

26. 推進工法における新技術

建設省土木研究所：*高津 知司・竹田 英之

概要：本論文において我々は、小口径掘進システムの効果的な開発の検討を行なった。あたかも下水道工事の行なわれた割合、下水道工事延長そして小口径掘進の使用は、他の先進国以下であり、それらはここ2～3年の内に増加したものである。建設工事の増加に対応するために小口径掘進のための制御システムを開発していく必要がある。

まず始めに、開発環境が他の産業に比べて良いとはいえないので、効率的なシステム開発のための標準化の必要性を提示する。次に、ファジィ理論、MAPおよび仮想マシンの考えを導入することの妥当性について考察する。最後に、標準で開発された実際のシステムを紹介する。

1. はじめに

下水道施設は、住民が快適な生活をするうえで欠かすことの出来ない重要な施設である。我国の下水道整備の現状は普及率40%に達した程度で、欧米諸国が概ね80%を越えているのに比して著しく遅れている。一方、下水道の面的整備である下水道管路網建設は、10,000kmを越えるに至っている。その中で、推進工法が1,000kmを越え、特に口径が800mm未満の小口径管推進工法による施工は約500kmに達している。さらに、小口径管推進工法による下水道管理設工事は、東京のような大都市はおろか中小都市におけるその伸びを示している。特に中小都市における伸びは著しいものがある。これは、中小都市における小口径管渠による下水道工事が多いことによるものと思われる。

我国は国土が狭い上、都市部に人口が集中した過密な都市構造を生んでいる。このような都市構造の中、近年上下水道のにならず通信、電力及びガスなどのライフラインの地下埋設等に伴い、地下構造の立体化・深層化が進んでいる。このような地下利用事情の中においては、新設されるライフラインは既設管を避けて施工するため、その埋設深度を深くせざるをえない。深層の管理設においては、従来の開削工法による施工では時間的、コスト的及び道路渋滞等の環境的に問題が生じてくる。しかし、推進工法による管理設においては、その特徴により深層の管理設における開削工法より有利であると認識されつつある。

小口径管推進工法の利点のみを上げてきたが、この工法にも事前の土質調査、土質と工法の相関、高精度施工法の確立、完成時の線形測定機器の開発、礫地盤対応の超小口径（口径250mm未満）推進工法の開発、非開削の取付管施工方の確立等、まだ解決しなければならない課題が残されている。

そこで、建設省土木研究所ではそれらの問題を解決すべく、官民連帯共同研究「小口径管渠掘進制御システムの開発」を昭和63年度から平成2年度まで取り組んできた。本論文においては、高精度施工法の確立の為に、ファジィ制御を用いた方向制御システムを開発した事を報告する。

2. 工法の高度化

推進工法の機構を簡単に表現すると、「管の先端にカッタを取付け、管を根元から押しつつカッタで

土を押しわけ管を地中に押し込む」となる。推進工法には、土の押し退け方や管を一度で埋設するか否か等でバリエーションがある。また、口径が800mm未満のものを小口径管とする理由は、昭和50年4月7日付、労働省基発第204号「下水道整備工事、電気通信施設工事等における労働災害防止について」により管内での有人作業可能な口径が800mm以上とすると指導されていることによる。

2.1 問題点

推進工法は機構上、推進中に方向修正を行わないと施工計画線からのズレを生じる。それに加えて、先端部の土質変化や水圧の変化により、推進方向がずれ易い性質を持っている。推進工法の工事規模を考慮すると、事前の土質調査を十分に行う事は容易ではないし、推進中に土質等の変化をセンシングする技術は確立していなかった。そこで、先導管の施工計画線からのズレ具合等から、先端の土質等の状態を推定しながら推進を行わなければならないので、機械操作に熟練を要する。

近年の建設業の人手不足や施工量の増加から、熟練オペレータ不足が問題になりつつある。

2.2 高度化

小口径管推進工法の施工機械は、その操作に熟練を要するが、操作する熟練オペレータ不足が問題になっている。そこで、熟練オペレータ不足に対応しなければならないが、その対応策としていろいろなことが考えられる。

熟練オペレータの機械操作のいわゆる「こつ」を、コンピュータに移植し易いファジィ理論を用いた制御機器が製作できる。小口径管推進工法の市場規模と研究開発の規模からすると、自動車産業や電機産業のような規模の研究開発を行うことは難しい。そこで、開発のコストとリスクを低減させるために何等かの方策がの一つとして、図2-1に示すよう共通のシステムを共同で開発することにした。

