

が期待できなくなる。さらに、変質・希釈された滑材は海底から海中に奮発しやすくなり、海水を汚染するという問題の発生も懸念される。

このような問題に対して、アルティミット工法で使用している滑材（アルティ-K及びアルティ-クレイ）は、耐塩性能が高いため、海底推進においても変質や希釈が発生しにくく、推進力を低減することができる。さらに、両滑材は、地盤に優しく地中環境を保全することを目的に開発されており、ともに中性で海水を汚染することがない（図-1）。

この高性能の滑材と一次・二次注入を基本とする滑材注入システム（ULIS）を用いることにより、推進抵抗力を効率よく低減することができる。ULISは、一次注入で保孔性が高く耐イオン性に優れた超高粘性滑材（アルティ-クレイ）を使用し、塩分による滑材の変質と地中への散逸を防止し、二次注入材で減摩効果に優れた高粘性滑材（アルティ-K）を推進管の外周とアルティ-クレイの間に充填し推進抵抗力を大幅に減少させるもので、注入作業を自動制御で行うことができる。

2.2 掘進機の水中回収

従来、掘進機の水中からの回収は、掘進機の後方に「前後の隔壁に開閉扉を装備した接続筒」を設置し、前後の開閉扉を密閉した状態で接続筒の中間部を水中切断して掘進機と推進管列を分断する方法が用いられていた。しかしながら、この方法は水中で切断作業を行わなければならないことから作業環境が問題となっていた。特に、大口径管で到達位置が深い場合には、高水圧下で長時間の作業となるため、作業環境はさらに悪化していた。

「掘進機水中回収システム」は、このような問題を解決し、到達した掘進

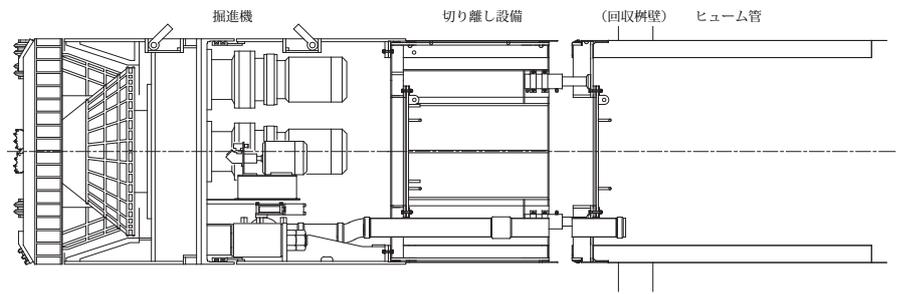


図-2 掘進機水中回収システム

機を海中から安全で効率よく回収することを目的として開発した。本システムは、図-2に示すように、「前後の隔壁に開閉扉を装備した切離設備」を掘進機の後方に設置し、到達までの掘進作業中は前部隔壁と後部隔壁の開閉扉を開放し通常の作業を行い、到達後の掘進機回収時には開閉扉を密閉することで、掘進機内及び推進管内への海水の流入を防止するものである。「切離設備」は、油圧装置により、推進管内からの遠隔操作で切り離しできる構造にしている。この構造により、掘進機を海中から安全に効率よく回収することが可能になった。

の種苗に使用する外海の水を利用して、外洋性の魚（真鯛やトラフグその他）を10～15cmに育てるために使用する、揚水量10万トン/日の海水を取り込むための取水管を築造するもので、海岸から約350m沖の海面下15mの海中にφ1650mmヒューム管を推進工法で埋設し、所定位置まで掘進した後、掘進機を海中から回収する（図-3）。

