

泥水式シールドのスリット開口率が砂地盤の間隙水圧とカッター圧に及ぼす影響

西松建設 正会員 細川 勝己
早稲田大学 学生会員 浜田 大輔
早稲田大学 学生会員 奥山 健一
早稲田大学 正会員 赤木 寛一

1. はじめに

泥水式シールド工法における砂質土地盤での切羽安定は、切羽面に作用する土水圧に対して、圧力制御された泥水で対抗して成り立っていると考えられている。しかし、最近の研究¹⁾によれば、泥水は切羽地盤にある程度浸透するので、間隙水圧が上昇して有効泥水圧（泥水圧 - 間隙水圧）は小さくなること、またカッター面板による切羽面の押さえ効果が重要な役割を持っていることなどが報告されている。

そこで、本研究では、カッターディスク前面のスリット開口率を変化させて、スリット開口率の違いが間隙水圧やカッター圧に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

図 2.1 に泥水式シールド模型実験装置の概略を示す。実験装置は、実際の泥水式シールド機を模擬しており、土槽中を掘進させることができる。土槽の内寸法は $1400 \times 1400 \times 1600\text{mm}$ で、シールド機の外径は 215mm である。シールド機の先端には、カッターディスクが装着されており、カッターディスク前面のスリット開口率は 20.0% 、 27.5% および 35.0% の 3 種類である。また、土槽の上蓋には油圧ジャッキが取り付けられており、地盤を上方加圧することにより現場に近い応力状態を再現することができる。

実験条件を表 2.1 に示す。上載圧は、すべての実験において土槽底面で 100kN/m^2 になるよう調整した。図 2.2 は、土槽内の土圧計、水圧計の設置位置を示したものであり、シールド模型下端から 10mm の位置に掘進方向にそって 12 個の水圧計を配置した。実験では、シールド掘進に伴う土圧と間隙水圧の変化および総推進力、カッター圧力等を測定した。なお、地盤材料は珪砂 6 号 ($D_{50} = 0.23\text{mm}$) を用いて、乾燥密度 $\rho_d = 1.45\text{g/cm}^3$ 、相対密度 $D_r = 72.3\%$ となるよう締め固めた。

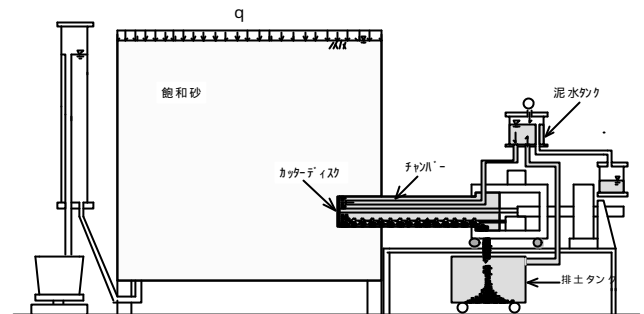


図 2.1 泥水式シールド模型の実験装置

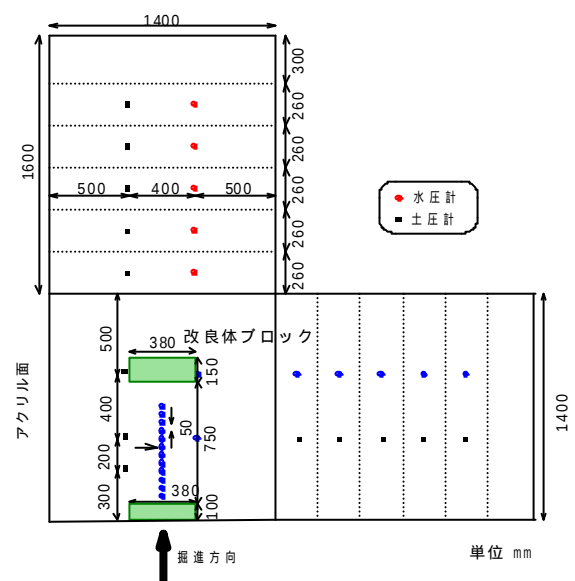


図 2.2 土圧計、水圧計の設置位置

表 2.1 実験条件

地山試料	使用泥水	泥水圧 kN/m^2	開口率 %	掘進速度 cm/min	カッター回転数 rpm	地下水圧 kN/m^2
珪砂6号	12%ベントナイト	10	20.0	1	1	10
		27.5	27.5			
		35.0	35.0			

3. スリット開口率の違いによる間隙水圧への影響

図 3.1 は、泥水圧 10kN/m^2 で、スリット開口率を変化させたときの過剰間隙水圧の発生量（図 2.2 矢印で示された水圧計）を比較したものである。図より、いずれの開口率も過剰間隙水圧の発生はほとんどみられない。これは、差圧（泥水圧 - 地下水圧）が 0kN/m^2 であり、泥水が地盤に浸透しなかったためと考えられる。図 3.2 は、泥水圧 30kN/m^2 で、スリット開口率を変化させたときの過剰間隙水圧の発生量を比較したものである。図より、いずれの開口率も水圧計が設置されている位置にシールド機が接近するにつれ、過剰間隙水圧が上昇している。しかし、それらの発生量は、泥水圧の 30kN/m^2 に比べ非常に小さいので、開口率の違いによる差はほとんどみられないと言える。なお、過剰間隙水圧の発生量は非常に小さいので、差圧（泥水圧 - 地下水圧）と有効泥水圧はほとんど等しいとみなせる。

