

Ⅲ-B129

個別要素法によるディスクカッタ形状に関する検討

日立造船(株)技術研究所 正会員 佐々木加津也

日立造船(株)技術研究所 正会員 清水 賀之

1. はじめに

TBM による岩盤掘削はディスクカッタによる圧砕および隣接破砕により行われる。ディスクカッタによる破砕性能を把握・評価するために、種々の実験が行われているが、岩種、岩の状態あるいはカッタ形状等が限られており、特にカッタ形状については先端形状が楔形のものが多い。しかしながら近年では、摩耗特性を考慮して、先端が丸い形状のディスクカッタが使用されつつある。丸形のディスクカッタの岩石破砕特性は実験により検討されつつあり、広範囲に亀裂が生じやすいことが報告されている⁽¹⁾。本研究では、破砕過程を詳細に検討するため、個別要素法によりディスクカッタによる岩石破砕解析を行った。まず、一軸圧縮試験を模擬した解析を行い、破砕の困難な硬岩の強度に相当する計算パラメータを求めた。つぎに、2次元でモデル化した岩石に楔形、丸形およびフラット形の先端形状のディスクカッタをチップングが発生するまで貫入させ、岩石破砕状況、亀裂の発生状況および荷重特性を評価した。

2. 解析方法および条件

個別要素法は粒状体の挙動解析に適用される場合が多いが、要素間に結合力を与えて連続体的な解析を行うことが可能である。本解析では、結合力をクーロン基準に基づいて設定し、引張力あるいはせん断力が基準を越えるまでは要素間を結合状態とした。

通常、岩石の強度は一軸圧縮強度により評価される。本解析法において、解析対象の一軸圧縮強度は要素間の結合力で決定される。これらの関係を把握し、解析対象に実際の硬岩に近い強度を与えるため、一軸圧縮試験を模擬した解析（供試体寸法：幅 50mm、高さ 100mm）を行った。

図1は、表1に示すパラメータにおいて一軸圧縮試験解析を行った結果を示したものである。一軸圧縮強度は約 230MPa、ヤング率は約 30GPa であり、硬岩の強度特性を示す。

図2に、岩石破砕解析に使用したディスクカッタの形状を示す。先端形状は、楔形、丸形および摩耗状態を想定したフラット形としてモデル化した。

ディスクカッタを貫入させる岩石の寸法は幅 200mm、高さ 160mm、奥行き 40mm であり、両端および底面は拘束されている。ディスクカッタは、実機におけるディスクカッタの回転速度を考慮して 1m/s の貫入速度で、岩石の中央上部に貫入させた。

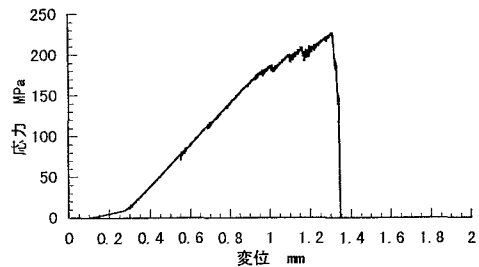


図1 一軸圧縮試験解析

表1 計算条件

要素径	2mm	摩擦係数	0.3
要素数	1446	垂直剛性	$6 \times 10^7 \text{ N/cm}$
引張強度	25MPa	水平剛性	$1.5 \times 10^7 \text{ N/cm}$
せん断強度	75MPa	密度	2.7 g/m^3

