

## 距離画像センサを用いたトンネル断面測定方法の現場検証

飛鳥建設 技術研究所 正会員○松元 和伸 正会員 松田 浩朗  
 飛鳥建設 首都圏土木支店 宇都宮 基宏 武市 直人

### 1. はじめに

建設分野において、構造物の形状や変位を計測することは、調査・計画・設計・施工・維持管理の各段階で非常に重要である。従来は、計測機器を計測地点に設置した直接計測や、トータルステーションによる遠隔計測など、点や線状の計測が行われてきた。最近では、形状や変位を面的に捉えるレーザプロファイラが実用化され始めているが、計測とその後の解析処理に多大な時間がかかるためリアルタイム性に劣り、コスト面の負担も大きい。一方、セキュリティ<sup>1)</sup>、物流<sup>2)</sup>分野で利用が進む距離画像センサは、対象物までの距離を面的かつリアルタイムに計測可能であり、その計測精度や適用条件を確認しておくことで、建設分野へ適用が拡大できる可能性がある。

本稿は、長距離計測が可能で耐環境性の高い TOF (飛行時間計測) 方式の距離画像センサを用いて、現場の施工管理に活用する可能性がある簡易な断面測定システムを構築し、同システムを現場適用した精度検証結果を報告する。

### 2. 実験概要

実験に使用した距離画像センサ (MESA 社製 SR4000) を写真-1 に示す。同センサは標準画角モデルであり、測定可能な定義距離範囲は 5m 以下、視野角 43.6(水平)×34.6°(鉛直)、有効画素配列は 176(水平)×144 ピクセル(鉛直)である。最大 50fps(frames per second)で連続測定が可能である。実験状況と測定システムの構成を写真-2 および写真-3 に示す。

測定システムの精度検証を行うために、トンネル現場において、以下に示す手順の実験を実施した。

STEP1: トンネル軸線上近くに三脚を据えて、測定システムの赤外線照射面をトンネル壁面に向け、水平にセットする。

STEP2: トータルステーションを用いて、測定システム的位置およびシステムより水平方向に照射したレーザ光の位置の座標を測定する。

STEP3: 回転装置によって水平面から 180° (反対側の壁面) まで 30°毎の断面測定を行い、自動処理によって合成距離画像を作成する。

STEP4: 再度上記 STEP3 を繰り返し、2 回の測定における距離画像の差分を計算する。

実験は、乾燥した吹付け壁面 (測定位置 A)、濡れた吹付け壁面 (測定位置 B)、乾燥した二次覆工壁面 (測定位置 C) の 3 箇所で行った。各箇所ともに 2 回の測定を行い、各回の距離画像の差分 (測定誤差と呼ぶ) を計算した。なお、測定時のトンネル内の照度は 1.5 ルクスであった。

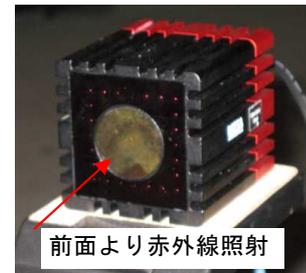


写真-1 距離画像センサ



写真-2 実験状況 (トンネル内の設置状況)

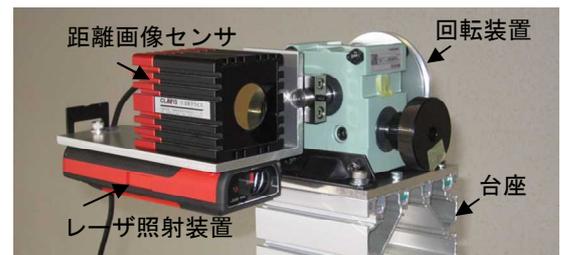


写真-3 測定システムの構成

キーワード: TOF, 距離画像センサ, 計測, 建設現場

連絡先: 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472 飛鳥建設技術研究所 TEL 04-7198-7572, FAX 04-7198-7586

### 3. 実験結果および考察

図-1に、測定位置 B で得られた距離画像を示す。測定が完了すると同時に図に示すような距離画像が 3 次元的に表示され、さらに、選択した 2 回の距離画像の差分を表示することも可能である。測定位置 A~C で得られた 2 回の距離画像から、同図中に示すように水平(0°)方向、斜め(45°)方向、鉛直(90°)方向の 3 ケースにおいて同一地点の距離画像データの差分の絶対値を計算し、測定誤差を取得した。なお、吹付け壁面である測定位置 A の天端部には照明があり、その近傍で大きな測定誤差が生じたため、測定位置 A, B においては鉛直(90°)方向の結果は除外した。

