

MMS による切土法面での出来形測量における精度検証

安藤ハザマ 正会員 ○木付 拓磨 正会員 早川健太郎
 正会員 黒台 昌弘 正会員 足立 有史
 朝日航洋(株) 非会員 白石宗一郎 非会員 大伴 真吾

1. はじめに

i-Construction のトップランナー施策である ICT 土工においては、UAV 写真測量やレーザスキャナ等による 3 次元計測により出来形管理を行うことで、建設現場での生産性向上が進んでいる。また、車両にレーザ計測装置や全方位カメラ等の装置を搭載し、走行しながらデータを収集する MMS (Mobile Mapping System) についても各社で技術開発が進み¹⁾²⁾、広範囲に及ぶ造成工事等での適用が期待されている。このような背景の中、筆者らは MMS の有用性を確認するために、ICT 活用工事において起工測量での精度検証および適用性の評価³⁾を行ってきた。それらから得た知見を踏まえて、MMS による切土法面での出来形測量における精度検証および適用性の評価を行った。

2. MMSによる切土法面の出来形測量

MMS による出来形測量は、国土交通省東北地方整備局発注で ICT 活用工事の国道 283 号釜石西地区道路改良工事において、切土法面の掘削・整形が完了した段階で行った。切土法面は最大高さが約 50m で法面段数が 7 段あり、法面勾配は 1:1.2 である。

MMS 計測には、朝日航洋が所有する Asahi GT-4 を用いて時速 10~20km 程度で走行した。MMS に搭載しているレーザは RIEGL の VQ-450 であり、その仕様を表-1 に示す。

MMS の走行ルートおよび標定点・検証点の配置を図-1 に示す。出来形計測の範囲は、延長が約 1.0km 区間の中に掘削・整形が完了した高さ 50m 程度の 2 つの法面 (計測箇所①、②) である。その山裾にある川の兩岸の道路を往復走行し、計測を行った。標定点は走行ルートの始終点に設置し、検証点は標定点間の中間に 1 箇所あるいは 2 箇所設置した。また、切土法面上にも検証点 (1.0m×0.9m のビニール製シート) を設置した。走行ルート上の標定点・検証点の測量は VRS-GPS で、切土法面上の検証点についてはノンプリズム型のトータルステーションで測量した。走行ルート①から計測箇所①を計測している状況を図-2 に示す。

MMS による計測距離は図-3 に示すように、最大 160m 程度である。計測はレーザの照射点数や計測距離を変化させて行った。計測条件を表-2 に示す。

3. 計測結果および評価

筆者らが 2015 年 3 月に独自に作成した、「3D モデルによる土工出来形管理の効率化・高度化のための MMS 計測マニュアル (案)」⁴⁾に基づき、本出来形計測を実施した。

表-1 レーザ仕様

メーカー	RIEGL
機種	VQ-450
測定精度	±8mm
測定確度	5mm
レーザパルス繰り返し周波数	550kHz まで
最大測定距離	800m
1パルス当たりの最大ターゲット数	無制限
最大有効測定レート	550,000回測定/秒
スキャン速度	200scans/sec まで



図-1 走行ルートおよび標定点・検証点配置図



図-2 計測状況

キーワード i-Construction, MMS, MMS 計測マニュアル, 土工出来形管理, 精度検証

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 土木事業本部 技術第二部 TEL.03-6234-3672

本マニュアル(案)には、計測ルート設定方法や取得された出来形データの精度管理方法が記載されている。計測箇所①で取得した点群データを図-4に示す。

精度の検証方法は、表-2に示す全CASEの計測データについて、切土法面上に設置した検証点と実測値との較差を比較した。全CASEの計測データをすべて採用した場合についての精度結果を表-3に示す。表中の補正前とは取得した生データの値であり、補正後とは走行ルート上に設置した標定点の座標を用いて補正した値である。なお、本計測では法面上に標定点を設置していない。そのため、往復走行データや各CASEの点群データを合成する場合には、走行地点から遠距離にある法面の形状を基準に点群のずれを補正している。以上のような補正処理によって、表-3に示すように、精度の向上が図れ、i-Constructionでの出来形測量の基準50mmを満足できることがわかった。

次に、計測距離別に上段、中段、下段に分類した場合(図-3右側に標記)の精度結果を表-4に示す。計測距離の増大にしたがい、水平距離の較差は大きくなる傾向がある一方で、高さについては明確な特徴は見とれない。

