

## VI-224

## テールクリアランスの連続計測による

## セグメント組立品質を重視した掘進管理

|               |     |        |
|---------------|-----|--------|
| 東京電力 地中線建設所   | 正会員 | 桑原 弘 昌 |
| 同 上           |     | 内藤 幸 弘 |
| 同 上           |     | 藤井 綱 男 |
| 前田建設工業 土木設計本部 | 正会員 | 野田 賢 治 |

## 1. はじめに

近年、コストダウンとしてセグメント軸方向の長尺化が進められている。その反面、特に曲線区間において漏水・クラックといった、セグメント組立品質上の問題が増加する傾向にあり、この品質管理が今後のシールドトンネル工事の課題となっている。品質を低下させる主要因として、セグメントとシールドマシンの「せり」が指摘されている。本稿ではテールクリアランスの連続計測およびジャッキストローク量の情報により、マシンテール後端でのクリアランス量(テールエンドクリアランス)を算出・管理することによって、「せり」の発生を防止し、セグメントの組立品質を向上させる掘進管理手法を検討した。

## 2. テールエンドクリアランス

「せり」に対するテールエンドクリアランス量の管理は、測定位置が土中にあり直接計測が困難であることから、テールクリアランスによる代替管理を行っているのが現状で、明確な「せり」の発生に対する判断はできていない。またこのテールクリアランスの管理頻度についても、セグメント組立直後に手動計測される場合が多い。しかしセグメントとマシンの相対位置関係は掘進中も刻々と変化しているため、「せり」の発生を防止するには掘進中のテールエンドクリアランス量を把握する必要がある。このため、掘進中のセグメントとマシンの相対位置関係を考慮し(図-1)、以下の様にテールクリアランス量( $\delta A$ )・ジャッキストローク差( $\Delta JS$ )によりテールエンドクリアランス( $\delta$ )を算出する式を考案した。

$$\theta_k = \tan^{-1} \Delta JS / DJ \quad (\text{マシンとセグメントの相対角度})$$

$\Delta JS$ : ジャッキストローク差  $DJ$ : シールドジャッキ間距離

$$Li' = Li - DS/2(\tan \theta_{i1} + \tan \theta_{i2})$$

$DS$ : セグメント 外径  $Li$ : セグメント幅

$\theta_{i1}$ : iセグメント前方テーパ角  $\theta_{i2}$ : iセグメント後方テーパ角

$$LAB = Li' \cos(\theta_k + \theta_{i1}) \quad (\text{AB間距離})$$

$$LB' = LB - JS$$

$LB$ : マシンテール 長  $JS$ : ジャッキストローク

(1)  $LB' > LAB$  のとき

(テール内にセグメントが2リング存在)

$$\delta B = \delta A - LAB \cdot \tan(\theta_k + \theta_{i1})$$

$$\delta = \delta B - (LB' - LAB) \tan(\theta_k + \theta_{i1} + \theta_{i2} + \theta_{j1}) \quad (\text{式-1})$$

$\theta_{j1}$ : jセグメントの前方テーパ角

(2)  $LB' < LAB$  のとき(テール内にセグメントが1リング存在)

$$\delta = \delta A - LB' \tan(\theta_k + \theta_{i1}) \quad (\text{式-2})$$

(3) 次回組立セグメント(n)のクリアランス

$$\delta D = \delta A + Ln' \sin(\theta_k + \theta_{n2}) \quad (\text{式-3})$$

$$Ln' = Ln - DS/2(\tan \theta_{n1} + \tan \theta_{n2})$$

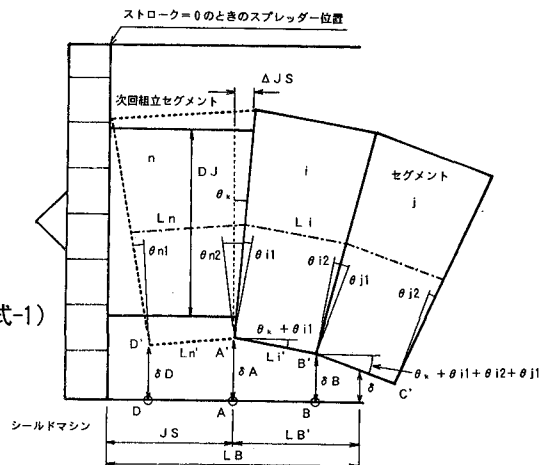


図-1 セグメントとマシンの

相対位置関係

この式に、連続計測したテールクリアランス、およびジャッキストローク長を代入することにより、常にテールエンドクリアランス量を監視することが可能となる。またテールクリアランスの連続計測については、ジャッキ稼動部に支障とならず、故障原因が少ないと思われる画像処理式の計測器を新たに開発・採用することにより可能とした。さらにこれらの計測システムと、マシン線形管理を主体とした自動姿勢制御システムとを融合することにより、セグメントの組立品質を優先した管理システムの構築が可能となる。

