

荷重制御方式による花崗岩の掘削性能に関する研究

呉工業高等専門学校 学生会員 ○河村 倫太郎
 呉工業高等専門学校 正会員 重松 尚久
 愛媛大学 フェロー会員 室 達朗

1.目的 本研究では、ディスクカッタビットを用いた端面掘削方式によって硬質岩盤の掘削を効率よく行うことのできる、新しい掘削機の設計開発に資するための基礎となるデータを得ることを目的とする。過去の実験¹⁾により、端面掘削は平面掘削に対し、7~26倍の掘削効率を得られることがわかっており、極めて効率的な掘削が可能である。油圧による荷重制御下で、垂直力 F_z を変化させて一軸圧縮強度の異なるモルタル供試体および花崗岩供試体の掘削を行い、作用力および掘削速度に及ぼす影響をモデル実験により調べた。

2.実験方法 岩盤に対しディスクカッタビットを 30° に当て、岩盤を剥離させて掘削を行う掘削機をモデル化した。写真1にターンテーブル上の供試体を示す。写真のようにディスクカッタビットは鉛直に配置し、供試体は 60° の斜面を設けた円錐台形とした。実験用のモルタル供試体は $W/B=17\%$ 、 $W/C=30$ 、50%(それぞれ一軸圧縮強度135, 80, 40 N/mm^2)の3種類を、花崗岩供試体は一軸圧縮強度120 N/mm^2 のものを用いた。モルタル供試体に対する設定貫入力 F_z は7.5, 10.0, 12.5 kN の3通り、花崗岩供試体に対する設定貫入力 F_z は20.0, 25.0, 30.0 kN の3通りに設定した。油圧による荷重制御下で、2 rpm で回転する供試体に対し、供試体の中心から87 mm の位置に向かい合わせに取り付けた2個のディスクカッタビット(直径80 mm 、刃物角 55° 、逃げ角 4° 、刃先の曲率半径1 mm)を押し付け、掘削を行った。それぞれのディスクカッタビットに作用する垂直力 F_z 、回転トルク T 、横方向力 F_y 、および掘削深さ z を測定し、転がり抵抗 F_x は回転トルク T より、また横方向力 F_y は、左右2つのロードセルから得られる値を平均し求めた。垂直力 F_z は、ディスクカッタビットが2枚あるため、貫入力を半分にした値となる。

3.実験結果

(1)横方向力比および転がり抵抗比 図1にモルタル供試体の設定垂直力と横方向力比、転がり抵抗比の関係を示



写真1 ターンテーブル上の供試体

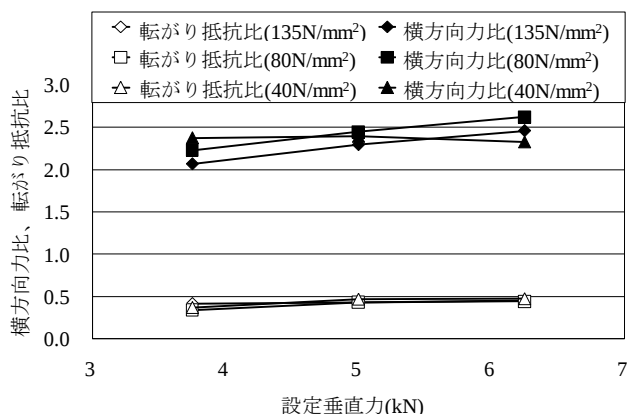


図1 モルタル供試体の横方向力比、転がり抵抗比

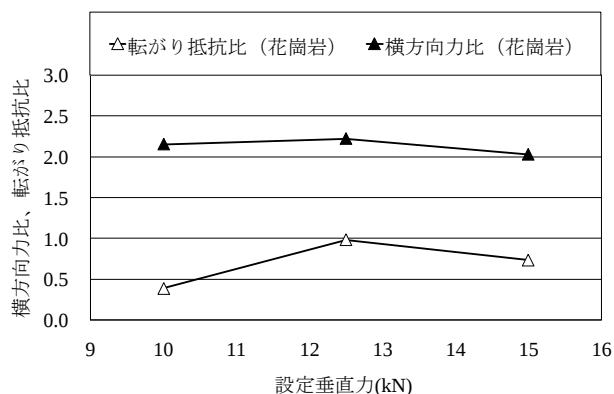


図2 花崗岩供試体の横方向力比、転がり抵抗比

キーワード 端面掘削, 硬質岩盤掘削機、ディスクカッタビット, モルタル, 花崗岩, 荷重制御
 連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南2丁目2番11号 呉工業高等専門学校 TEL 0823-73-8480

