

# 三次元形状計測装置による建設構造物の出来形計測 —リアルタイム照合の実現と道路トンネル工事への適用—

Measuring of structure's shape by 3D measurement mobile unit

- Realization of the real-time comparison and an application to the road tunnel construction-

○ 遠藤 健 (東急建設)      正 倉爪 亮 (九大)  
学 古賀祐一郎 (九大)      池野谷尚史 (東急建設)

Ken ENDOU, Tokyu Construction, endou.ken@tokyu-cnst.co.jp  
Ryo KURAZUME, Kyushu University  
Yuichiro KOGA, Kyushu University  
Takafumi IKENOYA, Tokyu Construction

An experiment for 3D measurement was tried in a road-tunnel under construction by “three-dimensional measurement mobile unit” that was produced experimentally, this time. This system has two modes for measurement. One is the measurement mode when the speed is required; the other is a measurement mode when the accuracy is required. Measurement experiments by each mode were tried, and the results were considered. In addition, the demonstration about the real-time display was performed. And, an assessment of differences from design data in calculation results was made.

**Key Words:** Laser scanner, 3D measurement, structure's shape, gyroscope, 3D CAD

## 1. はじめに

本論文は、構造物の三次元形状を計測対象としたリアルタイム照合システムの開発に関する第三報である。第一報[1]では、TSとジャイロで計測した位置・姿勢情報によりレーザー距離計の取得値を構造物座標系に変換する計測装置とソフトウェアの機能について述べた。また第二報[2]では、試作したシステムにより模擬トンネルでの計測実験を行いシステムの取得結果について評価した。図1左は三次元形状計測装置の試作機外観、図1右は模擬トンネルでの計測実験状況である。

今回は、本システムによる施工中のトンネル工事現場への導入を試み、計測装置とソフトウェアに施した改良点、および実証実験の結果について報告する。

## 2. 道路トンネルの設計情報

今回実験に用いたトンネルは島根県雲南市を通る延長約400m、平面、縦断ともに緩やかなカーブを持つ片側2車線の道路トンネルである。一般的にトンネルの設計は線形と断面の計画に基づき設計される[3]。トンネルの基本形を表す線形は平面線形を示す平面図、縦断線形を示す縦断図に、内空形状を表す断面形状は断面図にそれぞれ示され施工計画や施工管理に用いられる。

計測データを設計データと照合するに当たり、前述の図面から3DCADにより作図した当該トンネルの三次元設計モデルをLandXML形式の中間フォーマットを介してシステムで読み込めるようにした。図2は当該トンネルの施工図面類とこれらを下に作図した三次元モデルの鳥瞰図である。



Fig.1 3-dimensional measurement mobile unit (left) and Situation of experiment that a simulated tunnel was used for (right)

## 3. フィールドテストに向けて

実際のトンネルにおける内空形状を取得するに当たり、表示用インターフェースと計測装置本体にそれぞれ追加対策が施された。まず照合結果を表示する展開図の距離程表示は、坑口からの「距離」、「支保工No.」、「測点」で表示することとし、いずれかを選択可能とした。また断面図は、展開図上に置いたマーカ位置に対応して作図されるようにした。次にレーザー計測器の設置部にストローク300mmの平行移動機構を設けることにより、測点近傍における断面出来形を確実に計測できるよう工夫した。図3に平行移動機構を示す。

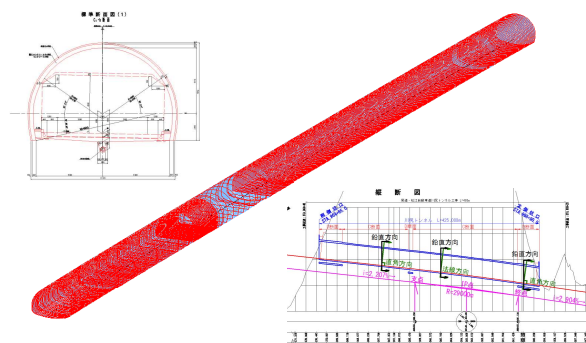


Fig.2 3D modeling of tunnel and design drawings



Fig.3 Parallel translation mechanism

## 4. 計測結果と考察

### 4.1 計測結果

図5は本システムによる計測と比較用の定置式3Dスキャナによる計測状況である。TSはトンネル延長のほぼ中央に設置し、連続モードとステップモードによる計測をそれぞれ実施した。連続モードでは台車を移動しながらトンネル全長を計測し、計測時間は約15分、データの線形方向間隔は約400~500mmであった。またステップモードでは7測点上で台車を停止し、センサを300mm平行移動して計測した。計測時間は一ヶ所当り約3分、データの線形方向間隔は約4mmであった。

図6はインターフェースに表示する展開図と断面図の作図方法の模式図で、各点の位置を線形データに写像した点を基準に、D(距離)、 $l$ (斜距離)、 $\theta$ (角度)を求め図化している。図7はステップモードによる実際の表示である。断面図は直感的に把握できるように差異を意図的に強調表示した。

