

コマンド工法協会のあゆみ



こたに けんじ
小谷 謙二
コマンド工法協会
会長

1 協会設立の趣旨と工法の特長

1.1 開発目的と協会設立の経緯

平成8年当時は、中口径推進管φ800～1200mmの発進立坑は小判型、もしくは、矩形で面積も広く、交通支障や地下埋設物への影響を最小限にとどめる方策として、小規模円形立坑が望まれていました。

このことに早くから関心を持たれていた、(株)コプロス代表取締役会長、故・宮崎衛氏の呼びかけで、東亜機械工業(株)取締役工作部長榎本綾夫氏、コクド工機(株)取締役機械設計部長有賀照男氏と八千代エンジニアリング(株)に所属しておりました小職を含めた4社の技術協力によって完成に至りました。

特に、開発時点まで解決すべき技術的問題としては①一般的な道路片車線幅員3.0m収まる発進立坑②小規模立坑から標準管を推進可能とする③左右に開閉するアクロバットジャッキの開発④推進管を格納できるホルダー管付き先導体⑤推進管の斜め吊り降ろしジグ⑥坑口部の掘削と補強⑦長距離曲線施工に向けた推進力低減装置(MGSシステム)の開発等が主なテーマとなったが、メンバーの飽くなき挑戦意欲と技術開発に一生を捧げられた尊敬すべき、故・宮崎衛氏のリーダーシップによって短期間の一年足らずで完成させることができたことは今でも記憶に新しいことです。

次に、技術完成に伴って、工法名称を決めるに当り宮崎先輩から頭文字は「C」をとのこだわりに本工法の特長であるところのCOMPACT、CURCED LINE、COST DOWNにヒットすることとなり、地上や地下の障害を克服して突き進む意味を総称して「COMMAND工法」と名付けさせていただきました。

その後、協会設立に向けて、技術・

積算資料の整備を小職の他、現在、コマンド工法協会の技術委員となっている、秋山大一氏、足田誠治氏と福島正彦氏に多大のご尽力をいただき発足に漕ぎ着けることができました。

協会設立総会は、1998年(平成10年)4月17日に多くの総合建設会社の協力のもと開催し、設立時の会員数は、A会員12社、B会員20社、賛助会員4社の総数36社でありました。

なお、今日に至るまで大所高所でご指導をいただいた下水道関連上位団体の皆様、並びに本協会の前任会長古城一省氏、副会長宮崎薫氏や石橋信利氏と本協会事務局長小田勇氏他、技術委員、広報委員の各位に感謝申し上げます。

1.2 開発の主要な内容と特長

(1) 工法の特長

φ3000mmの小規模円形発進立坑から標準管の推進を可能にし、作業工数及びコスト低減と長距離推進の両立を実現しました。さらに、マシンの地中格納化実現で立坑内のスペースを拡大と作業の安全性の確保が可能となりました。

具体的には、地上専用立坑面積を従来工法の半分以下とし、交通障害や地下埋設物への影響を最小限にとどめ、標準推進用ヒューム管(φ800、900、1000、1100、1200mm)を推進可能にするため、マシンの地中格納化を図りました。コマンドマシンには、地中格納庫構築用のホルダー管を装備して一次発進を行い、引き続いて、本体マシンが二次発進する2ステップシステムとなっています。(ただし、すべて半割管を使用する場合は、地下格納庫は必要としません)

また、コンパクトな立坑スペースの作業性向上を目指して、開閉自在な4段2ステップジャッキ(アクロバットジャッキ)を使用しています。なお、到達立坑は、φ2000mm、

