

コンクリート供試体における多段型掘削機の掘削性能に関する基礎的研究

呉工業高等専門学校 学生会員 ○宮永 渚生
呉工業高等専門学校 フェロー 重松 尚久

1. はじめに

近年では、高度経済成長期に建てられた建物の解体作業が増加している。現在では、発破工法や打撃工法が多くの解体作業で採用されている。しかし、このような工法は騒音や振動問題により採用できないケースも増えてきている。そこでカッタを押し付け破壊する掘削方式で、騒音や振動問題を軽減することが期待されている端面掘削方式に着目した。平面掘削方式とは、1自由面にカッタを押し付けるような掘削方式である。一方端面掘削方式とは、平面掘削が起こった後に複数の自由面を作り岩盤の端部を削孔する方式である。端面掘削方式には平面掘削方式に比べ掘削効率の向上、カッタの摩耗の減少、比エネルギーが約 1/10 に減少する¹⁾ことが明らかになっている。本研究の目的は、騒音や振動問題などの厳しい環境問題を十分に満足し効率的に掘削ができる多段型モデル掘削機を考察し、実用化に向けた指針を提供することである。

2. 実験について

実験では、ディスクカッタビットを用いた新たな多段型モデル掘削機を作り連続的に実験を行った。図1にモデル掘削機の概略図を示す。モデル掘削機は4枚のディスクカッタで構成されており、内側からカッタ A, B, C, D と定義する。掘削方式としては、まずカッタ A, B が同時に当たり(1段階)、1段階の中で芯取れを発生させる。その芯取れ付近の 15 mm 掘削後に、カッタ C が当たり(2段階)、8mm 掘削後にカッタ D が当たる(3段階)、計3段階掘削する仕組みになっている。芯取れとはディスクカッタビットによって亀裂が繋がり岩片が剥離する現象である。既往の研究²⁾によりモデル掘削機のカッタの配置間隔の改良が行われ芯取れが必ず起こるように設計されている。供試体については、一軸圧縮強度 47.7N/mm²、高さ 172mm、直径 370mm で硬化後約 20°C で 90 日間水中養生を行ったコンクリート供試体を使用した。図2に実験装置の概略図を示す。実験では時間あたりの掘削深さ z を一定にして掘削する変位制御で実験を行った。実験中では実験装置を横転させた状態で行い、ターンテーブルに据え付けられた供試体を 2r.p.m で回転し、モデル掘削機を一定の速度で押し当て、カッタ接触から掘削深さ $z=35$ mm に到達するまで掘削した。一定の貫入量を設定するウォームジャッキによって、設定速度 V_{set} を 5 パターン設け調整した。実験は 5 パターンの設定速度 V_{set} ごとに 3 回ずつ行った。また本実験では、モデル掘削機の掘削に必要な荷重を把握するために一定の変位を与えて掘削する変位制御実験を行った。掘削深さ z に対する垂直力 F_z 、トルク T を測定し比較や検討を行い、後に行う荷重制御実験での応用の可否を考察した。

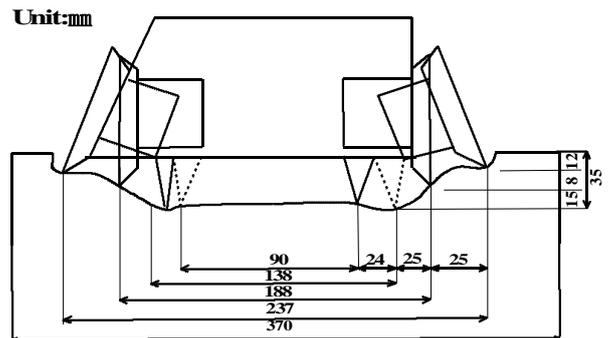


図1 モデル掘削機の概略図

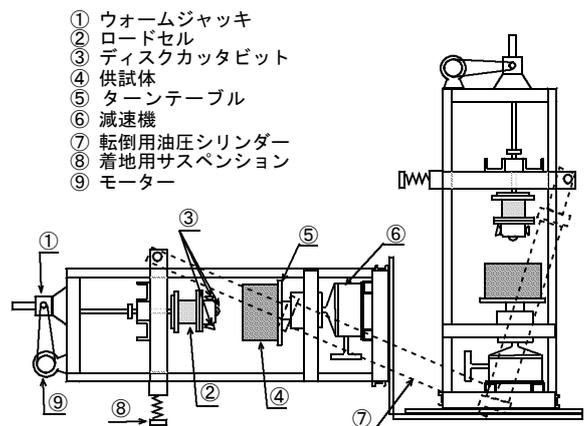


図2 実験装置の概略図

3. 掘削深さ z との関係

本編では最遅の設定速度 $V_{set}=0.00223\text{mm/sec}$ の結果を例に考察する。図3に垂直力 F_z と掘削深さ z の関係、図4
キーワード 多段型掘削, 変異制御, 端面掘削方式, ディスクカッタビット

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南2丁目2-11 (重松研究室) TEL 0823-73-8400

にトルク T と掘削深さ z の関係を示す。1段階では、1段階が終了する掘削深さ z が 15mm に到達するまでは垂直力 F_z が徐々に上昇し、それ以降 1段階目が終了する掘削深さ z が 15mm に到達するまでは大きな垂直力 F_z の上昇はなかった。2段階目では剥離が大きい初期端面掘削が始まり、垂直力 F_z が急激に上昇している。その後掘削深さ z が 20mm 付近に到達すると、垂直力 F_z が急激に減少している。ここでは垂直力 F_z が急激に減少しているタイミングで芯取れが起こっていた。芯取れが起こることにより力の開放が起きたと考える。その後剥離が小さい定常端面掘削が起こった際に、垂直力 F_z の値は上昇していた。3段階目でも2段階目と同様な傾向が見られた。トルク T と掘削深さ z の関係も同様な関係がみられた。

