

24. トンネル掘削用ドリルジャンボのロボット化

古河鉦業(株) 中村吉男

1. 概要

建設業界では、トンネル工事において工事条件の多様化、作業環境の問題などから、技能作業員が不足していることに加え、バーンホール工法の普及と工事費低減のためにトンネルの余掘の減少の必要性から、さく孔精度の向上が要求されている。今回、当社が実用化したロボット化されたドリルジャンボはこうした、建設業界のニーズに対応したものであり、主な特徴としては以下のことがあげられる。

- (1) ドリルジャンボ本体の姿勢制御機能を持つ。
- (2) 定められたさく孔パターンにたいして $\pm 50\text{mm}$ 以内でさく孔出来る。
- (3) 岩質の変化に応じて、打撃数、回転トルク、回転数とさく孔速度を連続的に制御出来る。
- (4) さく孔の孔尻位置を自動的に検出することで、すべての孔尻を一面に揃えることが出来る。

以上の特徴をそなえることで、従来のトンネル掘削用ドリルジャンボに比べて余掘の減少、安全性の向上、人件費の大幅節約などが可能となる。

搭載した数値制御コンピュータには、岩質の状況に応じてインプットしたさく孔パターンが組込んでおり、仮にさく孔不能と検知されると制御機能が自動的に作動して、何回かさく孔しても不能と判断されると、自動的に次の孔に移動する。

2. ロボット化のシステム

コンピュータを搭載するロボット化されたドリルジャンボの実施例を図1に示す。

コンピュータおよび電気制御盤は本体の後方に設けられており、集中管理される。油圧さく岩機はHD100Aを使用し、ブームおよびガイドシエルはロボット用として特に開発されたものである。ガイドシエルは回転しても断面係数がほぼ均一な構造となっている。ブームに関しては関節部におけるビンのがたおよび自動によるたわみは最小にしているが、さけられない数値はブームの位置計算の時に補正を行い、孔位置の精度を出す方法を取っている。

ロボット化されたドリルジャンボの構造を分類すると、ブームの位置決めに関する静的な部分と、さく岩機が岩盤に穴を明けるといった動的な部分の二種類に分類される。ブームの位置決めというのは、いわゆるロボットと称される自動化機械と同じように、目標とする位置に関接部やスライド部に取られる検出機構によりブームを正確に位置設定することである。またさく岩機が岩盤に穴を明けるといったことは、ブームが位置決めされ後に、さく岩機に連結されたロッドとビットが岩盤にさく岩機の打撃、回転および推力により穴を明ける工程を言うのである。

さく岩機によるさく孔を行うためにはロッド、ビットを目的とする位置までに正確に移動しなければならない。このために、さく岩機を搭載するガイドシエルを保持するブームを油圧シリンダにより

