舗装修繕工事における3Dスキャナー計測技術の活用について

鈴与建設株式会社 清水紀圭、佐々木亮太 CPDS 番号:74422

1. はじめに

本工事は、国道149号と静清BPを結ぶ袖師臨港道路の老朽化に伴う舗装修繕工事である。 現在、国土交通省では、ICT技術の全面的な活用による省力化や工事時期の平準化等により 1人あたりの生産性の5割向上を目指し、i-Construction 施策を進めており、土工について は28年4月より全面的な運用が開始されている。

本報告は、i-Constructionへの取り組みとして、当舗装修繕工事において、ICT技術の一つである3Dスキャナー計測技術を活用し、道路現況の計測、各施工段階の出来形計測を行い、従来管理方法とのデータ比較により、施工管理への導入実用化に向けて試験施工を実施したものである。

2. 工事概要

工 事 名:平成 27 年度 [第 27-W6501-01 号] 清水港 防災·安全交付金 【港湾改修事業(老朽化対策等)】袖師臨港道路舗装補修工事

工事箇所:静岡市清水区横砂 地内

工 期: 平成 27 年 12 月 25 日~平成 28 年 3 月 15 日

発 注 者:静岡県清水港管理局 整備課

工事概要:舗装修繕工事(2層切削オーバーレイ)施工延長400m、施工面積3,400m2

位置図:



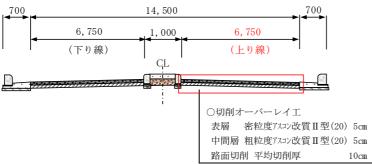




図-1 標準断面図

図-2 完成時点群データ

3. 3Dスキャナー計測技術とは

スキャナーから照射されたレーザーによって、対象物の空間位置情報(点群データ)を取得する計測で、離れた位置から非接触、ノンプリズムで大量に点群データを取得でき、従来の「点」の測量ではなく、「面」的な「3次元空間の点群座標」を取得する計測技術である。

一般的に当技術の活用効果として期待される点は以下のとおりである。

- ① 現場作業の大幅な削減 (計測人員、計測時間の削減)
- ② 人が立入ることができない場所のデータ取得 (安全性の確保)
- ③ 複雑な形状が計測可能
- ④ 取得データの任意点及び任意角度からの確認
- ⑤ 任意の位置から断面図が作成可能
- ⑥ デジタルデータとして保存



図-3 3Dスキャナーの原理の一例

4. 3Dスキャナー計測技術の導入目的と計測範囲

1).3Dスキャナー計測技術の導入目的

舗装修繕工事の起工測量において、従来の計測方法の巻尺又は、トータルステーション及びオートレベルを使用した場合、当現場のように交通量の多い現場においては、交通規制を設置して路面計測を行う必要がある。路面計測には数日を要することもあり、一般交通への影響、車道での作業となるため安全対策にも留意する必要がある。

このため本工事では、3Dスキャナー計測技術の導入によって、以下の点に期待して採用に至った。

- ① 現場計測作業の短縮
- ② 車道での作業を伴わない計測作業(安全性の確保、交通規制の不要化)
- ③ 平面図、断面図、数量計算等の報告書作成の簡略化、詳細数量管理
- ④ 出来形計測での活用(点の管理から面の管理への移行)
- ⑤ 出来栄えの可視化

また、本工事では従来の巻尺、オートレベルの計測も同時に行い、両データの比較により、施工管理への導入実用化に向けた試験施工も踏まえる。

2).3Dスキャナー計測技術の計測範囲

工事の進捗工程として、縦断方向を3分割、横断方向を追越し車線、走行車線の2分割、 計6ブロックに分けて即日で表層まで施工する。

このうち、3D スキャナーの計測範囲としては、横断方向の計測データを検証するため、図 - 4 に示すとおり $No.0\sim No.7$ の 140m 間の 2 ブロックを計測範囲とした。また、計測位置としては、道路現況、切削層、基層、表層の各施工段階の出来形について実施した。