推進工法関連団体設立の系譜

年次	推進工法関連団体設立年月日		推進工法の足跡掲載月
1978年(昭和53年)	8月	アイアンモール協会設立	平成20年4月号
1980年(昭和55年)	12月17日	ホリゾンガー推進協会設立 ◇エンビ・ホリゾン推進協会に名称変更(2001年4月25日:エンブライナー協会と統合)	平成20年5月号
1981年(昭和56年)	9月	オーケーモール協会設立	” 6 ”
1984年(昭和59年)	4月1日	SH工法研究会設立 ◇SHスーパー工法協会に名称変更(2006年4月1日)	” 7 ”
1985年(昭和60年)	10月22日	スーパーミニ工法協会設立 ◇スーパー21協会に名称変更(2005年4月25日)	” 8 ”
1986年(昭和61年)	5月	ユニコーン協会設立	平成20年12月号
	8月	ドウカン協会設立	” 10、11 ”
1987年(昭和62年)	2月10日	アングルモール協会設立	平成21年1月号
	6月	北海道ユニコーン協会設立	平成20年12月号
	10月17日	ケコム協会設立	平成21年2月号
1988年(昭和63年)	4月	泥土加圧推進工法協会設立	” 3 ”
	6月	CMT工法協会設立	” 4 ”
	7月1日	エンブライナー協会設立 ◇エンビ・ホリゾン推進協会に名称変更(2001年4月25日:ホリゾンガー推進協会と統合)	平成20年5月号
1989年(平成元年)	4月1日	スピーダー協会設立	平成21年5月号
	8月10日	ベビーモール協会設立	” 6 ”
1992年(平成4年)	2月20日	ユニットカーブ推進工法協会設立 ◇NUC工法協会に名称変更(2002年12月5日)	” 9 ”
	5月16日	エースモール工法協会設立(2010年4月27日:リバースエースシステム研究会と統合)	” 8 ”
	6月	ジオリード協会設立	” 10 ”
1993年(平成5年)	3月3日	ロックマン工法協会設立	” 11 ”
	6月3日	DRM協会設立 ◇PIT&DRM協会に名称変更(1999年4月27日:PIT協会と統合)	” 12 ”
1994年(平成6年)	7月	超流セミシールド協会設立	平成22年1月号
1996年(平成8年)	7月18日	マイクロ工法協会設立	平成22年4月号
	9月1日	アルティミット工法協会設立	平成22年2月号
	10月28日	PIT協会設立 ◇PIT&DRM協会に名称変更(1999年4月27日:DRM協会と統合)	平成21年12月号
	11月18日	ベルスタモール協会設立 ◇ベルスタモール工法協会に名称変更(2007年11月1日)	
1997年(平成9年)	7月1日	ラムサス工法協会設立	
	10月1日	ハードロック工法協会設立	
1998年(平成10年)	4月17日	コマンド工法協会設立	
1999年(平成11年)	7月21日	ヒューム管推進工法協会設立	
	12月10日	ユニコーン塩ビ泥水推進工法研究会設立	
	12月20日	コウワ工法技術協会設立	
2000年(平成12年)	7月7日	コスミック工法協会設立	
	9月25日	ジェットモール工法研究会設立	
2001年(平成13年)	11月1日	ドルフィン工法協会設立	
2005年(平成17年)	7月4日	DO-Jet工法研究会設立	
2006年(平成18年)	4月12日	リバースエースシステム研究会設立	
2008年(平成20年)	2月8日	ツーウェイ工法協会設立	
2009年(平成21年)	5月26日	ベル工法協会設立	
	7月29日	ボックス推進工法協会設立	
2010年(平成22年)	2月19日	ジェット工法協会設立	

