

CMT工法の歩み

CMT工法協会事務局長 宮原 勝

1 はじめに

CMT 工法の歩みはすなわち株式会社推研の歩みであります。株式会社推研が開発した多くの技術をベースとしており、そしてこの技術の基本構想等を作りあげたのが2008年12月に他界しました元、株式会社推研・代表取締役会長の本間良治です。

CMT 工法の考えは推進工法において土圧、泥水工法と言う範疇を超えて様々な状況に対応できるように、補助工法を含め独自の考え方でシステムで対応することとしております。

CMT 工法の原点は

- ①岩盤推進工労務の軽減
- ②施工能率の向上（日進量の向上）

にありました。これは、1980年頃に兵庫県地区において多くの手掘岩盤推進が実施されていましたが、その実体としては非常に苦労され50~100mPaの岩盤強度では10cm/日程度の日進量となり、さらに現実には推進の仕事というよりブレーカーを主とする研り工の仕事となっていました。

研り工（はつり）は非常に狭い推進管内で粉塵が立ちこめ、悪い環境のなかでおこなわれる過酷な作業で、作業員の脱落者が続発しました。現場所長の仕事は切羽作業工としての研り工の確保に追われていました。

一方山岳地をもつ自治体は10~15cmの日進量では下水道計画そのものが成り立たない状況で頭を痛めていました。

当時の岩盤掘進機と言えばシールドの分野に於いてはTBMのような本格的岩盤掘削機がありました。当時の推進工法の施工延長は1スパン100~150mという小口径短スパン工事であり、TBMは導入できない状態でした。

唯一ブームカッター等の部分掘削機が一時期活躍しましたが、これも当時呼び径

1350mm 以上 50mPa 以下の岩盤強度に適応ということであり、粉塵対策等環境面で確実な対策がない状態で、このような状況下で推進業者の観点から、セフティロックを含め、機能をすべて備えた岩盤対応型掘進機の開発に取り組みました。

開 発 年 表

年代	開発事項	土質
1981年	複合掘進機の開発(オオープンセミシールド型) 1350mm兵庫県三田市にて使用	泥岩、砂岩、礫岩
1982年	泥水用複合掘進機の開発 1200mm岡山県笠岡市にて使用	風化花崗岩
1983	土圧型岩用掘進機の開発 1650mm和歌山市にて採用 土圧送型掘進機の開発 800mm280m明石市にて採用	黒色片岩、シルト シルト粘土
1988	CMT工法協会設立 会員8社にてスタート	
1990	障害物(木杭) 関西電力(株)玉江町管路新設工事1350mm150m 600mm岩用掘進機の開発 ビット交換等作業員の負担大の為廃棄処分	砂シルト
1991	急勾配推進の実施上り10%タール管800mm206m 枚方市800mm送水管布設工事 硬岩用掘進機の開発 岐阜県土岐市800mm180m*2	粘土、砂礫 花崗岩150Mpa
1992	科学技術庁長官賞受賞 複合掘進機の開発を評価	
1994	500m超長距離推進 岐阜市長森日野幹線1000mm523m 流砂地盤流木対応 尾西市公共下水道籠屋1号汚水幹線900mm283	砂礫 細砂
1996	障害物(H鋼)対応 三田市福島汚水幹線 1000mm218m 玉石350Mpa玉石砂礫推進 愛知県江南市中部汚水1号幹線1000mm261m	泥岩、砂礫 玉石砂礫
1998	200Mpa硬岩に対応 加古川市権現総合公園第1工区1000mm350m*2	流紋岩質熔結凝灰岩
1999	1000m超長距離推進 岐阜県笠松町北及汚水幹線 1100mm1006m	砂
2001	防爆仕様の開発(メタン対応) 滋賀県東北部流域長浜第2幹線1350mm580m*2	砂礫チャート粘土
2005	500m超長距離推進900mm対応 春日井市篠木汚水6号幹線 900mm572m 200Mpa硬岩800mmにて対応 山梨県桂川流域桂川1号幹線 800mm246m CMT式改築工法の実験 1000にて工場内破碎実験、900にて実証実験	砂礫 玄武岩 工場、敷地内
2007	長距離推進世界記録達成 1000mm1446m 豊橋市公共下水道3工区	12月 礫混じり砂、シルト
2008	木杭100本以上切断貫通 1000・1100mm 700m 3ヵ所 福島県いわき市平汚水専用幹線築造工事	5月 砂質土

