

VI-171 テールクリアランス計測・予測値にもとづくシールド自動方向制御システムの開発

清水建設（株）正会員 ○河野 重行 同 後藤 徹 同 西川 泰司

1. 従来技術とその問題点

地下開発の大深度化、大断面化、長大化に伴い、従来以上の困難な施工条件下での高精度で施工の高速化が求められており、施工の機械化・自動化は不可欠な技術となっている。当社においても、シールド機の自動方向制御システムを開発し、現場に導入してきた。しかしながら従来の自動方向制御システムでは、あくまでシールドマシンを掘進計画線にすり付ける制御のみを行っている。従って、掘進計画線のみを考慮した自動掘進においては、テールクリアランス値が徐々に小さくなり、シールドマシンとセグメントにセリが生じる可能性があるため（図-1参照）、従来の自動方向制御システムにシールドマシンのテールクリアランス値を取り込み計測管理する必要に迫られた。また昨今、施工品質の確保のためテールクリアランスの計測値の制御への取り込みが試みられてきた。特に、大断面シールドにおいては、従来のシールドに比較して掘進管理項目の重点が、シールド機を計画線にのせていくことと共に、セグメントに対してマシンをまっすぐに掘進させることにある。この理由としては、シールド径に対するテールクリアランス値の割合が非常に小さいことがあげられ、せりの発生を防ぐためには必然的にテールクリアランスの管理が重要となるためである。またセグメントが組立ロボット等によって非常に精度よく組み立てられ、断面も大きい為、セグメント全体の剛性が大きく、変位も小さいと考えられる為、セグメントさえ計画線にのせるような割り付けで組み立てれば所定の線形を確保できるからである。

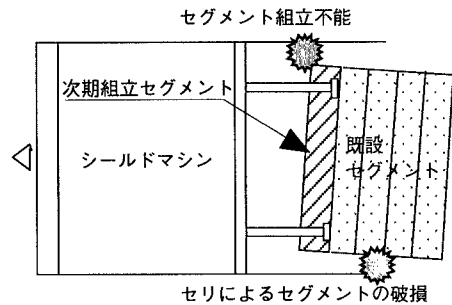


図-1 テールクリアランス概念図

2. テールクリアランス計測方向制御システムの概要

本システムは従来からの自動方向制御システムに機能を付加するものである（図-2参照）。

(1) 使用機器

- ①ワークステーション1台（位置計測用+自動方向制御用+テールクリアランス制御用）
- ②ジャイロコンパス、レベル計、テールクリアランス計等のセンサー類

(2) 演算手順

シールド機内のジャイロコンパス等のセンサーからの情報を中央のワークステーションで受け取りシールド機の位置を自動算出し、その位置情報を基にシールド機を計画線にのせる為の最適なジャッキパターンを演算し、シールド機に出力し自動方向制御を行う。この手順と並行して、テールクリアランス計から随時テールクリアランス値を取り込み、次期組立セグメント先端部分及びシールド機テールエンド部分の2断面、計8箇所のテールクリアランス値を演算する（図-3参照）。

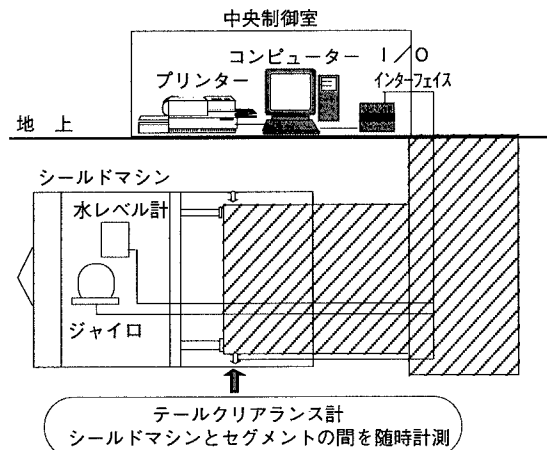


図-2 システム概要図

(3) テールクリアランスの予測方法

演算された8箇所のクリアランス値を横軸がストローク、縦軸がクリアランス値の一次回帰直線により、その増減の傾向を統計解析によりリアルタイムに予測し、設定された管理値を下回る結果であった場合には、自動方向制御モードからテールクリアランス制御モードに切り替わる（図-4参照）。その場合計画線を見直し、テールクリアランスを確保できる方向にマシンを制御する。クリアランスの予測はそのまま継続し、予測クリアランス値が回復した時点で再び自動方向制御モードに切り替わる（図-5参照）。

