

「目視により確実に確認する」 CMT 切羽障害物除去推進システム

キーワード

障害物除去推進，機内ビット交換，目視確認，長距離，急曲線

木下 貴義

KINOSHITA Takayoshi

CMT 工法協会
広報委員



1. はじめに

近年推進工事の施工延長の長距離化にともない掘進対象地盤が想定外に変化し、あらゆる地盤への対応が求められています。また、市街地においては先行して施された他業種の残置立坑・土留材や地上より撤去できない杭等への対応が重要な検討課題になります。CMT 工法は掘進機隔壁（バルクヘッド）の中央部に設けた点検扉より切羽の点検・ビット交換・障害物の除去等が可能であり、長距離化にともなって発生した数々の難題に対応してきました（図－1）。

2. CMT 工法（複合推進工法）の基本構成

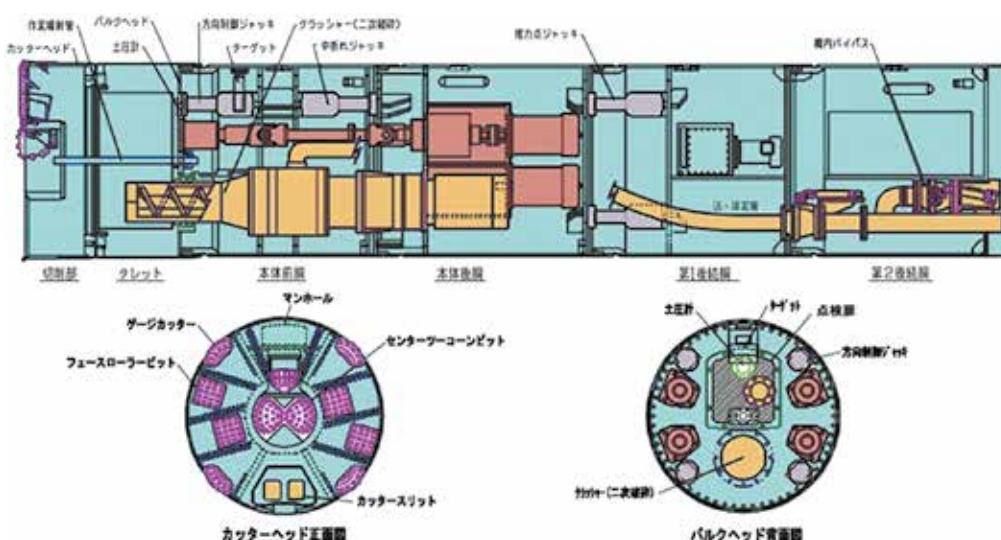
本工法は、単一システムの工法ではなく、推進工シ

ステム，排土システム等を複合的に組み合わせ、種々の施工条件に対応する複合したシステムを組み合わせることが工法名の由来であり、システムの特長でもあります。

その代表的なシステムは、

- (1) CMT 岩盤推進システム
- (2) CMT 玉石・砂礫地盤推進システム
- (3) CMT 超軟弱・流砂地盤推進システム
- (4) CMT 長距離推進システム
(フローティングシステム)
- (5) CMT 曲線推進システム
- (6) CMT 切羽障害物除去システム

などがあります。これらのシステムの特長と概要は、以下のとおりです。



図－1 CMT 複合掘進機概要図

2-1 CMT岩盤推進システム

φ800mmより、カッター駆動方式を外周駆動方式とすることで、隔壁部（バルクヘッド）に「点検扉」を設置し、ビット交換が可能な構造としており、推進距離がビットの寿命に左右されることはありません（写真-1）。