2

開発のコンセプト

推進用の岩盤掘進機としての必要条件は

- (1) 岩盤を掘削するには通常の土砂よりはかなり高いトルクが必要である。
- (2) 岩盤の中での方向制御機能がコントロールできること。
- (3) ビット交換が可能であること。

(1) については当時何としても高トルクが欲しいということから街工場の社長が開発したというメンパイギヤー式という減速機を採用しました。これまでの実績としては当時国鉄の貨物の引き込みに使用していたということで採用いたしました。しかし結果としては大失敗でした。

当初は岩盤の種類も多く、強度も様々でどの程度のトルクが必要とするのか見当もつかず、試行錯誤を繰り返しました。1つの判断要因を求めるため切削試験機を製作し、各種の岩盤資料でテストを繰り返し、どの程度の切削スピードが可能となるのか、又最低必要な掘進機のトルク等のデータerを入手し、開発に役立てました。



推研式切削試験機

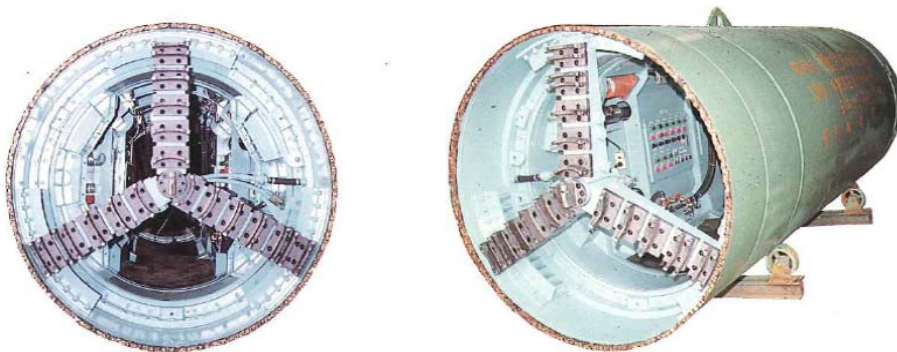
(2) については、岩盤の中で方向制御を可能にするには、掘進機先端の可動部の長さを極力短くする工夫を行い、土砂とは異なりこまめな方向制御機能を持たすことで可能としました。

(3) については、これまでの800~1350mmの推進機ではカッターの機構としてセンターシャフト型が主流であり、センターシャフト型である限りバルクヘッドにビット

ト交換用点検扉のスペースを作ることができず、ビット交換など不可能な状態でした。

しかし岩盤推進を目指す限りは、途中の岩盤の強度変化やビットの摩耗等が掘削に影響を及ぼすことは必ず発生いたします。何としても 800mm でも掘進機の中よりビット交換可能な機械の開発が不可欠となりました。このことを解消する機構としては大口徑で用いられるカッターの外周駆動方式を採用することといたしました。

