

(株)フジタ 正会員○吉野広司 正会員 青景平昌 正会員 宮澤秀治

1. はじめに

泥土圧シールド工法を大深度・大断面シールドトンネルの施工に適用するためには、高水圧下の掘進における切羽保持と安定した排土制御の課題がある。従来より、本工法に用いるスクリー排土機構（以下、排土機構と略す）を高水圧の滞水砂層や礫層に適用する場合には、掘削土の噴発現象を招くことが懸念されている。したがって、この種の排土機構には、高水圧に対抗できる山留めと止水機能および連続的な排土機能が求められる。このような背景の中で、筆者らは、高水圧に対抗するためのプラグゾーン（以下、PZと略す）方式を用いた排土機構を提案し、実験的研究を行ってきた¹⁾。排土機構に可変長式PZ装置を設けた実験装置を用いて、提案した排土機構の高水圧に対する適用性を検討するための実験を行った結果、土質と掘削条件に合せてPZ長を可変制御することで、安定的な排土が可能であることを確認したので報告する。

2. 可変長式 PZ 実験装置の構成

実験装置は、図-1に示すように、モデル土槽と排土機構の部分に大別され、排土機構はスクリュウ、PZ可変ジャッキおよびスクリュウ駆動機から構成される。排土機構の全長は10m、口径0.3mで、スクリュウの長さ5m、羽根ピッチ0.93、その終端部にPZ長の可変装置を設けたものである。PZの可変長は0~4.4m、可変速度0~200mm/minである。スクリュウ駆動機の最大出力は、幅広い実験パラメータに対応するために6t-mとした。

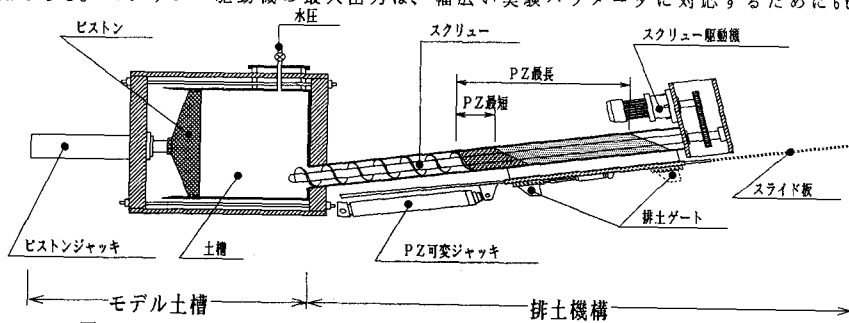


図-1 可変長式プラグゾーン実験装置

3. 実験方法

実験に用いた試料土は、浜岡産砂（細砂）と富士川産砂（粗砂）の2種類で、試料土は予め飽和状態とした。試料土の土性値を表-1に、粒度分布を図-2に示す。モデル土槽内の設定水圧は、0.5, 1.0, 1.5, 2.0 kgf/cm²の4種類、スクリー回転数は5, 10, 15 rpmの3種類とした。ゲートの開口状態は100%開口とした。尚、実験での排土制御は、スクリー駆動機のスクリートルク（以下、トルクと略す）を制御することで行った。

4. 実験結果および考察

4. 1 可変長 PZ によるトルク制御の排土状態

図-3～図-6に、可変長PZにより安定排土制御がなされている場合の、スクリュー駆動機のトルクとPZ長の経時の変化を示す。土水圧0～2.0kgf/cm²までの、粗砂および細砂の排土においては、土水圧に応じてPZ長を増減することによりトルクをほぼ1.0t-m前後に保持することで、噴発や閉塞が無く、安定した排土状態が得られることが確認できた。また、ゲート出口からは、土砂はPZ効果により締め固まった状態で排土する様子が見られた。一方、トルクが0.5t-m以下では不安定な排土状態へと移行し、噴発現象への兆候が見られた。また、トルクが1.5t-m以上では、閉塞現象に至る兆候にあると判断することができた。

表 - 1 試料の土性値

試料名	密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	平均粒径 $D_{50} (\text{mm})$	細粒分含 有率(%)	均等係數 U_s	曲率係數 U_s	透水係數 $k (\text{cm/sec})$
細砂	2.662	0.264	0.0	2.03	0.95	5.03×10^{-4}
粗砂	2.699	0.990	4.0	8.53	1.32	6.20×10^{-3}

