

VI-222

NARAI掘削システム

（自由断面掘進機の切削断面制御）

（株）熊谷組 正会員○神山 英雄*

岡田 喬*

建設省関東地方建設局千葉国道工事事務所

弓削 竹志**

（財）先端建設技術センター

佐藤 道祐***

1. はじめに

NA TM施工における機械掘削方式では、掘削作業が工程的に最もクリティカルな要素を持っており、工事の採算に大きな影響をもつ掘削精度は掘削技能の熟練度に依存していることから、オペレータに多大の精神的、肉体的負担を与えるものとなっている。また、合理性の高い機械掘削方式である自由断面トンネル掘進機においても、オペレータは掘削作業で掘削精度確保のための技量・集中力を必要とし、さらに振動、騒音、粉塵の発生による劣悪な作業環境に曝らされている。

本論文はトンネル掘削作業における「合理化システム」として、最適な掘削及び余掘を最小にするための仕上げ精度を包含し、かつ、オペレータの熟練度に左右されずに計画的に掘削できる機械とすることを目的として、掘進機の位置姿勢計測システムとカッターブームNC制御を組み合わせ、計画断面に対する切削位置をリアルタイムに表示し、切削範囲を制御するシステムを開発し、現場導入を実施した結果を報告するものである。（尚、本システムは建設省関東地方建設局千葉国道工事事務所、（財）先端建設技術センター、（株）熊谷組、東急建設（株）、（株）間組、（株）三井三池製作所の共同開発によるものである。）

2. システム概要

図-1にシステムの全体図、図-2にシステム機能フローを示す。

本システムは、トンネル内の掘進機の本体基準の位置、姿勢を2台の独立した自動追尾型トータルステーション（以下、「追尾装置」という）と傾斜計で検出し、その計測値を基にカッターブーム（以下、「ブーム」という）の姿勢を機体内相対座標から外部座標系の絶対座標に変換し、さらに、数値制御システムブームの各動作量から予め設定した掘削断面（以下、「設定掘削断面」という）に対する切削ドラムの位置を自動的に、かつリアルタイムに認識するものであり、その認識結果はディスプレイ表示されるものである。また、切削ドラムが設定掘削断面を越えようとする（即ち、「過掘り」の掘削領域に入ろうとする）と、油圧回路に信号を出力し、ブームを自動的に停止させ、設定掘削断面内へのブーム操作レバーのみ有効にするような制御機能を有する。この機能により、掘進機オペレータの高度な熟練を必要とせず、また従来の操作を何ら違和感が無く、設定掘削断面に沿った高精度な掘削が可能となる。

即ち、掘削時のブーム操作は、従来通り、オペレータの手動操作としている。設定掘削断面内部の掘削は、オペレータの判断主体で行い、最も神経を使う断面外周部掘削においては、制御がオペレータの判断を補助するというのが本システムの狙いでもある。

3. 掘進機の姿勢検出

掘進機本体の姿勢検出は、ヨーイング（水平角）、ピッチング（鉛直角）、ローリング（回転角）の3角を求めて姿勢を導いている。

ピッチング・ローリングは、掘進機に設置している2軸傾斜計で求める。ヨーイングは、掘進機上の2点（2つのターゲット）の座標を独立した追尾装置で計測することにより、その座標値から算出する方法を取っている。追尾装置の出力するターゲットの座標データは、無線で掘進機上の制御コンピュータに送り、2軸傾斜計の出力と統合し、掘進機本体の姿勢と共にその位置を計算して求めている。切削ドラムの位置は、ブーム根元の旋回部を基準としたブームの旋回角、俯仰角、伸縮量をポテンシオメータで検出し、前述の掘進機位置・姿勢データを合せて外部座標系に一括変換する。