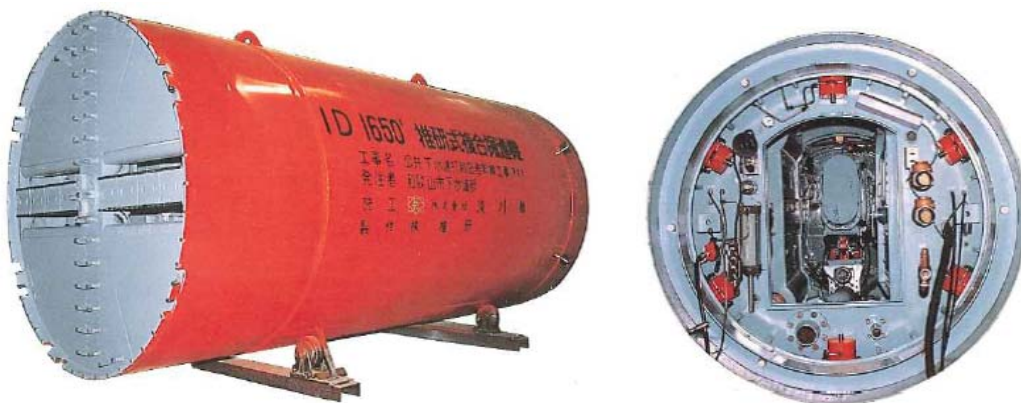
しかしこのことは設計上の多くの問題点の克服と、経済的にも非常に高価な旋回軸となるけれども、この方向でなければ小口径でのビット交換はできず、岩盤掘進機の開発目的を達成できないとの考えで、この方向で進めることと致しました。



オープンセミシールド複合掘進機 1 号機

このような流れで 1 号機としては 1350mm で掘削機構と方向制御機構のみの機械化で掘削残土搬出機構は人力による積み込みで、ベルトコンベヤーによりバケット運搬というような全くシンプル掘進機を製作し、兵庫県三田地区の住宅都市整備公団（現・（独）都市再生機構）発注の下水道工事に使用しました。

土質的には砂岩、泥岩が主体な 100m 程度の工事でしたが 30m ほど順調に推進したところより礫岩が現れ、礫岩の玉石部の強度は 250mPa 程度あり、ビットの破損が連続すると同時に高トルクを期待して採用した減速機のギヤの破損が連続し、現場での交換作業に追われ、苦労の連続で新規開発の難しさを痛感いたしました。



和歌山市にて初承認を受けた土圧型複合掘進機

しかしその2年後の和歌山市下水道工事ではじめて自治体からの採用を受け1650mm L=400m 2スパン、土質は黒色片岩の50~70mPaの計画で、施工状況は途中100mPaのチャート層が一部現れ少し苦労しましたが、概ね我々が考える岩盤推進に近い形で納めることが出来ました。

又同じ時期に明石市における800mm L=280mのシルト粘土層の土圧送型掘進機の要望がありました。これは当時800mmクラスで推進延長としては100~150mが標準であり、800mmクラスでの土圧送型ということの実績がなかった時代でありましたので開発に取り組み無事完工することができました。



明石市で採用された土圧送型掘進機

3 CMT 工法協会設立

このように1981~1989年に岩盤だけでなく普通土にも対応しながら50数件の実績を持つ事が出来ました。

この時期土木の専門分野において協会設立が要望されており、株式会社推研においても当時奈良県の岩盤推進にかかわっていた関係で推研式複合掘進機から

CMT{Compound Mini Tunnel(複合推進)}工法として表現し、CMT 工法協会として1989年4月に設立いたしました。

設立目的は中大口径管を地中に布設するCMT工法の普及、研究開発、技術の向上を図るとともに、会員相互の親睦と発展を図ることを目的としました。

1990年ころまでは岩盤に対しては切削方式を主として施工してまいりました。しかし岩盤強度の変化は非常に激しく 20～30mPa の予定が 50mPa を超えてしまうことも珍しくありません、切削ビットによる対応限度を超えた場合ビットの損耗頻度は激しくなり経済的にも高価になってしまいます。

岩種、岩強度に応じたビット選定が理想ですが時にボーリングデータの不足等で適切なビット選定にならず、現場対応に追われることもありました。また岩盤推進の実績が多くなればなるほど様々な高強度の岩種に出会うこととなり、種々の対応を経験してまいりました。岩盤強度が低ければ低いなりの問題点があり、又高ければ高いなりの難しさが我々を鍛えてくれ、奈良県桜井市、岐阜県土岐市、愛知県豊田市、山梨県甲府市等で 200mPa 以上の岩盤強度に出会いそして硬岩の中での岩盤推進、長距離推進と言う様々な体験をさせて頂きました。