2.3 共通コントローラを用いた試験施工

岩手県のN値25~30程度の滞水砂礫層に於ける $\phi 700$ の推進現場を実験場に選び、第3スパン(約5.6m)を自動で行い、続く第4スパン(約7.0m)をオペレータによる手動で推進を行い、両者の推進データを比較する方法で機能の実証実験を行った。

その結果、自動方向修正装置を使用した推進で、開発目標値(垂直方向 ± 30 mm、水平方向 ± 50 mm:全国140自治体及び20工法団体への検査基準及び施工管理値のアンケート結果による)を十分にクリアする性能で推進できる事が実証された。

また、この他2工法について試験施工を行ったが、上記の開発目標値をクリアした。さらに、これらの施工データの位相面軌道を描くと右回りで原点に収束しているので、共通コントローラで安定な制御系を形成できることが示された。(図2-2)

2.4 今後の課題

共通コントローラの有用性が確かめられたが、コントローラに入力するメンバーシップ関数やファジィルールは、予め決定しなければならない。

つぎの段階として、ニューラルネットや適応制御(特に参考文献4)の技術を付加した、学習機能を有するコントローラの開発が必要である。

3. おわりに

推進工法は、古代ローマ時代にその使用の記録が残っており、我国においては昭和22年に兵庫県尼

崎市における使用記録が残っている。この工法は、近年急激にその使用が伸びた、いわゆる古くて新しい工法である。推進工法が一般的になってから日が浅いことを思うと、その発展に多くの可能性を秘めているといえる。

我々は、この工法の発展にともなう社会資本の整備に充実に大いに期待するものである。

謝辞

官民連帯共同研究「小口径管渠掘進制御システムの開発」（昭和63年度～平成2年度）を共に担当した機械研究室 岩見吉輝（現北陸地方建設局）、北嶋公生（現関東地方建設局）、施工研究室 田中貢、中田公基（現中国地方建設局）、西川宗一郎（現中国地方建設局）、中場広喜の諸氏、並びに種々のご指導をいただいた、永田伸之日本大学教授、竹下貞雄立命館大学教授に感謝の意を現わします。

さらに、今回の共同研究を円滑に進められたことを、機械研究室、施工研究室、下水道研究室の皆さんに感謝の意を現わします。

参考文献

1. 上原 靖：小口径推進工法の現状、地質と調査、'87.4、pp.30-37
2. 曾小川 久貴：最近の小口径推進工法、建設機械、'87.4、pp.19-24
3. 石橋 信利：小口径推進工法の現状と動向、建設機械、'87.4、pp.25-28
4. Takatsu, T. and Takeda, H., 1989, "On an application of the adaptive control theory to the micro-tunnelling", Preprints of ISCIE '89-5, pp.161-162.
5. Takatsu, T. and Takeda, H., 1989, "On an application of the modern control theory to the micro-tunnelling", No-dig '90 Osaka Pre-Conference, pp.1.1.1.-1.1.5, Japan Society for Trenchless Technology (JSTT).
6. Takatsu, T. and Takeda, H., 1989, "A study of the parameter identification with a parameter's dynamics", SICE Preprints of Dynamical System Theory Symposium, pp.274-277