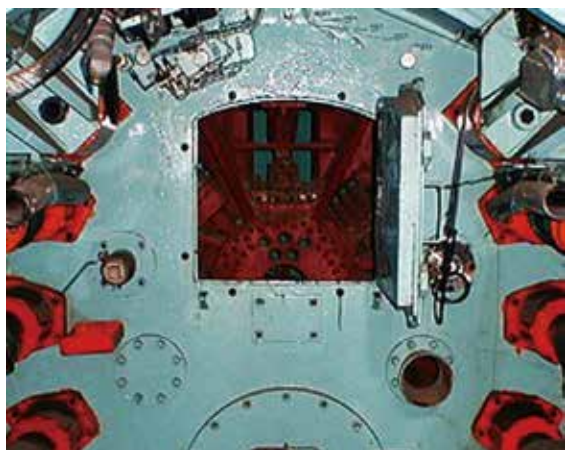


写真-1 点検扉の開放

2-2 CMT玉石・砂礫地盤推進システム

φ800mmより強力なカッタートルクを有し、玉石専用のローラビットで玉石・砂礫を破碎いたします（写真-2）。



写真-2 到達後の掘進機面板

2-3 CMT超軟弱・流砂地盤推進システム

掘進機の機体の重心を機長のほぼ中心位置に設計することで、軟弱地盤でもノーズダウンすることなく掘進できます。また、「モノスリット定位置停止システム」

や「スリット自動開閉装置」などにより、土砂の取込量を制御し安定した掘進が行えます（写真-3）。



写真-3 モノスリット型切削ヘッド

2-4 CMT長距離推進システム

土圧理論によるフローティングシステムは、土質や土圧による摩擦抵抗に関係なく、テールボイドに注入する塑性体である緩み土圧抑制材のズリ変形抵抗を推進抵抗とすることによって、緩み土圧による推進抵抗を抑制し、大幅な推進低減と長期間のテールボイド保持を実現できます（図-2）。

2-5 CMT曲線推進システム

掘進機は、「中折れ装置」や「折れ角吸収装置」の採用によって、急曲線の推進施工が可能となります。「中折れ装置」の中折れジャッキは、曲線部の曲線造成を的確に行うために設置されるもので、掘進機の姿勢を常に正しい方向に修正するための方向制御ジャッキとは別に設置されています。また、曲線用推力伝達材は、平断面の幅を全幅とする近似的台形をしていますので、推進管の端面の曲率中心側の大きな端面が利用でき、安定した推進力伝達ができます（写真-4）。

3. CMT障害物除去推進システムの基本的特長

本工法を開発したコンセプトは『機内からビット交換が出来る掘進機』でありました。当時の岩盤推進はビットの磨耗が発生し、交換が必要なのはその時点で立坑を築造し、ビット交換を行っていました。この状況では計画的な推進工事は不可能です。そこで、