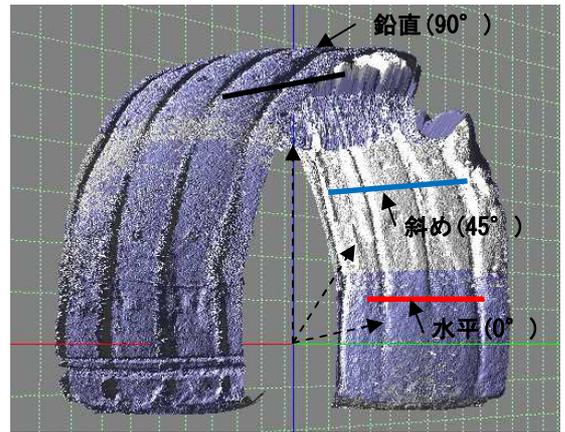


図-1 測定した距離画像結果の例

図-2に、乾燥した吹付け壁面で測定した 2 回の距離画像の差分をとり、その距離画像をある断面で切断した断面測定図を示す。同図には、斜め(45°)方向の測定誤差 0.71mm が表示されている。図-3~図-5に、測定位置 A~C で得られた測定誤差を示す。なお、測定できる幅は 4m 程度であるが、外周部よりある程度内側のデータを利用すれば、ばらつきの少ない計測距離が得られるという結果<sup>3)</sup>より、距離画像中心より ±1500mm を有効範囲としている。図-3~、乾燥した吹付け壁面で得られた測定誤差は、水平、斜め方向ともに約 6~7mm の平均誤差と約 4~5mm の標準偏差であった。一方、図-4には、濡れた吹付け壁面での平均誤差は約 7mm、標準偏差は約 5~7mm であり、壁面が濡れることによってばらつきが多少大きくなる傾向がみられた。

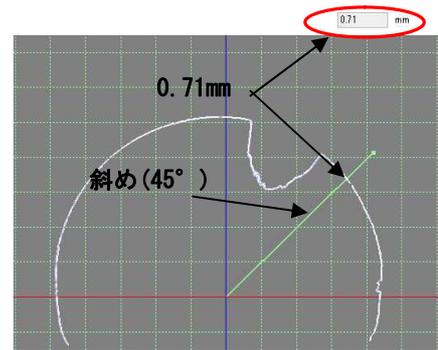


図-2 断面測定図

図-5に示す乾燥した二次覆工壁面では、平均誤差が約 4~6mm で、標準偏差は約 4mm であった。吹付け壁面と比較すると平均誤差、ばらつきともに小さくなっており、平滑なコンクリート面は測定対象として条件が良いことがわかる。

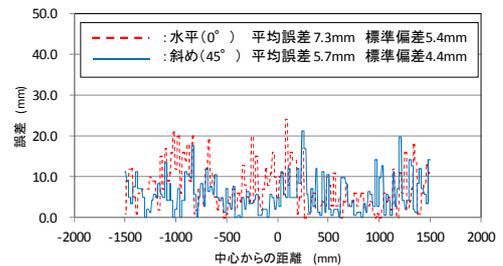


図-3 乾燥した吹付け壁面 (測定位置 A)

### 4. まとめ

簡易にトンネル断面測定を行うために、距離画像センサを用いた断面測定システムを構築し、トンネル現場において同システムの測定誤差の検証を行った。距離画像センサの適用により 10mm 程度の測定誤差で形状や変位を計測できる可能性を示した。なお、本研究は、JSPS 科研費 24510243 の助成を受けたものである。

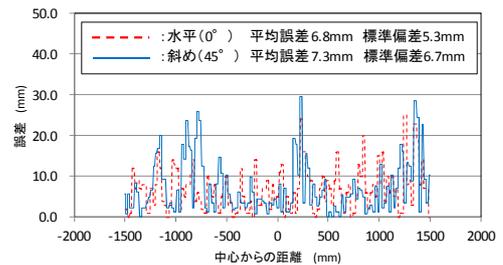


図-4 濡れた吹付け壁面 (測定位置 B)

### 参考文献

1) 萩尾健一, 藤井裕之, 河原英喜, 坂本健二: TOF型距離画像センサを用いた高精度「共連れ検知センサ」, パナソニック電工技報, Vol55, No.1, pp.43-48, 2007. 2) 林佑樹, 佐田達典, 石坂哲宏, 一見健太: 距離画像センサを用いた車両走行検知手法に関する研究, 土木学会第66回年次学術講演会, CS9-015, pp.29-30, 2011. 3) 松元和伸, 松田浩朗, 築地功, 熊谷幸樹: TOF方式距離画像センサの建設現場適用のための計測精度検証, 土木学会第68回年次学術講演会, VI-332, pp.663-664, 2013.

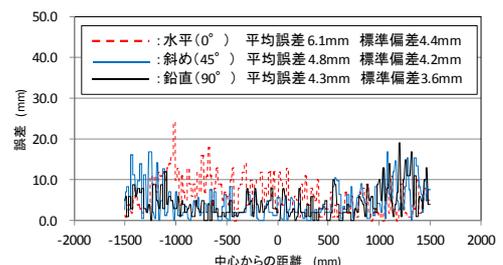


図-5 乾燥した二次覆工壁面 (測定位置 C)