

3連MFシールド姿勢変化特性に関する研究(その1) —要素実験における掘削特性について—

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	佐々木加津也
日立造船(株) 建機設計部		西田昭二

1. はじめに

3連MFシールド工法は地下鉄駅部を一度に掘削できる効率的な工法である。この度、世界で初めてこの工法を大阪市地下鉄7号線大阪ビジネスパーク(OBP)駅工事で適用した。この工法に使用した3連MFシールド掘進機は、3枚の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、後行面盤に掘削不要部分が存在する。また、先行面盤の掘削が後行面盤掘削部分に影響を及ぼすものと考えられる。このため、後行面盤に掘削による鉛直方向の力が発生したり、先行面盤にくらべ後行面盤の掘削トルクの負担率が小さくなっていく。これらの掘削特性は掘進中の機械の姿勢変化特性に影響を及ぼす。そこで、実機の施工前にこれら機械の姿勢を変化させる力となりうる掘削反力、掘削トルクなどの特性を把握し、その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。本報ではこの実験のうち、3連MFシールド掘進機の掘削特性について報告する。

2. 実験装置および実験方法

写真-1は実験中の様子を示したものである。実験装置は実機の1/25の模型とセグメントに相当する押管部、これらと面盤駆動装置を載せた移動架台および土砂タンクなどで構成されている。模型は移動架台ごと油圧回路で速度を制御されながら、土砂タンク内を約900mm掘進することが可能である。模型内部には、模型に作用する外力および模型の姿勢変化量を計測するための各種センサーが取り付けられている。各面盤の駆動軸にはひずみゲージが貼り付けられており水平、鉛直方向の掘削反力を計測することができる。

図1は実験装置の模型部を示したものである。模型と押管部は10mmのクリアランスを持った状態で4本のシリンダにより連結されており、模型は押管部に対し自由に位置と角度が変化できるものとした。4本のシリンダは油圧回路によりそれぞれの圧力を任意に設定でき、推進力を確保するだけでなく、実機のシールドジャッキによる旋回モーメントに相当するモーメントを与えることができる。さらにローリングシリンダを取り付け、任意のローリング力を与えたときのローリング角変化特性を検討することが可能である。

実験地山はN値10ないし20で、含水比は約0.15であった。平均粒径 $130\mu\text{m}$ のけい砂をスラリー状にして土砂タンクに投入し、加圧、加振、脱水を行い、そ

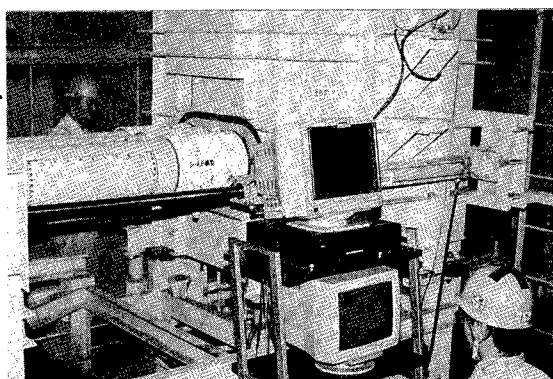


写真-1 実験中の様子

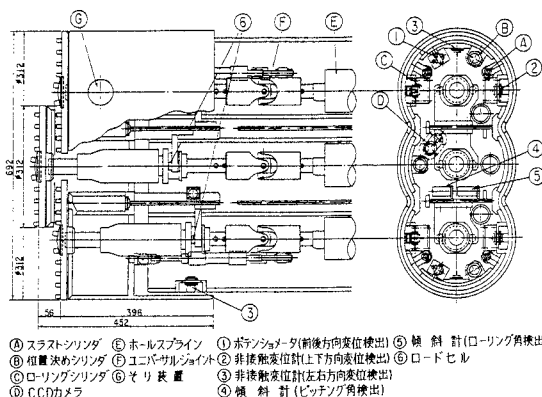


図-1 実験装置の模型部

の時間を調整することにより所要の地山を作成した。

実験は掘進速度を1ないし2 cm/minとし、面盤の回転数および回転パターンを変化させて行った。掘削反力については、得られた時系列データを面盤の回転角度における力に変換した。そして掘削反力、掘削トルクは式(1)で定義される切込み深さ t で整理した。

$$t = \frac{V}{N_R b} \quad (1)$$

ここに V は掘進速度、 N_R は面盤回転数、 b はビット段数（本実験の場合1.87）である。

3. 実験結果および考察

図-2は切込み深さと掘削トルクの関係を示したものである。掘削トルクは先行面盤、後行面盤ともに切込み深さに比例して増加しているのがわかる。また、先行面盤と比べ後行面盤の掘削トルク負担率は、断面一次モーメント比より小さくなる。