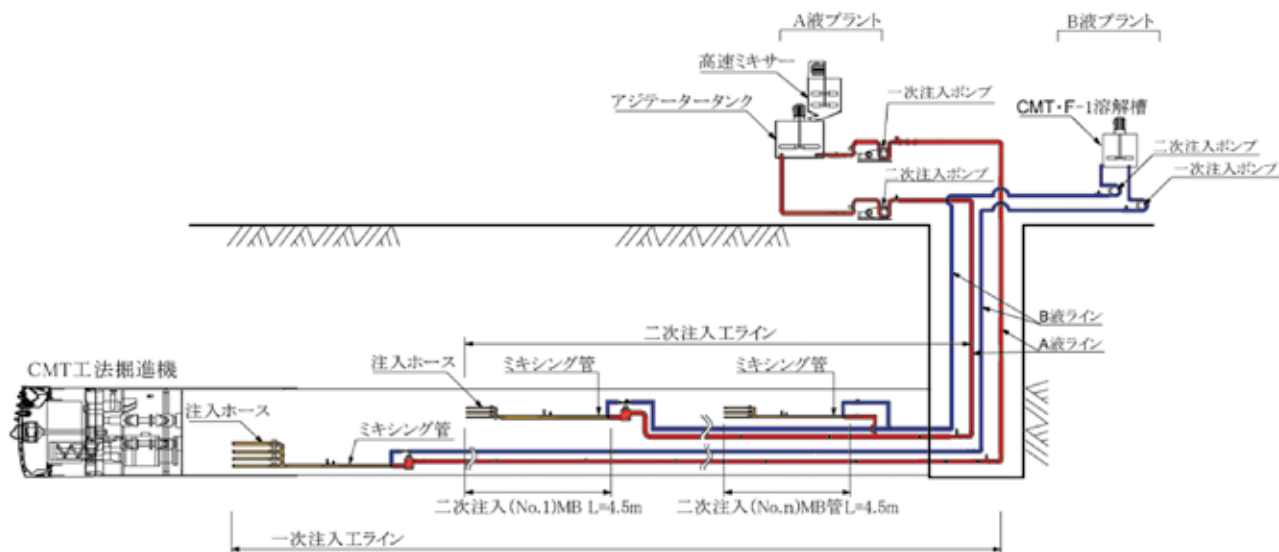


図-2 フローティングシステム図

φ800mmより「いつでも」「どこでも」自由にビット交換ができる掘進機を開発しました。その方策として、本工法は隔壁（バルクヘッド）に点検扉を設置したことにあります（図-1）。その点検扉を開閉することによりビット交換が機内より可能となった。したがってビット交換時は、ビット交換用立坑を設置する必要がなくなり計画的な推進計画が立案できるようになりました。そして点検扉を利用し機内ビット交換と同じ要領で障害物の除去に対応しています。

4. 障害物への対応

障害物に遭遇した場合、その障害物を除去するためには、どのような対応が取れるかが、大きなポイントです。近年は、基礎杭、上下水道、通信線管路、土留め鋼材など種々の埋設物との遭遇があり、対象障害物の種類や状況を目視で確認することが非常に重要です。

推進中に、カッタートルクの上昇、推力点ジャッキ総推力の上昇、すなわち掘進機の切羽への押付力の上昇、搬出残土に混入物などの障害物遭遇の情報をキャッチすれば、まず推進施工を中断します。次に「点検扉」を開放して、チャンバー内から切羽の状況を直接目視して、事前調査で予測できるもの、できないものを含め「目視により確実に確認する」ことで、地下埋管理者との打ち合わせや処理方法の決定が迅速に行えます。

流木や木杭、RC杭などは切削ビットやローラービッ

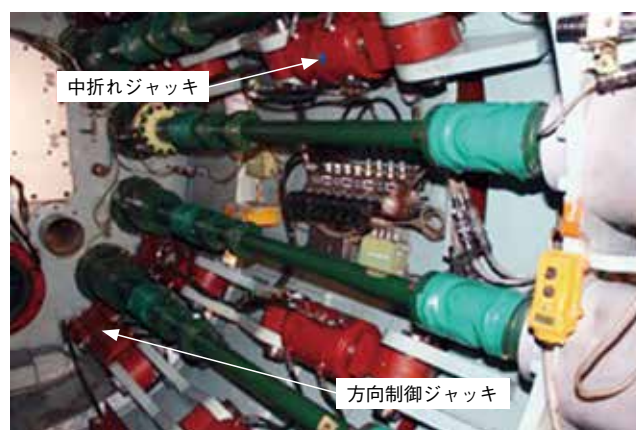


写真-4 中折れ装置

トによる切削除去で対処します。

しかし、木片・コンクリートガラ・鉄筋などが面板取り込み口で閉塞した場合には、点検扉を開けて人力により除去します。H形鋼などの鋼材はローラービットや切削ビットによる切削除去ができないため、面板やローラービットを取り外し、火気切断・回収します（表-1、図-3～5）。

表-1 対応表

対象障害物	CMT工法による対応
コンクリート構造物	ローラービットで切削除去
PC、RC杭	ローラービットと切削ビットの組み合わせによる切削除去
鋼材（H鋼、鋼矢板など）	火気切断・回収
流木・木杭	切削ビットによる切削除去
レンガ・ワイヤーなど	点検扉から回収

