

多機能計測車（山岳トンネル用計測車）の開発

田口 毅*
Takeshi Taguchi

石井 正典**
Masanori Ishii

小山 政広***
Masahiro Koyama

1. はじめに

山岳トンネルでは、施工管理上トンネル坑内において様々な計測が行われているが、計測作業は用途別に計測機器を使い分ける必要があり、盛換え作業を伴う計測は、多大な時間がかかりかつ盛換え精度も要求される。また、天端付近に計測機器を設置する必要がある場合は、高所作業となり危険が伴う。そこで、一台の車輦内に数種の計測機器を搭載することにより、トンネル坑内で多目的な計測を行うことができる計測車輦を開発した。本報文では、多機能計測車（写真-1）の概要と精度検証実験の結果について報告する。

2. 多機能計測車の概要

(1)計測車構成

本計測車は、車輦を固定するためのアウトリガ（油圧シリンダ）、油圧ユニット、計測旋回台、計測旋回台を車輦ルーフ上に出すための昇降装置（計測時以外は車輦内に格納される）、コントローラ、パソコン等から構成される。計測旋回台内部には、計測機器として光波距離計、ノンプリズム距離計、反射光検知型半導体レーザ等が搭載される。表-1に計測車仕様、図-1に計測車構成を示す。

(2)計測機能

トンネル坑内の切羽後方で施工機械や計測の障害にならない任意の位置に停車した計測車は、まず、計測旋回台自己位置の計測を行う。自己位置の計測は、トンネル坑内の既知点に取り付けられたレフシート3点を基準点として光波距離計、反射光検知型半導体レーザで自動サーチし、レフシート重心位置の距離および角度を測定する。次に、3点からの距離角度データと3点の既知座標値



写真-1 多機能計測車

表-1 多機能計測車仕様

車両固定方法	油圧シリンダ
計測器昇降方法	電動モータおよびボールネジ
ノンプリズム距離計	計測距離：0～500m
	計測精度：±20mm
光波距離計	計測距離：0～200m
	計測精度：±5mm
レーザ照準器	反射光検知型半導体レーザ
計測旋回台	サーボモータ駆動方式
	水平方向精度±20秒
	垂直方向精度±20秒

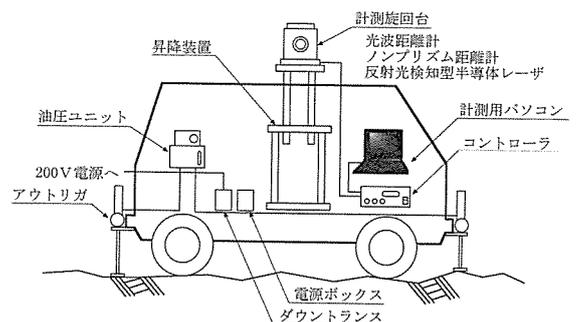


図-1 計測車構成図

より計測旋回台の座標値と、現場座標系に対する計測旋回台座標系の変換量を算出する。この自己位置計測の後、切羽面の形状計測、断面の形状計測、内空変位計測、掘削切羽面のレーザマーキングを実施する。これらの計測はすべてコントローラを介しパソコンで操作され、計測結果の演算、表示を行う。図-2に計測概要を示す。

①切羽形状計測

切羽形状計測は、掘削後および吹付け後にノンプリズム

*技術研究所機電課

**香港（支）MTR680（出）

***機材部機械課

距離計を用いて切羽面を走査し距離計測を行い、切羽の凹凸形状の三次元データを作成しグラフィック表示する。

②断面形状計測

断面形状計測も切羽形状計測と同様、ノンプリズム距離計を用いてトンネル坑壁側面を走査し距離計測を行い、断面の三次元データを作成しグラフィック表示する。また、予めパソコンに入力された設計断面データと計測データを比較することにより、断面の余堀り量と当たり量の計算も可能である。

