土圧式推進工法

CMT(超長距離・複合推進)工法

compound mini tunnel

説明資料

株式会社 姫野組

関西支店

工法説明資料　目次

■推進工事とは
■大中口径管推進工法の分類
■推進工法とシールド工法の違い
■某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
・一次選定
・二次選定
・工程・経済・安全における他工法優位性
・長距離推進における他工法優位性
・CMT工法の特性～①切刃の安定方法
②想定外への的確な対応
③推力の低減について
③-1　〃
③-2　〃
④現場に応じたリスク低減
④-1　〃
④-2　〃
④-3　〃
④-4　〃
・作業状況　～①圧気設備
②ビット交換　③障害物撤去　④流木撤去　⑤到達状況
■平成19年度世界最長記録達成
■終わりに
■株式会社　姫野組　会社概要

推進工事とは

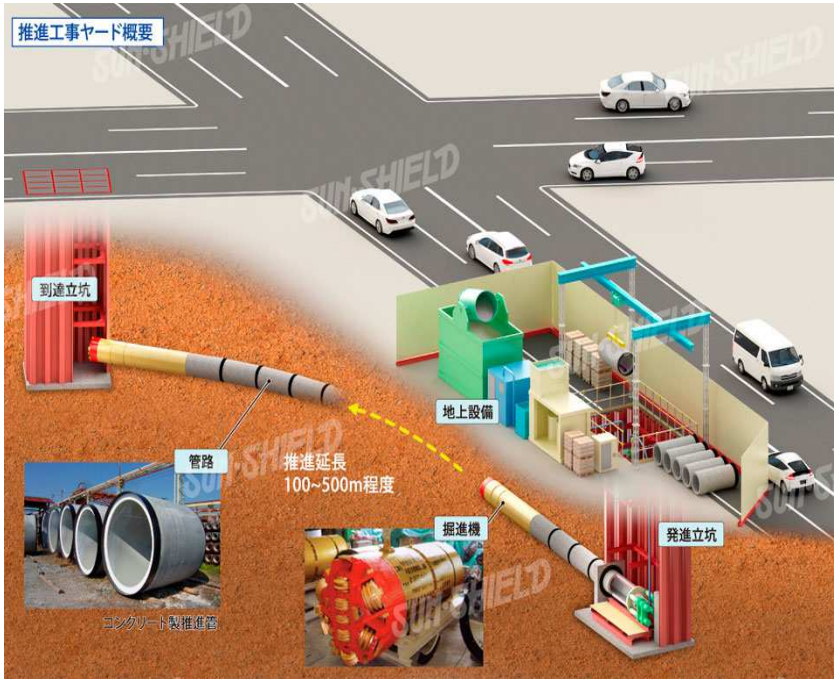
私たちの生活に必要なライフラインとなる「電気・水道・下水・ガス・通信」などの管路を地下に埋設する工事です。

一般的な工事としては地上から計画管路の範囲全体を掘削して管路を敷設する工事として「開削工法」というものがありますが、推進工事では、

管路の始点と終点の工事区間の位置にのみ縦穴を設けることで、工事区間の交通や騒音・振動など環境問題等の渋滞弊害を最小限にとどめることができます。

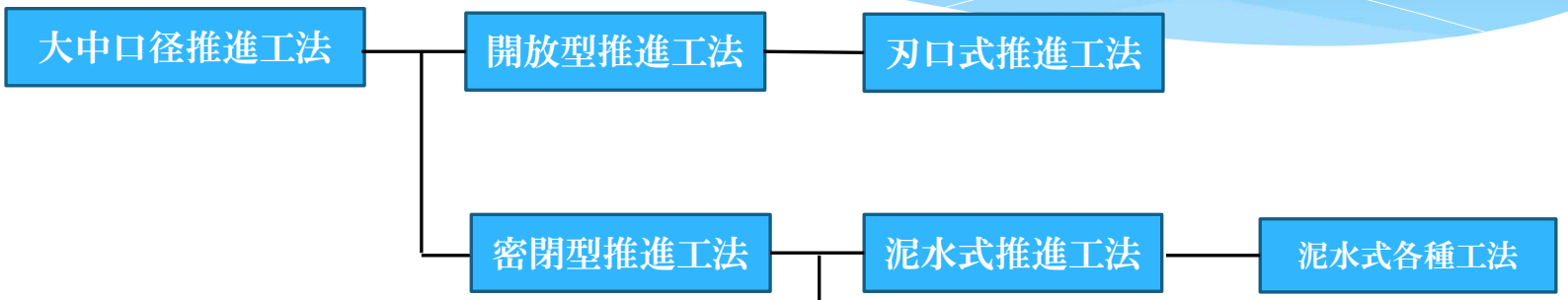
管路の始点となる発進立坑から地中を掘り進む掘進機により、管路となる推進管を後続に接続しつつ、発進立坑からの反力を利用して地中に押し込み管路を築造します。

推進工事全体概要図



大中口径管推進工法の分類

【呼び径(内径) 800mm以上】



※日本における推進工法の歴史は、1948年に鉄道起動下を内径600の鋳鉄管をさや管(一回り大きな管を敷設すること)として施工したのが始まりである。

※当初の推進工法は特殊工法としてガス、水道、通信ケーブル等のさや管として起動下や道路の横断敷設を対象としていたが、1963年12月の生活環境施設整備緊急措置法の制定による第一次5ヵ年計画以降、推進工法も下水道時代を迎える。

※さらに、需要の拡大に伴い、シールド工法等の技術を取り入れて、安全性の高い工法へと発展し、泥水式推進工法や土圧式推進工法といった機械式推進工法が開発されたことにより、ますます技術の進歩を早めることになる。

※社会資本整備の一環である下水道の整備は、大都市から地方中小都市へ、あるいは幹線から準幹線へと移行し、多くの工法が開発された。現在では、長距離および複合急曲線施工法の確立、資機材等の改良、制御、計測の自動化といった技術を多用し、下水道整備に大きく寄与している。

推進工法とシールド工法との違い

「非開削工法」には、「推進工法」の他に「シールド工法」があります。シールド工法と推進工法の違いは次のとおりです。

■シールド工法

掘進機(シールド機)をシールド機後方に設置された油圧ジャッキで押し込んで地盤を掘削し、シールド機が進むと後方にセグメント(鋼製又はコンクリート製)と呼ばれるリング状の支保工を組み立てる。ジャッキの反力はこのセグメントが受け持つ。ジャッキを押し込んだり縮めたりの繰り返しで掘進していく。内部に作業空間が必要なため、大口径横穴が必要になる。

近年の都市インフラ工事では大きい横穴は減少傾向にある。

■推進工法

推進管と呼ばれる円筒状の管を掘進機と一緒に発進立坑に設置された油圧ジャッキで前進させる。

内部でセグメントを組み立てる必要が無いため、シールド工法より小さい管径の工事を行うことができる。

某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料(一次選定)

