

推進工法の 標準化に至った背景



高根 昇
トピー栄進建設(株)
副社長

1. はじめに

推進工法の概念は古く昔からあったといわれていますが、今日広く世界に普及しているトンネル建設に用いる推進工法は、比較的近年に開発発達したものと認識されています。若干年代の前後はありますが、アメリカでも、ヨーロッパでも、そしてわが日本でも、それぞれ外国から技術導入した訳ではなく、独自に考案されその国情に合った改良が加られたものと考えられます。そして発展の過程も基本システムも誠に類似しているのは、偶然とも思われず不思議に感じます。

更に「アメリカの推進工法・最新技術」という論文の中で、推進工法の利点としてコストの点を挙げ、欠点として専門技術、敢えていうなら芸術的感覚を必要とする技術と指摘している点で、何か強い共感を覚えます。

日本で推進工法が着実な発展を遂げ、現在世界各国の注目を集めているのは、この施工技術を活用する施工量が極めて大きかったことに起因するものと思います。またそのため工法の標準化、推進管の規格化、積算体系が確立している点であろうかと考えます。

ここに私は創業以来推進工法の開発過程をふり

かえり、標準化に至る背景を考えることは、工法の変遷を知るうえ有意義なことと思ひこのテーマを選択した次第であります。

2. 創業の思い出

私は、1960年6月に栄進土木株式会社を設立しました。先づ推進工事専門業者として必要な各種の準備を、特に特許、実用新案の調査、研究、出願、工業所有権の取得を進める一方、営業活動を開始し推進工法が実用段階に入った1961年秋、横浜市水道局発注/相模鉄道軌道下推進工事を初受注しスタートを切りました。

当時の推進工法は、重要構造物等の地下に管体を埋設するために採用され、次のように説明されていました。

「推進工法は、ヒューム管または鋼管を押し込む場合、一方から押し抜く方法で、これは特許、実用新案等特別の工法を用いているが、理論的にはほぼ共通したもので、管を押し込むとき、路面を落さないよう工夫している」。

推進工法が発明されて約10年、工事量は僅かなもので、横浜では年に数件という状況でした。ですから少数専門業者の独占が許され、利益も大きな時代でありました。押し込み側から横断箇所を

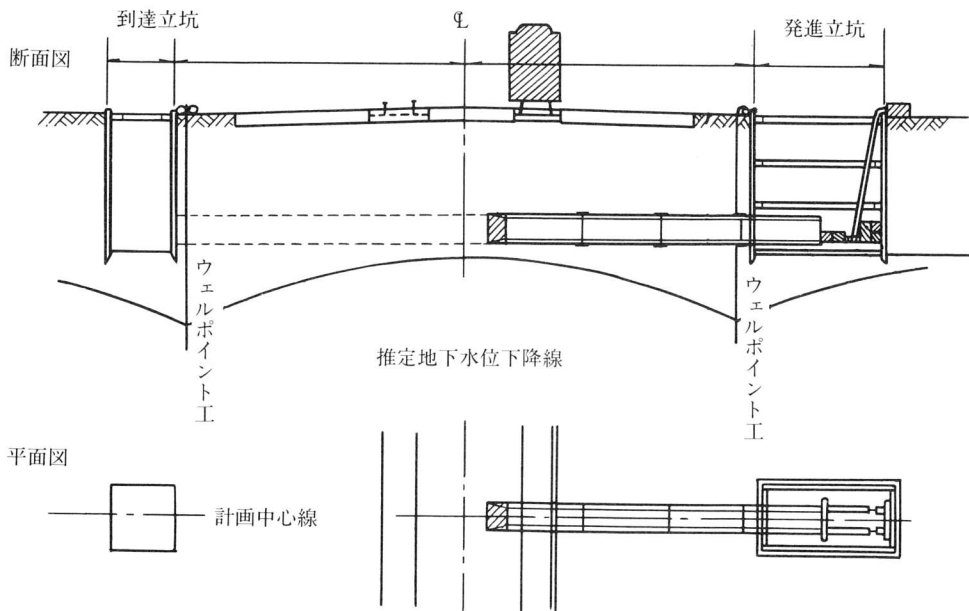


図-1 推進工事概要図

さんで到達側に押し出すと驚異の眼をもって賞讃され、単に貫通させることにポイントがおかれていた訳です。

或る夏の暑い日、毎日虎ノ門・特許庁の特許実案閲覧室に通いつめたことをよく覚えています。それ程当時、営業上工業所有権の取得が絶対条件であった訳です。

その出願者の中には、乞五工業-清水政治氏・丸福建設-沼田幸造氏・南野建設-南野輝胤氏・大阪土木工業-安倉安範氏・竹内章氏・国際建設-佐々木主殿氏・日本技術建設-南野繁夫氏・機動建設工業-山田勝己氏・泰明建設-白崎覚氏・関口英善氏・大谷昇氏・小林勝治氏等の名が見られました。