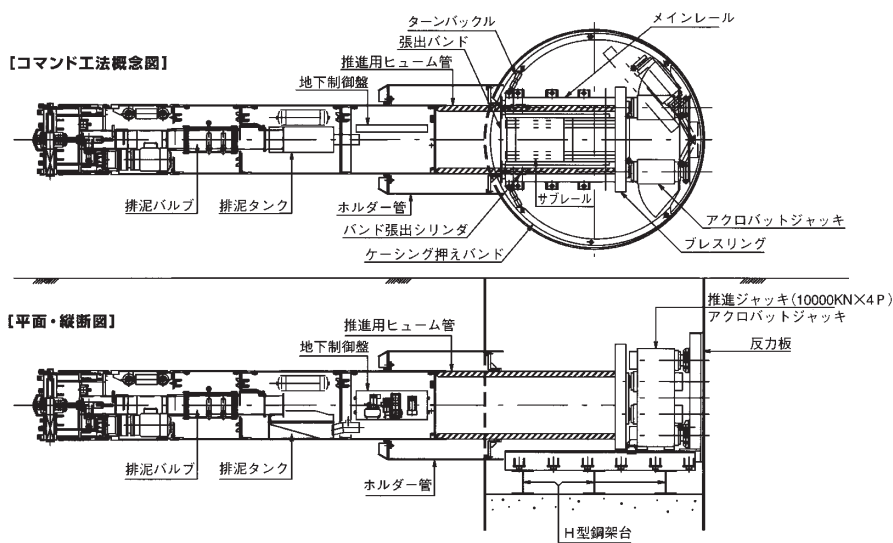


図-1 工法概念図

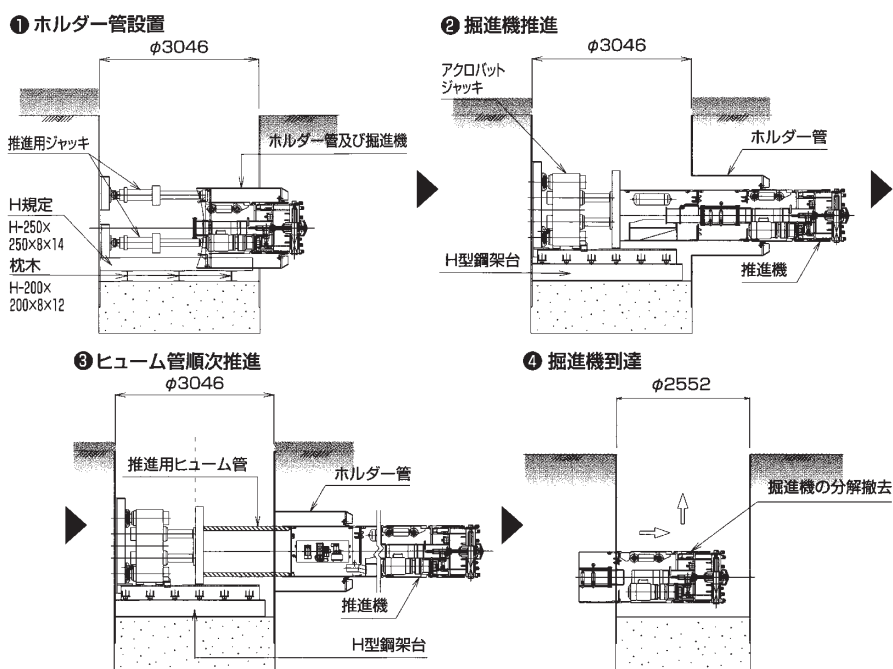


図-2 推進施工概図

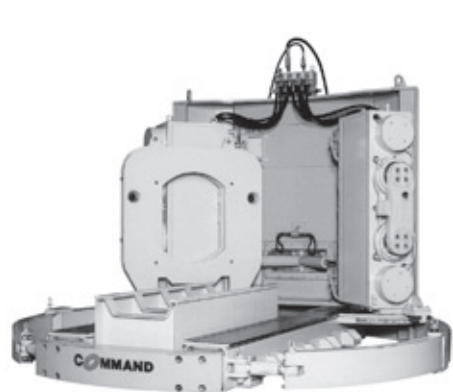


写真-1 アクロバットジャッキ

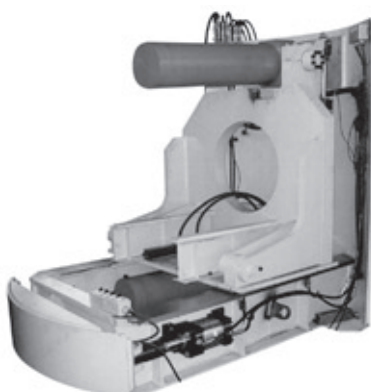


写真-2 コマンドジャッキ

φ 2500mm 円形立坑によるマシンの分割回収を可能としています。コマンドマシンのコピーカッター機能で、ホルダー管を装着したままでの一次発進が可能です。作業の安全性向上と、標準推進用ヒューム管の推進が可能な作業スペースを確保するとともに、設置状態からの掘削方向転換も容易で、自在にできるようになっており大きな特長です(図-1、2)。

(2) 標準管用と半管用の推進ジャッキ
φ 3000mm 立坑より 2430mm ヒューム管(標準管)、φ 1200mm ヒューム管(半管)までの推進ができる最新鋭の推進ジャッキです(写真-1)。

φ 800、900、1000mm のヒューム管(半管 φ 1200mm) を φ 2500mm 円形立坑から発進を可能にしました(写真-2)。

2 工法全体概要

2.1 特長

(1) コンパクトな立坑からの推進が可能

アクロバットジャッキ及びコマンドジャッキと V.E. (バリアブル・エンジニアリング) 対応型掘進機により、φ 3000mm 及び φ 2500mm ケーシング立坑から発進可能です。

(2) 標準管・半管の2種類の管が使用可能

下水道推進工法用鉄筋コンクリート管の標準管及び半管の2種類の管を使用できます。

(3) 適用土質が広い

安定液として、高濃度泥水を利用することによって、切羽及びテールボイドの安定が確実であるため、軟弱層から透水性の高い砂礫層まで広範囲の土質に対応可能です。玉石混じり土や軟岩層には、コマンド-S 工法で対応可能です。

(4) 長距離・急曲線推進が可能

オーバカットを行うことによって、低推進力による長距離推進やカーブ推進が可能です。MGSシステムを併用することで更に長距離推進が可能です。

(5) 排泥が容易

排泥は、真空吸引輸送方式なので、長距離輸送が可能です。

2.2 工法の分類

本工法は、図-3に示すように泥濃式推進工法に分類されます。

2.3 適用管種

適用管種は下水道推進工法用鉄筋コンクリート管 (JSWAS A-2) のφ800、1000、1200mmの3種類である。管長は、標準管2.43m及び半管1.20mのいずれも使用可能です。

2.4 発進立坑

施工径別の発進立坑径を表-1に、推進延長により立坑径が変化するため、図-4に立坑径の選定フローを示します。

このように、本工法は同径クラスの他推進工法と比較しても極めて小規模な立坑からの施工が可能であることが特長です。

2.5 適用土質

適用土質は、通常タイプの本工法(写真-3)で粘性土～玉石混り土、ローラビットを装備したコマンド-S工法(写真-4)では玉石混り土～軟岩(一軸圧縮強度80MN/mm²)であり、広