工法比較選定表(一次選定)

施工条件	必要管径	φ1000mm	土質条件	Bor~	No.30	No.29	No.28	No.27	No.26	No.25	No.24	No.23	No.22	No.21
	推進延長	1,234.8m		管路土質名	シルト混り砂礫	砂礫	礫混り砂	シルト質砂	砂混り粘土	シルト混り砂	礫混り砂	砂礫	シルト混り砂礫	礫混り砂
	土被り	7.62m~9.98m		記事	15mm位迄の礫混入、砂は細砂~中砂優勢、下部はシルト質細砂	30mm位迄の礫混入、細砂~粗砂迄不均一、下部はシルト分多い	細砂~粗砂迄不均一、細礫主体で全体にシルト質	細砂主体、全体にシルト混り、上部は腐食物混入	シルト~細砂が全体に混入、下部は有機質、腐食物混入	粒径不均一、粗砂はやや少なく10mm位の礫混入	細砂~粗砂迄不均一、細礫主体で10mm位迄の礫混入	10mm位の礫、50mm位の礫混入、細砂~粗砂迄粒径不均一	20mm迄の礫、砂は細砂~粗砂迄不均一	30mm程度の礫を含む、細砂~中砂主体、シルトが全体的に混入
	線形	R:500m500m200m200m500m100m		礫率%	19.5	27.5	10.37	0.55	0	7.3	10.95	29.8	48.5	20.4
	周辺環境	旧国道170号線下												

工法区分	大区分	シールド工法		推進工法		
	工法名	泥土圧シールド	ミニシールド	アルティミット工法	CMT工法	超流バランス工法
	切羽保護の方式	泥土圧式	泥土圧式	泥水式	土圧式(面板加圧)	泥濃式
工法概要		掘進機のチャンバー内に掘削土砂又は掘削土砂と添加材との撹拌混練土砂(泥土)を充満させ、切羽の土圧および地下水圧に対抗する圧力を保持することで切羽の安定を図る方式である。又、その圧力はスクリューコンベアによって推進量に見合った排土を行う事で調整する。	掘進機のチャンバー内に掘削土砂又は掘削土砂と添加材との撹拌混練土砂(泥土)を充満させ、切羽の土圧および地下水圧に対抗する圧力を保持することで切羽の安定を図る方式である。又、その圧力はスクリューコンベアによって推進量に見合った排土を行う事で調整する。	掘進機のカッター後方に隔壁(バルクヘッド)を設け、切羽と隔壁の間の泥水室(チャンバー)に土圧および地下水圧に対抗する泥水を圧送し切羽の安定を図りながら、カッターを回転させて掘進を行う。掘削した土砂は泥水と撹拌し、排泥管を通して立坑内に設置した排泥ポンプで坑外に流体輸送する。	面板の押付力で切羽を安定させると共に、面板前面で塑性流動性の高い削土を作る事で限定圧土圧方式となる。面板で切羽に押し付け塑性流動性の高い削土を掘進機外周の間隙に再充填する。面板の押付力と土砂取込口(モノスリット)からの取込量を制御する事で再充填密度を高める事が出来る。押付力は掘進機後方の推力点ジャッキにより測定管理する。切羽の安定は土圧式であるが、掘削土砂は流体輸送で坑外に搬出する。	切羽安定機構は土圧式と同じであるが、掘削した土砂は高濃度泥水と撹拌混合し流動化させ掘進機内のピンチバルブを閉閉する事により、切羽を安定させながら間欠的に排土する。大気圧下に排土された掘削土砂は、搬送可能な大きさに選別してバキュームにより郊外に搬出する。オーバーカットしたテールボイドに可塑材を充填する事で周辺摩擦力を軽減し、長距離・急曲線施工が可能である。

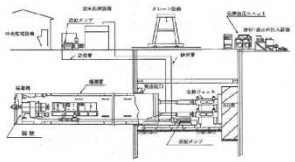
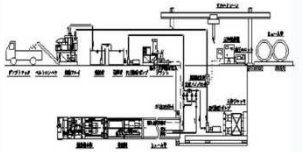
排土の方式			ズリ鋼車	圧送	流体輸送	流体輸送	真空排土
掘削外径		mm	φ1980	φ1374	φ1230	φ1230	φ1260
管渠内径		mm	φ1200	φ1000	φ1000	φ1000	φ1000
管渠材質			二次覆工コンクリート	RCセグメント	ヒューム管	ヒューム管	ヒューム管
発生土量	掘削断面積	m^2	3.078	1.482	1.188	1.188	1.248
		m^2	地山土量×1.3	地山土量×1.3	概算　物質収支計算	概算　物質収支計算	地山土量×1.5
処分土の性状			汚泥	汚泥	土砂 ＋汚泥	土砂 ＋汚泥	汚泥
長距離推進	可・不可		○	○	○	○	×
	1200m実績		○	○	○	○	×
	φ1000mm最長	m	ー	2,340.00	1,274.60	1,447.60	ー
中押し設備	要・不要		ー	ー	要	要	
発生土の坑内保放	有・無		有	有	無	無	有
	解放場所		排土ゲート	排土ゲート	ー	ー	排土ピンチバルブ
掘進時の入坑者	有・無		有(運転、排土管理、セグメント組立)	有(運転、セグメント組立)	無(遠隔操作)	無(遠隔操作)	有(排土管理)
	常時	人	5	3	0	0	1
ビット交換	有・無		有	有	有	有	有
	交換場所		中間立坑・機内	中間立坑	中間立坑	中間立坑・機内	中間立坑
障害物対応			△	△	×	○	×

施工条件に対する工法の適用性など	・セグメント最小外径がφ1800mmとなる。 ・発生土量は排出時の増加率は加泥材の添加率、ほぐし率より実績値として1.25~1.4となる。 ・掘削断面の増加、二次覆工の施工により工費、工期共に他工法に比べ大きく、適用性に劣る。	・3分割セグメントの構造上、組立クリアランスが必要となり、余掘が大きくなる。 ・バッテリー台車によるセグメントの運搬が必須であり、小断面では安全性の確保が重要となる。 ・推進工法に比べ経済性に劣る。	・切羽保護のため、切羽水圧・泥水性状の慎重な管理や土留機構を満足させる泥水性状維持確保のための調泥設備が必要である。 ・掘削土は流体輸送して振動篩と脱水処理装置で土砂と汚泥と水に分離する。 ・一般的に施工条件に対して他の工法より適用性に優れるが、管理項目やプラント設備が増加するため、やや適用性に劣る。	・世界最長推進距離1447.6m(φ1000mm)の施工実績が有る。 ・工法においてビット交換が必要となるが、機内からビット交換が可能なため交換位置の制限を受けない。 ・想定外の土質変化、巨礫、流木、鋼矢板等の障害物も目視の上撤去等の対応が可能である。 ・掘削土は泥水工法と同じく流体輸送して振動篩と遠心分離機により土砂と汚泥と水に分離する。 ・泥水工法に比べ、切羽水圧や泥水性状管理、調泥設備が不要で有り管理や構成する設備は簡素である。 ・施工延長、施工実績、土留機構の確実さ、障害物への対応、構成する設備の簡素さ等、他工法に比べ適用性に優れる。	・真空排土のため管内に中継設備の設置が不能であり、1000m超の施工実績は無い。 ・真空排土の前に掘削土砂を分級するため、掘進機内に人員が必要である。 ・施工条件に対する適用性に劣る。
総合評価(一次選定)	×	△	○	○	△