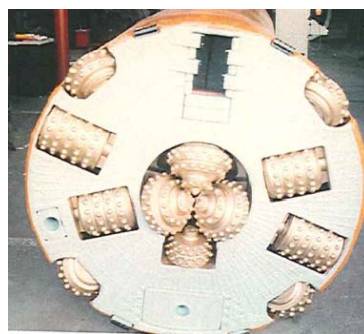
これまでの一つ一つの積重ねが新しい技術を生み出し工法を進歩させてくれました。



岐阜県土岐市で採用された
硬岩用複合掘進機

一方どちらかいうとこれまで苦手としてきた玉石地盤にもこの時期挑戦してまいりました。これも原点は岩盤推進の技術にあり、高トルクの掘進機や破壊力の大きなビットを開発してきた事が大きく役立っています。しかしこれについても時に我々に大きな試練が与えられました。

1995年頃には玉石砂礫地盤も 500m 程度の推進延長を施工できる技術を持っていましたが、1996年に愛知県江南市で玉石強度 350mPa の濃尾流紋岩に出くわして完全に鼻をへし折られる体験をしました。それはもちろん玉石用のこれまでの実績を踏まえて作られた新品のカッターヘッドが 190m でものの見事に破損してしまいました。正直当初はいったい何が起きたのか見当もつかずチャンバー内よりカッターを確認すると外板が一部紙の如く薄くなり大礫が地山から外板を突き破って刺さっていました。



初めての濃尾流紋岩にて破損したカッター

過去に体験したことのない思いがけない現象に啞然とするばかりでしたが、隣の工区も同様に推進を開始しており点検の結果内部より補強対策を施すことで貫通を目指すこととなり、なんとか無事終了させることが出来ました。

実際これらの根本的解決策を考え付くのに約半年の歳月と莫大な授業料を必要としましたがこの経験が CMT の信頼と一歩技術の向上へと繋がってまいりました。

これまでどこの地域でも玉石の一軸圧縮強度などは試験されていませんでしたが、愛知県ではこれ以後設計資料として一軸圧縮強度は一般的となりました。

岩盤、玉石と様々な地盤を体験してきた中で時に地中障害物の引き合いがこの時期出てまいりました。その中で一番判断が難しかったのは流木、木杭関係でした。H 鋼やシートパイル等は明らかにビット等で切削していくことは困難であることは明確でしたが、木片関係は本当にビットで切れるかどうか体験する以外にはなく、はじめての体験は 1990 年関西電力の玉江橋側での管路布設工事でした。



点検扉より銅矢板切断撤去



スリットに流木・閉塞確認、その後撤去します

土圧工法で管径 1350mm 推進距離は 150m 堂島川の川沿いを土被り 8m で途中 10 本の木杭が出る予定であり、あらかじめ木杭のある位置は分かっていたので最悪カッターで処理できないか、何らかの弊害が出るようであれば圧気工法を併用してチャンバー内より人力により処理することでスタートしました。

結果としては 10 本の杭はすべてビットで処理し全員でその喜びを味わった翌日に閉塞現象で推進は不可となり、圧気をかけてチャンバー内の確認をすると、木杭の木片と土砂が絡み合って一枚の壁を形成して掘削土砂の侵入をストップさせ閉塞していました。

