

ICT 法枠工出来形管理手法の検証結果報告

西武建設株式会社 正会員 ○神保楓実，金野直樹，須長真介，有山葉那

1. はじめに

「3次元計測技術を用いた出来形計測要領(案)」においては、将来的な施策として参考資料の中に法枠工における出来形算出ガイドを記載している。同ガイドでは法枠の鉛直距離・水平距離・枠中心間隔・法長・延長を3次元計測技術にて計測することで、危険箇所への立入りを無くし、安全かつ正確な計測を実施することを目標としている。本稿は、法枠工の出来形計測における課題点を抽出し、解決手法を提案・検証することで将来的な本格運用の一助とするものである。

2. 現場条件

検証現場の形状は、延長約120mの切土区間であり、掘削深さは最大で約50m、法面1段の高さは7.0m、法面勾配は1:1.2の切土7段で構成されている。(写真-1) 法枠工の終点側付近1~4段目は□300×300、それ以外は□200×200の吹付法枠工で計画されていた。また、□300×300部分は法面勾配が1:1.2~1:1.0の勾配で現況地形に摺りつける形状であった。

3. 計測方法

計測には地上型3Dレーザースキャナー(以下、3DLS)を使用した。機械設置箇所は、高所での計測作業を無くすために実施するという観点から、足場が安定している最下点に設置し、終点側・中央・起点側の3箇所にて、約40m間隔・レーザ一点間距離は6.3mm@10mで計測した。計測誤差絶対値平均はX=0.5mm、Y=0.8mm、Z=0.9mmであり、精度は良好であった。

4. 3DLS計測における課題

3DLSにて計測した全体平面形状を図-1に示す。3DLSは器械高にて視認できる対象物しか点群を取得できないため、器械高より高い位置にある法枠工の上面部や小段は点群が取得できなかった。表-2に取得点群結果を示す。同表より、器械点からの距離が長距離・上方になるほど取得点群数は減少した。これは仰角が大きくなることで、死角が増えることが要因である(図-2)。また、特に5段目は小段幅が3mであるため、5~7段目から急激に点群取得数が減少した。

法枠工出来形寸法の計測結果平均値を表-3に示す。同表において実測値と3DLS計測値との比較を実施した。対象計測寸法は鉛直距離(h1,h2)・水平距離(w1,w2)・枠中心間隔(a1,a2)とし、比較対象は□200×200とした。5~7段目は点群の不足により計測が出来なかったため、表から除外した。

計測結果より、最も誤差が大きい項目は鉛直距離となった。これは図-2に示すとおり、計測点群欠落により、法枠上端位置が不明瞭で

表-2 取得点群結果

段数	器械からの距離	点間距離(m)	点群密度(点/m ²)	面積(m ²)	点群数(点)
1段目	30m	0.017	3569	946.3	3,377,546
2段目	42m	0.032	1660	612.0	1,016,118
3段目	54m	0.048	928	585.2	543,373
4段目	66m	0.073	523	478.6	250,459
5段目	82m	0.218	285	196.9	56,227
6段目	92m	0.169	279	216.5	60,382
7段目	104m	0.185	161	131.0	21,090

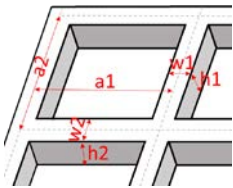


図-3 計測箇所

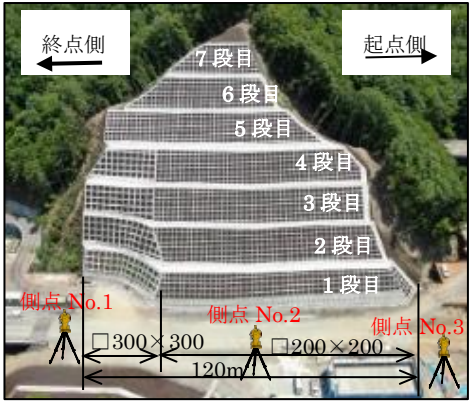


写真-1 現地状況

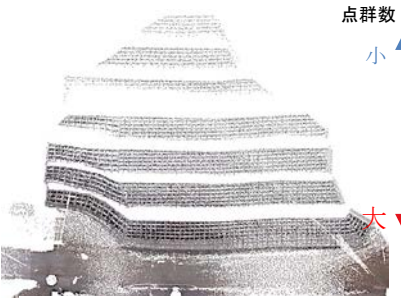


図-1 点群計測結果(全体平面)

