

GNSS 位置情報と QR コードを用いた EPS 軽量盛土の施工管理

日本国土開発(株) 正会員 佐野健彦, 正会員 ○四宮圭三, 正会員 中村裕希
(株)科学情報システムズ 武田祐二, 小笠原一基

1. はじめに

国土交通省が推進する i-Construction における「全体最適の導入」は, CIM を最大限活用することによるフロントローディングによって実現可能である. 施工管理の省力化の推進とともに, 施工状況をリアルタイムに CIM と連携させるといった高度化が望まれる. CIM 活用の高度化としては, EPS 軽量盛土を対象とした施工管理が報告されているが, 従来の施工管理手法による施工データを, CIM モデル上に記録するといったデータベースの構築までにとどまっている.

本稿では, 施工情報と CIM モデルの高度連携を考慮し, ICT を活用した 3D 計測技術による起工測量を実施するとともに, 計測結果を反映した CIM モデルによる施工計画を立案した. 更に, QR コードによる材料管理と GNSS を用いた位置情報データに対して, CIM モデル作成の自動化プログラムを用いて, CIM モデルとリアルタイムに連携した施工を行った. 対象は, 国土交通省東北地方整備局発注の EPS 軽量盛土による高速道路の 4 車線化拡幅工事である.

2. ICT を活用した EPS 施工システムの概要

フロントローディングを実現するため, MMS²⁾を使用した現況地形測量を実施し, EPS ブロックが最適な配置となるように施工計画を検討した.

(1)EPS 軽量盛土工の概要

EPS ブロックは, 軽量のため人力による運搬および設置が可能である. そのため, EPS 設置の施工スピードは, コンクリート 2 次製品を用いた構造物と比較して圧倒的に速い. 対象とした EPS 軽量盛土工の数量は, およそ $3,000\text{m}^3$ であり, ブロックの寸法および形状は, 短辺 1m ×長辺 2m ×高さ $0.5\text{m}=1\text{m}^3$ の直方体であった.

(2)使用した 3D 計測技術とその特徴

3D 点群データの取得には, MMS を使用した. 図-1 は, 計測に使用したアジア航測株式会社所有の MMS である Geo Master NEO 4 号機²⁾を示している. MMS は, レーザースキャナー, オドメータ, GNSS および IMU



図-1 起工測量に使用した MMS

表-1 MMS 搭載の 3D レーザースキャナー諸元

名称	方式	スキャンレート
PENTAX S-2100	位相差	200Hz (1,000,000 点/秒)
SICK LMS511	時間	100Hz (27,100 点/秒)

表-2 MMS 搭載 360°全方位ビジョンカメラの諸元

名称	Ladybug5
解像度	$2048 \times 2448 \approx 500$ 万画素
センサー	Sony ICX655 CCD



(a)TIN サーフェスモデル



(b)現地写真

図-2 起工測量時の現場状況

とデジタルカメラを組み合わせで搭載しており, 走行しながら周囲の 3D 点群データ計測および全周囲写真計測が, 高密度かつ高精度に実施可能な装置である. MMS に搭載した 3D レーザースキャナー装置の諸元は, 表-1 に示す通りである. MMS に搭載した 360° 全方位ビジョンカメラの諸元は, 表-2 に示す通りである. 図-2(a)および図-2(b)は, 起工測量時の現場状況を比較して示している. TIN サーフェスモデルは良く一致していることが分かる. 図-2(a)の TIN サーフェスモデルを用いて, 最適な EPS ブロックの配置を検討した.

(3)QR コードを用いた施工情報の管理

EPS の施工は, 3,000 個以上のブロックを取り扱うため膨大な量の施工情報を管理する必要があった. そのため, 高価なセンサーを大量に使用することはコスト面から問題があり適当ではないと判断した. センサー

キーワード i-Construction, 全体最適化, QR コード, EPS 工法, 見える化

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9 日本国土開発(株)土木事業本部 TEL.03-5410-5750 E-mail : takehiko.sano@n-kokudo.co.jp