人力でその壁を取り除くことで推進は再開され無事貫通することができ、木片関連の障害物の処理方法のヒントを得ることができました。

この事をベースとして 1995 年以後の尾西市、蒲郡市の流木対応等に生かすことができたのです。

この 10 年間は CMT にとって土質、岩質、施工条件等と幅広く対応方法を探っていました。



推研式ブローユニット



推研式ロックユニット

＝防爆型掘進機の開発＝

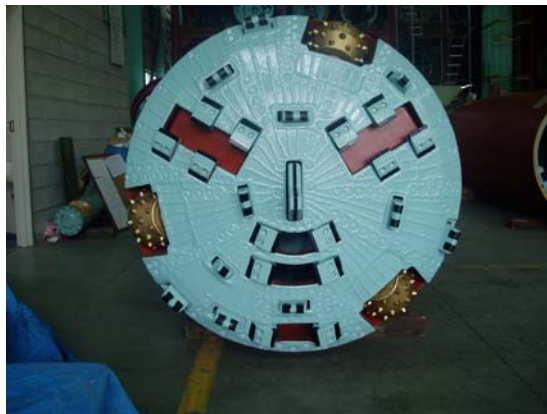
2000年に入って新しい開発に取り組むことになったのはメタンの対応としての防爆型掘進機の開発でした。これは滋賀県東北部流域下水道の計画でした。1995年に和歌山市の小雑賀準幹線で同様なメタンの相談を受けた時、当時本間社長が三井三池炭鉱で学ばれた経験から換気のみでの対応で施工しましたが、滋賀県ではメタンガスに対しては防爆型掘進機で対応するとの基本構想に則り防爆型掘進機を製作し、そして無事防爆型掘進機で工事を完成させることができました。

その後、防爆型掘進機を使用しての工事を2件施工しております。

＝超長距離掘進機の開発＝

1990年代半ば頃より長距離推進があちこちで言われ出しCMT協会においてもそれなりに実績を積んでまいりましたが単純に長距離推進としてこれまでの設備の延長で考えて良いのかどうか疑問がありました。

- (1) 土質の変化に対する対応方法は？
- (2) カッター形式の全土質対応は可能か？
- (3) 推力管理の対応は？
- (4) 測定の対応方法は？
- (5) 障害物の対応方法は万全か？



世界記録を樹立した複合掘進機

まだまだ沢山の問題研究が必要ですが大きく整理しても5つの問題点に対する対応が確実に取れなければ長距離推進の成功はほど遠くなります。この中でも一番施工で起こりうる問題は(1)の土質の変化への対応と(1)に関連して起こる(2)のカッター形式の変更対応であります。対応できずに推進すれば現象として日進量低下と

推力増大という問題が発生してまいります。そして対応が遅れば遅れるほど立ち直りが難しくなります。結局ここでも CMT の基本である点検扉と補助工法である圧気工法をフルに活用することで解決するようにしました。

結果的にこれらの集約が愛知県豊橋市における $\phi 1000\text{mm} \cdot 1467\text{m}$ という世界記録に結びついたと考えております。

施工推進延長 m

径	施工延長	岩盤施工延長
800 mm	25487.3	17958.5
900 mm	14233.2	7813.8
1000 mm	48981.4	21451.5
1100 mm	11496.5	2654.5
1200 mm	8272.6	5464.6
1350 mm	8560.7	5582.7
1500 mm	2067.0	623.0
1650 mm	1358.0	921.0
1800 mm	147.0	
2000 mm	97.0	
特殊	230.0	230.0
合計	120930.7	62699.6

＝改築用掘進機の開発＝

推進工事の主だった活用は下水工事でありましたが 2000 年代に入り全国的に普及率としては 70%を超え完成に近くなってきています。

今後の新しい問題としては既設管の更新、改築ということがテーマとなり、すでに更新については様々な提案がなされています。CMT においても岩盤推進や障害物除去対応等で得たこれらの技術を基にした「CMT 式既設管破碎改築工法」を提案し、実証実験等を行いながら社会的要求に答えられるように開発に取り組んでおります。



CMT 式既設管破碎改築工法の工場実験

6

おわりに

これからの推進工事は土質的にも施工条件的にもますます複雑な条件が求められると思います。今後も CMT 工法が社会に貢献できるように様々な条件にチャレンジしてまいりますので、今後とも変わらぬご指導とご鞭撻の程よろしくお願い申し上げます。

〒547

大阪市平野区加美東 4 丁目 3 番 48 号

株式会社 推研 内

C.M.T 工法協会事務局

TEL. 06-4303-6026

FAX. 06-4303-6029