### 4.2 考察

図8右が連続モード、同左がステップモードによる計測データの分布状況である。図中の番号表記はトンネルの測点を表し、同一区間で取得した2つの計測モードの結果を対比させた。図9は定置式3Dスキャナ(黒印)のデータと断面図の作図データ(○印)を同一断面における設計データからの差異で比較したグラフである。なお縦軸は差異を示し、横軸はトンネル周方向のデータ配列を示し(無単位)、坑口から見て中央部が天端付近、両端は左右の地表付近を表す。



Fig.5 Measuring situation of 3DMMunit (left) & 3Dscanner (right)

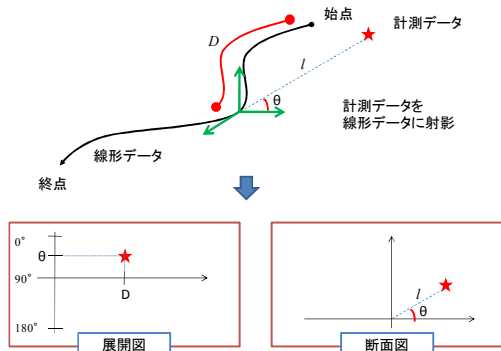


Fig.6 How to Draw a cross-sectional and exploded views

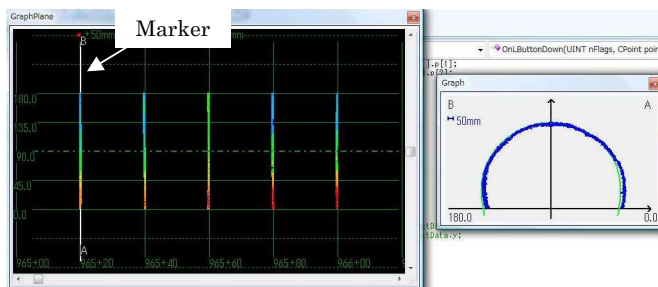


Fig.7 Cross-sectional view and Exploded view

図10は出来形の真値を定置式3Dスキャナの結果と仮定した場合に、断面図の作図データ(○印)との差異を表示したものである。なお図中の青印は、同一断面における計測データを点群処理ソフト(ISP: Landforms)により断面図化した結果を表記したものである。

図10より、本システムによる作図化した出来形は計測データとほぼ等しい形で作図化できていることが分かる。また若干の差異はあるものの3Dスキャナのデータ分布と同様な傾向で出来形を取得しており、±50mmの目標値をほぼクリアできていることを示せた。

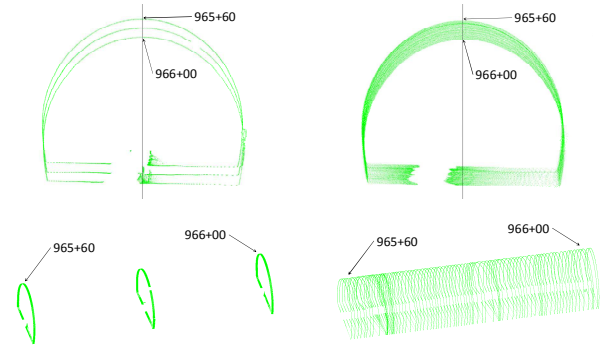


Fig.8 Measurement data of Stepping mode and Continuous mode

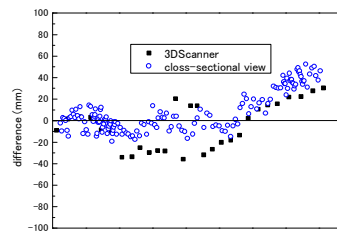


Fig.9 Difference from design

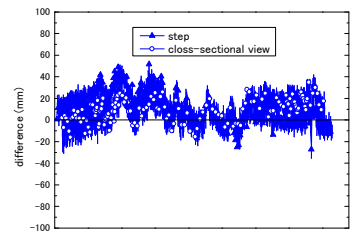


Fig.10. Difference from 3DScanner

## 5. まとめ

試作したシステムを改良しトンネル施工現場での試験計測を実施した。連続モードとステップモードの計測を実施し、取得データと定置式スキャナとの精度比較、およびシステムの表示精度の検証を行った。

今後は、より高精度な計測を目的としたレーザ距離計(LDM-300)を用いた検証を試みるとともに、現場運用を想定した改善を施していきたい。

なお本研究は、国土交通省より平成21~22年度建設技術研究開発制度から補助金の適用を受け実施したものである。

## 文献

- [1] 遠藤 健, 倉爪 亮, 古賀祐一郎, "三次元形状計測装置による建設構造物の出来形計測—施工中の計測データと設計データのリアルタイム照合—", 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, pp. A1A-A28, 2010.
- [2] 古賀祐一郎, 倉爪亮, 遠藤健, 池野谷尚史, "三次元形状計測装置による建設構造物の出来形計測—第二報 模擬トンネルを用いた計測実験—", 第28回日本ロボット学会学術講演会講演予稿集, pp. 2G2-7, 2010.
- [3] トンネル標準示方書(山岳工法編)・同解説 平成8年版, 社団法人土木学会