

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：55401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06525

研究課題名（和文）端面掘削方式による構造物解体を飛躍的に向上できる無人化施工技術の開発

研究課題名（英文）Development of unmanned construction technology that can dramatically improve the dismantling of structures by use of an edge excavation method

研究代表者

重松 尚久（Takahisa, Shigematsu）

呉工業高等専門学校・環境都市工学分野・教授

研究者番号：10321481

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：実機を想定したモデル実験により、端面掘削方式による剥離破碎技術の力学的なメカニズムを明らかにし、剥離掘削機を設計・開発するために、高強度モルタル供試体や花崗岩供試体においてセンターカッタービットの最適化の検討を行った。実験により、芯残り（削りのこり）といわれる現象がない最適なディスクカッタービットの配置を決定した。

次に、モデル掘削機を製作し、高強度モルタル供試体や花崗岩供試体において変位制御による掘削実験を行い、各設定速度に対する垂直力（反力）の測定を行った。その結果、すべての設定速度についてグラフの形状は同じ傾向がみられ、それぞれの速度に対する反力を予測することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の目的は、端面掘削方式による掘削効率を飛躍的に向上できる低騒音・低振動の新しい硬質岩盤剥離掘削技術を開発することである。端面掘削方式は、エネルギー効率が良好なため、従来の機械掘削工法に勝る削孔工法となる可能性が高く、本技術を利用してバックホウなどのアタッチメントを製作することにより、今後増加すると予想される原子力発電所の解体などの無人化施工への適応が期待できる。また、今回開発した油圧制御法は、様々な建設機械に利用でき、効率のよい油圧制御が可能であることが示された。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop a rock excavator attached to backhoe by using multistage edge excavation method. We carried out the experiments by using model excavator to find out its efficiency and force acting on the rock excavator. In this study, we conducted a basic experiment by using a displacement controlling method to determine the load required to control a model excavator. The specimen used was high-strength mortar specimen. In the experiment, a model excavator was attached to the experimental device, and the speed was set to be constant by displacement control. Excavation was performed by rotating the specimen. The vertical force F_z , torque T , excavation depth z and, soil volume m , the excavation time t was measured. As a result, the load required for the model excavator was verified and the capability of the experiment to be performed through load controlling was confirmed.

研究分野：土木施工

キーワード：剥離掘削 端面掘削方式 多段型掘削機 センターカッタービット

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

岩盤を掘削する手段として最も効率的で安価な方法である発破工法は騒音や振動によって採用できない事例が多くなっている。機械化工法のなかで油圧を用いた機械では岩盤に設けたボーリング孔に差し矢を油圧で貫入する割岩機があるが、自由面がない岩盤では効率が著しく低下する。打撃により圧壊する機械として油圧ハンマやブレーカ等が挙げられるが、能力が低いうえ騒音が大きいなどの課題がある。また、推進工事の需要が山間部などの未整備部分に移行するにつれ、岩盤対応のセミシールドマシンの開発依頼も増加してきている。現在多くの機械に採用されている岩盤を破碎する方式としては、カッタを押しつけて強引に破碎する掘削方式が用いられている。図-1の上側に示す平面掘削方式がその原理であり、強引に亀裂を発生させそれを成長させることにより岩盤を圧壊していく。そのため、装置全体および破碎ビットの部分において頑強な構造とせざるを得ない。また、強引な方式であるため構造自体の損傷も大きなものとなり、大きなコスト負担となっている。特に石英分を多く含む花崗岩では摩耗が激しく削孔距離にも制限を受ける。現方式では、新たなコストダウンや効率化は望む事ができない状況にある。そこで、岩盤を効率よく削孔する新技术を検討したところ端面掘削方式による剥離破碎の技術に行き着いた。この端面掘削方式の技術は、岩石は破壊形態によってその強度が著しく異なるという物理的特性を積極的に利用したもので、これまでにない発想の岩盤破碎方法である。端面掘削方式は、2自由面を設けることにより、

