

VI-1 地中連続壁掘削機の自動掘削管理システムの開発

鴻池組 正員 松生 隆司, 澤 芳幸, 正員 大橋 昭
立命館大学 正員 深川 良一
愛媛大学 正員 室 達郎

1. はじめに 筆者らは、大深度地中連続壁の施工を高精度に実現するための支援システムとして、掘削機の位置・姿勢を正確に検知してこれをマンマシンによる制御・管理機能で精密に制御するための掘削精度管理システムを開発している。¹⁾上記のシステムにおける掘削機操作は、姿勢制御をオペレータの手動操作に委ねた半自動方式であり、掘削精度の向上に伴い従来にも増してオペレータに緊張感を与える傾向が見られる。このため、掘削作業の省力化を中心に地中連続壁工法の合理化をさらに進めるために、掘削機の姿勢制御にファジィ制御を適用した自動掘削管理システムを新たに開発し、実工事に適用した。本報告では、自動掘削管理システムの概要と制御性能について述べる。

2. 自動掘削管理システム 地中連続壁の掘削では、互層に堆積する地層を安定液で保ちながら鉛直方向に掘進する。とくに地層の変わり目などでは掘削状態が複雑に変化すること、また掘削壁面で姿勢制御の反力をとることなどから、シールド工法に比べ掘削作業の自動運転化は難しいとされている。今回、制御条件と地盤特性との関連性を求め²⁾、地盤特性を考慮した合理的な制御モデルを構築して、掘削機の姿勢修正操作を自動運転化するファジィコントローラの開発に当たった。制御性能として、熟練オペレータと同等以上の制御性能を目指している。システムの構成を図-1に示す。

掘削機の姿勢修正は、相対する側面の対角に位置する修正用可動板の張出し操作で行われる。制御対象としては、掘削精度管理システムで検出する掘削機の偏位量、ねじれ角および掘削速度、掘削負荷および掘削中の地盤性状等を入力条件とし、修正用可動板の制御量をファジィ推論し出力する。ファジィコントローラの構成を図-2に示す。推論部は3群に分け、まずファジィ推論1で地盤性状の判定を行い、ファジィ推論2で左右方向、ファジィ推論3で前後方向および機体ねじれの地盤性状に対応させた修正制御量を求める。

ファジィ推論方式はファジィシングルトン型推論法を適用し、前件部において4種類のパターン化したメンバーシップ関数を7ラベルで、後件部は重み値を付加したシングルトンを13ラベルで簡略化したルールで記述している。ファジィシングルトン型推論法は、後件部の重みを変えることによりファジィ推論結果の微

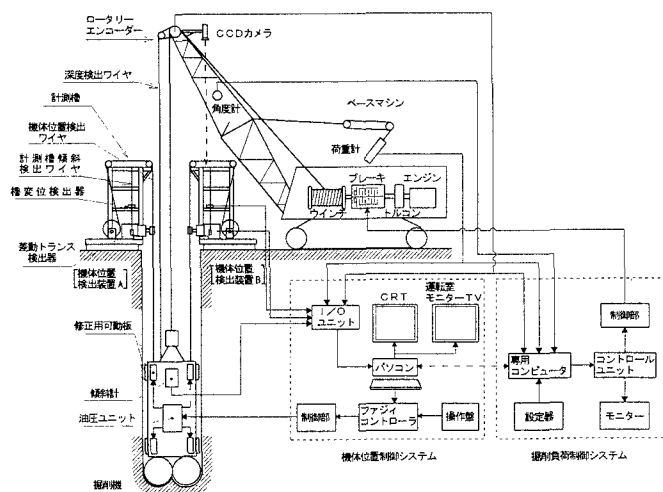


図-1 自動掘削管理システムの構成

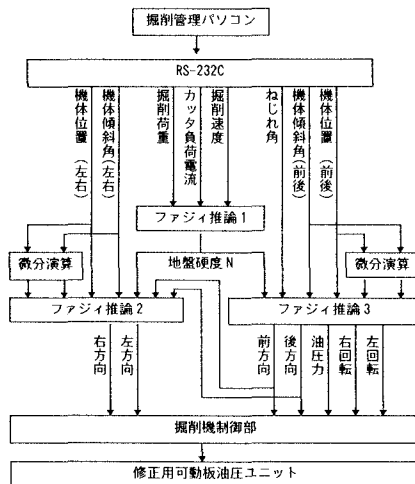


図-2 ファジィコントローラの構成

妙な調節が可能であり、制御の緻密化と推論速度の高速化が実現できる。制御ルールの構築プログラムの特徴として、掘削制御中に制御ルールの適否をエミュレーションで確認しながらリアルタイムでルールを調整することができ、短時間で制御ルールの最適化が行える。写真-1に制御ルールの構築画面を示す。

