

大規模土工事における ICT 技術を活用した工事・管理の『見える化』 Visualization of the construction work and management using ICT on the large scale earthworks

杉山 拓* 千葉 裕介**
Taku Sugiyama Yusuke Chiba

要 約

国道 45 号山田北道路改良工事は、施工延長約 2 km の道路改良工事である。本工事では 79 万 m³ の掘削土量のうち約 46 万 m³ について一般道を走行して場外へ搬出し、盛土工区においては 32 万 m³ の土砂を約 1.5 km の範囲に盛土するものである。本報では ICT 技術を活用した各種施工（品質、出来形、安全）管理を『見える化』した手法について、ならびに工事の沿道に住む方々に対して工事・事業を『見える化』した取組みについて報告する。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事の特性
- § 3. 施工管理における『見える化』
- § 4. 地域に向けた工事の『見える化』
- § 5. まとめ

§ 1. はじめに

本工事は復興道路である三陸沿岸道路の内、山田宮古道路（延長 14 km）の岩手県下閉伊郡山田町豊間根～岩手県宮古市津軽石間の約 2 km にわたる道路改良を行うものである（図-1）。三陸沿岸道路は東日本大震災からの復興に向けたプロジェクトの一つであり、都市間の移動時間の改善、峠部の急勾配・急カーブの改善、救急時の搬送時間の短縮、津波の危険性の回避など重要な役割を持つ道路となる。山田宮古道路は平成 29 年度の供用を目指し、本工事を進めている。

本工事では、工事の特性を考慮して、GNSS や 3D モ

デルなどの ICT（Information Communication Technology: 情報通信技術）を活用して、切盛土施工の品質管理、出来形管理、土砂運搬時の安全管理などの施工管理を『見える化』して効率性かつ確実性を高めるよう努めた。また、工事を円滑に進めるために、地域の方々への『見える化』した工事状況の情報発信と地元と連携した地域安全への貢献活動に努めた。

§ 2. 工事の特性

本工事の概要は以下の通りである。

工 事 名：国道 45 号山田北道路改良工事
 施工場所：（自）岩手県下閉伊郡山田町豊間根
 （至）岩手県宮古市津軽石 地内
 工 期：平成 27 年 2 月 6 日～平成 29 年 3 月 31 日
 工事内容：掘削工 79 万 m³，路体盛土工 32 万 m³，
 地盤改良工 2400 m³，法面工 74000 m²，
 擁壁工一式，カルバート工 5 基，
 排水構造物工 1 式

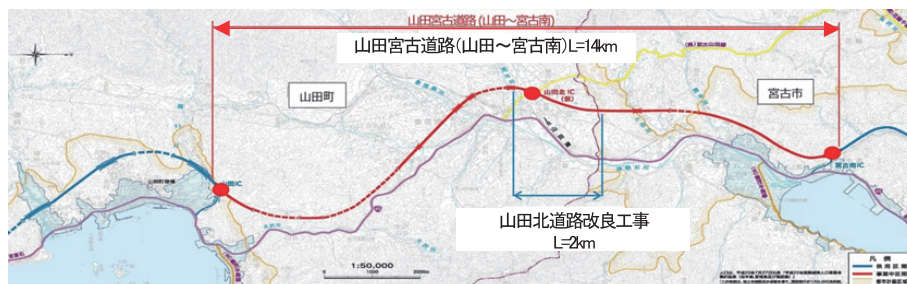


図-1 工事位置図

* 北日本(支)三陸山田(出)

** 北日本(支)三陸山田(出)(現:北電石狩(出))

本工事は掘削 79 万 m³、盛土 32 万 m³ の大規模土工事であり、他に地盤改良工、カルバート工、橋梁撤去工等が含まれる。工事の特性としては 2 km の工事区間のおよそ 75% にあたる約 1.5 km が盛土区間であるということ、および掘削土砂のうち約 46 万 m³ を場外に搬出することになり、その搬出先が 15 箇所（最大運搬距離：片道約 63 km）におよぶことであった。土工事の出来形・工程管理のために必要となる施工土量の算出には一般的にトランシット等による横断測量を用いるが、広範囲および複数箇所を測定するには大変な労力と時間を要する。また盛土作業において、いつ・どこを施工したのか、また規定の回数を転圧しているか等のトレーサビリティを管理し、整理することは困難な場合が多い。さらに各搬出先へ長距離にわたって一般道を走行するダンプトラックの運行管理手法も課題であった。