### 3. テールエンドクリアランスを用いた掘進管理

「せり」が発生しないような掘進管理とは、テールエンドクリアランス量（ $\delta$ ）が常に $\delta \geq 0$ を確保し、さらに $\delta < 0$ とならない方向にマシンを掘進させる管理を意味する。このような掘進方向の範囲を決定する要素として以下の項目が考えられる。

(I) 式-1, 式-2より得たテールエンドクリアランス量 $\delta$ が、 $\delta \geq 0$ となるような $\theta k_1$ の範囲

(II) 掘進終了時に $\delta \geq 0$ となるような $\theta k_2$ の範囲

(III) 式-3より得た次回組立セグメントのテールクリアランス $\delta D$ が、 $\delta D \geq 0$ となるような $\theta k_3$ の範囲

以上の(I), (II), (III)の共通部分が掘進終了時の目標範囲であり、図-2は(I), (II)の共通範囲であり、縦軸にセグメントとマシンの相対角度、横軸に掘進長をとりこの掘進管理範囲を図式化すると図-3となる。

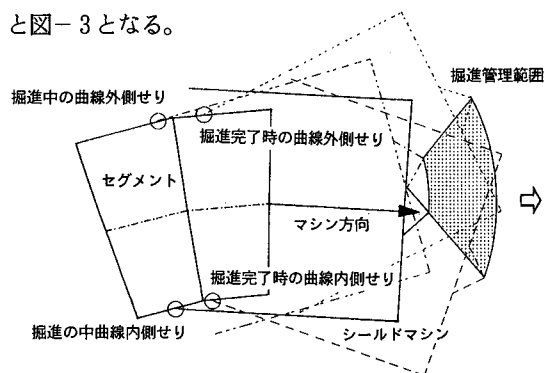


図-2 掘進中および終了時の管理範囲概念図

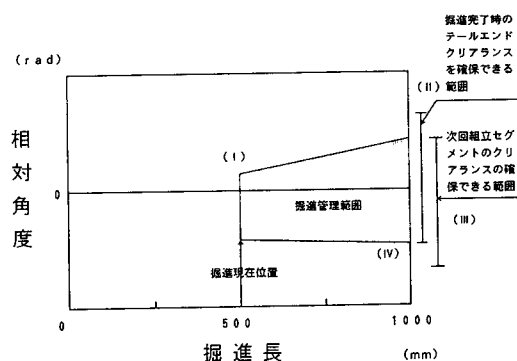


図-3 相対角度からみた掘進管理範囲

次にマシンをこの管理範囲内に掘進させるための、マシン操作上の管理手法を考える。上記の掘進管理範囲に対するシールドマシンの状況として、①シールドマシンの掘進方向が管理範囲内にある。②シールドマシンの掘進方向が、管理範囲外にある。③掘進管理範囲（上記の共通部分）が存在しない。と3つの状態が考えられ、これらに対応する管理手法は、それぞれ以下のとおりとなる。

①自動姿勢制御により、計画線形を基に目標方向を決定（通常時）。

②手動姿勢制御に切替え、テールエンドクリアランスを確保する方向に掘進する（掘進方向が計画線形を一時的に無視）。

③姿勢制御による対応が不可のため、次回組立セグメントの種類・組み方を選択する（計画線形に対して、許容値内で洞道線形を変更）。

以上のテールエンドクリアランス量 $\delta$ による掘進管理範囲の決定・掘進管理手法の導入により、「せり」発生を抑制でき、掘進管理の結果は、テールクリアランス設計の明確化に寄与できるものと考えている。

### 4. おわりに

考案した「せり」抑制管理システムを評価するため、地中送電用シールドトンネル工事にて、この管理手法による掘進を行う予定である。この結果を踏まえた「せり」抑制管理と線形管理の妥当性・管理システム統合・自動化の将来性については別途報告する。

（参考文献） 浦沢義彦・桑原弘昌・内藤幸弘：シールド姿勢制御の迅速化によるセグメント組立品質の向上

トンネル工学研究発表会, 1993.