

VI-225 3連MFシールド姿勢変化特性に関する研究（その2）

-要素実験による姿勢変化特性について-

大阪市交通局		正会員	高崎 肇
大阪市交通局		正会員	植林俊光
日立造船(株)	技術研究所	正会員	清水賀之
日立造船(株)	技術研究所	正会員	○佐々木加津也
日立造船(株)	建機設計部		田中雄次

1. はじめに

大阪市地下鉄7号線大阪ビジネスパーク(OBP)駅工事に適用した3連MFシールド工法は、地下鉄駅部を1度に掘削できる効率的な工法である。この工法に使用した3連MFシールド掘進機は、掘進方向に機械が幾何学的に対称であるため、2連MFシールド掘進機とくらべて姿勢変化はしにくいものの、水平面内（ヨーイング方向）および鉛直面内（ピッチング方向）の角度変化は、地山から受ける抵抗が違うためにその特性はそれぞれ異なってくる。また面盤の回転パターンにより機械に作用する全掘削トルクや掘削反力の大きさならびにその方向を大きく変えることができるという特色をいかして、適切な回転パターンの選択と、必要に応じた余掘りやそり装置などの使用によりローリング角が修正される。しかしながら、機械の姿勢を制御する力となる掘削反力や掘削トルクなどの掘削特性は、3面盤が前後に重なり合って地山を掘削するという機械の構造上、先行、後行各面盤でそれぞれ異なってくると考えられる。また、余掘りやそり装置を使用した場合のローリング角変化特性について、その効果を確認しておく必要がある。そこで、実機の施工前に機械の掘削特性と姿勢変化特性を把握し、姿勢制御手法を含めた運転指針を策定する目的で、実機の1/25の模型を作成し実験を行った。本報では、このうち姿勢変化特性についての実験結果と、実験結果をもとにした実機運動シミュレーションについて報告する。

2. 実験装置および実験方法

図-1に実験装置の概略を示す。実験装置および作成した地山は、その1で報告したものと同一のものである。実験装置は、実機の1/25の模型と押管部、移動架台、土砂タンクなどで構成され、模型は土中を約900mm掘進することができる。模型と押管部は10mmのクリアランスがあり、また面盤の回転軸をユニバーサルジョイントとボールスプラインで連結することにより、押管部に対し模型の位置と角度が変化する構造とした。さらに模型と押管部を4本のスラストシリンダで連結し、各シリンダの油圧をそれぞれ設定することにより、実機のジャッキモーメントに相当する旋回モーメントを発生させることができる。また、本装置では模型本体に掘削トルクによるモーメントが作用しにくい構造であるため、ローリングシリンダを設けて任意のローリングモーメントを模型に作用させることができるようにした。さらにまた、余掘りビット（最大3mm）や固定そりを取り付けられる構造とした。

実験は、模型を1ないし2cm/minで掘進させながら一定の旋回モーメントを与え、そのとき模型に作用する外力と模型の姿勢を計測した。

3. 実験結果およびその考察

図-2は、強制姿勢変化実験の一例

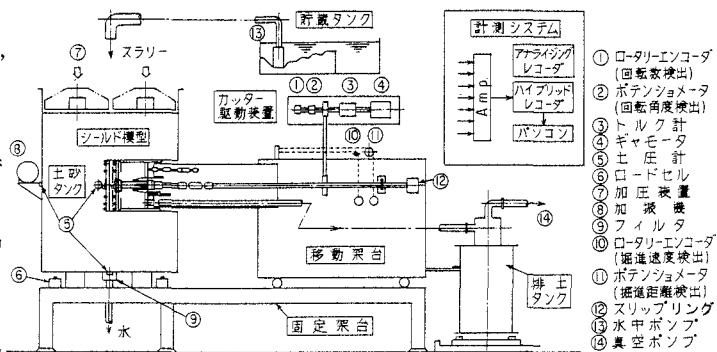


図-1 実験装置 (1/25)

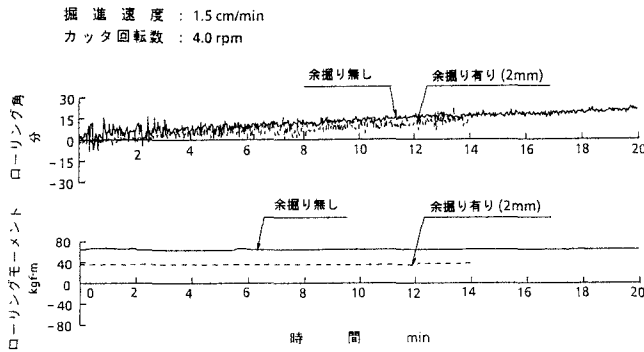


図-2 ローリング角変化特性実験結果

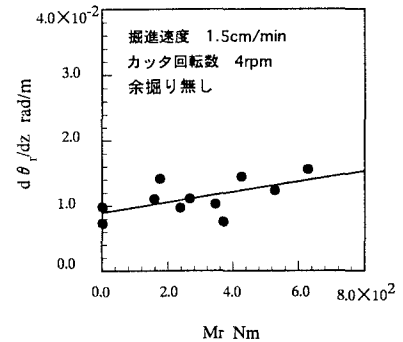


図-3 ローリングモーメントと単位掘進距離あたりの角度の変化の関係

として、ローリングシリンダによりローリングモーメントを与えたときの模型の角度変化を示したものである。一定のローリングモーメントを与えた場合に、ローリング角は一定の割合で変化していくことがわかる。また、余掘りした場合には余掘りしない場合とくらべ、小さいモーメントで角度変化していく。

図-3は、ローリングモーメントと単位掘進距離あたりの角度変化の関係を示したものである。図中の実線は、実験データを直線で最小二乗近似したものである。ローリング角変化特性は、ヨーイングおよびピッチング方向の運動モデルと同じモデルであらわすことができる¹⁾。

図-4は、模型実験結果から得られた掘削および姿勢変化特性をもとにして、実機を姿勢制御した場合の機械の運動をシミュレーションしたものである。ヨーイング方向とピッチング方向を比べると、地山から受ける抵抗が違うため運動モデルの係数が異なり、ヨーイング方向の方が小さい旋回モーメントで制御することができる。また、回転パターンのみでローリング角を制御する場合、地山からの抵抗モーメントが大きいため、適切な回転パターンを選択してもローリング角は十分に制御されていない。この場合、余掘りにより地山の抵抗モーメントを小さくすることにより、回転パターンの効果を増すことができると考える。

4. まとめ

3連MFシールド掘進機の掘削特性と姿勢変化特性を把握する目的で模型実験を行った。さらに、模型実験結果をもとに実機の土中での運動を推定し、姿勢制御シミュレーションを行うことにより、機械の位置と姿勢の修正手法を含めた運転制御手法の検討を行った。その結果、とくにローリング角に関しては、その制御手法の一つとして、機械の特色をいかした3面盤の回転パターンと余掘りを併用することが効果的であることがわかった。今後、実機データを解析し実験結果と比較検討することにより、3連MFシールド掘進機の運動特性と運転制御さらには自動制御手法などについて検討を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 清水・鈴木：単円形シールド掘進機の運動特性に関する研究(模型実験および制御系の設計)，機械学会論文集C 1編，Vol.58 No.550，PP.155～ 1992。