日本での推進工法の創始者は機動建設工業(株)の代表者木村又左衛門氏(協会会長木村宏一氏の尊父)であり、考案し採用されてから数年は専ら関西地区で実績を積み、関東地区に進出されたのは、1953年と機動建設工業(株)社史に記されています。1950年代東京地区では、関西方面より進出し支店を設けられた機動建設工業(株)、南野建設(株)と本社が東京都の(株)土長、川崎市の泰明建設(株)等数社の手によって、主に私鉄、国鉄、ガス会社、官公庁(上水)等に採用されていたと記憶

しています。その後これらの会社から分離独立するものもあり、建設ブームによる上下水道設備、電気通信、ガス等の公共投資の活発化で工法が普及すると共に施工業者の数も増えて行くこととなります。

発明し普及された先覚者の苦心には敬意を表しますが、また儲けほうだいの時代でもありました。その思恵に浴したいと、弊社は既存業者とは全く係属のない姿で発足しましたが、営業力が弱いため地盤のよい場所での工事は獲得できず、先輩業者のおこぼれを拾う結果となりました。地元である横浜地区が軟弱地盤の難しい土質であったことと併せ、今日となってみれば逆に幸いし、困難に屈することのない精神力を涵養し得たこと、失敗、研究、成功と貴重な体験を積み重ね、技術向上に取り組む姿勢と自信を深め、より積極的な意欲を醸成することができました。

当時は鉄道軌道下の横断が技術的に程度が高いとされ、その資格保有が如何が施工業者の評価に直接結びついていました。そのため弊社では、国鉄、相鉄、小田急、京急の資格を逐次取得することに成功しております。

