

解説 推進技術・最前線

大口径管推進技術の現状



ふなばし とおる
船橋 透
機動建設工業(株)
関東支店部長
(本誌編集委員)

1 はじめに

「ここまで進化した推進技術」は、恒例となっていますが、昨年の記事を振り返ると、あらゆる施工条件に適応しながら推進施工技術はさらに進化しています。そこで、今回は「日本の推進技術・最前線」と題し、大口径管推進技術の現状について述べさせていただきます。

大口径管推進工法を施工する場合、その施工環境は年々厳しくなっており、施工条件に応じた技術の開発が益々必要とされています。特に都市部において、住宅街では、防音ハウスなど地域住民に対する環境対策も多く、推進路線直上に発進基地を設けず、隣接した用地に設置し推進管等の資機材をその都度移動して推進する方法等、推進施工中に通行の妨げにならない配慮方法も多くなっています。また、輻輳する地下においては、新設管きよのルート上に既設埋設物があればそれを避けながら施工したり、時によっては障害物を撤去後、推進を施工したりするケースが増えてきています。そのような制約条件やそれを解決する施工技術として注目されるのは

- ・大口径管長距離推進の課題と対応

- ・高水圧における確実な発進・到達対応
- ・巨石・長距離対応

今後さまざまな施工条件に合わせた推進技術の開発・発展・定着が望まれるなかで、今回は、それぞれの技術の問題点やその解決手段や施工事例などを紹介し、今後の設計や施工に対して、綿密な計画や施工のリスク回避対策として以下に記述します。

2 大口径管長距離推進の課題と対策

ゲリラ豪雨などにより都市部においてクローズアップされている洪水や浸水対策に、貯留管としての大口径管推進工法の施工が増えています。そのような工事は、地域住民の浸水対策を目的としたものですが、施工条件は大深度（大土被り）や狭隘な施工場所となり、また、呼び径2000以上の長距離推進では、500mを超えるような直線施工は国内の道路事情から皆無に等しいでしょう。当然曲線施工となりますが、曲線施工において推進力伝達材を使用する場合、曲線部内では軸方向耐荷力における応力が減少するため、元押設備での推進延長も減少します。従って、

中押を使用しなければ推進管が剥離、破損し、推進不能となるトラブルを生じ、それまでの苦労も水の泡となってしまいます。次に上げるのは、大口径管推進工法で要求されるさまざまな条件を克服している現状と対策です。

施工事例①

φ3,000mm 泥水式推進工法

L=約600m 1スパン

地下水位 最大0.25MPa

呼び径3000では、国内では最長の推進であり、全体延長に69%が曲線で、 $R = 120\text{m} \Rightarrow 130\text{m} \Rightarrow 160\text{m} \Rightarrow 200\text{m} \Rightarrow 55\text{m}$ の条件での施工です。このため、中押設備を曲線通過時においても使用する必要があります。また、高水圧下では、推進管継手の止水性の確保と中押ジャッキ稼働時の止水性が重要となります（図-1、2）。

2.1 長距離・多曲線推進の中押の対策

中押管は、S型とT型管を組立てその間にジャッキを挿入しますが、管長2.43m管の通過できる曲率半径でしか使用できません。管長2.43m管が通過できない曲率半径の施工では、管長1.2管になり、中押管は使用不可となるため、元押設備で可能な距離しか推進で

きないこととなります。

また、中押ジャッキを曲線内で使用するとき生じる中押ジャッキのストロークが、曲線の内外で差が発生し、中押管前後の曲線内の推進管列の目地開きにばらつきが生じます。そこで、特殊な中押管を考案し特殊中押管の前後に合成管と特殊継手を組み合わせ、目地開口維持制御をするためのジャッキを取付け、曲線内で使用するときの目地開きを維持させました。今までは、中押ジャッキのストローク差が大きくなれば、特殊S型カラーの歪み防止と、

