

Ⅲ－B165

大型土槽における泥水シールド模型の掘進実験について

早稲田大学 学生員 ○瀬谷 誠, 高本 仁
 早稲田大学 渋谷 隆, 津花 正史
 西松建設 正会員 細川 勝己
 早稲田大学 正会員 赤木 寛一

1. まえがき

これまで筆者らは、二次元的な小型土槽を用いて泥水式シールド模型実験を行った¹⁾。しかし、計測値は土槽壁面の境界条件の影響を受けるので、実際のシールド施工における周辺地盤の応力変形状態について議論するには不十分であったと言える。

これをふまえ、十分に容積が大きく、壁面の影響を無視できる大型土槽内に作成した飽和砂地盤において、泥水式シールド模型の掘進実験を行った。本報告は、シールド掘進時の泥水圧の大小が地盤変状と掘進特性におよぼす影響について調査したものである。

2. 実験概要

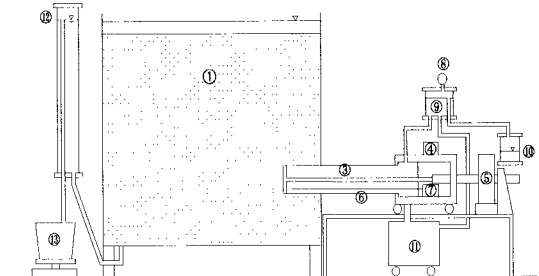
図 2.1 に泥水シールド模型実験装置の概略図を示す。一边 140cm の立方体土槽に対し、シールド直径は 22cm であり、通常の掘進中のシールド周辺部では土槽壁面の影響を無視し得る。

実験条件を表 2.1 に、土槽展開図と水圧計、土圧計の設置位置を図 2.2 に示す。なお、土槽底面の水圧計では、ストレーナー管によりシールド模型直下の水圧を測定する。また、珪砂6号の透水係数は $5.02 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ 、地盤の乾燥密度は 1.43 g/cm^3 、間隙比は 0.79 である。

3. 掘削状況に関する考察

図 3.1, 3.2 は、それぞれ泥水圧を $0.1 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ に変化させたときの、掘進方向到達側の土槽壁面(図 2.2 内の矢印)における土圧変化量と掘進距離の関係、間隙水圧の変化量と掘進距離の関係である。なお、土圧計、水圧計は土槽底面から 390mm の高さに設置され、掘進方向延長上にある。

図 3.1 より、泥水圧が高いほど土圧の変化量は大きいことがわかる。図 3.2 より、間隙水圧は掘進中ほとんど変動しないことがわかる。土圧の増加に対し、間隙水圧の変動が微小であることから、土槽壁面に作用する有効土圧は増加しているといえる。したがって、いずれの泥水圧の場合も、切羽面では受動的に地盤を押し広げながら掘進していると考えられる。



①飽和砂 ②カッター ③泥水チャンバ ④カッターモータ ⑤掘進モータ
 ⑥スクリュウコンベア ⑦コンベアモータ ⑧加圧装置 ⑨泥水タンク
 ⑩オーバーフロータンク ⑪排土タンク ⑫地下水タンク ⑬バケツ

図 2.1 泥水シールド模型実験装置

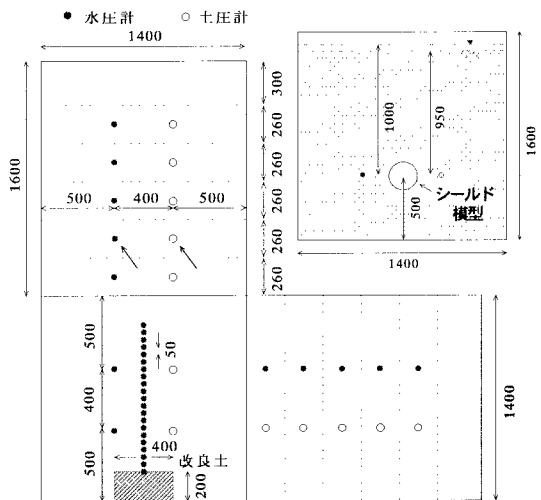


図 2.2 土槽展開図と水圧計、土圧計設置位置(単位:mm)

表 2.1 実験条件

地山試料	使用泥水	泥水圧 kgf/cm ²	掘進速度 cm/min	カッター回転速度 r.p.m.	地下水圧 kgf/cm ²
珪砂6号	12%ベントナイト	0.1 0.3 0.5 0.7	1	1	0.1

キーワード: トンネル, 砂, 掘削, 間隙圧,

早稲田大学 理工学部 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1
 西松建設(株) 技術研究所 〒242-0001 神奈川県大和市下鶴間 2570-4