管内径：φ1650mm

施工延長：420.7m

推進延長：412.0m

中押設備：1段

曲線：水平曲線R=192m 1ヶ所
鉛直曲線R=800m 1ヶ所

勾配：-33.8～0.0%

工法：アルティミット泥水式推進工法

土被り：4.4～1.1m

到達水深：13.5m

3 施工事例

本工法の施工事例を以下に紹介する。

3.1 施工事例 その1

(1) 工事概要

本工事は、奄美大島において海産業

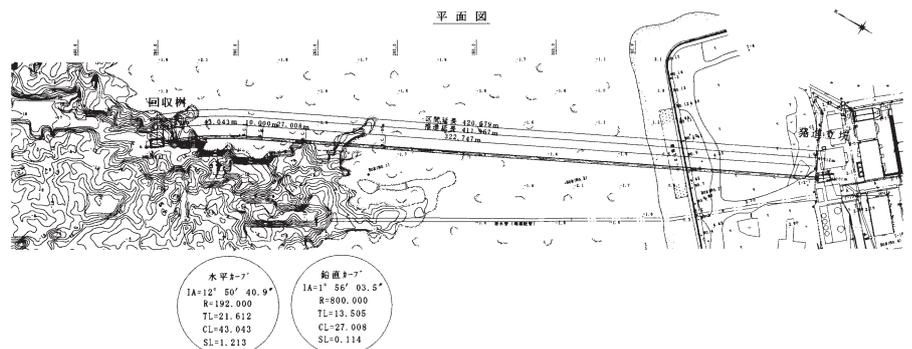


図-3 推進路線図

(2) 地質概要

推進延長約412mのうち、約300mは珊瑚礁を含む砂礫層地盤で、残り約112mは珊瑚礁岩盤となっている。珊瑚礁岩盤は、一軸圧縮強度 σ_c が15,300~58,000kN/m²とばらついている。また、一部に非常に硬質で緻密な緑色岩層（一軸圧縮強度 σ_c =71,300kN/m²）が混じる可能性があった。これらのことから、施工に際して、現地海底の詳細調査を実施した。この結果、当初の計画推進ルートには管路部に達する多数のクレバスが存在することが分かり、確実な施工と環境の保全のために推進ルートと深度の変更を余儀なくされた。

(3) 推進計画

①掘進機

前記の通り、推進延長の約300mは、珊瑚礁岩を含む砂礫層の海底下推進であり、掘進機のビット交換は現実的には不可能である。しかしながら、珊瑚礁岩層は、一部に非常に硬質で緻密な緑色岩層が混じっているため、これらに対応できる掘進機と面板構造について詳細な検討を行った。

海底下の高水圧に対抗できる掘進機は泥水式となるが、面板構造は、面板全体にわたって、珊瑚礁岩を含む砂礫及び岩盤を効率よく破碎するために、トリコンビット、チップインサー

ローラービット及びゲージカッタを配置した。さらに、珊瑚礁岩の切削により各ビットの摩耗・損耗が進むことを想定し、特殊シェルビットを外周部から中心に向かって複数列に配備した(写真-1)。

②到達回収柵

奄美大島は、海水の透明度が高く澄んでおり、この海で生計を立てている人が多い。したがって、環境対策は、本工事における最重要の技術的課題であった。

掘進機を回収するための回収柵は、海洋汚染を最小限に抑えるために、現地近くの港で底版と躯体を製作し、起重機船で現地まで運び海中に沈設する方法で計画した。回収柵への推進管接続部分には、あらかじめ水中不分離性コンクリートを使用し、泥水や滑材の流出を防止する方法を計画した(図-4)。

③滑材注入システム (ULIS)

推進路線の地盤は、珊瑚礁岩を含む砂礫層が変化しているため、高い間隙率による滑材の散逸や海水による希釈に対抗できる必要があった。また、岩盤層での切り粉による推進管の締め付け現象の発生にも留意しなければならなかった。

このような滑材の散逸や希釈を防止し、かつ推進管周囲に確実に滑材層を保持するために、滑材注入は一次・二

次注入を基本としたULISで計画した。

④掘進機水中回収システム

海岸から約350m沖の海面下15mの回収柵に到達した掘進機を海中から回収することになるが、現地の海上は荒れることが多いため、迅速かつ安全な回収方法が求められた。本工事では、この要求に対応できる「掘進機水中回収システム」をご採用いただいた。