4. スリット開口率の違いによるカッター圧への影響

図 4.1～2 は、それぞれ泥水圧 10kN/m^2 と 30kN/m^2 で掘進したときのカッター圧の変化を比較したものである。図 4.1 より、泥水圧 10kN/m^2 では、開口率 20.0% のカッター圧が 27.5% と 35.0% に比べてやや大きいものの、開口率 27.5% と 35.0% との差はほとんどみられない。図 4.2 より、泥水圧 30kN/m^2 では、カッター圧は開口率 27.5%、35.0%、20.0% の順に大きくなり、開口率の違いによる差が明確にでている。また、それらのカッター圧は、泥水圧の 30kN/m^2 と同程度以上の値を示していることがわかる。このことは、泥水式シールドの切羽安定機構の考察において、カッター圧発生メカニズムの解明が重要であるとともに、カッター圧が切羽の押え圧として重要な役割を持っていることを示唆していると考えられる。

5. まとめ

カッター圧は、スリット開口率によって、大きく変化することがわかった。これは、泥水式シールドの切羽安定機構の解明において、カッター圧発生メカニズムの詳細な調査が重要な要素であることを示している。

今回の実験では、過剰間隙水圧の発生量は、非常に小さいものであった。しかし、透水性の小さい砂層では間隙水圧の発生量は非常に大きくなるので²⁾、今後はこの場合のカッター圧の大きさについて調査する必要がある。また、カッター圧発生メカニズムの詳細な解明には、地盤変状を測定することが必要不可欠であり、地盤変状を考慮した実験研究を進める予定である。参考文献 1) 森仁司ほか：泥水シールドにおける切羽安定機構について、トンネルと地下、第 24 巻 5 号、pp.29～35、1993。2) 森仁司ほか：泥水式シールドによる砂質切羽地盤の間隙水圧とその発生メカニズム、土木学会論文集、第 430 号、pp.115～124、1991。

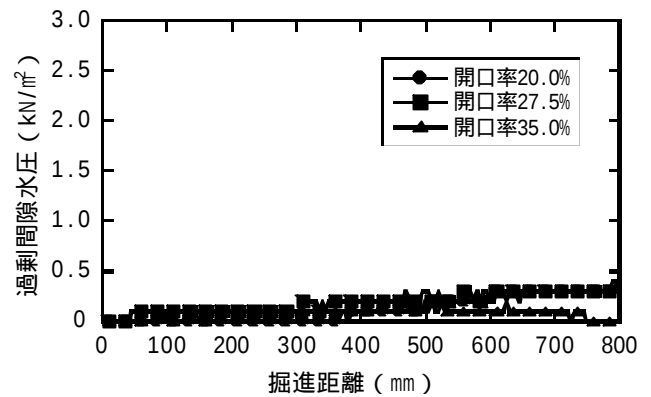


図 3.1 過剰間隙水圧の変化（泥水圧 10kN/m^2 ）

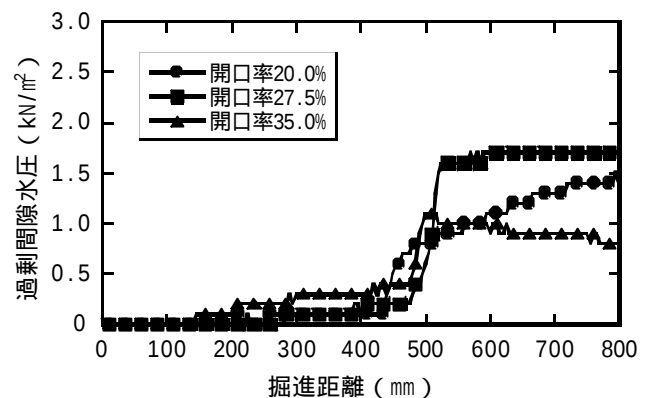


図 3.2 過剰間隙水圧の変化（泥水圧 30kN/m^2 ）

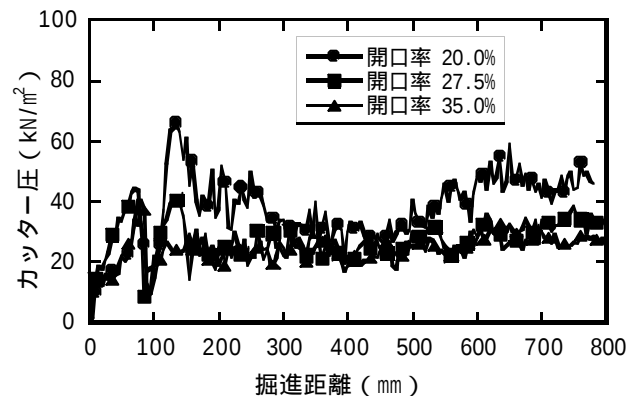


図 4.1 カッター圧の変化（泥水圧 10kN/m^2 ）

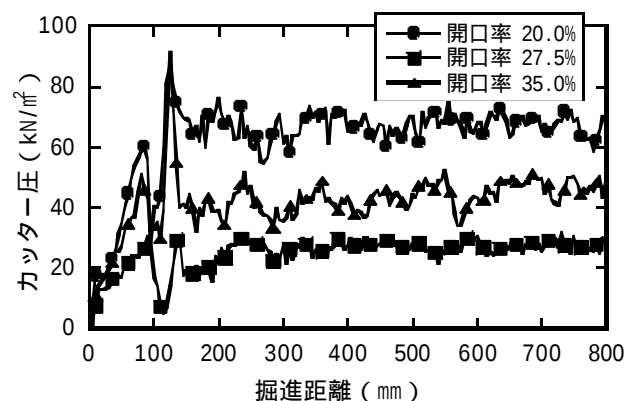


図 4.2 カッター圧の変化（泥水圧 30kN/m^2 ）