某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料(二次選定)

工法比較選定表（二次選定）

前項、一次選定表にて選定した①泥水推進工法（アルティミット工法）②土圧式推進工法（CMT工法）について二次選定を行う。

工　法			①泥水式推進工法 アルティミット工法		②土圧式推進工法 CMT工法	
工法概要図						
比較対象項目	呼び径φ1000mmにおける1,250m以上の実績		1,274.6m	○	1,447.6m	○
	掘削対象土質などに対する適応性	主な対象土質	砂礫、砂質土、粘性土対応	○	砂礫、砂質土、粘性土対応	○
		礫対応	礫径と礫分によりやや難しい場合有り	△	礫径と礫分に対して対応が容易	○
	障害物等出現時対応の可否		隔壁に点検窓の設置が不可	×	隔壁に点検窓の設置が可、出現時には即応できる管内圧気設備を有する	○
	切羽土留機構 掘削土の状態に対する適応性		・特に砂礫や砂質土では切羽に撹拌装置が無いため長期停止時に切羽泥水性状と切羽水圧の管理が困難かつ複雑 ・排泥管がφ100mmと小さく掘削土の形状により排泥管閉塞やそれに伴う切羽水圧管理が困難な可能性が有る	△	・面板加圧及び、モノスリットの定位置停止機構によりチャンバー内への土砂の流入を最小限に抑制する事により長期停止時も管理が確実に行える ・排土は掘削土の形状や性状に拘束されることが少なく適応性に優れる	○
	土被りの大きさ、被圧水頭の高さ		問題無し	○	問題無し	○
	対象土質における基地仮設面積		600 ㎡	△	600 ㎡	○
	概算工期（供用月数・推進工のみ）		11.4 ヵ月	○	11.4 ヵ月	○

概算工費・直接工事費							
	管推進工（管材費別）	式	1.0	221,377,000		183,676,000	
	仮設備工	式	1.0	6,422,000		9,004,000	
	通信・換気設備工	式	1.0	2,002,000		3,623,000	
	送排泥設備工	式	1.0	31,600,000		24,946,000	
	泥水処理設備工	式	1.0	45,495,000		25,645,000	
	注入設備工	式	1.0	120,000		241,000	
	推進水替工	式	1.0	3,841,000		1,337,000	
	推力伝達材	組	488.0	3,988,000		1,878,000	
				314,845,000	△	250,350,000	○

総合評価	・実績として限界 ・やや工費が②に比べ高価 ・砂分の卓越した掘削対象土質では山留のための泥水の性状を確保できない場合が有るなど②に比べ適用性にやや劣る	・実績として余裕を有する ・やや工費が①に比べ安価 ・掘削対象土質に切羽山留機構や排土機構が制約を受けず①に比べて適用性に優れる
	×	○

某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
～工程・経済・安全における他工法優位性～

1.工程的に優位

当初設計：ミニシールド工法　　供用日数　420日
検討工法：CMT複合推進工法　　供用日数　244日

2.経済的に優位

当初設計：ミニシールド工法　　概算工事費　354（千円／m）
検討工法：CMT複合推進工法　　概算工事費　270（千円／m）

3.安全性

CMT工法は、土圧式推進工法に分類されますが、排土方法は長距離に適した「水力排土方式」を採用しており、全ての制御を遠隔操作方式で行います。したがって、通常推進作業に於いて坑内は、“無人”での施工です。マシン・管路の保守・点検、測量時に作業員の入坑がありますが、軌条設備を備えてあり迅速な移動で対応できます。また、超長距離における換気設備においても、高圧換気冷却脱臭ユニットを採用して万全を期します。

某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
～長距離推進における他工法優位性～

4. 長距離推進における優位性

推進を長距離施工する場合の着目点

①推力の問題
②互層となる地盤に対する切羽の安定確保
③想定外（地中障害物等）における的確な対応

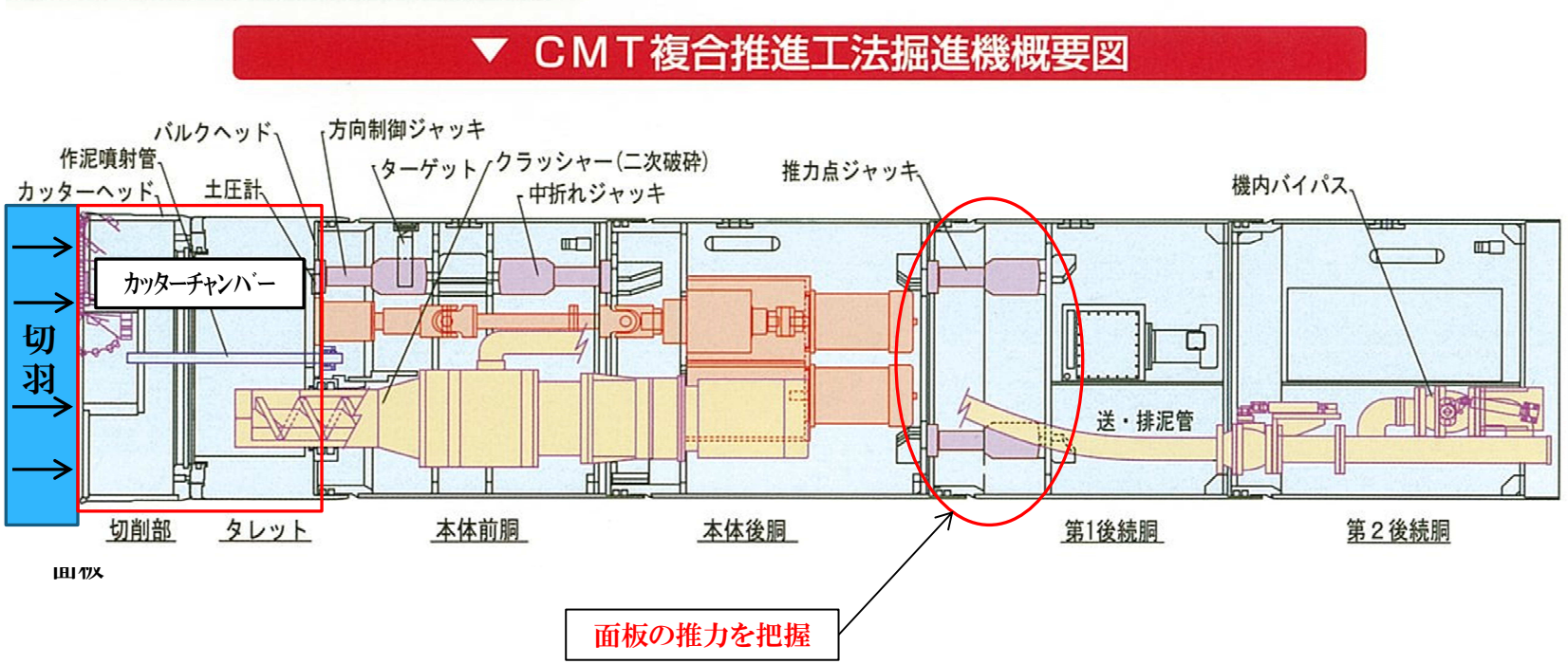
①についてCMT工法が特段、推力が低く安定し長距離推進に適している訳ではありません。他工法でも推力的には施工可能であると思われます。しかしながら、②③に対する事象についても検討すべき点であり、それらを踏まえて施工できる工法としてCMT工法を推奨します。