推進工事に用いた押込機器は手動シップジャック

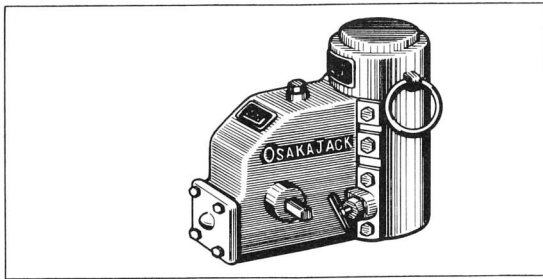


図-2 手動シップジャッキ

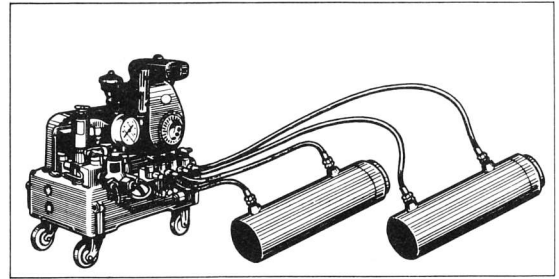


図-4 エンジン駆動油圧ポンプと分離式ジャッキ組合せ

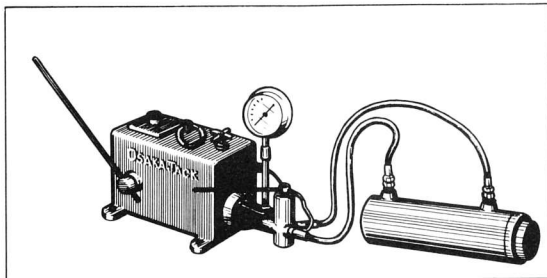


図-3 手動油圧ポンプと分離式ジャッキ組合せ

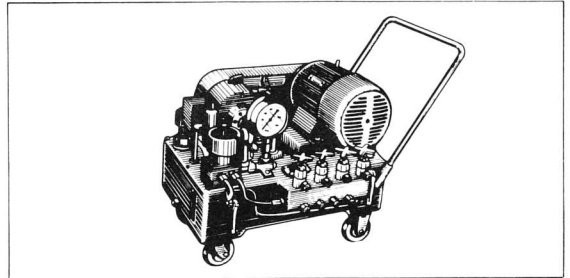


図-5 電動油圧ポンプユニット

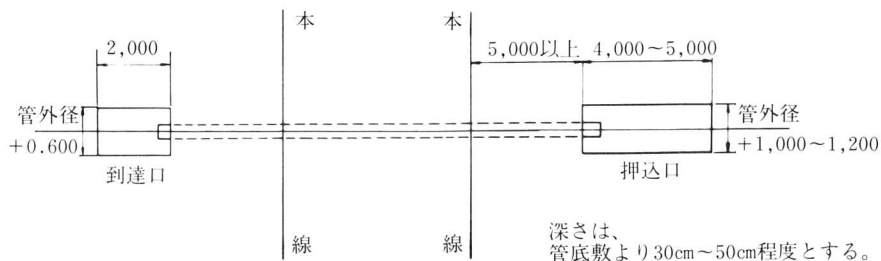


図-6 平面図

キを使用、労力主体で施工した時代から手動油圧ポンプと分離式油圧ジャッキの組合せの時代へと移行し、その後油圧ポンプは電動機またはエンジン駆動するものが使用されるに至っております。その後需要が増大するに伴い、管の種類、土質、先掘りの状況等により推進力を計算し、推進力に適合した油圧ポンプ、ジャッキを選定するとか、特注製作の上使用されるようになりました。

この当時「推進工法」に関する文献は殆ど見当らず、漸く入手できた資料の中に、国鉄東京鉄道管理局でまとめたと思われる「軌道下推進工事指針」がありますが、初期の「推進工法」の一端を知るため好材料と考えられますので一部を抜粋して紹介することに致します。

「軌道下推進工事指針」抜粋

(1) 平面図

埋設物調査について(略)

推進工事に伴う深さについて

東鉄では管の深さ即ち RL より土被りを 2 m 以上として部外工事を承認している。それは国鉄自体の埋設物に支障のないこと、ヒューム管の強度と両面から決定したもので、次にヒューム管埋設の深さを検討して見た。

(1) 輪荷重による垂直荷重(略)

(2) 管厚の決定(略)