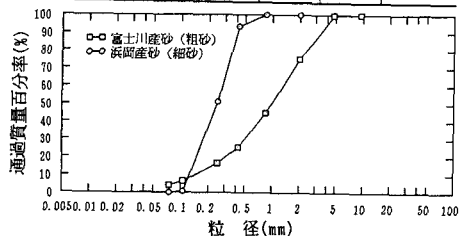


图 2 粒土分布

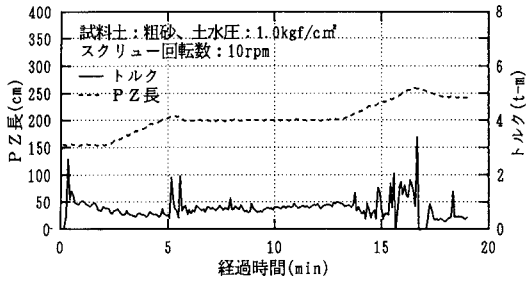


図-3 安定排土状態のPZの長さ

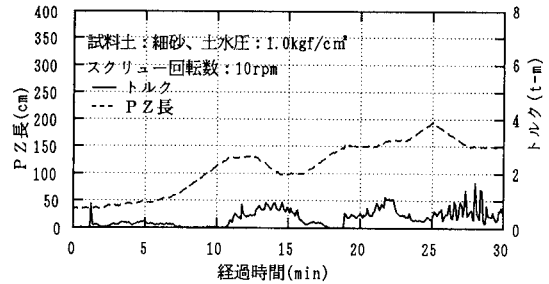


図-5 安定排土状態のPZの長さ

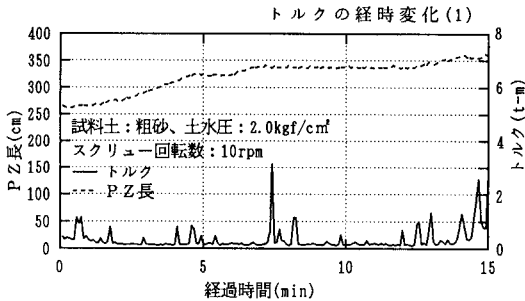


図-4 安定排土状態のPZの長さ

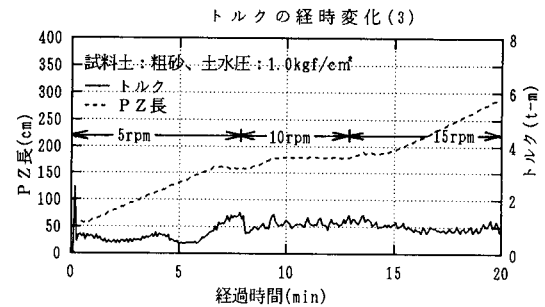


図-6 安定排土状態でスクリー回転数が変化した場合のPZの長さ

トルクの経時変化(2)

4.2 土水圧に対抗するPZ長の制御

4.1 から得られた、土水圧と安定排土状態のPZ長の関係を、スクリー回転数別に図-7に示す。土水圧とPZ長の関係は、一次的な直線関係の傾向にあり、PZ長を長くすることで高水圧に対応することができる。以上から、地山の土水圧に対して、PZ長を可変制御する方法で対応が可能であると考えられる。

4.3 PZ長とスクリー回転数について

排土機構へのスクリー回転数が及ぼす影響として、回転数を速くするにつれて、チャンバーの土水圧は、排土出口の方向へ波及する現象となり、不安定な排土状況へと移行する傾向があることを確認している¹⁾。

本実験では、図-6から、スクリー回転数を5から15rpmと変化すると、安定排土を保持するための最適なPZ長が長くなるのが解る。本実験において安定排土させるために行った単位スクリー回転数当たりのPZ長の調節量は、12.0~14.5cm/rpmであった。このPZ長の可変操作により、排土機構内の止水性と山留め力を高めることができ、排土機能のバランスを確保することができた。

5. まとめ

- ① 提案した排土機構の止水性と山留め力を保持するために、スクリー駆動機のトルクを一定に制御することで安定的な排土を行うことができる。
- ② チャンバー土水圧の変化に対して、PZ長をほぼ比例的に制御することで安定的な排土が可能となる。
- ③ スクリー回転数に起因する排土バランスは、PZ長を変えることにより調節することができる。

今後は、実験により得られたトルク制御方式を自動化することにより、高水圧条件下における実施工への適用を試みる予定である。

(参考文献) 1) 和久・宮澤・ほか：泥土圧シールドにおける高水圧下でのスクリーコンベヤの山留め・止水効果、トンネルと地下、vol24 no.7、pp31~35、1993。

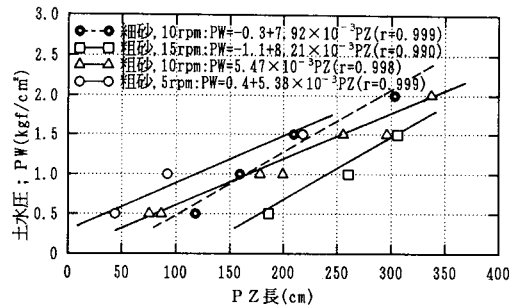


図-7 土水圧とPZ長の関係