

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所

正員 田中 邦男

同

同 小林 英夫

同

同 堀内 敏行

1 まえがき

電電公社では、40条程度の電話地下ケーブル用管路埋設工事を床削せずに小断面シールド工法の開発を進めており、小断面シールド機を遠隔制御するうえからシールド機方向制御システムの研究を行っている。シールド機の掘進は、シールド機前部の回転カッタで掘削すると同時に、発進立坑内の押管ジャッキでシールド機とそれに後続するヒューム管群と前方に推進させて行う。シールド機は掘進するときに土質の不均一、シールド機自体の性質、シールドジャッキ反力等により蛇行、回転を起す。このため、シールド機の計画線と掘削線との間に偏差が発生し、トンネル施工精度を低下させる。

従って、シールド機を計画線に沿って推進させることが必要となり、シールドジャッキ操作パターンとシールド機の姿勢角変化、カッタ回転方向と姿勢角変化、ジャッキ推力和姿勢角変化の関係等方向特性を把握することが重要になる。本報告は昭和49年度に埼玉県川口市で施工した小断面シールド工事に於けるシールド機の方角特性について述べるものである。

2 シールド機方向修正システム

本シールド機は小断面(1200mm)で有効スペースが少ないので、制御翼やコピーカッタを装備せず、回転角の修正はカッタの回転反力で、掘進距離の制御は押管ジャッキで、傾斜角、方位角の修正はシールドジャッキで行った。

方向修正システムは姿勢計測装置(ジャイロスコップ、アークセロメータ)、光学計測装置(トランシット、レベル)、操作機構、運転者で図1に示すように構成されている。掘進距離は押管ジャッキのストローク計で計測し、回転角、傾斜角、方位角は姿勢計測装置で計測した。掘削線は姿勢角積分法で推定した水平変位と垂直変位、掘進距離から求めた。光学計測装置で測った水平変位と垂直変位は姿勢計測装置の計測値から求めた掘削線の補正に使用した。本方向修正システムは運転者が計画線と掘削線の偏差を零とするように操作機構のシールドジャッキストロークとカッタの回転方向を操作する半自動制御になっている。

(1) マルチサーボジャッキコントロールシステム

シールド機の傾斜角、方位角の修正はシールドジャッキにストローク差をつけて行う。このシールドジャッキには前回報告したフィードバック形サーボシリンダであるサーボジャッキを使用した。マルチサーボジャッキコントロールシステムは各サ

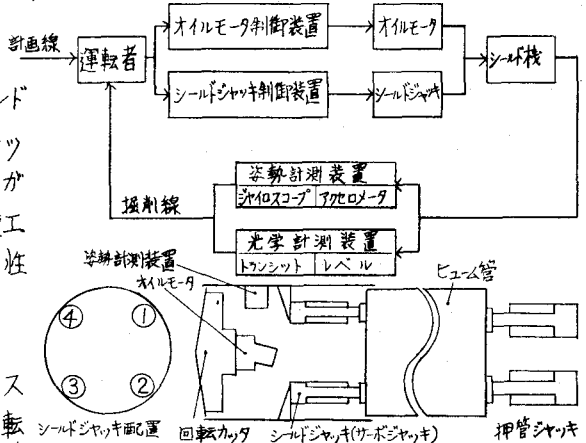


図1. シールド機方向修正システム

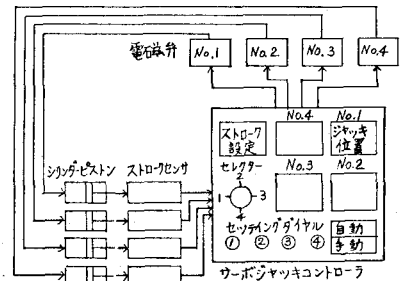


図2. マルチサーボジャッキコントロールシステム

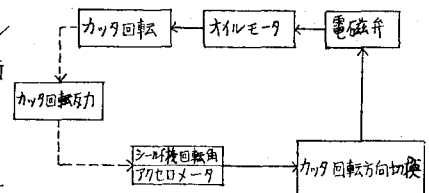


図3. シールド機回転角修正システム

ーボジャッキのストロークを自動的に制御でき、自動操作、手動操作のいずれも可能である。本コントロールシステムの構成を図2に示す。

(2) シールド機回転角修正システム

シールド機の回転角修正はシールド機自体が回転している方向にカッタを回転させて、カッタの回転反力によりシールド機を逆回転させて行っている。本回転角修正システムを図3に示す。

