

3. 端面掘削方式を用いた硬質岩盤掘削機の開発に関する基礎的研究

呉工業高等専門学校 重松 尚久
 呉工業高等専門学校 ○高垣 夏輝
 愛媛大学 室 達朗

1. はじめに

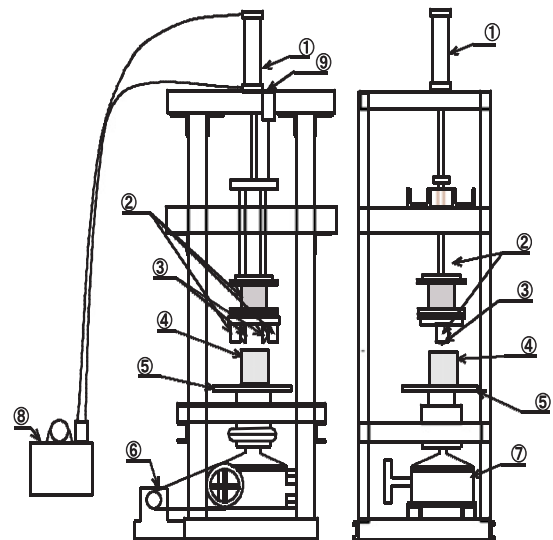
近年、都市部における地下工事においては、騒音や振動などの環境面への配慮が必須の課題になってきており、機械式掘削工法が多く行われるようになってきている。しかし、これらの方法では地山の弾性波速度が 3.0m/s を超える硬質岩盤では掘削能力が大幅に低下するため、環境面に配慮した効率的な新しい掘削技術の開発が必要となっている。そこで、本研究では、ディスクカッタビットを使用し硬質岩盤を効率的に掘削することのできる、端面掘削方式を用いた掘削機開発のための基礎となるデータを得ること目的としている。

2. 実験方法

図-1 に実験装置の概略図を示す。実験は応力制御で行い、図-2 に示すような形状の 2 つのディスクカッタビット(直径 80mm、刃物角 $55\pi/180\text{rad}$ 、逃げ角 4°)を回転する供試体の端部に、ディスクカッタビットを押しつけて掘削を行う。ディスクカッタビットに作用する垂直力 F_z 、横方向力 F_y 、トルク T を測定し、トルク T より転がり抵抗 F_x を算定する。また、供試体端部からの切り込み幅を 15、20、25mm の 3 種類、垂直力 F_z を 7.5、10、12.5kN の 3 通り、擬似岩盤として一軸圧縮強度 135、80N/mm² 以上の 2 種類を(それぞれモルタル A、モルタル B と定義する)それぞれ条件として変化させて実験した。

3. 端面掘削

従来の掘削工法の多くが、1 自由面を掘削する平面掘削を採用している。自由面とは、破碎の際に破碎を拘束しない面のことをいうが、端面掘削とは、掘削効率を向上させるための方策として、2 自由面



① 油圧シリンダー ④ 供試体 ⑦ 減速機
 ② ロードセル ⑤ ターンテーブル ⑧ 油圧ポンプ
 ③ ディスクカッタビット ⑥ モータ (1.5kw) ⑨ 変位計

図-1 実験装置概略図



図-2 ディスクカッタビットの形状

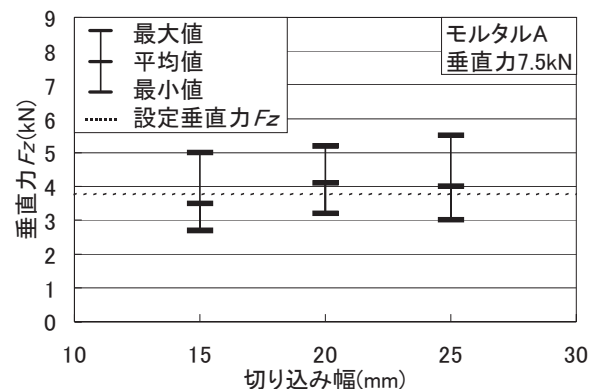


図-3 切り込み幅と垂直力 F_z の振れ幅の関係

を持つ硬質岩盤の端面を剥離破砕刃でチップング効果を利用し剥離させ、掘削する方法である。2自由面を持つ岩石の端面を剥離破砕刃で掘削していく端面掘削は、平面掘削との比較実験ではエネルギー比が約 1/10 に減少し、端面掘削方式は極めて効率的な掘削が可能で、過去の研究で明らかになっている。この方式によると小さな押しつけ力で硬質岩盤を破砕することができ、結果としてビットの摩耗を軽減することが出来る。