範囲な土質に対応可能であることも本工法の特長です。これは、長距離施工を行う場合、掘進土質が途中で変化す

ることが想定されることから、幅広い土質に対応できることが必須条件となるためです。

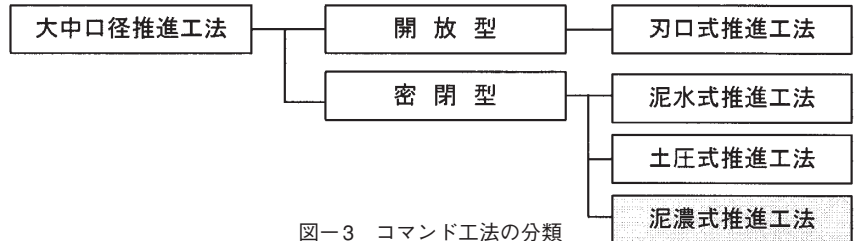


図-3 コマンド工法の分類

表-1 施工径別の発進立坑寸法

立坑径 (φ)	口径 (φ)	管種 (m)	備考
2500	800	1.20	曲線施工時は、1/3管を使用する。
	1000	1.20	
3000	800	2.43	
	1000	2.43	
	1200	1.20	

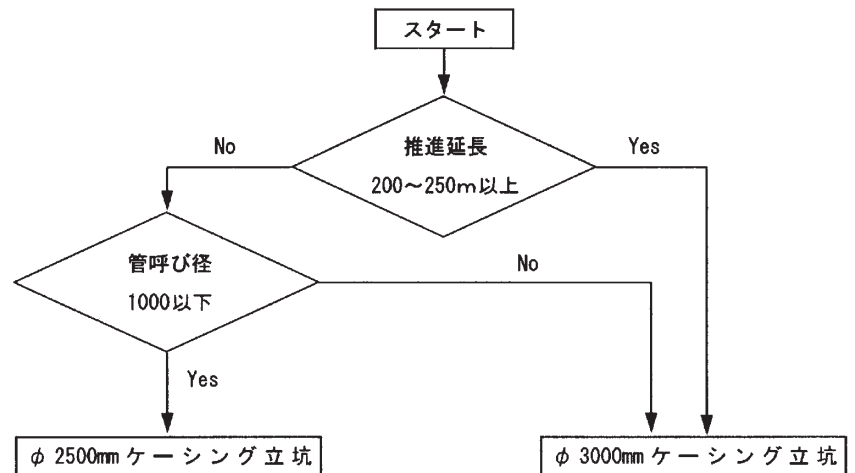


図-4 発進立坑径の選定フロー



写真-3 コマンド工法



写真-4 コマンド-S工法

2.6 推進延長

推進延長については、施工条件ごとに推進力の検討を行う必要があるが、概略の目安としては、φ 3000の立坑で最大500m、φ 2500の立坑で380m程度です。

2.7 推進力低減装置MGSシステムの概要

長距離推進を実現する方法としては、図-5に示す方法が考えられます。推進工法用鉄筋コンクリート管の70N管やレジンコンクリート管など

の高耐荷力管の採用や中押しジャッキの併用は従来から実施されてきた対応方法である。中押しジャッキを使用した場合、多段階のジャッキ操作を行うため日進量の低下が生じる等の問題点がありました。

また、滑材注入は粒状材等の減摩効果の優れた材料の開発も行われてきたが、坑口部や先導体など1箇所からの滑材注入では管渠延長が長くなった場合、滑材が不均一となり減摩効果が低減することが問題でした。

そこで本工法では、滑材を先導体より行う一次注入に加えて、推進管に適切な間隔で二次注入を実施することにより、長距離の管渠に均一に滑材を行き渡らせる方法として本装置を採用しています。

本装置は、MG剤注入制御盤・坑内注入装置・MG剤流出防止装置・MG剤圧送装置・MG剤注入用推進管より構成されています。

MG剤（ポリマ系滑材）は、地上のミキシングプラントで配合し、注入制御装置により自動注入することにより掘進しながら、推進力の低減を図ることが可能となります。図-6に本装置の概略図、図-7に坑内注入装置の系統図を示します。

2.8 MGSシステムの推進力低減機構

本工法が属する泥濃式推進工法は、テールボイド（オーバカット部）に高濃度泥水を充満させることにより、管体を浮上させながら推進を行うため、一般に低い推進力で掘進を行うことができる工法です。

しかし、高濃度泥水も推進延長が延びるにつれて、地下水による希釈や、地盤への高濃度泥水の逸泥などにより、管体周辺の地山保持力が低下すると、途中の管路部で地山の崩壊により締め付け現象が発生し、極端な推進力上昇や推進不能な状態に陥る場合があります。

