

# 総論 推進技術の継承

## 推進技術の継承



なかの まさあき  
中野 正明

機動建設工業(株)  
代表取締役社長  
(本誌編集参与)

### 1 はじめに

推進工法は国内外の社会資本整備にこれからも大きく貢献することは間違いないことだと確信しますが、今後の展開を考えると一抹の不安を覚えるのは「技術の継承」がそう上手くはいっていないことです。推進技術は今まで60年以上の歴史がありますが、その歴史は3世代に大別できると考えられます。第一世代は推進工法が初めて行われてから20～30年の間で、刃口式推進工法が主流で推進工法の発祥から普及の時期でした。その世代は土木技術者身につけた先進的な開発者と他業種、例えば鉱山技術者や炭坑離職者などが意志を一つにして事業に取り組みました。その時代は戦後の復興期から高度経済成長時代であり、推進工法はまさしく特殊な技術であったため、技術者に対する待遇や評価が高く、意欲のある若手技術者が数多く参入しました。そのため次の世代への継承は、苦労はあったものの比較的スムーズに行われ、長距離、急曲線などの機械推進が主流となり推進技術が飛躍的に進歩発展する第二世代に受け継がれました。第二世代は下水道をはじめとする国内インフラの

整備率向上とともに、受動的な立場では市場の発展は望めないため、より高度な技術を開発して新たな市場を開拓して他者と差別化する必要に迫られました。そのため、この20年程度の第二世代で今日の日本の推進技術の世界に誇る技術として特長付ける長距離、曲線、大深度（大土被り）、超大口径などの特殊な技術が開発、普及、定着しました。しかし、この20年はそれまでの第一世代の時とは違って業界を取り巻く環境は厳しく、建設業に対するイメージの低下、長引く不況による技術者の待遇の劣悪化、企業業績の低迷による新規機械の購入手控え、開発部門などの目先の不採算部門の廃止などのため、次世代への技術の継承が問題となっています。次世代は推進技術にとっては第三世代と呼ぶべき世代で、これまでに培われてきた推進技術をさらに発展させるとともに、国内インフラの再整備に寄与する技術への改善、管路建設技術から地下空間の建設技術への飛躍、海外の大型プロジェクトへの進出などこれまで以上の飛躍が期待される世代です。そのため第三世代への技術継承は今後の推進技術の発展にとって重要ですが、上記のような環境の中、各

企業において大変頭の痛い問題です。

本稿においてはこの機会に推進工法の技術についてその内容を考えるとともに、その技術を担う技術者に要求される能力について考えることによって、第三世代への技術の継承を探っていきたいと思います。

### 2 推進工法の「技術」と「技術者」

#### 2.1 施工および施工管理

推進技術における技術の第一はなんと言っても施工および施工管理の技術です。推進工事において難工事を確実に施工することは推進技術の端的な表現方法であり、すばらしい新工法を提唱しても実施工においてトラブルを繰り返しては評価に値しません。そのため優れた施工能力を持った技術者の存在は推進工法の技術を語る上で第1に重要な要素です。

##### (1) 職員(施工管理)の技術力

最近の推進工事の施工の良否を左右する要因の第一は工事を管理する職員の施工管理能力であり、そのことを抜きに推進工法の施工技術は確保できません。そのため、技術者に対しては理論教育と実地施工経験が必要ですが、

それらが疎かになって机上の管理のみになったり問題の報告・連絡・相談だけで判断・指示のできない技術者が多くなったりしている現状があります。これからの高度な技術を必要とする施工に当っては、経験だけではなく基礎知識、特に土木工学はもちろんですが電気・機械・化学などの幅広い知識が必要です。この中で土木工学などの基礎知識の習得は高校や大学での学習ですが、専門以外の分野の学習は入社後の業務の中で習得しなければなりません。しかし日常業務の中でこれらの知識を系統的に習得することは困難であり、日常業務を離れた社内研修などの社内教育や社外のセミナー、資格取得のための講習などが役立つと思われます。しかし、最も重要なことは本人の知識習得に対する意欲であり、そのためには日常業務で必要に迫られるという意識と推進工法に魅力を感じる必要があると思います。