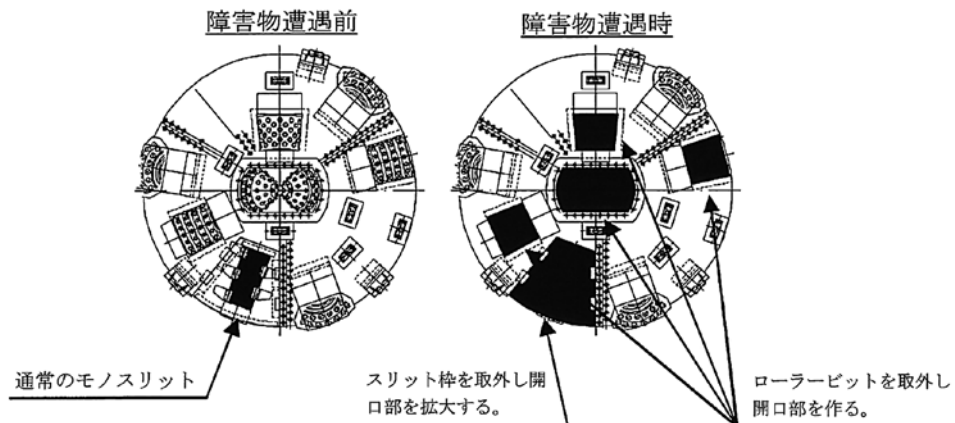


図-3 ローラー型面板

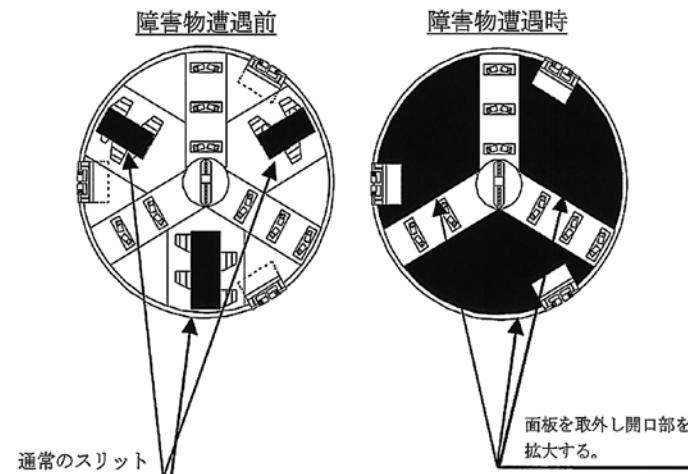


図-4 切削型面板

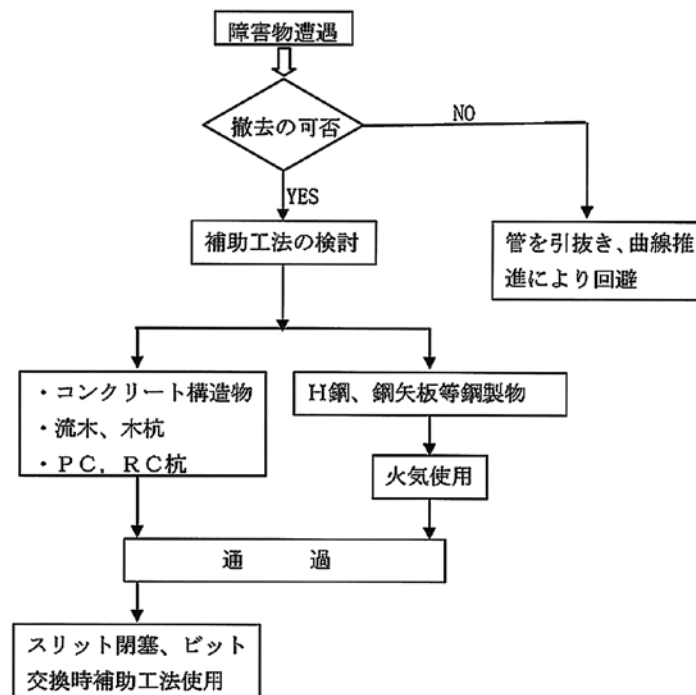


図-5 検討フロー

補助工法（圧気工法）

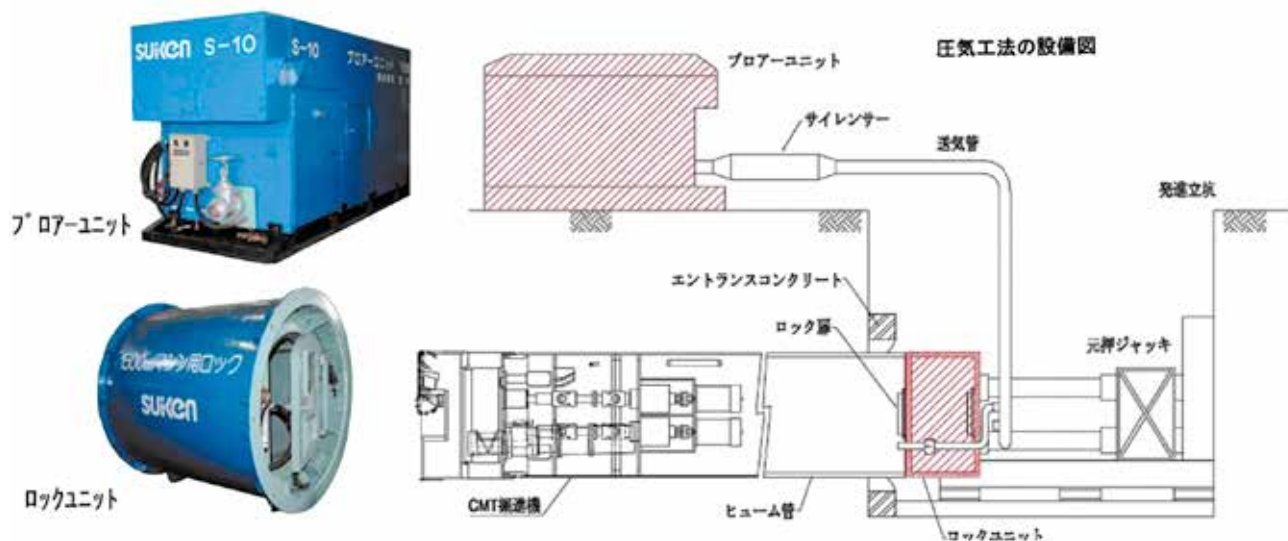


図-6 圧気工法設置図

5. 補助工法

障害物除去を掘進機機内から行う場合、地下水の対応を如何にするかがポイントとなります。CMT工法では、管中心位置で地下水圧が0.08MPa以下の場合には、圧気工法の採用を検討します。それ以上の地下水圧がある場合は、薬液注入工による地盤改良を主体とし、より安全性を確保するために圧気工法を併用します。薬液注入工は、地上からだけでなく、水平注入となる掘進機内注入工も検討します。

圧気設備は、作業性・安全性の向上を考慮して独自に開発された推研式のプロアー・ロックユニットで、短時間で効率良く圧気設備の設置及び撤去が行える機構となっています（図-6）。

