

Ⅲ - B50

TBMの高速施工に関する研究 -ディスクカッタによる岩石破碎状況について-

東北大学 工学部 地球工学科 正会員 高橋 弘
日立造船(株) 技術研究所 正会員 清水 賀之
日立造船(株) 建機設計部 布村 進

1. はじめに

近年、複雑な地質に対応可能なシールド型TBMの施工件数が増えている。TBMの技術開発のひとつに硬岩層における高速施工がある。そのためには装備推力をあげる必要があるが、現在ではカッタを支持するベアリング等の性能向上により、ディスクカッタ1個あたりに作用する推力を40tf程度まで上げることが可能になってきている。また最近では、摩耗による掘削性能低下を抑えるためにディスクカッタの先端部形状が丸いものも多い。従来のディスクカッタの掘削性能に関しては、高負荷条件での研究、あるいは先端形状の丸いディスクカッタの性能を検討した研究はあまり見られない。そこで、硬岩層での高速施工を想定した荷重の大きい条件で、摩耗を考慮した先端形状の丸いディスクカッタの性能評価を行うことを主目的に一連の研究を実施している。まずディスクカッタの岩石の貫入実験を行い、X線CTスキャン装置により岩石の内部亀裂状況を可視化し、ディスクカッタ形状の影響を検討した。ここでは、その検討結果について報告する。

2. 実験装置および実験方法

図1に、実験装置および岩石内部の亀裂進展状況を調べるために用いたX線CTスキャン装置の概略を示す。実験装置は、材料試験機の前部にディスクカッタの刃先モデルを取り付けたものである。なお試験機と刃先モデルの間にロードセルを取り付けた。またディスクカッタの貫入量を計測するために接触式の変位計を取り付けた。刃先モデルは、直径360mmのディスクカッタの岩石の貫入する部分で、先端形状の丸いディスクカッタ(半径8mmの円弧上:タイプI)と、比較のために先端形状の尖ったディスクカッタ(くさび角105°, 先端部R1mm:タイプII)の2種類を作成した。さらに隣接破碎の効果を検討するために、タイプIを66mmの間隔で2列配置したものも作成した。

表1に、実験に使用した供試体の物性を示す。使用した供試体は、花崗岩(一軸圧縮強度 σ_c : 226.6MPa)、凝

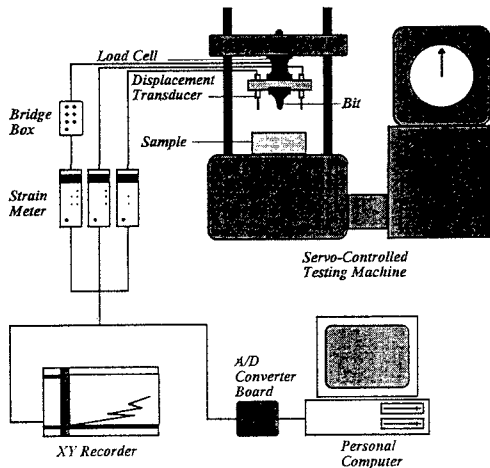
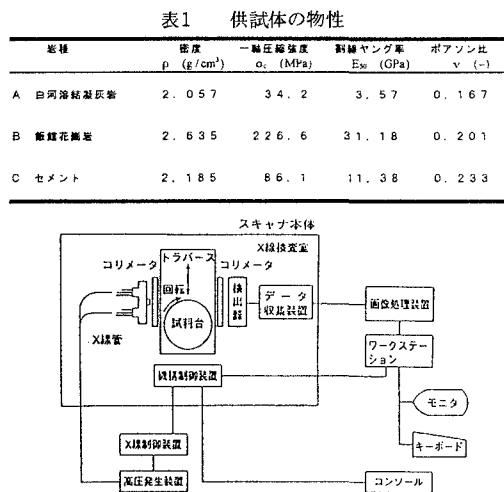


図1 実験装置の概略



キーワード: TBM, ディスクカッタ, 岩石亀裂, 貫入実験, X線CTスキャン装置

連絡先: 〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉 TEL & FAX 022-217-7395

〒551 大阪市大正区船町2-2-11 TEL 06-551-9424 FAX 06-551-9849

灰岩（ σ_c : 34.2MPa）およびセメントモルタル（ σ_c : 86.1MPa）の3種類である。大きさは $\square 200\text{mm} \times 150\text{mm}$ で、内径300mmの鉄棒に埋め込み、隙間をセメントモルタルで固め拘束した。

