

総

論

巨石地盤

巨石地盤における 推進工事の課題

たけうち としひろ
竹内 俊博

(公社)日本推進技術協会
調査部長



1 はじめに

推進工法が我が国で初めて施工されて以来、その技術は需要、要望に応え種々進歩し、長距離推進や急曲線施工にも対応ができるようになってきました。その大きな要因には、下水道普及事業がありますが、その普及が進み大都市部から地方へと拡散していく中、種々の推進対象地盤にも遭遇し対処してきました。昭和30年代には開放型の刃口式推進工法が盛んに施工されましたが、この工法であれば切羽の状況を確認し、日進量の十分な確保はできないまでも補助工法（ウェルポイント工法、地盤改良工法、圧気工法等）を使用し対応できました。しかし、昭和40年代になると密閉型の泥水式、土圧式、泥濃式推進工法が開発、施工されるようになり、日進量の確保はできるようになったものの、切羽の状態は地上からの事前調査で知るしかないため、推進工法の設計・計画における工法選定は非常に重要で困難になりました。中でも巨石地盤では検討項目が数多くあり、また施工においてもトラブル要因が多数考えられるため、より慎重に設計・計画しなければなりません。しかし、最近で

は下水道以外のインフラ整備事業にも、推進工法は多々採用されるようになり、時にはこのような巨石地盤でも厳しい施工条件の下で設計、施工しなければならないことも見受けられるようになってきました。

本稿では、その巨石地盤における難工事を、いかに施工するかを考えてみたいと思います。

2 巨石地盤とは

巨石地盤は、設計積算上の適用土質の分類では粗石混り土に含まれ、その粗石混り土は、砂礫土（1）（最大礫径20mm以上で最大礫径は掘進機外径の20%未満かつ400mm以下、礫含有率は30%以上80%未満）と砂礫土（2）（礫径は砂礫土（1）以外、礫含有率は30%以上80%未満）とに分類されています。また含まれる粗石・巨石の一軸圧縮強度は200MN/m²未満としています。ここでいう粗石とは粒径が75mm以上のものを言い、巨石とは、300mm以上のものを言います。しかし、密閉型推進工法の設計計画において、工法や掘進機の選定は、地上からの土質調査結果や立坑掘削時の状況で

判断せざるを得ないので、実施工においては、設計条件と異なる地盤に遭遇し、トラブルとなる場合もあります。特に、巨石については、それらが含まれる礫地盤の形成過程で形状や硬さ等に違いがあります。元来巨石は岩盤の一部として存在していましたが、岩盤が風化する過程で土石流となり扇状地に堆積したり、河川上流に取り残されたり、またさらに風化が進み岩芯だけが残ったりしたものです。よって、砂岩、泥岩、頁岩等の堆積岩、安山岩、玄武岩、花崗岩等の火成岩、変成岩の形成過程が巨石の性質に大きく影響し、それらを構成している鉱物も硬さ等に大きな影響を与えています。当然のことながら掘進機の外径と比較して、硬くて大きな巨石に遭遇すれば推進は困難を極め、軟らかく小さな巨石であれば、問題なく推進ができます。

また巨石を含む粗石混り土では、礫以外の細粒分の性質により、地盤全体の性質が変わります。これは、推進工法によって、工法や掘進機を選定するのに大きな要因となります。その性質は、大きく2通りに分けられます。一つは礫以外の細粒部が粘性土の少ない砂質の場合で、カッタービットで切削する

と礫が比較的動き易く、二次破碎装置を装備した掘進機ではビットの摩耗を軽減できる場合もありますが、面板前面での一次破碎では、礫が移動すると破碎しづらく、切羽および上部地盤の崩壊、緩みを招くおそれがあります。もう一つは礫以外の細粒部に粘性土が多い場合で、カッタビットで切削するとき礫が比較的動きにくく、礫が硬い場合にはビットの超硬チップの損傷（欠け）が発生し易く、ビットの摩耗を加速させる可能性があります。

さらに巨石を含む粗石混り土では、密閉型推進工法で推進をする場合、掘進機面板に対する巨石の大きさと位置も施工難度に大きな影響を与えます。

このように巨石を含む粗石混り土を推進する場合には、条件や状況の変化が施工の良し悪しを左右します。

3 巨石を含む粗石混り土地盤における推進工法

推進工法には開放型推進工法と密閉型推進工法があり、開放型の刃口式推進工法では切羽の状況に対応しながら、また巨石を通過した後の状況に対応しながら推進することができます。しかし、切羽の安定や安全性を考慮し、現在では密閉型の推進工法が多く採用されていますので、ここでは密閉型の大口径管推進工法と小口径管推進工法について見ていきたいと思います。