## (2) 施工(作業員)の技術

刃口式推進においては先やま(切羽作業員)の技量、機械推進ではとりわけ掘進機オペレータの技量も推進技術の重要な要素です。最近では崩壊性の切羽に対して先やまの技量に頼って刃口式推進で施工したり、適応外の地盤に対して掘進機オペレータの技量に頼って施工したりすることはないと思いますが、これらの技量は「技能」と呼ぶべきもので一朝一夕の教育によって育成できるものではなく、ある意味経験を積まなければならないものです。しかし、技術の伝承のためにはそれらを含んだ協力業者の体制が必要であり、そのような体制があれば技能の向上・資格の取得・安全教育などの組織化が可能になります。また、施工管理と作業員の技能を結びつけてより効果的に組織化する要因としてはコミュニケーションがあります。これからの技術者に要求

される能力の一つにはコミュニケーション力があるため、社内会議や社外発表などで自分の意見を主張する能力を鍛えることが必要です。

## 2.2 機械および装置

### (1) 機械装置の開発・改良

近年の機械推進においては施工の可否や良否が掘進機をはじめとする機械装置の能力で左右されるケースがよくあります。つまりいろいろな意味で良い機械や装置を選定したり保有したりすることが推進工法の技術の一つの要素になっています。通常機械装置の開発はメーカーに負うところが大きいですが、具体的使用物件・販売先などが確定していなければ新しい機械の製作に着手しにくい状況があります。開発構想は一般的ニーズを把握して想定できますが、具体的な開発・改造に当っては施工者側や使用者側からの意見も重要であり、そのことなくしては有用な技術開発や改造を行うことは不可能です。また、機械メーカーが施工を知ること、施工業者が機械のメカニズムを知ること重要です。また開発コストも大きな問題であり、それらを含めて共同開発・分担などができる環境を模索する必要があると思われます。

### (2) 機械の整備および改造能力

機械の能力不足や故障によるトラブルは推進工法の信頼を損ねることになるため、選定および整備・改造は的確に行わなければならないが、そのためには優秀な選定部門と有能な整備部門が必要です。メーカーあるいはリース業者の保有機械についても同様であり、その整備基準や改造判断が重要です。そのような技術力を持った人材の継承は単なる整備技術だけではなく、施工面に対する視野も必要です。そのため、施工現場と機械整備工場のコミュニケーションが重要であり、特に整備技術の研修には現場施工の体験は必須だ

と考えます。

## 2.3 トラブル防止

### (1) 的確で迅速な対応力

推進工法では程度の差はありますが、想定外の土質変化や障害物などによる不可避のトラブルが時々発生し、想定内の土質変化などは日常的に発生します。その対応も日常的に行わなければならないと思いますが、その結果によって技術力の評価が分かれます。対応のポイントは的確性と迅速性ですが、それらはトラブルに対する認識と知識・経験の差によって結果が大きく左右されます。技術の継承のためには「多くのトラブルを経験した技術者」を育成しなければならないということですが、育成のためにトラブルが発生するわけではなく、むしろトラブルは発生させてはならないものであることは当然です。そのため、より少ない事例でより多くのことを学ぶために、一つのトラブルに対する分析・研究を徹底的に行う必要があります。そのためには、発生したトラブルの正確な報告、連絡、相談が必要です。

### (2) 水平展開(トラブルデータ)

トラブルの経験を水平展開して繰り返さないことは推進工法の信頼を高める有効な手段であり、そのためにはデータの収集・分析を行って、結果を周知する必要があります。特に次世代を担う技術者にはトラブルに対する対応を誤らないために、十分な教育が必要である。そのためにはトラブルを包み隠さず報告してそのデータを整理・保管しておく必要があります。組織としてはそのような報告・連絡を躊躇なく行なう雰囲気を作るとともに、報告に対しては上級の技術者を交えた検討を直ちに実施してその結果を現場施工に反映させなければならないと思います。また、ある意味技術の継承のためにはトラブル現場こそ多くのことを学ぶことができる場であり、将来を担う技術者こそトラブル現場に適

宜投入するのが良いと思われます。

## 2.4 新工法・新製品の開発

推進工法の技術という場合、今後に期待されるのは新しい工法や製品の開発であり、これからも引き続いての開発努力は不可欠です。推進工法での新技術の開発パターンとしては下記の3パターンがあり、それぞれに新しい発想を持った技術者の存在が必要です。

### (1) 具体的な案件に向けた開発

計画あるいは設計中の案件に対して従来技術では対応不可能な場合や、より効率的な施工方法を提案する必要がある場合に、従来技術を検討・改良することがあります。最近では発注者側から積極的にそのような新技術の提案を求めるケースが増加しており、このようなパターンがますます増えるものと期待しています。発注者や設計者から開発テーマの投げかけがあればターゲットを絞った対応がしやすいが、その意図をくみ取ることがまず第一歩です。そういう意味では次世代の技術者に求められるものの一つには、いわゆる研究者タイプではなく、コミュニケーションや自己表現に優れるタイプが求められています。また、今後は開発側（施工者・メーカー）の技術者として旧来の慣習にとらわれずに発注者などとのコミュニケーションが取れば、さらにより良い提案ができるのではないかと考えます。