(4) 施工結果

本工事の掘進部分は、珊瑚礁特有の多孔質岩を含んでおり、また土被りも1.1mと非常に小さくなる場所があるため、万全の逸泥対策を実施した。一般的な逸泥対策としては、泥水中への目詰め材の投入や比重および粘性の管理で対処するが、本工事の珊瑚礁岩は透水性が非常に高いため、切羽水圧 \leq 海水圧に設定し、これにより発生した余剰泥水をデカンタで比重低下処理を行い再利用した。

このような制御は、泥水式推進工法の「圧力変動の範囲が小さく切羽泥水圧の制御が容易である」という特長がうまく機能し実施できたものと考えられる。また、推進中に発生する汚泥は三次処理（濁度調整と中和処理）を行い、万全の環境対策を実施した。

掘進機はリアルタイム計測システムにより、計画ラインに対して左10mm、下2mmの精度で回収柵に到



写真-1 泥水式掘進機

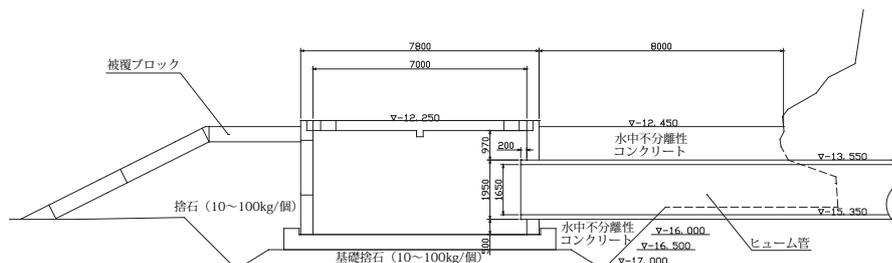
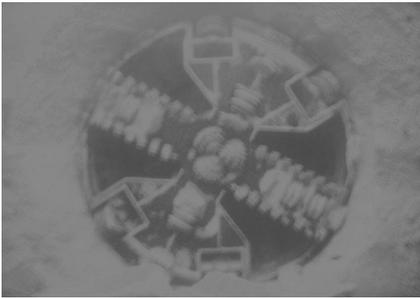


図-4 回収柵図



写真一2 第2隔壁（水中回収システム）
（このドアの向こう側は東シナ海）



写真一3 掘進機水中到達状況



写真一4 掘進機回収状況

達した（写真一2、3）。

最終推進力は、ULISの効果により、最大想定推進力の約40%であった。また、回収した掘進機面板の各ビットの摩耗は、事前の綿密な検討で予測した範囲内であった。

到達した掘進機は、「掘進機水中回収システム」により、海上の波が穏やかな間隔を縫って、安全に効率よく撤去・回収することができた（写真一4）。

3.2 施工事例 その2

(1) 工事概要

本工事は、北九州市門司区大里元町地内に仕上がり内径2200mmの推進管を、L=187mと20mの2スパン推進埋設する雨水管渠築造工事で、この内の20mスパンは、陸側の発進坑から岸壁を貫通して海中に掘進機を到達させるものである。掘進機が到達する位置の海流が速いため、掘進機を安全かつ確実に海中から回収する方法が求められた（図一5）。