す。図2に、花崗岩供試体の横方向力比、転がり抵抗比の関係を示す。ここでいう横方向力比とは各実験における横方向力 F_y を垂直力 F_z で除したものの最大値、転がり抵抗比とは転がり抵抗 F_x を垂直力 F_z で除したものの最大値である。ほぼ全ての実験において掘削深さ5~10mmの地点で供試体の上部が剥離しており、供試体上部が剥離する前後で作用力比は異なった。実機への応用を考えた場合には供試体上部の剥離という現象は起きないので、考察では供試体上部剥離前について述べる。モルタル供試体の実験において、横方向力比は約190~270%、転がり抵抗比は約30~50%の力で作用しており、花崗岩供試体の実験においては、横方向力比は約200~220%、転がり抵抗比は約40~100%の力で作用していた。モルタル供試体では、横方向力比、転がり抵抗比ともに、設定垂直力の増加に従い増加する傾向や、横方向力比が一軸圧縮強度の増加に従い減少する傾向が見られたが、花崗岩供試体においては、明確な傾向は把握できなかった。実機的设计にあたって、ディスクカッタビットを掘削面から保持するためには、それぞれの方向に上記の反力を確保する必要がある。

(2)掘削速度 図3にモルタル供試体の設定垂直力と掘削速度の関係を示す。図4に花崗岩供試体の設定垂直力と掘削速度の関係を示す。

図を見てわかるように、モルタル供試体においては一軸圧縮強度が低いほど掘削速度が大きい。また、モルタル供試体における設定垂直力3.75kNの場合は、一軸圧縮強度による掘削速度の変化が小さかった。これは、与える垂直力が小さいために、これ以上の掘削速度を得ることができなかったためと考えられる。モルタル供試体、花崗岩供試体ともに、設定垂直力が大きいほど掘削速度も大きくなった。供試体の種類にかかわらず、設定垂直力と掘削速度には正の相関があることから、設定垂直力から掘削速度をある程度予測できるものと考ええる。しかしながら、掘削速度に関しては、モルタル供試体と花崗岩供試体との間に大きな隔たりがあった。掘削速度0.015mm/secを実現するために、モルタル供試体では3.75kN程度の垂直力を設定すれば良かったが、花崗岩供試体では実に10kNもの垂直力を必要とした。

4.結論

- (1) すべての掘削条件において、垂直力 F_z に対し、モルタル供試体において横方向力 F_y は約190~270%、転がり抵抗 F_x は約30~50%で作用し、花崗岩供試体において横方向力 F_y は約200~220%、転がり抵抗 F_x は約40~100%で作用した。
- (2) モルタル供試体では、設定垂直力の増加に従い各作用力比が増加する傾向が見られ、横方向力比は、一軸圧縮強度の増加に従い減少する傾向が見られたが、花崗岩供試体においては、明確な傾向は把握できなかった。
- (3) モルタル供試体の一軸圧縮強度が低いほど、垂直力 F_z の増加が掘削速度に与える影響が大きく、垂直力 F_z が大きいほど、供試体の一軸圧縮強度の減少が、掘削速度に与える影響が大きい。

参考文献

- 1) 室達朗, 土屋清, 河野幸一, 若林優輔: ディスクカッタビットによるモルタル端面の定常掘削特性に関する実験的考察, 土木学会論文集, No.687/III-56, pp.37-47, 2001.

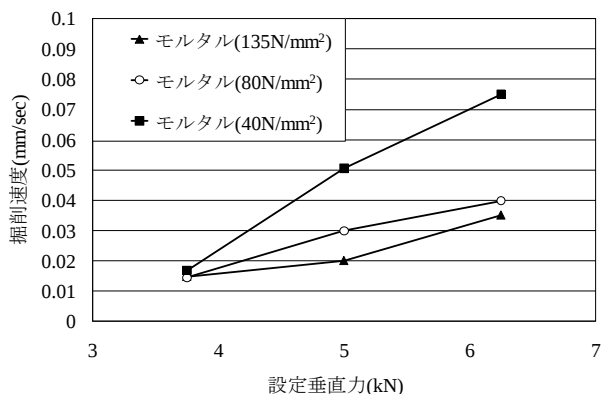


図3 設定垂直力と掘削速度の関係(モルタル)

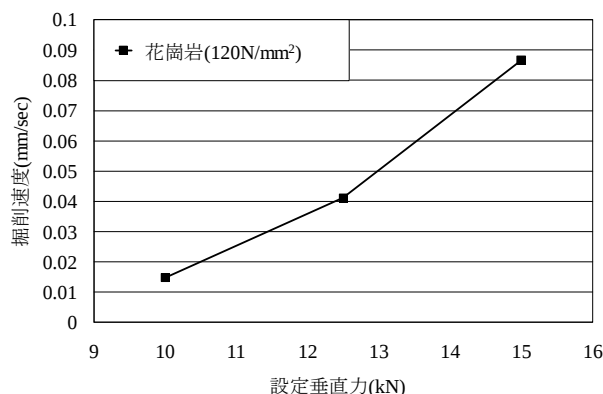


図4 設定垂直力と掘削速度の関係(花崗岩)