現在密閉型の大口径管推進工法には泥水式、土圧式、泥濃式の3種類の工法があります。それぞれに特長があり、どの工法も巨石を含む粗石混り土地盤に対応しています。しかし、地盤の状況によっては、これらの工法からできるだけ適した工法を採用することが望まれます。

各工法ともに泥水、泥土等とそれぞれの推進機構で切羽の安定を図り掘進しますが、掘削土の搬出方法は各々異

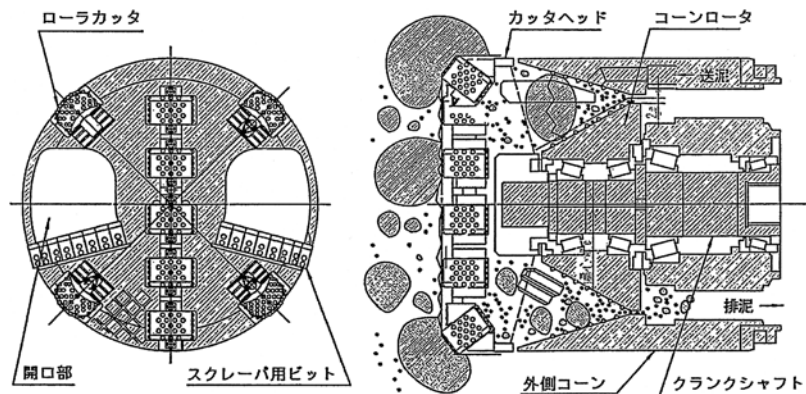


図-1 泥水式掘進機の礫破碎イメージ①

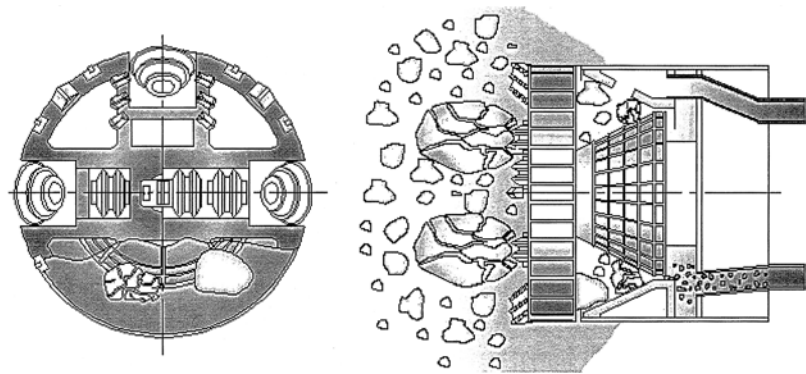


図-2 泥水式掘進機の礫破碎イメージ②

なります。よって、掘進機の礫破碎状況が少しずつ異なります。

泥水式推進工法では、掘進機で掘削した掘削土を地上の泥水処理設備に泥水の流体輸送によって搬送し、泥水と土砂とに分離するため、流体輸送で使用する配管（2、4、6インチ）や還流ポンプ内で閉塞しない大きさに礫を破碎する必要があります。掘進機面板前面での一次破碎だけでは、ビットに掛かる負担が大きすぎるので、二次破碎装置を装備した掘進機を使用します。二次破碎装置には、コーンクラッシャ、ブレードクラッシャ、ジョークラッシャがあり、大口径では管内のラインクラッシャを使用することもあります。掘進中は管内に作業員等が立ち入る必要がないので、呼び径800～3000に対応することができます（図-1、2）。

土圧式推進工法では、掘進機で掘削

した掘削土をスクリュコンベヤで掘進機後方に排出するので、スクリュコンベヤの搬送可能な大きさに面板前面で一次破碎します。スクリュコンベヤから排出された土砂（礫、石）は、トロ台車等で坑外に搬出されます。巨石が含まれる地盤では、できるだけ大きな礫を搬出し、一次破碎の負担を軽減するためリボンスクリュを使います。巨石を比較的大割で取り込め、添加材は粘性が高いので、ビットの負担が軽減されます。掘進中は管内に作業員等が入り、掘削排土の状況確認をする必要があります。掘進機にスクリュコンベヤを設置しなければならないので、呼び径1000以上が望ましいといえます。

泥濃式推進工法では、掘進機で掘削した掘削土を、ピンチバルブを間欠的に開閉させ排土します。排泥管から排出された礫混り土砂は、分級器や人力