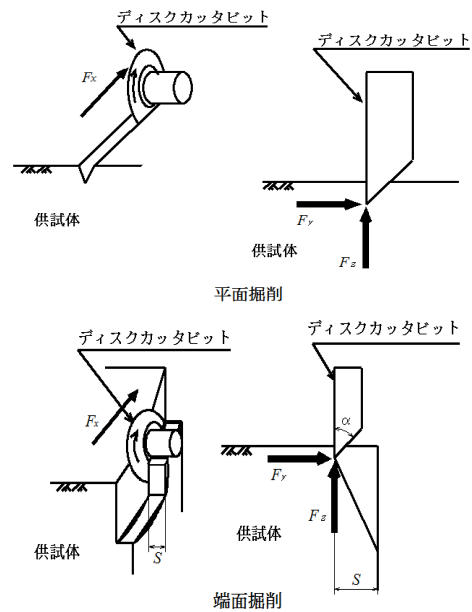


図-1 平面掘削と端面掘削の概略図

エネルギー効率が良好なため、従来の機械掘削工法に勝る岩盤の水平・垂直方向の削孔工法となる可能性が高い。また、

応用分野が多く汎用性の高い低騒音・低振動の環境型の機械・工法となりうる。

一般に、岩石の引張り強度は、圧縮強度の十数分の一程度である。多くの亀裂を発生させて岩盤の連続性を遮断し、多数の自由面を形成することで、より小さな力で剥離破壊が発生する。供試体に安山岩を用いた端面掘削の実験では、平面掘削に対し掘削効率が約 10 倍になる（単位掘削土量当たりの回転仕事量である比エネルギーは、約 1/10 に減少する）という結果が得られている。これによると従来の圧壊方式に変え、2自由面を作った後、引っ張り破壊により削孔する全く新たな掘削方式となり、掘削効率の向上やディスクカッタビットの摩耗減少も図れる。

また、2自由面の端面にディスクカッタビットを押し付けつつ削孔する方法は、水平方向に削孔するセミシールドマシンのみでなく、垂直方向の縦坑削孔に水平方向と同様の構造で用いることができ応用範囲も多い。特に垂直削孔の場合では、従来の機械掘削の課題であった騒音や振動が少なく掘削効率が高いことから新たな削孔工法となりうる。また、道路建設などに剥離破碎を応用した端面掘削を用いた硬質岩盤剥離技術を用いることにより、掘削効率の向上とディスクカッタビットの摩耗量の低減が期待できる。また、多数の回転する円盤形剥離破碎刃を円錐体型岩盤掘削機に設置し、剥離破碎刃が岩盤を端面掘削することによって作業能力を一段と向上させ、推進力の軽減によって破碎刃の摩耗劣化を防止することができる。さらに、本工法を採用したアタッチメントをバックホウなどに用いることにより、コンクリート構造物などの解体を行うことが期待できる。特に今後増加する原子力発電所などの解体などの無人化施工への適応が可能である。これまでの研究により、軟質岩(一軸圧縮強度 20N/mm²程度)において、直径 2m 深さ 10m の深礎を建設する場合、従来の工法に比べて、総工費が 50%ほど軽減されることが分かっている。また、変位制御方式を用いての硬質岩盤への適応性と有効性の確認することができた。今回の研究では、本工法を採用した硬質岩や鉄筋コンクリートを掘削する実機実現に向けての必要不可欠な研究となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、端面掘削方式による掘削効率を飛躍的に向上できる低騒音・低振動の新しい硬質岩盤剥離掘削技術を開発することである。端面掘削方式は、エネルギー効率が良好なため、従来の機械掘削工法に勝る削孔工法となる可能性が高く、本技術を利用してバックホウなどのアタッチメントを製作することにより、今後増加すると予想される原子力発電所の解体などの無人化施工への適応が期待できる。今回は、掘削中の排土処理構造を設けた実験装置を開発し、センタービットの改良を行いながら、実機を想定したモデル実験により最適な推進力の算定を行い、端面掘削方式による剥離破碎技術の力学的なメカニズムを明らかにし、硬質岩盤や鉄筋コンクリートにおける剥離掘削機を設計・開発するための課題を抽出することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) センターカッタビットの最適化の検討

