

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 片桐 敏昭

1. まえがき メカニカル掘削機で高粘性地山を掘進中にカッタ後室(土砂取込部)に土が詰まり掘進が中断してしまう問題がある。この問題に対して、カッタ後室内の切削土の状態を土砂取込能力内に維持する方法の一つとして、掘進トルクを指標とすることが考えられる。本報告では、かき上げ板とベルコンの組合せで土砂取込を行う開放形のモデル掘削機(実機の $1/34$)を用いて、掘進速度が一定の場合、および掘進速度を調節して掘進トルクを一定にした場合について掘進実験を行い、掘進状態と掘進特性および掘進トルクの関連を検討した。

2. 実験概要 (1)試料土の土質試験 試料土として関東ロームを用い、粒度特性、コンシステンシー特性のほか、三軸圧縮試験により湿潤密度に対する粘着力 C と内部摩擦角 ϕ の関係および絞固め曲線などを求めた。(省略)

(2)試料土槽の作成方法 実験ごとに乱されていない地山から新しい試料土を掘り出し、ランマーで5層に分けて突固め、 $1m^3(1m \times 1m \times 1m)$ の試料土槽を作成した。

(3)実験装置と実験方法の概要 図1に示す実験装置において、カッタ回転数は全実験を通じて 4.2rpm (一定)に設定し、また、中立第4 $\text{kg}\cdot\text{m}$ 、ヒステリシス $1\text{kg}\cdot\text{m}$ 前後に設定した三位値りレー制御装置により掘進トルク T が一定になるように掘進(ジャッキ)速度 v を調節した。

3. 掘進特性(掘進速度一定) (1)実験結果 図2から、

(ア)掘進速度が 10cm/min 以下では、排土量 W は理論排土量とほぼ等しく、カッタ後室内の切削土の状態は土砂取込能力内にあり、掘進トルクは安定している。(イ)掘進速度が 10cm/min を超えると図3に示すようにかき上げ板間に切削土のブリッジが出来始めると同時に排土量は理論排土量より少なくなり、場合によっては取込不能になる。これに対応して、掘進トルクは増加あるいは突然上昇する。

(2)考察 (ア)ベルコンの排土能力は図2から 28kg/min 以上あると考えられ、試算では約 45kg/min であり、本実験の土砂取込はベルコンの排土能力内で行った。(イ)掘進トルクの大きさは切羽まで成長したブリッジの絞まり具合や土質また切羽と接着する面積などにより左右されると考えられる。(ウ)ブリッジが切羽に向って付着成長した形跡が認められた。(エ)1回の掘進毎に土砂取込に支障のあるブリッジは取除き、カッタ後室内の初期状態を一定に保った。

4. 掘進特性(掘進トルク一定) (1)実験結果 図5において、

目標トルク T_0 を $15 \sim 20\text{kg}\cdot\text{m}$ に設定すると、掘進速度は概ね 10cm/min 以下の掘進速度範囲に常時自動調整され、この速度範囲では排土量は理論排土量とほぼ等しい。(イ)図6は掘進トルクを各構成トルク T_i に分離したもので、各トルクの定義を表1と図4に示す。図6から、掘進トルクを一定に保持することは、掘進速度を自動調整して、 $\{T_{cut} + T_R\} + \{T_0\}$ を一定にすることと等価である。(ウ)図7から、掘進トルクは 10cm/min 以下の掘進速度範囲で目標値に対して $\pm 8\%$ 以内に制御され、また掘進トルク変動分 ΔT は低速にな

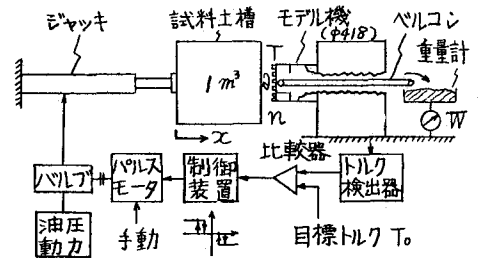


図1 実験概要

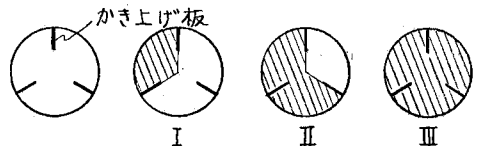


図3 カッタ後室内のブリッジ

表1 構成トルクの定義

記号	名称	内容
T_v	粘着トルク	掘削機前面に付着した切羽地山との粘着による消費トルク
T_{cut}	切削トルク	切羽地山の切削に要するトルク
T_R	詰まりトルク	バケット回転部クリアランスに詰まる土による消費トルク
T_z	アイドルトルク	定常時の無負荷トルク
T_{up}	かき上げトルク	バケット内の土のかき上げに要するトルク

