

解説 坑内から撤去

切断ではなくて切削する手法に着目した ミリングモール工法

とみた まさはる
富田 昌晴

ヤスタエンジニアリング(株)
設計部課長



1 はじめに

推進工事は、もともと大きな石、岩盤、極端なカーブのように能率が（困難な）悪い場所は極力避けて、難易度の低い施工地帯から施工を進めてきたように思う。

「押し管」と呼ばれたころには、作業員が管の先端で「ノミ」と「スコップ」を持ち、人間の能力だけで掘削を行っていた。その頃に比べると、昨今は非常に難易度が高い地盤や技術的に困難な条件が、重なっていることが多い。それは単に推進技術の向上や材料の高品質化等にとどまることではない。

産業構造の変化と公共工事予算の削減で、生き残りをかけた工事会社の姿勢の結果が大きく影響していると思われる。

曲線推進、小立坑発進、小立坑到達、既設構造物到達型推進、長距離推進、巨礫対応型推進、岩盤推進、水中到達推進、小口径曲線推進のように時代の要望の変遷とともに、新しい推進工法が誕生してきた。またそのことが推進工法発展の原動力になってきたのも事実である。

2 開発経緯

いろんな工法のある中で、手を付けるのが最も遅かったのが「地中障害物対応工法」であると思われる。この工法は、昨今、開発されたものでもなく、何年も前から開発され実用化されている工法である。にもかかわらず、あまりにも普及が遅い工法である。それというのも「この工法さえ採用すれば確実に地中障害物を克服できる」といった工法ではなかったからである。

その理由に、

- ①土の中は見え、確実な対処法で具体的な技術を適用しかねた。つまり、現在掘進機は何にどういう形で遭遇しているのか把握しにくい。
 - ②切断できてもどういう大きさで、どういう形に切断されているのかが把握できない。
 - ③工事の物量の多い中、技術開発に取り組むことに前向きでなかった。
- 大きく分けてこの3点があげられると思う。

【包丁からおろし金】

大根を包丁で切れば「おでん」のネタのごとく「輪切り」、「半月切り」、「銀杏切り」となる。

この中で一番細かいのが銀杏切りだ。しかし銀杏切りと言えども掘進機の取り込み口より小さいかどうかは、地中のことなので不明である。だから包丁で切った（切断）ようなやり方ではまず無理である。そこで大根にはつきものの「おろし金」に白羽の矢が立ったのである。粉々に削ってしまえばいいのである。

しかし地中でおろし金は使うことは不可能だ。じゃどうすればいいのか？

「おろし金＝削る」

つまり切断ではなくて切削する手法に着目した。ここから「ミリングモール工法」が大きく前進、飛躍する踏み台になるのである。

ミリングモール工法は、

探査：掘削する前方の金属障害物を推進しながら探査

改良：障害物の前後を掘進機内から地盤改良

切削：金属障害物を粉々に切削排出

誘導：掘進機を立坑の所定位置に誘導

以上、4点の能力を有する、他に類を見ない独創的な特徴をもつ掘進機である。本稿では、その中の切削をテーマに論じようと思う。

3 実験検証

ミリングモール工法による金属障害物の切削手法は旋盤加工技術の応用である。

バイトと呼ばれる切削工具がカッタビットであり、加工する金属物が障害物にあたる。

旋盤加工の場合、加工する金属物が回転体となるが、ミリングモール工法では逆にバイト側（カッタビット）が回転することになる。そしてそのバイトを前後に送ることによって金属物を切削加工していくわけであるが、これが送り出すスピード（切削スピード）ということになる。

そのバイトと同様にカッタビットの先端に取り付けた超鋼チップの刃先を障害物へ押し当て、その回転速度と、送り出すスピード（切削スピード）で金属障害物を切削することが可能となる。