硬質岩盤用掘削機である TBM の中心にはディスクカッタビットをセンタービットとして配置している。このように摩耗しにくい高強度のディスクカッタビットをセンタービットに使用することで、硬質岩盤に対して効率よく掘削を行うことができる。この技術を用いて、硬質岩盤でも掘削が可能な先行ビットを開発する。中心からのディスクまでの距離やディスクカッタビット間の距離を変化させることにより、芯残り（削りのこり）といわれる現象がない最適なディスクカッタビットの配置を実験により決定する。図-2 に示すように 2 枚のカッタ間隔を変化させ、それぞれのカッタの軌跡をパターン別に付けた実験を行い、芯残りの発生しない最長の間隔を求める。

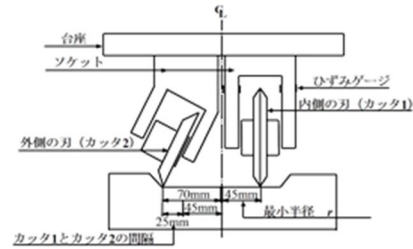


図-2 モデル掘削機概略図

(2) 多段型掘削機の掘削特性の検討

段階的に端面掘削が行われる形状のモデル掘削機を作成し、バックハウの先端に取り付ける端面掘削方式を用いた掘削機を設計する際の指針を提供することである。そこで今回の実験では高強度モルタル供試体を用い、ディスクカッタを用いた新たなモデル掘削機を作り連続的に掘削実験を行い、排土効率を良くするために実験機を 90°横にして実験を行った。実験により、掘削時間 t における垂直力 F_z 、トルク T 、掘削深さ z 、掘削土量 m を測定した。また、今回の実験では制御方法を以前の荷重制御から変位制御に変更し、5 つの設定速度 V_{set} を設け、実験データから考察を行った。

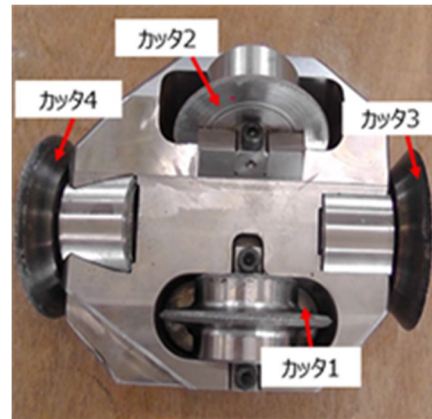


写真-1 モデル掘削機

(3) 実験装置および実験方法

実験装置は高さ 1750mm、幅 700mm、奥行き 700mm で、ターンテーブル、供試体、下部に設置したターンテーブルを回転させるためのモータと駆動伝達装置、荷重を制御する荷重制御用油圧シリンダ、水平力を測定するひずみゲージ、掘削深さを測定する変位計、実験装置を横転させるための油圧シリンダ、以上の装置で構成されている。図-3 に実験装置の概略図を示す。ターンテーブルは、直径 400.0mm、厚さ 10.0mm の鋼製円盤であり、下部に 3 相 200V、1.5kW の電動モータ、チェーン、減速機を設置している。なお、実験装置は幅 1370mm、奥行き 1100mm の鋼板の上に乗っており、横に設置されている油圧シリンダを伸縮させることで実験装置を 90°横転させることが可能で、効率的に掘削土の排出が行える。実験では、ターンテーブルに据え付けられた供試体にモデル掘削機を $F_z=40\text{kN}$ の力で押し当て、破砕する。ターンテーブルは 2r.p.m で回転し、掘削深さ $z=20\text{mm}$ になるまで掘削した。供試体の固定については供試体を鋼製の外枠にはめ、側面をボルトで固定し、外枠とターンテーブルとをボルトで固定した。掘削時間 t に対する、垂直力 F_z 、水平力 F_x 、掘削深さ z 、トルク T を 0.02 秒で 1 点を記録するデータ収集装置によって測定した。なお、供試体は水結合材比 $W/B = 17\%$ の高強度モルタル供試体（一軸圧縮強度 133.6N/mm^2 ）及び、中国産花崗岩供試体（一軸圧縮強度 139.0N/mm^2 ）を使用する。また、供試体寸法は高さ 100mm、直径 365mm の円柱状供試体とする。