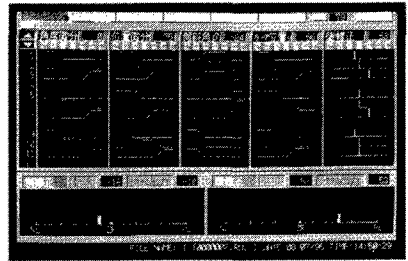


写真-1 制御ルール構築画面

3. 適用現場の概要 本システムを大阪市此花区西島地区のシーロード到達立坑連壁工事（鋼製地中連続壁；壁厚1m，最大掘削深度69.5m）に適用し、制御性能の検証を行った。現地盤は、洪積粘土を主体に砂礫、砂が互層状に堆積した地層であり、地表から23m部分は地盤改良を施している。立坑連壁は8エレメントで構成する矩形形状で、各エレメントを3ガットで掘削する。先の3エレメントでは手動掘削データの収集・分析ならびに制御ルールの構築を行い、後の5エレメントで自動掘削を実施した。

4. 自動掘削の制御結果 制御ルールは、ハンチングとオーバーシュートの防止対策としてフィードバックとフィードフォワード制御の要素を組合わせた規則で記述した。またNo.4エレメントの掘削において、偏位量を20mm，ねじれ角を 0.8° ，機体傾斜角を 0.2° 以内に収める制御を基本ルールとして、各々の制御結果をエミュレーションしながら最適化を行い、最適制御ルールを確定した。

前後方向の深度1m毎の制御・管理結果を図-3に示す。掘削機位置検出値は管理目標とする30mm以内に収まり、地盤性状に対応した精度のよい掘削制御が行えている。手動と自動掘削の制御結果の比較として、掘削データの頻度分布を図-4に示す。自動掘削における偏位量，機体傾斜の制御結果は、前後・左右方向とも熟練オペレータに近い制御性能が得られている。ねじれ修正について、手動掘削では管理限界に近づいた時点で大きく修正する傾向がみられるが、自動掘削ではねじれ角のばらつきは小さい。

5. おわりに 当システムは熟練オペレータと同等の制御機能を有することが確認できた。今後、当システムを適用することにより、掘削作業の省力化およびオペレータの技量差が解消され、品質の安定した地中連壁を効率よく施工できるものとする。最後に、関西電力(株)ならびに開発にご協力いただいた関係各位に深く感謝します。

参考文献 1)松生・外蘭・鶴留：地中連続壁工法の高精度掘削管理システム，平成7年度建設機械と施工法シンポジウム，pp.210～215，1995。 2)深川・室・保積・松生：連壁用掘削機の計測データを利用したファジィ推論に基づく土質特性の推定，土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第6部，pp.4～5，1994。

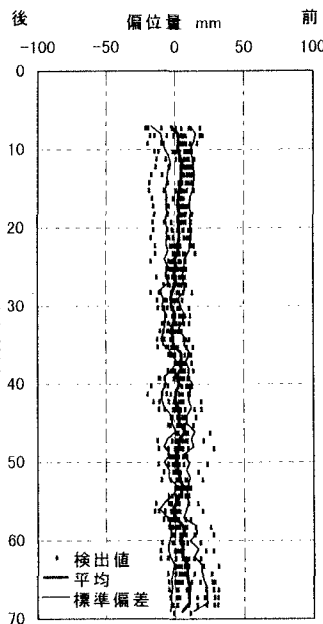


図-3 自動掘削の制御結果

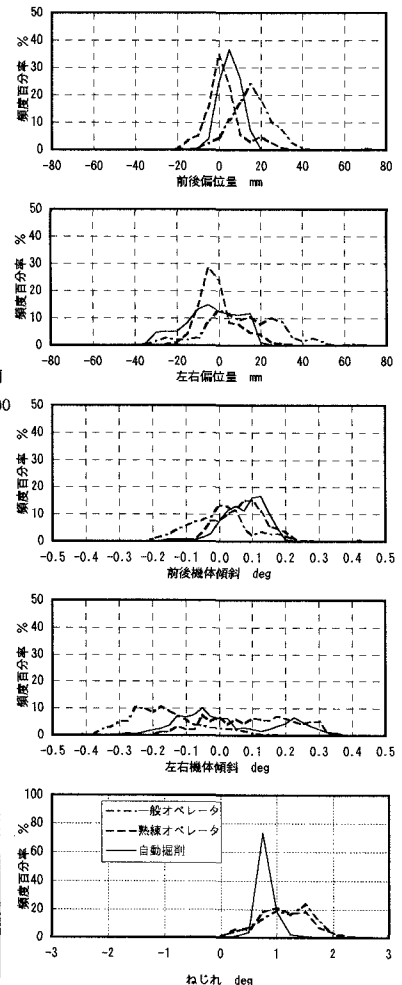


図-4 手動・自動掘削の比較