曲線内の管列追従性の確保ができなくなり、管列が曲線では無くなり、くの字に折れた線形となって推進力の増大を招いてきました。そこで、このような対応を取り、曲線内の中押推進を可能とし、目地開口維持においては、地山と管との周面摩擦を増大することなくテールボイドの確保および管の追従性を確実にこなすことができます。

2.2 高水圧下の管継手

大深度（大土被り）の施工において重要なのは、継手からの漏水が無いようにし、計画推進力より低い推進力で

到達させることです。そのため、止水性の確保では、一般にJC規格の止水性能では0.2MPaとなっておりますが、それを超える場合は、高い水密性の仕様となります。管材メーカーでは、さまざまな高水密管を提供し、水密試験では、規格設定以上の水密試験結果となっております。しかし、いままでの経験から、推進中や推進完了後に目地から滑材や地下水、土砂の流入が発生し、その対応に苦慮するケースも見受けられます。その原因は、製品品質からくるものや施工ミス、多曲線追従通過による止水ゴムの接着部の剥離など様々な要因で起こると思われます。また、大口径管推進において許容目地開口量が最大に近い設計の施工では、中口径管推進より格段に継手部に過負荷が生じてしまうのではないかと考えています。規格上JC継手は最大60mmの抜け出し量ですが、 $\phi 800\text{mm}$ と $\phi 3,000\text{mm}$ では同じ目地開に対し、止水ゴムリングの

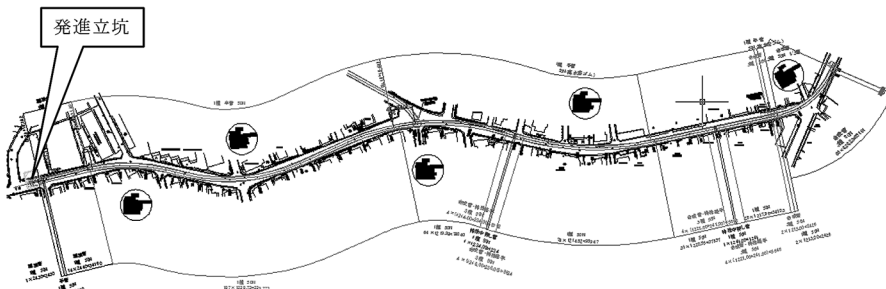


図-1 $\phi 3,000\text{mm}$ 推進長 約600m平面線形図

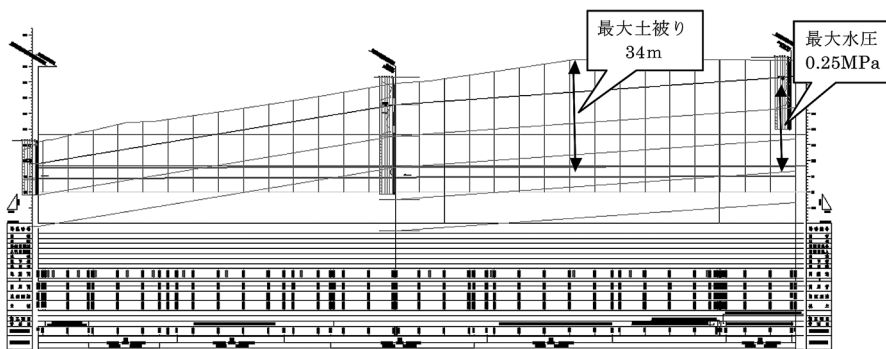


図-2 $\phi 3,000\text{mm}$ 推進長 約600m断面図



写真-3 管内状況（曲線部）



写真-1 特殊中押管 S型、T型



写真-2 合成鋼管+特殊継手



写真-4 曲線内での中押稼働状況

止水性に対する鋼製カラーの拘束力に差があり、また軸方向の推進力伝達から生じる曲線内の横方向分力により鋼製カラーに変位が生じるためだと思われます。このような多曲線の推進管継手に対し施工後も止水性を持続させなければなりません。よって、施工実績を基にさまざまな角度から検討し、WJタイプに高い水密性を付加した構造に改良し、高品質な止水性を確保しました(写真-1~4)。

