

3 7. 端面掘削方式によるバックホウのアタッチメントとしてのローラヘッダー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、○花岡 尚
株式会社スターロイ 小田 登

1. はじめに

従来、硬質岩盤を掘削するにあたっては、爆薬やダイナマイト等を用いた発破工法が主流であったが、近年では騒音、振動問題や周囲環境への影響が懸念されている。そのため、機械式掘削工法への移行が注目されている。現在、切削ビットを螺旋状に配置したものを掘削機やバックホウのアタッチメントとして取り付け、回転させながら地盤にあてることにより、チップング効果を利用しながら掘削を行う機械がある。しかしながら、切削ビットの摩耗が著しく、摩耗した状態での掘削は非効率であり、摩耗するたびに交換を必要とするため、効率性と経済性の面で問題を残している。そのため、これらの問題をクリアする掘削方法が望まれるのである。

本研究では、ディスクカッタービットを用いて平面硬質岩盤の掘削を行う掘削機やバックホウのアタッチメントとして位置づけられるローラヘッダーの設計開発に資するための基礎となるデータを得ることを目的とする。図-1 に掘削のイメージを示す。この提案は、掘削面に対し、ディスクカッタービットを 30° 傾けた状態で、掘削を行うというものである。

2. 実験概要

2.1 実験方法

本研究では変位制御による実験を行った。図-2 にディスクカッタービットを取り付けた実験装置の概略図を示す。2 個のディスクカッタービットを供試体の中心から 87mm の位置に向かい合わせに取り付け、回転速度 2r.p.m で回転する供試体にディスクカッタービットを押しつけることにより掘削を行う。掘削速度は、0.028、0.058、0.087mm/s の 3 通りに設定し、実験を行う。ロードセルによって垂直力 F_z 、回転トルク T 、横方向力 F_y を測定し、回転トルク T より転がり抵抗

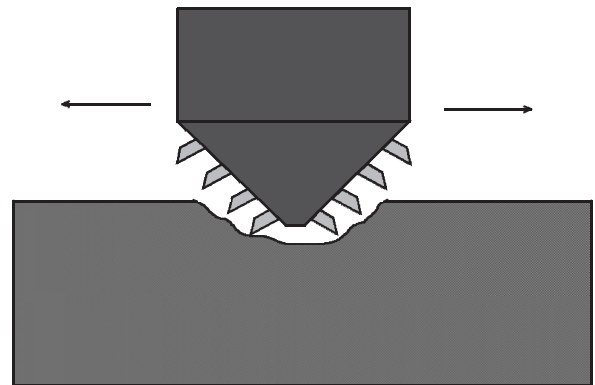
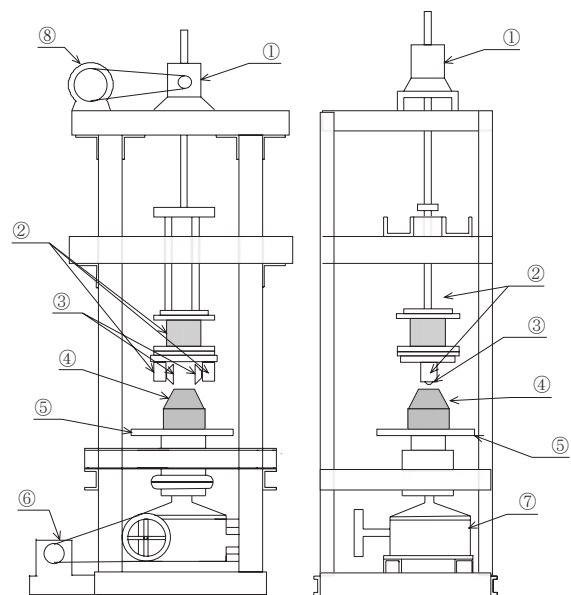


図-1 掘削のイメージ図



- | | |
|---------------|---------------|
| ① ウォームジャッキ | ⑤ ターンテーブル |
| ② ロードセル | ⑥ モータ (1.5kw) |
| ③ ディスクカッタービット | ⑦ 減速機 |
| ④ 供試岩石 | ⑧ モータ (0.2kw) |