計測距離の増大にしたがい較差が大きくなる傾向については、起工測量での検証と同様であり、レーザのパラメータ(レーザ照射点数およびスキャン周波数)の変更、すなわち、レーザの照射点数を意図的に増減させ、照射強度を強くする設定とすれば、反射率の低い対象を計測する際にも、その対象の輪郭がより判別しやすい、まとまりのある点群を取得することができた。このように、法面の形状を基準として点群のずれを補正することが、出来形計測精度の向上を図るために有利であるとの知見を得ることができた。また、計測中には1mm程度の降雨があったにもかかわらず、精度に対する影響が無かったことから、MMSを現場適用する場合の条件設定の幅が広がったといえる。

4. まとめ

MMSによる切土法面での出来形測量を行い、レーザのパラメータやMMSの走行速度を適切に設定し、走行ルート上の標定点のみでデータを補正することで、i-Constructionでの出来形測量の要求精度50mmを満たすことが可能であるということがわかった。今後は、レーザのパラメータの違いによる精度検証や安定的に精度を確保することができる計測方法の検討を行っていく予定である。

謝辞 本論文をまとめるにあたり、国土交通省東北地方整備局南三陸国道事務所には貴重な資料を使用させていただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 木付拓磨, 早川健太郎, 黒台昌弘, 足立有史, 白石宗一郎, 大伴真吾: i-Constructionを視野に入れたMMSによる起工測量での精度検証, 土木学会第72回年次学術講演会, VI-732, pp.1463-1464, 2017.
- 2) 佐藤靖彦, 細野高宏, 杉本幸信, 矢尾板敬, 堺浩一, 石塚淑大: MMS計測およびUAV空中写真測量による盛土完成時の出来形計測事例, 土木学会土木建設技術発表会, pp.1-4, 2017.

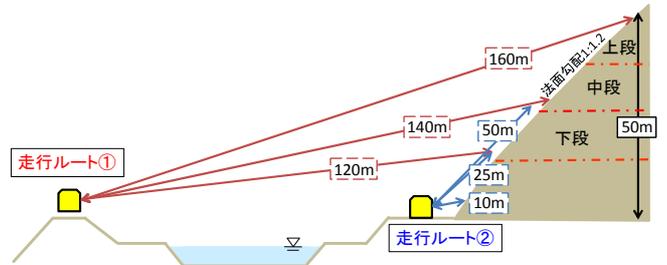


図-3 計測距離

表-2 計測条件

CASE	走行ルート	計測対象	レーザ照射点数	スキャン周波数	点間隔
1	①(往復)	上・中・下段	粗 (550kHz (最大計測距離: 200m))	30Hz	50cm
2	②(往復)	下段	中 (550kHz (最大計測距離: 200m))	50Hz	12cm
3	①(往復)	上・中・下段	中 (550kHz (最大計測距離: 200m))	50Hz	25cm
4	②(往復)	下段	密 (550kHz (最大計測距離: 200m))	100Hz	6cm
5	①(往復)	上・中・下段	密 (550kHz (最大計測距離: 200m))	100Hz	14cm
6	②(往復)	下段	粗 (200kHz (最大計測距離: 700m))	50Hz	3cm
7	①(往復)	上・中・下段	粗 (200kHz (最大計測距離: 700m))	50Hz	52cm
8	②(往復)	下段	粗 (300kHz (最大計測距離: 450m))	50Hz	6cm
9	①(往復)	上・中・下段	粗 (300kHz (最大計測距離: 450m))	50Hz	52cm
10	②(往復)	下段	粗 (300kHz (最大計測距離: 450m))	50Hz	6cm

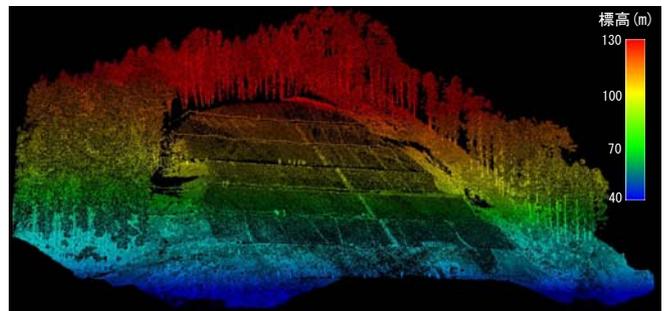


図-4 点群データ(計測箇所①)

表-3 精度検証結果(全CASE)

データ	標準偏差		
	水平(m)	高さ(m)	
補正前	走行ルート①	0.052	0.039
	走行ルート②	0.073	0.095
補正後	走行ルート①と②を合成	0.029	0.043

表-4 精度検証結果(計測距離別)

データ	標準偏差		
	水平(m)	高さ(m)	
補正後	上段(最大距離160m程度)	0.042	0.043
	中段(最大距離140m程度)	0.023	0.040
	下段(最大距離120m程度)	0.023	0.044