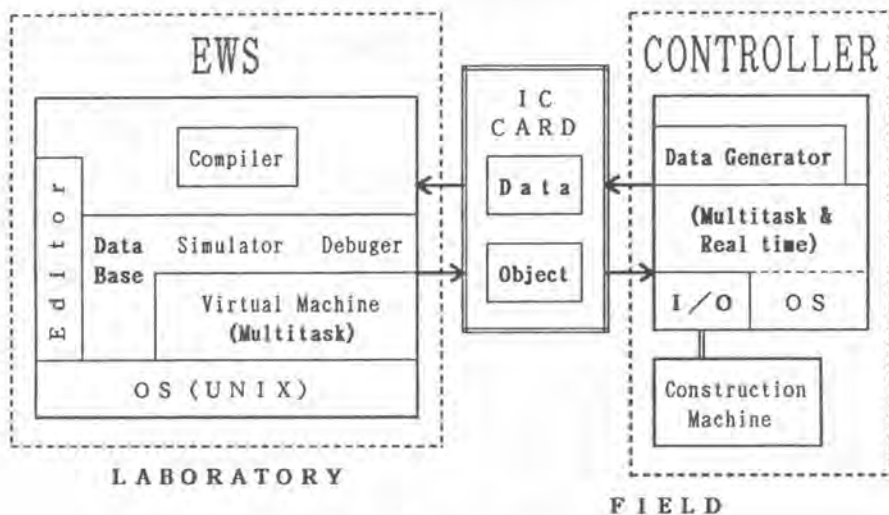


図2-1 共通コントローラ概念図

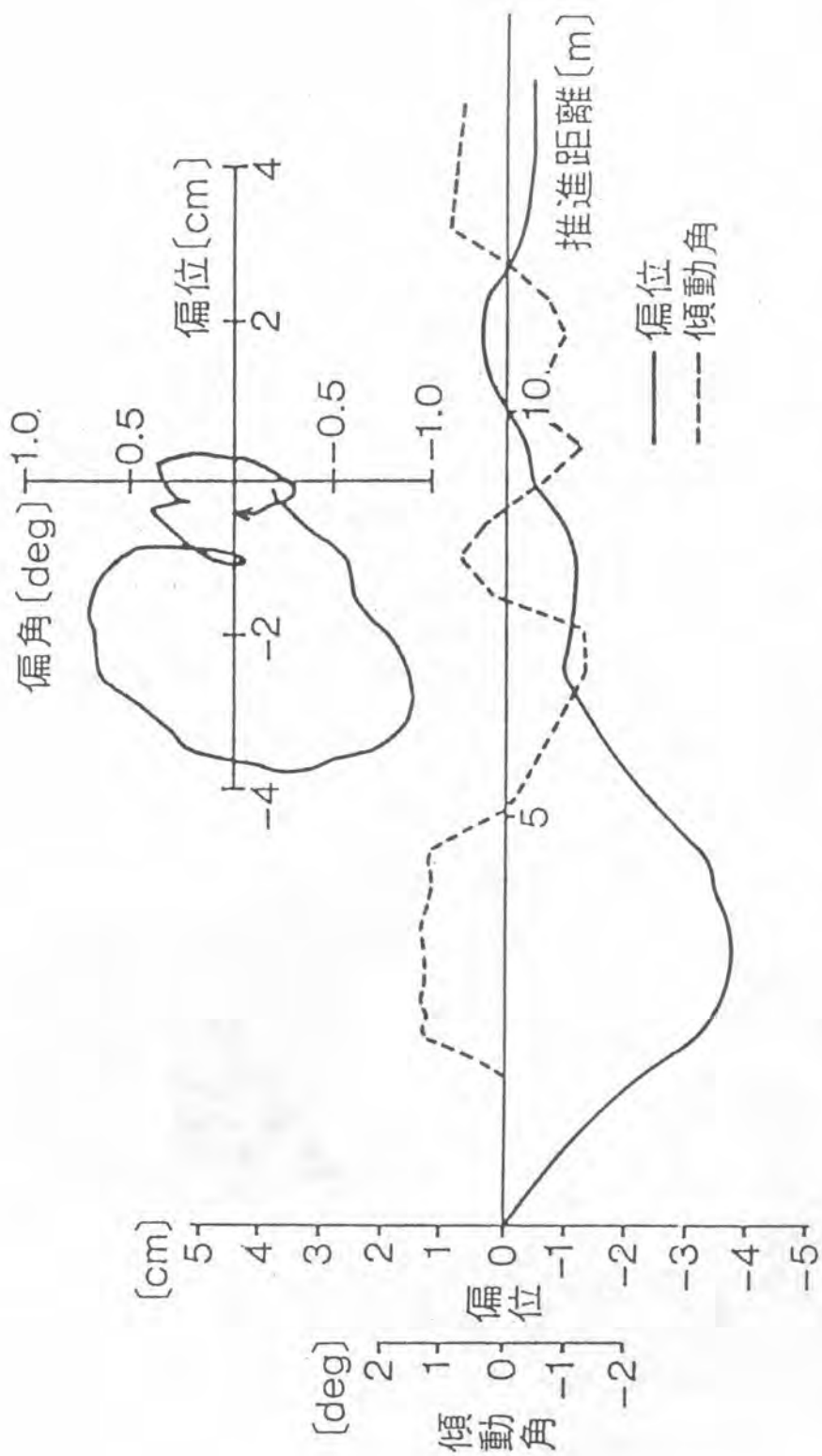


図2-2 共通コントローラによる実施工の一例