

ディスクカッタビットを用いた硬質岩盤掘削機に関する基礎的研究

呉工業高等専門学校 正会員 重松 尚久
呉工業高等専門学校 学生会員 ○高垣 夏輝
東海旅客鉄道株式会社 非会員 高橋 正晃

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用いて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を目的としている。

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、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おいて、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 より転がり抵抗力 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 80、135N/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.実験結果と考察 図-2 にモルタル A、垂直力 7.5kN におけるそれぞれの切り込み幅と測定した垂直力 F_{zr} の平均値と、振れ幅の最大値と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が、実際には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。そのため、設定した垂直力 F_z と実際の垂直力 F_{zr} の平均値と振れ幅の最大値・最小値を算出し、比較した。これより、実際の垂直力 F_{zr} の振れ幅はあるが平均値は設定した垂直力 F_z と近い値となったため、設定した実験条件を満足したと言える。この結果は、すべての実験においても共通であった。なお、振れ幅の大きさは設定値から最大で +2.4kN、最小で -1.2kN であった。図-3 にモルタル A、垂直力 7.5kN、切り込み幅 25mm の実験の横方向力 F_y と掘削深さ z の関係を示す。

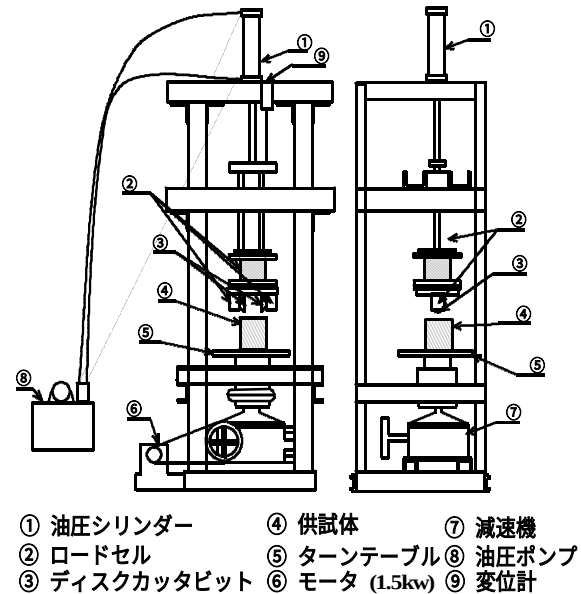


図-1 実験装置概略図

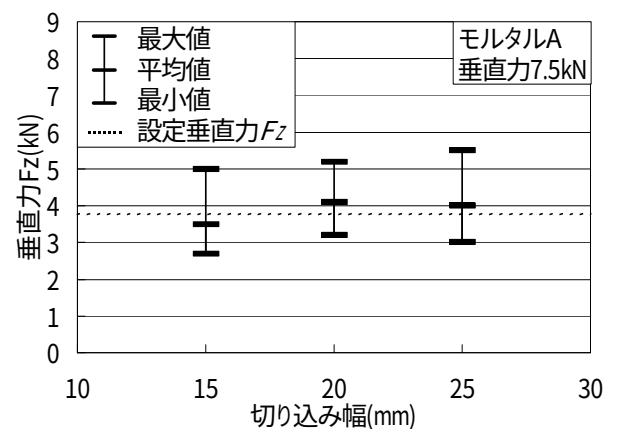


図-2 切り込み幅と垂直力 F_z の振れ幅の関係

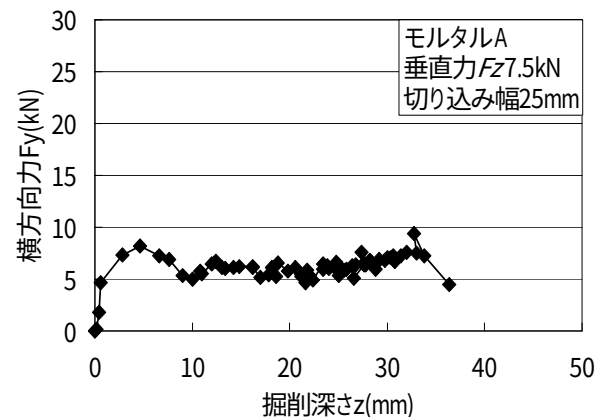


図-3 横方向力 F_y と掘削深さ z の関係

