

## 2 1 世紀における建設工事の自動化・ロボット化への展望

- 推進工事における建設用ロボットの普及 発展を目指して -

土木学会建設用ロボット委員会技術小委員会推進技術分科会 蔵品稔\*1 中野正明\*2 井口昌之\*3  
浦本俊明\*4 江村和明\*5 亀井寛\*6 小林真澄\*7 佐藤儀一\*8 塚本幸雄\*9 花崎正幸\*10 日野英則\*11

### **A View to Automation and Robotization of the Construction Works in the 21th Century**

-Aiming for the Development and Spread of Construction Robots in Trenchless Methods -

Minoru KURASHINA, Masaaki NAKANO, Masayuki IGUCHI, Toshiaki URAMOTO, Kazuaki EMURA, Minoru KAMEI,  
Masumi KOBAYASHI, Yoshikazu SATO, Yukio TSUKAMOTO, Masayuki HANAZAKI, Hidenori HINO

上下水道、電気、ガス、通信等のパイプライン建設分野を中心に普及している推進工法は、その多くが地中を掘進する先導体を遠隔操作することによって施工されており、比較的自動化・ロボット化が進んでいる技術であると言える。しかしながら、現状の推進工法の普及率は全般的に低く、そこには普及を阻害しているコスト面、技術面等における諸課題が存在している。推進工法の普及促進を図るためには、工事費の低減や人力依存作業の軽減を図る新技術の導入が急務であるとともに、従来の土木技術や機械技術に加え、センシング技術や情報技術とを融合させた技術への発展も期待されている。土木学会建設用ロボット委員会では、推進工法に関する自動化、ロボット化の現状を分析し、環境問題や将来の少子高齢化による労働問題等も視野に入れた推進工法の将来像の提言を行ったことから、この研究内容を報告するものである。

キーワード：自動化、ロボット化、推進工法、環境問題、労働問題

Trenchless methods are gaining acceptance mainly in the field of pipeline construction such as for city water and sewer systems, electricity, gas, and telecommunications. Most of this work is executed by remotely operating a driving machine that burrows through the ground, so in this sense driving technology could be considered advanced in terms of automation and robotization. However, trenchless methods still account for a low percentage of overall construction, and a number of issues including cost and technical aspects are hindering its spread. In order to promote the spread of driving technology, the introduction of new technologies for reducing construction costs and human-powered work is an urgent issue, and there are hopes for technologies that fuse conventional civil works and mechanical technology with sensing and information technology. Robotics Committee in Construction, JSCE (Japan Society of Civil Engineers) has analyzed the current state of automation and robotization with regards to trenchless methods, and has proposed a future image for trenchless methods in view of environmental problems, labor issues due to an aging society with fewer children in the future, and other issues. This paper reports the contents of this research.

*Key words* : automation, robotization, trenchless methods, environmental problems, labor issues

\*1 東京ガス(株) \*2 機動建設工業(株) \*3 (株)関電工 \*4 日本鋼管工事(株) \*5 東京電力(株) \*6 東京都  
\*7 東京ガス(株) \*8 (株)協和エクシオ \*9 東京都 \*10 東京都 \*11 日本電信電話(株)

## 1. 研究の目的と背景

近年、開削による管の埋設工事においては、交通渋滞や騒音、振動、粉塵の発生、建設副産物の発生など多くの問題が顕在化している。交通渋滞はエネルギーの無駄な消費や物流のスムーズな流れを阻害し、社会経済全体に与える損失は重大な問題である。騒音、振動、粉塵についても近隣住民に与える影響は大きな社会問題となっており、工事が中止に追い込まれたり、ルート変更を余儀なくされる場合もある。また、開削工事に伴い発生する建設副産物としてはコンクリート塊、アスファルト塊、建設発生土があげられるが、地球環境の保全が強く叫ばれている状況の中で、発生抑制やリサイクルなど、資源循環型の施工が求められている。

推進工法による非開削での管敷設工事では、路上を占有するのは発進立坑と到達立坑のみであり、路上交通に与える影響は開削工事に比べはるかに少ない。騒音、振動、粉塵の発生も立坑部に限られ、近隣住民に与える迷惑は大きく軽減されるとともに、建設副産物の発生量も大きく減少する。

日本国内における推進工法の施工は昭和 23 年に始まり、現在では推進工法全体で年間約 1,000km を超える施工量に達している。推進工法の技術発展は、多くは下水道管渠敷設工法としての普及とともに進んできたが、その他の埋設管（水道、ガス、電気、通信等）の敷設においても有効な工法であり、各々の分野での研究開発も積極的に進められている。

上述したように、非開削工事は開削工事に比べ周辺環境に及ぼす影響を軽減する点において有利であり、開削工事により発生する環境負荷をコストに反映すれば、図-1 のように開削工事と非開削工事の損益分岐点は工事費のみの比較の場合に比べて短い施工長で発生することになる。しかしながら、現状においては開削工法による工事ははるかに多く、そこには非開削工法が採用されないさまざまな課題が存在している。

土木学会建設用ロボット委員会トンネル技術小委員会推進技術分科会では、非開削工法である推進工法の普及に影響を及ぼす要因を調査、分析するとともに、普及を促進するために必要な自動化、ロボット化技術についての提言を行った。

なお、推進工法は、一般的に刃口推進工法、セミシールド工法、小口径推進工法の 3 つに大別されるが、研究対象は比較的自動化、ロボット化が進んでおり、最近では長距離、曲線施工が可能となってきたセミシールド工法と小口径推進工法を選定した。

