

1. はじめに

都市トンネル工事に占めるシールド工法の役割は大きく、今後もシールド工法はますます発展することが期待されている。一方、高度に進歩し、使いやすくなったコンピュータの利用環境はより多様で高度な監視制御を可能にしつつある。ここに紹介する全自動運転システムは、コンピュータを利用してシールド掘削機による掘進作業の状態の監視およびすべての機械操作を自動的に行うものである。当システムはシールド工法の省力化、ロボット化をめざして昭和56年に開発したものである。

2. 自動化のねらい

シールド工法は高度に機械化された工法であるが、その運転技術も高度なものが要求される。また、工事現場の作業環境が悪いため、トンネル坑内での作業を省力化することが望まれている。特に、シールド工法では工事現場によって掘進工法が異なることが多く、しかも技術者の経験的な技術に頼っていることが多いため、ときには技術者の施工ミスがみられる。これらの問題を解決することを含めて、当システムでは次の事項をねらいとしている。

- Ⅰ. 危険な作業、過酷な環境における作業あるいは単純作業、熟練を要する作業への対策
- Ⅱ. 熟練労働者、若年労働者の慢性的不足または労働コストの高騰など雇用環境の変化への対策
- Ⅲ. 生産性の向上、コスト・ダウン、施工精度の向上（製品の高品質化）の追求

これらはシールド工法だけでなく建設工事全体の持つ課題でもあるが、これらを実現することによってシールド工法における施工技術の標準化、均一化を計ることを目標としている。

3. 自動化の問題点とその対策

建設機械の自動化が、一般の生産・産業機械に比べて遅れている理由を考えると、①作業環境が悪い、②使用条件がきびしい、③装置が移動することなどが上げられる。つまり、負荷の変動が大きく、振動や衝撃が大きく、屋外でしかもほこりやごみの多い状態で使用される。もちろん風雨にさらされる。夏期には半導体の限界を狭めるほどに高温で、冬期には0℃以下で使用されることを想定しなくてはならない。加えて、シールド工法においては物性を把握することが困難な土を対象に工事を進めるため、地山を崩壊させないようにいろいろの機器を使用しているが、その管理手法が確立されていないため自動化を行うための論理づけも困難な状況である。

これらの問題点を解決するために主に①小型で堅ろうな機器の使用、②制御機器とコンピュータの分離、③誘導ノイズの影響を受けない光ファイバの使用、さらに④従来の経験的な管理手法の分析などを行った。以下に、これらの対策を施した当システムについて説明を加える。

4. 全自動運転システムの概要

当システムでは、地上の制御室（写真-1参照）と土中のシールド掘削機、ヒューム管圧入装置、環流設備などの機器を光ファイバ・ケーブルで結び主に①シールド掘削機の掘進と姿勢制御、②ヒューム管の圧入、③掘削土砂の輸送、④潤滑剤の注入などを無人で運転

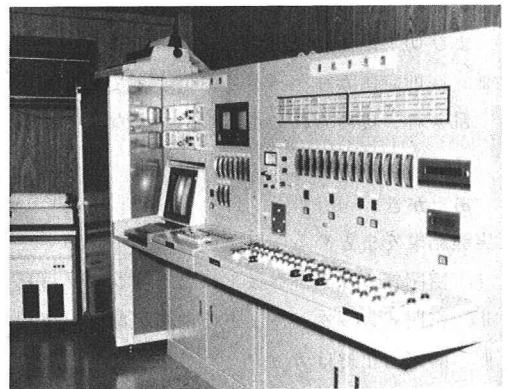


写真-1 制御室

制御することができる。

当システムは図-1に示すように検出部、演出部、操作表示部、記録部、制御部から構成されており、検出部と制御部以外は地上の制御室に設置されている。演算部は高速な処理をするために、プログラマブル・コントローラと中央処理装置の2台のコンピュータを使用している。前者は検出データの入力、論理判断、制御信号の出力などの制御対象に直結するデータ処理を行い、後者は数値計算を要する演算、表示と記録のための処理を行う。

制御部を制御する方法は、図-2に示すように検出器から送られたデータをもとに最適な制御量を計算し、それを制御機器へ送るフィードバック制御方式と順次に制御パターンを変更させるシーケンス制御方式を併用している。