2.3 交通規制を最小限にする推進

都市部や住宅街での推進工事において、シールド工事と同じように、道路に発進立坑を築造し、推進路線直上に開口部を設けることは、片側交互通行や全面通行止めとなってしまう、図-3のような施工事例も多くなっています(写真-5)。

2.4 狭隘な道路幅員に対し、貯留量確保の工夫(上下二段推進)

施工事例②

φ3,000mm 最小土被り3.5m

離隔1.1mの上下二段近接施工

(月刊推進技術 Vol.26.No.3掲載)

当該工事の目的は浸水対策であり、

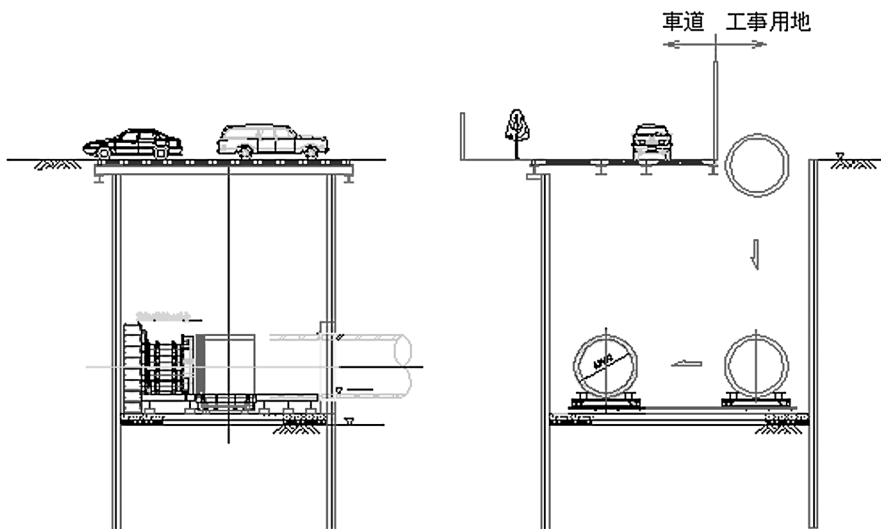


図-3 交通規制を避けた推進の概要

狭隘な道路幅員に対し、φ3,000mmにて貯留量の確保ができないため、上下2段に推進することで浸水対策必要貯留量を確保する工夫をした事例です。

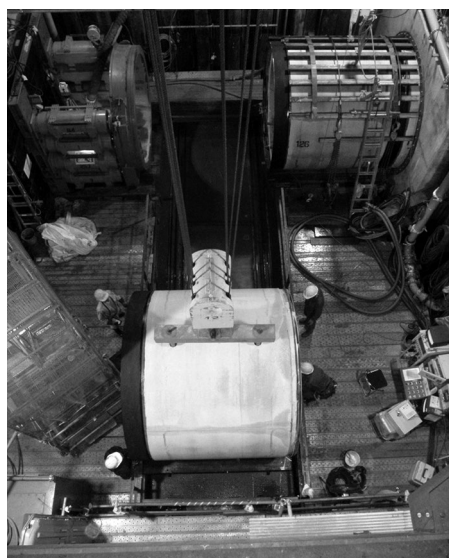
この工事の特徴は、今までに例のない大口径管推進工事における、上下2段で離隔1.1mの近接施工です(図-4、5)。

施工順序は、下段管⇒上段管とし、上段管を推進するときの切羽管理、テールボイド保持、上段管推進時の姿勢制

御、上段管推進時の下段管計測など、あらゆるリスク対策を講じて施工しています(写真-6)。

3 高水圧における 確実な発進・到達対応

次に、近接構造物や鉄道横断などにおいては、発進、到達時の確実な施工が要求されます。図-6のような高水圧下、鉄道横断の条件での施工では、鉄道横断と近接構造物に対し、影響を与



