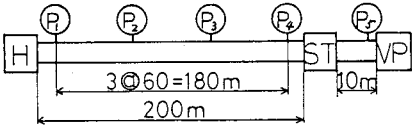


1. はじめに

土圧系シールド工法の土砂搬出には電車やウインチを用いたトロ輸送、ポンプを用いた流体輸送、高压空気をを用いた空気輸送などがある。これらの方法はシールド坑内に搬出装置を設置する空間や人力が必要であり、近年特にニーズの多い小口径や長距離施工の場合にネックになっている。今回、装置が比較的簡単な負圧空気をを用いて土砂の搬送実験を行ったので、その概要を報告する。

2. 実験概要

実験装置を図-1に示す。搬送距離は200mとし、 $\Phi 100$ 塩ビ管を用いた。ジョイントはソケット継手とし、その外周をゴムスリーブで被覆している。搬送試料を表-1、砂れきの粒度構成を表-2に示す。砂と砂れきは実際の施工を考慮し、加泥材を15%（質量比）添加して比較実験を行った。潤滑材には水を用い、所定の流量に設定してホッパー内に注水した。ホッパー内の試料は人力で配管口まで誘導し、吸引させた。実験途中で吸引力が低下したときには試料の誘導量を調整し、吸引力の回復を待った。吸引力が回復しない場合には配管内が閉塞したものであり、実験を中止した。搬送能力はホッパー内に投入した試料質量と搬送時間から求めた。配管途中に4点、真空ポンプ近傍に1点の計5点に圧力変換器を取付け圧力変化を測定した。また、セパレートタンクをロードセルで懸垂し搬送質量を測定した。



H : ホッパー
ST : セパレートタンク
VP : 真空ポンプ
P1 ~ P5 : 圧力変換器

図-1 実験装置

表-1 搬送試料

番号	試料名
1	粘性土（塊状）
2	砂
3	砂+加泥材
4	砂れき
5	砂れき+加泥材

表-2 粒度構成

粒 径 (mm)	比率 (%)
25.4 ~ 38.1	5
19.1 ~ 25.4	8
9.52 ~ 19.1	50
4.76 ~ 9.52	12
2 ~ 4.76	25

3. 実験結果と考察

(1) 圧力変化

以下では真空圧は大気圧をゼロとしたゲージ圧で表示する。真空ポンプ近傍（P5）の圧力変化の一例を図-2、3に示す。空気輸送における試料は混合比が小から大になるにしたがって、一般に浮遊、しゅう動、プラグ状態で搬送される。実験での観察によれば、試料の相違にかかわらずいずれも配管口からある範囲まではしゅう動状態であり、しゅう動が停止した位置からプラグ状態で搬送された。図-2、3で圧力が急激に低下しているのはこの現象を示しており、また、このプラグの発生が周期的であることも認められる。したがって、セパレートタンクに搬送されてくる

試料は間欠的であり圧力の低下量が大きいほどプラグ当りの質量が大きい傾向がみられた。プラグが発生するときの圧力は $53.2 \times 10^2 \text{ Pa}$ 程度であり、試料の相違による影響は少ない。

砂や砂れき地盤を対象にした土圧系シールドでは、切端の安定やスクリーコンベアでの止水に加泥材が必要であり、図-3によれば加泥材はプラグの形成に有効であることが認められる。また図-3に、砂れき（注水量 7 l/min ）で閉塞

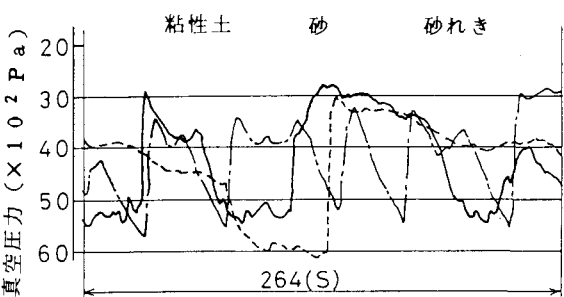


図-2 圧力変化

した例を示しているが、これによると圧力変化が明瞭でなく、徐々に堆積を始め、閉塞に至る経過が読みとれる。

(2) 注水量と運搬能力

図-4に注水量と運搬能力の関係を示す。注水量を増加させれば運搬能力(注水量は含まず)は増加する傾向が認められる。粘性土で2 l/min, 砂で5.5 l/min, 砂れきで13 l/min以下の注水量では配管内で閉塞が生じた。また, 粘性土で2 l/minの注水量の場合, 搬送中に粘性土が溶け込み, セパレートタンク内は泥水状であった。砂や砂れきでは注水量を増やしてもセパレートタンク内で水と試料が完全に分離していた。圧力変化に見られた加泥材の効果は運搬能力でも明らかであり, 無添加に比べて1.5~2.0倍である。