図-2 実験装置概略図

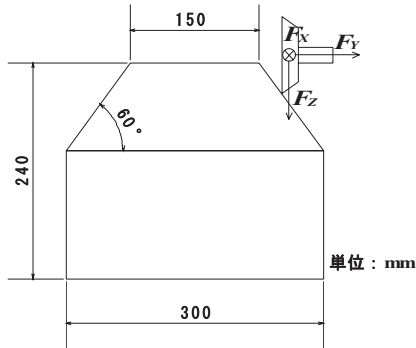


図-3 供試体寸法と

ディスクカッタビットに働く作用力方向

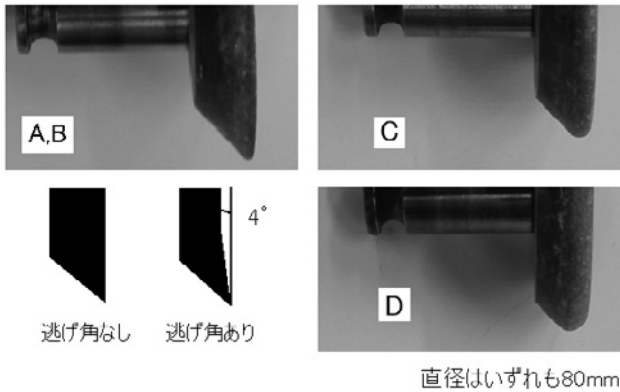


図-4 ディスクカッタビットの形状

F_x を算出し、また、横方向力 F_y は、2つのロードセルから得られる値を平均する。

図-3 に供試体寸法とディスクカッタビットに作用する力の方向を示す。

2.2 ディスクカッタビット

図-4 にディスクカッタビットの形状を示す。ディスクカッタビットは刃先の曲率半径が 1mm の刃 A および刃 B、曲率半径 3mm の刃 C、曲率半径 5mm の刃 D の 4 種類を用いた。曲率半径が大きいほどより摩耗が進行したディスクカッタビットと見立てることができる。なお、刃 A のみ逃げ角 0° であり、刃 B、刃 C、刃 D は逃げ角 4° である。

2.3 供試体

下部は直径 300mm、高さ 110mm の円柱、上部は下面直径 300mm、上面直径 150mm、高さ 130mm の円錐台で構成される。この斜面を掘削することによって、ディスクカッタビットを掘削面に対し 30° 傾けた状態での掘削を再現する。本研究では、高強度モルタル、超高強度モルタルの 2 種類の供試体を用いた。表-1 に高強度モルタルおよび超高強度モルタルの配合表を示す。表-2 にそれぞれの供試体の物性値を示す。高強度モルタルおよび超高強度モルタルの一軸圧縮強度は JIS 規格圧縮強度試験 (JIS A 1108)¹⁾、引張強度は JIS 規格引張強度試験 (JIS A 1113)¹⁾ に従って算出した。

表-1 配合表

	水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	シリカフェーム (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	混和剤 (g/m ³)
高強度モルタル	222	966	96.6	981	19,320
超高強度モルタル	222	1187	118.7	872	26,114

表-2 供試体の物性値

種類	一軸圧縮強度 (N/mm ²)	引張り強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
高強度モルタル	100	7.8	35
超高強度モルタル	135	7.4	44

3. 実験結果と考察

3.1 実測データ

図-5～図-7 に、超高強度モルタル、刃 C、掘削速度 0.058mm/sec における垂直力 F_z 、横方向力 F_y 、転がり抵抗 F_x の実測値と掘削深さ z の関係をそれぞれ示す。測定したすべての作用力は掘削深さ z が大きくなるに従い、上下に振幅しながら増加している。

図-5 より、掘削深さが約 5mm 付近まで垂直力 F_z が上昇と下降を繰り返す、その後は上下に振幅しながら上昇している。本研究の円錐供試体を用いた実験では、円柱供試体の初期端面掘削²⁾ほど大きな解放は見られないが垂直力 F_z が大きく減少する初期端面掘削が生じ、小さな剥離を連続的に起こすことにより、上昇と下降を繰り返している。その後の定常端面掘削では、切り込み幅 S が増加することにより、供試体を掘削するのに要する力が大きくなり、垂直力 F_z が上昇しているといえる。これは、円柱供試体を用いた研究³⁾でも明らかになっている。掘削深さが約 20mm を越えたあたりから、振幅が大きくなるのは、ディスクカッタビットの側面と供試体との接地面が増加したからだと考えられる。

