

NTT 茨城電気通信研究所 正員○中野勇介

" " 正員 杉本禎男

" " 新井 均

1. はじめに

当社では、通信用ケーブルを収容するため内径1200mmのトンネルを築造する小断面シールド工法（D1200- Ψ 2）（以下M2工法と略す）の開発を進めてきた。この工法の中で信頼性、経済性の向上を目指し、トンネル築造材料や掘削土を運搬する無人坑内運搬車に、1チップマイコン搭載のシーケンサを用いたコンピュータ制御を取り入れた。本稿はこのコンピュータ制御の構成及び機能について述べるものである。

2. M2工法における運搬方式

M2工法は小断面（1200mm）長距離（最大500m）トンネル築造工法であるため、掘削土や高粘度のトンネル築造材料を運搬するには管路輸送では困難であり、坑内運搬車を使用している。運搬車では、駆動源の一元化を図るため駆動源は牽引車だけに搭載し、牽引車が材料タンクを持つ材料運搬車と土砂バケットを持つ土砂運搬車とを牽引する方式としている。（図-1牽引車外観図参照） また運搬車の長さは立坑の大きさを決定する重要な要因であるため、極力短くする必要があり搭載装置の小型化を図っている。かつ施工性を向上し安全を確保するため、トンネル内は無軌道とし、シーケンサ収納部

3. 運搬車のコンピュータ制御

運搬車のコンピュータ制御の目的は安全でかつ速い運搬を行うことにあるが、これを実現するために制御では図-2の項目をすべて実施している。

その手段としては下記の理由によりリレー布線回路を主としたワイヤーロジックをやめ、1チップマイコン（8085-A2）を搭載したシーケンサを採用した。

（ア）実現すべきシーケンス工程、フィードバック工程のステップ数が多い。（約800 ステップ）

（イ）装置の保守点検及びフローの柔軟な変更が容易である。

（ウ）装置外形が小さいため、運搬車占有スペースが小さい。（20cm × 25cm × 30cm）

（エ）汎用性があるため、充分な信頼性、保守性が期待できる。

（オ）A/Dコンバータ、D/Aコンバータ等のインターフェイスの接続が容易である。

シーケンサに接続する信号には、デジタル信号である監視信号及び制御信号、アナログ信号であるD/A変換信号、A/D変換信号がある。信号の接続は図-3に示すとおりである。

シーケンサによって実現したアルゴリズム及び処理内容について以下に述べる。

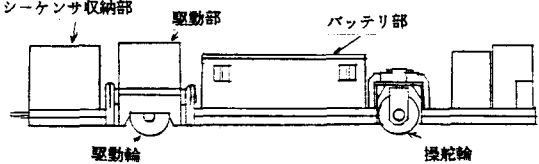


図-1 牽引車外観図

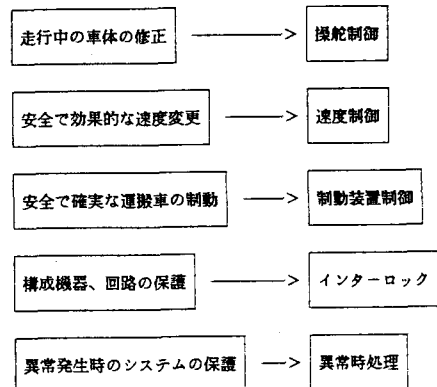


図-2 必要な制御項目

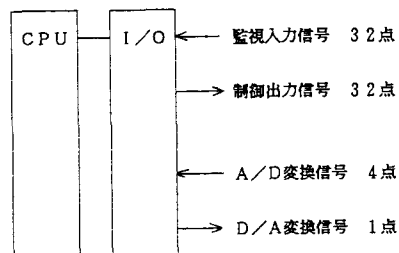


図-3 信号接続図

(ア) 操舵制御 車体傾斜角を常時計測しながら、車体傾斜角が制御しきい値3度を越えた時に操舵輪の方向を車体の傾斜している方向に振らして、車体のローリングを修正する。

(イ) 速度制御 速度制御では、0.5km/h、3km/h 及び5km/h の3種類の速度切り替えを行う。各々の速度に対応した電圧をD/A変換器を通して、駆動モータを制御するSCRコントローラに出力する。

(ウ) 制動装置制御 制動装置として電力が供給されている時に制動機能を発揮する電磁パウダーブレーキ、電力が供給されていない時に制動機能を発揮する乾式無励磁作動電磁ブレーキの2種類を併用する。これらの制動装置の使用方法は、構造上前者を停止用、後者を駐車用となるように表-1のとおりとした。

(エ) インターロック リレー回路、アクチュエータを保護するためにソフトウェアによりインターロックを掛けている。つまり前進-後進、手元-遠隔、駆動-異常停止及び操舵輪右回転-左回転の4種類について、同時動作を避けている。

(オ) 異常時処理 運搬車制御の異常事態として

(a) 操舵制御において異常が発生し、車体の傾斜角が10度を越えた場合

(b) 速度制御において異常が発生し、走行速度が5.5km/h を越えた場合

を考える。この時の処置として運搬車を直ちに停止し、この情報を信号伝送装置を経由してオペレータのいるセンター装置へ送る。

長さ200m、平均トンネル勾配2%、最小曲率半径200mというトンネルを築造する現場試験の中で、このコンピュータ制御した運搬車を使用して掘削土やトンネル築造材料の運搬を行った。運搬車の制御結果として、走行中の牽引車、材料運搬車の車体傾斜角並びに走行速度を図-4に示す。操舵制御については、走行中における牽引車、材料運搬車の車体傾斜はトンネル線形の曲率に対応して増大する傾向があるが、ともに5度以内でありこの制御による車体修正は良好であった。

また速度制御については立坑、シールド後方近辺では0.5km/h、トンネル中間部では3km/h であり、その変動幅は±0.1km/h 以内であった。

4. むすび

無人坑内運搬車にコンピュータ制御を取り入れて、操舵制御、速度制御等各種アルゴリズムを作成し、実現場での試験を行った。その結果、坑内運搬車の走行は曲線部、縦断勾配の変化に対して十分に追従し、最大車体傾斜角は5度、最大速度変動幅は0.1km/h であり、良好な制御結果を得た。

<参考文献>

中野・新井、『レジントンネル工法における坑内運搬車の自動走行方式』土木学会第39回全国大会Ⅲ-591、84'

表-1 制動装置制御方法

制動装置	動作タイミング
電磁パウダーブレーキ	5.5km/h を越えた時
	車体傾斜角が10度を越えた時
	停止時 (但し0.15km/hを越えた時)
	異常停止時
乾式無励磁作動電磁ブレーキ	停止時
	停止時 (但し0.15km/h→0km/h)
	電源を切った時

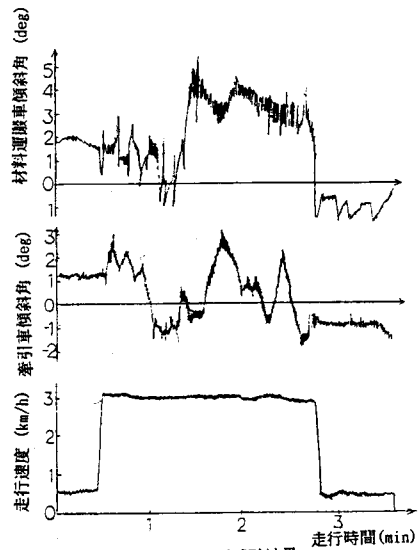


図-4 現場試験結果