

応力制御による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 ○北岡一成
五洋建設株式会社 非会員 古木秀孝
株式会社スターロイ 非会員 小田 登

1.はじめに 本研究は、過去の変位制御の研究¹⁾から得られたデータをもとに、端面掘削方式を用いてバックホウのアームの先端に取り付けて 1 工程でコンクリート掘削を行うことの出来る円錐型の掘削機を設計するために、モデル実験を行った。油圧による応力制御方式により垂直力 F_z を一定にした場合の、モデル掘削機に作用するトルク T と掘削時間と掘削深さを測定し、掘削効率の検討を行った。

2.モデル掘削機 本実験の掘削機は 2 つの自由面を有する端面にディスクカッタビットと呼ばれる円盤形の剥離破砕刃を押し当てる事により、自由面の端部を効率よく剥離破砕していく端面掘削方式を採用している。まず、端面掘削を行うには 2 つの自由面を確保する必要がある。図-1 にモデル掘削機の構成図を示す。今回は先端にポイントアタックビットとフィッシュテールを配置することにより 1 工程で端面掘削を行えるようなモデル掘削機を作成した。半径 30mm の間隔で配置されたポイントアタックビットで先進抗を掘削し、そこで形成された 2 自由面を利用して 1 段上に 30mm 広がった位置に配置したディスクカッタビットが端面掘削を行う。続いて、1 段目のディスクカッタビットが形成した 2 自由面を利用して次の段のディスクカッタビットが段階的に端面掘削を行っていく。なお、ディスクカッタビットは周面摩擦を軽減させるために 10°傾けて設置した。

3.実験方法 図-2 に実験装置の概略図を示す。モデル掘削機に作用する垂直力 F_z を一定に制御して掘削していく応力制御による実験を行った。回転速度 2rpm で回転する供試体に設定した垂直力 F_z でモデル実験機を押し当てることにより掘削をしていき、モデル実験機上部に取り付けたロードセルで垂直力 F_z とトルク T を測定した。同時に実験装置に取り付けた変位計で実際に掘削を行えた掘削深さ z を測定した。モデル実験機は、ポイントアタックビット、ディスクカッタビット一段目、ディスクカッタビット二段目の三段階で構成されているので各段階に応じた垂直力 F_z を設定した。設定垂直力は、過去の変位制御の実験¹⁾で得られたデータを参考に、1 段階ごとに 2 つの応力に設定した。ポイントアタックビットのみで掘削する先行掘削区間は 7.5kN と 10kN、ポイントアタックビットに加えディスクカッタビット 1 段目が作用する区間では 20kN と 25kN、全ビットが作用する区間では 30kN と 40kN に設定し実験を行った。次の段階のビットが当たり始めた直後に一旦掘削を止めて実験機を引き上げ、設定垂直力の変更は行い同時に排土処理を行った。また、7.5、20、30kN で掘削したものをパターン A、10、25、40kN で掘削したものをパターン B とした。

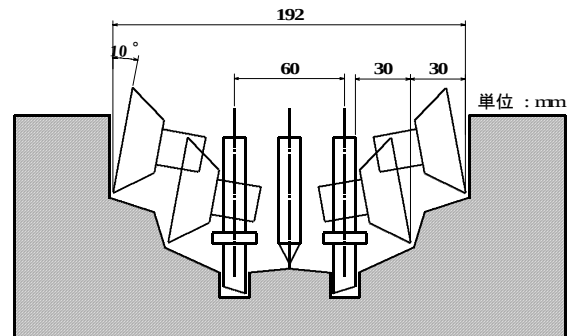


図-1 モデル掘削機の構成図

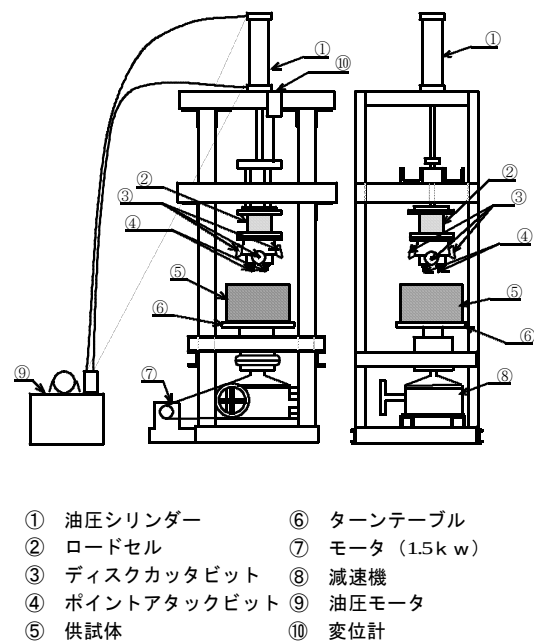


図-2 実験装置概略図

4.実験結果と考察 図-3 にパターン A で掘削した際の設定垂直力と実際に作用した垂直力 F_z の誤差を示す。各掘削段階においても設定した垂直力より小さな値が出る場合は約 1.5kN ほど小さな値が出ており、大きな値が出ていた場合は 7.5kN 設定時には約 1.8kN、20kN 設定時には約 2.0kN、30kN 設定時には約 3kN 大きな値が出ていた。これより、作用するビットの数が増えると小さな値が出る場合の誤差は変わらないが、大きな値が出る場合の誤差は大きくなった事が分かった。