これらの特性を踏まえ、盛土工事においては広範囲におよぶ現場管理業務を『見える化』する技術を導入、活用することにより効率化し、工程の確保と抜けの無い品質管理の実現を目指した。掘削土砂の場外搬出については、毎日多数のダンプトラックが複数の搬出先に向かって一般道を走行することによる一般交通へ与える影響を把握し管理するほか、運搬ルートへの遵守と監視体制の構築によって工事の安全、特に第三者を巻き込む恐れのある交通災害を防止する対策を講じることとした。

また、一般道を多数のダンプトラックが走行することによって発生する交通の混雑等の影響を与えてしまう沿道に住む方々に対して、工事の様子が『見える』取り組みを行うことにより地域との良好な関係を築き、工事を円滑に進められるように配慮する必要があると考えた。

§3. 施工管理における『見える化』

3-1 3D 盛土管理システムを用いた盛土施工情報の『見える化』

当該工事では、盛土区間約 1.5 km、約 32 万 m³ の盛土を工期内に効率的に施工するために情報化施工技術 (ICT) を活用して、延長の長いエリアにおける施工進捗状況ならびに施工、品質・出来形等の施工管理の効率化を図った。

具体的には、盛土施工において振動ローラに GNSS アンテナを搭載した「GNSS 振動ローラ転圧管理システム」を導入し、転圧回数の面的管理を行った（写真-1）。運転席のモニターには、50 cm メッシュの盛土エリアに転圧回数リアルタイムで色塗りして表示され、オペレータは規定回数になるよう走行すればよく、転圧不足を防ぎ、品質向上につなげることが出来る。

また、図-2 に示す自社開発の「3D 盛土情報管理システム」¹⁾を採用して、盛土施工情報を一元管理するとともに、パソコン上でリアルタイムに確認し、盛土全体の施工状況や進捗の把握・管理を行った。GNSS 転圧管



写真-1 GNSS 振動ローラ転圧管理システム

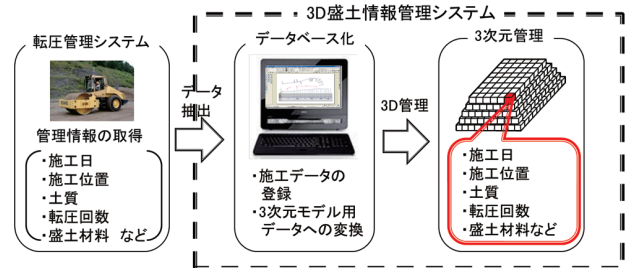


図-2 3D 盛土情報管理システム概要図

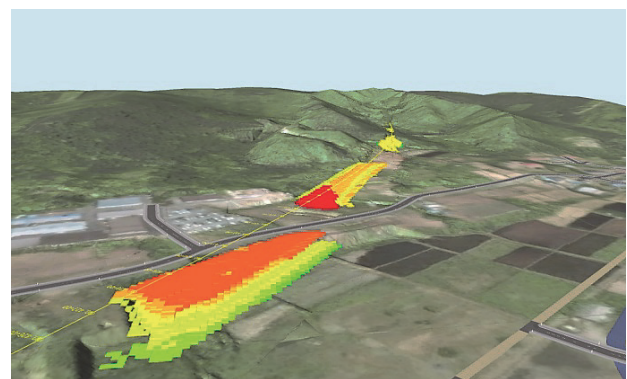


図-3 盛土の3次元化ブロックモデル

理システムのデータとリンクしており、各層の施工データ（施工日、施工座標、転圧回数、盛土材料種別など）をデータベースに読み込み、3次元ブロックモデルの属性として記録され、3D システム上で盛土全体の施工状況ならびに施工データの全体像がわかるように立体的に『見える化』した。これにより膨大な施工情報を簡単にリアルタイムおよび任意に確認できる。また、簡易土量計算の機能により出来高（土量進捗）も容易に確認できる。さらに施工過程を再現する 4D 機能があり、いつでもこの箇所で行ったかトレーサブルに確認できるとともに、施工計画にも役立てることが出来る。当該工事では、盛土区間を 1 ブロックサイズを 2.5 m × 2.5 m × 0.3 m として 3 次元ブロックモデルを作成した（図-3）。