なお、3Dスキャナー計測は 図 - 5のフローで実施した。

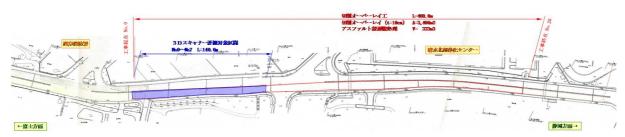


図-4 3 Dスキャナー計測箇所平面図

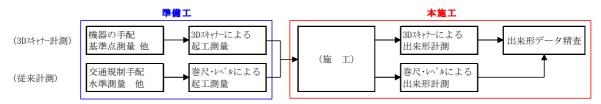


図-5 3 Dスキャナー計測活用フロー

5. 3Dスキャナーによる現況計測及び出来形計測

1). 計測機器仕様及び計測モード

図 - 6に本工事で使用した計測機器及び計測モードを示す。計測機器は、現場で行う一連の作業の高速化・高精度化を追及したトプコン社製のGLS - 2000を使用。計測モードは、計測面をより細密に再現するため、レーザー反射波を多く回収できる近距離モードで計測を行った。

尚、モード選定においては、舗装工程のタイムスケジュールを圧迫しないことも加味した。



权人到	達距離		参考測定対象物		
反射率	9%	18%	90%	測定スキャンモード	参考測定対象物
ショート	40m (近距離モード)	90m ^{(高速モード/} 低出力モード)	130m ^{(高速モード} / 低出力モード)	詳細	高詳細、遺跡、歴史的建造物など
				高速	事故現場、災害現場、時間的制約のある現場など
ミドル	40m (近距離モード)	150m (標準モード)	350m (標準モード)	低出力	人通りの多いエリア、レーザー出力制限のある現場など
ロング	40m (近距離モード)	210m (標準モード)	500m(標準モード)	標準	大型構造物、大規模造成地、土量計測など
				近距離	測定し難い対象物 * など

図-6 計測機器及び計測モード

2). 現況計測及び出来形計測

計測に先立ち、現場内の見通しが良好な場所に基準点を設けて計測を行った。基準点については、現場調査の結果、マウントアップの縁石部分が計測時に障害となることが想定されたため、走行車線側の歩道部に1箇所、追越し車線側の右折車線に1箇所設けて両側から計測を行った。

図 - 7に、現況計測結果及び切削出来形計測結果の点群データを示す。各画面内の欠測部分は、レーザーが到達しないため計測できない箇所となる。





〔現況計測結果による点群データ(昼間計測)〕





[切削出来形計測結果による点群データ(夜間計測)] 図 - 7 現況及び切削出来形の点群データ

5. スキャナーデータの活用

1).データ処理の流れ

図 - 8に示すように、3Dスキャナーにより取得した点群データを点群処理ソフトにより 不要箇所、重複点を削除する。不用点削除が終了した点群を対象にTIN(不等三角網)を 配置し、地形や出来形の面データを作成する。

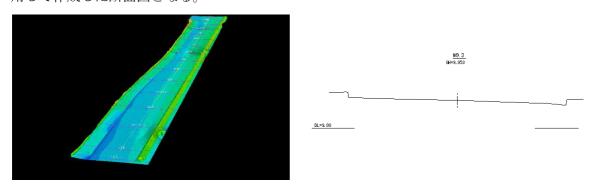
重複点については、当現場においては5 cm間隔で重複点の削除を行った。尚、I C T 土工の出来形管理要領では、出来形計測データについては、0.01m2 あたり 1 点以上の点密度が確保できる程度まで点密度を減らしてよいとされている。



図 - 8 データ処理の流れ

2).3Dモデルと断面図の作成

TINの配置により作成された面データに、工事で使用する平面線形、横断位置を出力し、図 - 9のように 3Dモデルを作成する。図 - 10に示す横断図は、この 3Dモデルを利用して作成した断面図となる。



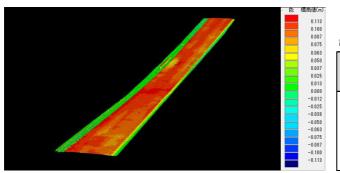
図‐9 表層工の3Dモデル

図-10 3Dモデルによる横断図

3).施工数量の算出

図 - 11は現況モデルと切削モデルの差分を表したものであり、色分けによって現況地盤からの切削厚を示したものである。3Dスキャナー計測技術のメリットの一つとして、3Dモデルを利用して、それぞれのモデルの差分から施工数量を算出することができる。