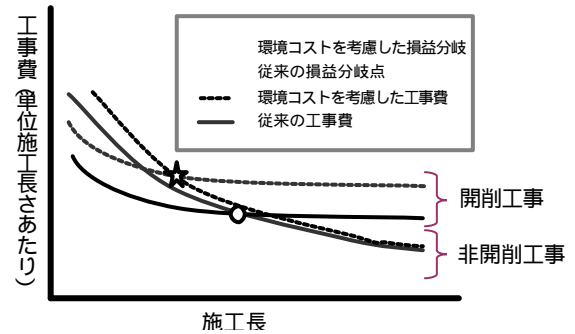


図-1 開削工事と非開削工事の損益分岐点の考え方

## 2. 推進工法の自動化の現状

### 2.1 セミシールド工法

#### (1) 概要

日本におけるセミシールド工法の施工は昭和 39 年に始まり、それ以後技術開発が進められ、今日では都市土木における管埋設工法の主要な役割を果たすようになってきている。

とりわけ近年におけるセミシールド工法の技術革新は目覚しく、中大口径管（800mm～3000mm）の推進工法の主流工法として、その適用範囲が飛躍的に拡大している。

以下に、セミシールド工法における自動化、ロボット化の現状を示す。

#### (2) 滑材注入工

長距離推進に限らず推進工法の施工では、推進管の保護・日進量の確保・周辺地盤への影響軽減などのため推進抵抗の低減が不可欠である。

そのためには、推進中は掘進機から発進立坑までの推進管外周と地山との間隙に常時滑材を残留させる必要がある。

通常は人力によって注入口の設定・移設作業を行うが、長距離推進工事においては人力作業が伴う滑材注入方式では限界があり、各種の遠隔操作による滑材注入方法の研究開発が行われている。

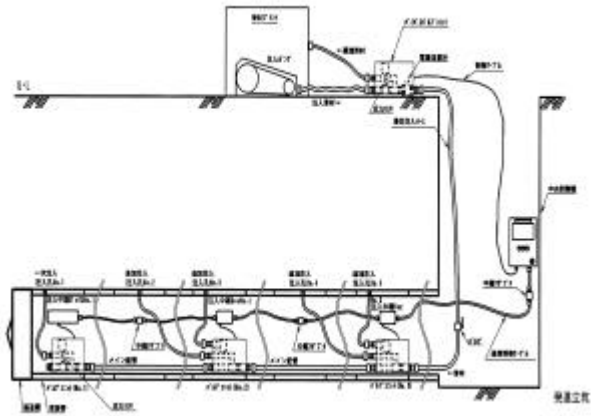


図-2 自動滑材注入装置

### (3) 掘削土搬出

掘削土の搬出方法は掘進方式によって異なる。

刃口推進（開放型人力掘削）工法では管内トロによる搬出が一般的だが、セミシールド工法においては以下の方法が一般的である。

- 泥水式推進工法 流体輸送方式
- 泥土圧式推進工法 管内トロ方式・土砂圧送方式
- 泥濃式推進工法 空気スラリー輸送方式

このうち流体輸送方式と土砂圧送方式は連続搬出であるが管内トロ方式および空気スラリー輸送方式は非連続（間欠）搬出である。

### (4) 掘進機操作

掘進機の操作はセミシールド工法の普及初期の頃は機内操作方式であったが、高水圧・長距離などの困難な条件での施工の必要性が高まるのに伴って遠隔操作方式が開発され、その比率は年々増加している。

特に最近の長距離・曲線施工においては遠隔操作方式が多く導入されており、他の掘進データ（推進抵抗・掘進機姿勢・推進精度・滑材注入量等）も総合的に把握し、操作することが必要となってきている。

### (5) 坑内測量

坑内測量は、通常の直線推進の場合は発進立坑からの視準による光学測量かレーザー光を用いた誤差読み取りを行うが、曲線推進の場合は管内に測量器を設置しての作業となる。推進工事の場合は到達するまで推進管全体が移動するため、管内に測量用基準点を常設す

ることは出来ず、毎回測量作業（機器据え付け・測定・盛り替え）を繰り返す必要がある。

この作業は推進路線の長距離化および線形の複雑化によって作業人員・所要時間・苦渋性が増大し、長距離・曲線施工においてのセミシールド工法の大きな課題になっている。そのため、最近では各種の自動測量システムの研究開発が積極的に行われている。

