

多段型端面掘削方式を用いたモデル掘削機の実験

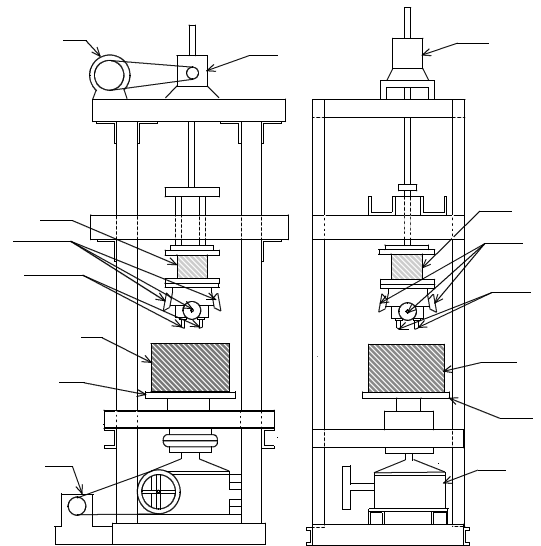
呉工業高等専門学校 正会員 重松 尚久
 呉工業高等専門学校 学生会員 花岡 尚
 呉工業高等専門学校 学生会員 ○北岡 一成

1. はじめに 本研究は、端面掘削方式を用いた円錐体型コンクリート掘削機モデル実機の実験を行う。実験により垂直力 F_z 、回転トルク T を測定し、各掘削段階における円錐体型コンクリート掘削機モデルに作用する垂直力 F_z と作用トルク T の変化と、各剥離破砕刃に作用する諸力について考察する。

2. 実験方法 掘削中に 1 回転当たりの貫入量が一定となる変位制御による実験を行う。φ 12mm の 2 本のポイントアタックビットで中心より半径 30mm 初期掘削を行い、掘削深さが 28mm になると φ 60mm、刃物角 $55\pi/180\text{rad}$ の 1 段目の 2 枚のディスクカッタビットが、ポイントアタックビットの掘削した溝から 30mm 広がった部分よりあたりはじめ端面掘削を行う。それに続き 1 段目のディスクカッタビットより 30mm 広がった部分から 2 段目の 2 枚のディスクカッタビットが端面掘削を行う。図-1 に実験装置の概略図を示す。掘削速度は 0.058mm/sec に設定し、回転する供試体に押しつけて掘削していく。実験用の供試体は一軸圧縮強度 40N/mm^2 以上のモルタル供試体を用いた。図-2 にモデル実機の平面図を示す。今回ディスクカッタビットの周面摩擦を軽減させるために 10° の入射角をつけて設置した。

3. 実験結果と考察 今回のモデル実機の製作にあたり、過去の掘削速度 0.058mm/sec における実験データ^{1),2)}より、今回作用するであろうトルク T および垂直力 F_z を推測した。表-1 に過去の実験¹⁾によって得られたポイントアタックビットおよびディスクカッタビット 1 つあたりに作用する転がり抵抗 F_x および垂直力 F_z を示す。推測したトルク T のグラフを図-3 に示し、今回実験で得られたトルク T のデータのグラフを図-4 に示す。図-2 のモデル立面図を参照しながら算定する。

ポイントアタックビット掘削時（区間）
 ポイントアタックビット 2 本でのみ掘削されているので、トルク T および垂直力 F_z は次のように算出される。



ウォームジャッキ
ロードセル
ディスクカッタビット
ポイントアタックビット
供試体
ターンテーブル
モータ (1.5 kW)
減速機
モータ (0.2 kW)

図-1 実験機概略図

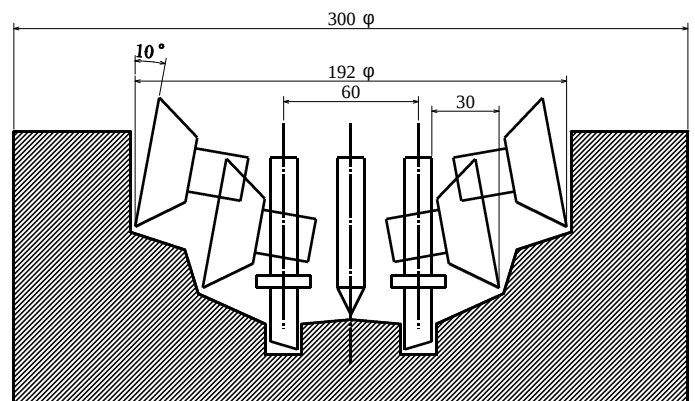


図-2 モデル実機の平面図

表-1 ビット 1 つあたりに作用する力

	転がり抵抗 F_x (kN)	垂直力 F_z (kN)
ポイントアタックビット	8.0	1.5
ディスクカッタビット初期端面掘削時	5.0	4.5
ディスクカッタビット定常端面掘削時	3.0	3.0

$$\text{トルク } T \quad 8 \times 30 \times 10^{-3} \times 2 = 0.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{垂直力 } F_z \quad 1.5 \times 2 = 3 \text{ kN}$$

ポイントアタックビット 2 本と 1 段目ディスクカッタビット 2 個で掘削を行っているので、1 段目初期端面掘削時および 1 段目定常端面掘削時は次のように算出される。

