

特別寄稿

岩盤に挑む

岩盤・巨礫に挑み続けて30年 「岩盤・巨礫推進の基本的考え方と対処方法」 —本間良治先生の講演論文より—



の だ あきら
野田 彰
(株)推研
専務取締役

1 はじめに

1981年（昭和56年）、CMT工法の岩盤専用掘進機は、オープンセミシールド型の第1号機を完成させ、日本住宅都市整備公団（現（独）都市再生機構）ご発注の三田市内での都市下水管築造工事に投入されました。

以来30年間、CMT工法は、岩盤・巨礫推進工場の研究開発に取り組んで参りました。当時の推進業界は機械推進が手掘り推進にとって替わろうとする大きな変換期でありました。従来からの最大課題でありました軟弱地盤対策および水対策は掘進機の機械化により、殆ど解決するとの見込みのもとに推進技術は日々の進歩がなされ、まさに黎明期であったと言える時代でした。しかし、ひとり岩盤・巨礫推進だけは解決すべき課題が多すぎて、手付かずであり、その開発は、遅々として進展しない状況でありました。対象となる岩盤は、我が国特有の褶曲された特殊な岩盤が多いこと、推進工事における対象管径が小さいこと、これらの条件から生じる課題は、岩盤掘進には大きなトルクが必要であるにも拘らず大型原動機が投入できない、硬質岩盤

掘進に関する理論の欠如、専用ビットの寿命および交換の方法、曲進推進時におけるヒューム管の強度・・・等々、解決すべき困難な課題は限りなく存在しておりました。

CMT工法は、オープンセミシールド型の1号機に始まり現在までに、その掘削・掘進方式の開発、大トルク原動機器の投入、土質・岩質に適合する新型ビットの開発、ビット交換が可能な特殊タレットの導入等に成功し、一軸圧縮強度330MN/m²の輝緑安山岩盤、長径1600mmの巨礫、最大一軸圧縮強度360MN/m²の巨礫掘進等を含む岩盤・巨礫推進の実績は、2009年7月現在、施工件数は468件、施工延長約123,630mを得るに至りました。また、CMT工法は、岩盤への挑戦で得た新しい掘進方式や、機械システムから超長距離推進技術や障害物撤去推進技術を確認しました。その結果、1999年に笠松市において1スパン1,006mを、さらに2007年豊橋市において1,447mの超長距離推進を、また、障害物撤去に関しても2008年いわき市において、1スパン路線内で100本に余る松杭を、2009年神戸市の中心部交差点内で9本のH型鋼杭の

撤去をしながらの推進工事を完工する等、種々の実績を樹立しております。これら『CMT工法と岩盤』に関しては本誌（月刊推進技術）2009年4月号（VOL.23No.4）に、掲載いたしておりますのでご一読いただければ幸いです。

さて、岩盤・巨礫推進には種々の課題があり、これを確実に解決しなければ成功は望めません。平成15年7月、日本非開削技術協会の主催で岩盤・巨礫推進に関する講演会が開催されました。この際、我が国で初めて岩盤・巨礫推進に取り組み、CMT工法を造り上げた故本間良治氏による『岩盤・巨礫対応推進の基本的考え方および対処方法』の講演がありました。この講演会には約500名の方々のご出席なさいましたが、他の協会員の皆様からその内容を再度示すようにとのご要望がありますので、その内容を基本に「岩盤・巨礫推進への概論」として此処に記したいと思います。

2 岩盤推進の調査と設計

2.1 岩盤推進のための調査

(1) 調査の種類

岩盤推進工事においては、その対象



図-1 等高線の入った広域地質

岩盤の性質（岩層の方向、岩盤の種類、強度、造岩鉱物等）により、掘進の方式やビットの型式等が全く異なり工事の成否を左右します。岩盤推進工事における事前調査は、一般推進工事のそれに較べて非常に重要であり、以下のような調査を入念に行わなくてはなりません。

【広域調査】

数km～数10km範囲で基盤構造、基盤岩名称と岩質、構造線、褶曲基盤の形を推定するために等高線の入った

地形図を基に検証します。なお、水成岩の場合は岩質と生成年代で割裂強度がほぼ推定できます。

【局地調査】

地形、河川と山の相対的位置、天然の池、河川の玉石、露頭の岩質と傾斜、露頭があればこれを観察して節理の方向が掘進方向に直角か並行かを調べます。現在は道路になっていても、昔の岩山の谷には巨礫がある場合があります。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考えられます。