自動測量システムのうち実用化されているものを大別すると、

ジャイロ本体走行方式

ジャイロ+距離測定方式、液圧差測定方式

測距・測角器（自動追尾トータルステーション）複数台設置方式

の3方式である。

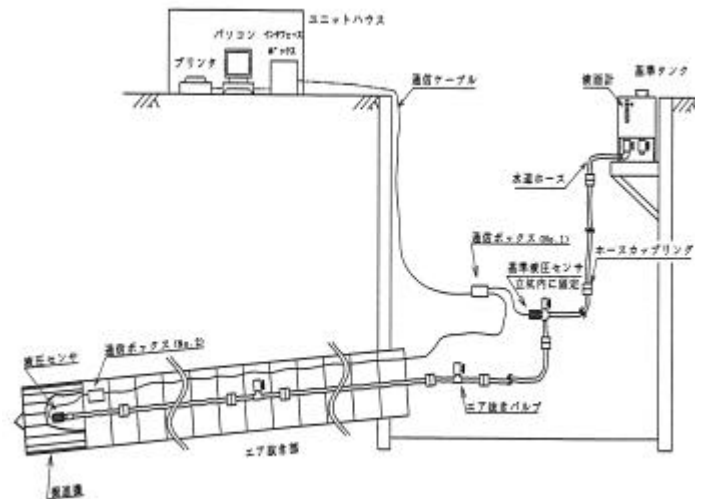


図-3 液圧差測定方式

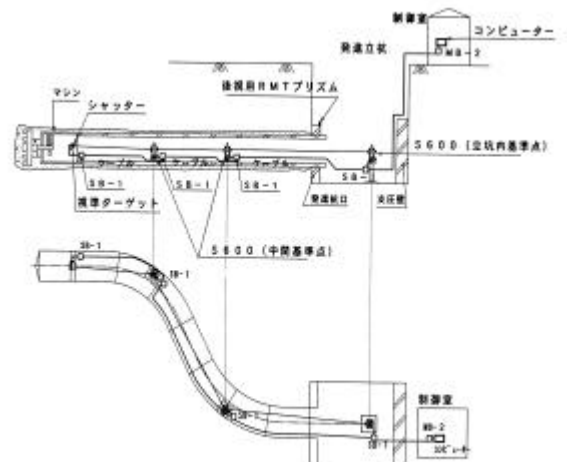


図-4 測距・測角器複数台設置方式

## 2.2 小口径推進工法

### (1)概要

小口径推進工法は、推進管径(呼び径)150mm から700mm に適用する工法である。小口径推進工法における自動化・ロボット化は、その推進管径から推進作業者が管内に入って作業することは極めて困難であるとともに、労働環境にかかわる法令によってもそれが禁止されている。このことから、掘削にかかわる作業工程は、必然として自動化技術、遠隔操作技術により施工することが求められ、地中を先導する掘進機は立坑から遠隔でコントロールするロボットとして、小口径推進工法へのニーズの高まりとともに急テンポにその技術革新が進展してきた。

1980年代初期から今日までの約20年余の間において、小口径推進工法の施工量は飛躍的な伸びを見せるとともに、従来の特殊工法としての位置付けから、コスト削減への対応や環境問題、労働問題を解決するための技術としてその位置付けも大きく変化してきており、関連分野において、導入促進への取り組みが積極的に進められている。

以下に小口径推進工法における自動化・ロボット化の現状を示す。

### (2)掘削土搬出

掘削及び土砂の搬出方式は、オーガ方式、ポーリング方式、泥水方式、泥土圧方式が主な方式であるが駆動力の伝達、泥水、作泥材の供給、泥水・泥土圧の管理・制御、土砂排土などの工程は、掘進機に取り付けられた各種センサーの情報を基に遠隔操作により作業が実施されており、小口径推進工法において最も自動化が進んでいる工程である。

しかしながら、掘削排土管理や推進速度、推力などを含めた総合的な掘進管理とこれに基づく掘進機制御の判断に関しては、その多くをオペレータの経験、技能に依存しており、現状においては自動化が遅れていると言える。

### (3)位置・姿勢計測

小口径推進工法において、掘進機の位置・姿勢計測は適切な推進管理・制御を行う上で重要な位置付けにある。

掘進機の姿勢計測は、ピッチング計、ヨーイング計、ローリング計などを搭載し計測データをリアルタイムに収録するシステムが多く導入されている。これら計測データの収集は通信手段を用いて遠隔化、自動化されている。

掘進機の位置計測は、これまで直線推進が主流であったことからレーザー方式が多く普及している。

曲線推進の場合は、レーザー方式の適用に限界があることから、電磁界やジャイロによる水平位置計測方式と液圧差測定方式が採用されている。

電磁界方式(図-5)は、掘進機に内蔵した磁界発生コイルから発信させた電磁界によって地上に設置した受信コイルに発生する誘起電圧レベルを計測し、地中の掘進機位置を検知する方式であるが、掘進機直上付近での検知作業を伴うことから自動化の観点からは十分とは言えない。

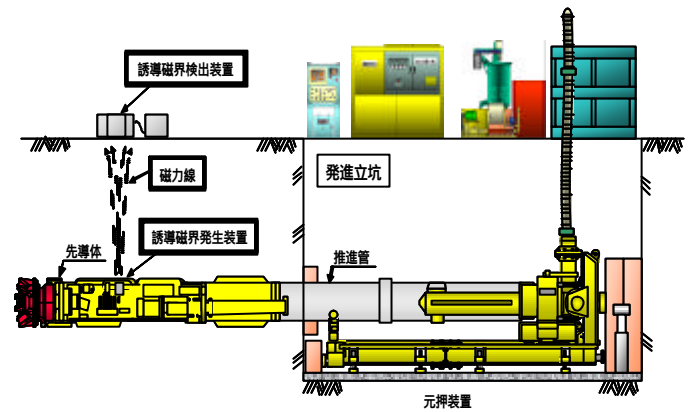


図-5 電磁界による水平位置計測方式

また、高性能ジャイロと高精度距離計等を搭載した計測ロボットを推進専用管内の軌条を走行させ、距離と方位角を連続計測して走行した軌跡を計測する方式が実用化されている。自動で連続的かつ高精度な位置計測が可能となっているが、計測時間の短縮、低コスト化が今後の課題となっている。

一方、レーザー方式を採用し、レーザー光中継装置を複数管内に設置し、自動追尾することによって掘進機後端位置を計測する方式の開発が進められ、一部で実用化されている。この方式によっても位置計測の自動化は実現し得るが、コスト面や装置の小型化に関する課題がある。

#### (4)方向制御

長距離推進、曲線推進へのニーズが高まっていく中で方向制御の自動化、高精度化技術が望まれている。

直線推進に用いられる掘進機は、方向修正のための微量の制御を行う程度であるが、曲線推進に用いられる掘進機の制御においては、その制御量の決定にあたって、掘進機の位置、姿勢はもちろん推進する地盤の土質とその制御効果とを合わせて総合的かつ高度な判断を要する。現状においてはマシンオペレータの技能にその多くを依存しており、自動化が望まれている。

