

III-B 143 シールド姿勢変化の連続計測に基づく停止中の挙動特性について

佐藤工業(株)	正会員	志村 和伸
石川島播磨重工業(株)		西 智男
(株)トキメック		梅野 貢一
佐藤工業(株)		山田 薫夫

1. はじめに

筆者らはシールドの自動方向制御システムを開発し、すでに23件の施工実績を有している。延長2.3km以上の併設トンネルや4本のトンネルが近接して回転移行してゆく近接施工等の実績も含まれ、厳しい施工条件下においても高精度の線形管理を実現してきている。これらの実績から掘進中の位置・姿勢管理に関しては高精度で滑らかな線形を得られることが確認されているが、詳細に掘進データを分析すると、掘進終了後の停止中においてシールドの姿勢が変化していることが判明した。

本研究では、停止中に発生する姿勢変化の要因を解明すること、および、その姿勢変化による自動方向制御への影響の有無について分析するため、掘進中から停止中にわたってシールドの姿勢を連続して計測した。この計測データを掘進履歴やシールド操作等との相関から検証することによって、停止中の姿勢の変化方向、変化量、変化時期、および掘進中の姿勢の修正状況を定性的に導くことができたため、ここに報告するものである。

2. 連続計測の目的と計測項目

掘進→停止→掘進の一連の施工のなかで、シールド姿勢変化およびその要因を把握するため、計測データ項目としてはシールドの姿勢角(方位角・ピッチ角)とシールドジャッキ操作をはじめ、姿勢変化にかかわるとされる掘進管理データおよびセグメント組立時のエレクター操作等の制御データを抽出した。データの計測間隔は、詳細計測を行うために3秒間隔とした。なお、計測対象工事は泥土圧シールド(掘削外径φ5,840mm)であり、計測データは全て自動方向制御によって施工されたものである。

3. シールド姿勢の経時変化

計測によって得られた経時変化の一例として、シールド方位角(ヨーイング)の変化挙動を図-1に示す。図-1より掘進中にはジャッキストロークの増加に伴い、方位角が掘進線形(右R-200m)に応じたほぼ一定の増加傾向を示している。掘進が終了すると、セグメント組立位置のジャッキが随時抜かれ、エレクターが稼働してセグメント組立が行われる。セグメント組立中には掘進中の方位変化方向とは逆の方向(左向き)に姿勢が変化している。次リングの掘進が始まると、ジャッキストロークが0~10cmまでの間で大きく姿勢が変化しているが、その後は前リングと同様にほぼ一定の増加傾向を示している。

4. シールドの姿勢変化挙動分析

4-1. 掘進中に指令した姿勢変化量と停止中の姿勢変化量の関係

図-2は掘進中にシールドに与えた指令姿勢角と、掘進後の停止中の姿勢変化量の関係である。指令姿勢角とは10cm先の目標姿勢角と現位置姿勢角の差として、掘進10cmごとに指令されるものであり、指令姿勢角に対応した回転モーメントが与えられる。図-2では1リング掘進中の指令姿勢角の平均値を示している。図より、指令姿勢角と停止中の