実験は、一定の載荷速度で荷重（10～40tf）をかけ、そのときの荷重と貫入量を計測するとともに、破碎された岩石の重量を計量した。さらに実験後、直径100mmのコアを切り出し、X線CTスキャン装置で表面から2mmごとの断面の亀裂状況を可視化した。

3. 実験結果

図2および3に、タイプI、IIで、花崗岩に貫入した場合の岩石内部の亀裂の状況を示す。タイプIでは、岩石表面が大きく破碎されないのに対し、岩石内部は放射状に多くの亀裂が発生している。一方、タイプIIでは、岩石は大きく破碎されたが、岩石内部の亀裂はカッタの進行方向のみで他の亀裂はほとんど見られない。

図4に、花崗岩の実験での荷重と比エネルギー（荷重×貫入量の累積値/岩石破碎体積）の関係を示す。タイプIの場合には、荷重が増加すると比エネルギーが小さくなり効率的に破碎されるようになる。一方、タイプIIの場合には、比エネルギーは荷重に無関係に常に一定で小さい。

4. まとめ

ディスクカッタの岩石貫入実験を行い、X線CTスキャン装置を用いて岩石内部の亀裂状況を可視化した。

その結果、タイプIの形状では、タイプIIと比べ、比エネルギーが大きく硬岩の破碎に対して効率的とはいえないことがわかった。ただし、岩石内部には、貫入により放射状に多くの亀裂が発生し隣接破碎の効果が期待できること、また実際のTBMではカッタヘッドが回転しており、ディスクカッタの転動により岩石内部に常に先行亀裂が存在するため、岩石の亀裂の進展さらには破碎が起こりやすいこと等を考えると、タイプIの形状で、硬岩に対して十分にその性能を発揮できるのではないかと推察される。今後、実機の運転に近い形での実験を行い、その確認をしていきたいと考えている。

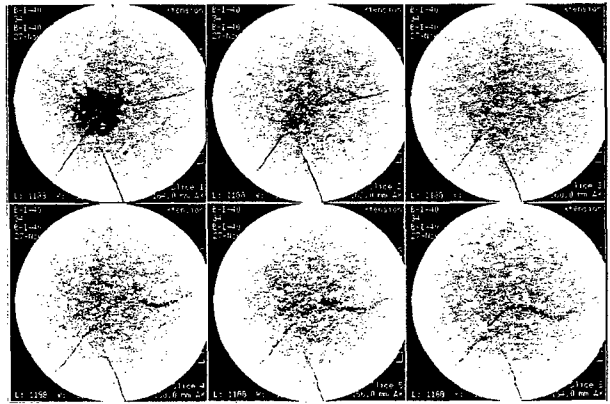


図2 岩石の亀裂進展状況（タイプI）

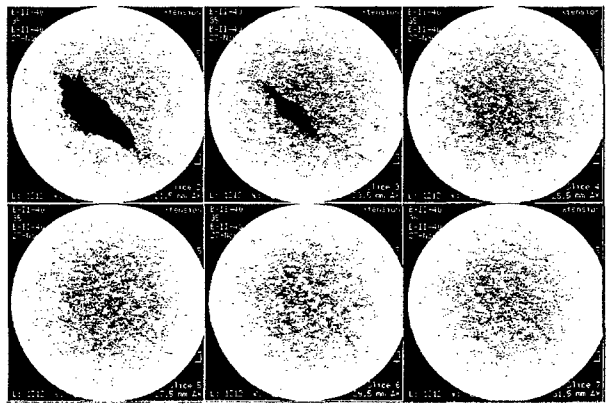


図3 岩石の亀裂進展状況（タイプII）

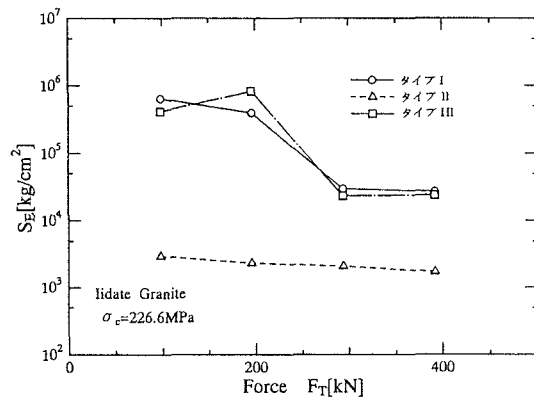


図4 荷重と比エネルギーの関係