推進管投入

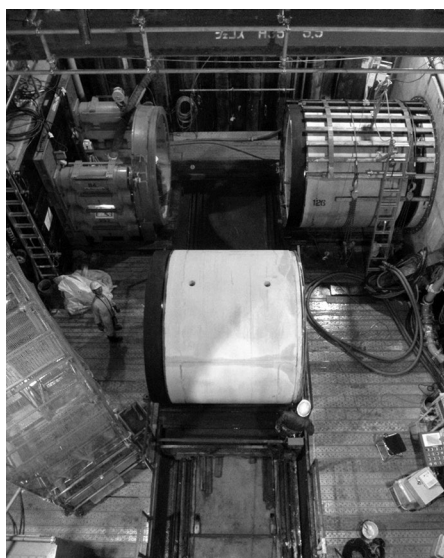
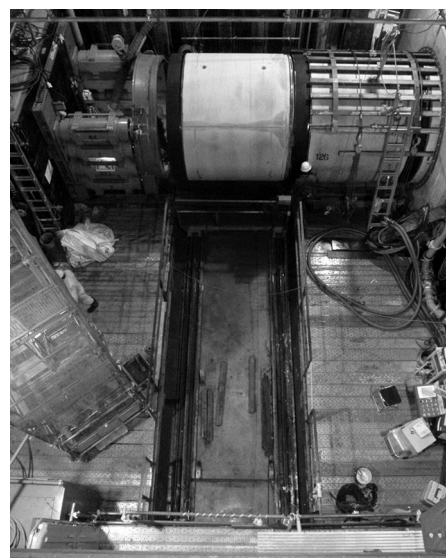


写真-5 推進管トラバサ移動



移動完了

機のセグメントシールと同じもの) を使用する方法などがあります。また、捲れ止めの当板の構造の工夫をします。通常の坑口リングより高価になってしまいますが、タフラップを採用する場合は、使用方法や取り扱いには十分な配慮が必要となります(写真-7)。

3.2 発進の対応

立坑の土留構造は、大深度(大土被り)において、構造物の目的によって異なりますが、連続地中壁(SMW)やケーソンなどが多いため、鋼矢板を切断し、掘進機挿入までの切羽崩壊のリスク回避から、鏡部には鏡切が不要で、土留材を直接切削できる材料を用いたSZパイプ、FFU、NOMSTなどを採用しています。

その土留材の切削は、掘削対象土質とは全く異なるため、特に切削における掘進機のビットとその配置を検討する必要があります。また、切削するためには微速度対応が必要となります(写真-8、9)。

3.3 バッキング対応

高水圧下での推進では、当然掘進機面板に水圧+土圧が加わり、管据付時に元押ジャッキを引き戻す時に押し戻される現象をバッキングと言います。

そのバッキングを防止する対策は、面板にかかる水圧+土圧に対抗させるため、製造時に推進管にあらかじめインサートアンカを取付け、専用の治具を反力側から抑える工夫をするために、前もって管材メーカーとの協議が必要となります(写真-10、11)。