注意事項

- (イ) ヒューム管は最初から強い力がかかるから養生を十分にした品物を使うこと。最近ヒュ

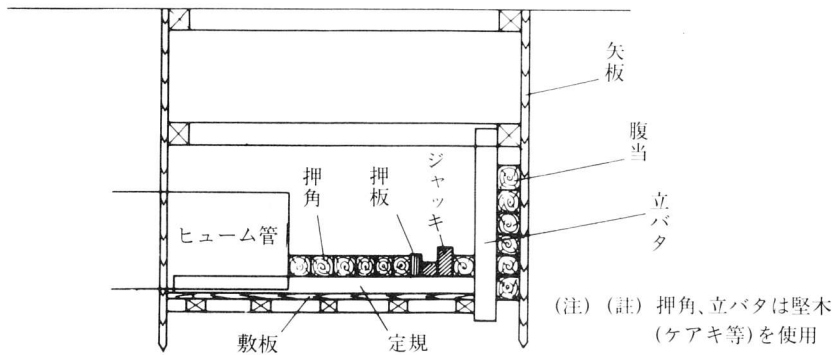


図-7 押込設備

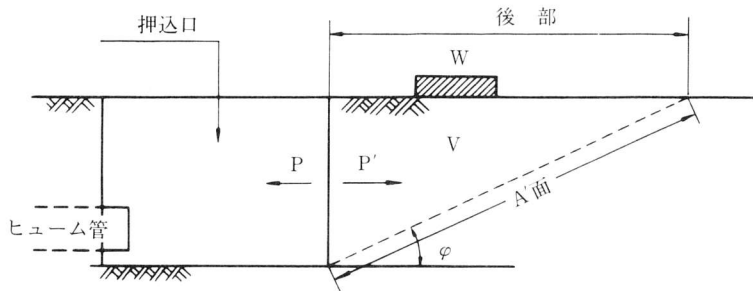


図-8 バック補強

ーム管の需要が多く在庫品が少ない。特に大口経の物、特殊管は前もって製造業者に用意させて置く必要がある。

- (ロ) 水道管、ガス、電らん等は直接本管を布設せず鞘管を用いその中に目的物を入れるようにすること。
- 1) 電蝕防止となる鞘管と本管との間にアスファルトを注入すればさらに効果がある。
- 2) 細いものを数本入れると広い面積をとり他の工事に迷惑を与える。よって一箇所に整理する意味から鞘管を使用する。
- 3) 引抜き、増設等が容易にできる。
- 4) 直接本管に荷が掛らぬため障害が起きない。
- (ハ) 到達口はなるべく管を押し終ってから掘ること。これは工事を急ぐあまり中間で行うことがあるが、土質により管に加わる力が管周一体の山を動かす傾向を起こす。
- (ニ) 押込口、到達口の埋め戻しは完全にしないと自動車車輪がはまり込み思わぬ事故を起こ

すことがある。

(2) 押込設備

① バック補強

Pの値、即ちジャッキを何ton 掛けたら良いかということを知ることは困難である。しかしながら実際は管重量の3～7倍までの力が掛っているのでジャッキ圧について進んだ研究が必要である。

次に押込時のジャッキ圧力によって押込口後方を補強する必要がある。

$P > P'$ の場合は後部の補強を要しない。

(P: ジャッキ圧力、P': 後部の地盤の強度)

なお、 $P' = Vm' \times \text{土の単位重量} + (2A + A')m^2 \times \text{土の粘着力}(t/m^2) + \text{載荷重 } W \text{ kg}$

(V: 後部地盤の容積 $P' < P$ のとき $P' + a > P$ としなければならない)。

② 管刃口の種類

ヒューム管又は鋼管を押し込む場合、管を一方から押し抜く方法で、これは特許、実用新案等特別の工法を用いているが、理屈はほぼ共通したも

ので、管を押し込むとき路面を落さないよう工夫されている。

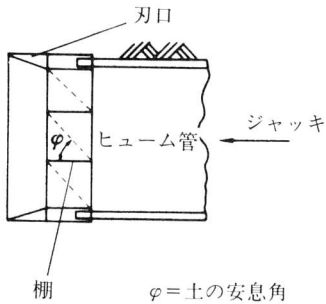


図-9 刃口図

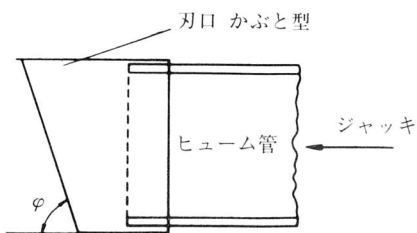


図-10 刃口かぶと型図

1957年になってジャッキの動力化に成功し、また長距離推進に不可欠の中押し工法などの技術開発と相俟って能率の向上、適用範囲の拡大がなされました。また1960年には、円形管の推進にとどまらず、地下道用等のボックスカルバートの研究、実用化が果されました。即ち推進工法はわが国で考案され、その国情に合致した技術開発がなされた訳で、主として中小規模の施工業者が工業所有権に擁護された姿に於いて種々創意工夫され発展を遂げたものと思われます。建設業は国の産業経済の推移と軌を一にしており、その経過した年代の社会情勢に影響されながら育成しその体質を形成したもので、推進工事業者として例外ではありませんでした。特に推進工事業者は小資本で身軽な形で成立し得る要素をもっており、殆ど中小企業の規模で専門工事業者として技術革新の要請に応じて自立成長を遂げ、暫時企業組織を拡充してきたものと考えられます。

