

VI-120

ジャイロコンパスを用いた中折れ式シールドの位置演算に関する一考察

西松建設㈱ 関西支店

額田金三郎

西松建設㈱ 関西支店

富田 史博

西松建設㈱ 技術研究所 正会員 ○坪井 広美

1. はじめに

ジャイロコンパスは、回転体の慣性を利用して真北方位を測定する計器であり、航空・船舶等の多くの分野で方位計測に応用されている。土木の分野においても、7～8年前からシールドに搭載され、その方位を計測し、光学測量による線形管理を補完する目的で使用されてきた。

一方、近年のシールド自動制御化のため、シールドの位置・姿勢をリアルタイムに計測する自動測量装置の開発が急務とされ、そのひとつとして、ジャイロコンパスの方位から平面位置を演算する手法も試みられてきた。しかし、ジャイロコンパスには曲線部においても方位を計測できるという大きな特長があるものの、方位のみの計測のため、位置演算には多くの問題を含んでいた。今回、実施工における多くのデータから、新しい位置演算方法を見だし、良好な結果を得ることができたので報告する。

2. 従来の位置演算方法とその問題点

ジャイロコンパスを用いた従来の位置演算方法を図-1に示す。それは、シールドジャッキスプレッドとセグメントの接点をシールドの回転中心とし、そのリング内移動量の中心、すなわち、エレクトラ中心を回転中心（基準点）として、セグメント組立中のジャイロ方位と掘進距離（セグメント有効幅+シールドの伸び）から演算するものである。そして、この基準点の座標から、中折れ点、シールド先端の座標を逐次求めていた。

しかし、エレクトラ中心を基準点とした場合、ジャイロ方位は、基準点に対する曲線上の接線方位とは異なる。これは、直線部においては問題とならないが、図-2に示す通り、曲線部、特に曲線半径が小さい場合、演算上の誤差が大きくなる。

そこで、曲線施工を含む中折れ式シールドの位置演算について、次のような方法を提案した。

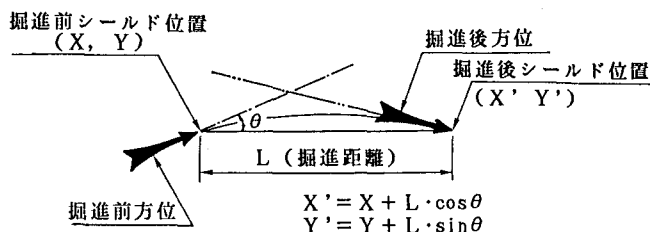


図-1 従来の位置演算方法

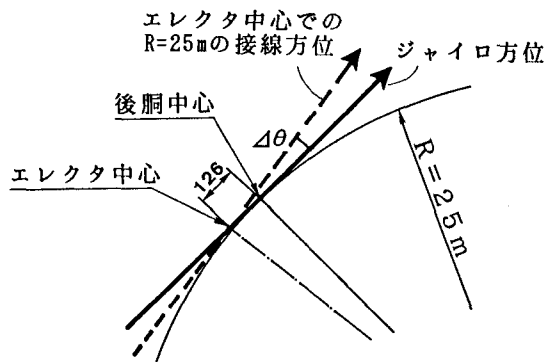


図-2 急曲線部での方位誤差

3. 中折れ式シールドの位置演算方法の提案

後胴にジャイロコンパスを搭載した中折れ式シールドの先端、中折れ点、後端が、図-3の通り曲線上を移動した場合、後胴の方位は後胴中点（P点）での接線方位となる。このため、掘進後の後胴中点の座標は式(1.1)、(1.2)で求めることができ、この後胴中点を基準点として、中折れ点の座標は式(2.1)、(2.2)で求めることができる。ただし、 (X_0, Y_0) ；掘進前P点座標、 (X_1, Y_1) ；掘進後P点座標、 (X_2, Y_2) ；掘進後中折れ点座標、 θ_0 ；掘進前後胴方位、 θ_1 ；掘進後後胴方位、 L ；後胴長、 l ；掘進距離とする。