6. 施工実績

本工法により施工した数件の工事例についてご紹介します。

6-1 流木、木杭

本工事は、推進路線に流木、木杭が出現する可能性があった施工事例です。木杭は、推進管の上部に開削で敷設された管渠の設計図にない基礎杭でした。

(1) 工事概要

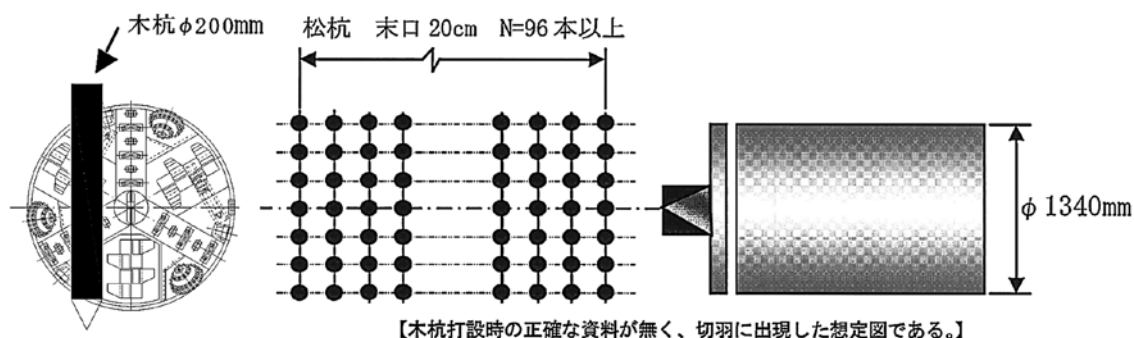
発注者：いわき市
工事名：公共下水道平汚水専用幹線築造工事
呼び径：φ1,100mm
推進延長：L = 715.436m
土被り：H = 9.91m（平均）
土質：礫砂質土シルト粘土
補助工法：圧気工法
（図-7, 8）

(2) 施工内容

本工事は、当初から障害物遭遇の可能性があるためCMT工法での設計となりました。推進延長715.4m



図-7 推進路線図



図－8 木杭想定模式図



写真－5 木杭スリット閉塞状況



写真－6 木杭、木くず立会い

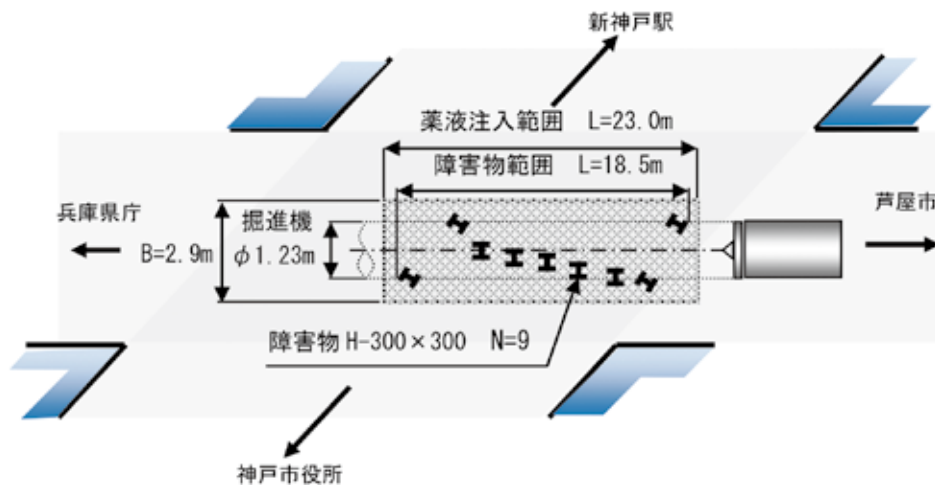
の内、中間部230m区間において木杭 φ 200mm に連続的に遭遇しました。(n = 94 本)

圧気工法併用による人力切羽障害物除去作業4回を含め、木杭撤去をしながら精度よく推進施工しました。

CMT工法は、先端抵抗を切羽状況に合わせて操作できるので障害物に対しても柔軟に対応でき木杭等の面板閉塞も起こしにくい構造となっています。木杭・流木等の障害物は裂壊しながら推進できますが、連続的に遭遇すると面板閉塞を起こすことがあります。その場合は、機内から点検扉を開放し、人力にて除去・解消します(写真－5～7)。



写真－7 圧気用ロックユニット設置状況



図－9 加納町交差点模式図

6-2 H形鋼

本工事は、神戸市内における地下鉄築造時の土留親杭で、(300×300mm)のH形鋼が9本残置されていた施工事例です。

(1) 工事概要

発注者：神戸市水道局

工事名：中央（加納町他）中層連絡管新設工事

呼び径：φ1,000mm

推進延長：L=250m

土被り：H=3.99m（平均）

土質：玉石砂層

補助工法：薬液注入工+圧気工法

（図－9）

(2) 施工内容

H形鋼は、推進方向に18.5mの範囲で9本出現すると想定されており、φ1,000mmの掘進機内より、(300×300mm)のH形鋼をガス溶断し撤去・回収する計画でした。