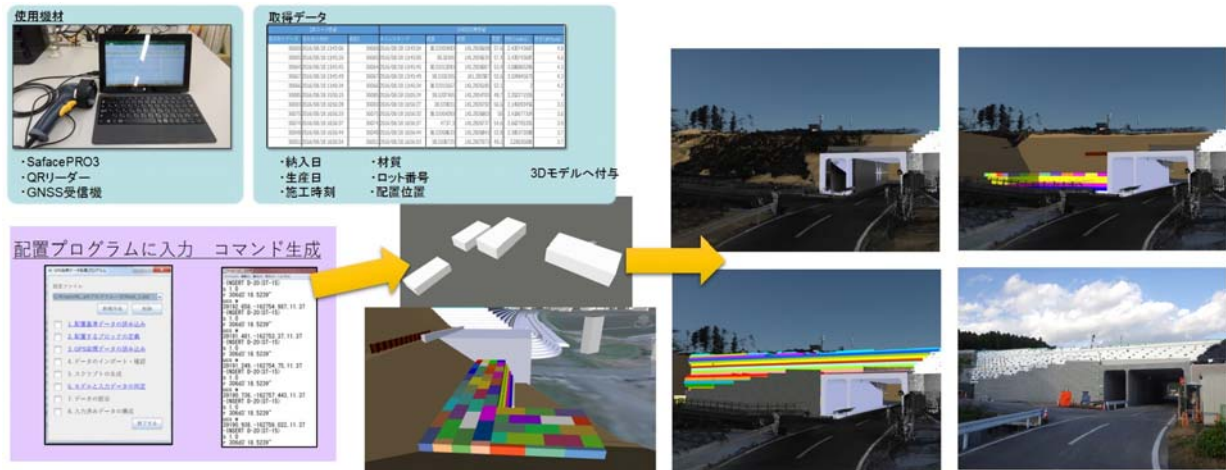


図-3 CIM データと施工情報の関連付けによる CIM モデルの生成

に求められる要求事項は、屋外で雨風に曝されても影響を受けることなく使用でき、安価で安定的に大量供給が可能という点であった。これらの条件を満足するものとして QR コードを選定した。更に、QR コード読取り時に、位置を把握可能な GNSS センサー付き QR コードリーダーを開発した。QR コードは、工場出荷時にすべての EPS ブロックにあらかじめ貼り付けた。トレーサビリティを考慮し、複数にわたる EPS ブロックの供給元それぞれに対して固有の ID 番号を付与した。

3. モデルの自動作成と施工情報関連付けプログラム

作成した EPS 配置プログラムは、QR コードの読取と同時に進行 GNSS 測量による位置座標データに基づき、自動的に CAD 図面上に配置することが可能である。本プログラムの実行には、事前データとして AutoCAD 図面での EPS のモデル化、作成したモデルのブロック登録に加え、EPS を配置する座標と配置すべきブロックの名称やブロックを配置する角度等のリストを必要とする。ここでブロックとは、AutoCAD において図形をグループ化する機能である。当該機能を使用することで、指定した図形グループに特定の名称を付け、CAD 図面上に同一の図形グループを配置出来る。配置計画データのリストとともに、EPS に取付けた QR コードと QR コードスキャン時に計測した EPS の GNSS 座標、GNSS を取得した時刻等のデータをリスト化したものをインポートすると、配置計画データのリストと実測データのリストの各データを自動で関連付け、関連付けたデータから AutoCAD でブロックを配置出来るスクリプトを作成し、テキストファイルが出力される。自動配置した EPS ブロック 3D モデルは、施工情報等を関連付けることで CIM モデルとして活用出来る。本プログラムでは、CIM モデルへの対応として、Autodesk

Navisworks のアドインプログラムである Navis+で使用可能な属性情報の出力機能を追加している。自動配置した EPS ブロックと QR コードデータと施工情報を関連付けした全データから任意の情報を抽出・選択し、属性情報のリストとして csv ファイルを自動で作成出来るように工夫した。図-3 は、これらの自動配置によって作成した CIM モデルの生成概要を示している。

4. まとめ

EPS 軽量盛土工事の施工において、CIM 活用の高度化を視野に入れ、全体最適の考え方を導入した施工管理を実施した。今回の検討範囲内で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 3D 計測結果を用いた詳細な現況地形に合わせた EPS ブロックの配置計画を行うことで、QR コードと GNSS 情報をほぼリアルタイムに CIM モデルへ反映させることが出来、効率化が図られた。
- 2) 今回開発した CIM モデル作成の自動プログラムを用いることで、材料情報や工事情報といった属性情報を CIM モデルに自動的に反映させ、データ連携の高度化が可能であることが分かった。

今後は、「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」で本来のターゲットとしているコンクリート構造物の部分最適化および全体最適化を図るため、本検討で用いた手法を広く活用するとともに、更なる効率化を図るために、自動化プログラムと管理手法の改善を継続する予定である。

参考文献

- 1) 羽賀研太郎, 佐野健彦, 大上敏弘: ICT を活用した EPS ブロック施工の出来形管理, 土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, 2016
- 2) 平井智, 松本直樹, 佐藤秀人: 路面性状機能付き MMS の事例紹介, 日本写真測量学会平成 28 年度秋季学術講演会発表論文集, 日本写真測量学会, pp.15-16, 2016