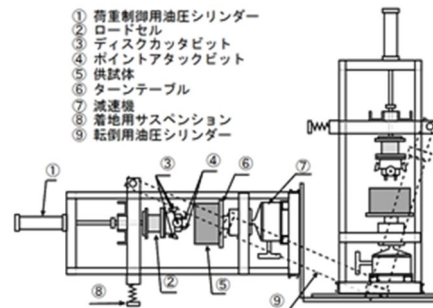


図-3 実験機概略図

(4) 芯取れ・芯残りについて

掘削を進めていくと、ディスクカッタから生じる亀裂が生じ、その亀裂が繋がることによって岩片が剥離する。この現象を芯取れと呼ぶ。最小半径 r が大きくなると、供試体内側で亀裂が繋がりにくくなり、芯取れが起こらず刃より内側の供試体が残る現象を芯残りと呼ぶ。本研究では、芯取れの発生が考察を行う上での必須条件となっている。

4. 研究成果

(1) 芯取れ・芯残りとは最初半径 r

表-1 に供試体別の芯取れと最初半径 r の関係を示す。本実験では、芯取れが発生し、芯取れより外側の破壊がない状態を破壊形態 1 とし、芯取れより外側の破壊がある状態を破壊形態 2 とする。まず、高強度モルタル供試体では最初半径 r の違いによらず、芯取れが発生している。しかし、最初半径 $r=75\text{mm}$ ではカッタ 1 より外側の破壊が先行し、破壊形態 2 となった。次に、花崗岩供

試体においては、最小半径 $r=45,55\text{mm}$ で芯取れが発生している。また、芯取れ発生時は、全て破壊形態 1 であった。

(2) 最大トルク T_{max} と最小半径 r

最大トルク T_{max} の判定は、芯取れ時と芯残り時で異なる。芯取れ時は、芯取れ直前の最大値を最大トルク T_{max} としており、芯残り時は全グラフ範囲のうち、掘削面が不安定だと考えられる実験開始直後除く範囲での最大値を最大トルク T_{max} としている。図-4 に最大トルク T_{max} と最小半径 r の関係を示す。高強度モルタル供試体では、最小半径 r の違いによらず、ほぼ同じ値となっている。これは、芯取れが起こることでトルク T が増加しないことが考えられる。花崗岩供試体では、芯取れが起こっている最小半径 $r=45,55\text{mm}$ ではほぼ同じ値となっており、芯残りの発生している最小半径 $r=65,75\text{mm}$ では増加傾向がみられる。これは、最小半径 $r=65,75\text{mm}$ では、芯取れが起こりにくくなり、カッタが供試体に深く入っていくため、カッタと供試体の接地面が増加することが考えられる。

(3) 最大水平力 F_{xmax} と最小半径 r

最大水平力 F_{xmax} の判定は、芯取れ時と芯残り時で異なる。芯取れ時は、芯取れ直前の最大値を最大水平力 F_{xmax} としており、芯残り時は、全グラフ範囲のうち掘削面が不安定だと考えられる実験開始直後を除いた範囲での最大値を最大水平力 F_{xmax} としている。また、ディスクカッタを外側に広げようとする力を正としている。図-5 に最大水平力 F_{xmax} と最小半径 r の関係を示す。高強度モルタル供試体では、最小半径 $r=45,55\text{mm}$ でほぼ同じ値となっており、最小半径 $r=65,75\text{mm}$ は増加傾向がみられる。これは、最小半径 r が大きくなるにつれて芯の大きさも大きくなるため、芯を取るために必要な力が大きくなることが考えられる。また、供試体外側の破壊などにより、掘削面が不安定となり、過剰な力が作用したと考えられる。花崗岩供試体では、比例的な増加傾向がみられる。しかし、最小半径 $r=65,75\text{mm}$ では芯取れが発生していない。これは、カッタ 1 より外側のひび割れや破壊によって力が分散したことや芯取れより先に実験条件である掘削深さ $z=20\text{mm}$ に達したことが考えられる。