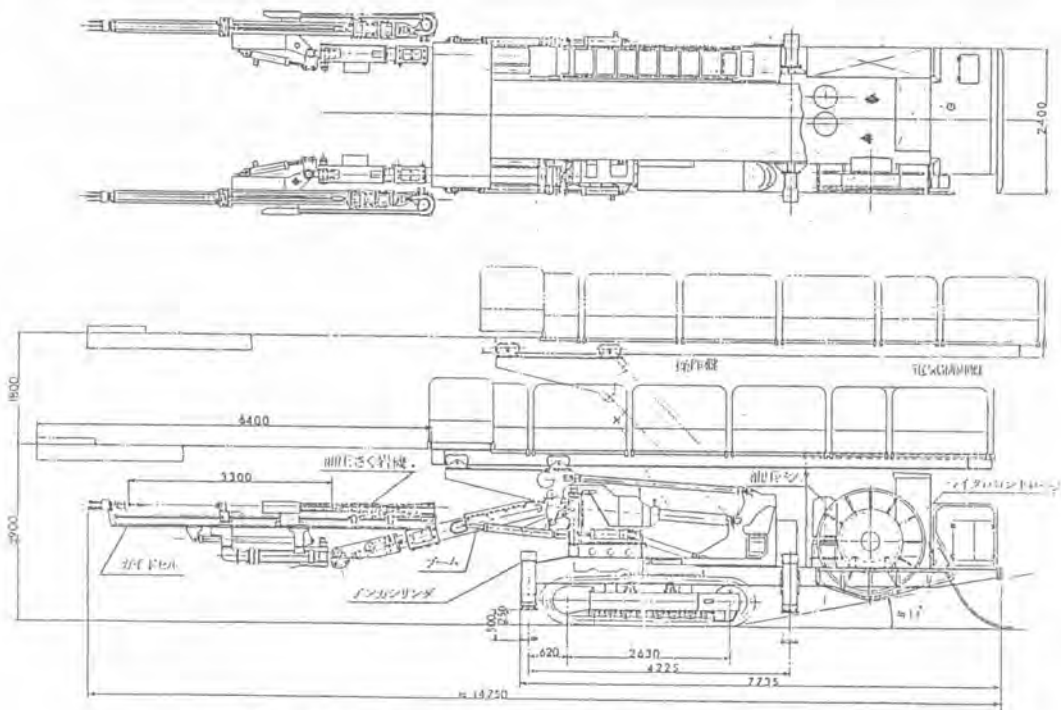


図1. 2ブームロボットジャンボドリル全体図

位置決めしなければならない。ブームを移動する角度を決める要素としては

(1)ブームスイング(2)ブームリフト(3)ガイドスイング(4)ガイドチルト(5)ガイドロータリ、等があり、ピンで接合される関節部で連結されている。又スライドする長手方向の要素としては(6)ブームスライド(7)ガイドスライド(8)さく岩機のフィード、等がある。ロボット化されたドリルジャンボを駆動するためには、これらの8ヶの移動量を常にコンピュータのマイクロプロセッサにより把握し制御を行う。これらの要素の操作量を決定するための手段としては別のコンピュータによる計算システムが必要となる。

ロボット化されるドリルジャンボが駆動されるシステムの方案を図2に示す。さく孔パターン図を作成してパーソナルコンピュータにより軌跡の計算を行わせる。これらの数値はカセットローダによりカセットテープに転送される。カセットテープはドリルジャンボの本体に搭載されるコンピュータの中央処理ユニットに送られ、ここから制御され演算され出力される信号はインターフェース(R.I.O)、パワーリレー、と電磁弁を介してブームの各シリンダが駆動される。各々の駆動量は、検知器であるロータリエンコーダにより中央処理ユニットにフィードバックされ、比較・演算され位置決めがなされる。

ブームが正確に移動し、位置決めされると、次にさく岩機によるさく孔作業に入ることになる。従来の油圧さく岩機を搭載したドリルジャンボでもある程度のさく孔に関する自動制御装置は具備しているのではあるが、さく孔自体が手動で行うことを前提としているため、広く普及していなかった。