キーワード：自由断面掘進機、自動制御、過掘防止装置

* 東京都新宿区津久戸町2-1 TEL03-3235-8649

** 千葉県千葉市稲毛区天台5-27-1 TEL043-285-0316

*** 東京文京区大塚2-15-6 ニッセイ音羽ビル TEL03-3942-3992

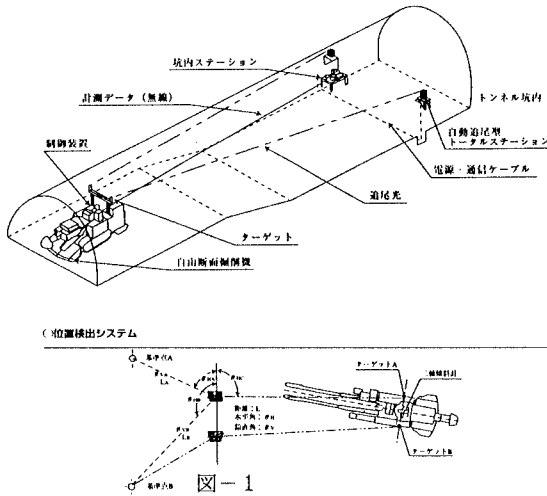


図-1

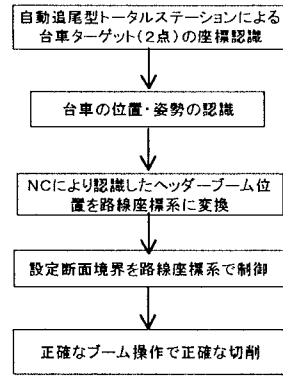


図-2

4. 現場実証実験結果

本システムは現場導入前に模擬岩盤掘削試験を行い、システムの掘削精度が目標とする初期の精度 $\pm 50\text{ mm}$ をクリアすることを確認したが、さらに実際のトンネル現場での実作業に適用し、掘削精度の確認を行い、システムの現場適用性の検証を行った。

導入した現場は元名第二トンネル、津久井導水路トンネル、元名第一トンネルで、いずれのトンネルにおいても高精度で出来形が得られることを確認し、さらに、実作業での粉じん、振動、重機による障害等の悪条件下においてもシステムが作動することを確認した。特に、津久井導水路トンネルにおいては、トンネル進行に応じて断面が変化するトランジション部の掘削が本システムの使用により円滑に高精度で掘削できることを確認した。以下に、本システムを用いた場合とそうでない場合の掘削出来形図及び設定断面との差のヒストグラムを示す。

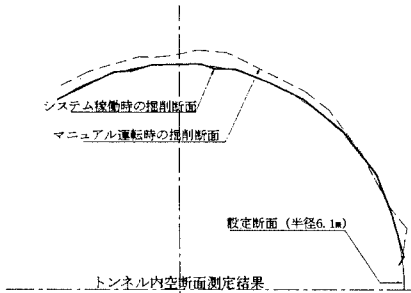


図-3 トンネル出来形

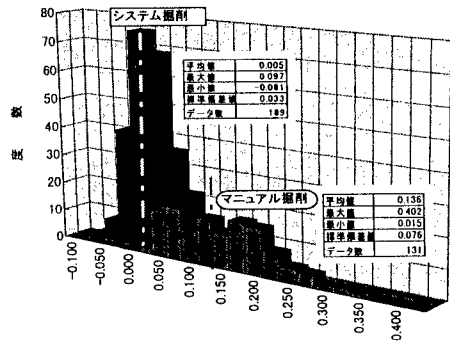


図-4 出来形差ヒストグラム

5. まとめ

津久井導水路トンネル、元名第一トンネル他で本システムの工事適用を実施し、支保区間及び無支保区間において所定の精度を確保し、掘削を完了できた。システムの導入も当初計画に沿って、導入ができ、所定のデータの収集が得られ、掘削時に発生した問題点は、ハード上の改良（現場で実施済み）、オペレータへの教育を十分に実施することで対応できるものであった。

実証実験より、本システムは、従来作業に比べ、高い掘削精度、掘削作業時の高い安全性、測量作業の省略等の効率的な作業性を有していることが実証された。掘削量が従来作業に比べ少なくできることは、無駄な動きを省き、余分な材料を低減する事につながり、さらに、作業時間の短縮につながり、コスト削減に寄与することになる。今後は、当システムを用いた掘削時間について調査を行い、掘削時間の短縮について検証を行い、当システムの優位性を示すとともに、システム導入の簡略化や性能向上を図る予定である。