

大深度立坑送排泥制御システムの開発 ～流体輸送による立坑掘削土の上向き連続搬出～

大成建設（株） フェロー会員 栄 毅熾
大成建設（株） 正会員○内藤 渉
（株）アクティオ 服部勝佳

1. はじめに

大深度地下空間施設（深度 1,000m）を構築する際のアクセストンネルとなる立坑の掘削において、最大の問題点である掘削ブリの搬出は、従来、バケットにて非連続的に行われていた。そこで、連続的な掘削ブリの搬出が可能な流体輸送技術の採用を考えた。しかし、その流体輸送では一般に深度が大きくなると最深部において高水圧を発生し、配管やポンプ、あるいはそのジョイント部の耐圧性能、ポンプの能力などに問題が生じる。本報告は、この問題を解決するシステムを開発し、その実証実験を行った結果について述べるものである。

2. 大深度送排泥制御システムの特長

本システムの特長は次のようなものである。

- ・送泥ライン、排泥ラインともに、複数のバルブにてブロック分けし、それぞれのラインを独立
- ・送泥ライン各ブロックにおいて、大気開放部を設置し、送泥ラインバルブは、開度調整機能を付加
- ・排泥ライン各ブロックには、排泥ポンプ（可変速）を設置
- ・送泥ライン、排泥ラインともバルブはエアバルブを使用
- ・コンピュータを用いてこれらの操作を自動制御

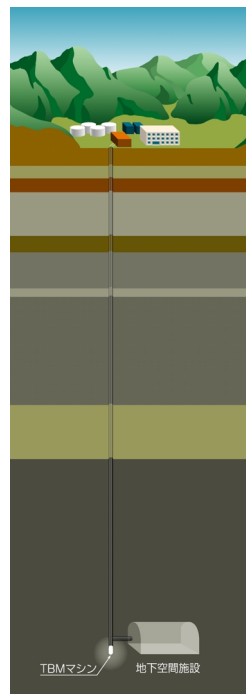


図1. 大深度イメージ

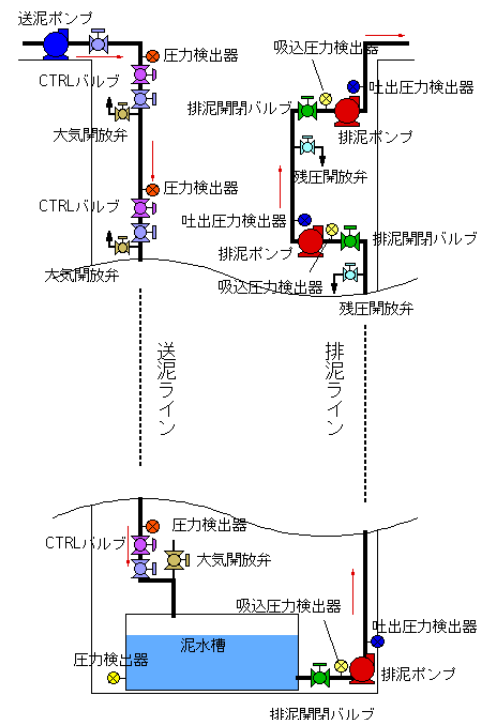


図2. 大深度送排泥制御システム

また、高水圧を発生させることなく送排泥制御を行うしくみは次のとおりである。

- ・送泥ライン：一つのブロック内において、設定した貯水量の増減に応じそのブロック上部のバルブを開閉し、自由落下にて下方へ送泥する。各ブロックごとにこの動作を行うことで高水圧の発生を防止することが可能となる。また、バルブの開度は貯水量の設定値からの偏差によって制御されている。
- ・排泥ライン：一つのブロック内において、ブロック下部に配置した排泥ポンプの回転により、そのブロックの上部バルブの前後圧力が同等になったとき、バルブを開きポンプ圧により上方へ排泥する。つまり、分散させた水圧の保持をバルブからポンプ圧（回転数）による保持に置き換えることで高水圧の発生を防止している。また、ポンプの回転数は、排泥流量、あるいはポンプの吸込み圧力の設定値からの偏差によって制御されている。