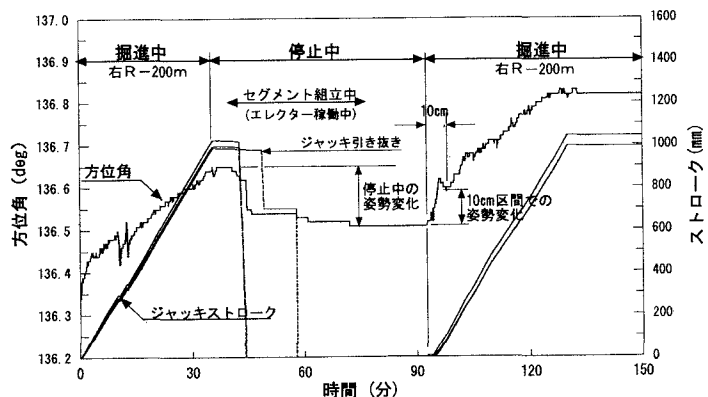


図-1 方位角の経時変化図

姿勢変化量には負の比例関係があることが認められる。つまり、掘進中に右方向に大きく曲げようとするほど、停止中には大きく左方向に戻ることを示している。

4-2. 停止中の姿勢変化とシールド操作の関係

図-3は代表的な10リング分の停止中の姿勢変化量を、セグメント組立にかかわるシールド操作ごとに細分化したものである。停止時間の分割は、①ジャッキ操作前（掘進停止後の無作業時間）、②シールドジャッキ操作中（シールドジャッキ引き抜き中）、③エレクトラ稼働中（全シールドジャッキ引き抜き終了後から組立終了後まで）、④段取り・休憩中、の4段階とした。図より、停止中の変化方向は必ずしも一定ではなく、シールド操作によって左右両方向に動いていることがわかる。また、変化量の構成では、ジャッキ操作中（ジャッキ引き抜き中）の変化の占める比率が高いことを読みとることができる。その他の特色として、ジャッキ操作前の変化量も認められ、掘進終了後、シールドジャッキの油圧をロックした状態からすでに姿勢変化が始まっていることが確認できる。

4-3. 停止中の姿勢変化量と次リング掘進開始後10cm間の変化量の関係

図-4は停止中の姿勢変化量と次リング掘進開始後10cm間の変化量の関係であり、停止中の変化量の回復状況を示している。表示しているデータは代表的な10リング分を示している。図より掘進開始後10cm間の姿勢変化は全て停止中の姿勢変化と逆向きにあらわれており、変化量は停止中の変化量の70～100%となっている。すなわち停止中に変化したシールドの姿勢は次の掘進開始後10cmでほぼ前リングの掘進終了後の姿勢に戻っていることがわかる。

図-5は掘進開始後20cmまでの区間における姿勢変化量を細分化したものであり、掘進区間を0～5cm、5～10cm、10～20cm区間に分割している。図から、掘進5cmまでの姿勢変化量が他の区間より大きい傾向が現れており、停止中の姿勢変化は早期に修正されていると判断することができる。これより、停止中の姿勢変化は自動方向制御システムによる線形管理に影響を与えていないと考えられる。

5. まとめ

本研究によって、従来概念的に知られていたシールド停止中の姿勢変化挙動と変化要因を定性的に把握することができ、また、停止中の姿勢変化は線形管理に大きな影響を与えていないことを確認することができた。今回は、洪積地盤における泥土圧シールドによるデータの分析を実施した。しかしながら、シールド停止中の挙動は、土質条件やシールド工法によって異なることが判明しており、今後さらに種々の条件下の実績データを分析し、挙動解明を進めてゆく所存である。

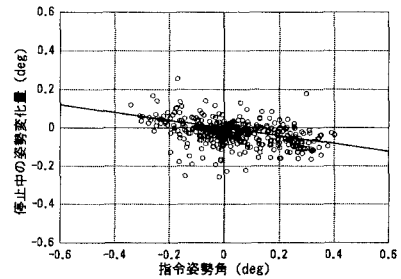


図-2 指令姿勢角と停止中の姿勢変化量

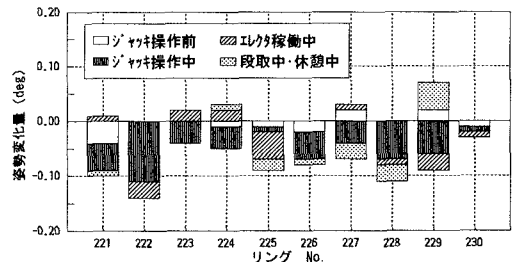


図-3 停止中の姿勢変化量の分割

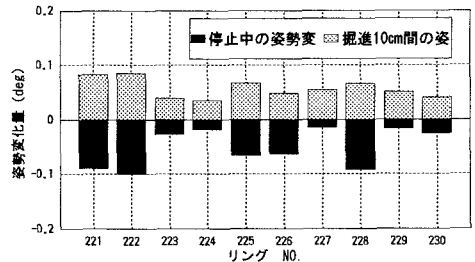


図-4 停止中の姿勢変化量と次の掘進時(10cm)の姿勢変化量

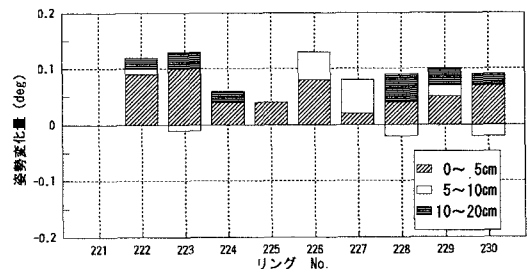


図-5 掘進開始初期(0~20cm)の姿勢変化量の分割