某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
CMT工法の特性～①切刃の安定方法

①切羽の安定方法

切羽安定方法として開口率の小さな面板を切羽に押し付けて掘進する、面板加圧方式であるとともに、掘進機内に推力点ジャッキを備え、カッタートルクの振れ、クラッシャートルクの振れをもとにリアルタイムに土質形状を把握してジャッキスピードを切羽安定に合わせ推進していきます。

（他工法はカッターチャンバー内の泥水土圧で切羽の推力確認）



某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
CMT工法の特性～②想定外への的確な対応

②想定外（地中障害物等）への的確な対応

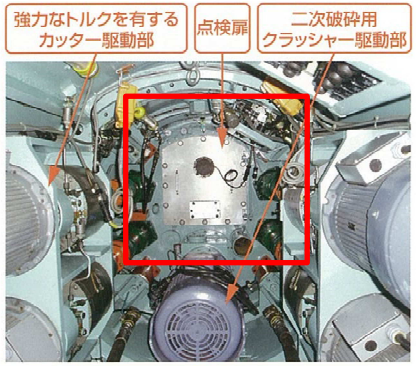
掘進機本体に点検扉を有しているので、地盤変化への対応が機内より可能である。

（他工法では、土質条件に対応した地盤に合わせてマシンヘッドを選定して発進し、途中で変更できないので、対応できない地盤では中断も余儀なくされます。）

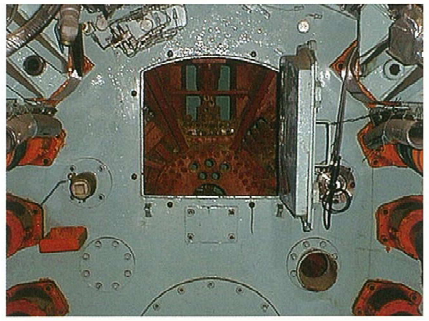
また、想定外の障害物にも点検扉から目視でき的確な対応ができる。

（ユニット化した圧気設備をバックアップさせ対応）

- 切削ﾋﾞｯﾄ⇔ローラーﾋﾞｯﾄへの変更
- 粘性地盤変化による開口部（率）の変更
- 障害物の撤去（土留鋼材、流木等）



▲ 掘進機内状況



▲ 「点検扉」の開放

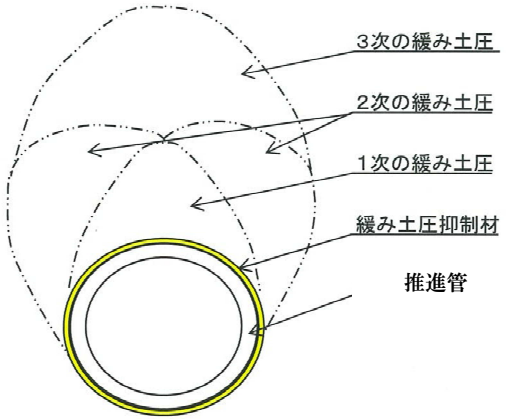
某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
CMT工法の特性～③推力の低減について

③推力の低減について

近年の推進工法では推力の低減に対して摩擦抵抗だけでなく上載地盤の緩み土圧を抑制することを重要としています。特に長距離推進施工においては時間経過による緩み土圧を意識しています。

※緩み土圧について

推進工法の指針と解説では推進管にかかる緩み土圧は推進距離が短く、短期間に推進が完了することを想定して1次の緩み土圧しか考えていませんでした。従って、推進管にかかる土圧が時間とともに増加することを無視してきました。しかし、最近の長距離推進のように500m以上を推進すると、推進期間が1ヶ月も2ヶ月もかかるようになってきたので、緩み土圧の進行を何らかの方法で止めない限り、緩み土圧範囲も2次、3次の緩み土圧がかかるようになってきました。言い換えれば、長距離推進では推進管にかかる土圧を時間の増加関数として捕らえられなくては成り立たなくなってきました。