Tel 03-5286-3405 Fax 03-5272-0695
 Tel 0462-75-1135 Fax 0462-75-6796

4. 掘進特性に関する考察

図 4.1 は泥水圧を $0.1 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ に変化させたときの、シールド模型周面摩擦応力と掘進距離の関係である。ここで、周面摩擦応力とは、模型の全推力からカッター軸力およびエントランス摩擦力を差し引いたものを土と接触する模型周面積で除したものであり、掘進に伴う地盤とシールド模型側面との間の接触面積増加による摩擦力増大の影響を消去したものである。中山ら²⁾は、泥水の回り込みによって周面摩擦応力は小さくなると考えている。本実験においては、発進部に水ガラスで固結した砂のブロック(厚さ200mm)を設置しているが、このブロック中を掘進している間に周面摩擦応力は初期掘進時の値より低下し、低下後の値は泥水圧の大小によらず、ほぼ、 0.02 kgf/cm^2 (周面摩擦係数 $\mu = 0.22$) で一定になる。また、泥水圧の大きい 0.5 kgf/cm^2 の場合が最も急速に周面摩擦応力が低下している。

図 4.2 は、泥水圧を $0.1 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ に変化させたときの、カッター圧力(カッター軸力/模型断面積)と掘進距離の関係である。いずれの泥水圧においても、カッター圧力は図 4.1 の周面摩擦応力に比べて大きい。したがって今回のような飽和砂地盤における泥水シールドでは周辺地盤への影響要因としては、周面摩擦応力に比べカッター圧力によるものが大きいと考えられる。

図 4.3 は、カッター圧力と泥水圧の関係である。なお、カッター圧力と泥水圧の値は管理状態の良好な掘進距離 400~600mm における実際の測定値である。図より泥水圧が高いとカッター圧力も高いことがわかる。栗原ら³⁾は、有効泥水圧(=泥水圧-地下水圧)を上げるとカッター圧力が増加すると報告している。この原因は、有効泥水圧を上げると、摩擦材料である砂質土のせん断抵抗が増加し、切羽へのカッター押し込み抵抗などが大きくなるためと考えられる。

5. まとめ

- 1) 今回の設定泥水圧($0.1 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)では、切羽面での地山の掘進状況は受働的であった。
- 2) 飽和砂地盤における泥水シールドでは、周辺地盤への影響要因としては、周面摩擦応力に比べカッター圧力によるものが大きい。
- 3) 有効泥水圧を上げるとカッター圧力が増加する。

6. 参考文献

- 1) 瀬谷・高本・細川・赤木: 飽和砂地盤泥水シールド掘進時の切羽の安定と周辺地盤の応力状態に影響を及ぼす要因, 第32回地盤工学研究発表会講演集, pp.2055-2056, 1997.7
- 2) 中山・中村・中島: 泥水式シールド掘進に伴う硬質地盤の変形解析について, 土木学会論文集, No397/VI-9, pp.133-141, 1988.9
- 3) 栗原・森・田村: 泥水式シールドの適正泥水圧に関する実験的研究, 土木学会論文集, No409/VI-11, pp.37-46, 1989.9

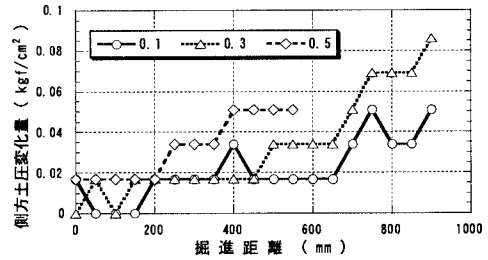


図 3.1 側方土圧変化量と掘進距離の関係

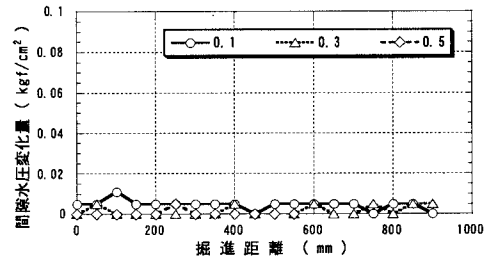


図 3.2 間隙水圧変化量と掘進距離の関係

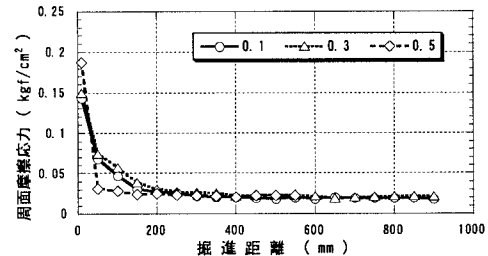


図 4.1 周面摩擦応力と掘進距離の関係

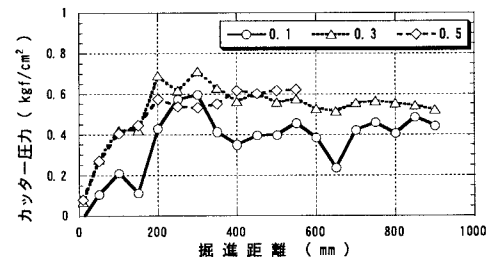


図 4.2 カッター圧力と掘進距離の関係

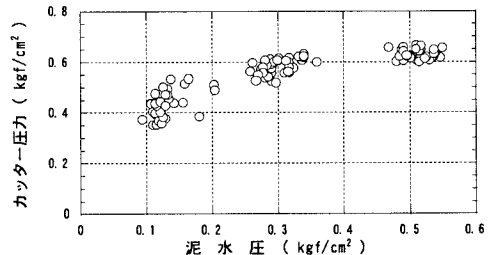


図 4.3 カッター圧力と泥水圧の関係