3 実験結果および考察

(1) 傾斜角変化とシールドジャッキ推力の関係

シールドジャッキの長さを上下あるいは左右で違えて掘進する場合、ストローク差は約10 mm 以上あれば、長い方のジャッキで推力を伝達することができる。上2本のジャッキと下2本のジャッキとの推力差と傾斜角変化との関係を図4に示す。ジャッキ推力と姿勢角変化との相関は土質、姿勢角、掘進速度等の影響を受け、バラツキが大きくなっているが平均的にとうえと下押しで傾斜角修正が相当できることがわかった。なお、上下ジャッキの推力を等しくするとシールド機は前部を下げる傾向にあり、現在の傾斜角を維持させるためには下側のシールドジャッキ推力を若干大きくして掘進する必要がある。

(2) 回転角変化と掘進速度、掘削トルクの関係

シールド機の回転角変化と掘進速度の関係を図5に、回転角変化と掘削トルクの関係を図6に示す。図中の斜線の部分はカッタの回転方向を変えたときにシールド機の回転角が修正された場合で回転角効果ありを示している。図より明らかなように、回転角と掘進速度、掘削トルクは明確な相関があらわれなかった。しかし、掘削トルクが大きくなると回転角の修正効果があらわれる傾向がみられた。

(3) シールドジャッキストロークと姿勢角変化の関係

シールドジャッキストロークとジャッキ推力、姿勢角変化の一例を図7に示す。シールドジャッキストロークは200 mm に設定してある。ジャッキ内圧力は、掘進負荷がかかり始めると次第に上昇し、負荷が所要推力(30 t)近くになるとジャッキは縮みを起す。この例では、ジャッキ内圧力343 kg/cm²、ジャッキ推力28 t で大きく縮みを起し、ジャッキストロークは27 mm 縮んでいる。このとき、回転角は46 mrad → 49 mrad に過渡的に3 mrad 増加(右側に回転)している。これはシールドジャッキの縮み現象により、シールド機に回転力が働いたためである。この現象は姿勢角変化に影響を与えるので、修正効果の向上を図るうえでジャッキの縮みを防止する対策が必要である。

4 あとがき

シールド機の方角制御システムを確立するためには、方向特性をより明確にする必要があるが、本実験で定性的な傾向は得られた。今後はシールド機の運動特性のモデル化とコンピュータによる方向制御システムの検討を進める。(株)林化シールド機の方角制御システムについて、今後の研究

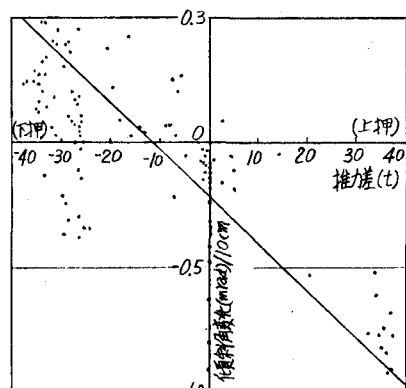


図4. 上下シールドジャッキ推力差と傾斜角変化

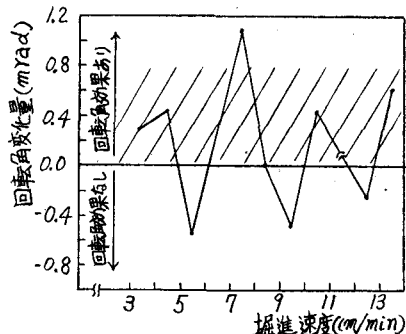


図5. 掘進速度と回転角変化

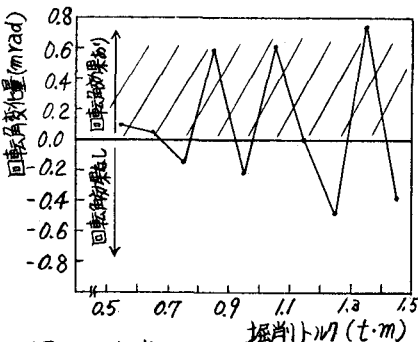


図6. 掘削トルクと回転角変化

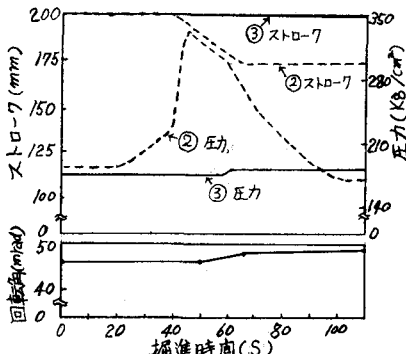


図7. シールドジャッキストロークと回転角