管内径：φ2200mm

推進延長：20.5m

工 法：泥水式推進工法

土 被 り：2.8～3.1m

土 質：礫混り埋戻し土

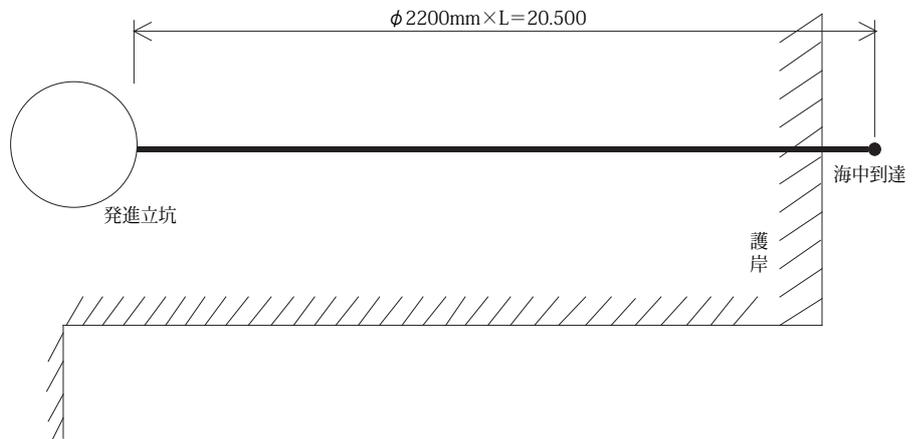
(2) 掘進機の回収計画

① 掘進機の到達方法

本工事中では、掘進機は岸壁を貫通して海中へと突き出して到達することになる。計画では、岸壁に到達する直前に掘進機を停止し、掘進機位置を確認した後、海側から掘進機外径よりも大

きな径で岸壁を穿孔し、掘進機を押し出し回収することとした。

岸壁背面の地盤は、潮の干満によって流出しないように、薬液注入による補助工法で強固に固結させる計画とした。使用薬剤は塩分による影響を受けないものを選定した。また、岸壁を貫通して海中へと突き出した掘進機を定位置に保持するための到達架台を計画した（図一6）。



図一5 推進路線図

②掘進機水中回収システム

掘進機は海面下に到達することになるため、海中から安全に効率よく掘進機を回収すること、また、到達後、推進管内の資機材の撤去作業を安全に行うこととも併せて、「掘進機水中回収システム」をご採用いただいた。

(3) 施工結果

推進延長が20.5mと短いこともあり、掘進機は高精度で岸壁手前に到達した。

到達後、掘進機先端と岸壁に挟まれた地盤を、塩分の影響を受けない薬剤で強固に改良し掘進機位置を確認、海側より岸壁を円形に穿孔し撤去した。

その後、掘進機を到達架台の所定位置まで推進し、「掘進機水中回収システム」の隔壁の開閉扉を密閉、推進管内から油圧機器によって遠隔操作で切り離し掘進機を回収した（写真-5～7）。

