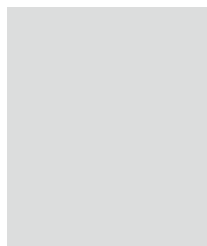


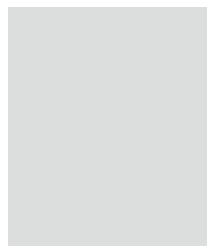
総論

# 岩盤・巨礫層における掘削メカニズム および技術的課題



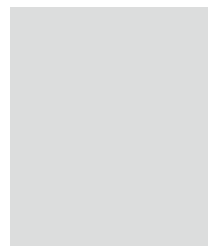
ささおか たかし  
笹岡 孝司

九州大学大学院工学研究院  
地球資源システム工学部門 准教授



しまだ ひでき  
島田 英樹

九州大学大学院工学研究院  
地球資源システム工学部門 教授



はまなか あきひろ  
濱中 晃弘

九州大学大学院工学研究院  
地球資源システム工学部門 助教

## 1 はじめに

これまで、推進工法は都市部やその周辺地域での沖積層を中心に適用されてきた。しかしながら近年、地方都市や山間部に向けてのインフラ整備が増加し、地山条件が従来の沖積層から複合地盤や岩盤層、玉石・砂礫層へ移行し、厳しい施工環境での適用性拡大が求められている<sup>1)</sup>。そのため、推進工法において効果的な破碎メカニズムを有した掘進機の開発が必要とされている。現在、岩盤層や玉石層等の地山では面盤タイプの破碎型掘進機が主流であるが、長距離での複合地山や急曲線を含む推進施工では、スリット閉塞による前面抵抗の増大、全面破碎に対応したビット寿命の予測手法が未確立等、未だ多くの技術的課題を残している。さらに、推進工法の長距離化および施工コスト削減の実現には、このような地山におけるビット寿命の予測手法およびその精度向上が必要不可欠である。しかしながら、これら施工のほとんどが未だ現場経験に頼った施工管理が行われており、工学的な検証や実態の把握がまだ不十分であると考えられる。

