

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 ○正員 奈良慎一
正員 杉本禎男

1. まえがき

現在当研究所では通信ケーブル用管路を40条収容するための内径1.2 mの小口径トンネル工法を開発している。本工法は掘削、レジソルトによるライニング築造、運搬車による材料、土砂の搬出入の自動化を目的としている。「第36回年次学術講演」で報告した70m掘削実験で得た基礎検討結果をもとに開発した伝送装置を用いて集中制御システムを試作し、実環境下で運用し機能試験を実施したので報告する。

2. 基本方針の検討

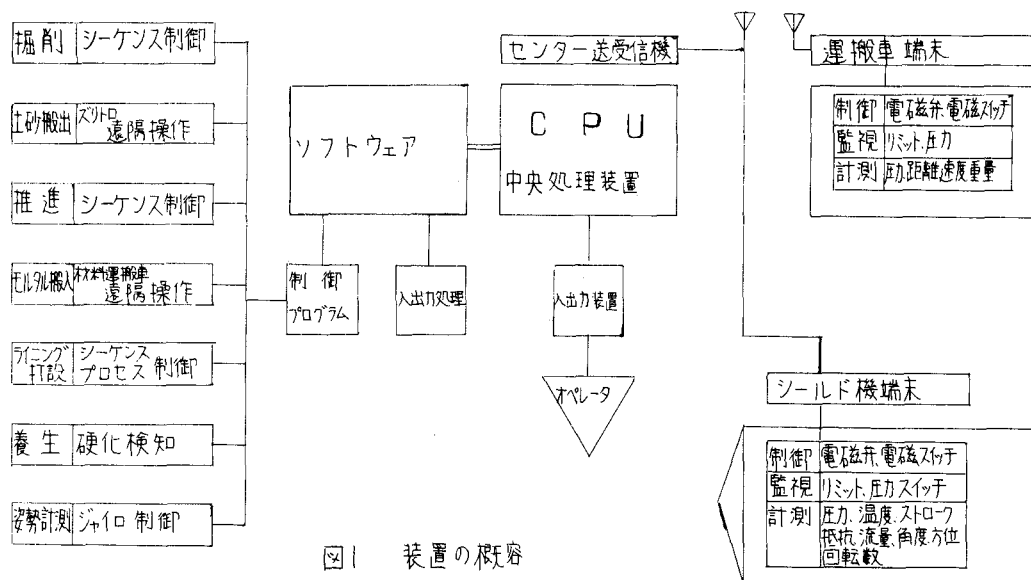
電子計算機がシーケンス制御、プロセス制御に使われたのは1970年代からであるがいずれも工場内の機器の動作制御に適用が限られていた。建設土木機械への適用のためには従来からの集中制御装置の枠を越えた機能が要求される。小断面シールド工法(M-2)集中制御装置はシーケンス制御機能のみならず、工法を全体からみたシステムとしてとらえる必要がある。そのために機器の遠隔操作技術を基礎に多数のデータ計測、監視、制御の複合化した技術の開発を行なう。

自動化システムの具備すべき条件を示すと以下になる。

- (1) シールド機内への制御端末の奥装には、小形化と耐環境性が求められる。
- (2) 高度の信頼性を持たせるために、異常検知機能を付加する。
- (3) 小口径トンネル内での保守性を考慮し、接続用の切り分け機能の充実、センサ出力レベルの統一を行なう。
- (4) 狭い環境である事を考慮し、横坑内無人作業の方向をめざす。
- (5) シールド機の最大掘進長が500 mであるので、500 m先のシールド機の状態を誤りなく伝送し同時に必要な指令をシールド機に与える事ができる。

3. 装置の設計

装置の機能の概要とソフトウェア体系を図1に示す。



小断面シールド工法では、機坑内無人施工を可能とするための制御の基本要素である遠隔監視と遠隔制御の機能を持つ。

伝送区間	伝送媒体	伝送ビット	計測点数	監視点数	制御点数	応答時間
操作室～シールド機	同軸ケーブル	4800 _{b/s} , 2400 _{b/s} , FSK	アナログ 48点	96点	96点	120ms
操作室～運搬車	LCX, 又は無線	1200 _{b/s} , FM	アナログ 16点	16点	32点	1000ms

これらの伝送技術により図1に示した掘削～姿勢計測までの工程をオペレータはCPUに命令を与える事により自動で実行する。監視計測データはCPUにとり込まれ動作判断のデータとなる。データは必要に応じて、CRTに又はプリンタに出力される。

CPUの動作は、シーケンス制御では掘削、推進の工程を行っている。これらのシーケンス制御では、アナログセンサで、土圧、水圧、ジャッキ推力、カッタ回転数、ジャッキストローク等の物理量を計測し、一方ではリミットスイッチによる動作の確認を行いながら、CPUが指令を下している。CPUからの指令は伝送装置を通して端末の油圧機器を作動させる。指令は油圧機器の特性を考慮し動作協調が行なわれるようにしてある。

プロセス制御ではライニング地下打設においてレジンコンクリートの配合比制御を行っている。プロセス制御は目標値をオペレータが指示し、目標値に近づくように配合比がフィードバック制御される。ライニングモルタル充填では、充填検知センサを新規開発して自動充填を可能にしている。

これら各工程はソフトウェアの集合体としてオペレーティングシステムで管理されている。プログラム構造はテーブル形式を採用し、マニュアル操作での掘削等で得た技術を導入するのに容易な構造となっている。

姿勢計測ではジャイロスコアによって方位を計測し、使用するシールドジャッキの選択へとフィードバックされている。

4. 機能評価

(1) シーケンス制御

以上の実験装置を用いて100mの奥地盤掘削を行った。シーケンス制御は予めプログラミングされた順序で、機器を作動させるが、応答時間については、0.12 sec でありコピーカッタなどのタイミングを要求される油圧機器に対して良好な応答を得た。動作実行時間を決定するタイムステップは個別に設定する機能を設け、脱形推進時のジャッキ電磁弁の切替時には時間差をつける事により電源の負荷変動を防止するのに有効であった。この事により制御端末の動作安定化を行った。

(2) プロセス制御

ライニング地下打設でのプロセス制御結果を図2に示す。ライニング地下打設ではレジンモルタルと一諸に混合し打設する。レジンモルタルの流量変動に対し硬化液の吐出量が追従してPHR(硬化液のモルタル重量比)が目標値に保たれている。これらのアナログ値の伝送には12bitのA/D変換器を用いて必要な精度を確保している。充填検知センサは良好に動作してライニング天井厚は要求する厚さを確保できた。

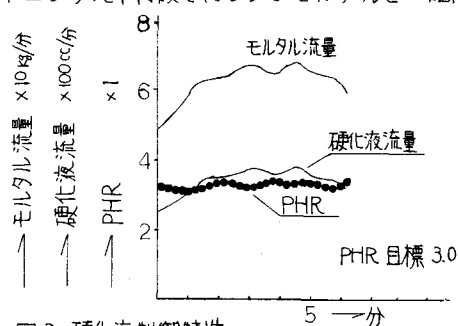


図2 硬化液制御特性

5. 今後の展望

小断面シールドシステムにコンピュータを適用したのは初の試みである。本集中制御装置は実験用システムの性格からデバッグの容易なものにするためミニコン一台の集中制御システムとしている。今後はシステム全体の信頼性をあげるために機能分散を図り、ローカルな制御方法を確立していく。