表 - 1 は、求積方法別に切削体積を算出したものであるが、表からも分かるように求積方法を詳細にするほど、より詳細なデータが得られていると考えられる。



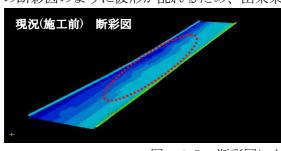
図・11 現況モデルと切削モデルの差分

計例対象区間:No.2 + 10, 00~No.4 + 10, 00									
計測位置		体積							
計例位直	求積区分	求積手段	測点間隔	(m3)					
	3 Dモデル	差分	1	25. 60					
現況一切削	3 Dモデル	77 14 MC 22 M	10m間隔	27. 70					
現成一切削		平均断面法	1m間隔	25. 20					
	従来方法	平均断面法	10m間隔	26. 76					

表 - 1 求積方法別体積比較表

4).出来栄えの可視化

出来栄えの可視方法として、高低差をわかりやすく表現するために、色分けした3Dモデル (断彩図)を使用する。図-12の断彩図から判断できるように、施工前の現況の断彩図は波形が乱れており、路面に凹凸があることが見て取れるが、施工後の表層の断彩図は波形が整い、路面の均一な勾配形状が見て取れる。一方、路面形状に異常がある場合には、現況の断彩図のように波形が乱れるため、出来栄えの可視化を図ることができる。



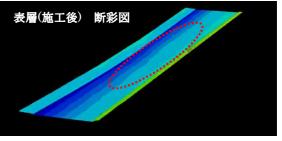


図-12 断彩図による出来栄えの可視化

6. 計測結果の検証

3Dスキャナーの計測精度の確認として、従来計測 方法との計測結果を比較検証した。計測結果を代表して、表層の基準高、幅の計測差を表 - 2に示す。

基準高としては、最大 22 mm、最小 1 mm、平均 11 mm の計側差。幅としては、最大 - 16 mm、最小 0 mm、平均 1 mmの計測差が発生した。有効データの取得率は、各々 91.9%、71.4%である。



表-2 従来計測方法との計測差 (計測範囲 No.0~No.7)

図-13に横断図と無効データの代表例を示す。

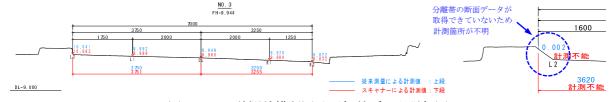


図-13 計測差横断図及び無効データ詳細図

7. 実施効果

3 Dスキャナー計測技術の活用効果として、計測時間としては、従来技術の1/1 0 程度で 完了するため、大幅に計測時間が短縮されることが明確となった。安全性としては、マウントアップの縁石が障害となり、一部車道からの計測となったが、大掛りな交通規制は不要であり、歩道から計測できることも確認できた。出来栄えの可視化についても、断彩図により見える化が図れること等、一定の活用効果を得ることができた。

スキャナーデータの処理、報告書等への展開については、点群処理ソフト等の活用により、 今後経験を重ねることで、従来方法の処理能力以上の効果を得られると考える。

一方、計測データとしては、計画時スキャナー設置箇所から前後60mのデータ取得を想定していたが、前後20mしか明確なデータが取得できなかった。計測角度が鋭角になるほど、点群データが荒くなる傾向があり、従来技術と比較して、20mm程度の計測差が発生し、計測差にバラツキもある。要因としては、点群データ処理時の差、計測時の天候、計測時間帯の影響等が考えられるが、引続き検証が必要とされる。

8. おわりに

今回、当舗装修繕工事における3Dスキャナー計測技術の試験施工によって、多くの課題を得ることができた。現状は舗装修繕工事への運用は難しいと思われるが、既に運用が開始されているICT土工基準では、規格値内の結果を得られたと考える。今回得られた課題を教訓に、継続的に試験施工を行い、施工管理への導入実用化、生産性向上に向けて取り組んでいきたい。