3.4 到達の対応

高水圧下において最もリスクを伴うのは、到達して掘進機を回収するまでの作業工程です。

通常では、到達坑口リングを取り付けし、鏡切を行い、掘進機をゴムパッキンまで押し出したあとに止水性を持たせるためにワイヤで締め付けます。しか

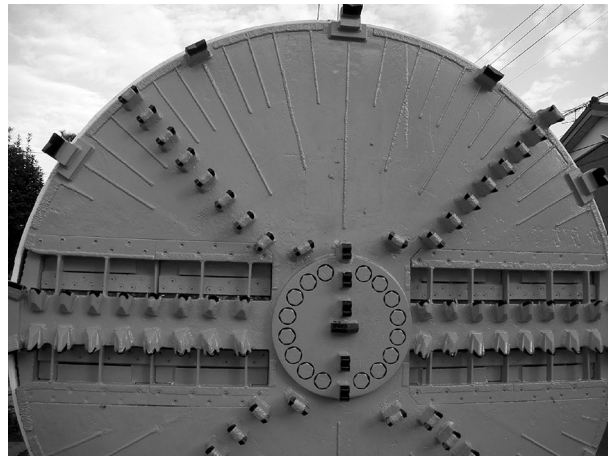


ダブルの止水パッキン



ゴムパッキン+ワイヤブラシ

写真-7 発進坑口



正面



側面

写真-8 NOMST切削ビット



写真-9 切削搬出されたNOMST片

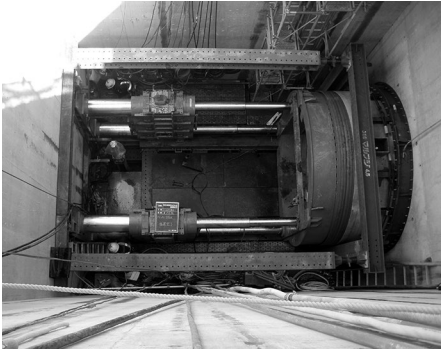


写真-10 パッキング対策状況



写真-11 治具取付け状況

し、高水圧下では、掘進機の動き始めから止水ゴムパッキングに届くまでの距離と押し出し時間にテールボイドからの出水と土砂流出のリスクは、水圧に比例するため、以下の工法や対策を行っています。

まず、掘進機を既設構造物（マンホールや、幹線本管）に直接到達する場合など、掘進機を既設到達からの回収が不可能な状況では、掘進機内部を撤去し、発進立坑まで搬送回収するようにします（図-7、写真-12～14）。

また、掘進機を到達側から回収する方法としては、回収筒を設置し、その中に掘進機を押し出すことで、出水や土砂の流入による水没などを防止することができます。また、水中到達や海底到達などもあります（写真-15～21）。