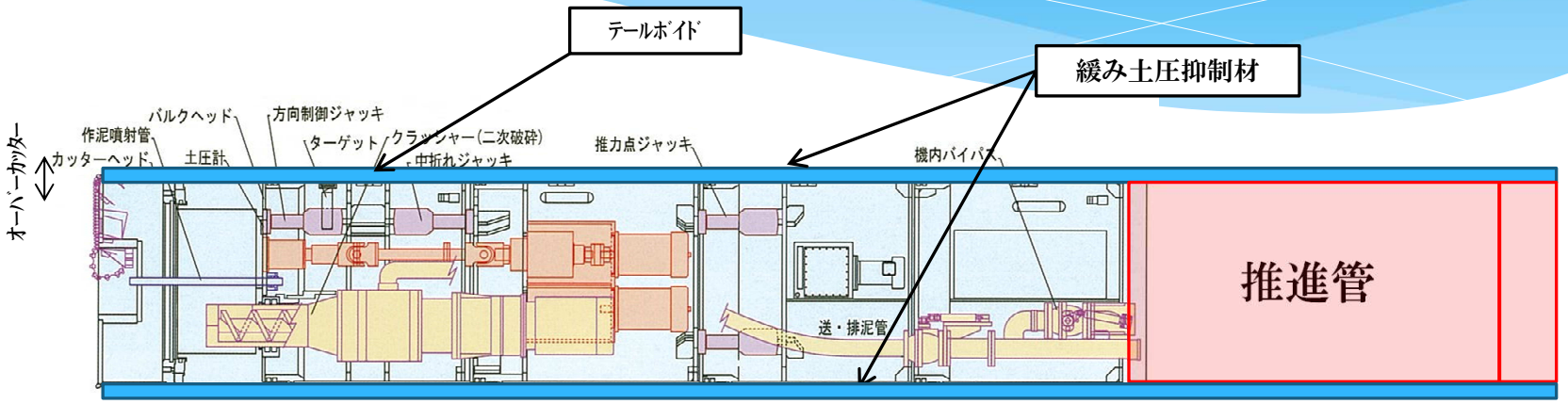


第１図　長距離推進時の緩み土圧

某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
CMT工法の特性～　③-1推力の低減について

③-1推力の低減について

CMT工法では緩み土圧抑制材を使用します。他工法では緩み土圧の抑制手段として固結滑材を使用します。



※緩み土圧抑制材と固結滑材の違い

オーバーカッターしたテールボイドに緩み土圧抑制材を充填させて、上載地盤の影響を減少させる。地山と推進管の間に充填させることにより浮き押しで施工する理論は同じです。固結滑材については、施工中の補充が困難であり、施工完了後の裏込注入もでき難い事、永久保存が不可能でやがて消失し、その結果空洞化が生じる可能性があります。

CMT工法の緩み土圧抑制材は、粘土、ベントナイトを主体とした塑性体で、永年の保持と裏込注入も可能であり、通常、滑材は、推進管の移動摩擦と地中拡散で減少するが、その補充も可能です。

某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
CMT工法の特性～③-2推力の低減について

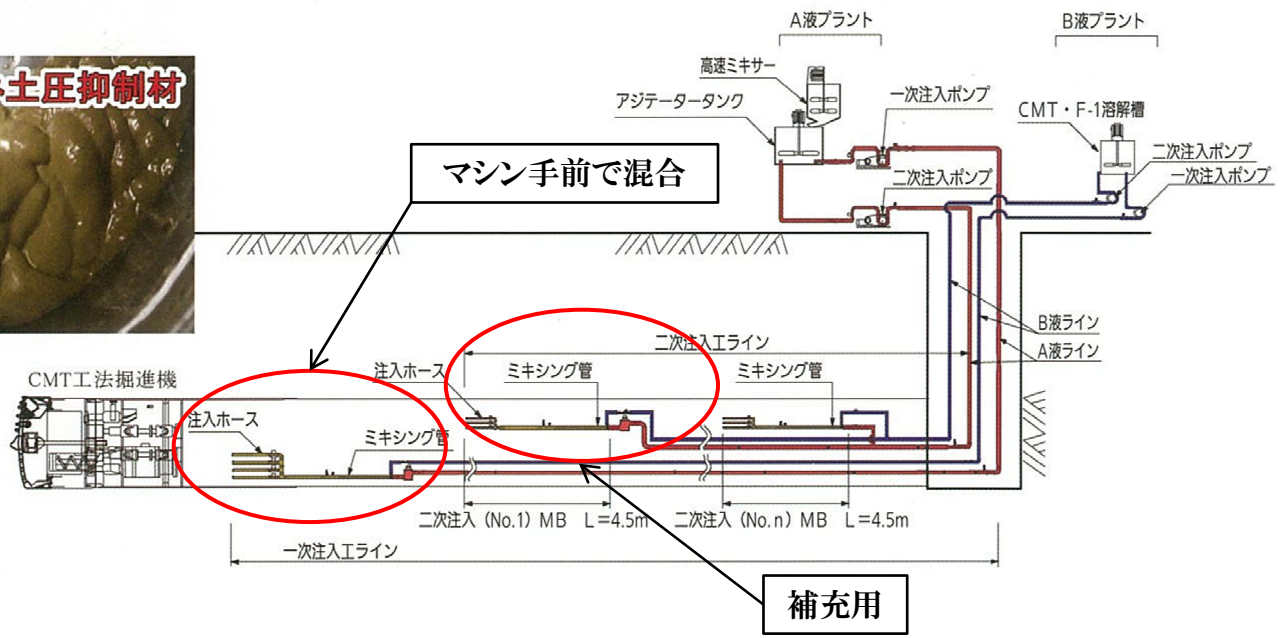
③-2推力の低減について

長距離推進における緩み土圧抑制材の施工方法について

緩み土圧抑制材の圧送方法についてA液（粘土・ベントナイト・水）とB液（高分子・水）の2液を圧送し、マシン手前でミキシングを行ない塑性体を形成させ、テールボイドに圧入注入する2液注入方式で行います。