3.3 施工事例 その3

(1) 工事概要

本工事は、沖縄県内の吉の浦火力発電所の取水管・放水管の築造工事で、

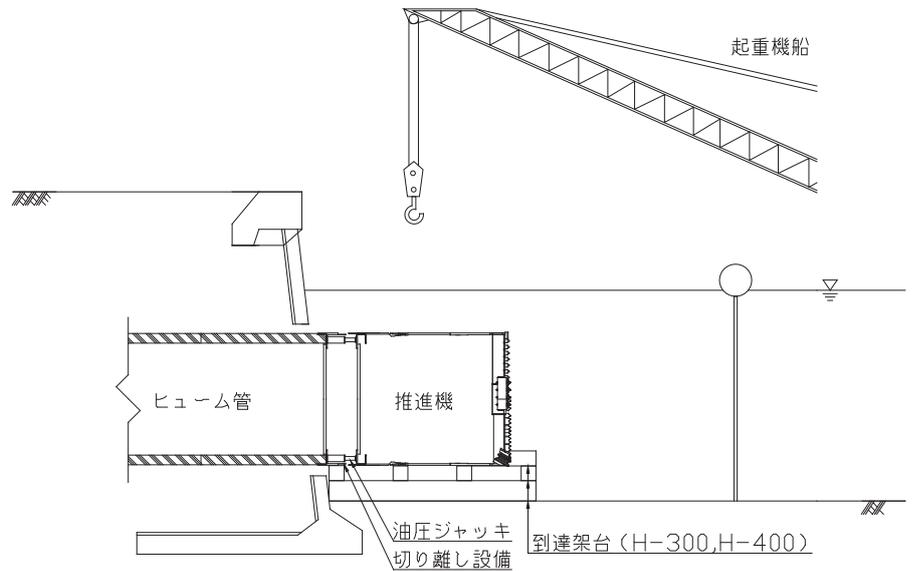


図-6 到達架台図

取水管としてφ3000mmの大口径推進管を、放水管としてφ2800mmの大口径推進管を、海底下に長距離で推進埋設し、掘進機を海中から回収するものである。

工 法：アルティミット泥水式推進工法

【取水管工事】

管内径：φ3000mm

推進延長：565.3m

土 質：砂礫層

土 被り：13.6～5.5m

到達水深：15m

勾 配：-0.4%

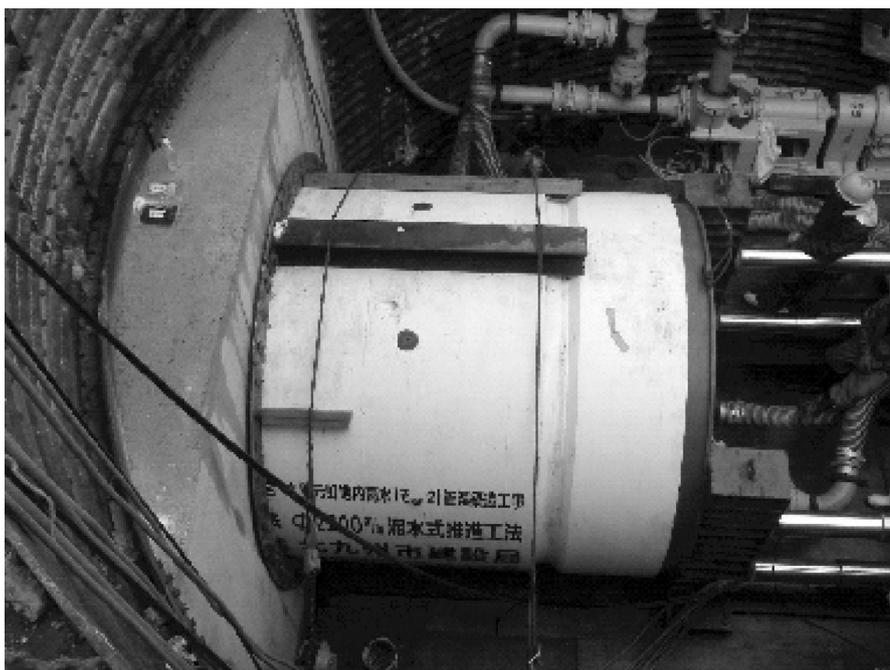


写真-5 掘進機発進状況

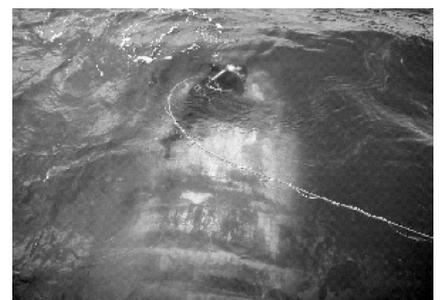


写真-6 掘進機水中到達状況



写真-7 掘進機回収状況

【放水管工事】

管内径：φ2800mm
推進延長：663.9m
土質：泥岩・シルト質砂
土被り：13.6～5.5m
勾配：-0.3%

(2) 推進計画

① 掘進機

本工事は、土質が砂礫層、泥岩及びシルト質砂で、大口径管の長距離海底推進であり、掘進機のビット交換は現実的には不可能となる。これらに対応できる掘進機として、海底下の高水圧に対抗できる泥水式を採用した。また、面板構造等については詳細な検討を行った(写真-8)。

