

III-661

デジタル式油圧制御による中折式シールドの自動運転システム

日立造船(株) 技術研究所 正会員 佐々木 加津也

日立造船(株) 技術研究所 野村 和夫

日立造船(株) 技術研究所 正会員 清水 賀之

1. はじめに

地下空間利用の高度化にともない、都市部トンネルの建設を効率的に行い、施工精度を向上させるために、シールド工法の自動化に関する技術開発がさかに行われている。シールド掘進機の位置と角度を制御しながら機械を自動運転させる位置・姿勢制御システムは、この自動化技術のうちのひとつである。

従来から、シールドジャッキにより機械に旋回モーメントを与え、その位置および角度を制御するシステムは、直線あるいは緩曲線のトンネルを建設する場合に用いられ、すでに数多く実施工で使用されている。その場合には、機械の位置と角度(または角度のみ)をリアルタイムで検出し、機械の後部に取り付けられたシールドジャッキで旋回モーメントを与え機械をコントロールしていく。

一方、曲線トンネルを建設する場合には中折式シールド掘進機が使用される。この中折式シールド掘進機で曲線のトンネルを建設する場合、旋回する曲線の内側を余掘りし中折角をつけることにより機械の形状をそり状にし、さらにシールドジャッキにより旋回モーメントを与えながら旋回していく。建設省総合技術開発プロジェクト「地下空間の利用技術の開発」の中の「急曲線、急勾配シールドの設計・施工技術に関する研究」では、模型実験と実機データを解析することにより、中折式シールド掘進機の中折角、余掘量、ジャッキモーメントおよび地山の硬さなどがどのように機械の旋回性能に影響を及ぼすのかの検討を行い、機械の土中での運動メカニズムについての考察が行われた⁽¹⁾。

本研究はこの研究を発展させ、中折式シールド掘進機の自動運転システムを考案し、そのシステムの妥当性を検討するために行ったものである。ここでは、その制御システムと、制御対象となる機械の土中での運動とくに掘進中に中折角を変化させた場合の機械の運動について検討した模型実験の内容について述べる。

2. 制御システム

制御システムの基本構成を図1に示す。このシステムは、シールドジャッキによる旋回モーメントならびに中折ジャッキによる旋回モーメントを同時に与え、機械の計画線からの位置、角度および中折角をコントロールするものである。中折ジャッキに任意の旋回

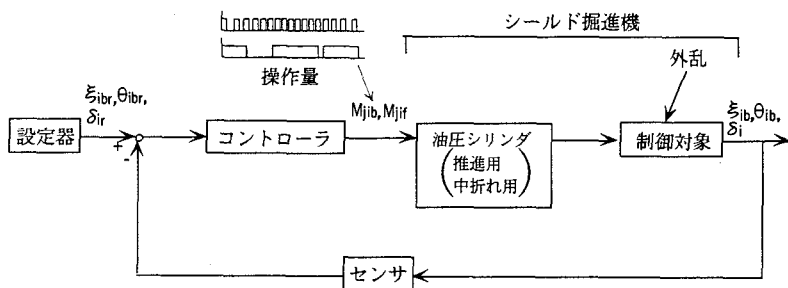


図1 制御システムの基本構成

モーメントを与えるには、PWM(Pulse Width Modulation)あるいはPFM(Pulse Frequency Modulation)手法を用いる。掘進距離数10cmごとのコントローラからの指令値に相当する旋回モーメントを間欠的に出力する。この手法ではON-OFF型の弁を用いるため効率的であり、またゴミに強いいためシールドの制御に適している。

3. 実験装置および実験方法

実験装置(模型の構造)を図2に示す。実験装置は、中折式シールドの模型とその後ろの曲率半径1.6mの支持管部および移動架台、土砂タンク、油圧ユニット、実験装置制御盤などで構成されている。模型は、移動架台ごと油圧回路でその速度を調整されながら土中を約1.4m掘進できる。

模型は、前胴部および後胴部とその角度すなわち中折角を変化させるミニチュアシリンダ（中折シリンダ）と、後胴部と曲管の支持管部を連結する4本のミニチュアシリンダ（スラストシリンダ）およびセンサ、機器類で構成される。4本のスラストシリンダの圧力を任意に設定することにより、実際の機械のジャッキモーメントに相当する回転モーメントを作用させることができる。また電磁弁をON-OFF