これらの装置によってシールド掘削機は地盤の状態によって掘進速度を変え、方向を修正しながら掘進する。操作員が制御室にある操作盤の開始ボタンを1度押すだけで、ヒューム管接続までの操作がすべてコンピュータによって行われる。

5. 施工結果

本システムによる施工実績は約1132m(11スパン)である。切羽にかかる土圧と水圧を常に精度良く制御することにより、シールド工法で考えられる地盤沈下、環流水の噴出などの事故はまったくなく、良好な施工結果が得られた。特に、ヒューム管敷設の施工軌跡については、図-3に示すようにシールド掘削機の最大変位が5～15mmの範囲におさまリ、施工精度が向上した。

また、施工速度についても、測量のための作業時間がなくなったので10～20%の向上が得られた。一方、自動化による作業の省力に関しては、シールド掘削機の熟練運転手が不要であること、測量作業がないこと、運転管理作業が軽減されることなどにより技術者1名、作業員1名の減員が可能になった。加えて、推進中はコンピュータが技術的な項目を管理するため技術者間の引継ぎ事項が少なくて済み、しかも施工上の人為的なミスがなくなり施工性、安全性が向上した。

6. おわりに

当システムのコンピュータ制御プログラムは、蓄積された過去の施工データをもとにして作成しており、今後このプログラムの内容を高度化して作業の標準化と均一化を行うとともに、曲線施工を含めたセグメント・トンネル施工に関する全自動運転システムの開発を進めたい。

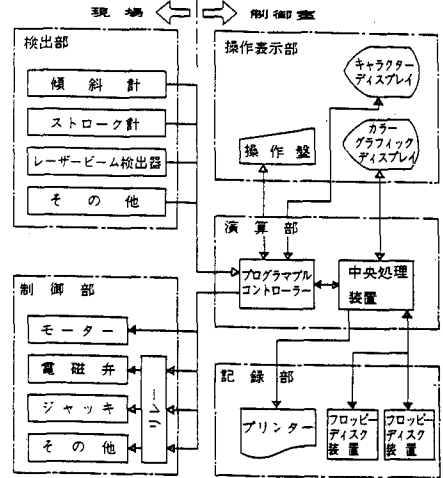


図-1 システムの構成

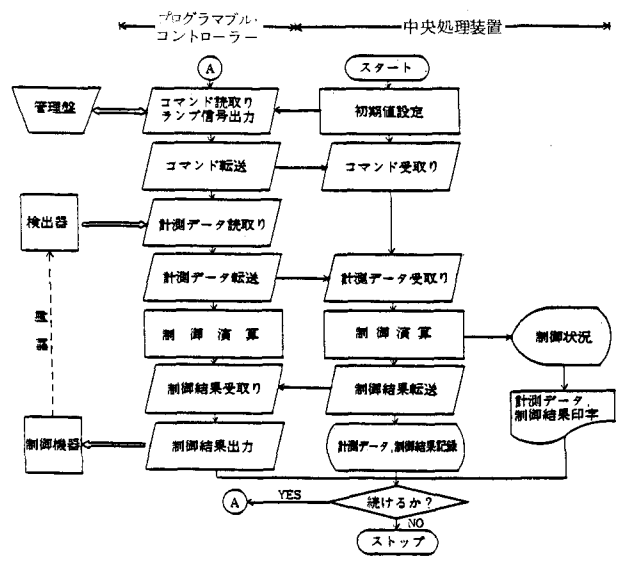


図-2 制御フロー

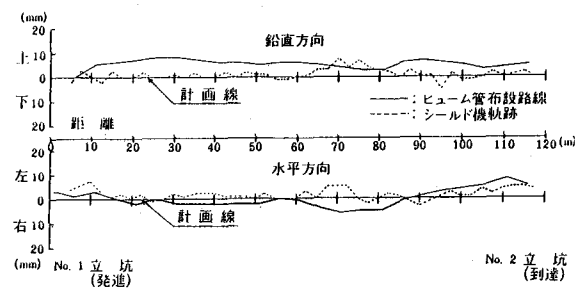


図-3 施工軌跡