

簡易デバイスによる三次元点群データを用いたゴム支承のモニタリングに関する基礎検討

(一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正会員○渡邊 晋也 正会員 井上 一磨
 国立研究開発法人 土木研究所寒地土木研究所 正会員 佐藤 京 正会員 松田 伸吾
 ゴム支承協会 正会員 今井 隆 正会員 久慈 茂樹

1. 目的

近年、画像取得技術の進歩およびデータの処理能力の向上に伴い、構造物の変状を捉える手法として画像計測技術の活用が期待されている。画像計測技術とは光学的方法とレーザー等を用いた手法があり、光学的手法はコンクリートのひび割れや塗装の劣化、レーザー等の手法は点群データなどの取得に用いられることが多く、近年ではインフラの維持管理・劣化診断等に幅広く活用されて始めている。しかしながら、画像計測技術の測定機器は高額で、常設して対象構造物をモニタリングするにはコスト面で課題がある。一方で、2010年にMicrosoft社が、2015年ごろからIntel社から比較的安価なデバイスを供給し始め、このような安価なデバイスを活用することで、画像計測技術の常設モニタリング手法としての活用が可能と考えられる。そこで、本検討では、変形量大きいゴム支承の維持管理を行うための一手法として、ゴム支承のモニタリングを目的に基礎検討を行った。ゴム支承は、昭和30年代より用いられるようになり近年は免震支承として多くの橋梁で採用されている。ゴム支承が多く採用され始めて30年程度が経過している。これからは経年劣化でゴム支承の機能低下が考えられることから、ゴム支承の機能・性能を現場で評価し、更新等の計画を検討することが考えられる。

本研究では、上述したように安価なデバイスで三次元点群データを取得し、ゴム支承の変形を可視化することで、ゴム支承の機能・性能を評価することを目的として検討を行った。本報告では、ゴム支承のせん断試験を実施した際に計測を行った結果について取りまとめている。

2. 簡易デバイスの概要

本検討に用いた簡易デバイスはIntel社製RealSenseのD400シリーズのうちD435iである。D435iはデプスカメラと称されていて、この構成はカラーカメラ、赤外線プロジェクター、および左右のグローバルシャッター方式赤外線カメラ、慣性測定ユニットから構成されている。デプスカメラの大きさは幅90mm×高さ25mm×奥行25mmと小型なデバイスである。カメラの構成を図1に示す。

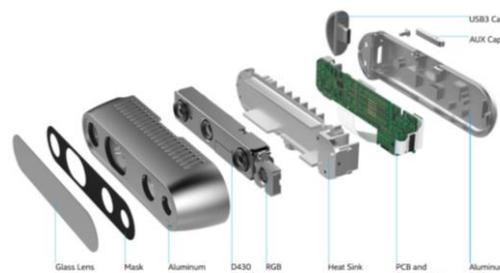


図1 デプスカメラの仕様(Intel社HPより¹⁾)

測定の原理は、赤外線プロジェクターからパターン光を照射し、左右の赤外線カメラから得た2枚の赤外線画像から奥行の推定を行うものであり一般的にLiDAR(Light Detection And Ranging)と呼ばれている。カラー画像も同時にカラーカメラから得られ、視覚的にも分かり易くできるものである。カタログ値ではあるが、測定精度は対象物からカメラ距離の2%であり、撮影間隔は30~60fpsである。このデプスカメラのもう一つの特徴として、オープンソースのIntel RealSense SDK2.0を用いているため、今後データ処理など任意にプログラムを構築できる点が挙げられる。

3. ゴム支承のせん断試験概要

本研究では、せん断試験を行って、ゴム支承を強制的に変形させ、その変形を簡易デバイスで測定した。実験に用いたゴム支承は道路橋支承便覧(平成30年12月)に記載されている250mm×250mmで積層3枚のゴム支承としている。なお、ゴム支承の内部鋼板の一部を非接着とし、本試験では変形が大きく生じ残留変形も大きくなっている。測定は、せん断変形方向に向けた正面と斜めから両面が見える斜面からの2パターンで測定を行っている。試験条件は、正面からの測定では面圧3N/mm²として、せん断変形を70%、175%および250%。

キーワード デプスカメラ, 簡易デバイス, モニタリング, ゴム支承, 三次元点群データ, LiDAR

連絡先 〒417-0801 静岡県富士市大淵3154 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 TEL0545-35-0212

斜面からの測定では面圧 $6\text{N}/\text{mm}^2$ として、せん断変形は正面と同じである。なお、試験は3往復実施した。ゴム支承の変形は、簡易デバイスの正面に設置した反対側にレーザー変位計を設置し、ゴム支承の変形挙動を把握するため3箇所を測定を行った。試験状況を写真1に示す。



1) 簡易デバイス (正面)