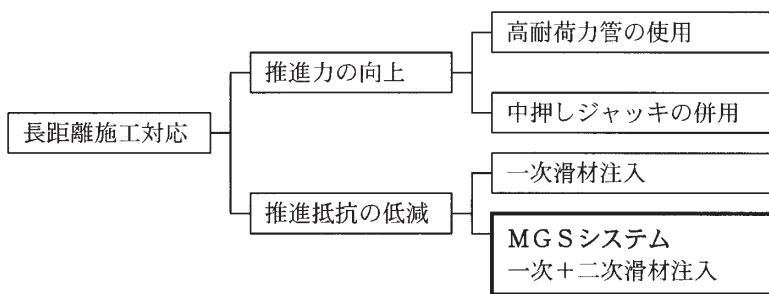


図-5 推進工法における長距離施工対応方法

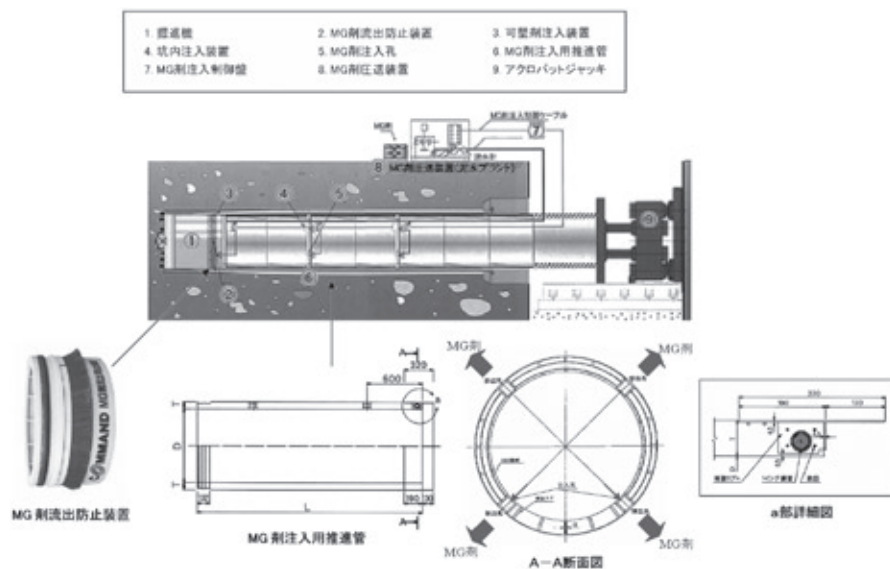


図-6 MGSシステムの概略図

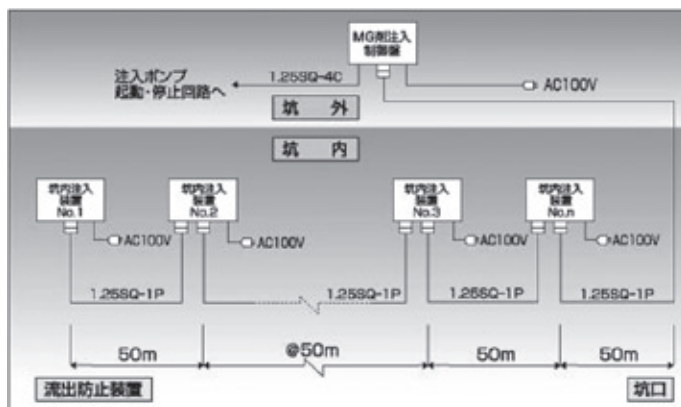


図-7 坑内注入装置の系統図

本装置は、先導体の上部から一次滑材注入を行うとともに、テールボイドの高濃度泥水の劣化を補うために概ね50mごと（図-8）に二次滑材注入を行うことでテールボイドの長期間の安定化をはかり、推進力の上昇防止を行うものであります。また、本装置の特長を要約すると次のとおりです。

【MGシステムの特長】

- ①掘進作業と同時に滑材注入を実施するため、日進量の低下を抑制できます。
- ②推進力の状況に合わせて、必要な箇所に滑材を注入できます。
- ③使用する滑材は摩擦減少効果の大きい特殊ポリマで、特殊ポリマは地下水による希釈を受けにくいいため、地下水以下での施工でも減摩効果が低下しにくい。

なお、本工法では、本装置による管外周抵抗力の低減率を表-2のように見込んでいます。

3 施工事例

3.1 最長区間距離614.25mを克服した事例

福井市 東郷・花堂幹線布設工事
 (工事全体延長：2,126.9m コマンド工法採用)