理論的な切削速度を算出しているが、適正スピード値とは限らない。この適正な送り出しスピード（切削スピード）値を得ることを目的とした実証実験を行った。

理論スピード値は金属障害物のせん断基準強度とカッタの回転数、カッタ回転当りの切込深さより刃先の切削面積を算出し、切削トルクを掘進機トルクの約30%程度の能力で切削できるものと仮定し算出、その送り出し実験スピードとして決定した。

この送り出しスピード（切削スピード）が速ければ、カッタによる切削材への切り込み量が増大し、トルクオーバーとなる。実際のトンネル掘削中であれば、周面抵抗が小さい場合はローリング現象が発生するであろうと予測できるし、周面抵抗が大きい場合は、カッタ回転が停止状態となるであろう。

この双方の現象を抑えた切削スピード値が理想的な求めたい値である。

地上実験において数種類のカッタビットによる金属物の切削実験を行ない、ビット磨耗や送り出しスピード（切削スピード）の検証を行った。

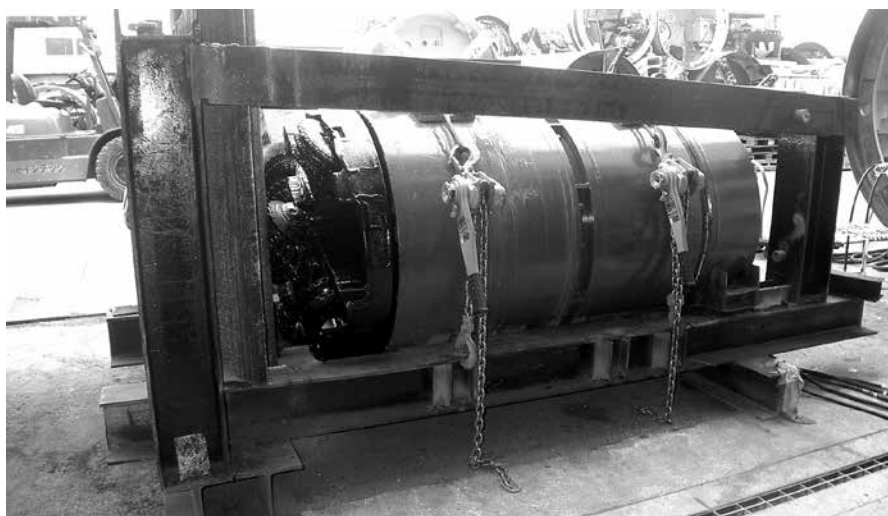
実験内容は掘進機周囲を鋼材で囲み伸縮管を固定掘進機正面に鋼矢板Ⅲ型を溶接固定し、その鋼矢板を貫通させるといったものであった（写真－1）。

管径は $\phi 1,000\text{mm}$ 。

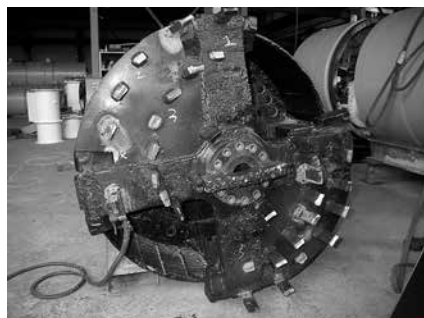
最初の試験ビットは木杭等の切削に使用していた先行型ビット（写真－2）で、すくい角が大きく送り出すスピードが少しでも速くなるとカッタビット先端チップが破損したり、台座から折れるといった現象が発生し、同時に大きなローリング現象をおこしてしまう結果となった。

次にローラ型ビット（写真－3）の切削実験を行なった。このビットの場合、切削抵抗が小さく掘削トルクの上昇もあまり見られなかった。効率良く切削するのに見えたが、切削すると言うより切断したと言った方が良く、その切り取った金属物は大きく、とても排泥管から機内に排出することができない大きさであった。

切削ビット（写真－4）の場合は切削した金属物は理想的なサイズ1.0cm程



写真－1 実験装置全景



写真－2 先行型ビット



写真－3 ローラ型ビット



写真－4 切削型ビット