

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 ○松本喜一

杉本禎男
船渡英幸

1. まえがき

シールド機の方角制御方式として、その姿勢角と計画線からのずれを監視しながら最適な掘進軌跡を描かせる方法が考えられる。現在電電公社で計画中のM-2号機は、内径1,200mmの小断面で、掘進距離500m、曲率半径200m、方向精度±20cmを目標としているので、シールド機の方角制御を自動化し、かつ正確に行うことが、不可欠の課題となっている。そこでM-2号機を想定した1/2モデル実験機を試作し、最適な方角制御方法に関する掘進実験を行ったので、その結果を述べる。

2. 実験機の概要

実験機の諸元は、表-1に示すとおりである。

3. 掘進実験の概要

研究所構内において、図-1に示す掘進実験を行った。掘進は、シールドジャッキの伸びとカッタドラムの回転により行われ、掘進後、押管ジャッキでプレスリンクA、ヒューム管を後押しする。ヒューム管は、8掘進に1コの割合で挿入する。掘進実験の計画線及び各機器の設定条件は、表-2のとおりである。なお掘進箇所の土質は、関東ローム層である。

4. 実験結果及び考察

1)、姿勢角……掘進前後のシールド機の姿勢角変化を、シールドジャッキの押し方別、カッタドラムの回転方向別に平均値をとると、表-3のとおりとなる。この結果より、回転角、傾斜角、方位角についてそれぞれ次のことが判明した。

ア、回転角は、カッタドラムの回転方向と大きな相関があり、カッタが右回転すると⊙方向(左方向)へ、左回転すると⊙方向(右方向)へローリングする。左回転による⊙方向へのローリング量は、右回転の⊙方向へのローリング量に比べかなり少ないが、これは、左回転のデータ量が多く、平均的にならされてためである。

イ、傾斜角は、下押し時以外でも、ほとんど⊙方向(上向き)であり、⊙方向(下向き)となることは、余りない。カッタドラムの回転方向に関しては、右回転の方が、左回転より⊙方向となる傾向がある。このことは実験機の形状や土質対応による癖とも考えられるが、右回転のデータ数が左回転に比べ少ないので、今後更にデータをとり実証する必要がある。

ウ、方位角は、押し方だけでなく、カッタドラムの回転方向によっても大きく影響される。方位角修正には、右方向は、左

実験機外径	822mm中
実験機本体全長	1590mm
シールド	推力 6.5ton/本
ジャッキ	ストローク長 0~200mm
	速度 0~200mm/min
	本数 4本
カッタ	カッタトルク 1200kg-m
ドラム	カッタ回転数 0~5r.p.m.

表-1. 実験機諸元

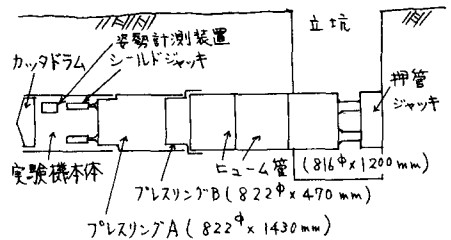


図-1. 掘進実験状況

計画線	掘進長 27m
	土被り 2m
	線形 曲率半径140m(図3参照)
	勾配 1/100
設定条件	パワーユニット 油圧160kg/cm ²
	シールドジャッキストローク長 150mm/1掘進
	シールドジャッキ速度 40mm/min
	カッタ回転数 4r.p.m.

表-2. 計画線及び設定条件

掘進方法	シールド機姿勢角	回転角	傾斜角	方位角
右押し	カッタドラム回転方向	⊙右:⊙左	⊙上:⊙下	⊙左:⊙右
	右回転	9	-4.9	0.7
	左回転	25	0.8	-0.15
左押し	右回転	6	-6.3	0.95
	左回転	44	0.7	0.13
下押し	左回転	7	-0.06	0.3

表-3. 姿勢角変化(mrad/1掘進)

押し左回転が、左方向は、右押し右回転が有効である。

左押し左回転データのうち連続する89掘進について、そのデータを解析すると、図-2に示す平均値の異なる三つの分布に分解可能である。(3分布間での平均値の差の検定は、分布①と②が20%以下、分布②と③が1%以下の危険率で有意であり、それぞれの分布内では、20%以下の危険率では分解不可能である。)3分布の平均値は、掘進とともに○方向(右方向)に段々大きくなっており、○方向への方位角変化の大きくなっていることを示している。分布②、③に相当する曲率半径は、それぞれ140m、50mである。

