

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所

正員 ○ 杉本頼男

◎ 宮本泰

◎ 保科宏

1. まえがき

シールド工事における蛇行は従来から問題として取り上げられており、蛇行を小さくすることの困難なことが認識されている。このため蛇行の原因、シールド機本体の動き、蛇行の傾向について検討されているとともに、蛇行防止および修正装置、推進管理のための自動測量装置が開発されてきている。自動測量装置にはシールド機姿勢をレーザ、光電素子により検出するもの、ジャッキの伸びをストローク計により検出するもの、シールド機姿勢をジャイロスコープ、アクセロメータにより検出するものがある。本報告は姿勢計測値を推進管理に用いるときおよび推進の自動化に用いるときの問題点、方法を明らかにするため、前報に引き続き姿勢の微妙変化の分類、およびシールドジャッキ操作との関連について検討したものである。

2. 1 推進区間ににおける姿勢変化状態の分類

本報告では1推進区間をシールド機が機長だけ推進した区間とした。これは機長だけ進むと既に形成されていく地山の影響を脱するとみなし、方向修正上の最小単位と考えたためである。以下、変化状態のうち基本的なパターンを抽出した。

(1). 用いた計測データ 本データはメカニカルシールドを用いたヒューム管推進工事でシールド機の方位角、回転角、傾斜角を計測して得たもので、土質は砂礫層、N値が15~50である。また、シールド機長は2m、外径は1435mmである。

(2). 変化パターン1. (方向修正操作を行っていない場合) 図1は1推進区間に磁束軌跡がほぼ直線の部分における方位角と傾斜角の1推進区間内の変化(3例)を示す。地山の状態によつては、ばらつき、勾配が変化するが修正操作を加えずに直進しているときは図のようなばらつき状態が一般的であった。

(3). 変化パターン2. (方向修正入力がステップ状の場合)

1推進区間内の方位角の変化を大別してパルス入力とステップ入力に分けて考える。このような方位角の変化は方向修正入力の取扱いは方向修正を自動化するときに有効であるとともに、修正効果が定量的に評価しやすくなるためである。ここでは1推進区間連続して修正操作を行ない、使用するシールドジャッキは区間内で同一の場合をステップ入力として取扱った。図3に方位角の変化状態、図4に傾斜角の変化状態を示す。変化はほぼ直線的であり、その勾配は地山の違い、そのときのシールド機姿勢、それま

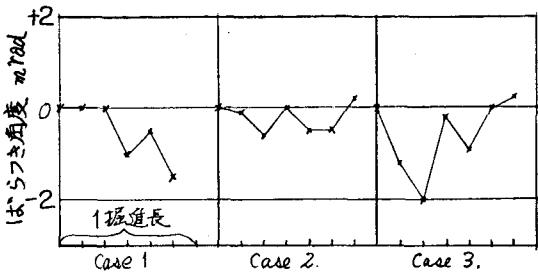


図1. 方位角の1推進中の変化

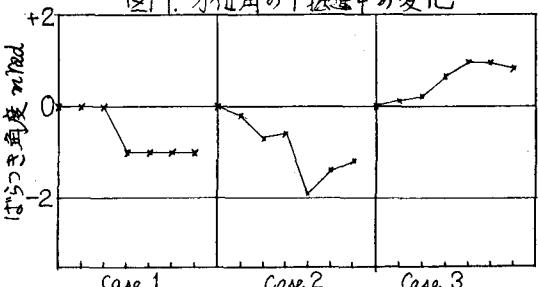


図2. 傾斜角の1推進中の変化

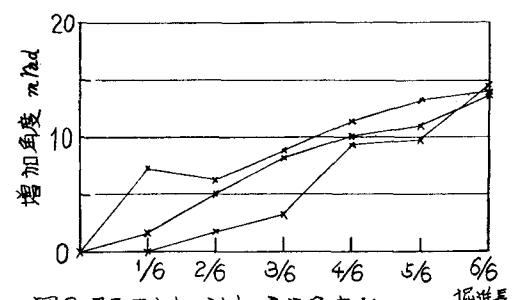


図3. ステップ入力に対する方位角変化

で、掘削動跡により異なる。なお、図4の点線は下向きの方向修正を加えた場合である。

(4). 变化パターン3. (方向修正入力がパルス状の場合)