図-6 より、横方向力 F_y はある程度掘削が進んだところで、わずかな増加が見られるもののほぼ一定の値となる。垂直力 F_z に見られた、掘削深さが約 20mm を越えたあたりから振幅の幅が大きくなる現象は見られなかった。つまり、横方向力 F_y はディスクカッタビット側面に発生する周面摩擦の影響は見られないといえる。円柱供試体を用いた研究³⁾においても横方向力 F_y は切り込み幅が大きくなっても一定であった。

図-7 より、転がり抵抗 F_x が、掘削深さ z が大きくなるにしたがって徐々に増加する要因、および掘削深さが約 25mm を越えたあたりから、振幅の幅が大きくなる要因は、ディスクカッタビット側面と供試体との接地面が増加することにより、周面摩擦が増

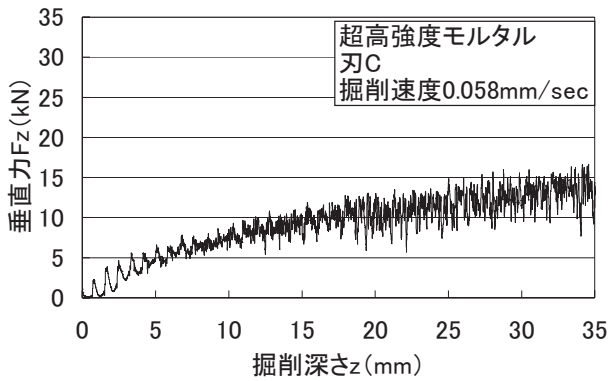


図-5 垂直力 F_z と掘削深さ z の関係

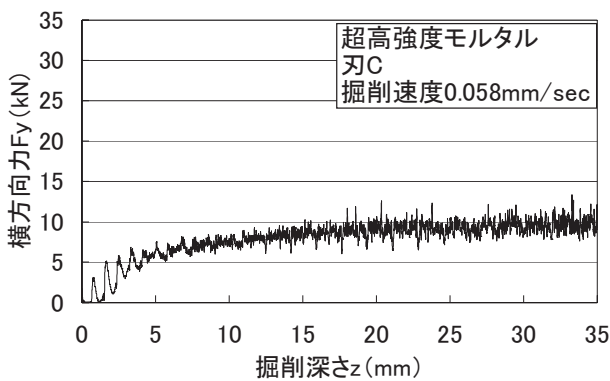


図-6 横方向力 F_y と掘削深さ z の関係

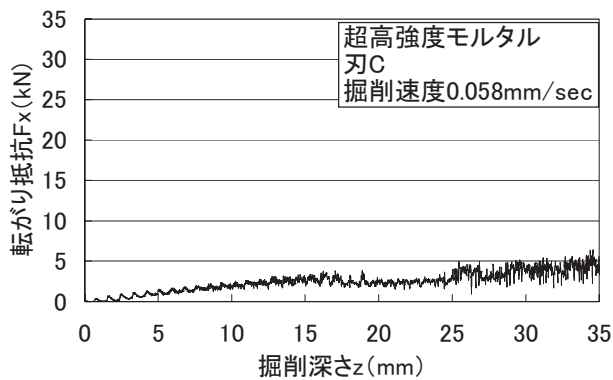


図-7 転がり抵抗 F_x と掘削深さ z の関係

加することが考えられる。

図-8 に超高強度モルタル、刃 C、掘削速度 0.058mm/sec における垂直力 F_z 、横方向力 F_y 、転がり抵抗 F_x と掘削深さ z の関係を示す。この図は、設計上の安全を考慮し、実測値より掘削深さ 5mm 以内の間隔で、最大値を最低一点以上取ったものである。作用力の中でも垂直力 F_z の増加率が最も大きいことがわかる。