図-4 に各掘削段階におけるトルク T のグラフを示す。グラフを見てみると各掘削段階でどれほどの範囲でトルク T が作用しているかが分かる。例として、設定垂直力を 7.5kN に設定しポイントアタックビットで掘削した際には約 $0.09\text{kN}\cdot\text{m}\sim 0.2\text{kN}\cdot\text{m}$ のトルク T が作用していた。

図-5 に設定垂直力をパターン A で掘削した際の掘削時間 t と掘削深さ z の関係を示す。このグラフの傾きは掘削速度を表す。各掘削段階において、傾きは一定であることから、設定垂直力の大きさによって、ある程度掘削速度を推定できると考えられる。今回、掘削速度は単純に掘削深さを掘削時間で割り、その掘削段階での平均の掘削速度。この条件において、1 段階目は約 $0.012\text{mm}/\text{sec}$ 、2 段階目は約 $0.017\text{mm}/\text{sec}$ 、3 段階目は約 $0.020\text{mm}/\text{sec}$ といった掘削速度で掘削していた。

図-6 に設定垂直力をパターン B で掘削した際の掘削時間 t と掘削深さ z の関係を示す。この条件において、1 段階目は約 $0.039\text{mm}/\text{sec}$ 、2 段階目は約 $0.035\text{mm}/\text{sec}$ 、3 段階目は約 $0.032\text{mm}/\text{sec}$ といった掘削速度で掘削していた。

5.結論

- (1) 応力制御による実験であり多少の誤差はあるが、設定垂直力で掘削することができた。
- (2) 各掘削段階において、設定垂直力の大きさから、トルク T と掘削速度を推定することができる。

今後の課題 1 段階において 2 通りの垂直力に設定し実験を行ったが、もう 1 通りの垂直力を設定し設定垂直力と掘削速度の特性を見いだしていきたい。

謝辞 本研究は、平成 20 年度（社）日本建設機械化協会の研究開発助成を受けて実施しています。

参考文献

- 1) 北岡一成 重松尚久 花岡尚：多段型端面掘削方式を用いたモデル掘削機の実験：第 61 回平成 21 年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集,IV-1,2009.

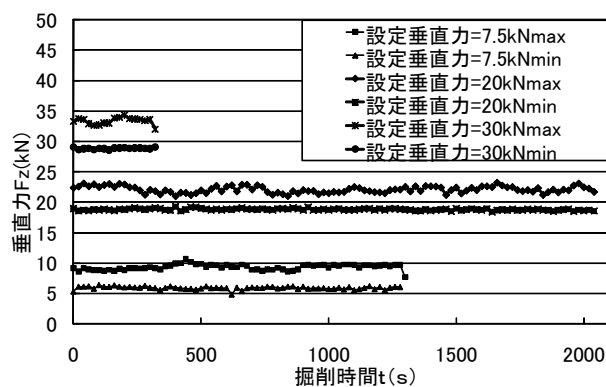


図-3 設定垂直力の誤差

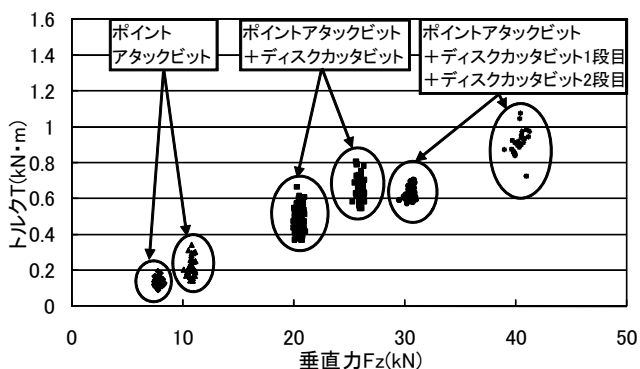


図-4 各設定垂直力のトルク

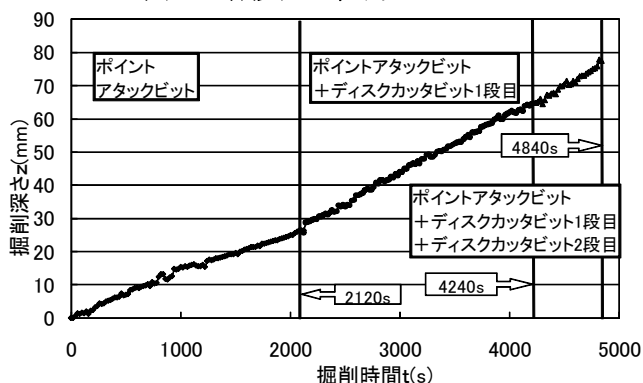


図-5 パターン A の掘削時間と掘削深さの関係

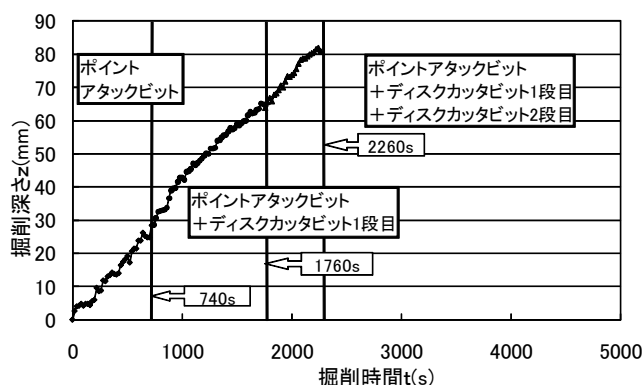


図-6 パターン B の掘削時間と掘削深さの関係