

総論 岩盤に挑む

岩盤推進技術に関する動向

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 准教授



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 助教



まつい きくお
松井 紀久男
 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



1 はじめに

近年、推進工法は玉石砂礫層や岩盤層を含む土質への適用性の拡大が望まれていることから、推進工法においても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¹⁾。しかしながら、その多くは事前調査のサンプリング数の少なさや不明瞭さなどから現場経験に頼っているのが現状で工学的な検証や実態の把握はまだ不十分と考えられる。そこで、本論説では、岩盤推進に関する実状および今後の動向について論じることを目的とする。

2 破碎型掘進機による破碎メカニズム

2.1 巨石・岩盤層での破碎型メカニズム

一般的な巨石・岩盤層での破碎のメカニズムは大別して以下の通りである。

① 押付け力による破碎

ローラビット等を玉石や岩層に押し

付ける事で破碎

② 楔効果による破碎

岩部にディスクを押し付ける事で、楔効果にて破碎

③ 表面剥離や小破碎チッピングの繰り返し工程による破碎

玉石・岩の表面を小破碎の連続を行いながらクラックを促進させる破碎

④ 玉石・岩片の衝突破碎

カッタ回転による切羽前面での破碎
 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、巨石等の破碎はせん断力と衝撃効果を組み合わせた破碎と考えることができる。

次に巨石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、礫や岩の破碎パターンは①表面破碎から開始され、剥離は弱点部が中心に斜面すべり状に破碎が進行する②V

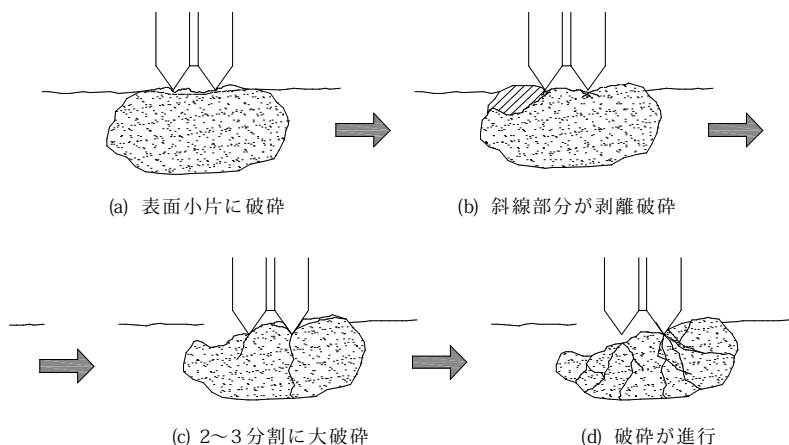


図-1 巨石の破碎進行メカニズム概念図 (楔効果による破壊)

字割裂が進行して大破碎に至る③カ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、長い経験を有するTBMやシールド工法の実績から分かっている。

2.2 ローラビットによる礫破砕

プロトジャコノ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、昭和58年の2回実施した礫破砕実験の比較グラフ²⁾を図-2に示す。この図に示すとおり、コマツの実験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碎断面の増加

と破碎荷重の比例関係とはならないことが分かる。この実験結果から破碎断面が5倍となったときに必要な破碎荷重は2倍程度となっており、小さな圧砕力で破碎されることが分かっている。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%を示し押し付け力よりかなり低い荷重で破碎に至ることが分かっている。そのグラフを図-3に示す。

次に、点荷重と一軸圧縮強さの関係の実験式を図-4に示す³⁾。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°の挟み角と接触先

端部を5mmの曲線半径の最荷球で加圧した場合、試料に対して効果的に引張応力が発生して比較的低い荷重で破断されるとの見解が示されている。この実験結果から効果的な破碎を行った場合、岩は一般の一軸圧縮強さより非常に小さい荷重で破碎に至ることが確認されている。