そこで、本論説では、岩盤および巨礫推進に関する現状および検討すべき技術的課題について論じることを目的とする。

## 2 岩盤・巨礫掘削のメカニズム

### 2.1 破碎型掘進機による破碎メカニズム

一般的な岩盤・巨礫層での破碎メカニズムは大別すると以下のとおりである。

#### ① 押付け力による破碎

ローラビット等を岩層や玉石に押し付けることで破碎

#### ② 楔効果による破碎

岩層や玉石にディスクを押し付けることで、楔効果にて破碎

#### ③ 表面剥離や小破碎チップングの繰返し工程による破碎

岩相や玉石の表面を小規模に破碎しながら、き裂を発生・進展させる破碎

#### ④ 玉石・岩片の衝突破碎

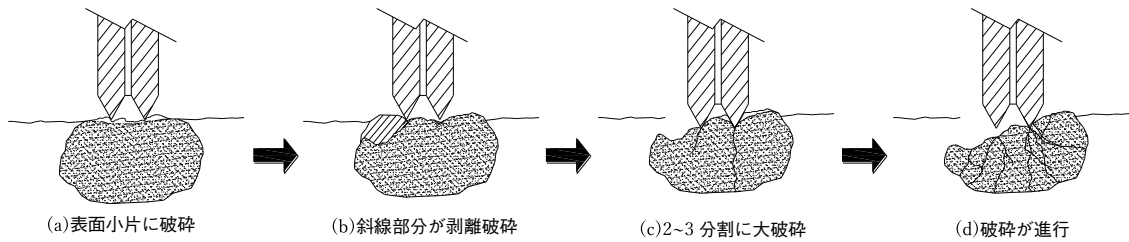
カッタの回転による切羽全面での破碎片や玉石の衝突を期待した破碎

#### ⑤ カッタ回転の衝撃力による破碎

カッタの回転力により、衝撃力が発生することで破碎  
このような背景から、巨礫等の破碎はせん断力と衝撃効果をあわせた破碎と考えられる。

次に、巨礫の破碎メカニズムの概念図を図-1に示す。この図に示すとおり、礫や岩の破碎は①表面破碎からはじまり、剥離は弱部を中心に斜面すべり状に破碎

①ディスクカッタによる破砕進行過程



②ローラビットによる破砕進行過程

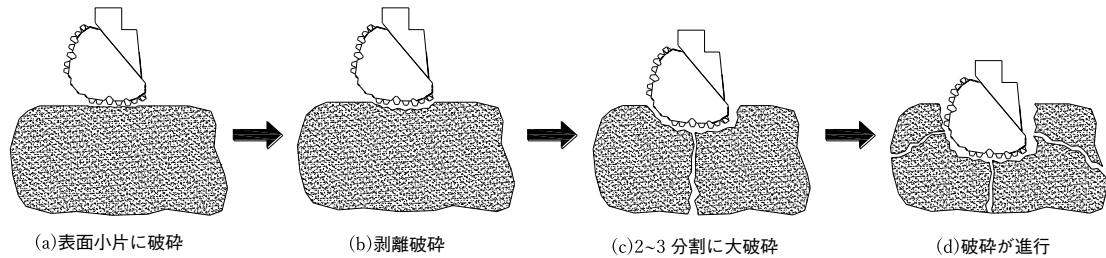


図-1 巨礫の破砕進行過程概念図

が進行する。②V字割裂が進行して破砕に至る。③カッタ回転による衝撃力や破砕片同士の衝突破砕が発生して大割される。これらの破砕メカニズムは、これまでの長い経験を有するシールド工法やTBMの施工実績から明らかとなっている。

2.2 ローラビットによる巨礫破砕

プロトジャコフの実験による礫の断面積と圧縮荷重の関係やコマツが昭和52年(1977)、昭和58年(1983)の2回実施した礫破砕実験の比較グラフ<sup>2)</sup>を図-2に示す。この図に示すとおり、コマツの関係式からはプロトジャ

コノフの実験式にみられるような礫の破砕断面の増加と破砕荷重の比例関係とはならないことがわかる。この実験結果から、破砕断面が5倍となったときに必要な破砕荷重は2倍程度となっており、小さな圧砕力で破砕されることがわかっている。また、ローラビットの礫破砕時の転動抵抗力(水平力)は垂直荷重の30%を示しており、押付け力よりかなり低い荷重で破砕に至ることが明らかとなっている(図-3)。次に、点荷重と一軸圧縮強度の関係について実験式を図-4に示す。この図に示すとおり、円柱状の岩石試料に対し、直角方向に60°の挟み

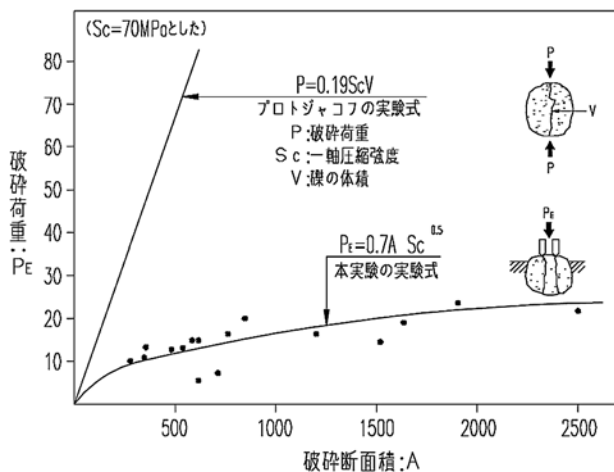


図-2 礫断面と圧縮荷重の関係

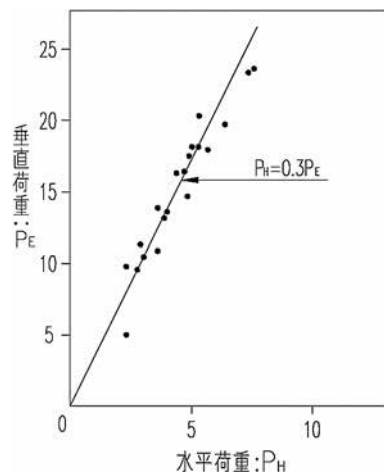


図-3 転動抵抗力(垂直・水平力)の関係