③内空変位計測

トンネル坑壁の各計測点に取り付けられたレフシートを光波距離計を用いて計測を行い、各計測点の三次元座標および計測点間の距離を算出する。そして、各計測点を周期的に計測することにより、内空変位の経時変化を算出する。

④切羽レーザーマーキング

上記の計測と共に本計測車は、トンネル掘削線のマーキング機能も備えている。ノンプリズム距離計で切羽面までの距離を測定し、この距離データとトンネル線形データ（平面、縦断）、断面データから現切羽面における掘削線をレーザーで照射できる。

3. 精度検証実験

自己位置の計測で算出される計測旋回台の座標値は、マーキングや他の計測結果に直接影響を及ぼすことから、自己位置の精度検証実験を実施した。トンネル坑内を模擬した場所において、計測旋回台位置をトータルステーションで測量した実測結果と自己位置計測での計算結果を比較した。その後、ある既知点をレーザー照射し、照射ポイントのズレを目視で確認した。基準点であるレフシート3点と車両の停止位置を相対的に変化させ計測したところ、測量値と比較して自己位置のX、YおよびZ座標は±10mm以内の値となった。また、照射ポイントのズレは±20mm程度であったが、繰り返し精度については良好な結果が得られた。図-3に自己位置計測誤差、図-4にレーザー照射誤差を示す。照射精度については補正・制御方法に改良の余地があると考ええる。

4. おわりに

今回開発した計測車の精度検証を行った結果、自己位置計測について要求する精度は得られたが、実用途を想定した場合の計測精度については、更なる精度向上を検討する必要があると考える。今後は、精度向上と共に、現場での計測データの取得、施工サイクル上での操作性確認等を行う。

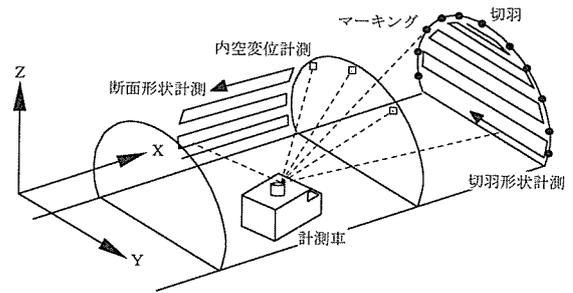


図-2 計測概要図

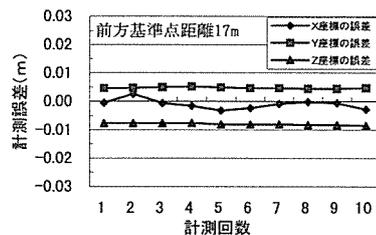
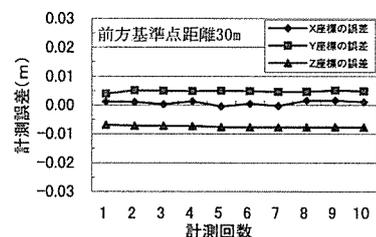
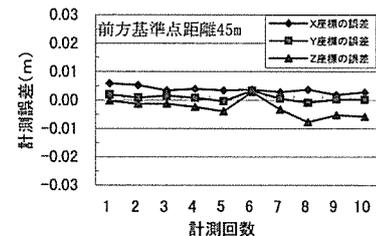


図-3 自己位置計測誤差

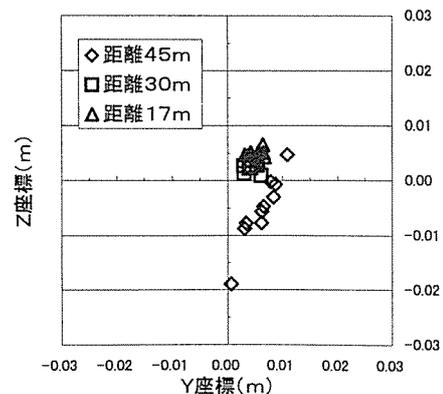


図-4 レーザ照射誤差