3. 流体輸送実証実験

実験は、高低差約 16.5m を3ブロックに分け（1ブロックを 5.0m～6.0m）、送泥・排泥ラインとも2イン

キーワード：大深度立坑掘削、流体輸送、上向き連続搬出、自動制御

連絡先：〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7229 FAX 045-814-7252

チの配管を使用、排泥ポンプは3インチ（1.5kw）を使用し、「清水」にて実験を行った。実験の目的は、本システムにおける流体輸送の確認、及びコンピュータ制御（プログラム内容）の確認である。また、制御プログラムを作成し、一連の操作は、コンピュータ画面を見ながら行った。

実験項目は、定常状態における運転・停止動作の過程計測、および外乱発生（停電、閉塞、一部のポンプ停止、設定排泥流量の変更、etc）時の過程計測という内容で、送泥・排泥ラインそれぞれのデータを取得した。

4. 実験結果

4-1. 定常状態における運転・停止動作の過程計測結果

図4は、送泥ライン B1F～1F 間における送泥管内水位の変化を表したもので、時間の経過とともに送泥管水位は設定水位（25.0kPa）を中心として上下に変動しており、最大水頭高さ（47.3kPa）を越えていない。つまり、当ブロック範囲内で水圧をコントロールしていることがわかる。他のブロックも同様の結果を得ており、これらから送泥ライン内において、深度が大きくなっても高水圧を発生させずに流体輸送を行うことができることがわかる。



図3.実験装置（一部）と制御室

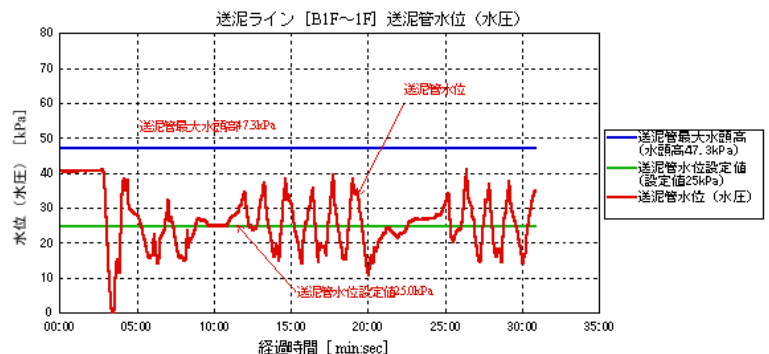


図4. 実験結果／送泥ライン

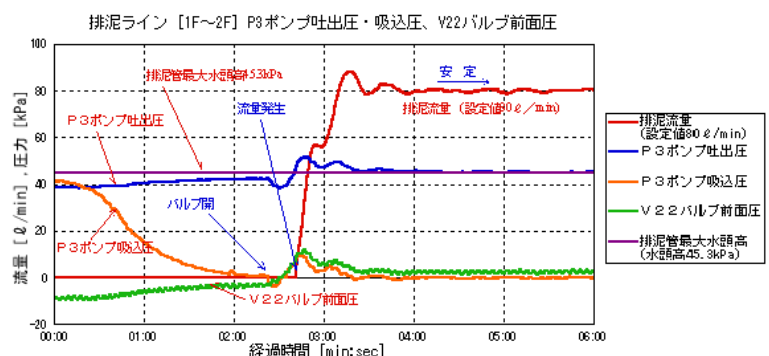


図5.実験結果／排泥ライン

る）。また、排泥流量は、排泥開始後間もなく設定値へと収束し、制御できていることがわかる。他のブロックも同様の結果を得ており、これらから排泥ライン内においても、送泥ライン同様、深度が大きくなっても高水圧を発生させずに流体輸送を行うことができることがわかる。

4-2. 外乱発生時の過程計測結果

次に、外乱発生時の緊急停止機能、あるいは定常状態への推移の確認であるが、停電、閉塞、一部のポンプ停止の際、エアバルブ（ON-OFF バルブ）が確実に閉まることを確認した。また、設定排泥流量変更時もコンピュータ制御にて変更設定値へ安定的に移行することが確認できた。

5. おわりに

今回行った実験に関して、当初、送泥ラインより排泥ライン側のほうが制御が難しいと考えていたが、実際はその逆であった。その原因として、送泥配管と下部水槽の断面積の比率、圧力検出器の精度、送泥配管内の水位変動の大きさとそれによる管内圧力の影響などが挙げられる。これらの原因を個々に解決することによって今回の実験の成果を得ることができた。また、実施工に向けての技術的検討課題も種々あり、今後引き続き検討を行う予定である。