3-2 GNSS 測量による施工管理の『見える化』

本工事では、施工延長が長く広範囲にわたるため、測量作業の効率化も課題であった。そこで、起工測量における現況地形の測量に 3D レーザースキャナを適用する

とともに、3D 設計データ、GNSS 測量技術の一つである面的施工管理システム（ロードランナー）を活用して、測量作業の『見える化』と効率化を図った。図-4 にその作業フローを示す。

3D レーザースキャナは、レーザ光を 360° 全方向に照射させて対象物の座標を測量する技術である。一度に広範囲で面的な測量を迅速に行える長所がある。測線ごとの横断面に記載された地盤線と実際の地形線と必ずしも一致しないことも多い。また測線位置以外の箇所においても、その地形形状を 3次元で測定できるため、3次元設計データと合成して照合することで、施工前に干涉チェックや不整合の有無を可視化して確認ができる。

次に、その後照査した設計データ、現況地形データを面的施工管理システム（ロードランナー）に取り込み、現地での丁張りや点だし作業を行った（図-5）。一人

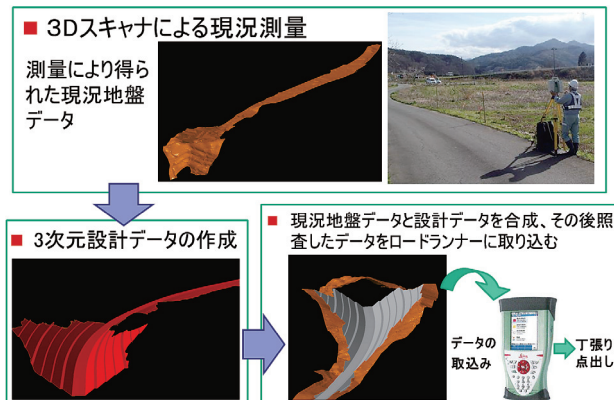


図-4 3D スキャナ現況測量とロードランナー測量の手順



図-5 面的施工管理システムによる測量状況

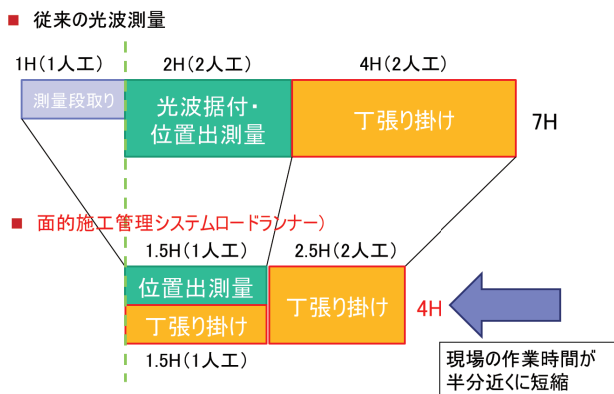


図-6 測量時間の比較

でかつ設計データ位置を確認しながら容易に行うことができる。その結果、丁張り掛けの測量作業時間が半分近くに短縮した（図-6）。

3-3 GPS 運行管理システムと IC タグ自動計量システムによる土砂搬出の『見える化』

掘削工に伴い複数の搬出先へ日々 90 台前後のダンプトラックが一般道を走行して土砂を運搬することとなり、一般車を巻き込んだ交通災害や過積載、並びに道路の破損を招くリスクが懸念された。これらのリスクを低減・回避するため次の 2つのシステムを導入・運用した。まず 1つ目としてスマートフォンを使用した「GPS 運行管理システム」（以下運行管理システム）を導入し、走行中のダンプトラックの位置をリアルタイムに監視・管理した。このシステムではダンプトラックが速度超過した場合や運搬ルートを逸脱した場合に車載しているスマートフォン端末から音声で警告が発せられ、運転手に注意喚起を行う。またその様子は現場事務所内のパソコンでリアルタイムに確認することが出来る（図-7）。

