

III-491

シールドの地盤中での挙動分析と進行予測

佐藤工業（株） 正会員 ○大西 豊
 佐藤工業（株） 正会員 桐谷 祥治
 石川島播磨重工業（株） 加納 豊

シールドの地盤中での挙動は、非常に複雑であることが知られている。その挙動は、これまで正確に計測されたことがほとんど無かったが、ジャイロコンパスを用いる計測システム（以下本システム）によって、シールドの地盤中での挙動を解明することが可能になった。本報告では、この挙動解析の一端を紹介すると共に、その解析結果をシールドの将来進行予測へ適用した方法と結果について述べるものである。

1. シールドの地盤内の挙動

ジャイロコンパスによるシールドの位置の算出方法は、微小区間の進行においては、シールドの向きと進行方向が一致しているという前提がある。ところが、実際には、一致しない場合もあるため、図-1のような計測誤差が発生する。このような挙動は、これまで、シールドのオペレーターにより感覚的にとらえられてきたが、ジャイロコンパスを用いてシールドの姿勢が高精度に計測されることにより正確に把握することができるようになった。

2. 地盤内の挙動の実際

図-2の上段は、本システムによるシールドの計測結果を示している。本システムは、シールドの姿勢計測結果とセグメントの出来型計測結果を対比させることによってシールドの挙動を監視している。シールドが機軸方向に推進したと仮定したときにあるべき位置を鎖線で表している。実線は、シールドの向きと進行方向のズレが発生したところで、その量を統計処理により推定して、補正し計測を続けた結果である。点線は、セグメントの出来型測量の結果である。この図より明らかなことは、補正と補正の間は、精度よく計測している。この事は、シールドの向きと進行方向の関係は、ある一定の区間は、維持していることを示しており、なんらかの要因によって変化することが予想される。

図-2の下段は、シールドの推進ジャッキによって発生した回転モーメントを示している。この図の場合は、補正を実施したときはモーメントを変えたとき、つまり、シールドの向きを変えようとしたときである。

図-2のような計測結果は、本計測システムを用いた全てのシールドにおいて現れている。

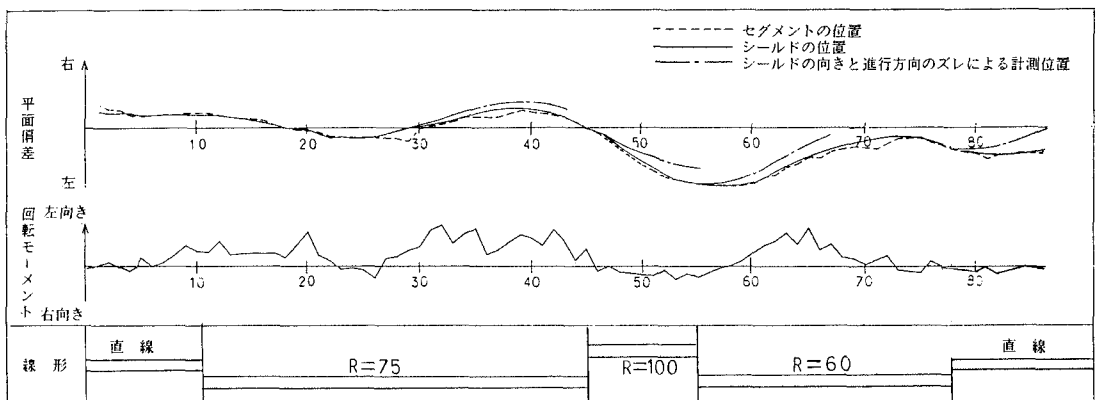


図-2 シールドの地盤内での挙動

表-1は、コピーカッターを使用している区間において必要であった補正回数と補正量の最大値を余掘り別に示している。余掘りが大きくなれば、補正の頻度と量が増加することがわかる。

余掘り	20mm	30mm	40mm	60mm	80mm
補正量	0.1 0°	0.1 6°	0.2 2°	0.3 0°	0.4 8°
補正回数 推進100m当り	1～2回	2～3回	3～4回	3～4回	4～5回

表-1 余掘りと補正量

以上のことより、シールドの挙動については、回転モーメントや余掘りなどが関係しており、シールドの進行を予測するためには、これらのパラメータ

3. シールドの進行予測

シールドの位置、姿勢の検出から方向制御までを自動化するには、シールドの将来位置を高い確立で予測しなければならない。このためには、これまで述べてきたシールドの挙動の把握が非常に重要である。しかし、前述のように、まだまだ解明すべき点が多く残っているため、これまでに解析してきた回転モーメントとシールドの姿勢変化量を統計的に処理することによる進行予測を試みた。ここでは、実際の計測データから進行予測をシミュレーションした方法と結果を述べる。

ここで用いた方法は、今後の微少区間の推進において発生する方向変化量をこれまでのシールドに与えた回転モーメントと方向変化量から予測する自己回帰型モデルに当てはめた。シールドが、微少区間推進するごとに逐次回帰分析を実施する。このモデルでは、シールド回転モーメントを含めて解析しているのでこれまで述べてきた複雑な挙動も含めて進行予測ができるものとして想定した。図-3がその結果の一部である。

回帰モデル

$$Y_k = \sum_{i=1}^{n-1} a_i Y_{k-i} + \sum_{i=1}^n b_i m_i + c$$

Y_i : 方向変化量
 m_i : 回転モーメント
 a_i, b_i : AR係数
 c : 外乱
 n : 回帰次数

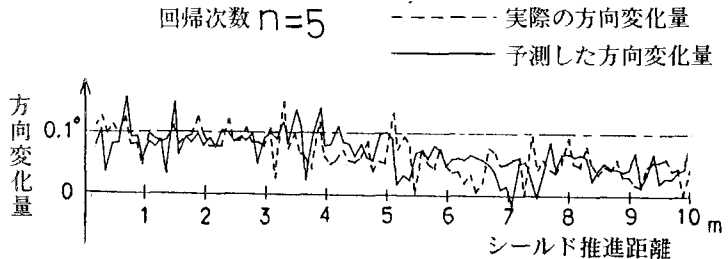


図-3 進行予測シミュレーション結果

このシミュレーションの結果では、急激な方向変化時を除いては、予測可能といえよう。現在は、線形や地質の変化、ジャッキ推力、余掘り量なども自動計測し、統計処理に加えた自動方向制御システムを稼働させており、得られた計測結果の分析を進めている。

4. おわりに

シールドの自動測量システムとして、レーザー、ジャイロ等を用いるものが数多く報告されている。このうち、シールド工事上の制約から、ジャイロを用いるシステムが最近増加傾向にある。ところで、ジャイロを用いるシステムを実施工に適用する場合には、本稿で述べたようなシールドの地盤中での挙動について対処できるものであることが不可欠となる。さらに、シールドの進行を正確に予測することにより、高精度の自動方向制御が可能となる。

<参考文献> 桐谷・大西・田方：「ジャイロコンパスによるシールドの自動位置・姿勢管理システム」

土木学会土木施工研究委員会、最新の施工技術・3、1987.5

大西・桐谷・田方：「ジャイロコンパスによるシールドの測量・姿勢制御の自動化について」

土木学会第42回年次学術講演会、1987.9