これらは、他の実験条件でも同様の傾向が示された。

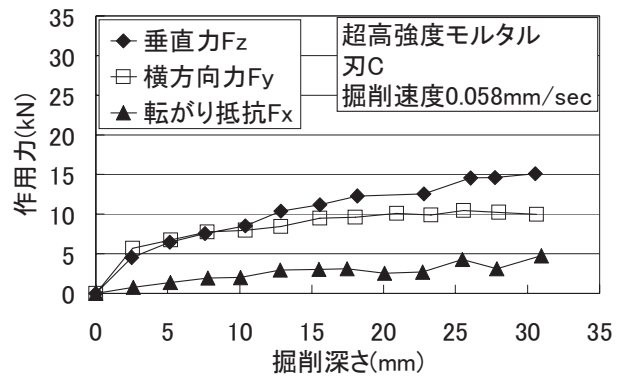


図-8 作用力と掘削深さ z の関係

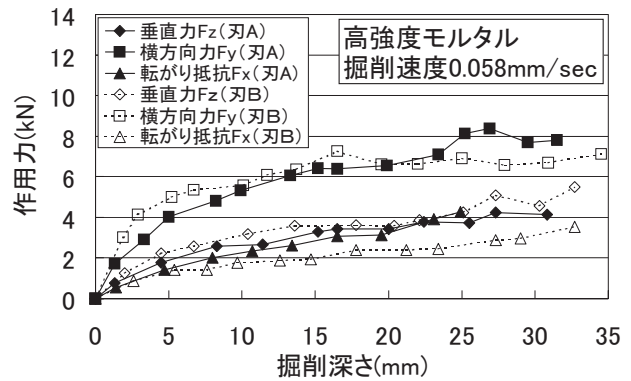


図-9 逃げ角の効果

3.2 逃げ角の効果

図-9 に高強度モルタル、刃 A および刃 B、掘削速度 0.058mm/sec における垂直力 F_z 、横方向力 F_y 、転がり抵抗 F_x と掘削速度の関係を示す。垂直力 F_z および横方向力 F_y は刃 A と刃 B でほぼ同等の力が作用している。転がり抵抗 F_x は、刃 A に比べて刃 B の方が作用する力が約 30~50% 低減しているがわかる。つまり、ディスクカッタービットに逃げ角を設けることにより、ディスクカッタービット側面の周面摩擦を低減させ、転がり抵抗 F_x を減少させる効果があるといえる。

3.3 掘削速度による影響

図-10、図-11 に刃 B における垂直力 F_z 、横方向力 F_y 、転がり抵抗 F_x と掘削速度の関係を高強度モルタル、超高強度モルタルの順に示す。これは、各条件において掘削深さが約 25mm-30mm 間の作用力の最大値をそれぞれプロットしたものである。すべてのグラフにおいて、垂直力 F_z および横方向力 F_y は掘削速度が大きくなるにしたがって、増加していく傾向にある。垂直力 F_z および横方向力 F_y の増加率は、掘削速度 0.028mm/sec-0.058mm/sec 間の増加率よりも、0.058mm/sec-0.087mm/sec 間の増加率の方が大きい傾向がみられた。転がり抵抗 F_x については、ほぼ変化は見られないといえる。