4. 実験結果と考察

図-3 に切り込み幅と垂直力 F_z の振れ幅の最大値と平均値、及び最小値の関係を示す。応力制御で掘削を行っているため、常に一定の応力が供試体に作用するはずだった。しかし、供試体の表面の不均一さや、供試体を破壊したときの衝撃などの影響により、常時一定の応力を保つことが出来なかったが、設定した垂直力 F_z に対し、実際の垂直力 F_{zr} の平均値と近い値となったため、設定した実験条件を満足したといえる。図-4 に横方向力 F_y と掘削深さ z の関係を示す。横方向力 F_y は、多少の増減はあるが終始ほぼ一定の値を保っていた。また転がり抵抗 F_x も同様の傾向が見られた。図-5、6 に垂直力 F_z と横方向力 F_y ・転がり抵抗 F_x の関係を示す。図-5、6 では、一部掘削時の実験データが欠落しているが、これは一軸圧縮強度等の掘削条件に対し、作用させた垂直力 F_z が大きすぎたために、端面掘削が起きず圧壊する形で掘削されたため、データが得られなかったことが原因である。横方向力 F_y および転がり抵抗 F_x は垂直力 F_z が大きくなるにつれ、上昇する傾向が見られる。図-7 に垂直力 F_z と掘削速度の関係を示す。垂直力 F_z が大きくなるにつれ掘削速度が上昇している。また、一軸圧縮強度の小さいモルタル B は、モルタル A に比べて掘削速度が速くなり、切り込み幅が小さいほど掘削速度が速くなった。掘削速度は垂直力の増加に従って、モルタル A、切り込み幅 25mm において約 4 倍、モルタル B、切り込み幅 20mm において約 4.5 倍の速度で掘削が進行した。また、一軸圧縮強度が低いモルタル B の方が掘削速度が速くなることがわかった。

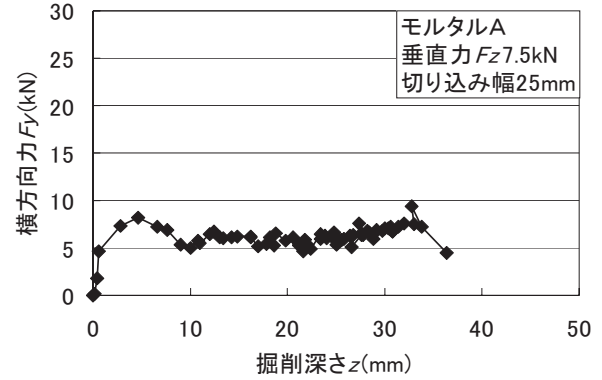


図-4 横方向力 F_y と掘削深さ z の関係

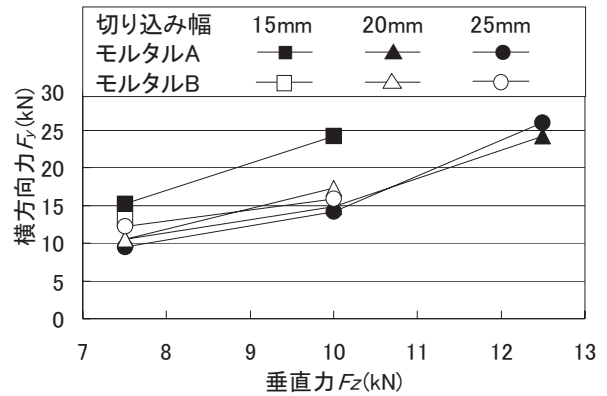


図-5 垂直力 F_z と横方向力 F_y の関係

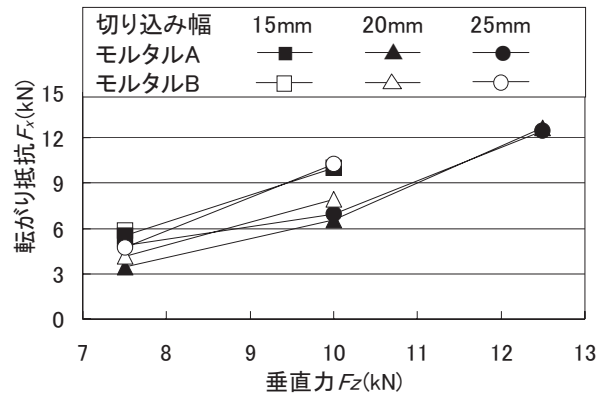


図-6 垂直力 F_z と転がり抵抗 F_x の関係

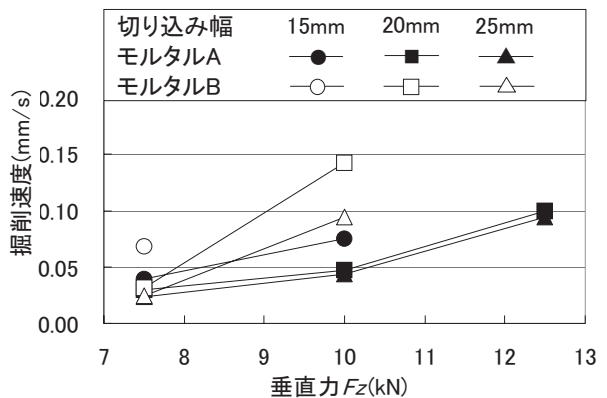


図-7 垂直力 F_z と掘削速度の関係