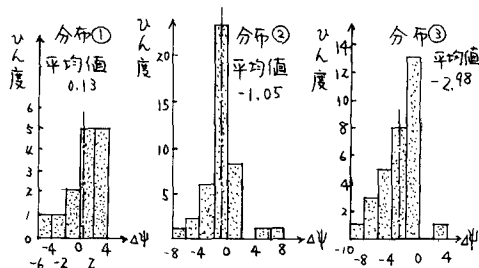
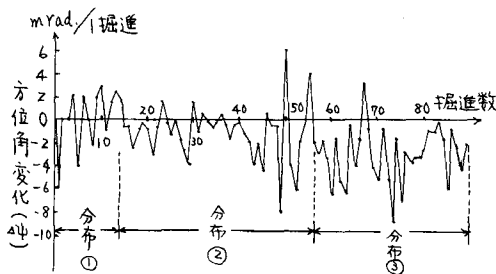


図-2 方位角変化状況 (mrad/1掘進)

(2). 位置計測……水平変位は、方位角の積分値から、鉛直変位は、傾斜角の積分値及び連通管式計測装置から求める。それぞれの計測値は、図-3に示すとおりである。この計測値と光学測量の結果を比較すると、姿勢角の積分値では、約5cm程度の差異があり(この差は、シールド機の縦すべり現象横すべり現象のほか、姿勢角計測値の基準線修正誤差等が考えられる)、また連通管式計測値は、±1cm以内の精度で計測可能である。

(3). 掘進軌跡……図-3には、水平鉛直変位と合せて、当初設定した計画線も示している。鉛直変位については、ほぼ計画線に近い変位量であるが、水平変位は、かなりのずれを生じている。この原因は、前リウ項で述べたように、方位角変化が掘進方法の変化に伴ってすぐには反応せず、今回の実験では、分布①の14掘進(約2.1m)程度の反応遅延期間があったためである。

(4). 推力、カットトルク……掘進時のシールドジャッキ推力、カットトルクは、6.0～9.0 ton、160～220 kg・m程度である。これを前リウ項の3分布別に平均値をとると表-4のとおりとなる。この表より1掘進ごとの方位角変化が大きくなるに従い、推力は減少し、カットトルクは増加する傾向のあることが推察される。

5. あとがき

掘進実験の結果、シールド機の名アクチュエータの操作量とシールド機の挙動との相関について、その概況が明らかとなった。また直線状態から一方向に屈曲させた場合の姿勢角変化は、段階的に変化することが定量的に推定され、方向制御の自動化の研究を進める上で大いに参考になるデータを得たものと考え。今後は、更に掘進実験を継続し、シールド機の方角制御性を明確にするとともに、1/2実験機と実機との相似性について理論的な検討を行う予定である。

6. 参考文献

- 1). 小断面シールド実験機による掘進実験結果について。第32回土木学会講演概要集 松本、杉本、小林。
- 2). 密閉型連通管による鉛直位置計測装置の実験結果について。第33回土木学会講演概要集 松本、船渡、堀内

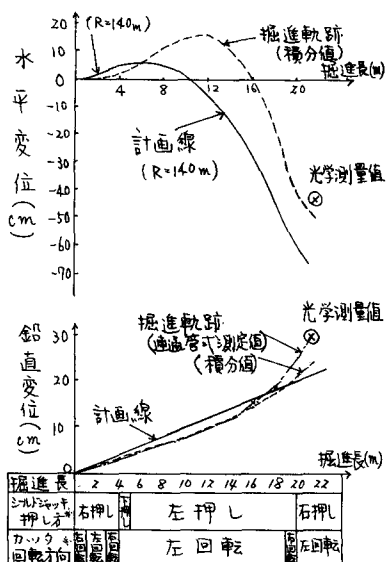


図-3. 計画線と掘進軌跡

(※当該区間の概略の掘進方法である)

項目	分布①	分布②	分布③
方位角変化 (mrad/1掘進)	0.13	-1.05	-2.98
推力 (ton)	7.4	8.3	7.2
カットトルク (kg・m)	160	170	220

表-4. 推力、カットトルク