4. 現場施工例

図-5は粘性土地盤を対象にした $\Phi 1000$ の土圧系シールドの圧力変化の測定例であり, 配管長は約190mである。配管径は $\Phi 100$ 真空ポンプは30kW2台である。各測定位置は, スクリューコンベアの下部に設けたホッパーからの距離で $P_1 = 8\text{ m}$, $P_2 = 67\text{ m}$, $P_3 = 126\text{ m}$, $P_4 = 155\text{ m}$ であり, P_5 は真空ポンプ近傍である。掘削土はスクリューコンベアの出口で配管径より小さくしぼられており, 適宜の長さに切断されてホッパーに投入されている(一次プラグ)。配管長が短い場合にはこの一次プラグの状態ではセパレートタンクまで搬送されるが, 配管長が長くなるにつれ一次プラグが集合したと考えられる二次プラグの状態では搬送され実験と同様な傾向が示された。運搬能力は実験値の2~3倍程度であった。 P_5 は $33 \times 10^2\text{ Pa} \sim 50 \times 10^2\text{ Pa}$ で変化しているが, 配管長が短い場合には最低値はゼロであり, 配管長が長くなるにつれてこの値が増加する。したがって, 真空ポンプ近傍の P_5 を測定すれば搬送特性や真空ポンプの増設検討の指標になる。

5. 結語

搬送実験と現場施工の結果, 小口径土圧系シールドにおける負圧空気による土砂搬出方法の妥当性が確認された。今後, 砂地盤や砂れき地盤などへの適用範囲の拡大を図りたい。

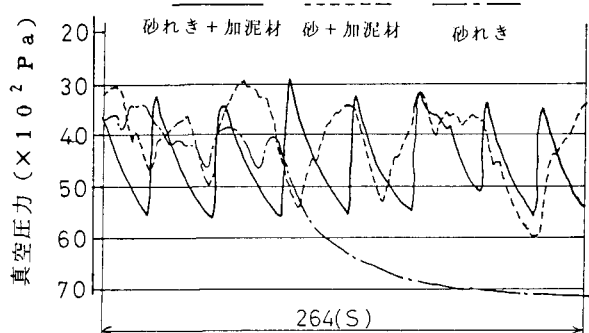


図-3 圧力変化

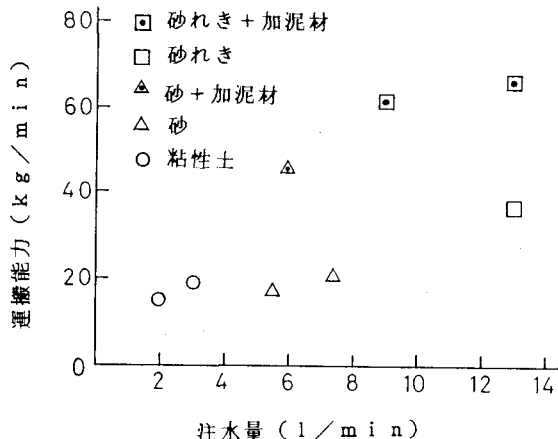


図-4 注水量~運搬能力

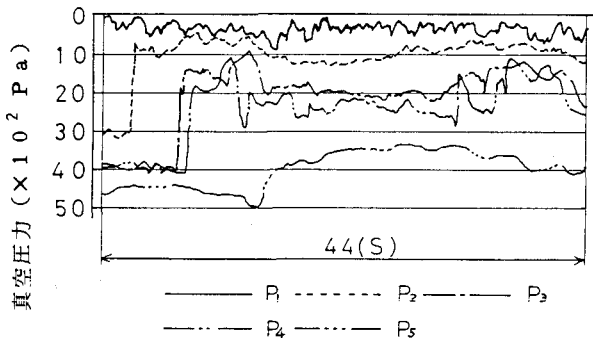


図-5 圧力変化