

解説

施工難度の高い岩盤・玉石地盤に挑む —アルティミット工法—

すどう ひろし
須藤 洋機動建設工業(株)
土木本部技術課課長

1 はじめに

我が国における推進工法は、1948年（昭和23）5月にガス管のさや管として初めての推進工事が施工されてから76年が経過しました。その間の推進工法の発展はめざましく、開放型から密閉型、地下水への対応、急曲線施工と長距離施工の実現といった当初では想像もできないような施工技術が確立されています。同時に、その適用土質についても拡大されてきました。現在では各工法協会において独自に適用土質区分を設定されていますが、その中でも密閉型推進工法において施工難度が高いとされるのは、玉石を含む地盤や岩盤層です。

玉石や岩盤の施工難度が高い要因としては、掘削に適したカッタや掘進機の選定といった機械設備の検討はもちろんですが、何よりもその施工管理の難しさにあるといえます。

本稿では、玉石を含む地盤や岩盤層における検討課題について、泥水式を中心に施工事例を含めて記述させていただきます。

2 岩盤・玉石地盤掘削への技術開発の変遷

2.1 アルティミット工法での取り組み

機動建設工業(株)（以下、当社）が主力としているアルティミット工法（以下、当工法）は、長距離・急曲線

施工をメインとして開発されており、筆者が入社した当時もその2つのテーマが主であったように記憶しています。そのためなのか、時代的な背景なのかはわかりませんが、数多くの施工事例の中でも玉石や岩盤といったキーワードはあまりなかったように思います。また、当時の当工法の適用土質区分には巨石土（当時は巨礫土と表記）はありましたが岩盤はなく、岩盤を追加記載したのは近年のことです。

2.2 粗石土または巨石土について

当工法の適用土質区分は、泥水式と土圧式ともに、普通土対応はA土質、礫または粗石対応はB土質、巨石対応はC土質、硬質土対応はD土質として長きにわたり設定されてきました。その中で、泥水式の粗石対応と巨石対応に関しては2018年に最大礫径と礫率について細分化のうえ適用土質区分を改訂しました。結果として、泥水式はB1土質およびB2土質とC1土質およびC2土質に区別化し、土圧式は基のB土質のみの対応としました。

2.3 岩盤層について

前述の改訂前には、適用土質区分に岩盤はなかったため、泥水式と土圧式ともに一軸圧縮強度 $200\text{MN}/\text{m}^2$ 以下の岩盤層をF土質として新たに追加しました。また、F土質の適合区分についてはその一軸圧縮強度に応じてF1土質からF6土質までの6つの区分に分類しています。なお、土圧式については2024年の改訂において

適合範囲を一軸圧縮強度10MN/m²以下としました。

なお、当工法の従来の長距離・急曲線施工に対応するための技術を導入することで、巨石土や岩盤層においても長距離・急曲線施工を可能としています。

3 施工の課題

岩盤層や玉石を含む巨石土に対する主な確認事項および施工検討課題としては、次の項目が挙げられます。

①土質条件

最大礫径、礫率、巨石等の一軸圧縮強度、透水係数、粒度分布、コア写真

②岩盤条件

一軸圧縮強度、岩盤性状、石英含有率、RQD値

③近接地での施工事例

④カッタ形状

ビット種類および配置、ローラカッタ掘削軌跡、スリット大きさおよび開口率

⑤ビット交換の必要性および回数

⑥施工時の対策

ローリング防止、切羽の安定、巨石の転動、切り粉による周面抵抗力の上昇、面板閉塞、半岩半土、粘性土の出現

3.1 土質条件

巨石土や玉石地盤においてまず検討するのは最大礫径です。その大きさにより一次破碎が必要なのか否かが判断されますが、巨石土や玉石地盤ではまず必要だと考えます。最大礫径の検討においては、ボーリングにより採取されたコア長の3倍程度を想定するのが一般的ですが、河川に隣接している場合は5倍程度を考慮する必要があるとした文献もあります。最終的には立坑掘削時の実径の確認が必要です。

礫の含有率については結果の数値だけを見るのではなく、粒度試験の粒径におけるその通過百分率を確認したうえで、巨石および玉石の分布を想定することが重要だと考えます。

巨石等の一軸圧縮強度については強度試験が実施されていれば良いのですが、そうでない場合も散見されます。また、玉石の場合は河川において水の流れにより

弱い部分が削られたすえに残った芯の部分であることから、基本は硬いということを認識しておく必要があると考えます。

3.2 岩盤条件

まず確認するのは岩盤の一軸圧縮強度と岩質です。この2つの組合せによりローラカッタによる破碎方式とするか、強化型ビットによる切削方式とするか、または2つの組合せとするかの目安とします（図-1、2）。

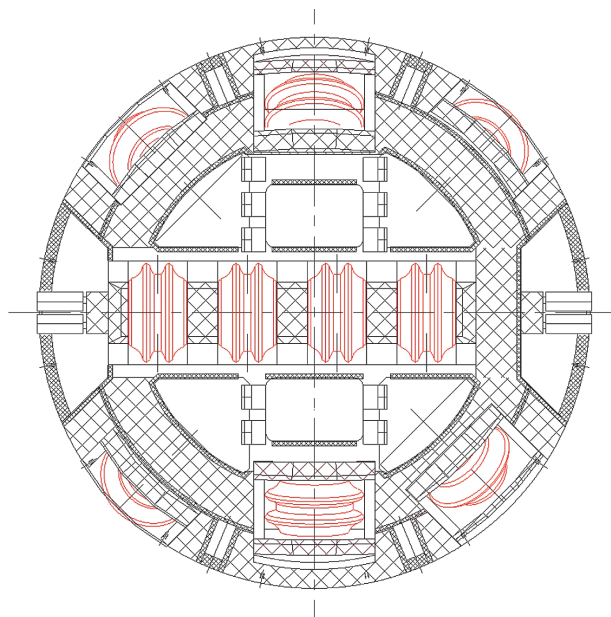


図-1 岩盤用カッタ 破碎方式

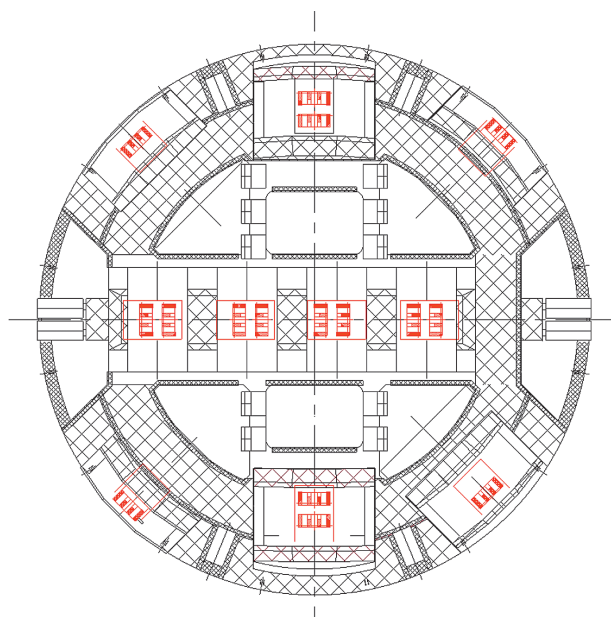


図-2 岩盤用カッタ 切削方式