

石川島播磨重工業

佐藤工業 ○ 正員

佐藤工業

藤本 幸男

市野 道明

谷口 和文

1. はじめに

土圧バランス式シールド工法は、加水装置を装備して加水型シールド工法とすることにより、透水性の大きな砂質、砂れき地盤に適用することができる。すなわち、カッターフレーム、及びスクリューコンベヤの内部に取り込んだ土砂の透水性が高くスクリューコンベヤによる連続止水壁の形成できない土質条件の場合、図-1に示すようにスクリューコンベヤの排土口にれき分離装置を有する排土調整槽を取り付け、ここに圧入水を送り込んで地下水圧とバランスさせ切羽地山の安定を図りながら排出土を流体輸送させるようにしたものである。今回の実験は、地下水圧とバランスする加水圧の条件、スクリューコンベヤの止水効果など加水型シールド工法の基本的性能を確認する目的で実施したもので、その内容と主要結果についてここに報告する。

2. 実験装置、測定項目

カッターにて切削された土砂がシールドのカッターフレームに充填された状態を想定して、図-2に示すような実物大の模型実験を実施した。実験装置は実験土貯蔵槽(直径2m、高さ12m)スクリューコンベヤ(直径0.82m、トルク1400kg・m)、排土調整槽(直径0.85m、長さ1.4m)、送水管、排土管、スライラクラッシュファイヤ、沈砂槽、原水配管などからなる。測定は、土圧計、間隙水圧計、自動計量装置、流量計、油圧計、回転計などを用いて動かしずみ計を介して電磁オシロにより連続測定している。

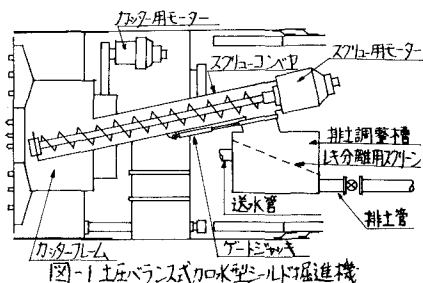


図-1 土圧バランス式加水型シールド掘進機

3. 実験方法、土質材料

土被り10m、地下水位10.5mを一定にして加水圧、スクリューコンベヤ排土口ゲート開度、スクリュー回転数を表-1の如く変化させて実験を行った。実験に使用した材料は図-3に示す細砂、粗砂、切込砂利の3種でいずれも均等係数が小さく流砂現象を生じ易い材料とくに選定して用いた。

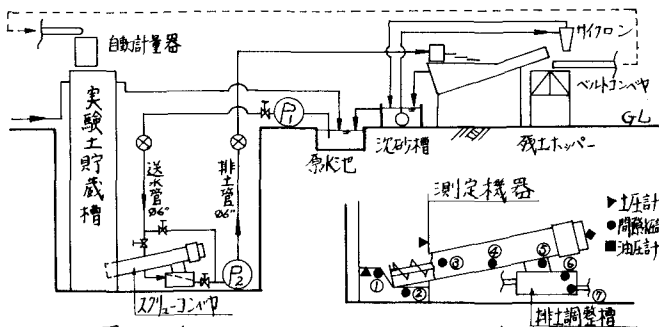


図-2 土圧バランス式加水型シールド工法実験装置

表-1 実験条件

加水圧	ゲート開度	スクリュー回転数
0.2 kg/cm ²	15°(40×6.75)	1.5 rpm
0.4 "	30°(40×13.5)	3.0 "
0.6 "	50°(40×22.5)	4.5 "
0.8 "		
1.0 "	100°(40×45)	6.0 "

4. 結果と考察

○加水圧と間隙水圧について

図-4に、加水圧と間隙水圧の関係を示す。ここにはその一例としてゲート開度30%、スクリュー回転数3rpm時において加水圧を変化させた場合の結果を示すが、その他の実験条件でもほぼ同様の結果がえられている。細砂、粗砂、切込砂利のいずれの材料についても加水圧を低下させると、全体的に間隙水圧のレベルも低下する。1.0kg/cm²の加水圧をあたえた場合、間隙水圧①、②、③(実験土貯蔵槽内)の水圧低下を生じせるとなく、換言すれば、地下水圧とのバランスを図りながらスクリューコンベヤによる土砂の搬出を行なえること

がわかる。加圧圧を 0.8 kg/cm^2 にしても地下水圧とのバランスが
おとれているが、加圧圧を 0.6 kg/cm^2 にすると間隙水圧①、②、③
の水圧が低下し、とくに 0.2 kg/cm^2 以下になるとこの傾向が著し
くなる。すなわち、地下水圧 1.05 kg/cm^2 に対して加圧圧 $1.0 \sim 0.8 \text{ kg/cm}^2$
付近でバランスする状態がえられている。又、細砂は他の材料に
相違してスクリーコンベヤ内部に過剰水圧の発生が認められる
。これは、あとにのべるスクリーコンベヤの止水効果に関連す
る注目できる現象といえる。