実測値をそのままグラフに表すと傾向が掴みにくいため、ある一定間隔ごとに横方向力 F_y の最大値と掘削深さ z の代表値を取り、グラフを作成した。横方向力 F_y の最大値は、多少の増減はあるが、終始ほぼ一定の値を保っていた。この結果は、全ての実験において共通であった。また、過去の変位制御での研究¹⁾と同様に、横方向力 F_y は初期端面掘削の影響を受けなかった。図-4 にモルタル A、垂直力 10kN、切り込み幅 25mm での転がり抵抗力 F_x と掘削深さ z の関係を示す。このグラフも前述のグラフと同様に作成した。転がり抵抗 F_x の最大値は多少の増減はあるが、終始ほぼ一定の値を保っていた。この結果は、全ての実験において共通であった。また、過去の変位制御での研究¹⁾では、転がり抵抗力は初期端面掘削の影響を受けたが、今回の実験では、転がり抵抗力は初期端面掘削の影響を受けなかった。図-5 に垂直力 F_z と横方向力 F_y の最大値 $F_{y\max}$ の関係を示す。垂直力 F_z が大きくなるにつれ横方向力 F_y の最大値が上昇していることがわかる。また、切り込み幅および一軸圧縮強度と最大値の間には特に関連性は見られなかった。転がり抵抗 F_x の場合も同様の傾向が見られた。つまり、横方向力 F_y および転がり抵抗 F_x の最大値は垂直力 F_z に影響されると考えられる。図-6 に垂直力 F_z と掘削終了時間の関係を示す。今回の実験では、1 つの実験に対して掘削速度が 3 段階あり、各実験毎で第 1 段階、第 2 段階、第 3 段階が現れる瞬間が異なっていたので、一つの実験での速度を評価しにくい。そのため、掘削速度を算出する方法として、掘削深さ z が 35mm に達した時点掘削終了とし、掘削終了までに要した時間を測定するという方法を用いた。切り込み幅、一軸圧縮強度および作用させる垂直力 F_z が大きいほど掘削終了時間 t_{end} が短くなった。

4. 結論

- (1) 実際の垂直力 F_{zr} の振れ幅の平均値が、設定した垂直力 F_z と近い値となっていたため、設定した実験条件を満たしたと言える。
- (2) 全ての掘削条件において、横方向力 F_y と転がり抵抗力 F_x は掘削が進行してもほぼ一定を保っており、初期端面掘削の影響は見られなかった。
- (3) 掘削速度には三段階あり、一段階目、二段階目が初期端面掘削状態で現れており、三段階目が定常端面掘削状態で現れていた。
- (4) 掘削速度は、作用させる垂直力 F_z の増加、切り込み幅の低下、供試体の一軸圧縮強度の低下に従って、速くなった。

参考文献

- 1) 高垣夏輝, 重松尚久, 花岡尚: 供試体の強度別によるディスクカッタービットを用いた端面掘削の掘削性能について, 土木学会中国支部, VI-2, 2009.

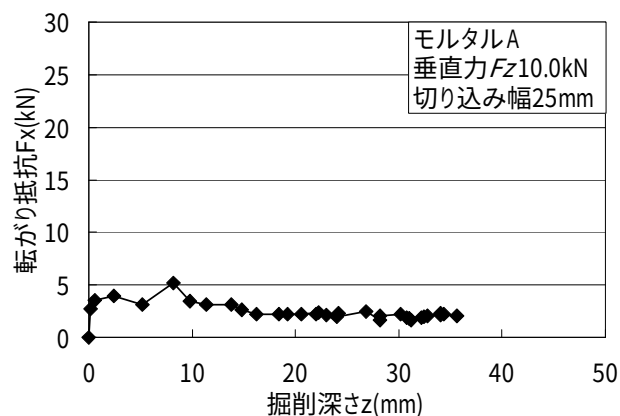


図-4 転がり抵抗力 F_x と掘削深さ z の関係

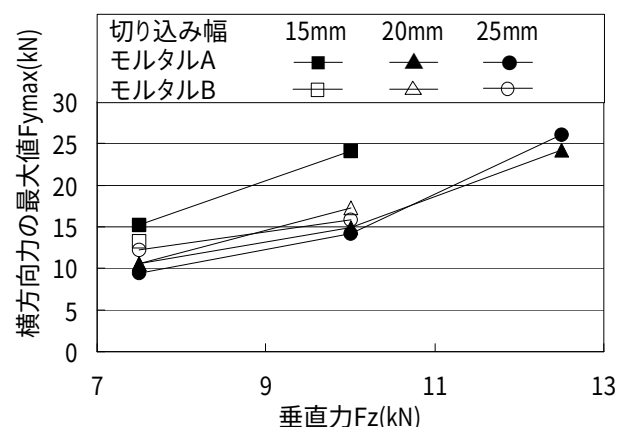


図-5 垂直力 F_z と横方向力の最大値 $F_{y\max}$ の関係

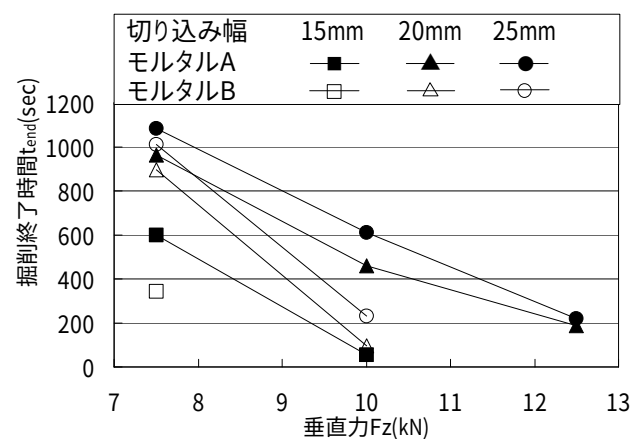


図-6 垂直力 F_z と掘削終了時間 t_{end} の関係