

VI-42

光ファイバジャイロによる連壁掘削機のねじれ計測

戸田建設㈱ 正会員 樋口 忠 正会員 橋本 司
戸田建設㈱ " 窪田 敬昭 " 伊藤 耕一

1. はじめに

連壁掘削機の姿勢および位置計測において、掘削機のねじれ計測はきわめて重要であるがそれを実現することは容易でなかった。従来から、掘削機の両肩に計測用のワイヤを張り、そのワイヤの傾斜と深度から掘削機の位置とねじれを求める方法が一般的に採られている。しかしこの方法では、ワイヤの張力を厳しく管理しても深度が増すに従い外乱が大きくなり、安定した計測が困難となる。さらに、左右2組のワイヤ計測装置が必要となることから、設置手間等がかかり施工サイクル上大きなマイナス要因となっている。このような経緯から、光ファイバジャイロを応用した方位センサ（オプトコンパス）を開発し、1組のワイヤ計測装置との組み合わせで、大深度における連壁掘削機のねじれを含む姿勢・位置をリアルタイムかつ高精度に計測することを可能とさせた。本報告では、オプトコンパスの概要と実施工での適用例について紹介する。

2. オプトコンパスの概要

光ファイバジャイロは、干渉による光強度の変化を計測することにより回転を検出するセンサである。光ファイバジャイロには可動部が皆無、コンパクト、起動時間が短い、保守が不要、振動に強い、耐久性が高い、扱いが容易である等数々の優れた特長があることから、ボーリングシャフトへの搭載といった過酷な条件における利用だけでなく、最近ではカーナビゲーションなどにも広く利用されるようになってきている。

オプトコンパスはこの光ファイバジャイロを応用して絶対方位を検出するセンサである。図-1にオプトコンパスの方位検出原理を示す。まず、光ファイバジャイロのセンシンググループを垂直に立て、重力軸を中心に回転したときの地球自転角速度を測定する。検出値は回転角に対し正弦関数となるため、フーリエ変換することにより出力が零となる方位（ループ面と水平な面が示す方位）を求める。このときループが回転した方向と光ファイバジャイロの出力符号を考慮すれば南北方向が判別できる。図-2に地球の自転角速度の測定結果を示す。

オプトコンパスの構成を図-3に示す。方位の検出はターンテーブルに載せた光ファイバジャイロにより行う。この方位測定部は整準台上に配置されている。光ファイバジャイロのセンシンググループの回転軸が重力軸に対して傾いた場合、検出出力には誤差が生じる。そこで、整準台によりセンシンググループを常に垂直に保持することで誤差の発生を防止している。オプトコンパスが1回の方位計測にかかる時間は約1分である。ターンテーブルが回転しているときにねじれ角が変化すると、検出される方位角にはねじれ変化分の誤差が含まれてしまう。そこで、ねじれ角の連続的な変化をとらえるためにもう1台の光ファイバジャイロ（ヨーレート計測用）を組み込んで、方位計測中のねじれ角変化分をフィルタリング処理によりキャンセルするようにし

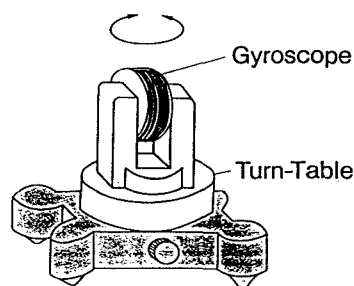
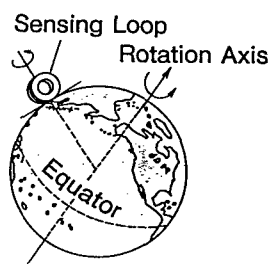


図-1 絶対方位検出原理

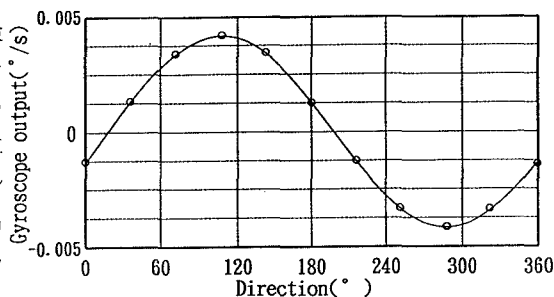


図-2 地球の自転角速度測定結果

ている。さらにオプトコンパスには、整準台の傾斜を測定する2軸の加速度計、衝撃検出用の1軸の加速度計、安定化電源およびデータ入出力のためのI/Oインタフェース等が装備されている。表-1にオプトコンパスの仕様を示す。