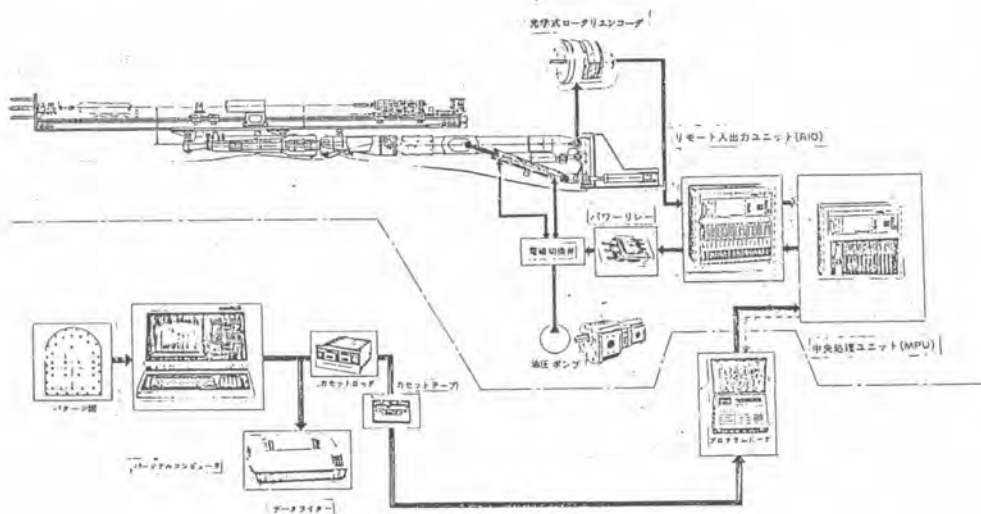


図 2 システム 方案 図

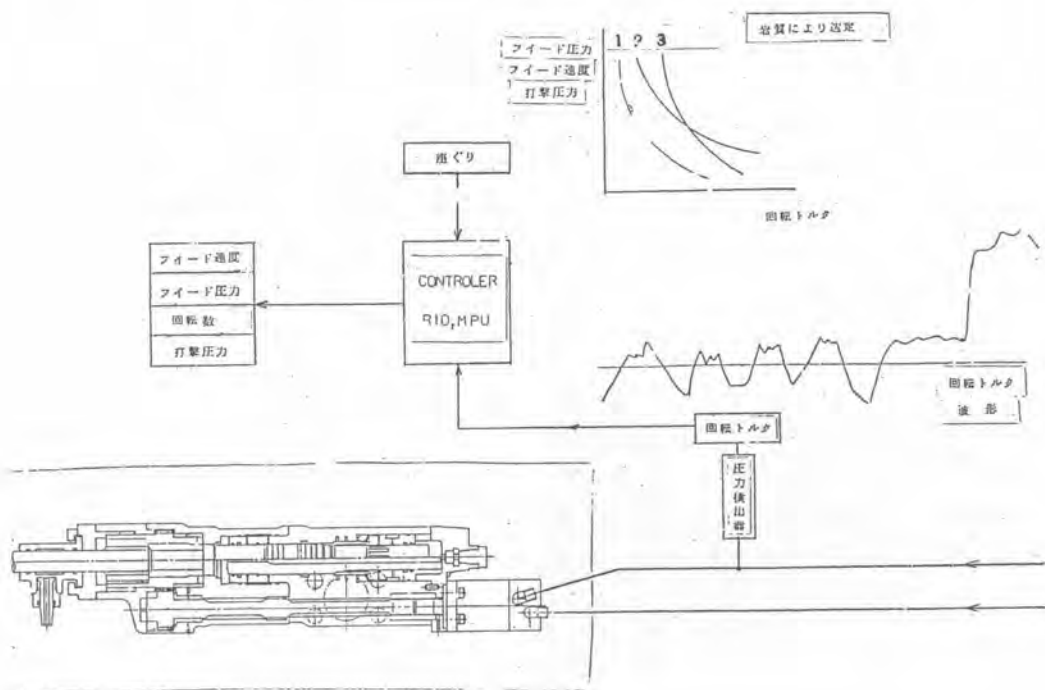


図 3 さく孔 方案 図

従来の自動制御装置はリミットスイッチによる圧力スイッチとタイマとの組合せにより行っていたもので、連続的な圧力の変化を検知することが出来ず、又作動時間の応答遅れにより完全な自動さく孔が出来なかった。ロボット化されたドリルジャンボのさく孔システムには半導体による圧力検知器とコンピュータによる制御の組合せにより完璧なさく孔の自動制御を行っているのである。このさく孔の自動制御が行なわれない限り位置決めステップへ進むことが出来ない。

3. 今後の課題

トンネル掘削用ドリルジャンボをロボット化することにより次のメリットがあげられる。

- (1) 省力化される
- (2) 熟練オペレータが必要でない
- (3) 余掘りが減少する
- (4) 発破効果が向上する
- (5) 火薬使用量が減少する
- (6) 発破工程を管理出来る
- (7) 安全性が向上する

しかし、なんといっても機械が高級化されるために初期コストの上昇とメンテナンスの問題があげられる。この機械を稼働させるためには、コンピュータを使用出来る職員を育成しなければならない。従来形の油圧式3ブームのドリルジャンボの電気系統の端子の点数は約900点位であるが、これがロボット化されたドリルジャンボでは端子の数が、おおよそ1万点以上となる。このことからしてロボット化されるドリルジャンボの複雑さが読み取れると思われる。

コンピュータの制御部はカードボードの差込み方式になっており、故障が生じた場合には、カードボードの交換により対処する方式になっている。本体に関する故障についても搭載されるコンピュータを利用することにより、故障の場所をランプ表示等により、出来るだけ早くて正確に判断し対処するようにしなければならない。

トンネルを掘削するシステムとしてのドリルジャンボの位置を考えると、ドリルジャンボはトンネルを掘削するシステムのほんの一部分にすぎない。トンネルを無人で掘削するためにはドリルジャンボの自動化の他に装薬の自動化、ずり運搬の自動化、支保坑の構築の自動化、コンクリート巻立ての自動化など数多くの問題が提起されている。ドリルジャンボの自動化はこれらの中の一部であり、トンネル掘削の最前線で活躍するドリルジャンボによるさく孔作業がロボット化されることにより、トンネルを掘削するシステムが逐次無人化への道を進み、将来は完全無人化への道が開かれると思われる。