田三栗山地区改良（その3）工事平面図

3. 2 導入の目的

限られた工期で大規模な土工事を実施することから、業務の大幅な効率化を図る必要があった。また、限られた人的資源を有効に活用し、データを機器間で相互利用して管理の簡素化を図る目的で本システムの導入を決定した。主に土工の測量と施工管理の目的での導入のため、本システムを稼働させる測量システムはGNSSのみとし、山間地で適切な固定局設置個所が無いこと、固定局設置および管理コストが削減できることにより

ネットワーク型 RTK を導入した。RTK（リアルタイム・キネマティック）法では実時間で GNSS 測位を行うため、通常現場付近の既知点に補正情報を取得する固定局を設置し、無線などで測位・測量を行う移動局へ補正情報データを送信して移動局側で実時間解析する。一方ネットワーク型 RTK 法では、固定局の代わりに全国に約 1200 点設置されている電子基準点のデータから移動局付近に「仮想的な固定局」を生成するサービスを行っているプロバイダーと契約し、WiFi や携帯端末などによってインターネットを通じて仮想的な固定局補正情報データを取得して測位を行う。

3. 3 効率化と品質管理における導入効果

本システムを導入し 3D スキャナーによる地形測量と 3 次元設計データを合成したところ、工区の 2 箇所用地境界に収まらないことが判明した。これは従来の 20m 間隔の管理断面の横断測量では事前に把握することが困難であったことである。この三次元設計による現場照査が事前に行えたことで、施工前に発注者側と協議し設計変更を行うことができ工期・工程管理に大きく寄与した。

3D スキャナーによる計測は、地形測量のみではなく土量計測でも有効である。本現場は 43 万 m^3 以上という大規模な切土掘削であるため、工期の中間において現場区域すべてを 3D スキャ



写真-3 さがみ縦貫角田三栗山地区改良（その 3）工事

ナーによる計測を実施し、元の地形データとの差異を算出しその時点での土量を割り出した。これによりその時点における切土量の進捗を正確に把握することができ、その後の工程管理および計画を適切に行うことが可能となった。3D スキャナーによる計測から 3 次元の地形データを作成する過程において、地表面以外の計測物はノイズとして除去できるため、重機などの作業を止めることなく計測作業を行うことができた点も付け加えておく。

本システムでの測量作業は常にワンマンで可能となり、従来の TS による測量に必要であった測線ごとの器械点（トラバース測量）や方位杭の設置が必要なくなった。測量作業時間に関しては、TS による測量との比較において手戻りなども考慮するとおおよそ 1/6 程度に短縮された。また、3 次元ポリラインによりすべての変化点がデータとして準備されているため、座標計算などを事前準備する必要もなく事務処理における省力化にも寄与した。従来の TS による測量の作業効率および品質は、測量技術者のスキルに大きく依存していた。本システムはモニター上の図面に測量位置が可視化されること、現地で必要となった測量箇所の座標を手計算で行う必要が無いなど、技術者のスキルによるばらつきが最小限に抑えられ、測量作業ミスやそれに伴う手戻りが削減できるとともに品質面でも効果を発揮した。

本システムによる測量作業コストを計算すると、TS による従来法と比較しおおよそ 1/10 程度と概算される。しか



写真-4 現場測量作業状況

し、実際はそのすべてが現場コスト削減に寄与したという事ではなく、最少人数で迅速な測量作業が行えたため、限られた人員をその他の必要な作業へ効率よく配置することができたメリットも大きい。

4. まとめ

3次元ポリラインデータによる本測量システム（ロードランナー）が、ネットワーク型 RTK-GNSS によるワンマン測量のメリットのみならず、事前に現場照査が行えたことによる適切な設計変更の実施、更なる現場測量作業の短縮、測量データ管理と事務処理の省力化ならびに品質向上に寄与することが確認できた。本システムは道路土工のみならず造成工事のような線形を持たない土工事へも適用可能であり、今後より多くの土工事での導入が見込まれる。

5. おわりに

最後に、本システムの適用にご協力頂きました国土交通省関東地方整備局相武国道事務所に対し、心より感謝を申し上げます。また、国土交通省本省より当現場において使用中の本システムを CIM 見学会としてご訪問頂き、誠に有難うございました。



写真－5 国交省現場視察状況