### (2) 一般的ニーズに沿って開発し

#### 売り込み (PR)

一般的なニーズを把握して基礎的な開発検討を事前に行い、案件の発注に対して新技術をPRして実施工につなげる場合です。一般的なニーズは概略的には把握できるが、技術開発に対して事前投資をしたり開発部所を維持したりするだけの企業体力が必要であるため、推進専業者やメーカー単独では困難になりつつあるようです。そのため、推進工法における技術の進歩はめざましい

ものの、長年の基礎的研究による発明は少なく、従来技術の改良による適応範囲の拡大が多数を占めているのが現状です。そのため「新工法」や「新製品」と銘打つものが開発されても、すぐに「類似品」「同等品」が出現して一般的な技術としてとらえられ、価格が低下することの繰り返しのような感じます。このような現状を改善して新しい時代の技術者を育てるためには、官（発注者）と学（大学）などと連携した基礎研究体制の整備が望まれます。特に大学などの学術機関に推進工法に関する非開削工法の研究・教育部門（講座、研究室）の設置を強く望みます。

### (3) 他分野との共同開発

推進技術とトンネルやシールドなどの他の非開削技術とを組み合わせ、新たな地下空間建設技術を開発しようとする動きや、他分野（材料・機械・制御・環境など）と共同で新たな技術を開発する動きがあります。複数社での共同開発あるいは他業種とのタイアップによる開発チームの組織などができれば有効であり、負担の軽減（分担）にもなります。そのためには（公社）日本推進技術協会などが先頭に立ってそのような場を設定すべきであり、参画することによって技術者の幅広い知識の習得や開発意欲の啓発にも役立つと思われます。前者の例としては、道路トンネルやシールドの分岐、合流部の拡幅を推進技術を応用して行う試みや、パイプルーフを併用して地下大断面の空間を建設する試みなどがあります。後者の例としては、数年前に当協会の提唱で発足して資料をとりまとめた「超大口径管推進工法研究会」の活動があり、現在までに数件の施工実績がありますが、今後多くの物件が発注・施工されて多くの技術者が関わるようになることを望むとともに、いろいろな分野の企業が共同して新技術の開発に取り組む

ようなスキームが定着することを強く望みます。

## 2.5 設計（コンサルティング）

推進工事の案件成立の第一段階は計画、設計であり、適切な設計はトラブルのない施工の前提であるとともに、推進技術の普及、発展の必要条件でもあります。しかし、現状は出件される案件の技術内容が高度になっているにもかかわらず、設計に携わる技術者の質と量が低下しているように感じます。

### (1) 基礎学力

推進工事にかかわらず建設工事案件の計画設計を行うのに、土木工学をはじめとする様々な基礎的な学力（知識）が必要であることは当然です。基礎学力は大学や高校において学ぶべきものですが、すべての知識が社会人になる前に網羅されている人は皆無で、設計業務などの必要に迫られて学習を再開するのが一般的です。また、企業によっては社内、社外の研修に基礎知識の再履修を取り入れたり、大学などの社会人入学制度などを利用して基礎学力の向上を図ったりする場合があります。

### (2) 推進工法の知識

推進工法の設計をするのに推進工法の知識が必要であるのも当然ですが、プレゼンやカタログから得る知識だけで実体のある知識が不足しているように思います。実体のある知識とは推進技術の理論と施工実態を把握することです。理論は各種の「指針と解説」や「設計積算要領」などを通じて習得するものです。施工実態の把握は技術解説講座や推進関連雑誌などから得ることもできますが、なんと言っても実施工を自分の目で見るのが第一ですし、特に自ら設計した工事がその構想通りの施工になっているかどうかの検証が必要です。

### (3) 判断力

設計に当たっては路線の選定、工法の選定、特記仕様の検討など、様々

な判断をしなければなりません。その判断は自らが習得した上記の基礎知識と推進工法の知識に基づいて行いますが、最終的には経済比較（安ければよい）で決定されることが多いようです。しかし、理想的には経済比較を含めた設計条件を詳細に検討して、その目的にあった最良の路線、施工方法、特記仕様などを決定すべきです。またその目的物の耐久性も含めた判断が望まれます。