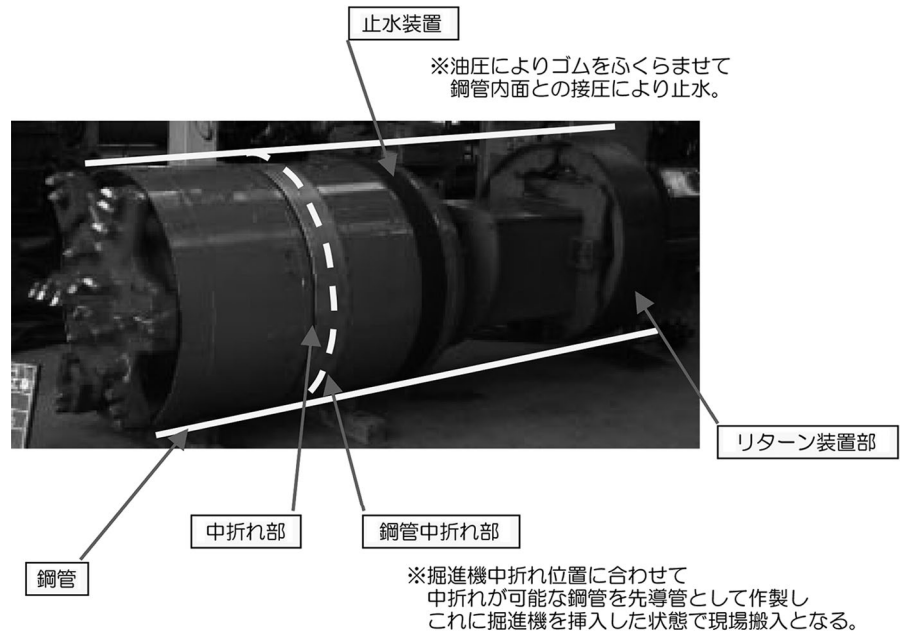


写真-12 パイプリターン工法の止水装置

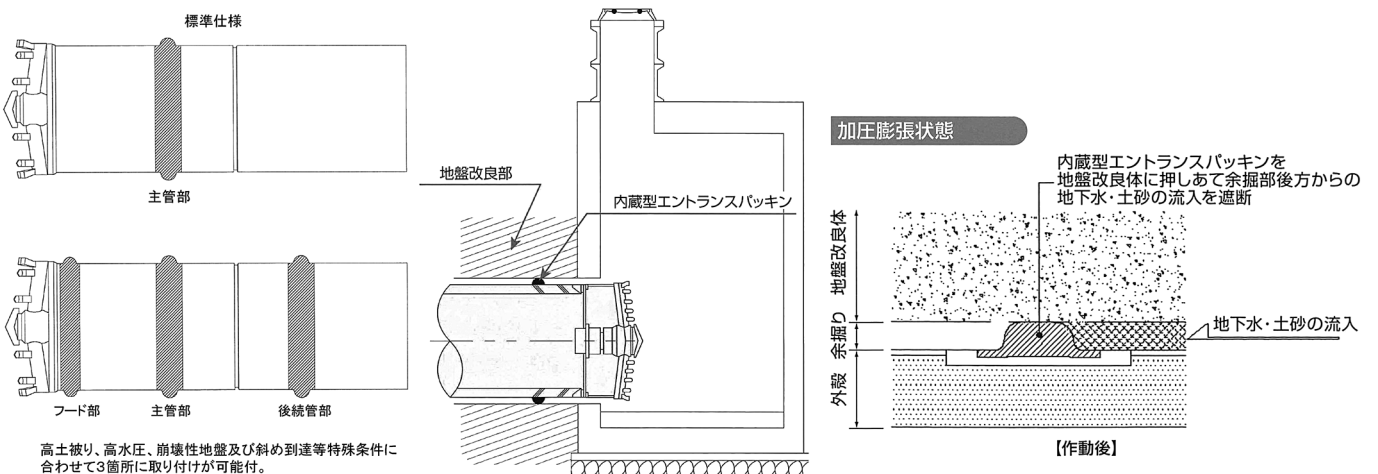


図-7 ヒューム管推進工法の内蔵型エントランスパッキングの概要



写真-13 掘進機回収筒全景



写真-14 回収筒撤去

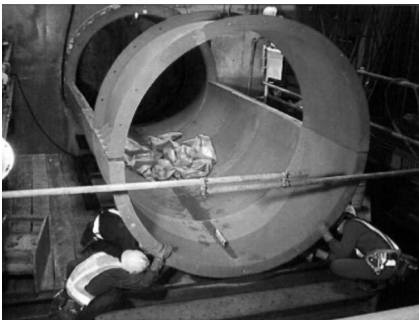


写真-15 掘進機回収筒組立
(シールドの発進立坑に到達し、掘進機回収筒を用いた事例)

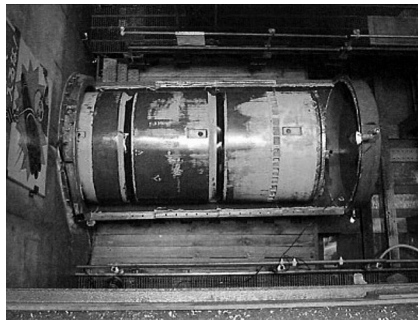


写真-16 回収筒を解体し、掘進機撤去準備

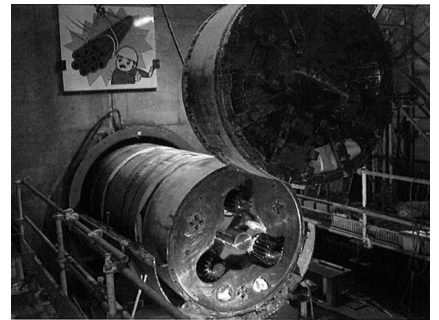


写真-17 掘進機分割撤去

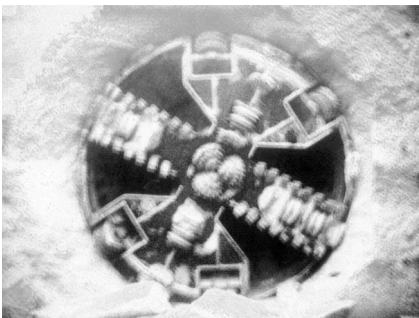


写真-18 掘進機水中到達状況



写真-19 第2隔壁 (水中回収システム)

