

VI-169

縦2連シールドの姿勢変化特性に関する研究（その1）

－実証実験における掘削特性と曲線施工について－

鹿島建設(株) ○正会員 上木泰裕 正会員 吉村宗男

正会員 中川雅由 橋本朝康

川崎重工業(株) 正会員 野口 隆 京力裕文

1. はじめに

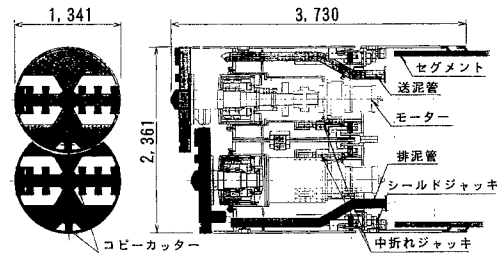
複円形シールド工法は、複数のカッターヘッドを上下、左右、2連及び3連などに組み合わせることにより、使用目的に合った経済的かつ任意な断面形状のトンネル建設が可能であり、過密化した都市部における地下空間の有効活用の可能性を拡大する工法である。

今回実証実験を行った縦2連シールド（Ver-D：Vertical Double）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、2つの円を重ね合わせた上下2本のトンネルを同時に施工できる工法である。この工法で使用する縦2連シールドは、縦に長いため重心位置が高く、上下のカッターヘッドの回転で生じる不釣り合い力により、姿勢制御が非常に複雑になる。このため、実験機の上下カッターヘッドは回転数を個別に変えることができるよう前後に配置し、姿勢をアクティブにコントロールするための中折機構（前胴の上下が独立して左右に中折れする）を装備した。そこで、シールドの掘削特性及び姿勢変化特性の把握を目的に、実地盤での実証実験を行った。ここでは、カッター回転数の変化により行う姿勢制御のための切削抵抗と中折機構を使用した曲線施工での姿勢制御について報告する。

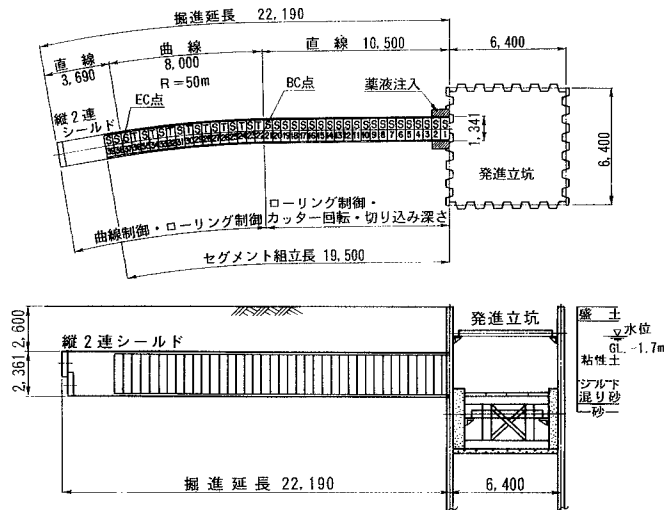
2. 実験概要

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φ1,341mm、高さ2,361mmの大きさであり、上下カッターヘッドの回転数を個別に0～4.8rpmまで可変するようにした。また、前胴部は中折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。

実証実験は、図－2に示す深度3～5m付近の、一軸圧縮強さ0.06N/mm²、N値2～3程度の粘性土地盤をシールド実験機で約22m掘進し、シールドに作用する切削反力と姿勢変化を計測した。すなわち、実地盤を掘進する際、カッターヘッドに作用する力を上下それぞれの軸にセットしたロードセルによりスラスト力及びラジアル力を、油圧によりカッタートルクを計測するとともに、基本カッター回転パターン及びジャッキパターンを選択し、中折機構を使用して掘進した際の回転方向（ローリング）に対する姿勢変化を計測したものである。また、曲線施工での施工性を確認するため、R=50mの線形において掘進し、姿勢変化を確認するとともに強制的にローリングさせて、中折機構を作動させ姿勢を修正した。



図－1 縦2連シールド（単位mm）



図－2 実証実験平面・縦断面（単位mm）

3. 実地盤掘削実験結果及び考察

上カッターヘッドのトルク及びブラスト力の測定結果を切削条件ごとに平均したものと比較のため模擬地盤（CBモルタル）掘削実験^{1) 2)}の測定結果を図-3に示す。これによると、切り込み深さ t_1 （掘進速度/カッター回転数）を大きくすると模擬地盤での実験結果と同様、トルク及びブラスト力ともに増加することがわかる。実地盤のデータが模擬地盤の 0.1N/mm^2 と同じような値を示したのは、地盤強度が同程度であるためと考えられる。