図-3は後行面盤における鉛直方向の掘削反力を面盤の角度変化ごとに示したものである。このデータは掘進方向に対して右面盤を時計回りに回転させたときのものであり、掘削不要部分の影響により上向きに力が働いているのがわかる。

図-4は後行面盤における切込み深さと鉛直方向の掘削反力の平均値の関係を示したものである。図中の実線はデータを直線で最小二乗近似したものである。掘削反力についても掘削トルクと同様に切込み深さに比例して増加しているのがわかる。

4. まとめ

本研究では3連MFシールド掘進機の姿勢変化要因となる3面盤の掘削特性について検討を行った。本実験では、掘削トルクならびに掘削反力の大きさは切込み深さに比例することが確認できた。すなわち、面盤の回転パターン、回転数および掘進速度などの運転条件を変化させることにより掘削トルクや掘削反力の大きさを変えることができ、機械の姿勢、特にローリング角を修正する力をコントロールできることがわかった。今後、実機データの解析を行い模型実験結果を検証していきたいと考えている。

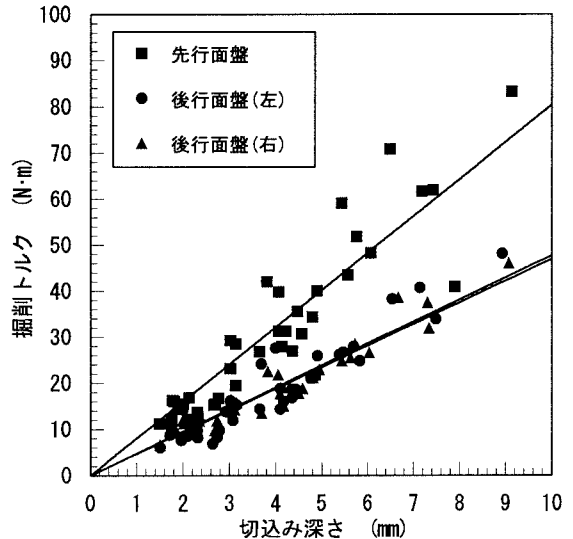


図-2 切込み深さと掘削トルクの関係

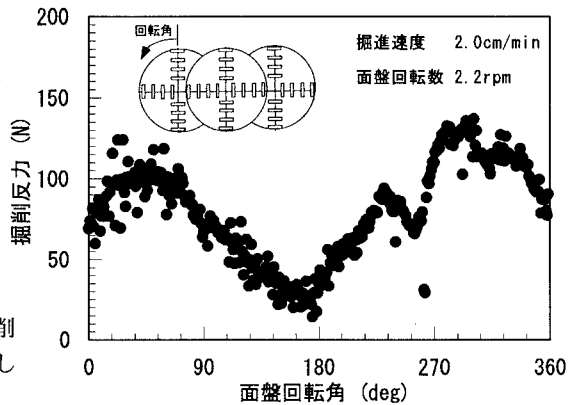


図-3 後行面盤の鉛直方向掘削反力

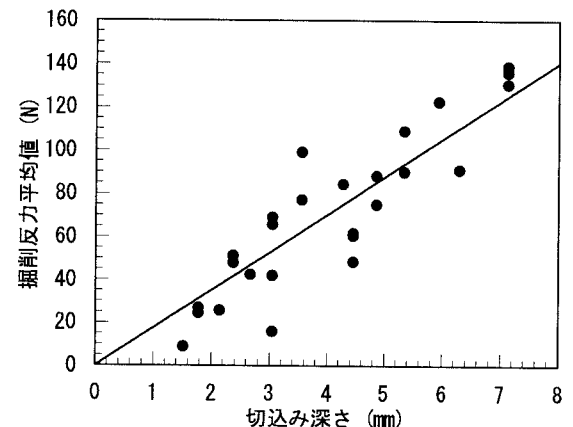


図-4 切込み深さと鉛直方向掘削反力の関係