

VI-102

縦2連シールド機のローリング施工について

鹿島建設㈱ 正会員 松本清治郎 氷澤 幸彦

上田 昭郎 大友 充

川崎重工業㈱

京力 裕文 内田 博茂

1. はじめに

複円形シールド工法は、複数の円形を重ね合わせ、使用目的に合致した任意な断面形状のトンネル構築を可能にするものである。また、トンネル掘進と構築が同時に施工できるため、工期短縮及び工費低減が図れると共に、今後の過密した都市部の地下空間の有効活用を拡大する工法として期待されている。

今回実証実験を行った縦2連シールド工法は、2つのカッターヘッドを上下に配置したシールドで、上記の特徴を有する工法であるが、その施工性については、上下のカッターヘッドの回転から生じる不釣り合い力や、縦型として掘進する場合においてマシンの重心位置が従来の単円型に比べて高く、掘進中の姿勢制御が複雑となる。以上の背景のもと、前胴部が上下に独立した中折れ機構を有する縦2連シールドマシンにて、実地盤での掘進実験を行い、掘進時の反力及びローリング角度変化特性等についての理論的評価を試みた。

本報文では、実験結果および、実工事での一次管理項目となる中折れ角度およびジャッキパターンによる、姿勢変化について言及することとし、理論的評価式の提案については、後続の報告文¹⁾によることとした。

2. 実験概要

今回使用した縦2連シールド実験機は、図-1に示すように泥水式で、外径 ϕ 1,341mm、高さ2,361mmの大きさであり、カッターヘッドの回転数および回転方向は上下個別に0~4.8rpmまで可変可能である。また、前胴部は、中折れ機構を介して一体構造の後胴部と繋がっており、その上下は独立して左右に0~2.5degまで中折れするようピン接合している。また、推進力および中折れ用のジャッキは、それぞれ、上下4本(30t/本)づつの配置とした。

実証実験は、姿勢維持を中心とした前回の実験結果²⁾を踏まえ、今回はローリングを積極的かつ計画的に発生させ、その発生量を管理する、姿勢制御を中心とした実験を実施した。掘進の計画線形は、図-2に示すように、延長約48mの直線施工で、リング当たり(幅50cm)、1degのローリング区間3箇所と姿勢維持区間3箇所による全90リングとした。また、掘進条件は、シールド機の外径程度にあたる土被り約2.6m(水位GL-1.7)の軟弱な粘性土地盤(N値1~2程度)の地山掘進であり、姿勢変化時のメカニズム把握を目的に随所に計器を配置した。

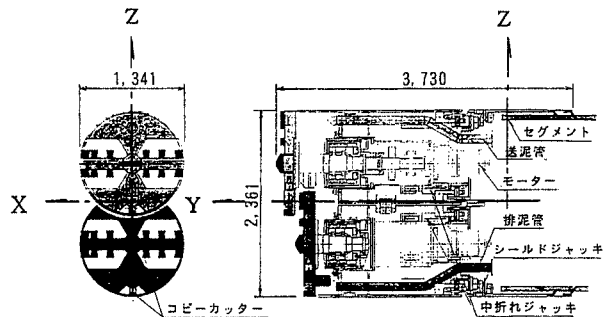


図-1 縦2連シールドマシンおよび座標軸

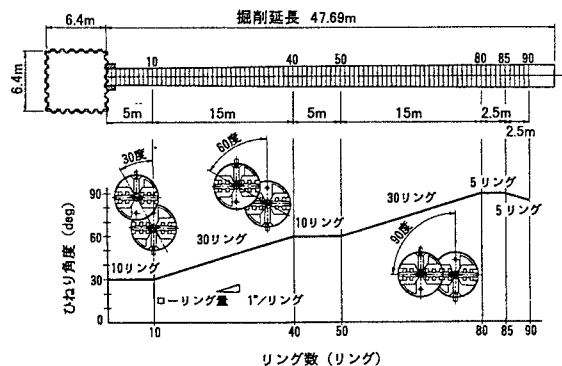


図-2 実証実験・掘進計画図

key word) シールドトンネル、複円形シールド、中折れ機構、掘進制御、ローリング

連絡先) 〒107 東京都港区元赤坂 1-2-7 tel03-5474-9118 fax03-5474-9159

3. 実験結果および考察

掘進によるマシンの姿勢変化(ローリング、ヨーイング、ピッチング)と中折れ角の変化を図-3に示す。これによると、中折れ角度の制御（前胴上下部を正負反対方向に中折れさせる）により、ジャッキパターンなどの掘進条件と併せてヨーイング、ピッチングを抑制しつつ、ほぼ計画通りのローリング量を確保できることがわかる。なお、掘進途中のリング No 50～60 の中折れ角は、おもにピッチング修正のための操作であった。