② 掘進機水中回収システム

海面下の回収柵に到達した掘進機を海中から回収することになり、迅速かつ安全な回収方法が求められ、この要求に対応できる「掘進機水中回収システム」を採用した。

③ 滑材注入システム (ULIS)

大口径管の長距離海底推進のため、推進力の低減は不可欠があった。また、滑材の海水による希釈や変質についても留意しなければならなかった。

このような滑材の希釈等を防止し、かつ推進管周囲に確実に滑材層を保持するために、滑材注入は一次・二次注入を基本としたULISが計画された。

(3) 施工結果

本工事の掘進部分は、海底面からの土被りが少ない部分があることから、切羽泥水圧の管理には細心の注意を払いながら実施した(写真-9)。

掘進機は、ビットの形状と配置が地盤に合致し効率良い掘進ができた。また、一次注入に採用したアルティ-クレイが砂礫層のポーラスな部分でも海中に散逸することなくテールボイドに

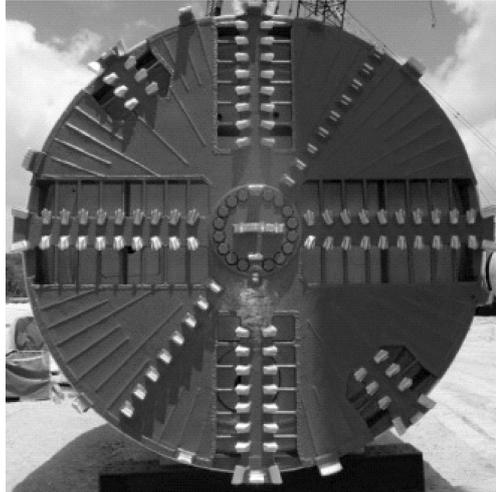


写真-8 泥水式掘進機

充填・維持できたこと、二次注入に使用したアルティ-Kが外周のアルティ-クレイに包まれて推進管との間に確実に保持されたことにより、最終推進力を計画推進力より大きく抑えることができた。

到達した掘進機は、推進管内からの遠隔操作によって、掘進機水中回収システムを前後に切り離し、掘進機を安全に効率よく海中から撤去・回収することができた(写真-10)。

4 将来の展望

本稿では、推進工法の適用分野を拡大する技術として海底推進工法の概要とその施工例、また、海底推進工法の中で使われている「掘進機水中回収システム」を応用し、海中に到達した掘進機を陸上に回収する事例を紹介した。海洋環境の保全や作業環境の安全確保の観点から、海底推進工法への需要も高まっていくものと予想される。

推進工法は、60年という長い間にさまざまな技術が開発されてきたが、視点を変え、新たな発想を付加することで、本稿で紹介した海水の取水・放水管や雨水の放流管を初め、適用分野



写真-9 海底推進状況

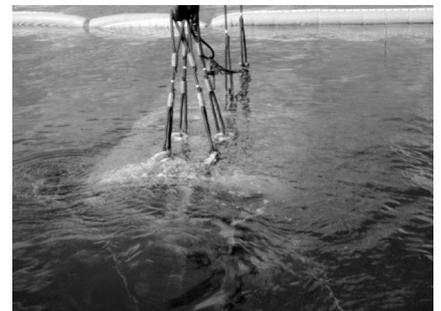


写真-10 泥水式掘進機回収状況

は多岐にわたると考える。さらなる適用分野の拡大が図れるように、技術の改善、開発に努めていきたい。

○お問い合わせ先

機動建設工業(株)

技術本部

〒553-0003

大阪市福島区福島4-6-31 機動ビル

Tel : 06-6458-6183

Fax : 06-6545-0274

関東支店

〒114-0004

東京都北区堀船2-19-19

パレ・ドール王子ビル5階

Tel : 03-5959-2281

Fax : 03-5959-2287

URL : <http://www.kidoh.co.jp>