

TLSによる土留めの出来形確認の実用性検証

(株)安藤・間 正会員 ○田邊 卓
(株)安藤・間 正会員 石濱 裕幸

1. はじめに

従来、土留の出来形を測定する際には、トータルステーションや下げ振り、各種検尺道具を用いて測定を行っているが、点でしか変状を計測できず、変状範囲を面的にとらえることができない。土留の変状を面的にとらえることは、変状の傾向を把握してその原因を特定し、対策を講じるために重要である。土留の変状を面的にとらえる方法として、面的な「3次元空間の点群座標」を計測するTLS(レーザースキャナ)を選定し、出来形計測を行った。

2. 計測に使用したTLS(レーザースキャナ)

土留の出来形を計測する TLS(レーザースキャナ)機器として、Leica ScanStation P40を選定した。

機器名称: Leica ScanStation P40

最大計測距離: 270m

距離精度: 1.2mm+10ppm

測角精度: 8" (水平) / 8" (鉛直)

座標精度: 3 mm@50m; 6mm@100m

スキャンスピード: 1,000,000 点/秒



写真-1 TLS P40



写真-2 P40使用状況

測定対象の土留は幅 15.7m×30.7m、深さ 22mの地

中連続壁 (ECW) であり、全7回の掘削のうち5回目の掘削完了後の状況で測定を行った。

3. 現場での測定

今回測定した土留は地下にあり、切梁・腹起しが4段設置された障害物がある状態での測定であった。TLSを用いて測定するにあたり、スキャンデータに座標を持たせる為に、座標を持つ基準点にターゲットを設置し測定する必要がある。掘削直後での測定であった為、測定対象の地下部に基準点がないので、TLSの設置測定と移動を繰り返し、測定したスキャンデータを合成することで土留の変状測定を行った。地上での測定を2回行った後、地下へTLS、ターゲットを移動し、地下で3回測定を行った。

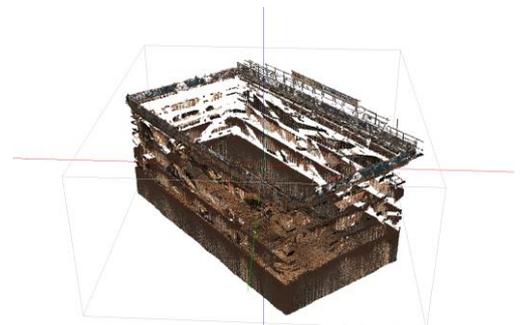


図-1 P40測定結果

4. TLSによる土留出来形測定結果

図-1にP40による測定結果を示す。写真は切梁・腹起を取り除き土留壁のみを表示したものである。このスキャンデータをPET's (Pointcloud Edit Tools) を用いて解析を行った。その結果を図-2に示す。土留の着色は、土留の設計位置である基準線からの距離によって色分けされている。着色が赤に近い程、基準線から変状していることを表している。

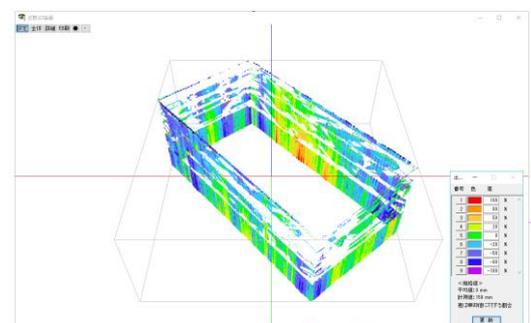


図-2 PET'sによる解析結果

変状が最も大きい箇所では、167mmという結果であった。

キーワード 土留支保工, 地中連続壁, TLS(レーザースキャナ), 出来形測定

連絡先 〒186-0012 東京都国立市泉 1-24-32 (株)安藤・間 北多摩(作) TEL 042-505-4205

5. 従来測量との比較

スキャンデータの精度を確認する為、下げ振りを用いた従来測量結果と比較を行う。PET'sでの解析において最大変状が見られた箇所を含む、従来測量の測点を図-3に示す。測点の数は平面位置8箇所(NA~ND, SA~SD)において、各箇所、切梁・腹起し5段分の計40点で測定を行った。

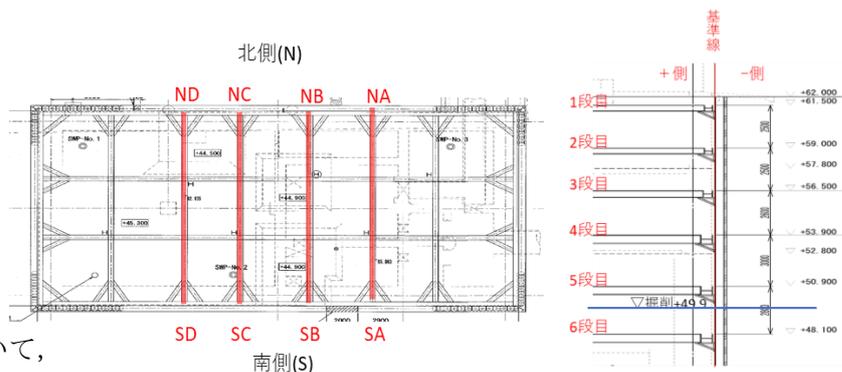


図-3 従来測量測定位置

測定結果の比較を図-4, 表-1, 表-2に示す。

図-4においては、従来測量とTLSの差は±15mm以下の範囲で、その差の最大値はSA-5段目の14.7mmである。表-1より、最も変状が大きい箇所のNC-5段目については、TLSの167mmに対して、従来測量の結果は167mmであった。表-2において、標準偏差の最大がSBの9.36で、全体としては6.8であり現場で運用するには十分な精度であるといえる。