また、図-4 に、ローリング変化角度 $R(n)-R(n-1)$ と中折れ角度差 $\theta_{上}(n)-\theta_{下}(n)$ の関係を示す。図中のプロットは、3つのローリング区間であるリング No10～40、50～80、85～90 のものであるが、それぞれ、両者の相関性が確認され、中折れ角度差によるローリング制御が有効であると判断できる。

次に、掘進初期の段階(ローリング角度 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$)でのヨーイング変化量 $Y(n)-Y(n-1)$ と平均中折れ角度 $(\theta_{上}(n)+\theta_{下}(n))/2$ の関係を図-5に示す。上記の関係は、ローリングの進行による作用成分の変化や、ジャッキパターンによる回転モーメントなどにより、一概には言えないが、相関傾向が伺える。また掘進が後半となるとヨーイングについての相関は稀薄となり、むしろ、平均中折れ角度との関係は、ピッチング変化量にその傾向が表れた。

前述のジャッキパターンによる回転モーメントを定量化し、姿勢変化への影響度を表現しようと試みたが、正負方向の関連はあるものの、良好な相関関係は見られなかった。これらは、ジャッキの配置数量やマシンの重量配分、地盤反力などの実験条件に起因していると考えられ、中折れ機構による姿勢制御と合わせて今後の課題と言える。

4. まとめ

縦2連シールド機に採用した中折れ機構を用いることによって、縦2連から横2連へと、計画的なローリング施工が可能であることを確認した。今後は、姿勢変化評価方法の構築と共に、実工事対応レベルでの高精度な掘進管理技術およびマシン装備を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 五十嵐寛昌、笹倉剛、吉村宗男、野口隆、内山進：縦2連シールド機のローリング特性に関する考察 第52回土木学会年次学術講演会講演概要集、第VI部門、1997.9（投稿中）
- 2) 笹倉剛、五十嵐寛昌、藤崎勝利、吉村宗男：縦2連シールドの掘進制御に関する研究 トンネル工学研究論文・報告集、Vol6, pp55-62, 1996.11

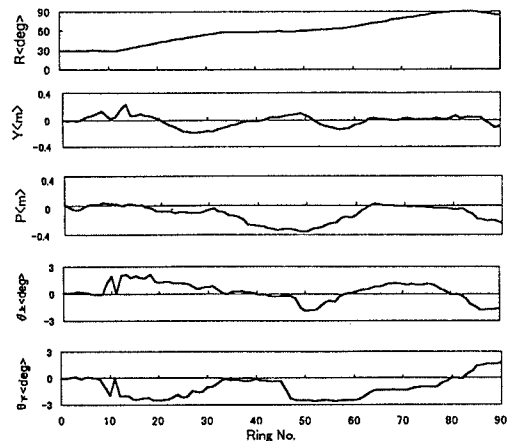


図-3 掘進結果

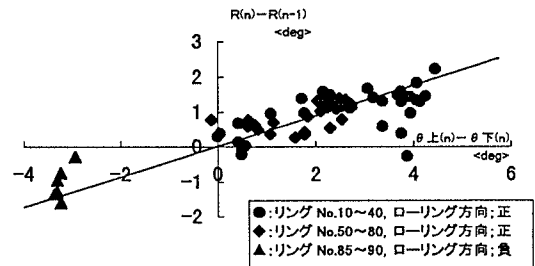


図-4 ローリング変化角と中折れ角度差

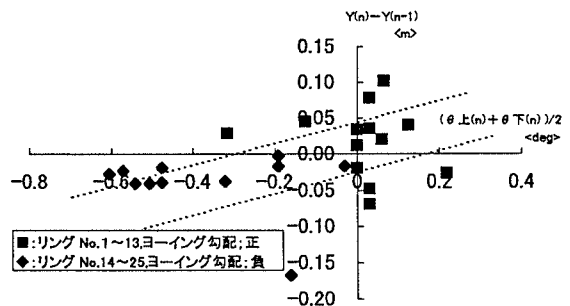


図-5 ヨーイング変化量と平均中折れ角度