3. シールド推進工法の黎明期

特許等の制約はあったものの、比較的小資本、小人数で開業出来得たため既成業者よりの分派、下請からの成長の形で業者数を増しましたが、技

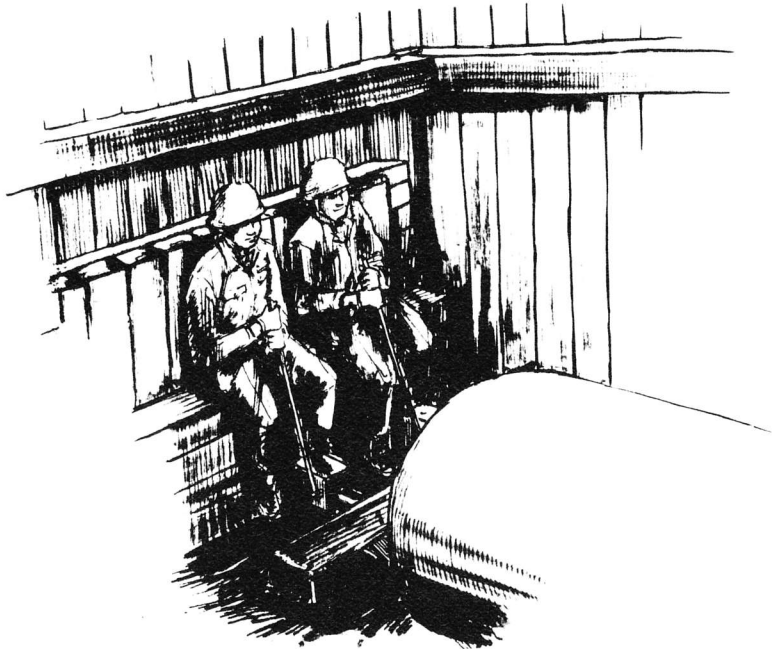


図-11 シップジャッキを用いた推進作業風景

術面では多くの旧来の方法を踏襲するに過ぎませんでした。係累の全くなかった弊社は何のこだわりもなく、むしろ既存概念を打破するような実験、研究、試作機器の採用に踏み切れたことが大きく幸であったと思います。特に加えて横浜市が地元であったこと即ち地質的に難しい実験場に恵まれ、市当局の熱心な指導下で開発研究を進めることができました。

1964年1月横浜市より末吉幹線下水、北綱島排水路の2件を受注、市当局技術陣の指導の下に、シールドを先導体として用いた特殊推進工法に挑戦し苦心の末完成を果しました。このことは、弊社の今後の技術向上に大きな役割を果たした反面、各種の欠陥矛盾に到達、苦悩の連続であったことも事実でした。

下水道管きょ工事でのシールド工法の採用は、1962年東京都下水道局、石神井川幹線であり、良好な成果を挙げたことから各地に拡大、多くの幹線工事に採用されその技術も急速に習熟されつつありました。横浜市においても1963年桜木根岸幹線に採用され、年々継続して施工されました。一方では「特殊シールド工法」と称してシールド推進工法の研究も進められるようになりました。横浜市中で正式に採用されたのは1967年で、以来大手シールド業者、推進專業各社の技術陣が競って独自の工法を発売し、「セミシールド工法」と称し推進工法の分野に加担することになった訳です。またこの頃欧米よりの技術も導入され、技術革新への競争意識はいやがうえにも高められ、長距離、良精度、高安全性へと長足の進歩をもたらすこととなりました。

横浜市として特殊シールドの名において採用されたのは、1967年3月南区上大岡地区といわれているが、実際にはこれに先だち1963年推進工法として既に弊社が試作シールドを使用、特殊推進工事として施工しましたが、管外周の空隙充填機が未開発であったことと、薬液注入工法が未熟で開発途上にあったため路面が沈下、対応に苦慮し自信を失い一時休止を余儀なくされました。しかし諸般の情勢からシールド推進工法実用化の必要性に迫られ、再び開発への意欲を燃やしました。目的とする特徴は、日本土質、より経済性、より安

全性、より精度の高い他社にない栄進独自の工法の確立、これが夢でありました。

猛烈な競争心、これが今日世界で注目される技術的評価を受けるに至った要因と考えられます。

1966年に入ると、K社、O社は大々的にメカニカルシールド推進工法のPRを始めました。弊社の工法と比し、工費は1.5～2倍位と割高、しかし当初は当然弊社が施工できると考えていた工事までK社、O社に決まってしまう。新しい工法を試したりということもありましたが、結局ネームバリューの強さに涙を飲む結果となりました。

ただし、財源の乏しい地方自治体においては、やはり経済面を重視し、おかげで一部の施主に重宝がられ実績をつけることができました。しかもその成績は良好であったため、弊社の存在と評価も認められ、各方面で活用頂けるようになりました。ここで当時、各社の工法の概要特色を整理して見ると、次のように比較することができます。

シールド推進工法の分類と概要特色

(1) 元押し方式

1) 手掘り半閉塞式 (弊社)

切羽に面する部分の一部を閉塞板で閉塞し、ジャッキで先押しできるよう装備された簡易なシールドを管の先端に設け、元押し装置を用いてシールドの後方から管体を圧入する。

2) 還流式機械化シールド (O社)