パルス入力とみなすときの単一パルスの幅は $1/6$ 掘進とし、その大きさは一定である。実際の操作では1掘進区間内の入力数は複数のときがあるがここでは单一パルス入力を基本として検討した。図5にこの場合の方位角変化、図6に傾斜角変化を示す。

以上の3つのパターンが基本的な場合であるが、適当な間隔でパルス入力を加えると姿勢変化は一層複雑になる。

3. 考察

(1). 自然蛇行と計測誤差

通常掘進の場合は図1,2に示すように 2 mrad 以内の変動がある。この変動は地山の不均一により蛇行させられる値と計測誤差とで構成されていると考えられる。したがって図3,4,5,6の姿勢の変化にはこの変動分が重ね合わされていると考えられる。

(2). ステップ状入力と姿勢の応答

これまでシールド機の姿勢計測を行ないその変化を時系列的に観察しても、計測値がシールドジャッキのパターン化している \Rightarrow 操作に応じて変化しているためジャッキ操作との対応が困難であった。そこで2節で示した分類に従ってジャッキ操作を行ない検討した結果、図3,4に示すように修正入力の持続幅にほぼ比例して姿勢の変化が確認された。また、図3,4の直線勾配は方向修正入力に対する効果を示しており、勾配の違いは地山の特性、シールド機のくせを合わせた情報と考えられる。このため勾配の値は方向修正計画を立てたときの予測値として使えるとともに、勾配の変化を監視することが地山の変化に対する監視になると考えられる。

(3). パルス状入力と姿勢変化 方向修正効果を表わす変化勾配を求める場合、実際工事で通常掘進をしていく

ときは掘削状態を乱さずに学習することが要求される。もし変化勾配が安定していれば図3,4からも明らかなように $1/6$ 掘進だけ修正入力を加え、そのときの計測値から勾配の推定ができる。そこで最初の $1/6$ 掘進だけ修正入力を加えた場合の系に対する影響を検討した。この結果は図5,6に示すように1掘進長経過後ほぼ初期の状態に戻る場合とある程度変化が残る場合があった。元の姿勢に戻る場合は変位に対する影響は少なく、残る場合は 6 mrad 以下であり、直ちに修正することができる。このため、この掘進パターンによる推定が可能と考えられる。

4. むすび

従来の変位を測度としてシールド機の蛇行修正方法は、機長 $2\sim 3$ 倍掘進しないければ修正効果が不明確であるが測定例で明らかのようにシールド機姿勢はジャッキ操作に対して直ちに応答していることが確認され、その変化勾配を掘進中に学習しながら予測値として使用できることが明らかとなった。従ってシールド機の姿勢を計測し管理しながら掘進を行えば早期に姿勢修正が可能で、大きな変化を抑え、蛇行曲線をゆるやかにすることができるとを考えられる。今後は、各種工質に対するデータおよび修正入力の大きさを変えたときのデータを蓄積し、蛇行修正方法の確立に寄与したりと考える。

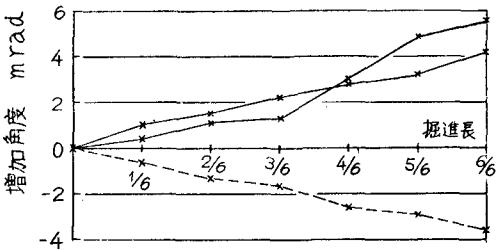


図4 ステップ入力に対する傾斜角変化

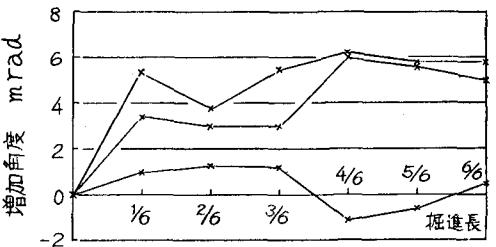


図5 パルス入力に対する方位角変化

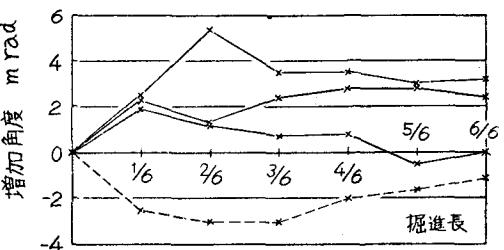


図6 パルス入力に対する傾斜角変化