さらに歯先の挟み角に着目すると図-5に示すとおり、100°の挟み角より70°と鋭角な挟み角の方が切り込み量が深いことが分かる⁴⁾。以上のことからローラビットにおいては、60～70°の挟み角を有した歯先が効果的であることが分かる。

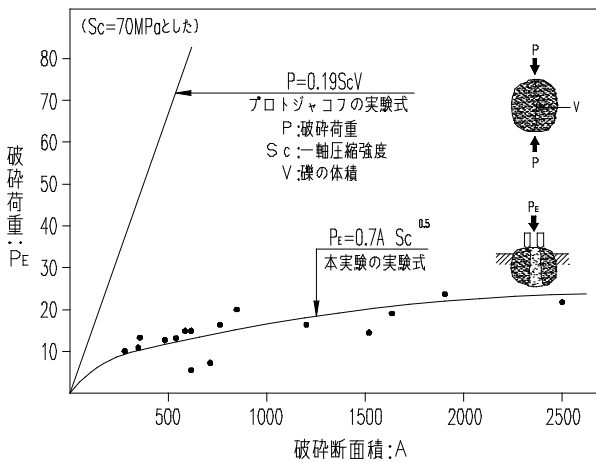


図-2 礫断面と圧縮荷重の関係

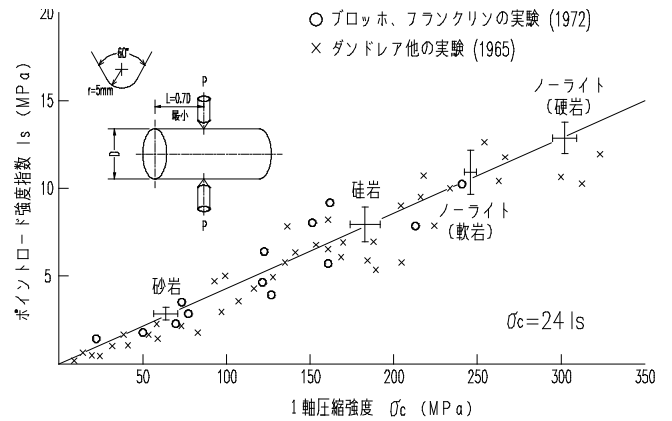


図-4 ポイントロード指数と一軸圧縮強度の関係³⁾

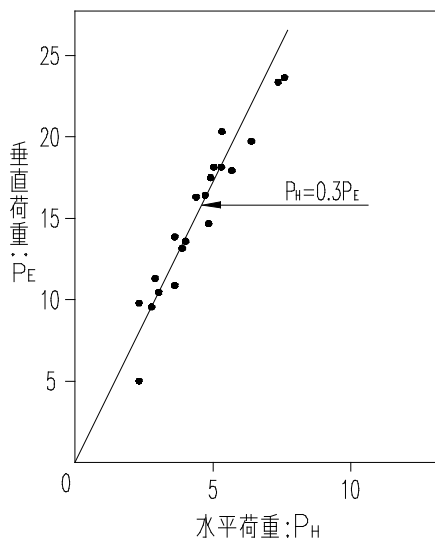


図-3 転動抵抗力（垂直・水平力）の関係

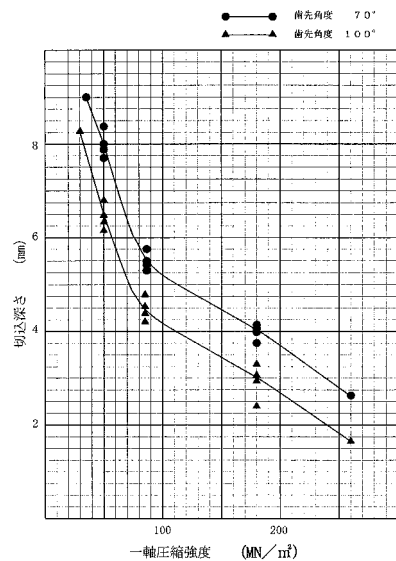


図-5 一軸圧縮強さと切り込み深さの関係⁴⁾