管の先端にブラインド型機械化シールドを配し、回転カッターで地山を押えながら切削すると共に、加圧した泥水を掘削室に充満させて湧水を押えながらずりをポンプで搬出するもので、シールドの後方から管体を圧入する。

(2) 中間ジャッキ方式

1) 中間ジャッキ式 (KI社・N社)

管の先端にシールドを配し、シールドの後方から管体を圧入するが、元押しジャッキのほかに推進体中間にジャッキを挿入して長スパンの推進を可能にするもの。ただし中間ジャッキは押し方向のみである。

2) 中間押し引きジャッキ式 (K社)

前記の中間ジャッキが押しジャッキと引きジャッキの組合わせから成る伸縮体の場合で

ある。

まず、先端のムーバブルフードをフード内ジャッキで地山に10cm 貫入させ、次に第1推進装置で後続の第1管体を押す。適当な本数を押し込んだ後、第1管体をアンカーとして第1推進装置の引きジャッキにより第2管体を引いて前進させる。第2推進装置以後は押しジャッキ不要となり、引きジャッキの繰り返し動作により第3管体以下を推進することができる。

当時、シールド推進工法に対する考え方は、横浜市において1968年末、各社の施工報告書をまとめられた研究レポートの中で推察することができます。ここにシールド推進工法の利害得失と今後の問題の項を引用することに致します。

- 1) シールド工法より工期が短縮される。
 - 2) 施工精度がシールド工法より若干劣り、普通推進工法より遙かに高いと考えられる。
 - 3) 本工法では曲線を挿入することができない。
 - 4) 推進工法に比し、長大スパンの施工が可能である。
 - 5) 裏込めを必要とせず、地表面沈下のおそれが少ない。
 - 6) シールド工法よりジャッキ設備が大となる。
 - 7) 管継ぎ手に弱点がある。
 - 8) 工費は現在のところ普通シールド工法とほぼ同じで今後下廻る線まで低減が可能である。
- 参考として当時私見として作成した比較表を次に記載してみました。

シールド工法・推進工法の比較

(1) 経済的実用施工範囲

(2) 工事費標準係数

シールド推進工法は各社が競って技術革新に走ったことにより、長距離、良精度、高安全性へと

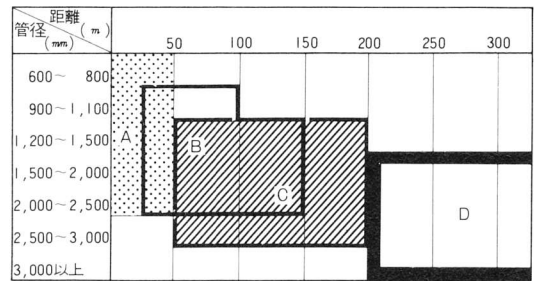


図-12 経済的実用施工範囲

長足の進歩をもたらしたことから、一つのブームとなり各都市において一斉に採用施工されるようになりました。勿論その背景には管路の開削工事が都市活動の妨げとなり、その上工事公害に対する市民の目が厳しくなり、技術向上と安全確立が絶対的要求となったことに起因するものと考えられます。

4. 特殊工法から一般工法へ移行過程での現象

新工法が試験的に採用される場合には採算を度外視することがあるものの、多用されるためには他工法より経済的でなければなりません。シールド推進工法に如何に優れた利点があったにせよ高価なものは次第に影をひそめることになります。また施工業者も消化量を増やすことにより採算をとるように努力します。

抑々推進工法の施工技術は、現場経験によるところが多く、職別専門工事業者として、中小企業の小廻りのきく体質の中のみ育ち易いものがあります。大手シールド業者の中には、数年後にはシールド推進工法の直接施工部門を廃止し、専門推進工事業者に外注する方向へ移行するようになりました。即ちセミシールド工法の直接施工部門を保有するのは、メカニカルシールド部門に限定されたようであります。そして職別専門工事業者の技術の進歩、体質向上に期待すると共に協力業者としての依存度を高める結果となって居ります。

1968年頃になると推進工法はもはや特殊工法から一般工法の扱いへと変化し、全国各地へ普及拡大、工事量も急激に増加するようになりました。それに伴い、東京都、横浜市を始めとする大都市、流域下水道関係団体等において、シールド工法・セミシールド工法・推進工法の標準設計、歩掛基準が