(4) 最適なカッタ間隔の検討

各結果項目や供試体の破壊形態などを考慮し、掘削効率の検討を行う。高強度モルタル供試体では最小半径 $r=45,55,65\text{mm}$ から、花崗岩供試体では、最小半径 $r=45,55\text{mm}$ から最適な最小半径 r の考察を行う。ここでの最適な最小半径 r とは、掘削効率が良く、破壊形態 1 となり、カッタ 1 から供試体中心までの間隔が最も大きいことを指す。掘削速度 v は速いほど掘削効率は良い。最大水平力 F_{xmax} は芯取れが起こるために必要な力であるため、小さい方がより小さい力で芯取れが起こると考えられる。そのため、最大水平力 F_{xmax} は小さいほど掘削効率は良い。最大トルク T_{max} は、小さいほど掘削効率は良い。1 回転当たりの掘削量 V_{round} は大きいほど掘削効率は良い。これらを踏まえた最適な最小半径 r は、高強度モルタル供試体では、最小半径 $r=55 \sim 65\text{mm}$ 付近に存在し、花崗岩供試体では、最小半径 $r=55\text{mm}$ 付近に存在すると考えられる。

4.2 多段型掘削機の掘削特性の検討

(1) 掘削時間 t と垂直力 F_z

図-6 に垂直力 F_z による掘削方式の移り方を示す。ビデオ映像を見た結果、端面掘削方式が 2 段階に分けることができる。まずは大きな剥離を生じさせて掘削していく初期端面掘削が起こる。この時は垂直力 F_z が下降傾向に見えた。その後小さな剥離を生じさせ掘

表-1 芯取れと最小半径 r

最小半径 r (mm)	実験回数	高強度モルタル		花崗岩	
		芯取れの有無	破壊形態	芯取れの有無	破壊形態
45	1	有	1	有	1
	2	有	1	有	1
55	1	有	1	有	1
	2	有	1	有	1
65	1	有	1	無	無
	2	有	1	無	無
75	1	有	2	無	無
	2	有	2	無	無

破壊形態 1: 芯取れが発生し、芯取れより外側の破壊がない状態
破壊形態 2: 芯取れが発生し、芯取れより外側の破壊がある状態

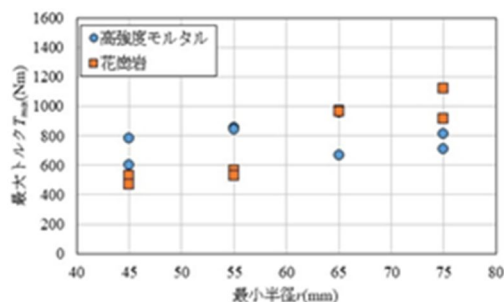


図-4 最大トルク T_{max} と最小半径 r

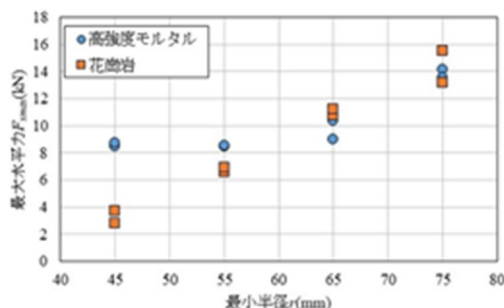


図-5 最大水平力 F_{xmax} と最小半径 r

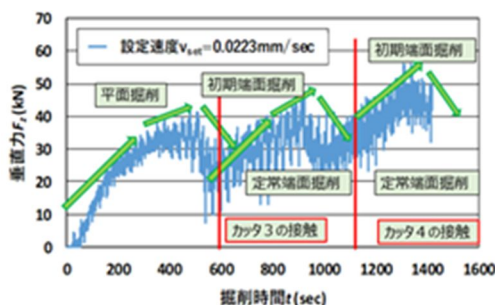


図-6 掘削時間 t と垂直力 F_z

削していく定常端面掘削が起こる。この時は垂直力 F_z が上昇傾向に見えた。また、このような結果が見られた原因として実験開始直後では、カッタが供試体に切り込んでいき2自由面を形成していく上で掘削面が不安定になりやすいことが考えられる。これらの傾向はほかの実験条件においても同様にみられた。

(2) 掘削時間 t とトルク T

図-7にトルクによる掘削方式の移り方を示す。実験開始直後は、トルク T が急激に増加している。これはカッタが供試体に切り込んでいくため掘削面が安定しないことが考えられる。また、トルク T の値の増減と同様な傾向がみられる。一例として掘削時間 $t=430(\text{sec})$ 付近で垂直力 F_z が減少する区間に伴い、トルク T の値も同様に減少している。考えられる要因として掘削の進行とともにカッタが十分に切り込み、掘削面が安定したことが考えられる。また、グラフの傾向についてはどの条件にも同様な傾向がみられた。

