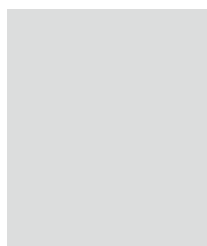


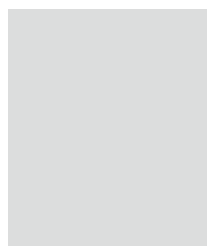
解説

—管径よりも大きな巨石地盤に挑む—

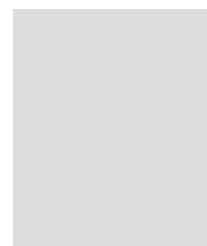
CMT工法 玉石・砂礫地盤推進システム



いそべ たけし
磯部 健
太洋基礎工業(株)
名古屋支店工事部部长



もりもと まさたか
森本 正敬
(株)姫野組
関西支店作業所長



きのした たかよし
木下 貴義
CMT工法協会
技術担当

1 はじめに

密閉型推進工法は、都市部やその周辺地域の下水道普及事業とともに主に普通土を対象として多くの推進工事に採用され、その間に各種の技術開発・改善が進められて長距離推進や急曲線推進施工にも対応できるようになり、上下水道をはじめ電気・通信、ガス等の各種のインフラ整備にも活用されてきた。

しかしながら、近年はそのインフラ整備の普及が大都市から地方へと移行していく中、対象地盤が普通土から厳しい土質条件へと適用性の拡大が求められるようになってきた。特に、巨石地盤を対象とした推進施工では、従来の密閉型掘進機では対応が難しく、克服すべき多くの課題が残されていた。

本稿では、岩盤推進を目的に開発されたCMT工法掘進機（複合掘進機）の岩盤推進技術を応用して、巨石地盤克服への取り組みや最新の施工事例について紹介する。

2 巨石地盤

巨石地盤とは、推進工法用設計積算要領の適用土質の分類では粗石混り土に含まれ、その粗石混り土は、

砂礫土（1）（最大礫径20mm以上で最大礫径は掘進機外径の20%未満かつ400mm以下、礫含有率は30%以上80%未満）と、砂礫土（2）（礫径は砂礫土（1）以外、礫含有率は30%以上80%未満）とに分類されている。また、粗石・巨石の一軸圧縮強度は200MN/m²未満としている。ここでの粗石とは粒径が75mm以上のものをいい、巨石とは300mm以上のものと定義づける。

巨石を含む粗石混り土では、礫以外の細粒分の性状により、地盤全体の性質が変わる。これは、推進工法にとって、工法や掘進機を選定するのに大きな要因となる。その性質は、大きく2通りに分けられる。ひとつは、礫以外の細粒分が少ない砂質土の場合、二次破碎装置を装備した掘進機ではビットの摩耗を軽減できる場合もあるが、面板での一時破碎では礫が移動するためうまく破碎できず、切羽および上部地盤の崩壊・緩みを招く恐れがある。もうひとつは、礫以外の細粒分に粘性土が多いケースで、カッタービットでの切削において礫が動きにくく、礫が硬い場合にはビットの超硬チップの破損（欠け）に繋がる可能性がある。

また、巨石を含む粗石混り土では、密閉型推進工法で推進する場合、掘進機面板に対する巨石の大きさと位置も施工難度に大きな影響を与える。

3 開発履歴

3.1 CMT複合掘進機

CMT工法（複合推進工法：Compound Mini Tunnel）の掘進機は、岩盤推進用に開発され、1981年に兵庫県三田市において1号機が採用された。面板には切削ビットが装着されたものであったが、1992年には面板にローラビットを装備するなど、現在も掘進機の改良・開発が図られ、進化し続けている。開発当初の掘進機の砂礫地盤への対応は、機内クラッシャが対応できる礫径は100mm程度までに制限されていた。その後、岩盤用としてローラビットを装着したローラヘッド型面板が開発されたことにより、1993年には巨石対応型掘進機の1号機への開発に繋がった。

開発のコンセプトとしては、

- ①ローラビットを装着したローラベッドで粗石・巨石を破碎する
- ②カッタヘッドが大きなカッタトルクを有する
- ③マシントレット部の大きなベアリング耐荷力を有する
- ④機内に二次破碎用のクラッシャフィードを有する
- ⑤呼び径800より機内からビット交換が可能である（CMT圧気設備併用）

以上の掘進機性能をもって巨石地盤への取り組みを行っている

3.2 巨石対応掘進機の技術開発

巨石は、300mm以上の粗石混り土の呼称であるが、岩魂から分離し転石となって風雨にさらされ、河川に運ばれた場合には脆い部分がそぎ落とされて堅固な岩芯部分が残るため、元の岩盤の平均的な強度より大きな岩石強度を有することがある。岩盤が一様で風化されやすい花崗岩等は、岩石採取資料の圧縮強度が50～200MN/m²に対して、転石の圧縮強度は100～200MN/m²であり、節理面からの風化以外に風化されにくい流紋岩・安山岩・玄武岩等の火山岩では、岩石採取資料の圧縮強度が50～200MN/m²に対して、転石の圧縮強度が稀に300MN/m²を超えるデータも報告されている。このような巨石を破碎して推進するには各パーツにおいて高耐久性を有する掘進機が求められている。

(1) カッタヘッド

CMT複合掘進機は、(公社)日本推進技術協会の主分類では「土圧方式-面板加圧方式」に分類されている。削土密閉式や泥水式とは異なり、カッタヘッドに取り付けた面板で直接切羽を加圧して切羽の崩壊を防ぐ方式である。また、100MN/m²を超える巨石は、ローラビットを押し付けても瞬時に破碎することはできない。手前から少しずつ剥離・破碎を繰り返し、巨石（岩盤）厚が200mm程度になれば一気に圧壊される。切羽を保護して巨石を破碎するには、面板を数百MN/m²の力で切羽に押し付けた状態で、カッタを回転させることが必要となるが、CMT複合掘進機は元来岩盤掘進機として設計製作されているので、大きなカッタトルクを有し、マシントレット部のベアリング部耐荷力が大きく、巨石地盤の推進が可能になる（表-1）。

表-1 複合掘進機本体胴仕様（標準システム）

呼び径	カッタ用原動機			
	電動機 kW×台	回転数 rpm	トルク kN·m	動力 kW
800	7.5×4	5	50	30.4
900	7.5×4	4.5	58	30.75
1000	11×4	4.7	80	44.75
1100	11×4	4.3	86	44.75
1200	11×4	3.9	92	46.2
1350	11×4	3.5	108	46.2
1500	11×6	3.1	183	68.2
1650	11×6	2.9	194	68.2
1800	11×8	3.1	240	91.7
2000	11×10	3.1	335	113.7

このように、切羽保護や巨石破碎を目的に押し付けられた面板は、巨石が破碎されチャンバ内に取り込まれる過程において、面板は角張った破砕片により著しく切削摩耗される。過去にカッタヘッド面板や外板が破砕片に削られて穴が開くという事象が発生している。

対応策として、超硬チップを面板に埋め込み強化を図る。例えば、呼び径1000掘進機では、幅15mm、長さ60mm、厚さ10mmの長型超硬チップを180枚埋め込み、その間には耐摩耗硬化肉盛溶接を厚さ3～4mm施し、補強している（図-1）。