### 3 技術の継承

#### 3.1 On the Job Training (OJT)

前項で述べたように推進工法における技術にはいろいろな側面がありますが、いずれの側面にも必要なことは実施工に役立つことであり、そのためには実施工に即した訓練（OJT）が必須です。個人差はあるものの現場の施工を経験することによって、個人の能力の限界が分かるとともに技術力を高めるために何が必要であるかが見えてくるはずですが、特に、推進工法は構造物自体が時間の経過とともに移動するため、実施工においては机上の検討では見えないものが次々と出現するようなこともあります。そのような経験とそこから学ぶ知識は技術者にとっての財産であり、各現場で施工に臨む場合は毎回毎回新しい謙虚な気持ちで臨む必要があります。反面教師という言葉もありますが、OJTの成果を確実に上げるためには良い指導者、先輩について正しい施工方法を学ばなければなりません。そのためにはただ若者向けが良いだけでなく、優れた技術力を持って意欲的に仕事に取り組む指導者（先輩技術者）と若年技術者がペアを組んで現場施工に当たられるような配慮が必要です。また、現場施工で学んだことは何らかの形で記録（データ）に残す習慣をつけるこ

とはOJTの効率を高めると共に成果の継続のためにも重要です。例えば現場終了ごとの「現場レポート」や1年ごとの「目標管理報告書」などの習慣づけは、OJTの効果を高めるとともに組織として経験の共有になります。

#### 3.2 教育研修

最近の推進工法の技術者に要求される知識は幅広い基礎知識と専門知識で、それらを持った技術者を育成するためには継続的な教育研修が必要です。企業内で行なう研修や（公社）日本推進技術協会などが主催して行なう講習会などがありますが、そこで留意すべきことはそれぞれの技術レベルに合った内容で順次知識を高めてゆくことと、教育研修で学ぶ理論と現場施工の実践で検証を常に繰り返すことです。研修内容が個人の技術レベルに合わなければ、せっかくの向上機会を無駄にするばかりでなく意欲の減退になる場合もあります。また、理論教育ばかりが先行したり現場作業の実践ばかりになったりしては偏向した技術者になる可能性があるため、理論教育と実戦経験のバランスが重要だと考えます。他業種での教育研修では「マニュアル」に基づいた教育方法がよくありますが、推進技術においては疑問があります。基本的な作業手順マニュアルを作成することは不可能ではなく、すでに各企業や協会で作成されたものが多数ありますが、すべてのケースを網羅することは不可能です。推進工法は構造物自体が移動して施工条件（土質・地下水など）が刻々変化する工法であるため、マニュアルのみに基づいて判断することは危険な場合があります。基本的に押さえなければならぬ部分についてはマニュアルを作成して徹底することは効率的な教育になりますが、それ以上の詳細な判断能力は理論と実践の繰り返しの

#### 3.3 データ（経験）の蓄積

推進工法における判断基準として技術・積算の指針や基準は一般化していますが、個別のケースでの検討には実施工に則した判断が必要です。推進工法には経験工学的な側面もあるため、施工データの蓄積と分析が必要なことは当然ですが、現状での対応は十分とは言えません。施工データはまず各企業が独自に収集して、それを各工法協会が工法別に集積して分析します。そのような分析結果を一定期間毎に指針や基準の改訂に結びつけることが必要です。ここで問題なのは各企業でのデータ収集が行われていなかったり、収集されたデータの公開を嫌ったりする傾向があることです。推進工法の施工に関わる推進施工業者は、自社の施工データを正確に記録して、広く公開されることが望まれます。とりわけ重要ではあるが公開しがたいのはトラブルの記録と分析ですが、各企業においてはその重要性を認識していただいて、積極的にトラブルデータが公開されることを強く望みます。また、若手技術者もそのようなデータを共有できれば、技術の継承の大きな武器になりうると考えられます。

#### 3.4 工法協会および特許

一企業として発注前の技術検討に直接協力することは問題があり、工法協会として公益性を持って対応する方が効果的であるため、各種の工法協会が設立されて活動しています。しかし、現在は形骸化している協会が多くあり、再検討して存在意義のある協会に変革する時期に来ているような気がします。技術の継承のためには単独の企業ではなく複数の企業がひとつの目的で活動することは有効であるが、特許の許諾など協会員に対する具体的なメリットがなければ存続することが困難になりつつあります。推進工法における特許は数多く登録されていますが、休眠しているも