方向制御量の推定をより精度よくかつ自動化しようとする開発も進められ、ファジィ制御方式を用いた方向制御システムが一部導入されたが、小口径推進工法での普及レベルは未だ低い状況にある。

#### (5)地中前方探査

小口径推進工法において、地中の埋設物や残置物、地盤中の玉石などの存在を把握、探知できることは、事故防止やトラブル回避、高精度推進の観点から非常に有効となる。

電磁界や電磁波（レーダ）を搭載した地中前方探査技術の開発が試みられてきたが、探知距離、探知対象物などの制約から現在までに実用化されているものは皆無である。

#### (6)配管・配線

小口径推進工法の多くは、狭いスペースの立坑内での推進管接続、ケーブル類の延長・接続作業が行われている。労働環境も苛酷であり、元押装置の作動や重量物の搬出入が頻繁に行われる中で、作業の安全上からも問題が多い。

二工程方式を採用している工法の中には、ケーブル類や排土管、泥水輸送管などを一工程目の推進管内に内蔵し、推進管の接続と同時にこれらを接続できる機構を採用することにより煩雑なケーブル類、配管類の脱着、引通し作業を廃止している工法もあるが人力作業は依然として残っており自動化は達成されていない。

労働環境の改善、安全性の向上、能率向上などさまざまな観点から、今後最も自動化を進めていかなければならない領域とも言える。

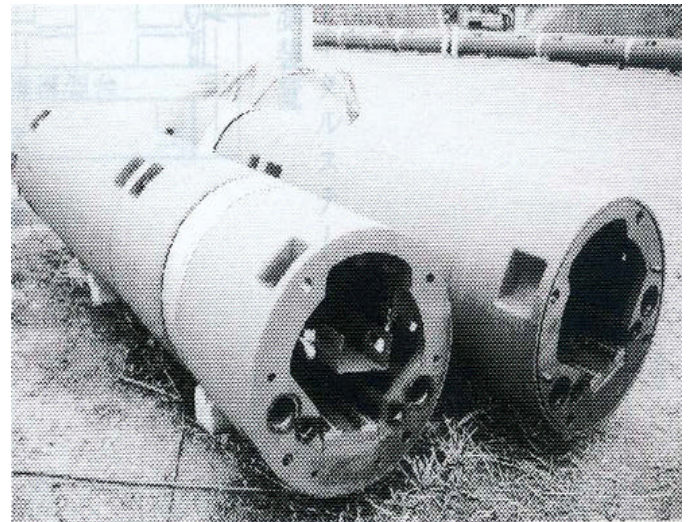


図-6 送排泥管などを内蔵した推進管の例

出典（非開削技術（日本非開削技術協会）NO.21 1997 Oct. p.66）

### 3．推進工法の自動化・ロボット化に関するアンケート結果の分析および考察

#### 3.1 アンケート結果の分析方法

推進工法の自動化、ロボット化に関して、セミシールド工法、小口径推進工法に関連する24種類の技術についてのアンケートを収集し、分析、考察を行った。

アンケートは、技術の普及の度合いから、“十分に普及している・やや普及している”技術、“どちらとも言えない”技術及び“あまり普及していない・ほとんど普及していない”技術の3つに分類して分析した。

#### 3.2 品質・コスト・工程・安全性などの側面からみた分析結果および考察

今回のアンケートでは、一対比較法によって“品質の向上”“コストダウン”“工程短縮”“安全性の向上”“省力化”“環境保全”“作業環境改善”が開発目的と開発結果に占める比重を求めている。ここでは、これらの比重に着目して考察することとする(図-7)。

##### (1)品質の向上

開発目的および開発結果ともに、“品質の向上”がそれぞれ21%および22%で第一位となっている。“十分に普及している・やや普及している”技術(24件中13件)において、その“品質の向上”の程度を、「非常に向上した」と回答したものは23%、「かなり向上した」と回答したものは31%であった。

この結果から、開発は、“コストダウン”や“工程短縮”

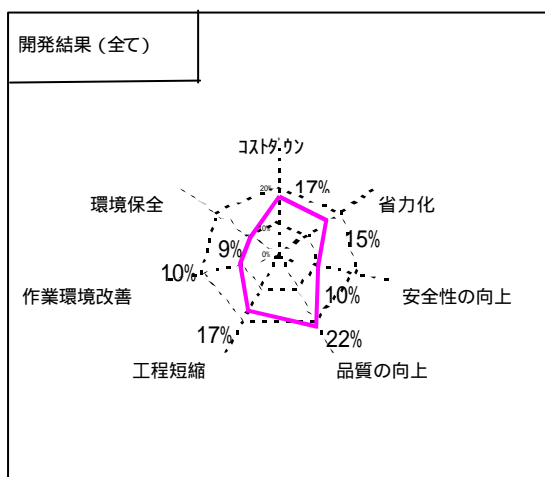
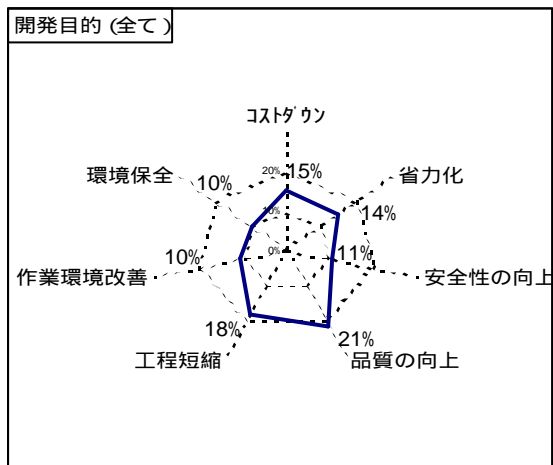