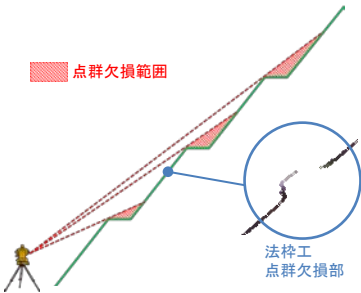


図-2 点群欠損範囲

表-3 計測結果平均値一覧表

段数	計測方法	a1	w1	h1	a2	w2	h2
1段目	実測	寸法	1504.0	208.5	207.5	1498.0	210.0
		計測数	10	10	10	10	10
	3DLS	寸法	1506.7	208.8	190.3	1497.5	206.3
		計測数	10	10	10	8	8
2段目	実測	寸法	1500.6	207.2	206.1	1517.2	209.4
		計測数	9	9	9	9	9
	3DLS	寸法	1510.0	208.1	172.0	1526.6	203.5
		計測数	9	9	9	8	8
3段目	実測	寸法	1492.3	207.7	207.3	1499.1	210.0
		計測数	11	11	11	11	11
	3DLS	寸法	1492.7	206.3	174.6	1503.0	180.5
		計測数	10	10	10	1	2
4段目	実測	寸法	1479.5	205.0	206.5	1482.0	211.0
		計測数	10	10	10	10	10
	3DLS	寸法	1489.2	214.5	168.5	計測不可	計測不可
		計測数	5	4	4	0	0

キーワード ICT 法枠工，3次元出来形計測，3次元レーザースキャナー，3次元レーザードローン

連絡先 〒359-8550 埼玉県所沢市くすのき台 1-11-1 Tel:04-2926-3811 E-mail:fumi-jinbo@seibu-const.co.jp

あったことに起因する。点群の寸法計測には、構造物の角（エッジ）が必要であり、点群が確実にエッジを計測できていない場合においては誤差が大きくなることが分かった。枠中心間隔については大きな差は見られなかったが、法枠点群の中心位置にて計測が可能のため、特にエッジを必要としないことが要因であると考えられる。現段階では5〜7段目の点群数が少なく全く計測が出来ないことから、点群取得数の増加が課題となった。

5. 点群取得数増加のための手法検証

点群数を増加させるための手法として、UAVを用いた航空写真測量による点群取得と3次元レーザースキャナー搭載型 UAV（3DLS-UAV）による点群取得が考えられた。今回の ICT 法枠工は、高所での計測作業を無くし安全性を向上させることを目指しており、航空写真測量では、評定点を各小段の天端に2箇所以上設置し、評定点の座標を全て計測するなどの高所作業を伴うことから、3DLS-UAVを用いた点群取得を採用した。使用機械の形状・諸元を写真-2、表-4に示す。3DLS-UAVのフライトプランは図-5に示す格子状とし、横断方向は法面形状に沿った高度50m、縦断方向は各小段から高度50mとし、地表からの飛行高さを固定させることで点群の精度向上を図った。精度結果は、最下点部に評定点を3箇所設置し、既知点座標との差を確認した。結果は平均値で、X=73mm、Y=63mm、Z=30mmであり、良好な精度は得られなかった。対象構造物寸法が200mmであることを考えると、この精度では構造物の出来形計測に使用することは困難であるため、3DLSで取得した点群をベースとして、3DLS-UAVの点群を擦り付け合成し、補間した点群を作成することで精度向上を図った。