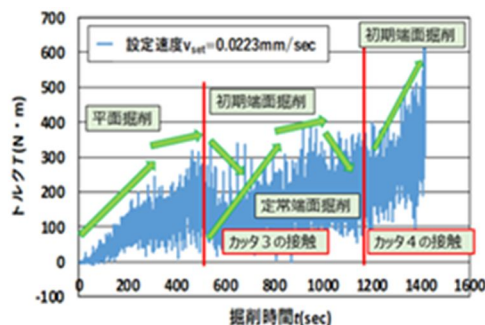


図-7 掘削時間 t とトルク T

(3) 設定速度 V_{set} と実測速度 V

実験条件の掘削深さ $z=35\text{mm}$ で実験終了の下、掘削時間 t と掘削深さ z の関係から近似線の傾きで実測速度 V を求めることができる。図-8に設定速度 V_{set} と実測速度 V の関係を示す。設定速度 V_{set} が大きくなるにつれて、分かりやすく比較するために引いた 45° 線から遠ざかっていく傾向がみられた。 45° 線は設定速度 V_{set} と実測速度 V を 1 対 1 で表すために引いている。つまりこれは設定速度 V_{set} が大きくなるにつれ垂直力 F_z が大きくなることにより反力も大きくなり、 45° 線から離れていった。また、設定速度 V_{set} ごとでのずれは少なかったためある程度の掘削速度 V の予想も可能である。

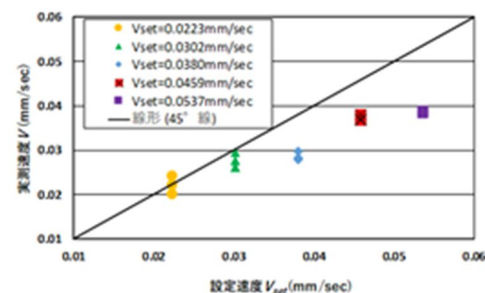


図-8 設定速度 V_{set} と実測速度 V

(4) 掘削段階ごとの最大垂直力 F_{zmax}

図-9に設定速度 V_{set} に対する掘削段階ごとの最大垂直力 F_{zmax} を示す。ただし、最大垂直力 F_{zmax} は掘削段階ごとに複数ある数値のうち平均値をとっている。設定速度 V_{set} が大きくなるにつれて最大垂直力 F_{zmax} が大きくなるわけではなかったが、3段階目の際には設定速度 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。全体的な傾向をみると設定速度 V_{set} の小さい値から3つと、大きい値の2つでまとまっていた。また、掘削段階が増えるごとに最大垂直力 F_{zmax} の差が顕著にみられるようになった。

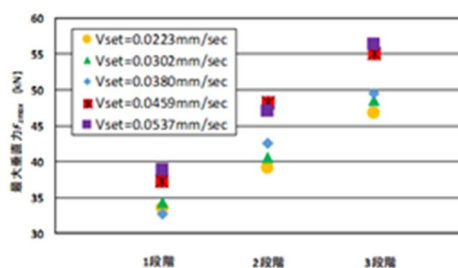


図-9 掘削段階ごとの最大垂直力 F_{zmax}

(5) 掘削段階ごとの最大トルク T_{max}

図-10に設定速度 V_{set} に対する掘削段階ごとの最大トルク T_{max} を示す。ただし、最大トルク T_{max} は掘削段階ごとに複数ある数値のうち平均値をとっている。実験回数の少なさが影響し 3.5 の掘削段階ごとの最大垂直力 F_{zmax} のようにはっきりとした傾向を把握することはできなかった。