図-7 開発目的と開発結果に占める比重

縮”よりも施工における“品質の向上”を優先している様子がうかがえる。

### (2)コストダウン

開発目的では“コストダウン”が15%と第三位、開発結果では“工程短縮”と並んで17%と第二位となっている。“十分に普及している・やや普及している”技術において、その“コストダウン”の程度を、「20%以上」とした回答は23%、「30%以上」とした回答は8%であった。

“コストダウン”が開発目的や開発結果で“品質の向上”に準ずる位置にあることは、経費削減が大きく叫ばれる時代にあっては当然の結果と思われる。

### (3)工程短縮

開発目的では“工程短縮”が18%と第二位、開発結果では“コストダウン”と並んで17%と第二位となっている。“十分に普及している・やや普及している”技術において、その“工程短縮”の程度を、「20%以上」とした回答は15%、「30%以上」及び「40%以上」とした回答はそれぞれ8%であった。

“工程短縮”は、“コストダウン”と密接な関係があるため、“コストダウン”と同様に優先する傾向がうかがえる。

### (4)省力化

“省力化”は、開発目的では14%、開発結果では15%と第四位となっている。“省力化”の程度は、「半減した」「無人化を達成した」との回答も見られる。

労働者の高齢化が進む昨今においては、“省力化”も開発目的のキーワードとなり得ることは容易に想定されたが、その位置付けは、“品質の向上”“コストダウン”“工程短縮”に次ぐものであった。

### (5)安全性の向上・環境保全・作業環境改善

これらは開発目的・開発結果いずれでもそれぞれ10%程度となっている。普及の如何に関わらず、「安全性および作業環境ともに改善・向上した」との回答が多くを占めていた。

このことから、開発された技術は“安全性の向上”や“作業環境改善”に貢献しているが、“安全性の向上”及び“作業環境改善”は普及するための主たる要因にはなり得ていない実状もうかがえる。

## 3.3 普及の阻害要因の分析及び普及に向けた課題に関する考察

今回のアンケートでは、一対比較法によって、内的要因については“価格”“性能”“人材”“保有・運用”“採用促進”の要因が普及に占める比重を求めている(図-8)。また、外的要因については“適用条件”“発注工事”“開発コスト”“政策”の要因が普及に占める比重を求めている(図-9)。ここでは、これらの比重に着目して考察することとする。