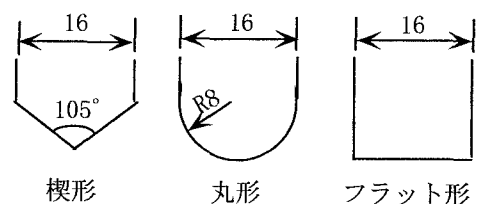


図2 ディスクカッタ先端の形状

キーワード：TBM、ディスクカッタ、掘削、個別要素法、岩石

連絡先（〒551-0022 大阪市大正区船町 2-2-11、TEL 06-551-9424、FAX 06-551-9849）

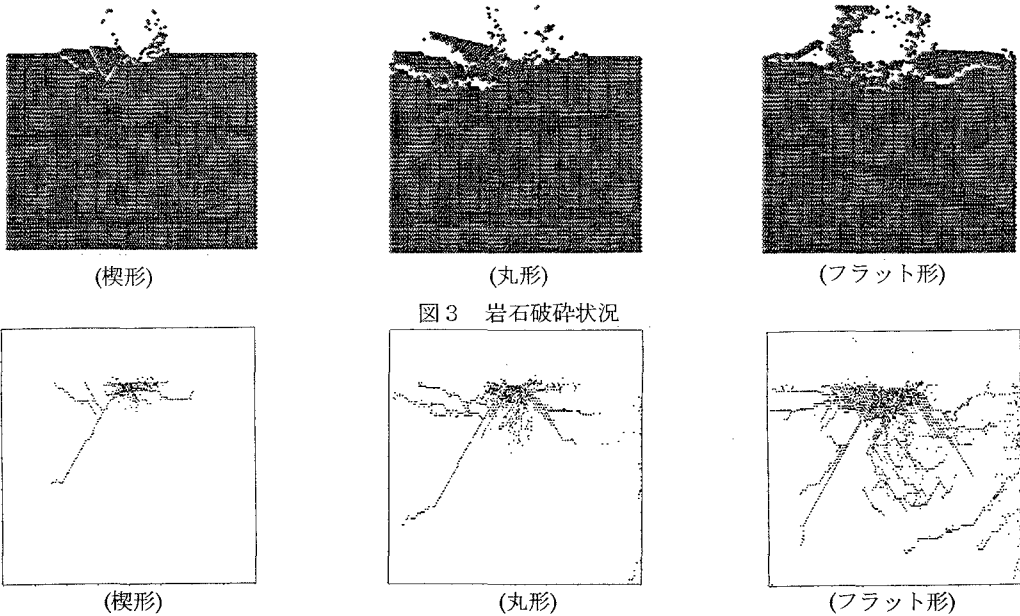


図3 岩石破碎状況

3. 解析結果

図3は、岩石にチップングが生じた際の破碎状況を示したものである。先端形状が鋭利なほど岩石のチップングは狭い範囲で起こり、丸形、フラット形ではチップングの範囲は広い。また、丸形およびフラット形では、岩石の水平方向にチップングが生じる。

図4は、岩石の亀裂分布（要素間結合が切れた箇所）を示したものである。各条件で、亀裂はカッタの斜め下方に大きく進展する。その亀裂が途中から表面あるいは水平方向にも進展して、チップングが生じる。フラット形、丸形、楔形の順で、亀裂は多く発生する。

図5に、ディスクカッタの変位と荷重の関係を示す。楔形では、変位量と荷重ともに小さい量でチップングが生じ、無負荷になる。丸形はチップングが生じるまでの変位量と荷重ともに増加し、フラット形は非常に大きな荷重が必要となる。

硬岩の破碎については、丸形はチップングが生じるまでに必要な荷重は大きいものの、亀裂は広範囲に分布しており、効率よくチップングが発生すると考えられる。楔形は低荷重でチップングが生じるが、亀裂は狭い範囲のみに分布し、破碎性能は低いと考えられる。フラット形はチップングが生じるまでに非常に大きな荷重が必要であるとともに、必要以上に亀裂が生成され、破碎効率が低いと考えられる。

4. まとめ

個別要素法により、ディスクカッタによる硬岩の破碎解析を行い、形状による破碎特性について検討した。その結果、丸形が楔形に対して荷重が大きいものの破碎効率は良かった。今回の解析では、亀裂のない岩石を対象としたことや単一カッタの破碎であることなどから、実際の掘削に対して荷重は大きめであると考えられる。今後、隣接破碎等の影響を考慮し、最適なカッタ形状およびカッタ間隔の検討を行う予定である。

参考文献 (1)高橋,清水,布村: TBM の高速施工に関する研究,土木学会年次学術講演会, 3-B(1997)p.100

図4 亀裂分布

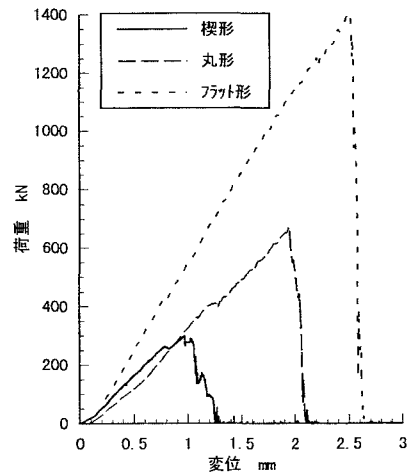


図5 カッタ変位と荷重の関係