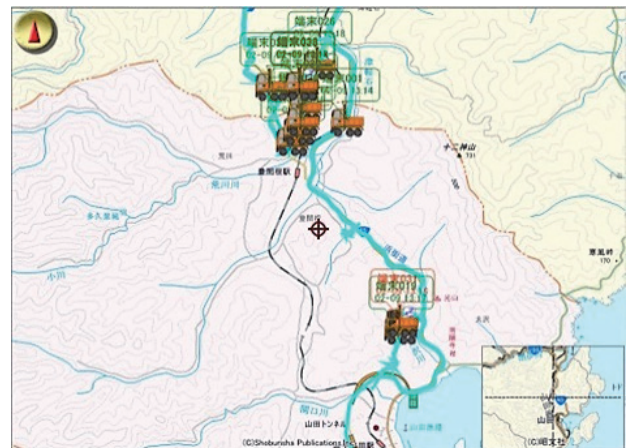


図-7 GPS 運行管理システム運用画面

ダンプトラックの運転手には新規入場時にそれぞれの運搬ルートを周知するが、複数の搬出先のうち当日の作業で自分がどこに運搬するのかを明確にするため、運搬開始前に運搬先カード（写真-2）を渡して車両に掲示させることとした。速度超過など運行管理システムから何かしらの警告を受けた車両の運転手に対しては、個別に指導を行うとともに月 1 回実施している安全衛生教育の場でその事例について全運転手へ周知を行った。

運行管理システムの活用と並行して個人に対する体調を管理・把握するため、運転手全員に作業開始前健康点検表の記入を義務付けた。点検表にはその日の体調や昨夜の睡眠時間、高血圧などの既往症とその治療の有無の他、当日の体温・血圧・アルコール量測定結果を記入し各自が自分の健康状態を把握するとともに元請職員による確認・指導を行った。

2つ目として「IC タグ自動計量システム」を使用した



写真-2 土砂運搬先カード



写真-3 インフォメーションセンター外観

ダンプトラックの過積載防止管理を行った。当システムは車両情報を記録したカード型 IC タグを受信機にかざし IC タグ内の車両情報とトラックスケールで計測したダンプトラックの積載重量とを自動でコンピュータに記録・集計させるものである。計量の結果、過積載であった場合には赤色回転灯が点滅し運転手に知らせる。これにより計量作業を無人化することが可能となり、また過積載状態で場外へ出てしまうことを防止することが可能となった。過積載であった場合には積込み場所まで戻り再度積み込み直すとともに、過積載となる積込みが繰り返されることの無い様バックホウのオペレータに周知・指導を実施する。その際に該当ダンプトラックの積載ライン表示も再設置する。

これらの ICT 技術を活用した『見える化』により、現場施工管理業務の効率化と抜けの無い品質管理を実現し、さらに工事の安全性の向上に繋げることができた。

§4. 地域に向けた工事の『見える化』

工事の円滑な進捗のためには、地域の方々に事業の内容と工事について知っていただき、理解と協力を得ることが重要となる。そのためには工事を安全かつ迅速に進めていくだけでなく、地域の方々から「見える」事業(工事)にしていくことが必要であると考え、以下の取組みを実施した。

4-1 インフォメーションセンターの運営：地域住民への情報発信

当工事では山田宮古道路安全連絡協議会の会長として、地域の方々に対する復興道路事業の情報発信基地となるインフォメーションセンター「三陸復興みらい館」を開設し、その管理・運営を行った(写真-3)。