### (1)普及に影響を与えた内的要因

“十分に普及している・やや普及している”技術では、“性能”の占める比重が39%となっており、“採用促進”21%・“価格”17%を大きく上回っている。

“どちらとも言えない”技術では、“採用促進”の占める比重が41%となっており、“性能”20%・“価格”17%を大きく上回っている。

“あまり普及していない・ほとんど普及していない”技術では、“価格”の占める比重が37%となっており、次いで“採用促進”24%、“性能”21%となっている。

以上の結果から、“性能”“採用促進”“価格”の要因が普及における主たる内的要因として作用していることが分かる。

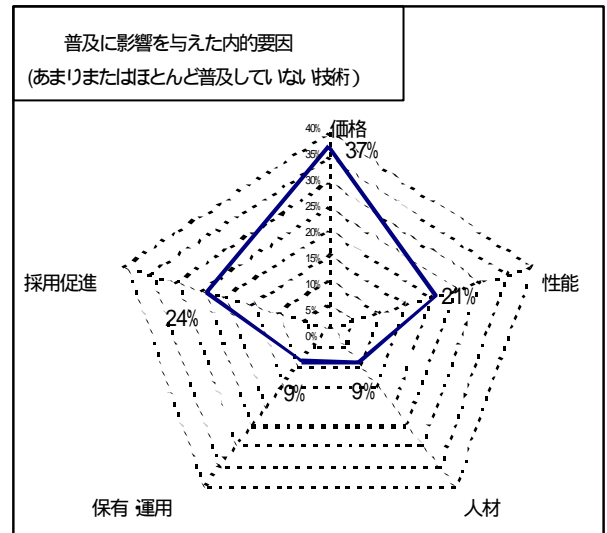


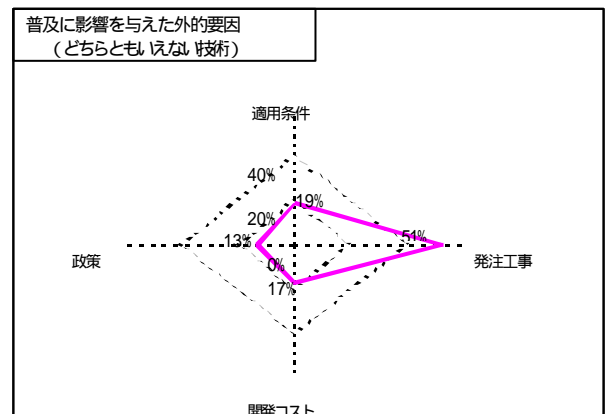
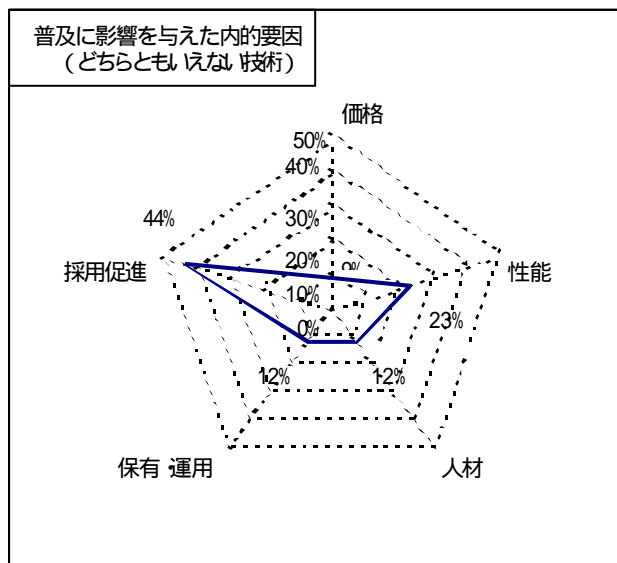
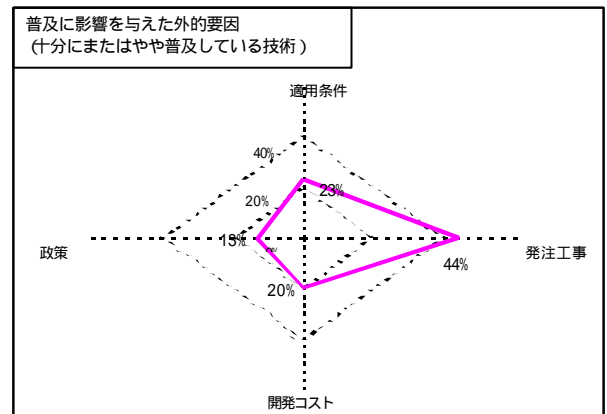
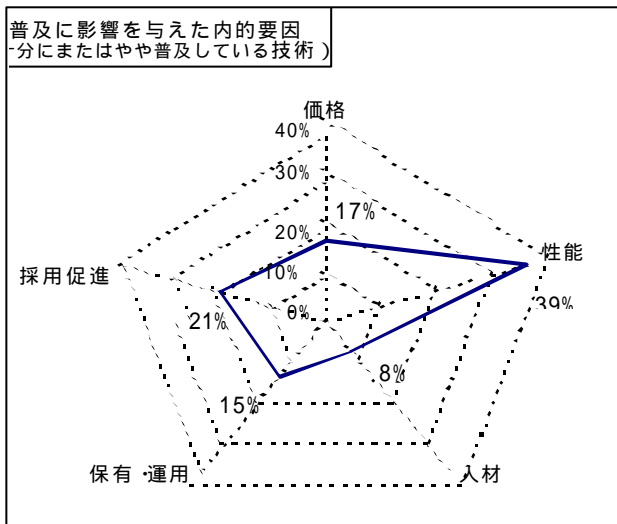
図-8 普及に影響を与えた内的要因

(2)普及に影響を与えた外的要因

“十分に普及している・やや普及している”技術、“どちらとも言えない”技術及び“あまり普及してい

ない・ほとんど普及していない”技術のいずれにおいても、“発注工事”の占める割合が44～48%と、次点の“適用条件”23～28%に対しても突出している。

この結果から、普及に影響を与える外的要因として、発注工事の規模や件数の要因が大きな比重を占めていることが解る。



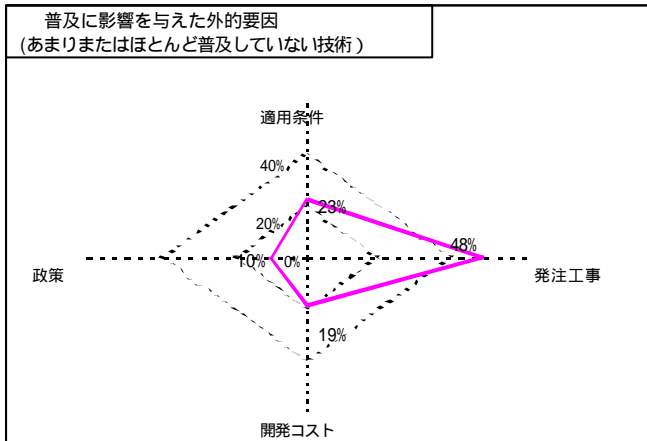


図-9 普及に影響を与えた外的要因

(3) 普及に向けた今後の内的な課題

“十分に普及している・やや普及している”技術、及び“あまり普及していない・ほとんど普及していない”技術においては、“価格”が28～31%と最も大きな比重を占めている。これは、普及が円滑に進む技術の場合も、普及がなかなか進まない技術の場合も“価格”の要因が大きな影響を持ち、価格低減を図ることが普及にとっては重要であることを物語っている。

一方“どちらも言えない”技術では、最も大きな比重を占めた要因は、“採用促進”である。このことは、その技術の“価格”がある一定水準にある場合には、“採用促進”が強化されることによって普及が一段と加速する可能性があることもうかがえる。

