

E4

推進工法用自動計測システムの開発 Development of an automatic surveying system for micro tunneling method

浦本 俊明* 河野 正昭* 池田 明生*
小林 尚登** ○吉田 浩二**
*日本鋼管工事(株) **法政大学工学部
Uramoto Toshiaki* Kawano Masaaki* Ikeda Akio*
Kobayashi Hisato** Yoshida Koji**
*Nippon Kokan Koji **Hosei University

Abstract- This paper describes an automatic surveying system for micro tunneling method. The system consists of multiple homogeneous units, which have laser beam transmitters and receivers. These units are settled periodically inside the pipelines from the starting shaft until to the tunneling machine. By using the laser beam, each unit measures the angle composed of the three units: front one, itself and rear one. The measured angles are transmitted to the base-processing unit, which has a function of calculating the whole trajectory of the pipeline.

1 はじめに

近年の推進工法では、推進長500m以上の超長距離推進・S字や曲率15mRという急カーブの推進・小口径のカーブ推進という難しい施工例が増えている。このような工事では、推進力の低減・掘削土砂の搬送・掘進機の位置計測という課題が残されており、特に位置計測方法は推進精度に影響するだけでなく、計測時間が推進の施工スピードに大きく影響するため、非常に重要な技術になっている。現状の位置計測方法には光学式・ジャイロ式・磁気式・電磁波式等があるが、長距離推進やカーブ推進では経済性・施工性・計測精度の面から現状技術で対応するには難がある。

本稿では、今回開発した掘進機の自動計測システムの概要を述べる。尚、本システムは推進管内に人が入れない内径250mmの小口径推進にも適用可能である。

2 システムの概要

2.1 計測原理

本システムは、人が推進管の中に入ってトランシット等で測量している光学式測量を自動化したもので、Fig. 1に示すように、発進立坑内に基準装置と基準受光部、推進管内に複数台の管内装置、掘進機の後部に先端受光部を常時固定しておき、装置間の距離と装置間のなす角度を計測して以下の手順で掘進機の位置を算出しようというものである。

- 基準装置 L_1 は計画ラインに合わせて固定し、基準受光部 P_0 は計画ラインとの位置関係を事前に測量。
- 装置 L_1 で受光部 P_0 と装置 L_2 との角度 θ_1 を計測し、距離 D_0 と D_1 から装置 L_2 の位置を算出。
- 装置 L_2 で装置 L_1 と装置 L_3 との角度 θ_2 を計測し、距離 D_1 と D_2 から装置 L_3 の位置を算出。
- 以上を繰り返し、装置 L_n で角度 θ_n を計測し、先端受光部 P_n の位置を算出。

2.2 計測装置

装置のイメージをFig. 2に示す。計測装置は、レーザー光を発射するレーザー発信器、レーザー光が当たるとそれに反応するレーザー受光部(フォトダイオード)、レーザー発信器を上下方向と左右方向に回転させる回転機構、電源供給やモータの制御・データの送受信を行う制御部で構成している。駆動にはステッピングモータを使用し、実際の角度はエンコーダからのパルスを度に換算して得ている。各装

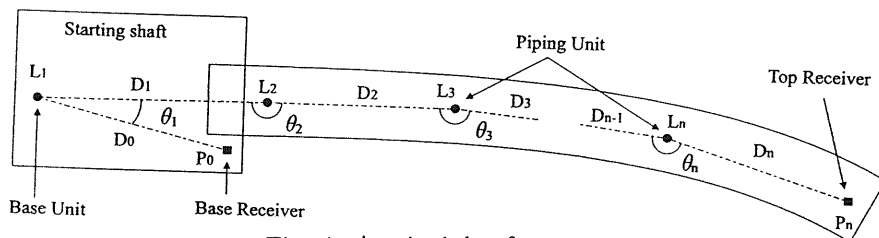


Fig. 1: A principle of measurement

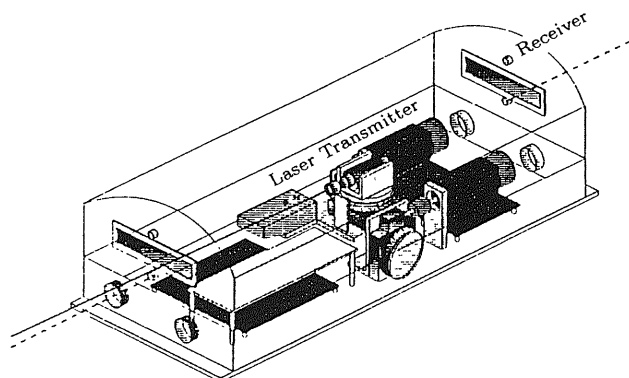


Fig. 2: An image of surveying system

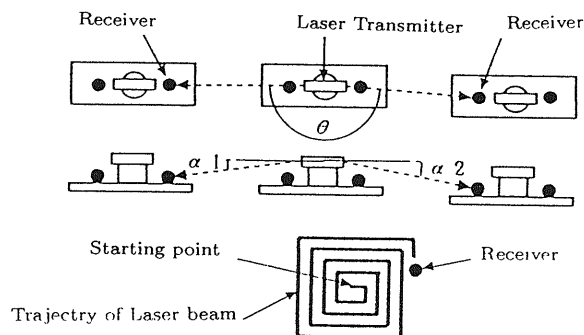


Fig. 3: Survey action

置に Z80CPU を搭載しており、受光部の探索動作は各装置が独立に行うことができる。

計測時は、レーザ発信器を上下左右に微小角度回転させ、Fig. 3 のように探索範囲を徐々に広げて相手の装置の受光部を探す。レーザ光が受光部に当たると瞬時にレーザ発信器の回転が停止してその位置の角度を検知する機構になっている。前方の装置の受光部探索後にレーザ発信器を後方側に反転させ、同様に後方の装置の受光部を探して前方と後方の装置の角度差を計測する。次に各装置の計測結果を立坑側のホストコンピュータ (Dos/V 機) に取り込み、それらのデータを結合することによって全体の軌跡が得られる。

2.3 システムの特長

本システムの特長として下記の項目が挙げられる。

1. 計測装置 10 台までを同時に連動可能なため、計測条件にもよるが約 10 分で計測が可能である。
2. 装置寸法は、長さ 370 mm × 幅 130 mm × 高さ 130 mm と非常にコンパクトで、内径 250 mm の小口径推進にも適用可能である。
3. 推進管内に装置を常時固定しているため、リアルタイムに近い計測が可能である

3 計測精度検証試験

計測精度検証試験は、地上に模擬推進ライン 34 m (直線区間 6 m + 曲率 100 m R のカーブ区間 28 m) 区間を設定し、そのライン上に装置 5 台と先端受光部を配置して試験を行った。なお、トランシットによる実測値を真値とし、本システムで計測した値と真値との差を計測誤差とした。その結果、計測精度は 1/2500 を十分にクリアすることがわかった。

また、計測所要時間は、装置 1 台を動作させる単動でも装置複数台を同時に動作させる連動でも計測時間に大差は無く、約 10 分で計測が可能であった。長距離推進やカーブ推進では、通常の光学式やジャイロ式と比較すると計測時間が大幅に短縮するため、本システムで掘進機の位置を計測することにより施工性の向上が見込まれる。

4 おわりに

本システムでは推進管の中に装置を常時固定しているため複数台の装置が必要になるという難点はあるものの、計測時間短縮による施工性の向上を考慮すると、長距離推進やカーブ推進では大きな効果を発揮することができ非常に有効な計測システムである。

今後は、現場適用で施工実績をあげると共に、より高精度でより操作が簡単になるようにシステム化を図る予定である。