のや同一内容で出願されてその差異が判然としないものなどがあって、その価値に疑問があり、一度考えてみる必要があると思われる。企業防衛の手段としての価値はあるが、技術の進歩・啓発や継承のための積極的な価値は今のところあまり認知されていないのではと思われる。しかし、推進工法のグローバル化を考えたり、次世代の技術者を育成したりするためには、新しい発想で考案した発明を特許化することは有効であり、今後の海外展開などに大いに寄与するものと考えられます。また、推進技術は日々進歩しているため、技術情報や施工データの収集・分析・保管を行うことは工法選定などの参考になり、推進技術者の教育に大いに役立つものです。すべての情報を網羅することは困難ですが、本誌や関係雑誌の閲覧などは手取り早く情報を得る手段だと思われる。また(公社)日本推進技術協会や(一社)日本非開削技術協会などが主催する技術講習会や各工法協会のプレゼンや現場見学会などへの参加、および下水道展などの各種展示会なども参考にして積極的に取り組むことが必要です。

### 3.5 基礎研究体制

今後の推進工法技術の進歩のためには施工方法の改善・工夫だけではなく基礎研究に基づいた材料・機械・制御技術などの発明が必要です。また、次世代を担う確かな技術を持った後継の育成のためにも基礎研究制度は欠かせないと考えます。しかし、現状は国内の大学をはじめとする研究機関では推進工法のみならず非開削工法の基礎研究を行なっている機関は数えるほどしかありません。国内インフラの整備状況や下水道などの新設の需要だけをとらえれば消極的になるような機運がありますが、広い範囲での非開削による地下利用は今後の大きな課題です。また、

日本の推進工法技術に対する海外の評価は非常に高く、東南アジアをはじめとする大きな市場が待っています。積極的な展開を図るためにはしっかりとした基礎研究体制を整えて、海外留学生を含めた次世代の優秀な推進技術者を育成する必要があります。

## 4 推進技術のイメージアップ

### 4.1 推進工法のPR

前にも述べたように推進技術の継承・技術者の育成のためには推進工法が魅力的な仕事でなければなりません。現状は3K(きつい・汚い・危険)の典型のようなイメージで決して魅力ある職業とは認められていません。しかし、そのような見た目やうわべの印象ではなく、真にやりがいのある仕事であることを伝えて「イメージアップ」を図らなければなりません。推進工法は先にも述べたようにマニュアルだけで施工できる工法ではなく、時々々の状況を自分の頭で考えて判断しなければならない工法であり、自分を信じて困難を克服しなければならない仕事です。それゆえ困難を克服して到達・貫通したときの喜びは他の工法にはない魅力だと思えます。また、国内外の推進工法に対する評価は非常に高く、とりわけ海外における日本の推進技術や推進技術者への期待は大きく、職業としてのグレードが高くやりがいのある仕事環境があります。今後はこのような推進工法の魅力をこたあるごとに新聞、雑誌、講演などを通じてPRして、有能な技術者が推進工法に取り組むような状況を作りたいと思えます。また、作業環境においては省力化、自動化の推進や1週40時間労働の徹底などが実現されれば、大いに改善できるものと考えます。そのためには発注段階での適切な工程や価格の設定、入札におけるダンピング行為の

排除、条件相違の場合の適切な設計変更などが必要です。

### 4.2 社会の理解と発注者の評価

推進技術の継承に必要なもう一つのポイントとしては、発注者をはじめとする社会の理解と技術に対する正当な評価があります。最近では一定程度の理解と評価はあると思われますが、新技術の開発援助や導入、設計変更などに対してはまだ物足りないものがあります。施工者やメーカー側が技術の継承に苦慮していることは明らかですが、発注者・コンサル側も二世帯までのような推進工法に深い理解を示す有能な技術者が減少しているように思われます。もちろん、発注者やコンサルの技術者に対して求められるものは変化しており、最近では実施工の詳細に関わるのではなく、新技術や施工技術に対する正当な評価が求められています。総合評価方式になどおける技術提案に対して、その内容を十分に理解して正当な評価ができる有能な技術者が望まれます。

## 5 おわりに

推進工法における技術の継承については様々な側面があり、概略的な考え方を主に推進工法の施工者の立場から記述しました。推進工法や建設業に限らずものづくりの現場では次世代の有能な技術者の育成は重要な課題ですが、どの分野においても悩める課題でもあります。次世代を担うべき若い技術者がものづくりの現場より、それらに投資したり管理したり制御する側を望む傾向があり、現場＝3Kのイメージが定着していることは嘆かわしいことです。しかし、嘆いてばかりもいられません。業界全体あるいは官民一体となって推進工法の魅力をどんどんPRして、技術が発展的に継承されるようにしたいと思います。