

解説 礫・玉石に挑む

大口径管推進工法の 礫地盤におけるトラブル防止

礫地盤推進技術の高度化に欠かせない環境とは



かわい あきら
川相 章

社団法人下水道管渠推進技術協会
技術部長

1 はじめに

推進工法で最も施工が困難な一つとして礫地盤推進がある。シールド工法が刃口式から密閉型に移行した際、泥水圧で切羽を安定させながら掘削するという概念が通用せず、崩壊性の砂礫地盤を安定掘削できずに、掘進機通過後に道路陥没を引き起こすトラブルが頻繁に発生した。礫地盤は一言で表現できないほど複雑多岐にわたり、計画時に時間をかけて準備した掘進機や掘進システムが機能を発揮できなかった例は多い。道路陥没には至らなくても、掘進機や推進管を損傷させて掘進を停止せざるを得なかったトラブルも多い。礫地盤におけるトラブル発生率は他の地盤に比べ圧倒的に高くなっているのではないかとと思われる。さらに、礫地盤では、礫と礫の間に含まれるいわゆるマトリックスの性状によって掘進機の対応を変えなければならない。崩壊性の礫地盤や、硬くて大きな巨石の礫地盤層を確実に推進させる難しさは、理屈ではなく、現場経験者のみが語るものなのかもしれない。しかし、現場経験には限界がある。経験者は機会があればその情報を発信し、多くの

関係者が礫地盤に対する認識度を高めれば、わが国におけるこの分野の技術力は飛躍的に発展するものと考えている。以下では、大口径管推進工法によって礫地盤を推進する場合の留意点と、礫地盤推進技術の高度化に不可欠な環境について示したい。

2 礫地盤とは

礫地盤とは、礫質土（15% ≤ 細粒分 < 50%）、細粒分まじり礫（5% ≤ 細粒分 < 15%）、あるいは礫（細粒分 < 15%）を言う（推進工法体系Ⅱ 2010）。礫といっても、細かい礫から粗いものまであり、さらに、従来は玉石と称していた粗石、巨石まで範囲を拡大すると、現在の推進工法はとてつもなく困難な地盤を対象範囲にしていることが分る。巨石とは粒径が30cm以上のものを言うが、礫地盤の形成過程でその性状は異なる。堆積層に点在するものは転石であり、岩盤が風化されて芯だけ残ったものは岩芯（コアロック）という。土石流などで扇状地に拡散されたり、河川上流に取り残された巨石は全て転石である。

いずれにしても、転石にしるコア-

ロックにしる、それらは周囲が削り取られて芯だけ残った最も硬い“石”の塊である。“石”はある時期、岩盤組織の一部として存在していたわけで、その岩盤の形成過程も硬さに大きな影響を及ぼすことになる。河原の“石”は、泥岩、砂岩、チャート、安山岩、玄武岩、凝灰岩、花崗岩など火成岩、堆積岩、変成岩からなり、また、それを構成している鉱物の性質によってさまざまな硬さを示すことになる。また“石”に変化した後の風化の度合いによっても硬さは異なる。さらに、それらの“石”が単体ではなく、掘進機の前面に砂礫地盤として出現した時、礫と礫に含まれる細粒分いわゆるマトリックスの性質によって、地盤は掘進機に



写真-1 河原の石もいずれ推進対象礫地盤に？

とってまったく異なった性状を示すのである。マトリックスが細砂と粘性土では地盤の安定掘削に及ぼす影響も異なる。マトリックスが細砂で、地下水位以下が対象地盤となった場合、カット面板の開口率を小さくして面板で抑えながら掘進しなければならぬ。逆に粘性土の場合には、開口率を小さくすると開口部を含めてカット機構に粘性土が付着して閉塞状態になる。開口を大きくすると、礫の破碎能力はカットローラだけでなく、機内に取り込んだ後で破碎する機構も必要になる。マトリックスが砂であれ、粘性土であれ破碎すべき石が移動すると破碎能力の低下は否めない。また切羽面に出現する礫の大きさと個数にも影響を受け