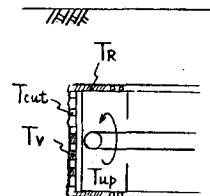


図4 構成トルク

るほど大きくなる。なお、中立帯の大きさは図7の ΔT に対応して設定した。

(2)考察 (ア)カッタ後室内の切削土の状態は粘着トルクに反映され、粘着トルクの変化は切削トルクによって吸収される。(イ)掘進速度が低いときは粘着トルク成分が大きいいため、切羽で不安定なステックスリップ現象が生じ、掘進トルク変動分が大きくなると考えられる。(ウ)粘着トルクは、掘進トルク制御によってカッタ後室内の切削土の状態を土砂取込能力内に保ちながら、 $T_v = T - \{T_{cut} + T_R + T_i + T_{up}\}$ から求めた。(エ)粘着トルク以外の各構成トルクは、掘進中仕様の時点で掘進やカッタ回転を停止したり、停止した状態のままモデル機を実験土槽から引抜き再度回転させるなどして求めた。(オ)掘進トルク一定の実験では、土砂取込に影響する図3のようなアリッジは

出来なかった。(カ)カッタ後室内の切削土の回転慣性モーメントは、掘削機回転部に比べ非常に小さく、計算上でもかき上げトルク成分は無視できる。

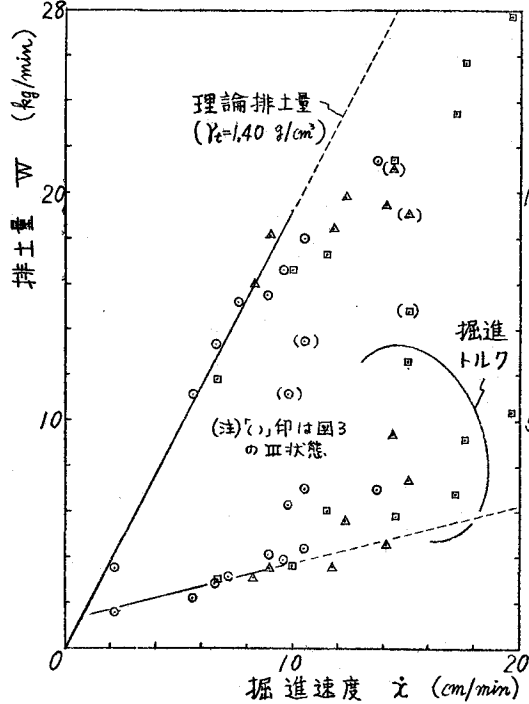


図2 掘進特性 (v一定)

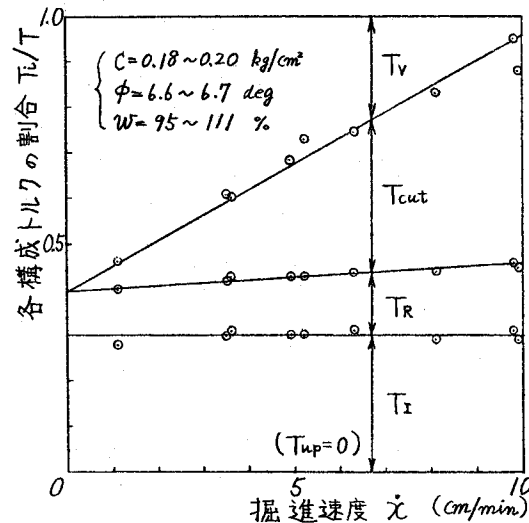


図6 掘進トルクの分離

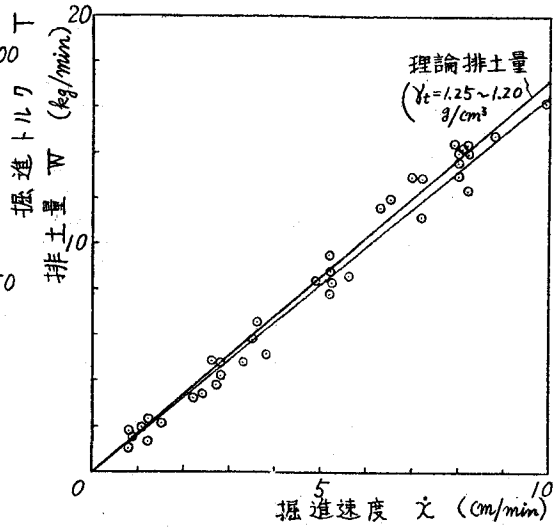


図5 掘進特性 (v自動制御)

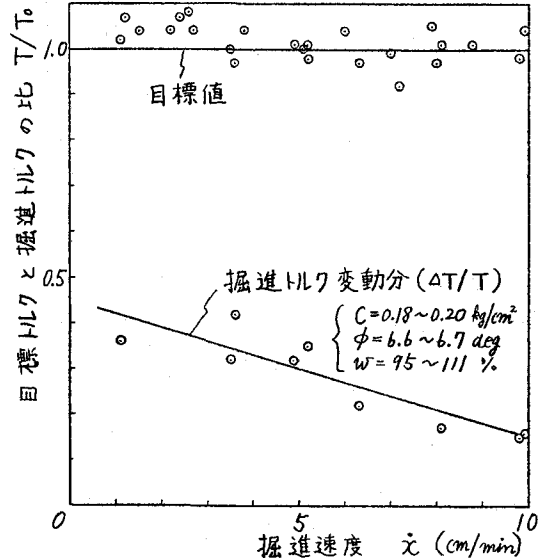


図7 掘進トルクの制御結果