現場の土質条件は、玉石砂礫層のため、ローラーヘッドタイプの切削部の採用が必要でした。障害物は当初想定されたH形鋼であり、φ1,000mmの掘進機の中で効率よく火気切断・回収するためには切削部面板部の開口をできる限り大きく取る必要がありました。

その対策として、切削部のローラービットの配置変更を行い、面板開口部が大きく取れる、取り外し可能なモノスリット併用マンホール板（340×400mm）を設置し

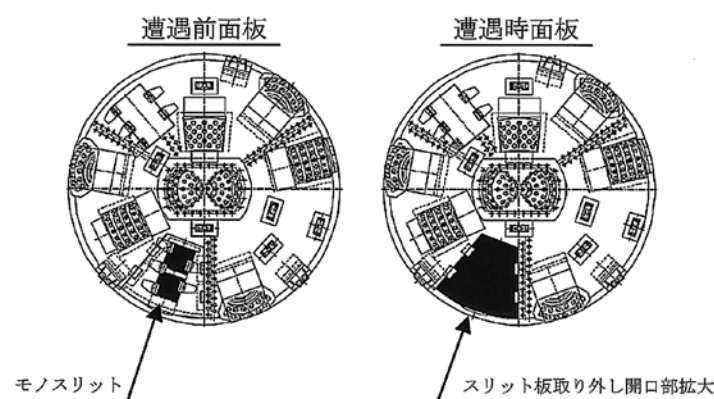
ました。

また、その開口部の拡大で対応できない場合は、ローラービットを取り外し、開口部をさらに大きくして、切断回収することで施工に挑みました。

障害物であるH形鋼に遭遇すると、一旦推進施工を中断し、圧気工法による補助工法を実施後、切羽の安定を図り、障害物の位置を目視で確認しました。その後、発注者立ち合いのもとH形鋼の状況確認を行いました。

そして、火気切断・回収時にはスリット併用マンホール板を取り外し、カッターヘッドを少しずつ回転させながら、細かく切断しH形鋼を開口部から回収しました。

火気切断時は、計画していたスリットマンホール板を取り外したのみで回収することができたため、効率よく回収することができました（図－10、写真－8～10）。



図－10 面板対応図



写真－8 H形鋼切断中



写真－9 H形鋼切断完了



写真－10 切断片立会い

6－3 不明金属物

本工事は、推進路線に突如、不明金属が出現した施工事例です。

(1) 工事概要

発注者：美濃加茂市

工事名：本郷雨水幹線築造工事（第6工区）

呼び径： $\phi 1,200\text{mm}$

推進延長：L = 249m

土被り：H = 5.38m（平均）

土質：玉石砂礫層

補助工法：圧気工法

(2) 施工内容

発進直後に、掘削土より鉄片が搬出されました。至急、推進施工を中止し、補助工法である圧気工法により、クラッシャー及びチャンバー内の確認を行ないました。チャンバー内の点検の結果、円筒上の不明金属物とその金属を破碎した鉄片が見つかりました。この不明金属物により、クラッシャーの破碎翼が破損し、さらには面板に装備したローラービットの一部にチップの破損が確認されました。このため、破損したクラッシャー破碎翼とローラービットを機内から交換しました。その後の推進施工では、金属片などが出現せず、無事完工することができました（写真－11～14）。



写真－11 不明金属物



写真－12 破碎された鉄片



圖-11 推進路線圖



写真-14 交換したゲージカッタの状況

6-4 H形鋼

本工事は、大阪市北区の繁華街を約347m直進し、新御堂筋線の手前から $R = 28\text{m}$ の急曲線で右に迂回してから新御堂筋線下を約126m直進して到達するという厳しい環境下での長距離・急曲線推進事例です。当初、推進路線を横断する電気、ガス等のパイプライン部分には、管路敷設時に構築した土留材が残置されている可能性があるとの予測でした。