写真-2 3DLS-UAV

表-4 3DLS-UAV 諸元

ドローン	MATRICE 600 Pro
レーザースキャナー	TDOT Plus
発射レート	6万パルス/秒（マルチエコー）
エコー数	4
照射数	30回/秒
距離	受光強度 ≧ 30% ~ 200m over
視野角	90°（計測時使用有効角：60°）
測距精度	±4mm@50m、±20mm@150m（1σ）
計測時飛行速度	3m/秒

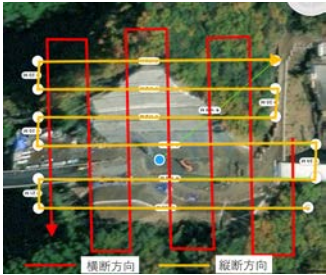


図-5 フライトプラン

6. 点群補間後の計測結果

点群を補間した平面結果を図-6に、断面結果を図-7に示す。点群を補間したことで小段部分や3DLSでは欠損していた法枠上面についても満遍なく点群を取得することができた。上記のデータを用いて、再度、出来形計測を実施した。計測結果を表-5に示す。計測結果より、3DLS計測結果と比較して、点群数が増えたことで、計測可能数は微増であったが、計測差は向上しなかった。この要因は、3DLS-UAVの点群を擦り付けるための3DLSの点群密度が足りず、補完した点群では出来形計測が行える精度に至らなかったためと推察できる。



図-6 合成点群結果(平面)

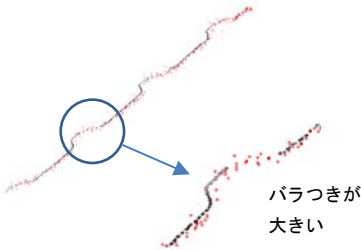


図-7 合成点群結果(断面)

7. まとめ

ICTにより構造物の出来形を計測するには、高精度の点群と構造物のエッジを取得することが不可欠であり、3DLSを用いた計測であれば機械設置位置より直視できる近傍の構造物は可能である。また、UAVを利用する場合は、飛行高度や飛行間隔の調整により、点群密度と精度を向上させることが課題である。現段階では、切土進捗と並行して各段毎で3DLSを近傍に設置し計測すれば、出来形計測は可能であると考える。

【参考文献】3次元計測技術を用いた出来形計測要領(案) 令和2年

表-5 計測結果平均値一覧表

段数	計測方法	a1	w1	h1	a2	w2	h2
1段目	実測	寸法	1504.0	208.5	207.5	1498.0	210.0
		計測数	10	10	10	10	10
	3DLS	寸法	1506.7	208.8	190.3	1497.5	206.3
		計測数	10	10	10	8	10
	3DLS+UAV	寸法	1505.7	195.9	177.1	1503.3	218.6
		計測数	10	7	10	10	8
2段目	実測	寸法	1500.6	207.2	206.1	1517.2	209.4
		計測数	9	9	9	9	9
	3DLS	寸法	1510.0	208.1	172.0	1526.6	203.5
		計測数	9	9	9	8	8
	3DLS+UAV	寸法	1514.2	204.8	168.0	1506.3	209.5
		計測数	9	9	9	8	6
3段目	実測	寸法	1492.3	207.7	207.3	1499.1	210.0
		計測数	11	11	11	11	11
	3DLS	寸法	1492.7	206.3	174.6	1503.0	180.5
		計測数	10	10	10	1	2
	3DLS+UAV	寸法	1487.5	202.9	188.2	1518.7	212.6
		計測数	10	8	9	7	7
4段目	実測	寸法	1479.5	205.0	206.5	1482.0	211.0
		計測数	10	10	10	10	10
	3DLS	寸法	1489.2	214.5	168.5	計測不可	計測不可
		計測数	5	4	4	0	0
	3DLS+UAV	寸法	1478.5	270.0	235.0	1475.7	200.0
		計測数	2	1	1	3	1