(1) 施工条件

本工事は、市道下に計画されたφ800の幹線です。土質は、N値10～20程度の砂質土・粘性土であり、土被りは6～7.5mでした。

施工スパンは、全体で5スパンであり、そのうち既設M0～M1(L=614.25m)の長距離区間を本工法で施工することとなりました。

(2) 施工上の問題点と対応

①施工実績を越える長距離施工に伴う施工精度の確保

本工法のこれまでの実績を越える区間長のため、管路の施工精度の確保が懸念されました。そこで、本工事では、

ハイパワータイプのレーザトランシットの使用により、精度管理を行なうこととしました。このレーザトランシットは600mの距離においてもレーザ光が62mmに集光できるため、施工精度の確保が可能となりました。

②ジャッキ推進力による立坑内基準点の変位

推進法線とケーシング中心とのずれが生じた場合、ジャッキ推進力伝達面が推進法線から偏心するためにケーシング立坑が変位（回転）する事態が予想されました。このとき、立坑の変位（回転）に伴い基準点のズレが施工精度に影響することとなります。

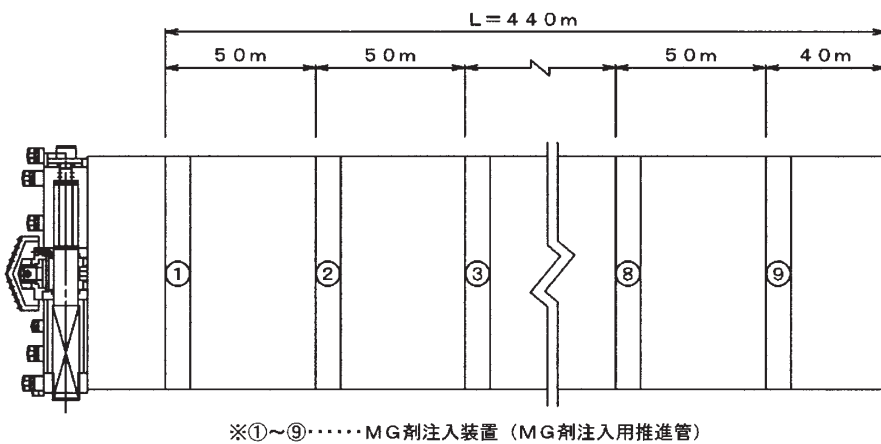
今回の施工においては、発進坑口鏡部の薬液注入前にケーシング外周部に補足注入（懸濁型）を実施した。これによりケーシング立坑築造時に生じた外周の空隙を充填し、ケーシングと地山との付着力を確保した後に鏡部の薬液注入を実施しました。

立坑外周の空隙を充填することで長距離推進に伴い推進力が増大した場合でも、立坑に変位が生じにくいよう配慮しました。写真-5に坑内注入装置の設置状況、写真-6にMG剤注入制御盤を示します。

③長距離施工に伴うジャッキ推進力の不足

推進延長の増加に伴い、摩擦力、管と土の付着力が増加し、抵抗力がジャッキ推進力を上回ることが懸念されました。本工事では、MG剤及び自動滑材充填装置を使用することで、摩擦力の低減を図り、ジャッキ推進力の不足が生じないよう配慮しました。

また、管路二次注入には自動滑材注入装置を使用し、滑材の注入量、注入圧及び注入位置をプラント部にて集中的に管理することで管路全体に効率的に滑材注入を実施しました。



※①～⑨……MG剤注入装置（MG剤注入用推進管）

図-8 MG剤注入装置の設置例

表-2 MG剤による管外周抵抗低減係数

土質区分		低減係数
粘性土	細粒分含有率 $\geq 50\%$ (礫分含有率 $\leq 20\%$)	0.4
砂質土	30% \leq 細粒分含有率 $< 50\%$	0.5
	粗粒分含有率 $\geq 50\%$ (礫分含有率 $\leq 20\%$)	0.6
	細粒分含有率 $< 15\%$	0.7
礫質土	礫分含有率 $> 20\%$ 、軟岩	0.7

(3) 施工結果

本現場は、比較的地盤が軟らかい土質であったため、掘進機のトルク・元押推進力共に低い数値で施工できました。

施工精度は、立坑の変位対策の効果により到達立坑で、水平方向右5mm、鉛直方向-37mmという高精度で到達することができました。

また、推進力については下記のとおりでした。

- ・設計推進力（MGSシステム併用）：
1,880KN
 - ・到達時の実績推力：1,600KN
- 実績推進力は、アクロバットジャッキの有効推力4,000KNの40%程度、50N管耐力の70%程度で掘進するこ

とことができました。

図-9に本工事における推進力の推移を示します。この図より、最大推進力で1,600KNの推進力で掘進を完了しており、本装置による推進力低減効果の有効性が明らかとなりました。また、写真-7に本工事で使用した本工法のマシンを、また写真-8に到達時状況を示します。