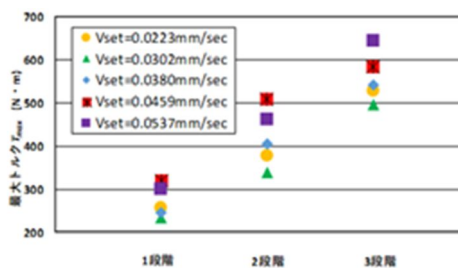


図-10 掘削段階ごとの最大トルク T_{max}

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ohnishi Yoshihiro, Shigematsu Takahisa, Kawai Takuma, Kawamura Shinichi, Oda Noboru	4. 巻 140
2. 論文標題 Transient Property Improvement of Hydraulic Cylinder Control for Tunnel Boring Machine Using Opposite Reference Filter	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 320 ~ 325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1541/ieejeiss.140.320	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 河相拓真・重松尚久・小田登	4. 巻 1
2. 論文標題 THE EXCAVATION EFFICIENCY TEST BY USE OF A MULTISTAGE EDGE EXCAVATION METHOD	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 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	6. 最初と最後の頁 43 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahisa SHIGEMATSU, Takuma KAWAI, Shin-ichi KAWAMURA, Yoshihiro OHNISHI, Noboru ODA and Kazumi RYUO	4. 巻 39
2. 論文標題 内実験におけるTBMセンターカッタピットの配置間隔に関する基礎的研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 テラメカニクス	6. 最初と最後の頁 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 河相 拓真, 重松尚久, 河村 進一
2. 発表標題 端面掘削方式を用いた多段型掘削機試作のための掘削性能試験
3. 学会等名 土木学会 第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河相 拓真・重松 尚久・河村 進一
2. 発表標題 モルタル供試体のTBMセンターカッタピットの最適化に関する基礎的研究
3. 学会等名 和元年度(第71回)土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮永渚生・重松尚久・河相拓真
2. 発表標題 モルタル供試体におけるTBMセンターカッタピットの掘削性能に関する基礎的研究
3. 学会等名 第25回高専シンポジウム in Kurume
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井原雄大・河相拓真・重松尚久・河村進一・大西義浩
2. 発表標題 室内実験におけるTBMセンターカッタピットの配置間隔に関する基礎的研究
3. 学会等名 第40回テラメカニックス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahisa SHIGEMATSU, Takuma KAWAI, Shin-ichi KAWAMURA, Yoshihiro OHNISHI, Noboru ODA and Kazumi RYUO
2. 発表標題 THE EXCAVATION EFFICIENCY TEST BY USE OF A MULTISTAGE EDGE EXCAVATION METHOD
3. 学会等名 APISTVS 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河相 拓真・重松 尚久・河村 進一
2. 発表標題 モルタル供試体のTBMセンターカッタビットの最適化に関する基礎的研究
3. 学会等名 平成30年度(第70回)土木学会中国支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河相 拓真, 重松 尚久,河村 進一, 小田 登
2. 発表標題 端面掘削方式を用いた多段型掘削機試作のための掘削性能試験
3. 学会等名 土木学会 第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河相拓磨・重松尚久・河村進一・小田登
2. 発表標題 端面掘削方式を用いた多段型掘削機の開発に関する研究
3. 学会等名 第23回高専シンポジウム in KOBE
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河村進一・平本晴也・重松尚久
2. 発表標題 デジタルカメラによる構造物の表面形状計測
3. 学会等名 第23回高専シンポジウム in KOBE
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河相拓磨・重松尚久・河村進一
2. 発表標題 モルタル供試体のTBMセンターカッタビットの最適化に関する基礎的研究
3. 学会等名 土木学会第70回(平成30年度)中国支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平本晴也・河村進一・重松尚久
2. 発表標題 SfM法による花崗岩掘削実験供試体の表面形状計測
3. 学会等名 第70回(平成30年度)中国支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河相拓磨・重松尚久・河村進一・小田登
2. 発表標題 端面掘削方式を用いた多段型掘削機試作のための掘削性能試験
3. 学会等名 土木学会平成30年度全国大会第73回年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahisa SHIGEMATSU, Takuma KAWAI, Shin-ichi KAWAMURA,
2. 発表標題 THE EXCAVATION EFFICIENCY TEST BY USE OF A MULTISTAGE EDGE EXCAVATION METHOD
3. 学会等名 the 10th Asia-Pacific Conference of the ISTVS, Kyoto(国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	大西 義浩 (Ohnishi Yoshihiro) (00321480)	愛媛大学・教育学部・准教授 (16301)	
研究 分担者	河村 進一 (Kawamura Shinichi) (70315224)	呉工業高等専門学校・環境都市工学分野・教授 (55401)	