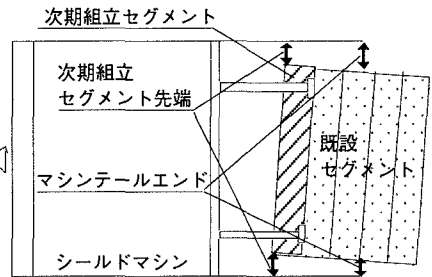


図-3 テールクリアランス演算位置

3. システムの効果、特徴

シールド機自動方向制御システムは、今まで数多くの現場で採用されてきたが、テールクリアランスがきつくなった場合は手動モードに戻してクリアを測定しながら掘進し、せりを回復するのが一般的であり、その際に計画線にすり付ける制御とクリアを確保するための制御との効率的な制御が難しかった。このシステムでは、テールクリアランスを自動計測・演算することによりその傾向が制御に反映されるため従来と比較してシールド機とセグメントにせりが発生し次のセグメントが組みにくくなったり、せりを回復する為に掘進スピードを落とす等の施工上のロスが極力少なくできる。同様の理由により、シールド機とセグメントとのせりが発生したことによる、セグメントへの影響を低減できる。

4. 今後の展開

今後大断面シールド以外にも地下開発の大深度、長大化に伴い、下記の施工事例が増大する傾向にあり、ますます本システムが有効になるものと考えられる。

(1) 急曲線施工

急曲線施工時はシールド機とセグメントとの相対角度が大きくなるために上下左右のテールクリアランス量のバランスが悪くなり易く、密な管理が必要となる。

(2) 急速施工

急速施工によりシールド機長、セグメント長が増加し、なおかつ掘進スピードそのものも速い為、テールクリアランスの計測を頻繁に行い、管理する必要があると考えられる。

(3) 大深度・長距離施工

テールクリアランスを常に一定に保ち掘進することは、テールブラシに過大な力をかけない為、この耐久力を上げることにも寄与する。

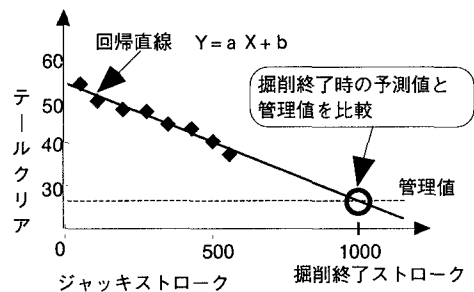


図-4 回帰直線による予測

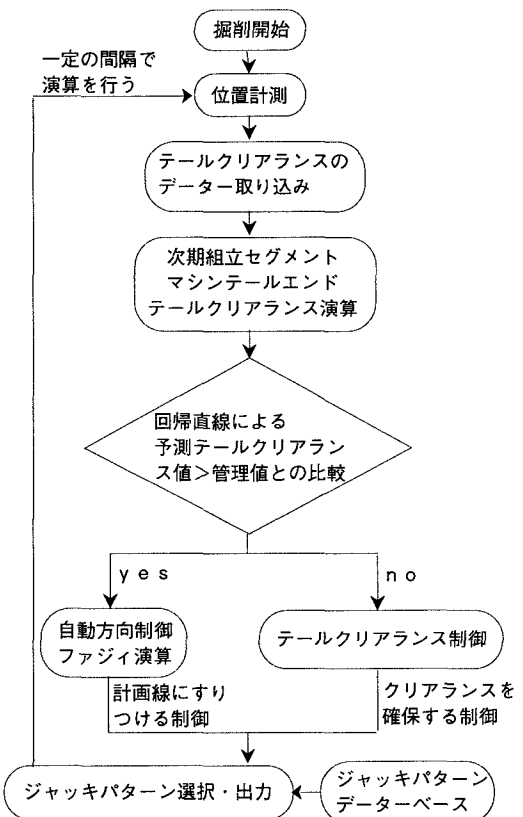


図-5 システムフロー