

Ⅲ - B 37

アンダーカッティング法による岩石掘削実験

日立造船(株)技術研究所 正会員 佐々木加津也

日立造船(株)建機設計部 今井憲治 富木広志

1. はじめに

近年、山岳トンネル掘削において TBM や自由断面掘削機による機械施工が増加しつつある。特に、ディスクカッタを使用したトンネル掘削機は、一軸圧縮強度 200MPa 以上の岩盤が掘削可能であり、適用範囲は広い。しかしながら、ディスクカッタを使用する代表的な掘削機の TBM は、同心円上に数 10mm ピッチで配置されたディスクカッタを切羽に垂直に圧入して岩盤を圧砕および隣接破碎するため、効率的に掘削しているとは言い難い。従って、切羽に対して適当な角度でディスクカッタを貫入させるアンダーカッティング法により効率的に岩盤を掘削することができる自由断面掘削機の実用化が検討されている。そこで、アンダーカッティング法による岩石掘削実験を行い、その特性について検討したので報告する。

2. アンダーカッティング法

図1に、アンダーカッティング法の概念を示す。アンダーカッティング法は、トンネル切羽を自由面として、数 10mm から 100mm 程度の厚さで岩盤を自由面側に削ぎ落とすように掘削する方法である。従って、切羽に対して適当な角度でカッタを貫入することにより、効率的に岩盤を破碎することができる。アンダーカッティング法は古くから考えられていた方法であるが、ディスクカッタの耐荷重などの機械的な制約により十分な性能が得られず実用化されていなかった。しかしながら近年の機械性能向上により、硬岩でも掘削可能なアンダーカッティング法によるトンネル掘削機が、ドイツにおいて試作・試掘削されている。

図2に、アンダーカッティング法を用いる自由断面掘削機の概念を示す。この自由断面掘削機は、数本のアーム先端にディスクカッタが装備されており、アームによりディスクカッタを切羽に押付、揺動させて矩形や馬蹄形等の任意断面を掘削することができる。アンダーカッティング法により1ディスクカッタ当たりの掘削量が非常に大きいため、同等掘削径のTBMと比較して装備されているディスクカッタ数が少ない。従って、動力が非常に小さい効率的な掘削機である。しかしながら、アームが半径方向に移動するにつれて、切羽へのディスクカッタ貫入角度が変わり、掘削性能が変化すると考えられる。また、アンダーカッティング法による掘削性能については十分に把握されておらず、実用化にあたり実験等により検討しなければならないと考えられる。

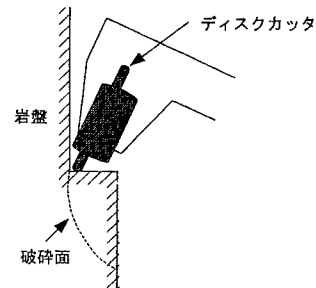


図1 アンダーカッティング法

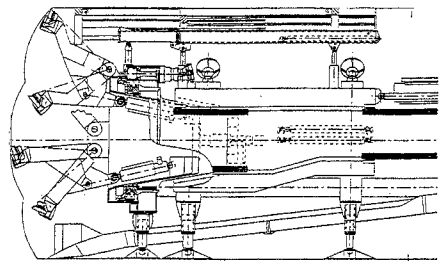


図2 自由断面掘削機

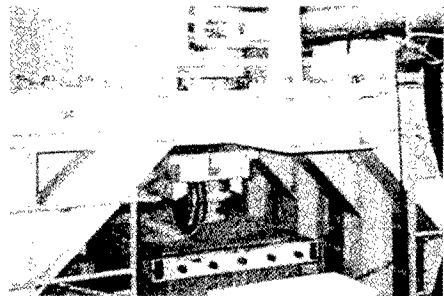


写真1 実験装置

キーワード：アンダーカッティング法、トンネル掘削機、トンネル、ディスクカッタ、掘削

連絡先 (〒551-0022 大阪市大正区船町 2-2-11, Tel 06-6551-9424, Fax 06-6551-9849)

3. 実験結果

写真1に、実験装置を示す。本装置は、架台に岩石（幅350mm×長さ1200mm）を固定して、ディスクカッタ（φ360mm）を任意の荷重で押付けながら転動させることによって岩石掘削実験を行うことができる。また、3軸方向の荷重、押付けおよび転動変位が計測可能である。

図3に、実験条件を示す。アンダーカッティング法における切羽への適当な角度での貫入を模擬するため、岩石の表面に角度をつけて実験した。なお、実験に使用した岩石は花崗岩（小豆島産 一軸圧縮強度 Sc 約130MPa）および凝灰岩（白河産 Sc 約50MPa）である。

写真2及び3に、実験結果の一例として花崗岩の表面角度が0度および30度の掘削後の状況を示す。花崗岩における全表面角度において、押付け荷重200kN、掘削幅50mmでアンダーカッティングが可能であることが確認された。また、凝灰岩は数10kNで破碎できることが確認され、さらに荷重を増加させると切羽側以外の方向に大きく破碎された。基本的に同一設定の押付け荷重においては、表面角度が大きくなるにつれて破碎性能は低下し、破碎片は小さくなる傾向である。すなわち、岩石表面角度が小さいほど押付け荷重が岩石に有効に作用し、掘削効率は高くなる。

図4は、花崗岩において表面角度0度、掘削幅50mmの場合の各軸方向荷重を示したものである。ディスクカッタが800mmの転動区間において、荷重が200kN程度となるピーク点が数回見られる。破碎時の岩石状況を確認すると、ディスクカッタの転動方向に先行するように100ないし300mm程度の長さで岩石は破碎される。従って、ピーク荷重に達した際に岩石は破碎され、その後の数100mm程度、ディスクカッタは大きな破碎を発生させずに転動する。また、破碎が生じる際に、ディスクカッタには横方向の偏荷重が発生し、転動方向の荷重も大きくなる。なお、このような傾向は各条件において確認された。

4. まとめ

アンダーカッティング法による掘削性能を把握するために、岩石掘削実験を実施した。その結果、表面角度が小さいほど岩石破碎量は増加し、効率的に掘削できることが確認された。また、今回の実験は一軸圧縮強度が130MPaの花崗岩を掘削したが、実験結果から200MPa程度まで掘削可能であると考えられる。今後、実施工への適用に向けて、カット貫入角度等の掘削方法ならびに実機運転方法の最適化を検討する予定である。

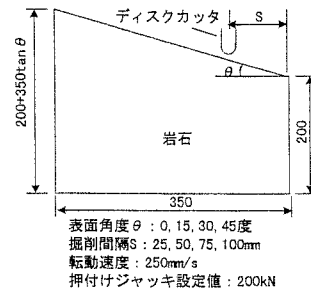


図3 実験条件



写真2 実験結果（表面角度0度）



写真3 実験結果（表面角度30度）

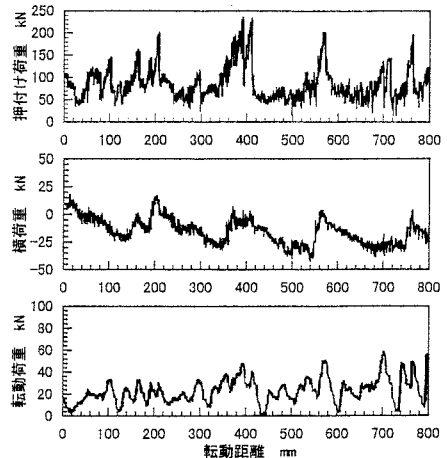


図4 各軸方向の荷重変化