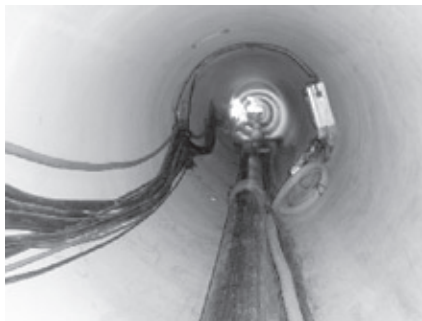


写真-5 坑内注入装置

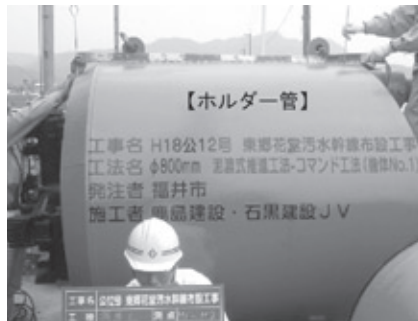


写真-7 コマンド工法発進時



写真-6 MG剤注入制御盤



写真-8 到達状況

4 推進施工実績

次に、本工法の推進実績等について紹介します。協会設立以降の推進実績は図-10～12に示すとおりで、平成21年度の単年度施工実績は約5,500mであり、平成21年度までの累計推進実績は約51,000mとなっています。

その他、特筆すべき事項としては、平成17年2月からφ2500mm円形立坑からの発進の導入を図っています。推進管径φ800mmの実績が、圧倒的に多くφ1000mmはその一割程度に過ぎない状況にあります。また、MGSシステムやコマンド-S工法の実績については平成20年度に比べて平成21年度は大きく伸びてきています。

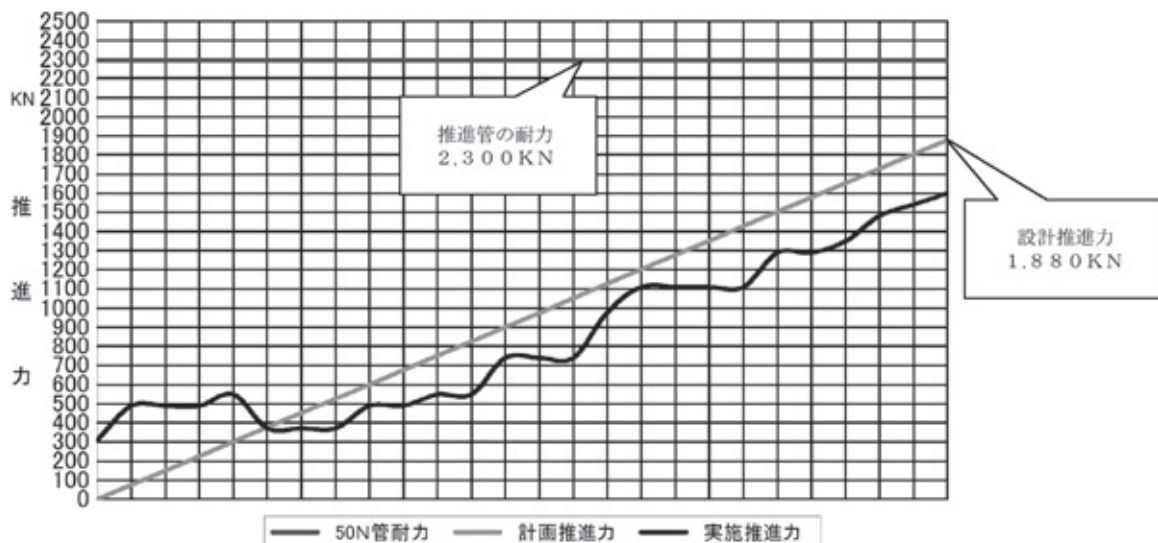


図-9 推進力の推移

5 おわりに

工法検討に当たって最も重要な事項は、土質内容を十分把握分析し、それに基づく適切な判断が必要となります。特に工法の選定においては、岩種、岩盤強度、互層の有無、玉石や転石径、粒度分布、透水係数が重要となり、補助工法の必要性の有無についても同様です。

コマンド工法協会事務局には、工法パンフレット、積算資料、技術資料、工法説明ビデオを準備していますのでお問い合わせをお願いします。

今後とも、一層の技術の向上並びに普及に努める所存です。

最後に今迄同様のご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

【追記】

多大のご協力をいただきました参考文献の執筆者の皆様に深く感謝申し上げます。

〇お問合せ先

コマンド工法協会

〒732-0052

広島市東区光町 1-13-20

ディア・光町2F

Tel : 082-261-5876

Fax : 082-261-5925

URL : <http://www.command.gr.jp>

E-mail : command@cello.ocn.ne.jp

【参考文献】

- ・後藤寿和、秋山大一、足田誠治
「推進力低減システムの課題と展望 その2」2008年 月刊推進技術5月号
- ・小谷謙二、小田勇「コマンド工法の機能と特性」2000年7月 第23回「最新の推進工法施工技術」講習会テキスト
- ・小谷謙二「長距離・曲線推進用滑材注入システムの解説」2002年 月刊推進技術2月号