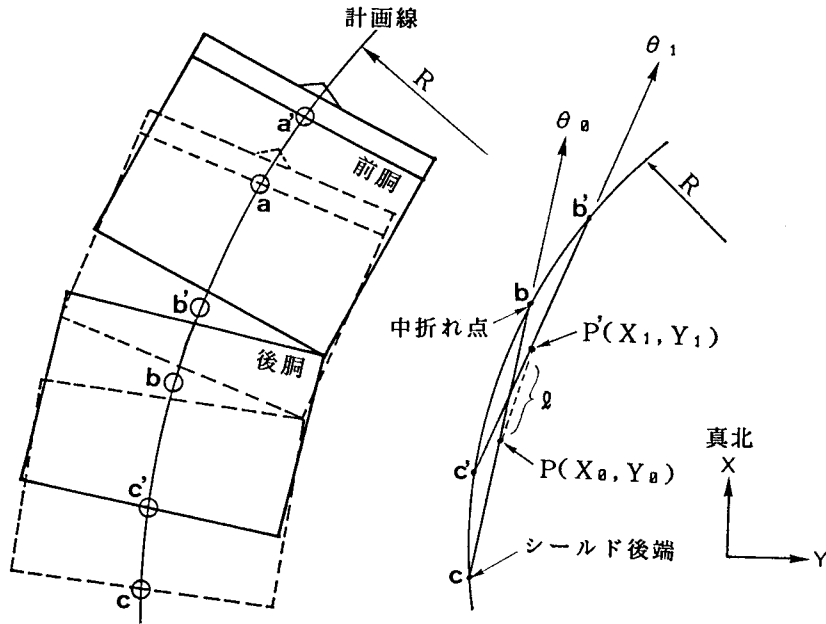


図-3 位置演算の考え方

$$\begin{aligned} X_1 &= X_0 + \left\{ \frac{l}{R} \times \cos \frac{1}{2} (\theta_0 + \theta_1) \right\} & \cdots \cdots (1.1) \\ Y_1 &= Y_0 + \left\{ \frac{l}{R} \times \sin \frac{1}{2} (\theta_0 + \theta_1) \right\} & \cdots \cdots (1.2) \\ X_2 &= X_1 + \left\{ \frac{l}{R} \times \cos \theta_1 \right\} & \cdots \cdots (2.1) \\ Y_2 &= Y_1 + \left\{ \frac{l}{R} \times \sin \theta_1 \right\} & \cdots \cdots (2.2) \end{aligned}$$

また、シールド先端の座標は、中折れ点座標および、中折れ角度より逐次算出する。

4. 適用結果

この演算方法をシールド外径φ3090mmの雨水幹線築造工事に適用した。本工事の線形は、最小曲線半径25mの急曲線を含む40%が曲線部である。適用結果として、光学測量を正として、これとジャイロコンパスを用いた位置演算結果との掘進mあたり偏差を図-4に示す。なお、測点は中折れ点としている。

発進初期においては、シールド軸とジャイロコンパス軸の据え付け誤差の影響で偏差が大きくなっているが、以降は線形に関わらずほぼ1mm/m前後であり、偏差はかなり小さい。よって、光学測量によるチェックを10m～20m毎に行うことにより、十分な精度で平面位置計測が可能であるといえる。

5. おわりに

ジャイロコンパスによる位置演算は難しいとされていたが、従来とは異なる演算方法を適用した結果、曲線部においても高精度で位置を把握できることがわかった。今後は、反力を受けているセグメントの挙動とジャッキストロークの関係から、シールドの横滑り量を把握し、さらに高精度なシステムとして発展させる必要がある。

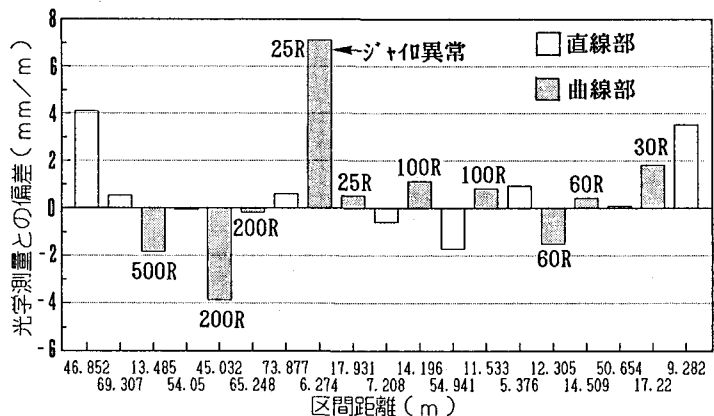


図-4 適用結果