高分子を使用しますが、裏込注入が可能であるので、テールボイド内の緩み土圧抑制材の中にセメント系の裏込材が圧入侵入できるので永年の保持も可能です。

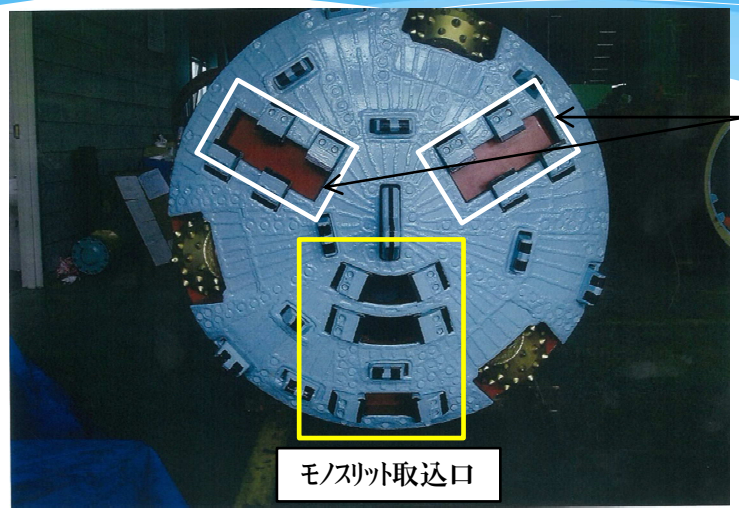
▼「CMTフローティングシステム」標準図（2液注入方式）



某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
CMT工法の特性～④現場に応じたリスク低減

④現場に応じたリスク低減

・開口部の遠隔開閉の搭載

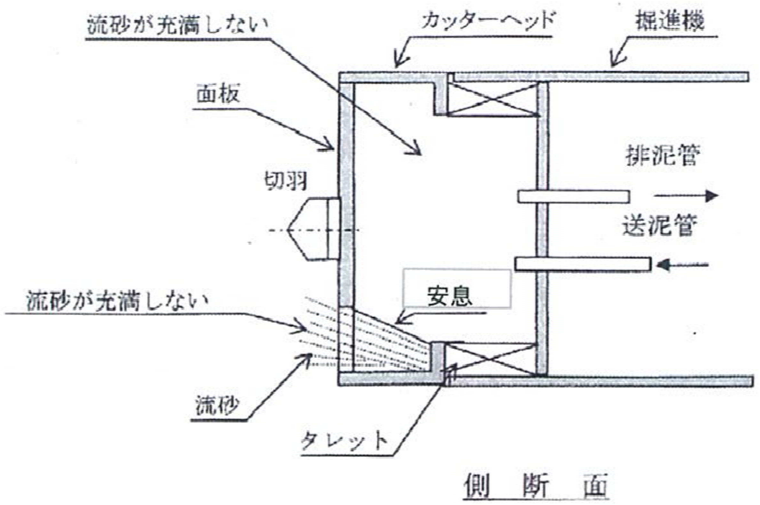


遠隔で開閉することにより砂礫取込・粘土地盤による閉塞を防ぐ

・流動性がある砂地盤の対応

（掘進停止時の切羽安定）

作業中断・終了時CMT掘進機ではカッター回転を停止するとカッターヘッドのモノスリット（取込口）が自動に真下の位置で停止する機構となっています。モノスリットが真下で止まると洗砂は水中での安息角で僅かだけチャンバー下部に入ってきて止まる。チャンバーの後部にはタレットで止まるので、チャンバー内に溜まる洗砂は僅かである。さらに安全を期するために、カッター回転を止めてからカッターヘッドの面板を数トンの力で切羽に押し付けて推進を止めているので、確実に切羽は防護されています。



図－３　掘進停止してヒューム管据え付け時の切羽の安定

某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
CMT工法の特性～④-1現場に応じたリスク低減

④-1現場に応じたリスク低減

・掘進機の起動電流をクラッチ起動にすることにより、起動時の電流による負荷を軽減し、電力トラブルを回避します。

※クラッチ起動　→　掘進機の電源を4段階でONにする。

・掘進機のローリングの対応

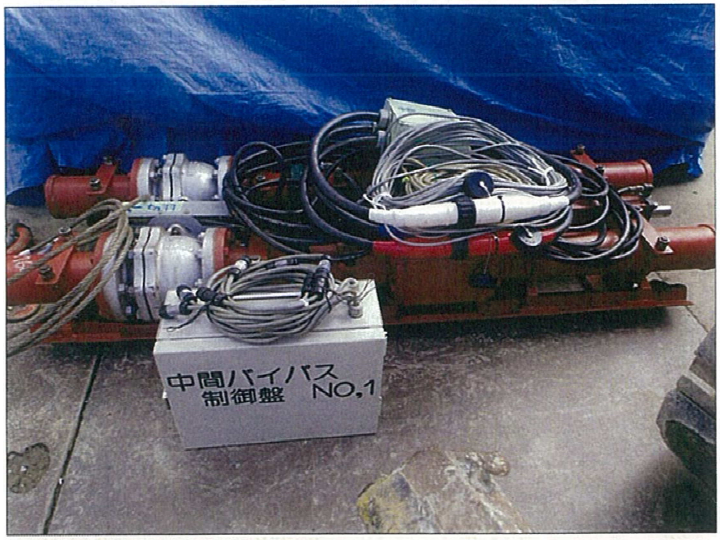
※ローリング警報装置を搭載　→　ローリング15°でマシン強制遮断以降逆回転しか作動できない。

・電子レベル計・マシンレベル計の搭載

※リアルタイムにマシン縦断変位・本体の傾きを把握する。→推進精度向上

・送排泥中間バイパスの採用

※推進管セット時の停止時間短縮



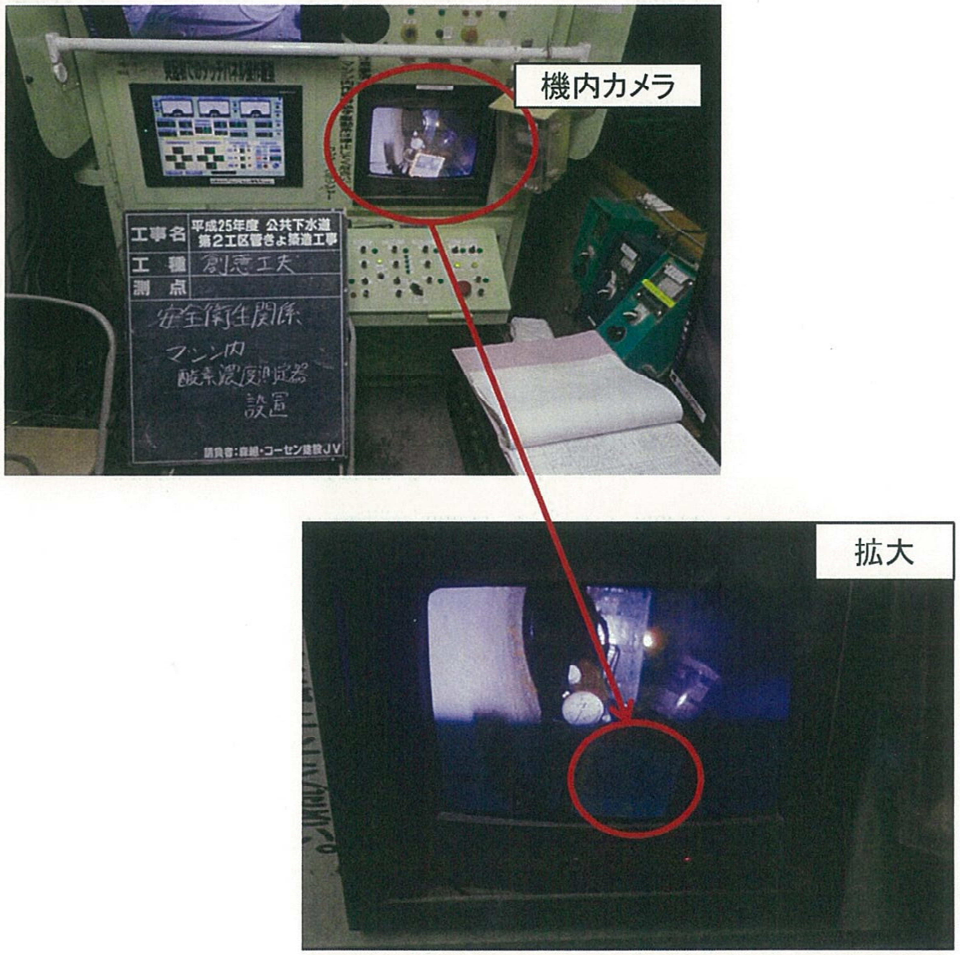
某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
CMT工法の特性～④-2現場に応じたリスク低減