1 段目初期端面掘削時（区間 ）

$$\text{トルク } T \quad (8 \times 30 \times 10^{-3}) \times 2 + (5 \times 60 \times 10^{-3}) \times 2 = 1.08 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{垂直力 } F_z \quad 1.5 \times 2 + 4.5 \times 2 = 12 \text{ kN}$$

1 段目定常端面掘削時（区間 ）

$$\text{トルク } T \quad (8 \times 30 \times 10^{-3}) \times 2 + (3 \times 60 \times 10^{-3}) \times 2 = 0.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{垂直力 } F_z \quad 1.5 \times 2 + 3.0 \times 2 = 9 \text{ kN}$$

ポイントアタックビット 2 本と 1 段目ディスクカッタビット 2 個（定常端面掘削）と 2 段目ディスクカッタビット 2 個で掘削を行っているので、2 段目初期端面掘削時および 2 段目定常端面掘削時は次のように算出される。

2 段目初期端面掘削時（区間 ）

$$\text{トルク } T \quad (8 \times 30 \times 10^{-3}) \times 2 + (3 \times 60 \times 10^{-3}) \times 2 + (5 \times 90 \times 10^{-3}) \times 2 = 1.74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{垂直力 } F_z \quad 1.5 \times 2 + 3.0 \times 2 + 4.5 \times 2 = 18 \text{ kN}$$

2 段目定常端面掘削時（区間 ）

$$\text{トルク } T \quad (8 \times 30 \times 10^{-3}) \times 2 + (3 \times 60 \times 10^{-3}) \times 2 + (3 \times 90 \times 10^{-3}) \times 2 = 1.38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{垂直力 } F_z \quad 1.5 \times 2 + 3.0 \times 2 + 3.0 \times 2 = 15 \text{ kN}$$

以上の結果と実験データの値を比べてみる。

実験データの値では、ポイントアタックビットのトルク T と垂直力 F_z の推測値より 1/5 ほどであった。ディスクカッタビットのトルク T 、垂直力 F_z は、算定時では増えていくごとにその本数分だけディスクカッタビット 1 本当たりのトルク T および垂直力 F_z を増加させていた。しかし、掘削速度 0.058mm/sec の実験結果では、段数が増えるごとに、ディスクカッタビット 1 本当たりのトルク T は若干の減少傾向にあり、垂直力 F_z はほぼそのまま増加傾向にあった。1 段目のディスクカッタビット 1 本当たりの力に比べ、2 段目のディスクカッタビット 1 本当たりの力は、トルク T は、中心からビットの距離で割って算出した転がり抵抗 F_x で考えた場合約 0.689~0.731 倍、垂直力 F_z は約 0.931~1.195 倍となっていた。

4. 結論

(1) 多段型掘削機モデルでのモルタル供試体掘削は可能であった。

(2) トルクの予想値は実験値と比べると妥当であった。

参考文献

1) 重松尚久・花岡尚・室達朗・道路建設における環境に優しい硬質岩盤剥離掘削技術の開発・平成 20 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集, 23-107, 2008.

2) 重松尚久・外山勇希・ポイントアタックビットを用いた硬質岩盤掘削機の掘削性能について・第 60 回平成 20 年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集, -12, 2008.

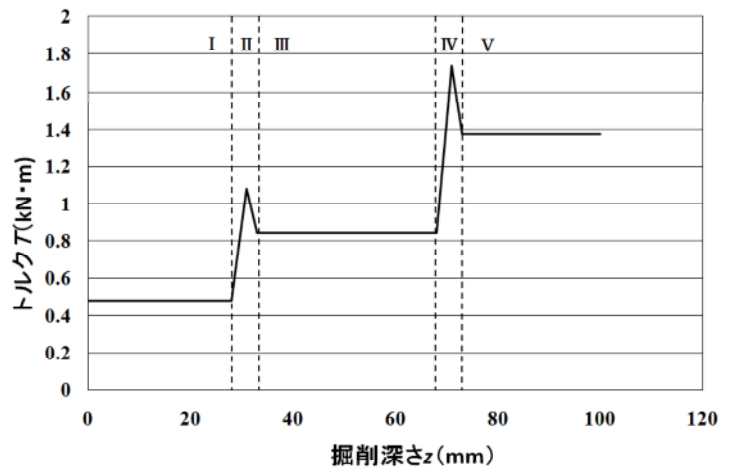


図-3 推測したトルク T のグラフ

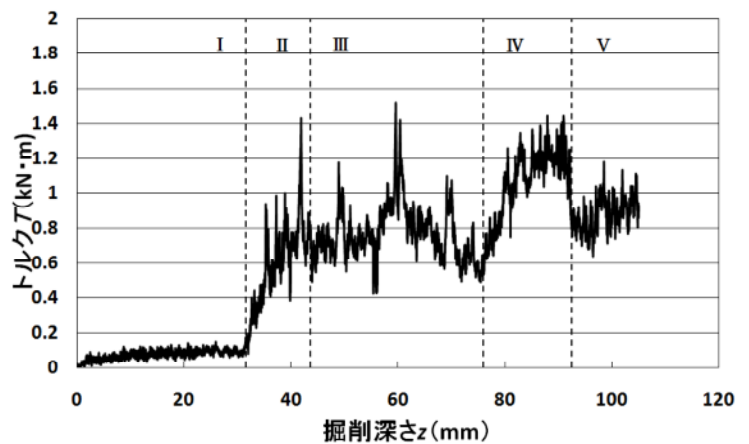


図-4 実測トルク T と掘削深さの関係