

佐藤工業 正会員 植島 好正
正会員 相越 宏
正会員 岩藤 正彦

1. まえがき

大深度地下連続壁工法では、エレメントを相互に連結して施工するため、高い垂直精度の確保が重要であり、100m級の連続壁では、垂直精度として一般的に1/1000～2000以上が必要となる。

掘削精度を確保するためには、掘削機の位置を正確に計測し、方向の制御を的確に行うことが必要となる。現在、掘削の完全な自動化はなされておらず、制御に関しては、オペレーターの技術に依存するところが大きい。また、位置計測の方法としては、従来、測定用センサを地上部に設置し、掘削機と地上を2本の計測ワイヤで結ぶワイヤ方式が多く採用されているが、いろいろな点で課題は残されている。

本システムは、三次元光ファイバージャイロを用いて、地中の掘削機の位置を正確に計測し、現在の位置情報と制御した結果の位置情報をリアルタイムに把握するため、従来の位置検出ワイヤ方式とは異なり、ワイヤレスで掘削機の位置とねじれを同時に計測でき、地上の計測に関わる設備が不要なため、施工スペースの拡大、掘削施工能率の向上が図れる。

2. システムの概要

本システムは、掘削機の位置・姿勢を自動的に計測するシステムおよびその位置・姿勢情報から掘削機の方向制御板（アジャスタブルガイド）の操作によって掘削機を計画線に沿って掘進させるシステムである。

自動計測システムは、三軸光ファイバージャイロと加速度計のセンサユニット、信号処理ボードおよび電源ユニットからなる検出データ信号処理部と地上部のモニター、プリンタを含む計測演算部に分けられる。検出データ信号処理部は、耐水圧容器（今回は深度150m対応）に収納されている。

検出データ信号処理部からのデータを信号送信用ケーブルで地上に送信する。ケーブルは、トルクモーター付きのケーブルリールを使用し、掘削機の深度移動に一定のテンションで追随する。地上受信データを地上パソコンで演算処理し、オペレーター室のモニター画面にリアルタイムに位置情報を表示する。表示内容は、X、Y方向の変位・姿勢角とねじれ角、深度方向の掘削軌跡、掘削速度などである。

オペレーターは、必要に応じて掘削機の位置、姿勢を修正すると修正状況の位置、姿勢が即時に確認でき、目視できない安定液中の掘削機の動きを絶えず把握できる。

本システムの構成を図-1に示す。

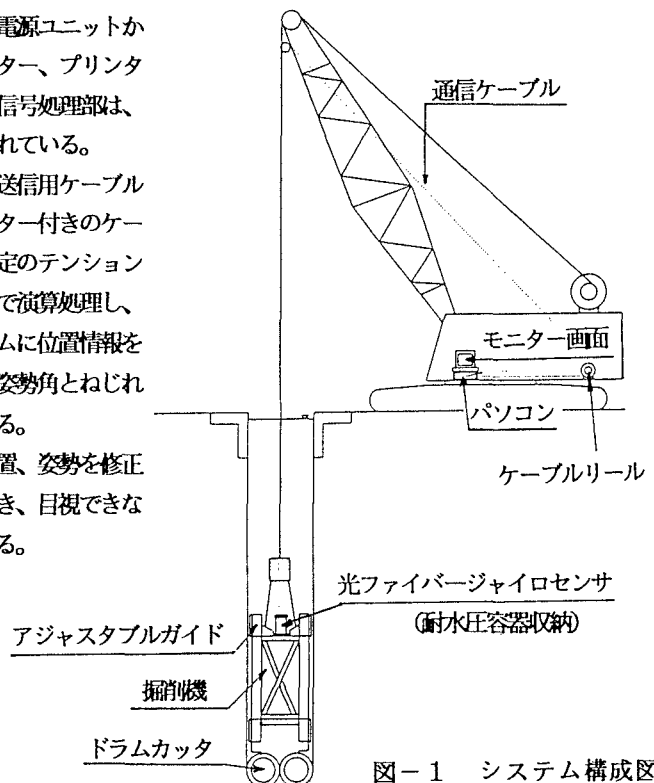


図-1 システム構成図

3. システムの計測原理

掘削機を静止した状態で、システムを起動すると、三軸に配した光ファイバージャイロの内、ピッチおよびロール方向の二つのジャイロにて地球の自転角速度（アースレート、赤道で $15.04^{\circ}/\text{hr}$ ）を検出し、掘削機の絶対方位を演算する。この時、加速度計にて掘削機の姿勢角を同時に検出し、掘削機が微小な傾斜をもっている、座標交換を行い、ジャイロの設定面が水平であるものとして補正し、正しい絶対方位となるようにする（慣性航法のストラップダウン方式）。

ねじれ角は、掘削機が回転を生じると、三軸のうちのヨー角ジャイロでこの基準方位に対する相対角度を求める。

一方、掘削機の位置については、光ファイバージャイロと加速度計により各々の周波数範囲で姿勢角を求め、掘削機の深度データとの複合演算により変位量を求める。

姿勢補正角は、クロスオーバー法を用い、センサの加速度計および光ファイバージャイロの受感する周波数帯による出力の安定性を考慮し、ある周波数（カットオフ周波数）の低域、高域に対し、それぞれ加速度計、光ファイバージャイロの出力で検出する。計測原理図を図-2に示す。

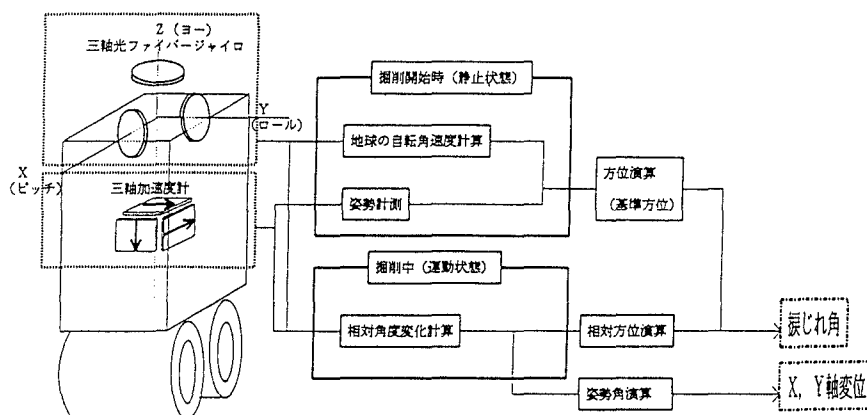


図-2 計測原理図

4. システムの特徴

本システムの特徴として以下の項目が挙げられる。

- ①ワイヤレスで掘削機の位置とねじれが検出できる。
- ②位置計測に関わる地上設備が不要なので、施工スペースが拡大し、掘削機を地上へ引上げる度に必要となる計測用地上設備の移動、再設置の手間が省ける。
- ③大深度の場合、掘削中途で行う超音波測定による精度確認が省略でき、掘削サイクルタイムの短縮が図れる。
- ④最初の初期設定を行うだけで、掘削完了までメンテナンスフリーで施工できる。

5. おわりに

本システムに用いた光ファイバージャイロはこれまでにない高精度なものを使用しており、現状のシステムで位置およびねじれ計測は実用上問題のないことを確認しているが、今後、実際の現場施工への適用事例を増やし、システムの運用上のより一層の利便性を追及したいと考えている。