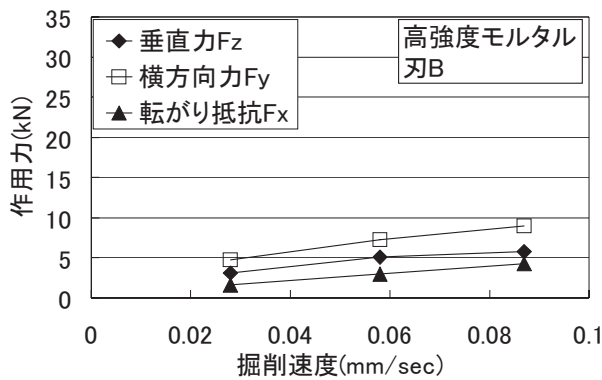


図-10 高強度モルタルにおける作用力と掘削速度の関係

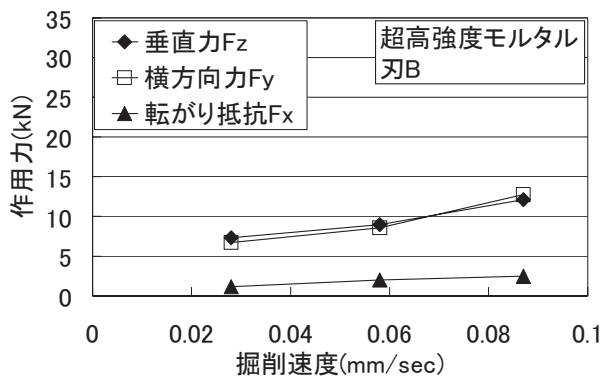


図-11 超高強度モルタルにおける作用力と掘削速度の関係

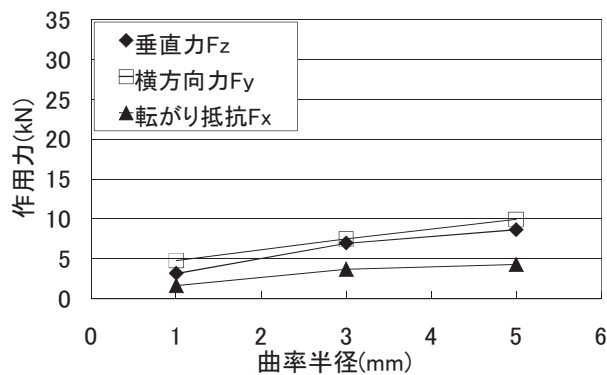


図-12 高強度モルタルにおける作用力と曲率半径の関係

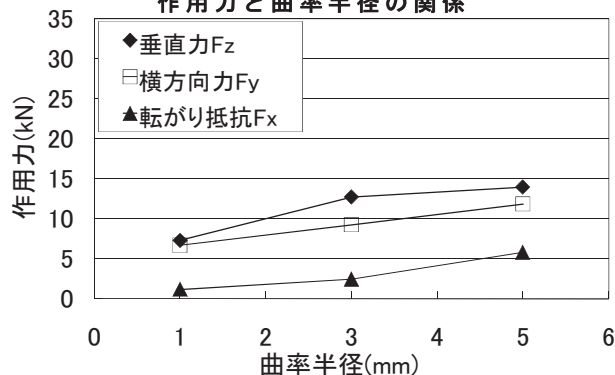


図-13 超高強度モルタルにおける作用力と曲率半径の関係

3.4 曲率半径による影響

図-12、図-13 に掘削速度 0.028mm/sec における垂直力 F_z 、横方向力 F_y 、転がり抵抗 F_x と曲率半径の関係を高強度モルタル、超高強度モルタルの順に示す。垂直力 F_z および横方向力 F_y は曲率半径が大きくなるにしたがって、増加していく傾向にある。垂直力 F_z および横方向力 F_y の増加率は、曲率半径 1mm-3mm 間の増加率よりも、3mm-5mm 間の増加率の方がやや小さい傾向がみられた。転がり抵抗 F_x については、曲率半径の増加に対し比例的に増加する傾向にある。

4. 結論

- (1) 垂直力 F_z は、掘削深さ z が大きくなるにしたがって、切り込み幅が大きくなるので上昇する。
- (2) 横方向力 F_y は、掘削深さ z がある程度大きくなったところで一定となる。
- (3) 転がり抵抗 F_x は、掘削深さ z が大きくなるにしたがって、周面摩擦が大きくなるので上昇する。
- (4) 掘削速度が大きくなると、垂直力 F_z と横方向力 F_y は大きくなり、転がり抵抗 F_x は一定である。
- (5) 曲率半径が大きくなると、すべての作用力は大きくなる。

5. 今後の予定

この度の実験では、変位制御によって実験を行った。今後は応力制御による実験を行い、実機作成のための基礎的データの収集を行っていく予定である。

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

参考文献

- 1) 土木材料実験教育研究会：新示方書による土木材料実験法，鹿島出版会，1997
- 2) 室達朗・土屋清・河野幸一・若林優輔：ディスクカッタビットによるモルタル端面の定常掘削特性に関する実験的考察，土木学会論文集，No.687，pp.37-47，2001.9
- 3) 重松尚久・室達朗・花岡尚：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，建設施工と建設機械シンポジウム，pp.107-110，2008.10