④-2現場に応じたリスク低減

・ガス濃度測定機の搭載

※マシン操作盤からモニターで監視

（添付図、写真等）



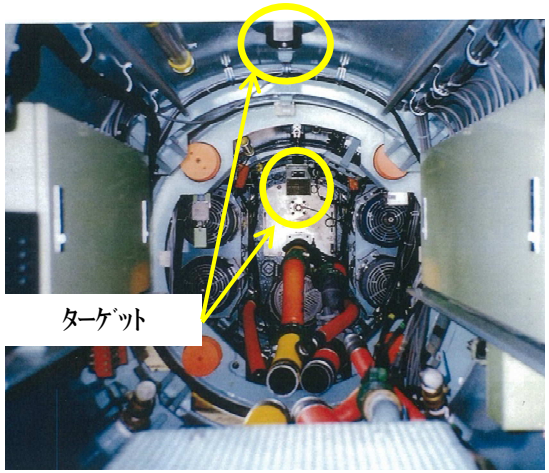
某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
CMT工法の特性～④-3現場に応じたリスク低減

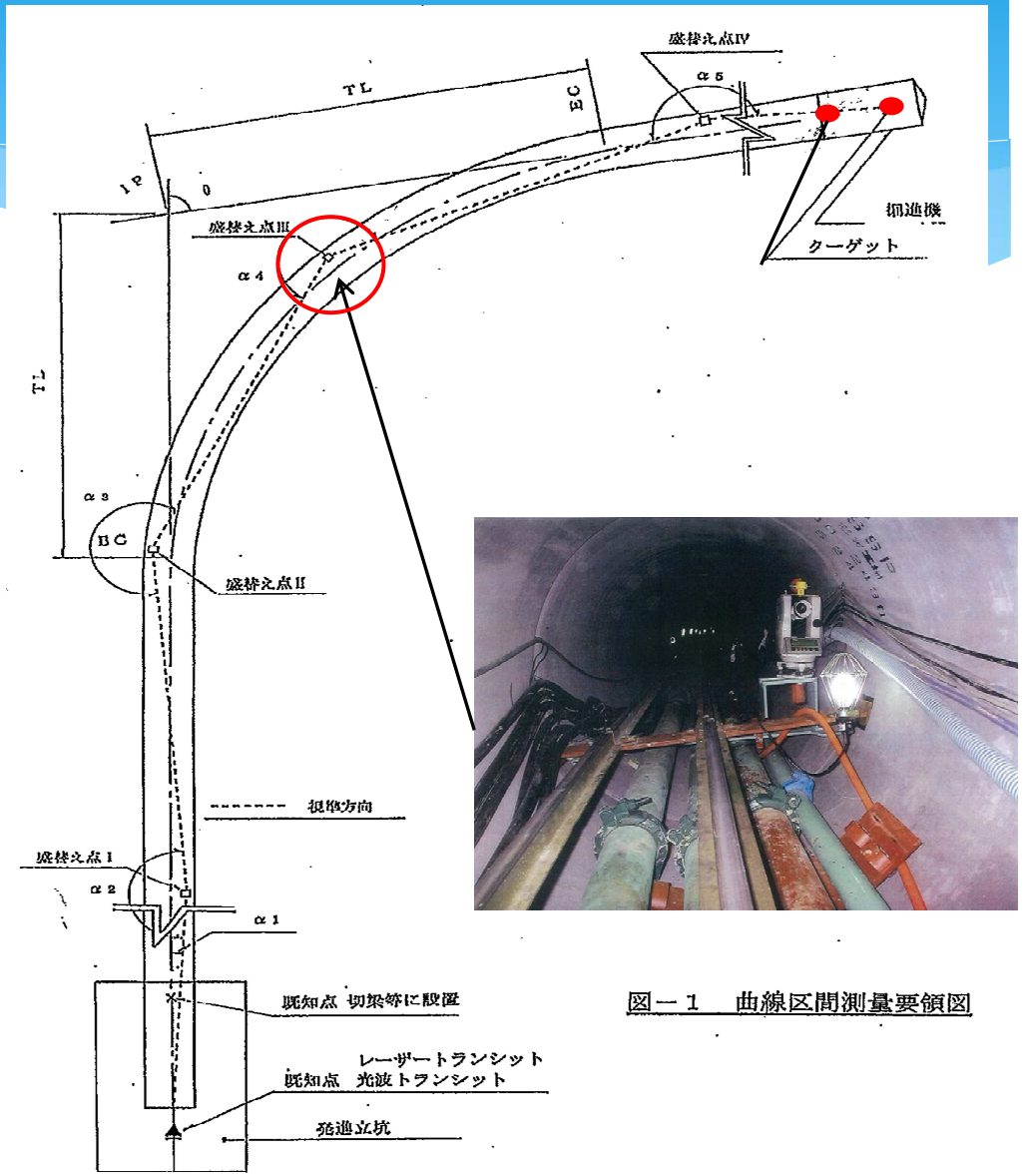
④-3現場に応じたリスク低減

・管内測量について

基本的にはﾚｰｻﾞｰﾄﾗﾝｼｯﾄ光波測距儀を使用し、発進立坑から盛替え点を設置し掘進機のﾀｰｹﾞｯﾄを測距し座標で管理します。

曲線区間中については掘進機のﾀｰｹﾞｯﾄを2箇所測定し、掘進機の進む方向を確認し、掘進精度を上げて施工します。



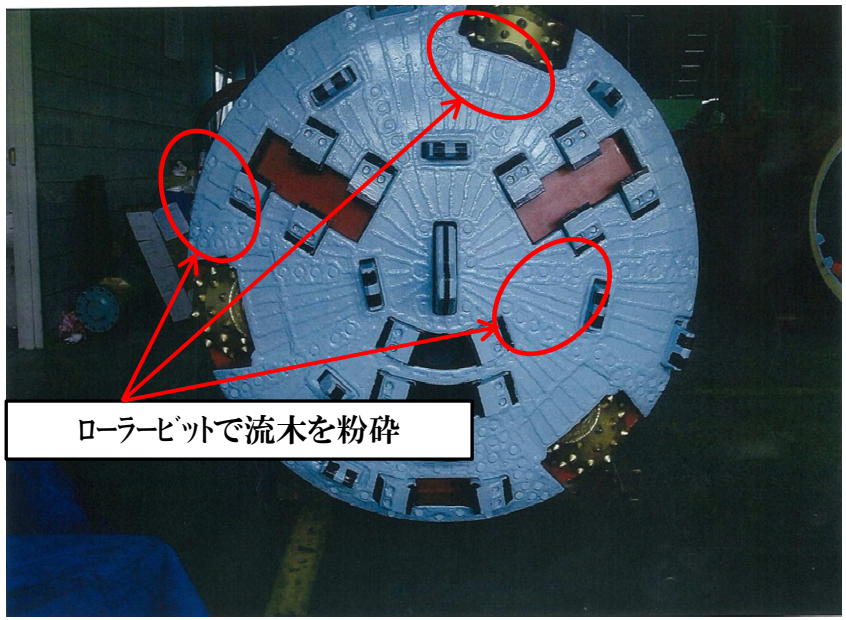


図－１　曲線区間測量要領図

④-4現場に応じたリスク低減

- 掘進中の支障物（流木）への対応

施工箇所付近他工区の推進工事現場で流木が多数発　生しているため掘進機の面板をﾏﾙﾁﾍｯﾄﾞで対応します。



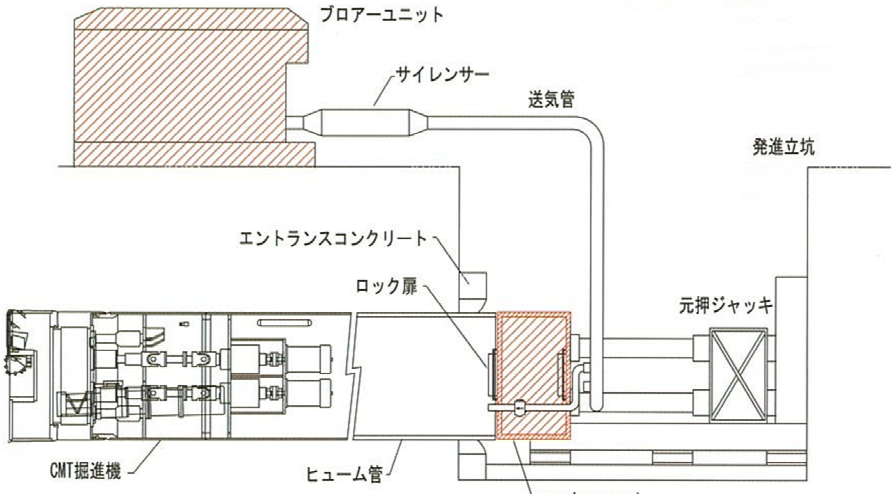
某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
作業状況～①圧気設備

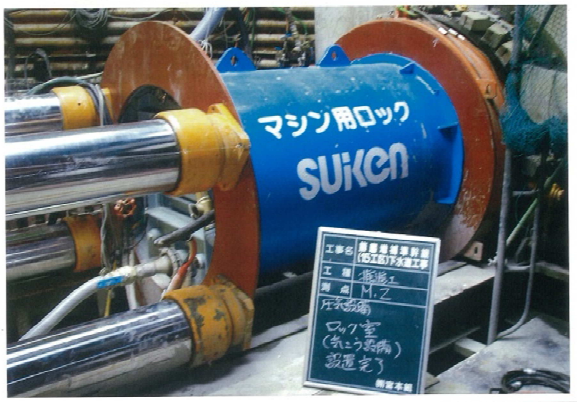
①圧気設備

ブロアーユニット

ロックユニット

▼ 圧気工法の設備図

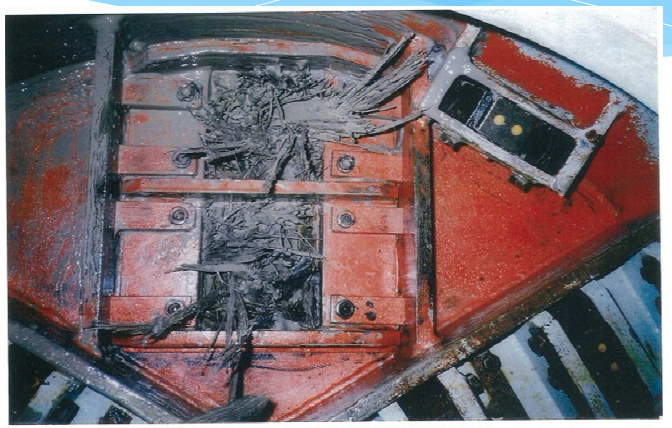




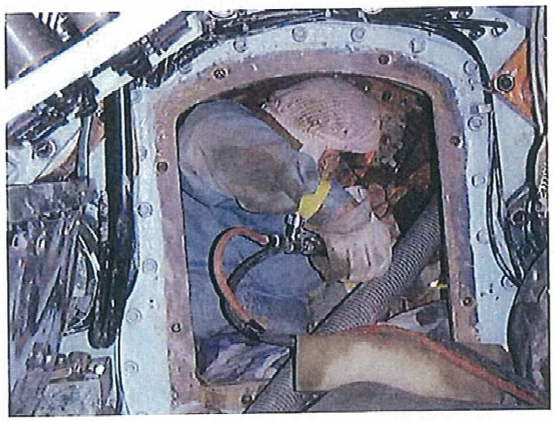
某発注工事設計変更に係るプレゼンテーション資料
作業状況～②ビット交換　③障害物撤去　④流木撤去　⑤到達状況

②ビット交換

④流木撤去



③障害物撤去



⑤到達状況

平成19年世界最長記録達成

呼び径1000mm　愛知県豊橋市

終わりに