表-1 工事費標準係数

工 法 別	工事費標準係数	備 考
A 普通推進工法	50	
B シールド推進工法	60	(例) 弊社 K I 社
C メカニカルシールド推進工法	90～120	(例) K 社, O 社, M 社
D シールド工法	100～150	

個々に設定され、いよいよ実用期に入ったとの感を深くしました。

推進工事専門業者の有り方には、直接元請とゼネコンの下請の二面があります。直接元請の形態では、従来特殊工法としての特別扱いから一般工法としての扱いに変化して求たため、営業活動も次第にゼネコンに仲間入りをせざるを得なくなり、社内的に施工技術陣容の拡大強化をはかると共に、営業陣の再編成が急務となりました。また、熟練者の定着のために、遊びのないよう受注することが望まれる訳で、営業活動範囲を拡大せざるを得ませんでした。

弊社では積極的にゼネコン化をめざし、当初は主として神奈川県下において、その後東京都下において施工量を増伸させることができました。特に国鉄当局より得られた信用は絶大で重要幹線軌道下の特命受注、横浜市の下水道事業の発注にあたり大手ゼネコン業者の指名の末席に名を連ね得たことは感激深いことでありました。その上良成績で消化し得たことは、全社挙げての研究努力の賜でありました。この時期は、技術の高度化即ち推進延長の増大と精度の向上、特殊技術の応用など実績拡充競争の時代でありました。工事量の増加の反面、工費の節減が要求され、内部強化に努力、消化量の拡大を計った積極的躍進期でもあったと思います。

このような時代の進展に即応し、業界発展向上と共存共栄のため、推進工事専門業者の団結のための団体設立を見たのは、神奈川県下においては1967年頃で、業者間の結束により技術の向上と親睦融和が旗印であり、「推進管工事標準積算資料」作成し各所に配布したことは当時として画期的であり大変重宝がられました。

1970年5月には、関東一円における推進工事専門業者の集まりとして、東京都に「推進工事業協会」を設立しました。この協会が発展して「全国推進工事業協会」となり、更に現在の「日本推進工法協会」へと進展して行く前身となったのであります。

推進工法は需要が急速に伸び、下水道整備促進に大きな役割を演ずることになり、管渠工事の一工法として定着するところまで進展しました。このように将来は下水道管渠工事の中の大きなシェ

アを占めることが予想され、需要量の急激な増大と設計、施工法の不統一、不備に起因する会計検査での指摘という事実を踏まえ、速かに統一的基準を作るべきであるとの気運が全国各都市から盛り上りました。これは従来推進工法が大都市中心に使用され、施工業者もその大都市で育成され、機械を揃え技能を磨き、夫々の地域で独自に発達したためであります。それ故に地方都市には経験者が少なく、設計施工共に不備多く、大都市、地方都市のアンバランスが著しく目立つものでした。

これは、新しい工法が普及されて行く一過程のさけることのできない現象というべきでしょう。

このようなことから社団法人日本下水道協会において、さきに設置された「シールド工法等調査専門委員会」内に「推進工法小委員会」が設けられることになりました。そして推進工法の経験豊かな都市の技術者、施工業者、管メーカーの3者が集まり、委員会を組織して、標準化に乗り出すことになりました。

建設業界代表委員として(社)日本土木工業会より3名と推進工事業協会より次の4名が選ばれ献身的な努力がなされ、協会の存在をおおいに意義あらしめることができました。

特別委員(建設業界代表)

本 間 良 治 (機動建設工業(株))
高 橋 国 雄 (日本特殊工事(株))
南 野 孝 彦 (南野建設(株))
高 根 昇 (栄進土木(株))

5. おわりに

第1回の推進工法小委員会は、1971年(昭和46年)6月に開催、資料として「推進工事実績調査表」が配られました。

調査は、昭和43、44年の2ケ年に亘るもので、件数455件、総延長56.93kmであり、その内訳は次のようなものでした。

刃口推進工

手掘り	405件	49.95km
機械掘り	28件	1.44km

セミシールド工

手掘り	9件	1.87km
機械掘り	12件	3.64km

引張り工

手 掘り 1件 0.03km

先づその内容分析から始められ、当時推進管(鉄

筋コンクリート管)として使用された管種が3種類あり、統一した規格管の制定が急務と認識され審議が進められることになりました。