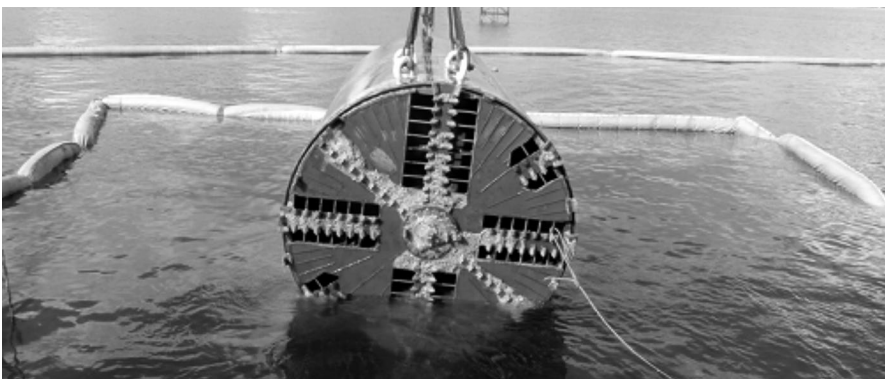


写真-20 海底到達後掘進機回収

4 巨石・長距離対応

国内において、推進工法の歴史は刃口式推進に始まり、粘性土、砂質土など施工性は安定していますが、やはり砂礫地盤、特に巨石を推進する場合には、掘進機メーカーや施工業者は綿密な検討・計画をして対応しています。

巨石・砂礫層での推進は面板による一次破砕だけの場合や、排泥ラインクラッシャや機内クラッシャなどの二次破砕を行うようにしますが、想定以上のケースも多々あるため、ビットを交換する方法をすることで、長距離推進が可能となります。そのため、ビット交換位置やその作業を安全に施工するための補助工法等の現実性を検討します(写真-21、22)。

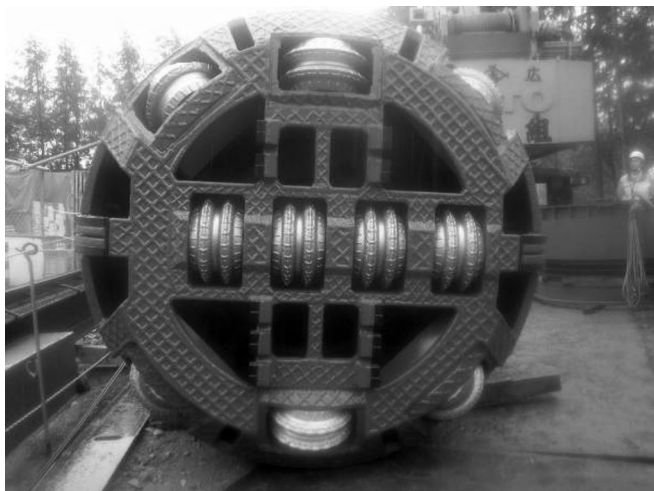


写真-21 特殊面板



写真-22 ビット交換 (チャンバ内)

5 おわりに

このように、推進工事はさまざまな施工条件に対応するため、我々は日夜奮闘努力し、これまでの実績を積み重ね

てきました。

今後、さらなる技術開発をしていくためにも、あらゆる角度から施工実績の分析を行い、改良改善していくことが重要だと思えます。また、次世代への技

術の継承のためにも現在の広範囲な規格の見直しや統一化をすることも進めていかなければならないと考えます。