4. 掘削段階ごとの関係

図5に掘削段階ごとの最大垂直力 F_{zmax} 、図6に掘削段階ごとの最大トルク T_{max} を示す。最大垂直力 F_{zmax} の取り方としては、図3,4の掘削深さ z に関するグラフから掘削段階ごとに最大の範囲を抽出して10秒間の平均値を最大垂直力 F_{zmax} としている。掘削段階ごとでの比較を行うと、掘削段階が増えるごとに最大垂直力 F_{zmax} の差が大きくなるようにみられた。また設定速度 V_{set} ごとでの比較を行うと、1,2段階目では設定速度 V_{set} が大きくなるにつれて最大垂直力 F_{zmax} も大きくなっていった。最大トルク T_{max} についても最大垂直力 F_{zmax} と同じような傾向がみられた。

5. 荷重の設定について

変位制御において、各掘削段階での設定速度 V_{set} ごとに作用した垂直力 F_z を平均化することにより、荷重の設定が可能となった。今後行う荷重制御実験では、掘削段階ごとにそれぞれ3つの設定荷重を設け実験を行う。

6. 結論

- 掘削深さ z との関係について、垂直力 F_z は剥離が大きい初期端面掘削では徐々に増加し、芯取れが起きたタイミングで垂直力 F_z は急激に減少することが分かった。その後、再び垂直力 F_z が増加することで剥離が小さな定常端面掘削に移ることが確認された。また、トルク T についても同様な傾向がみられた。
- 変位制御については、どの設定速度 V_{set} についてもグラフは同様な傾向がみられ予想が可能である。今後行う荷重制御実験では、掘削段階ごとにそれぞれ3つの設定荷重の設定が可能となった。

参考文献

- Snowdon, R.A. Ryley, M.D. and Temporal, J. A study of disc cutting in selected British rock. Int. J. of Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstrs., 19, 107-121, 1982.
- 河相拓真, 重松尚久, 小田登: 室内実験におけるTBMセンターカッタービットの配置間隔に関する基礎的研究, 令和元年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, pp.43-46, 2019.

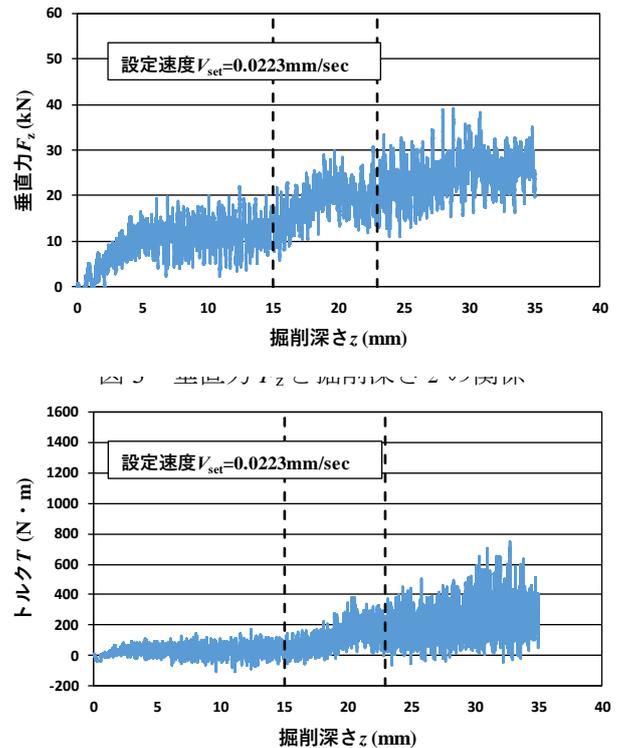


図4 トルク T と掘削深さ z の関係

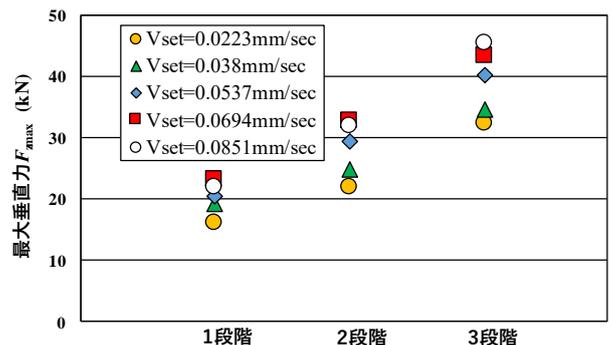


図5 掘削段階ごとの最大垂直力 F_{zmax}

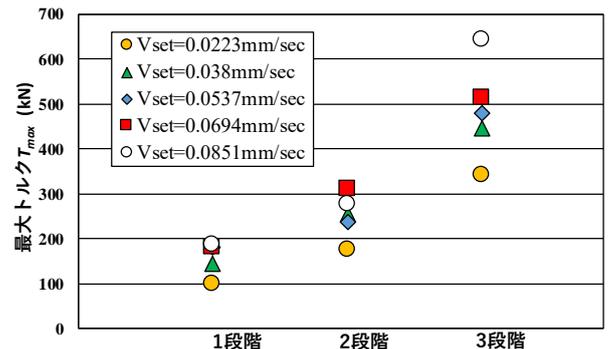


図6 掘削段階ごとの最大トルク T_{max}