岩盤推進には、調査の結果から上記のような推測ができるか否かが重要なポイントになります。

★上記の広域調査および局地調査は設計者は勿論のこと、施工者も着工前には必ず現場踏査を行い露頭や岩盤の流れ等、立地条件を確実に把握しなければなりません。このことが後々の施工に大きく影響する重大なポイントです。周辺の住民の方々から周辺の土質などの情報を得ることも重要です。

(2) 公的岩盤強度の分類

土木学会岩盤力学委員会による「主要岩盤分類」として33種類あります。使用目的による分類ですから用途が違

表-1 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資料 | 岩線調査、半岩半土区間調査、風化層の厚さ調査 |
| 先端抵抗の計算資料 | 岩の割裂強度、RQD、一軸圧縮強度 調査 |
| 推進抵抗の計算資料 | 岩の割裂強度とRQD調査 |
| 掘進方式の決定資料（工法決定の資料） | 岩の割裂強度、RQD、一軸圧縮強度 調査 半岩半土区間調査、風化層の厚さ調査 |
| 掘削ビットの選択資料 | 岩の割裂強度とRQD調査、造岩鉱物調査 |
| 支圧壁の耐荷力計算資料 | RQD調査、風化程度の調査 |
| 切羽防護、立坑支保工検討資料 | RQD、断層、破砕帯、半岩半土区間の調査 |
| 掘削速度（日進量）の算定資料 | 岩の割裂強度、RQD、節理方向、半岩半土の調査 |

表-2 ボーリングの方法と調査内容

| 方法 | 調査内容 |
|--------------|--------------------|
| ボーリング位置の選定 | 岩線傾斜と方向 |
| ボーリング深さの決定 | 岩層傾斜と方向、基盤判定 |
| ボーリング調査内容の選定 | 岩名称、割裂強度、RQD、超音波速度 |

表-3 ボーリング等調査資料の判定

| | |
|--|--|
| 一軸圧縮強度 (2MN/m ² ～30MN/m ²) | 複数個の資料を採取しその内の最大値を採用する。報告書には平均値を記入している場合がありますが設計に当たっては最大値を採用することが重要です。 一軸圧縮強度試験は低く出ることにはあっても高く出ることにはまずありません。試験資料の破断面を調べ、滑った試験資料は採用しない。本来節理の発達したものを判別して地盤本来の節理の発達した岩か否かを考慮しなければなりません。 主に切削方式による推進の日進量算定の資料に使用します。 |
| 割裂強度 (5MN/m ² ～26MN/m ²) | 複数個の資料を採って最大値を採用する。一軸圧縮強度より節理や亀裂の影響を受けにくい層理に直角に加圧しているか調べる。 主に圧壊方式による推進の日進量算定の資料に使用します。 |
| RQD (0%～90%) | ボーリングコア1m中、長さ10cm異常のコアが占める割合です。推進施工管径φ800～1200mm程度の場合はボーリング径をφ50mm以上とした方が実態に合うようです。 ボーリングクラウンにより破壊したものを判別して地盤本来の節理の発達した岩か否かを考慮しなければなりません。 主に圧壊方式による推進の日進量算定と支圧壁算定に使います。 |
| 超音波試験 (3km/sec～4km/sec) | 節理のある岩でも正確に測定できる。但し、比重と弾性率による伝播速度から岩の硬さを推定する方法であるため、硬すぎて脆い岩でも高い値が出る場合があります。RQDも併せて判定します。 |
| 弾性波試験 (2km/sec～4km/sec) | 地形の影響を受けやすく、局所的な解析は無理。解析には高度な技術と長い経験が必要なので、大間違いもあります。しかし、100m単位の岩の硬さを見るうえでは有効。 |
| 造岩鉱物の化学 | 一軸圧縮強度や割裂強度等が同じであっても、造岩鉱物の含有比率の違いや造岩鉱物そのものの風化により掘削効率等に大きな影響をおよぼすことがあります。DIS試験などによる評価 |