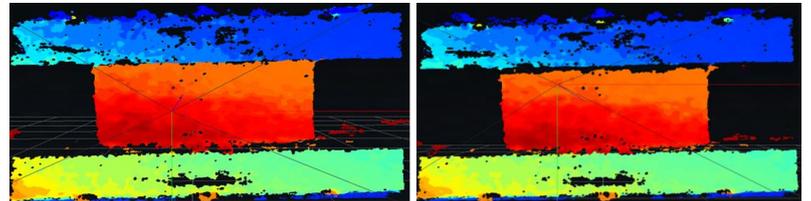
2) 簡易デバイス (斜面)

3) レーザー変位計

写真1 試験時の測定状況

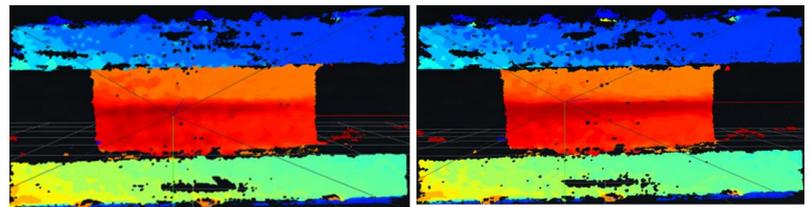
4. 計測結果

正面で撮影した場合の三次元点群データを図2示す。コンターのカラーは暖色が遠方、寒色が近傍を表している。また、図中には解析ソフト上で視点を変えて、残留変形が分かり易くした結果を付記している(図中5)~7)。せん断変形を大きくしていくにつれて、試験体中央部付近に変形が生じていることが確認できた。また、レーザー変位計では、点でのデータしか得られないことに対し、視点をソフト上で動かすことで、より変形形状が視覚的に理解することが容易になった。したがって、簡易デバイスによる三次元点群データのモニタリングによって有用な情報が得られる可能性が考えられる。2面を撮影するように斜面で撮影した結果を図3に示す。左図はカラーカメラ、右図は赤外線カメラの結果である。正面と比較して、全体の形状を把握することは可能であるが、欠測点(欠測部:黒色)が多くなり、正確な変形量を把握することが難しいと判断される。



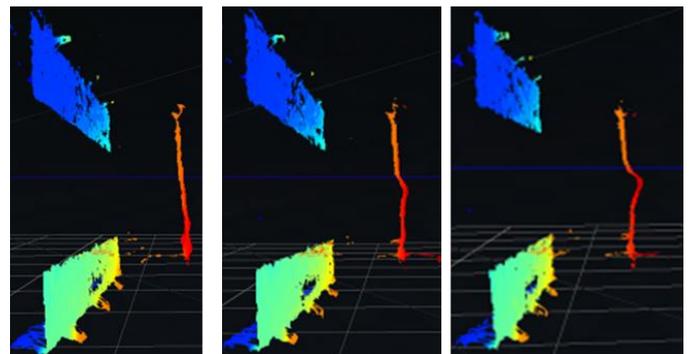
1) 初期の状態

2) 70%せん断変形後



3) 175%せん断変形後

4) 250%せん断変形後



5) 70%せん断変形後 (側面)

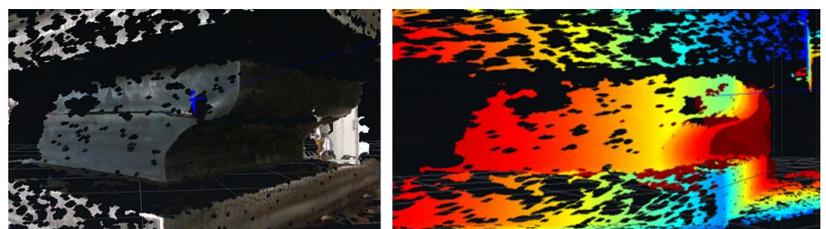
6) 175%せん断変形後 (側面)

7) 250%せん断変形後 (側面)

図2 正面から撮影したゴム支承の変形結果

5. まとめ

簡易デバイスである Intel 社製のデブスカメラを用いて、三次元点群データによるゴム支承の変形を測定した結果、大きな変形を生じるゴム支承表面の変位を測定することが可能であった。測定精度について



1) カラーカメラ画像

2) 赤外線カメラ画像

図3 斜面から撮影したゴム支承の変形結果 (250%変形時)

では、今後の課題と考えられるが、ゴム支承の変形を捉えることで、FEM解析等の結果と比較し、ゴム支承の機能低下や損傷程度を把握することが可能になると考えられる。

今後、データ処理等のプログラムを検討し、モニタリングに特化した安価な簡易デバイスの開発を検討する予定である。

参考文献

- 1) Intel 社 ホームページ : Intel® Realsense™ Product Family D400 Series Datasheet, February 2021, <https://dev.intelrealsense.com/docs/intel-realsense-d400-series-product-family-datasheet> (2021年3月閲覧)