

解説

岩盤掘進に挑む CMT工法の特徴と施工事例

たなか もとき
田中 基紀
CMT工法協会
会長

おかむら みちお
岡村 道夫
CMT工法協会
広報部長

1 はじめに

推進工事は、大口径化、長距離化、急曲線施工等の高い技術力が要求され、改築推進工法や既設構造物への直接到達工法も実績をあげている。約40年前の推進業界は過酷な環境下における手掘り推進から機械推進への変換期であり、岩盤推進には課題が多く掘進機の開発が進展しない状況だった。以来、CMT工法協会はさまざまな課題に対する研究開発に取り組み岩盤掘進機を開発した。

しかし、推進路線の岩盤はすべて均質なものではなく、それを構成する物質とその集合状態、さらに諸作用や運動によってさまざまな不連続面や割れ目を持ち特異な構造を形造っている。破碎帯や断層、地下水、風化度合等を検証する必要がある。一方、掘進機の性能は路線下の岩石のうち、最も力学的強度を有するものに対応しなければならないが、ボーリング調査箇所等が少ないことが多く、データから最大値を予測してのぞまなければならない。また、近年では岩盤推進においても、長距離、急曲線のニーズが増している。岩盤全体と構成岩石の特徴を確実に検証して計画・設計・積算しなければならない。

本稿では、岩盤の据え方、判定方法および岩盤対応複合掘進機のカッターヘッド、本体性能、ローラビットの

考え方、岩盤推進施工事例などを紹介する。

2 岩盤掘削の概要

2.1 岩盤と岩石

岩盤に関する問題が、土砂地盤以上に難解なのは、土砂地盤に比べて岩盤の地質年代は比較できないほどに古く、理解するために必要な知識が非常に広範囲にわたるためである。

日本列島の岩盤の特徴は固結度は高いが大小さまざまな割れ目が多く、異方性も顕著で力学的にも複雑なものが多い。また岩石が複雑に変形変質して存在している。

岩石と岩盤の最大の違いは、強度を表す値が不均一で部位によって大きく異なることである。これは岩盤の多くには不連続面や亀裂が含まれるのに起因する。岩盤は不連続面・割れ目と岩石の複合材料であり、健全な岩盤の力学特性は、岩石試験により詳しく知ることができるが、不連続面の力学特性を知るための計測技術は未だ不十分な点が多い。地質学的な不連続面とは層理・節理・断層・破碎帯・亀裂・ひび割れ等である。

岩石は、生成過程により、火成岩、堆積岩、変成岩の3つに大別される。

(1) 火成岩

マグマの上昇かん入、それに引き続く冷却固結という

過程でできた岩石の総称。花崗岩、班レイ岩、流紋岩、安山岩、玄武岩等。

(2) 堆積岩

主に礫・砂・泥・生物の遺骸で構成される。また、火山活動に関連して生成される火山性堆積岩がある。中・古生代の堆積岩が硬岩と呼ばれ、第三期が軟岩といわれている。礫岩、砂岩、泥岩、頁岩、石灰岩、チャート等。

(3) 変成岩

既存の岩石が、地下深部で強い加熱、圧縮、変形などの諸作用を受けた結果、鉱物組織や配列状態が変化したもの。熱変成岩、広域変成岩、動力変成岩、片岩、片麻岩、ホモンフェルス等。

2.2 調査・試験

岩盤の判定の指標は、岩質、地下水の影響、不連続面の状態・間隙、ボーリングコアの状態、RQD、弾性波速度等が挙げられる。

(1) 広域調査

数kmの範囲で基盤構造、基盤岩名称、構造線、褶曲基盤の形を推定するために等高線の入った地形図をもとに検証する。

(2) 局地調査

地形、河川と山の相対的位置関係、天然の池、河川の玉石、露頭の岩質・傾斜、節理の方向の観察が重要になる。岩山の谷には巨礫がある場合が多く、天然の池が散在しているところは断層があることが多いといわれている。

(3) 岩石の物理的・力学的特性試験

および弾性波速度の測定

物理的特性としては、比重・空隙率・吸水率がある。岩石の単位体積重量は、およそ1.4～2.9程度の範囲に分布するが、固結度の低いものほど小さな値を示すことになり、堆積岩では地質年代が新しいものほど値が小さい。したがって、単位体積重量が小さいと強度が低くなる傾向を示す。固体粒子成分（鉱物）の比重は、2.6～3.4の範囲にあり、単位体積重量ほどの変化はない。単位体積重量の変化は、岩石の間隙の多少が大きく関係する。空隙率は新鮮な火成岩で0.5～1%、堆積岩で3～20%で地質時代の新しいものほど空隙率は大きく

なる。

岩石の力学的特性を考える場合は、3つの応力を考える。

圧縮応力：岩石の体積を縮ませるように作用する力

せん断応力：岩石の内部に生じる、平行方向にすべらせるように作用する力

引張応力：岩石に割れ目や裂け目を作るように作用する力

一般的にボーリングコアによる一軸圧縮強度試験、圧裂引張試験が行われ、超音波試験やRQDが評価の指標とされる（表-1～4）。

表-1 ボーリング方法と調査内容

方法	調査内容
ボーリング位置	岩線傾斜と方向
ボーリング深さ	岩線傾斜と方向、基盤判定
調査内容の選定	岩石名、一軸圧縮強度、圧裂引張強度、超音波速度、RQD

表-2 ボーリングの目的と調査内容

目的	調査内容
岩盤推進区間の決定	岩線調査、半岩半土区間調査、風化帯の厚さ
先端抵抗の算定	一軸圧縮強度、圧裂引張強度、RQD
推進抵抗の算定	一軸圧縮強度、圧裂引張強度、RQD
支圧壁の耐荷力の算定	風化度、RQD
切羽防護の検討	断層、破岩帯、半岩半土区間、RQD
掘進速度の算定	一軸圧縮強度、圧裂引張強度、RQD、節理方向

表-3 ボーリング等調査内容

一軸圧縮強度 2～30MN/m ²	切削・圧壊方式による日進量の算定
圧裂引張強度 5～26MN/m ²	圧壊方式による日進量の算定
RQD 0～100%	圧壊方式による日進量の算定と支圧壁算定
超音波速度試験 3～6km/sec	岩の硬さ、RQDもあわせて判定
弾性波速度試験 2～6km/sec	100m単位の岩盤の硬さの判定