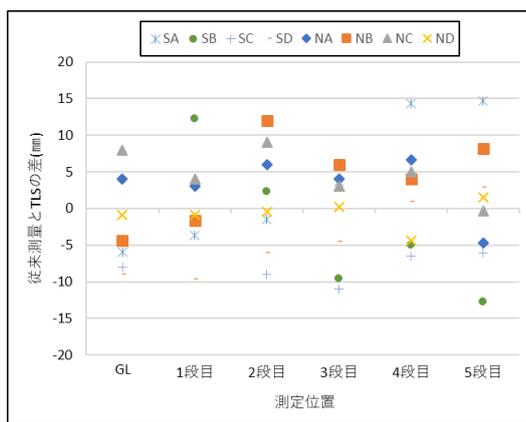


図-4 従来測量とTLSの比較

その他の測点においても、TLSによる測定が、従来測量と同様な土留の変状の傾向を捉えている。

測定に要した時間に関しては、従来測量, TLSともに2名で行い, TLS測定では約3時間, 従来測量では約4時間を要した。

6. まとめ

変状が最も大きかった測点(NC-5段目)における結果比較において、スキャンデータ, 従来測量ともに同等の結果が得られた。また、その他の箇所においてもTLSと従来測量で同様の山留変状の傾向を確認できた。

TLSを用いた測定においては、土留の変状を一度の測定で全面を測定することができる。TLSを用いた測定は、ある点でのみ計測する従来測量と比較して、従来測量では測定対象としない箇所の測定も行っているため、変状調査として確実性のある土留の変状を迅速に測定できた。

TLSにおける土留の出来形測定は十分な精度で変状の範囲を迅速にとらえることができるといえる。これにより、不具合箇所を定量化し現場での対応を効率化できた。

謝辞

本論文で解析に使用したPET'sは株式会社岩崎から市販前のバージョンをご提供いただいたものである。開発者の奈良氏ならびに関係者の皆様のご協力に深く感謝の意を表します。

参考文献

1) 田中成典ほか：レーザースキャナとUAV等の計測機器を用いた社会基盤施設の3次元データの計測と活用に関する研究, 2017 情報処理学会研究報告

表-1 従来測量とTLSの比較

測点	基準線からの距離(mm)			測点	基準線からの距離(mm)		
	従来測量	TLS	差(mm)		従来測量	TLS	差(mm)
GL	52	46	-6.0	GL	1	5	+4.0
1段目	49	45.3	-3.7	1段目	1	4	+3.0
2段目	33	31.5	-1.5	2段目	-16	-10	+6.0
3段目	14	17.6	+3.6	3段目	-19	-15	+4.0
4段目	-11	3.3	+14.3	4段目	-23	-16.3	+6.7
5段目	-28	-13.3	+14.7	5段目	-25	-29.7	-4.7
GL	50	54	+4.0	GL	12	7.6	-4.4
1段目	38	50.3	+12.3	1段目	8	6.4	-1.6
2段目	29	31.3	+2.3	2段目	-14	-2	+12.0
3段目	22	12.4	-9.6	3段目	-36	-30	+6.0
4段目	15	10	-5.0	4段目	-63	-59	+4.0
5段目	8	-4.7	-12.7	5段目	-85	-76.8	+8.2
GL	43	35	-8.0	GL	32	40	+8.0
1段目	40	43	+3.0	1段目	26	30	+4.0
2段目	21	12	-9.0	2段目	-18	-9	+9.0
3段目	0	-11	-11.0	3段目	-63	-60	+3.0
4段目	-20	-26.5	-6.5	4段目	-113	-108	+5.0
5段目	-31	-37.1	-6.1	5段目	-167	-167.3	-0.3
GL	48	39	-9.0	GL	-45	-45.9	-0.9
1段目	48	38.3	-9.7	1段目	-50	-50.9	-0.9
2段目	41	34.9	-6.1	2段目	-78	-78.4	-0.4
3段目	36	31.5	-4.5	3段目	-106	-105.8	+0.2
4段目	27	27.9	+0.9	4段目	-130	-134.4	-4.4
5段目	21	23.9	+2.9	5段目	-153	-151.5	+1.5

表-2 従来測量とTLSの差の比較

	全体	SA	SB	SC	SD	NA	NB	NC	ND
標準偏差σ	6.80	9.05	9.36	4.88	5.17	4.09	6.12	3.40	1.97
平均値μ	0.35	3.57	-1.45	-6.27	-4.25	3.17	4.03	4.78	-0.82
μ+σ	7.15	12.61	7.91	-1.39	0.92	7.26	10.16	8.18	1.15
μ-σ	-6.46	-5.48	-10.81	-11.14	-9.42	-0.93	-2.09	1.38	-2.79
中央値	0.55	1.05	-1.35	-7.25	-5.30	4.00	5.00	4.50	-0.65
最大値	14.70	14.70	12.30	3.00	2.90	6.70	12.00	9.00	1.50
最小値	-12.70	-6.00	-12.70	-11.00	-9.70	-4.70	-4.40	-0.30	-4.40
標本数	40.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
幅	27.40	20.70	25.00	14.00	12.60	11.40	16.40	9.30	5.90