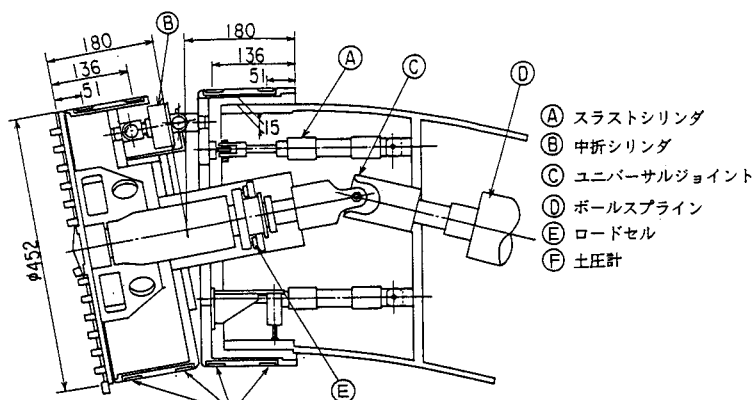


図2 模型の構造

させることにより、中折シリンダに間欠的に回転モーメントを与え中折角を変化させることができる。

本研究が、土中での中折式シールド掘進機の運動を検討するのが目的であるので、実験では掘進中にスラストシリンダによる回転モーメントを与え、また同時に中折ジャッキにより間欠的に回転モーメントを発生させた。このとき模型に作用する力と後胴部の位置、角度および中折角の変化を計測した。地山は、ふるい下50%粒径 $130\mu\text{m}$ のけい砂を用いた。水とともにスラリー状に土砂タンクに投入し、所要の時間脱水することにより、含水比約10%、N値零の軟弱な地山を作成した。

4. 実験結果およびその考察

図3は、スラストシリンダにより一定の回転モーメントを与えながら、中折シリンダを間欠的に操作しながら掘進した場合の実験結果を示したものである。

中折シリンダを間欠的に操作すると、中折角が徐々に変化していき、またヨーイング角が逆方向に変化していく。さらにまた中折シリンダ内の作動油の圧力は、操作弁がONのとき一旦上がり、そのあとOFFにして掘進すると徐々に低下する。これは中折シリンダにより回転モーメントを与えよときの、模型の角度変化と模型外周部の地盤反力の抵抗によるものと考えられる。実際の制御システムでは、中折ジャッキの圧力をフィードバックしながら、回転モーメントをPWMあるいはPFMにより制御する必要がある。

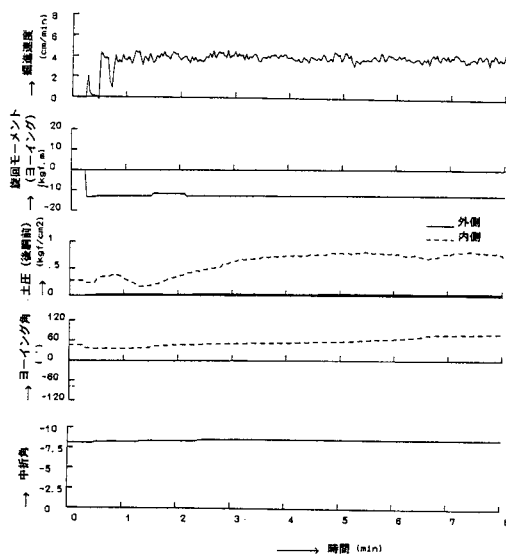


図3 実験結果

5. まとめ

本研究では中折式シールド掘進機の自動運転システムを考案し、さらにその妥当性の検討を行った。まず基礎実験として模型実験を行い、土中で中折角を変化させた場合の機械の運動について検討した。今後、実際のシステムに対応したシミュレーションを行い、制御システムの妥当性を確認していく予定である。

参考文献

(1) 急曲線、急勾配シールドの設計・施工技術に関する研究、平成3年度共同研究報告書、(1992)、246、建設省土木研究所、(財)先端建設技術センター