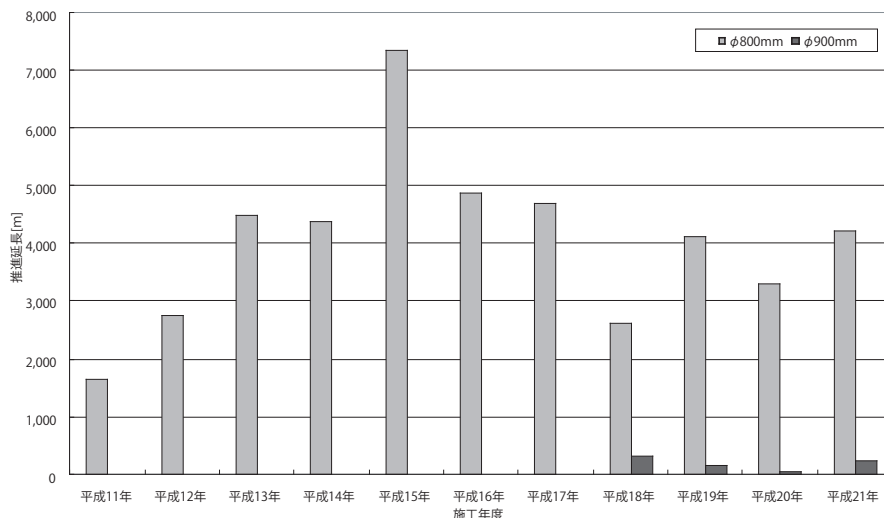


図-10 施工実績

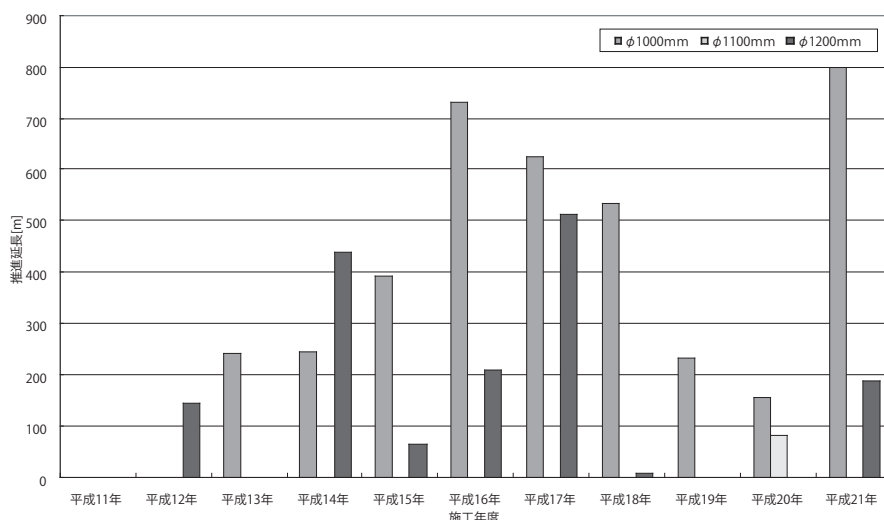


図-11 施工実績

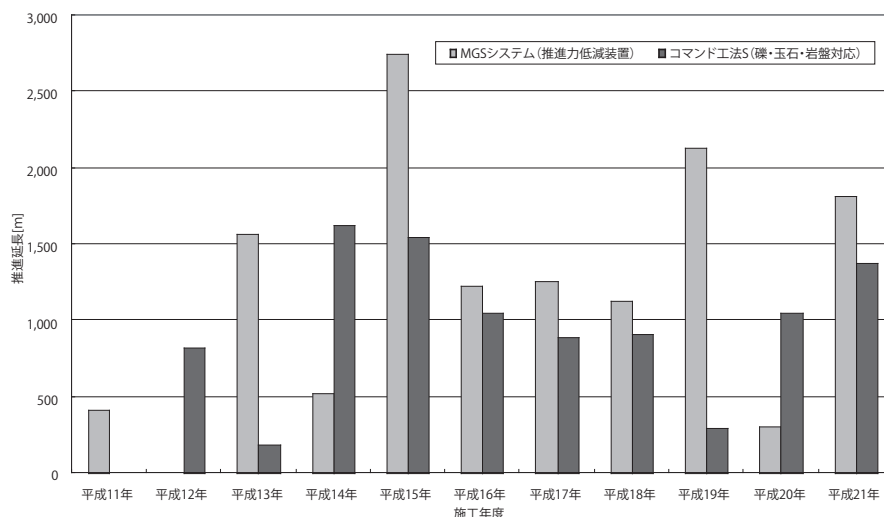


図-12 施工実績