また、曲線施工（ $R=50$ ）におけるシールド後胴部の方位変化は、図-4に示すとおりであり、単円シールドと同様中折角度（ 1.3deg ）をつけることにより容易に施工できることが確認された。一方、曲線施工でのローリングに関する姿勢制御は、表-1に示す条件で強制的にローリングを起こさせ、中折機構を使用してローリングを修正した結果を図-5に示す。これによれば、直線での実験結果に比べローリング角度変化は小さいものの、曲線施工時においても曲線施工に必要な中折角度以上の中折機構を装備していれば十分姿勢制御できることが確認された。曲線施工時が直線施工時に比べ、ローリング角度変化が小さいのは曲線施工のために 1.3deg の中折角度を使用しているため、残り 1.2deg の自由度でローリングを修正したためである。33リングにおけるローリング角度変化は、1リング（ 500mm ）掘進中に一気に中折角度を変化させたため中折れさせた方向のスキンプレートに地盤反力を受けたためと考えられる。

4. まとめ

実地盤掘削時のシールドのカッターヘッドに生じる切削抵抗は、切り込み深さと相関性があり模擬地盤実験の結果と一致していることが認められた。また、曲線施工においても中折機構によりシールドの姿勢を制御できることが確認された。今後は、さらにスキンプレートに作用する土圧分布を含め解析を行い、シールドの姿勢変化特性について検討していく予定である。

<参考文献>

- 1) 上木泰裕、吉村宗男他：「縦2連シールドの実用化（その1）」第31回地盤工学研究発表会、1996.7
- 2) 五十嵐寛昌、氷澤幸彦他：「縦2連シールドの実用化（その2）」第31回地盤工学研究発表会、1996.7
- 3) 藤崎勝利、五十嵐寛昌他：「縦2連シールドの姿勢変化特性に関する研究（その2）」土木学会第51回年次学術講演会、1996.9

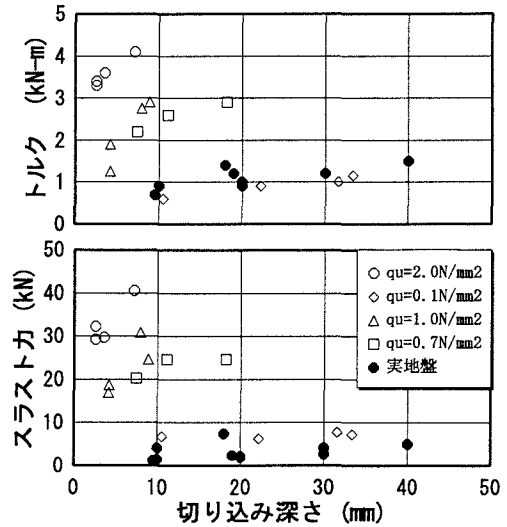
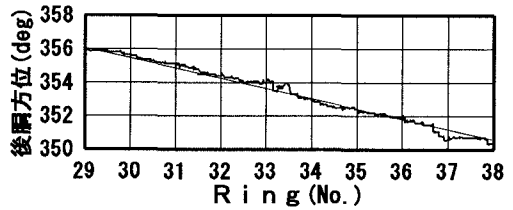


図-3 測定結果（上カッターヘッド）



*直線時の掘進方向を0degとし右回りを+とした。

図-4 シールド後胴方位

表-1 掘進条件一覧

Ring-No.	29	30	31	32	33	34	35	36	37
掘進速度 (mm/min)	30	30	40	40	40	40	40	40	40→20
カッター 回転数 (rpm)	上部 左 1.1	左 1.1	左 1.1	左 1.1	右 1.1	右 1.1	右 1.1	右 1.1	右 1.1
	下部 左 1.1	左 1.1	左 1.1	左 1.1	右 1.1	右 1.1	右 1.1	右 1.1	右 1.1

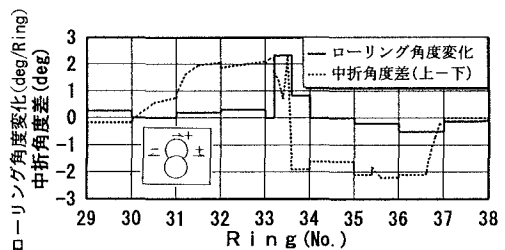


図-5 中折角度差とローリング角度変化