(4) 普及に向けた今後の外的な課題

普及に向けた今後の外的な課題の比重分布は、普及

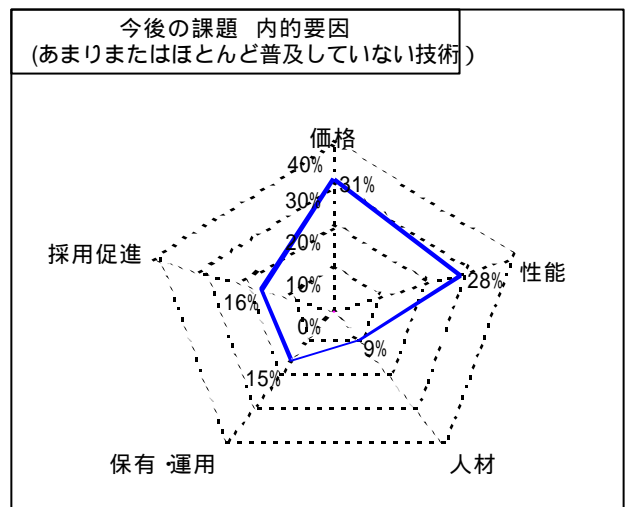
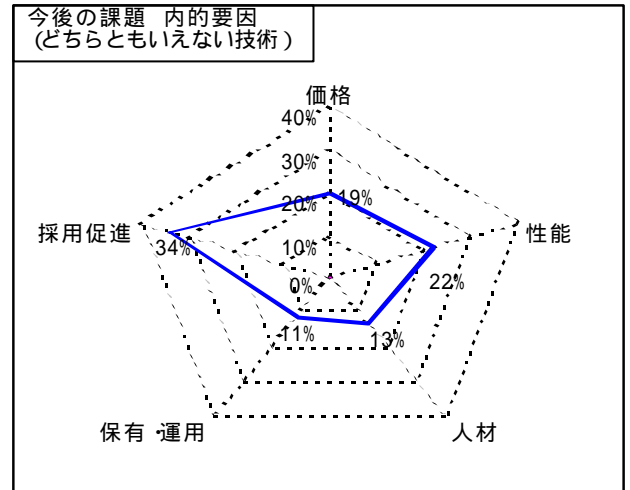
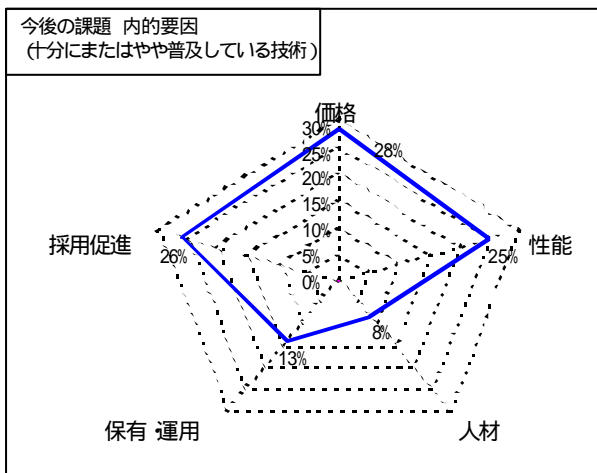
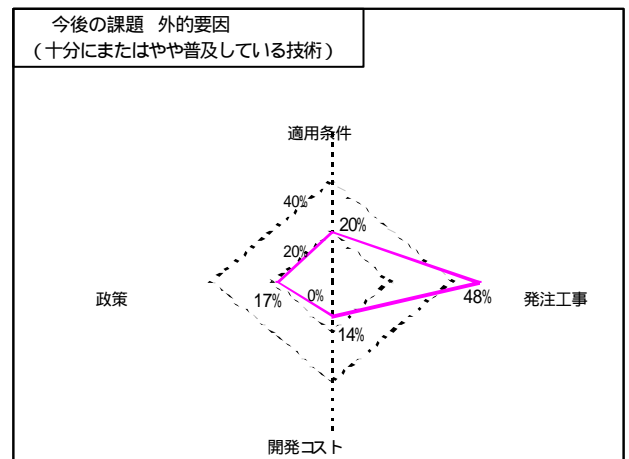


図-10 普及に向けた今後の内的な課題

に影響を与えた外的要因の比重分布と極めて類似している。このことから、今後発注される工事規模や件数の拡大が普及につながる大きな要因となることが解る。





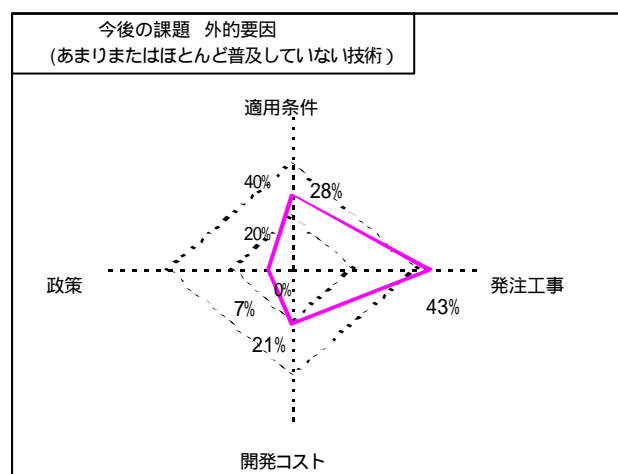
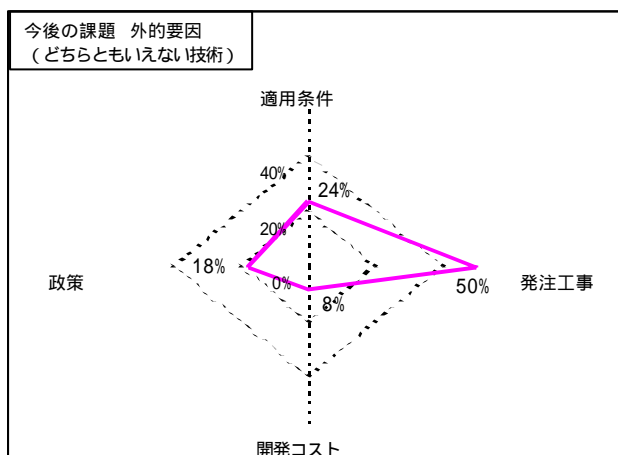


図-11 普及に向けた今後の外的な課題

#### (5) 普及に必要な技術

今後、普及に必要な技術として、“操作の容易性”、“信頼性向上”、“障害物検知・回避”を挙げる回答が目立ち、現状では十分な研究開発が行われていない領域に対する期待の表れであるとも言える。

### 3.4 経済性に関する分析結果と考察

「普及に向けた今後の内的な課題」として、その技術の“価格(あるいは工事費)”が今後の普及に最も影響を及ぼすとした回答結果が得られている。

また、「普及に向けた今後の外的な課題」としては発注される工事の規模および件数の拡大が挙げられている。これらからは、開発された技術(機器類)の稼働率の向上による機械損料の低廉化等を求めるものと推察される。