CMT工法(超長距離・複合推進工法)は、岩盤・砂礫など硬質地盤推進工事からシルト・流砂に至る軟弱地盤推進工事、施工途中の障害物を掘進機内から除去しての推進工事、さらには土被りが極端に少なく上部構造物への影響が懸念される推進工事、など「如何なる条件下の工事をも失敗することなく安全・確実に完遂すること」を基本テーマとして開発された複合推進工事システムです。

株式会社　姫野組　会社概要

沿　革

年/月	事　柄
明治15年03月	姫野儀蔵により現徳島県名西郡石井町で創業する
大正10年07月	姫野玄二郎により松坂隧道を竣工する（国の有形文化財） （国内最古の場所打コンクリート工法によるトンネル）
昭和14年09月	合資会社に改組する
昭和28年02月	株式会社に改組する
昭和30年01月	土木工事主体から建築工事にも進出する
昭和32年03月	阪神国道（現国道43号線）住吉橋関連工事で関西方面に進出
昭和50年08月	パナホーム代理店契約を締結・住宅事業部を開設する
昭和50年08月	小口径掘進機を開発・推進事業部を開設する
昭和52年06月	小口径推進・姫野ノースパイラル工法（特許　999456）を開発
昭和57年03月	創業100周年
平成11年12月	岐阜県笠松市で推進CMT工法により日本最長記録を達成する(1006m)
平成14年10月	ISO9001と14001を統合したGMSを構築して運用を開始
平成15年12月	民事再生計画を申請し認可される
平成16年02月	新経営陣による新体制が発足する
平成16年09月	債権者に対する株主責任を明確にするため100％減資し5000万円増資
平成19年01月	民事再生手続を終結する
平成19年11月	愛知県豊橋市で推進CMT工法により世界最長記録(1447m)
平成25年05月	民事再生計画に伴う再生債務弁済完了
平成28年12月	資本金額を9920万円に増資する

■本　社
〒770－0028
徳島県徳島市佐古8番町5－7
TEL　088－623－3211（代）

■関西支店
〒651－0085
神戸市中央区八幡通3丁目2番5号
I・N東洋ビル205号
TEL　078－252－1152（代）