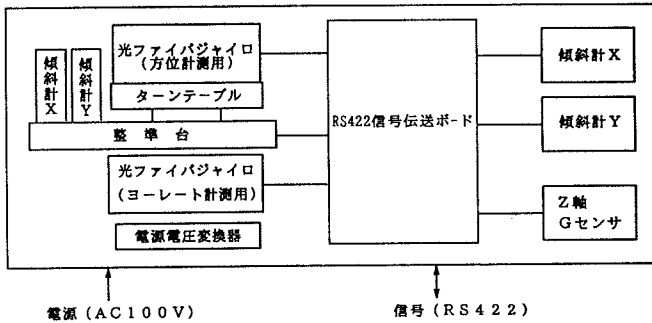


図-3 オプトコンパスの構成

表-1 オプトコンパスの仕様

No.	項目	仕様
1	方位精度	±0.05度以内
2	データ出力間隔	2秒以下
3	初期設定時間	10分以下
4	温度範囲	動作 0～40℃ 保存 -10～50℃
5	湿度範囲	動作 95%以下 保存 95%以下
6	測定範囲	0-359.99度
7	傾斜入力範囲	±5度
8	消費電力	100W以下

3. 適用結果

掘削開始時（深度0m）には掘削機を10分以上動かないように固定させてから、オプトコンパスを起動させ初期方位を計測し記憶する。掘削中は連続的に出力される方位と初期方位から掘削機のねじれ角を求める。また掘削機が地中で停止状態にあるときは、測定精度を向上させるための方位校正を実施している。これら一連の処理はオプトコンパスに接続されたパソコンにより行っている。

図-4はオプトコンパスによるねじれ角検出結果である。BW掘削機により深度93mまで掘削したときの状況である。実線がオプトコンパスでの計測値、破線が掘削後行った超音波による溝壁測定結果から算出した値である。実際の溝壁形状によく一致していることから、オプトコンパスによる計測は掘削機のねじれをほぼ正確にとらえることができるものと考えられる。20m近くで掘削機が回転しているのは、非常に硬い固結シルト層にあったことによるものである。

5. おわりに

約6ヶ月間オプトコンパスを使用してきたが、その間故障などのトラブルは皆無であった。ねじれ計測の精度のみならず、信頼性に関しても実用レベルであるということが確認できた。N値50以上の固結シルト層が掘削地盤のかかなりの部分を占めていたため、掘削機には常時激しい衝撃が加わっているという状況であった。このようなきわめて過酷な条件下であったにもかかわらず精度のよい安定したデータを得ることができたことで、我々は大深度連壁における管理装置として、オプトコンパスがきわめて有効なセンサであると確信している。

シールドにおいてオプトコンパスはすでに、その特筆すべき特長から機械式ジャイロに代わるものとして多くの期待が集められており、また利用の促進がなされ始めている。今後はさらなる分野での応用を探っていく予定である。なお、本システムの開発にあたっては日立電線(株)より多大なる協力を得た。末筆ではあるが感謝の意を表するものである。

シールドにおいてオプトコンパスはすでに、その特筆すべき特長から機械式ジャイロに代わるものとして多くの期待が集められており、また利用の促進がなされ始めている。今後はさらなる分野での応用を探っていく予定である。なお、本システムの開発にあたっては日立電線(株)より多大なる協力を得た。末筆ではあるが感謝の意を表するものである。

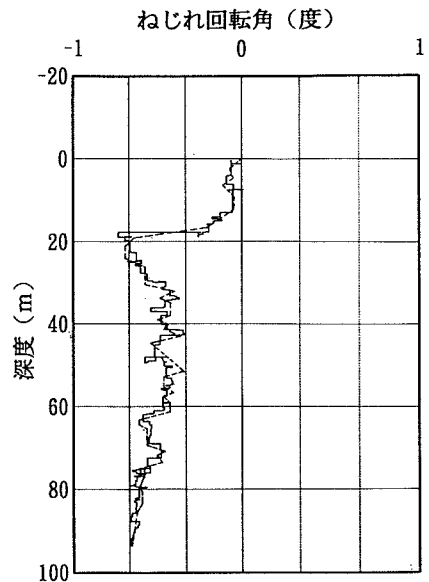


図-4 ねじれ角検出結果