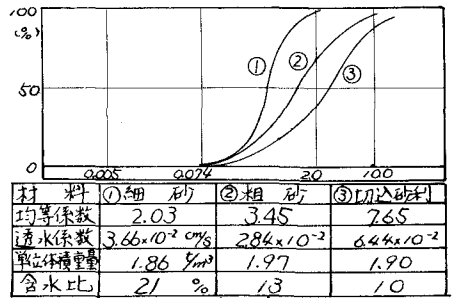


図-3 土質試験結果

・加圧圧～排土量について

図-5に、加圧圧と排土量の関係を示す。ここでいう排土
量はスクリーコンベヤから実際に排土される量といい、ス
クリー1回転当りの排土量 Q として示している。ここで
使用した3種の材料とも加圧圧を低下させるにつれて、ス
クリーコンベヤの計画排土量 Q_{sc} よりも Q が増加するが、そ
の傾向は切込砂利、粗砂、細砂の順に顕著になる。ここに、
計画排土量は $Q_{sc} = A_{sc} \ell N_{sc} \zeta_{sc}$

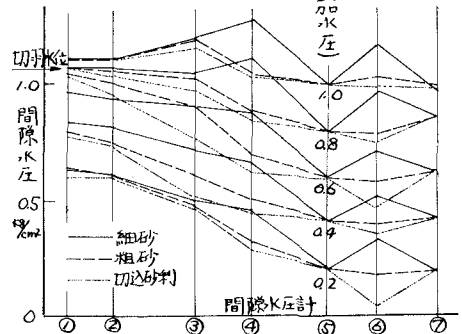


図-4 加圧圧～間隙水圧

A_{sc} :スクリー有効断面積 ℓ :ピッチ N_{sc} :回転数 ζ_{sc} :運
搬効率 であらわされる。 $Q' = Q - Q_{sc}$ は流砂現象によ
ってスクリーの回転数とは関係なく排土される量である。
流砂現象を生ぜず安定した状態で掘削を行うためには、

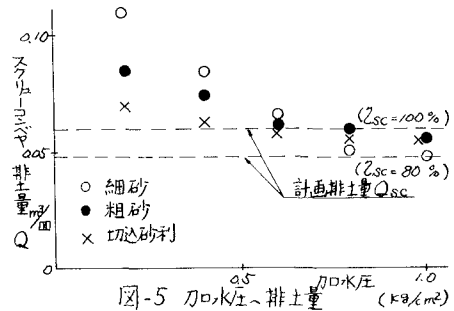


図-5 加圧圧～排土量

$Q' = 0$ の条件が必要である。普通 $\zeta_{sc} = 100 \sim 80\%$ と考えら
れるから、流砂現象を防止する加圧圧の条件は、 $1.0 \sim 0.8 \text{ kg/cm}^2$
によるといえる。

・スクリーコンベヤの止水効果について

スクリーコンベヤに取り込まれた土砂は、スクリーの
回転力による圧縮作用をうけ図-6に示すように大きな
過剰水圧を発生させる。過剰水圧はトルクの上昇に
ついて増加するが、スクリーの回転を静止させると
時間経過に伴い過剰水圧を消散させ、土砂の有効応力
を高めることが認められる。図-7は、スクリーコ
ンベヤの排土口から土砂の排土を行わずにトルクの
み上昇させて、土砂への圧縮効果を高めていった場合
の透水係数の変化を示す。これによれば、かなり透水
係数を低下させる効果が認められスクリーコンベヤ
の止水効果を示すものとして注目できる。

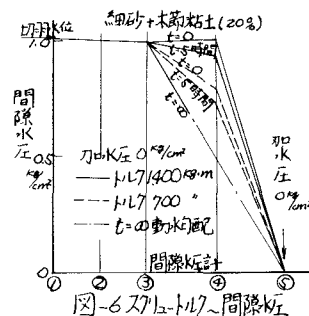


図-6 スクリュートルク～間隙水圧

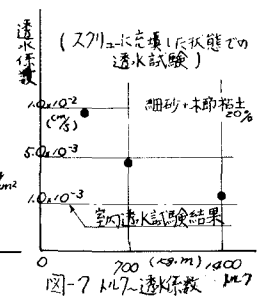


図-7 トルク～透水係数

5. まとめ

①土質調整槽に圧入水を送り込んで地下水圧とバランスさせる加水型ミルド工法によれば、崩壊性の砂質、
砂れき地盤に対しても安定した状態で掘削できる。②地下水圧とバランスする加水圧は、地盤の粒度特性によ
って異なるが、地下水圧より $0.2 \sim 0.3 \text{ kg/cm}^2$ 低い値でバランスする。③スクリーコンベヤの圧縮効果は非常に
大きく、土質によってはスクリーコンベヤの連続止水壁の形成が十分に期待できる。