センターでは事業の概要をはじめ山田宮古道路の内容についてのパネル展示のほか、バックホウやブルドーザ等の建設機械の模型を使ったジオラマ、トンネル工事

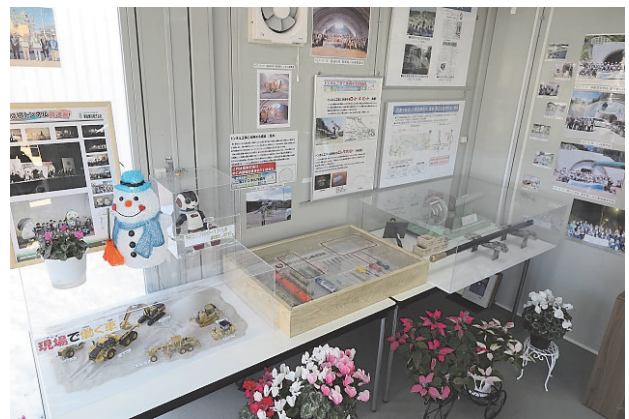


写真-4 模型展示写真



写真-5 工事説明用大型モニター画面

で使用する火薬等の模型を展示した(写真-4)。さらに山田宮古道路における各工事の概要や進捗、協議会で行っている CSR 活動などのスライド映像を大型モニターで表示した(写真-5)。来場者はタッチパネルを使用してスライド映像を選択し閲覧したり、各種展示を見学したりすることで事業(工事)の内容や地域との関わり合いについて見て知ることができる。工事の進捗は毎月、その他の情報についても適時更新し、何度も来場したくなるようなセンターの運営に努めた。

4-2 安全宣言・こども 110 番：地元警察との連携

山田宮古道路安全連絡協議会として地域全体の安全に貢献するために「交通安全宣言」を地元警察および各関係機関に宣言し、工事用ダンプトラックの交通マナー向上に努めること、交通巡回による子供や高齢者に対する見守り活動を行った。この「交通安全宣言」における取組みの一環として、地域の子供たちを不審者等による犯罪から守るための見守り隊として「こども 110 番パトロール隊」を山田宮古安全連絡協議会の所属事業者全体で組織し、地元警察署との連携を図った。各事業者において工事現場への移動手段として日常的に使用している現場車両をパトロール車両として地元警察に届け、パトロール隊のステッカーを貼っている車両（写真-6）が



写真-6 パトロール車両



写真-7 こども 110 番周知看板

事務所と現場の間を日々パトロールすることで山田宮古道路事業区域全体における犯罪の発生防止に寄与するとともに、緊急時には現場が駆け込み寺の役割を担えるよう体制を整えた。また沿道や工事事務所仮囲いに看板を掲示してパトロール活動に対する周知と犯罪への注意喚起を図った（写真-7）。

4-3 地域行事への参加と沿道住民への定期的なヒアリング

地域の方々からの親近感を高め、「顔の見える現場監督」となり工事に対する理解を深めていただくことに繋がることを目的として、毎年地域で行われている幼稚園や小学校での運動会やお祭りに出張所として参加した。また沿道住民の方々に対しては民生委員の会合への出席や月2回の個別訪問によるヒアリングを実施した。ヒアリングの結果、ダンプトラックの走行による道路の汚れや粉塵、交通渋滞に対する苦情が発生したため、これまでにタイヤ洗浄機の導入やスーパーおよび散水車、人力による道路清掃、運搬ルートの変更などの対策を実施してきた。ヒアリング結果をフィードバックしてこれらの対策を講じたことで、結果工事に対する苦情が減少した。

§5. まとめ

平成 27 年 2 月の工事着工から約 2 年が経過し、平成 29 年 1 月末時点における工事の進捗は約 90% を超え、掘削土砂の場外搬出もほぼ完了を迎えている。場外搬出にあたり、事故なく、苦情も最小限に抑えることが出来たことはこれまでに述べた二つの『見える化』の成果と考える。

今後、場内盛土約 7 万 m³ を、高品質でより安全に造るべく『見える化』を継続、発展させて工事完成に向けて邁進していきたい。

参考文献

- 1) 原久純, 田中勉, 佐藤靖彦, 岩谷隆文, 杉本幸信: 3D 情報化施工支援ツールの開発, 西松建設技報 Vol.38, 2015.