

VI- 181 ビームライナーを用いたシールド自動測量システムの開発

前田建設工業(株) 計画推進部 野田 賢治
(株) 銭 高 組 技術本部 井田 隆久
(株) 地 崎 工 業 技術開発室 木本 敏秋

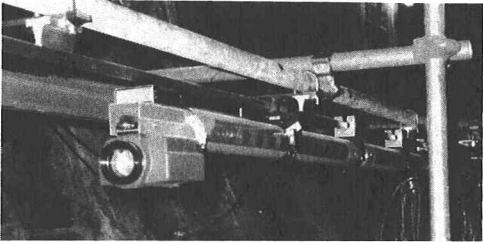
1. はじめに

シールドトンネルの施工において、測量作業の省力化、施工精度の向上を図るため、リアルタイムで自動的にシールド機の位置を検出するシステムがすでに実用化されている。その方法としては、自動追尾式トータルステーション、ジャイロコンパス、レベルセンサーなどを用いるのが一般的である。しかしながら、これらの方法は、小口径シールドあるいは急曲線部では、盛り替えおよびそれに伴う基準点測量が頻繁になったり、精度に問題のある場合が多い。

そこで、小口径や急曲線シールドにも対応できる自動測量システムの開発を行っている。本文では、このシステムの概要について述べる。

2. システムの概要

本システムは、セグメントなどに固定した軌道上を、移動軌跡を計測できるビームライナー（写真－１）を走行させ、軌道終点で停止した後、ビームライナーに取り付けたレーザー、光波をシールドマシン内のターゲットに照射して、リアルタイムにシールドマシンの位置・姿勢を自動測量するものである。



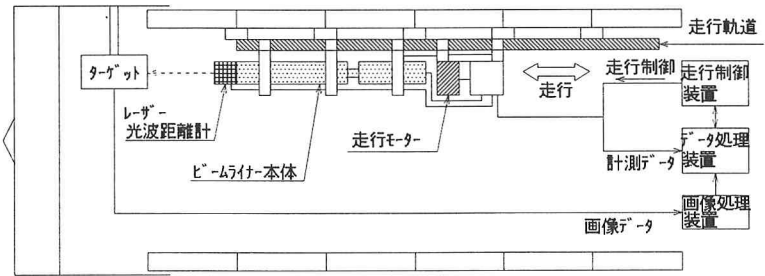
写真－１. ビームライナー

2－１. システム構成

図－１にシステム概要図を示す。また、表－１に実験で使用した機器の仕様などを示す。
走行制御装置は、距離の検出を行い、ビームライナー本体およびターゲットからのデータは、データ処理装置により演算処理され、マシンの位置、姿勢が算出、表示される。軌道は、距離の精度および走行の安定性を確保するためにラックレールを用いた。

表－１. 主要使用機器一覧表

使用機器	仕様、適用など
ビームライナー本体	MAC社製 φ 75 mm L= 950mm(前胴), L= 750mm(後胴) 単体精度: ±0.1mm
走行軌道	旭精工社製ラックレール
ケーブルレール	電源供給、データ通信ケーブル用
走行モーター	ACサーボモーター
走行制御装置	NEC社製パソコン
データ処理装置	NEC社製パソコン
ターゲット	シールド機位置、姿勢計測用



図－１. システム構成図

2-2. 測定の原理

1) ビームライナー本体の位置検出

ビームライナー本体は、図-2に示すように前胴と後胴に分かれており、レーザー受光板位置（A点）、中折れ位置（B点）、後胴部（C点）の3点でレールに支持されている。A点～B点、B点～C点は等間隔である。また、後胴側からB、C点を通る直線上にレーザーが投光されA点の位置に設置された受光板での像をCCDカメラにより撮影し、データ処理装置により画像処理される。

A点の座標 (X_i, Y_i, Z_i) は、B点の座標 $(X_{i-1}, Y_{i-1}, Z_{i-1})$ 、C点とB点を結ぶ直線の方角すなわち後胴の方角 $(\theta_{h0}, \theta_{v0})$ およびビームライナー本体の折れ角 (θ_h, θ_v) から次式により求められる。

$$X_i = X_{i-1} + L \cdot \cos(\theta_{h0} + \theta_h) \cdot \cos(\theta_{v0} + \theta_v)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + L \cdot \sin(\theta_{h0} + \theta_h) \cdot \cos(\theta_{v0} + \theta_v)$$

$$Z_i = Z_{i-1} + L \cdot \sin(\theta_{v0} + \theta_v)$$

ここで、 (θ_h, θ_v) は受光板を画像処理して得られるレーザー光の中心からの偏位量 (δ_h, δ_v) および本体内部に設置されている傾斜計により検出されるローリング角 (θ) を用いて次式により求められる。

$$\theta_h = \tan^{-1}\{(\delta_h \cdot \cos \theta - \delta_v \cdot \sin \theta) / L^2 + \delta_v^2\}$$

$$\theta_v = \tan^{-1}\{(\delta_h \cdot \sin \theta + \delta_v \cdot \cos \theta) / L\}$$

2) ビームライナーの走行軌跡の算出

図-2において、ビームライナーが走行し、B点がA点に、C点がB点に達した時点の受光板位置中心の座標を前記と同様の方法で算出する。これを走行にともなって繰り返すことによってビームライナーの走行軌跡が算出される。実験では、停止計測および連続走行計測を行っている。

ここで算出される座標は、走行開始時においてB点を原点、後胴の方角 $(\theta_{h0}, \theta_{v0})$ を 0° としたローカル座標系である。したがって、あらかじめ軌道上の2点の座標を測量しておき現場での座標系に3次元の座標変換を行う。

2-3. シールドマシンの位置計測

ビームライナーが最終地点に到達した後、シールドマシンに設置したターゲットに向けて本体前面から前胴の軸と平行にレーザー光を投光し、ターゲット内の受光板をCCDカメラで撮影し、受光位置を画像処理により検出する。また、ターゲットまでの距離は、本体前面の光波距離計で計測する。

シールドマシンの位置は、ビームライナーの位置および前胴の方角を基準にして、ターゲットまでの距離およびターゲットの受光位置から算出される。掘進中は、ビームライナーは終点で停止し、リアルタイムでマシン位置の計測を行う。

シールドの進捗に伴い、軌道の延長が必要となる。延長した軌道の軌跡は、既設の軌道の座標をもとに、ビームライナーを走行させ、前記の式によって求められる。

3. おわりに

現在、システムハード・ソフトの有効性を確認するための基礎実験を行っている。今後、急曲線部を有する小口径シールドで現場実証実験を行い、実用化に向けて開発を進めていく所存である。また、シールドトンネルの出来形線形測量の可能性についても検討中である。

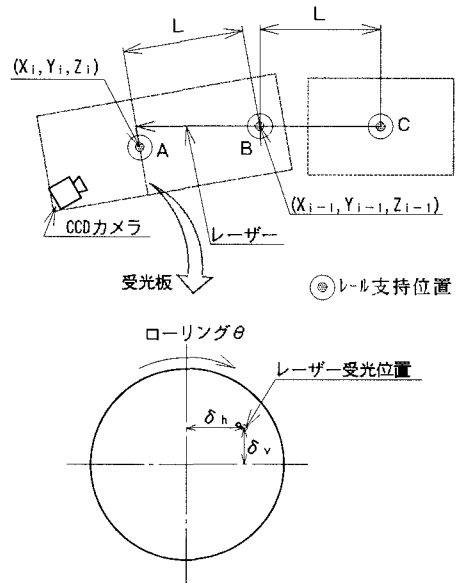


図-2. ビームライナー位置検出原理