

III-54

ファジィ制御によるシールド機自動掘進システム

○鹿島建設(株)技術研究所 正員 水谷 亮  
 鹿島建設(株)建設総事業本部 佐藤竜郎  
 鹿島建設(株)建設総事業本部 正員 野田 武

1. はじめに

地下空間の開発・利用によるトンネルの大深度化や大口径化にともない、施工品質、生産性、労働環境の改善などの面から、トンネル施工の自動化、ロボット化が求められている。なかでもシールドトンネルにおいては、シールド機の自動掘進技術の開発が大きな課題となっている。今回、シールド機の位置をリアルタイムで自動測量し、ファジィ理論によって最適な方向制御を行う自動掘進システムの開発を行ったので、その概要と実証実験結果について述べる。

2. 自動掘進システム

本システムは、次に示す「自動測量」と「自動方向制御」を含めたいくつかのサブシステムから構成されている。

2. 1. 自動測量

図1に示すように、トンネル内に固定した光学式自動測量機や、シールド機に設置したジャイロコンパス等の計測機器によって、シールド機の位置、姿勢をリアルタイム

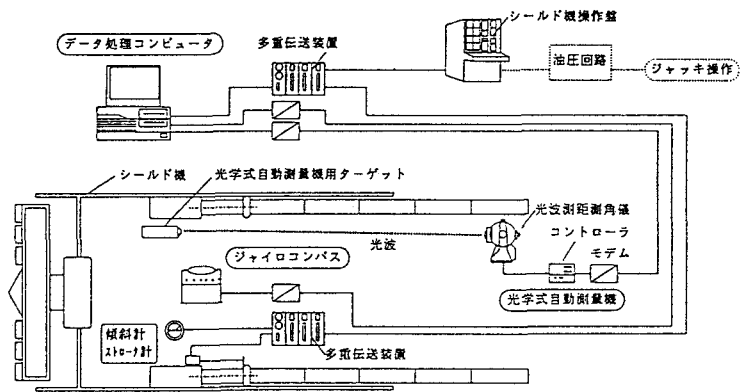


図1 シールド機自動掘進システム概要図

で計測する。計測されたデータは中央制御室のコンピュータに送られて自動方向制御などのデータベースとなる。

2. 2. 自動方向制御

本サブシステムでは、シールド機が基本計画線から変位しないように、自動測量データをもとに制御角を算出し、ジャッキパターンを選定して掘進を行っている。

しかし、何等かの理由で変位が生じた場合、急激な角度で掘進を行って基本計画線に修正すると、トンネル出来形がS字曲線になったり、屈曲部分が発生することとなる。また、地山の変化などにともなってシールド機の曲がり易さが変化すると、思った通りの方向制御ができなくなる可能性もある。

そこで、本サブシステムには、ファジィ理論を応用して、滑らかに基本計画線に戻すための掘進計画線などを設定する「掘進経路設定機能」と、不確定要素の多い掘進時の特性変化を捉える「掘進特性推論機能」をもたせている。

(1) 掘進経路設定機能

シールド機が基本計画線からのズレを生じた場合に、施工管理者が想定するような掘進計画線をファジィ理論によって新たに設定し、計画的に方向修正を行うための機能である。掘進計画線は、図2に示すよ

うに、シールド機の位置、姿勢と過去の出来形などの掘進履歴から設定される最適なカーブである。

(2) 掘進特性推論機能

状況にあった制御を実現するため、時々刻々と変化する土質や、過去使用したジャッキパターンやコピーカットの状況、シールド機自体が持つ特性など、数式でモデル化するのは非常に困難な特性をファジ理論によって捉える機能である。図3には、一例として、過去にコピーカットを使用したことによって生じる特性変化について示した。本機能では、このような特性を曲がり易さを表す特性角として予測し、方向制御へ反映させている。

3. 実証実験結果

実証実験では、システムの性能を確認するため、自動掘進を行い、手動掘進との比較を行った。

図4は自動掘進結果の一例で、約30リング分の掘進データを示している。横軸は掘進リング数、縦軸はシールド機先端中央部の基本計画線に対する左右方向変位置量である。図から明らかなように、自動掘進開始時にシールド機は右約25mmの変位を生じていたため、新たに掘進計画線を設定している。数十リング先で基本計画線が曲線になっていたため、出来形がS字状にならないよう、この部分の掘進計画線は基本計画線に対しほぼ平行となっている。

シールド機は掘進計画線に対して±10mm以内の精度で掘進することができており、計画的修正が達成できていることが分かる。

この実験を通じて、本システムは熟練オペレータと比較しても遜色のない掘進精度で制御でき、トンネルの出来形も滑らかな仕上がりを実現できることが確認できた。

4. おわりに

今回の実証実験により、本システムの実用性を確認することができた。また、従来は熟練オペレータの経験やノウハウによって行われていたシールド機の操作を、今回ファジ理論を用いてシステム化したことにより、シールド工事におけるロボット化が一步前進したと考えられる。

今後は、本システムの性能向上を図るとともに、関連する作業をも含めた総合的なシステム化を検討していく予定である。

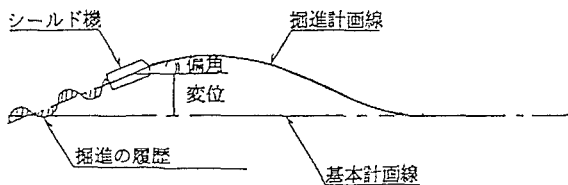


図2 掘進計画線の設定例

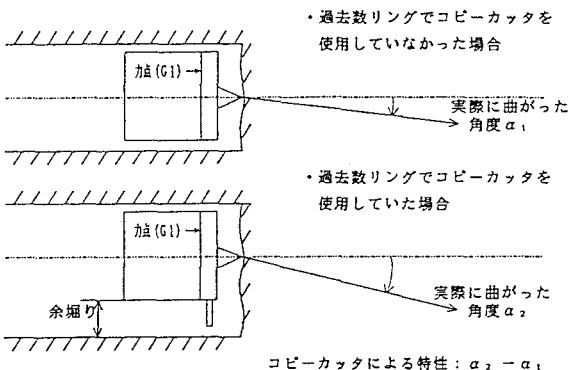


図3 掘進特性の一例（コピーカットによる特性）

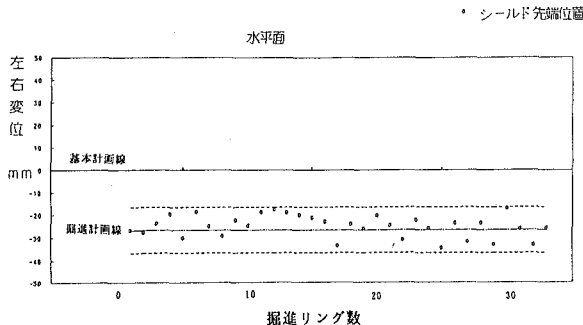


図4 適用結果の例