以上の点から、推進工法における自動化・ロボット化技術の開発は、“品質の向上”、“コストダウン”およ

び“工程短縮”を主な目的として実施され、開発された技術の普及拡大には発注される工事の規模および件数が大きく影響すると回答されており、技術の積極的な採用によるさらなる低廉化とは密接な関係にあることがうかがえた。

## 4. 今後の見通しと改善提案

開削工法に替わる非開削工法としての推進工法への期待が増大するのに伴い、セミシールド工法や小口径推進工法は、長距離・曲線施工へのニーズに対応できる工法として技術革新が進められてきた。

今後は、こうした技術の更なる高度化を進めるとともに、省力化や労働環境の改善を図る技術の開発・導入、推進工法の採用を促進する施策の展開、推進機器の運用効率向上を図る取り組み等についても積極的に実施していく必要がある。

### 4.1 更なる技術革新への提言

#### (1) セミシールド工法

近年、セミシールド工法は、滑材注入、掘削土搬出、坑内測量の工程が主に自動化されてきたことや管材料の改良などにより1km程度の長距離施工や交角90°程度の急曲線施工も現実的なものとなり、シールド工法の独占的領域と考えられていた条件下での施工も可能となってきている。

今後は以下に述べる技術を実現することが期待される。

#### 掘進機操作の自動化

推進抵抗・掘進機姿勢・推進精度・滑材注入などの総合集中管理に基づく掘進機の自動制御技術

#### 推進用ジャッキ動作の自動化

長距離化、急曲線施工に伴い増大する推進抵抗に対し、掘進機操作と連動したジャッキ動作の自動制御技術

#### 配管・配線作業の自動化

最も人力依存度の高い配管・配線作業の自動化・高速化技術

#### 地中前方探査

掘進機前方の地中障害物や既存埋設管等の事前把握を可能とするセンシング技術

## (2)小口径推進工法

小口径推進工法は 50 種類以上もの工法が運用されているが、近年、200mを超える長距離推進や曲率半径 30m程度の施工も可能な工法が開発されている。

今後、更に厳しい条件下での施工やコストダウンに対するニーズが高まると予想されることから以下に述べる技術を実現することが期待される。

### 掘削排土の自動化

掘進管理に重要となる推進速度や推力管理などと統合化された自動排土管理技術

### 無排土推進工法の適用拡大

環境保護や高速施工に対応できる広範囲な地盤に適用可能な無排土推進技術

### 位置・姿勢計測技術の高度化

更なる長距離化、急曲線化へのニーズに対応する高精度な位置・姿勢計測技術

### 方向制御の自動化

技能習得に多くの費用と期間を要さず、トラブルの未然防止をも可能とする方向制御技術

### 配管・配線作業の自動化

人力依存度の高い配管・配線作業の自動化・高速化技術

### 地中前方探査

掘進機前方の地中障害物や既存埋設管等の事前把握を可能とするセンシング技術

## 4.2 推進工法採用の促進

推進工法は、現行法のもとでは、普及拡大に関して大きな制約を受けるものは見あたらない。むしろ、近年の路上工事縮減を求める国民の声に対し、国土交通省（道路局、関東地方整備局）・東京都建設局・警視庁交通部では、共同で、路上工事による渋滞を緩和するため、その縮減を推し進める施策を強化している。特に大都市東京においては、平成4年度の路上工事件数を平成14年度までに半減することを目標に、平成9年4月「東京都区部路上工事縮減五箇年計画」が策定され、その具体的方策の中で、推進工法などの非開削工法の適用拡大が示された。こうした背景も含め、今後ますます、推進工法の普及促進に資する自動化、ロボット化技術が求められるとともに、こうした技術を

実現していくことが一層の採用促進に繋がるものと考えられる。

## 4.3 労働環境の改善

推進工法のうち刃口推進工法は、人力に頼る部分が多く、狭隘な空間での作業や粉塵などにより苦渋性が増大するため労働環境は悪く、その適用は減少している。近年においては、セミシールド工法や小口径推進工法が主流を占めるようになり、従来、人力に頼る傾向にあった滑材注入や坑内測量などの作業の自動化が進み労働環境についても大いに改善され、労働災害も減少傾向を示している。しかしながら、前述したように人力作業の削減を図る技術はますます必要とされ、技術的困難性は高いものの積極的取り組みが大いに期待される。

## 4.4 機器運用効率の向上

推進工法は、開削工法に比べさまざまな利点をもたらすが、工事費が高いという理由から、非開削工法が採用されない場合が多い。

この理由として、推進工法は、特殊な機械設備や専門の技術者を必要とすることで、工事費が割高になることも一つの要因と考えられる。コスト低減を図るには、作業能率の増進や使用機器の稼働率向上などが考えられる。作業能率の増進については、自動化、ロボット化の技術革新が急速に進んでいることもあり、これらにより解決されていくことが期待される。一方、推進工法用機器類は、対象とする管種、管路や地盤に対する施工品質を重視して開発されてきたものが多く、これが機器の高コスト化や、それに伴う稼働率の低下を招いているものと想定できる。従って、地盤に対する適用範囲の広い掘進機の開発や、細分化された管材規格の統合化を図ること等によって、機器の汎用性を向上させることも、工事費の低減に大きく寄与するものと考えられ、そのための技術革新や規格等の見直しに関する取り組みが必要となる。

【参考文献】高根昇 土木特殊工法シリーズ1 推進工法(1982)森北出版株式会社

「21世紀における建設工事の自動化・ロボット化への展望」研究報告書(社)土木学会建設用ロボット委員会(2001.6)