(1) 工事概要

発注者：大阪市

工 事 名：兎我野町～西天満幹線下水管渠築造工事

施工年度：平成24年度

呼び径： $\phi 1,500\text{mm}$

推進延長：L = 536.036 m

土被り：H = 4.2m (平均)

土 質：砂質土

補助工法：薬液注入工+圧気工法

(圖-11)

(2) 施工内容

障害物に遭遇した場合、その対処として、掘進機面板の開口部が拡大できるように、取り外し可能なマンホール板を複数個所に設置しました（図-12）。

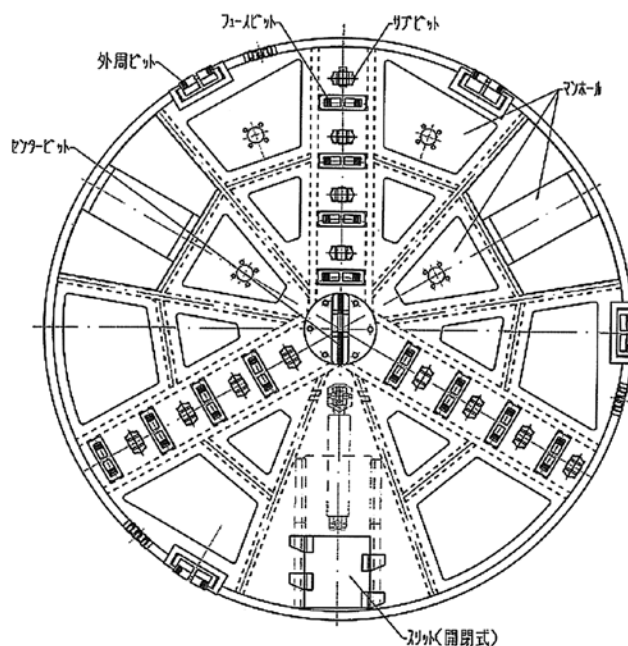


图-12 面板对应图

土留材の残置は、想定された箇所からは出現することなく、推進施工は $R = 28\text{m}$ の急曲線推進も高精度で通過して新御堂筋線下に入り、本工事は障害物に遭遇することもなく無事完成するものと思われていました。しかし、残り 30m 地点において不測の障害物である $H300 \times 300\text{mm}$ に遭遇しました。推進施工を停止して薬液注入工や圧気工法等の補助工法を実施し、切羽の安全を確認してから障害物（H形鋼）を目視で



写真-15 不測障害物確認



写真-17 切断片立会い



写真-16 不測障害物切断状況

確認しました。そして発注者立会いのもと、火気切断によって効率良く障害物の切断・撤去を行い、困難が想定された長距離・急曲線推進施工を完工させました(写真-15～17)。

7. おわりに

推進施工技術者にとって、推進施工中に障害物に遭遇するということは厳しい状況下に追い込まれます。予め障害物の位置や内容が予測できる場合には、事前

検討が行えることからその対応は可能となりますが、障害物が想定できない不意の出現では、何の準備もされておらず通常の密閉型掘進機では対応はできず、地上からの立坑構築等による対処しか、できません。また、障害物の確認は非常に重要で、当初想定されたものと相違する場合には、その障害物等の内容確認と新たな協議・撤去方法等の検討が必要となってきます。通常の掘進機では障害物の内容確認ができず、確認をしないまま切削・破碎が行われています。その状況で、障害物が管理図等にはない使用中のパイプライン等に遭遇した場合には、大惨事へと発展する可能性を含んでいます。

CMT工法は、呼び径800mmの掘進機から隔壁部に点検扉を有しており、点検扉を開けて障害物の内容や位置確認が目視で確実に行え、その障害物の処置を最適な方法で講じることができます。近年は3次元やICT等の高度な技術により、障害物を予測する技術が進捗しています。しかし、CMT工法の障害物除去への手段は、「目視により確実に確認する」ということが大前提です。今後も、新しい技術開発に挑戦し、微力ですが推進工法の普及発展に貢献していきたいと思っています。