る。礫の個数が少ないと破碎時に礫そのものが移動して、破碎しにくくなる。これは粘性土層でも同じである。

わが国の主要都市はほとんど1万年前から堆積した地層いわゆる沖積層に立地している。通常の推進工法はこの沖積層や沖積層の下部にある2万年以降1万年までの間に堆積した洪積層で施工することが多い。この洪積層の下部には河川などで運搬された礫を多く含む。しかし、これらの下部層は河川の浸食や経年隆起によって、生活基盤の直下に出現することがある。さらに、山沿い地区では扇状地が多く、そこは礫層として形成された地盤が多い。さらに、1スパンの推進延長で礫地盤から粘性地盤に変化することもあり、わ

が国における推進工法はこれらの条件を事前に十分考慮して計画したとしても、想定外の施工を余儀なくされることが多い。

3 礫地盤と推進工法

コアロックの場合は、それが存在する範囲をある程度想定できても、切羽に出現する転石の個数まで言いあてることが困難である。特に、掘進機の面板の開口部の大きさによっては取り込めない礫もある。したがってそのような大きな礫は破碎することが前提条件になる。土圧や泥濃方式では、機内に取り込めたとしても、大きな礫は坑外への排出は圧送ポンプや吸引排土では不可能で、トロバケットなどによる別途搬出になる。このように、各方式の排土形態が礫地盤への適応性に影響していることから、それを考慮した掘進機の仕様が必要となる。礫を破碎するために掘進機のカッタビットを含めた機構全体の工夫が要求されるのである。礫地盤ではカットはローラカットまたはディスクカットやチップインディスクカットを用いる。写真-2は礫地盤用ディスクカット装備掘進機、写真-3はチップインサート型ローラカットである。

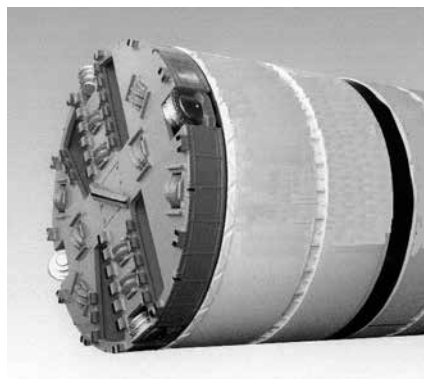


写真-2 ディスクカットを装備した礫泥水掘進機

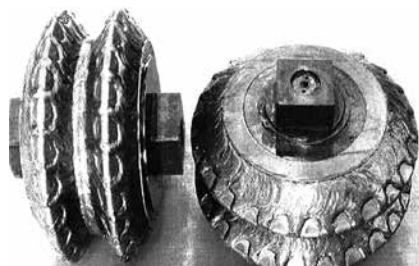


写真-3 チップインサート型ローラカッタ

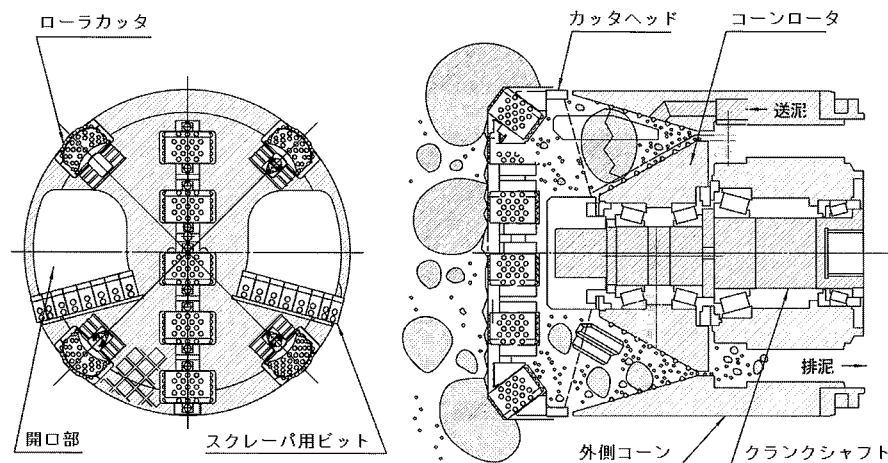


図-1 泥水掘進機による礫破碎イメージ

4 礫地盤におけるトラブル

4.1 カッタビットの摩耗

実工事における礫地盤は計画時と異なり様々な性状変化を示すので、最適な掘進方法を事前に決定することは甚だ困難なものがある。掘進機の仕様を経験的に決定したとしても、予想外のトラブルに遭遇することが多い。例えば、掘進機と推進管および掘削後の地盤とのクリアランスなどが微妙に影響して推進管にトラブルを発生させる。