

# 泥水式ミックスシールドのエアチャンバー制御方法に関する検討

長岡技術科学大学 学生会員 ○ゴ・ゴク・クーン 大森絵美  
株式会社アクティオ 大塚努 大林正明  
長岡技術科学大学 正会員 杉本光隆

## 1. はじめに

近年、海外では、従来の泥水による制御に加えてカッターチャンバーの坑内側にエアチャンバーを設け、この上部に空気層を形成し、この空気圧と液面高さを制御することにより、空気の圧縮性を利用して、地山側の圧力変動による切羽圧の変動をより安定的に制御する空気併用方式が採用されつつある。

しかし、送気・排気流量、供給空気圧等の空気圧の制御方法については、未知の部分が多い。そこで、本研究では、小口径の泥水式シールドを想定した実大実験により、空気併用方式の特徴・制御方法を把握することを目的とする。

## 2. 実験方法

### (1) 実験装置

実験装置は、泥水式シールドにおける切羽圧管理として、従来方式と空気併用方式の両方を適用できる仕様とした。図1に実験装置フロー図を示す。なお、泥水式シールドの空気併用方式による切羽圧管理の課題は送排気関係であることから、本実験では、泥水の代わりに水を用いた。

### (2) 実験因子

使用した実験因子を以下に列記する。

a) 制御方式：従来方式， 空気併用方式。

b) 想定事象

1) 定常状態：切羽水圧一定を想定した。また、現場と同様に、バイパス還流・切羽還流も考慮した。

2) 地山崩壊（小量）（大量）：切羽で地山が崩壊し、切羽水圧 100kPa で、それぞれ切羽水圧が 16.7kPa, 35~40kPa 程度（空気量変化率で 20%, 54~67%）減少することを想定した。

3) 閉塞キャビテーション：排泥管が閉塞し、切羽水圧が急上昇する場合を想定した。

c) 切羽水圧：100~250kPa

d) さらに、空気併用方式では、供給空気圧（200~600kPa）、送排気系統（1, 2 系統）、送排泥ポンプ制御方式（PI, PID 制御）

### (3) 実験方法

1) 従来方式：メインチャンバーとエアチャンバーを満水とし、通常の泥水式シールドと同様に、切羽水圧が所定の圧力となるように送泥・排泥流量を制御した。

2) 空気併用方式：メインチャンバーを満水とし、エアチャンバーの上半部をエアで満たし、所定の切羽水圧となるように、供給空気圧を設定し、送気量を制御した。また、液面水位が所定の位置となるように送泥流量を制御した。

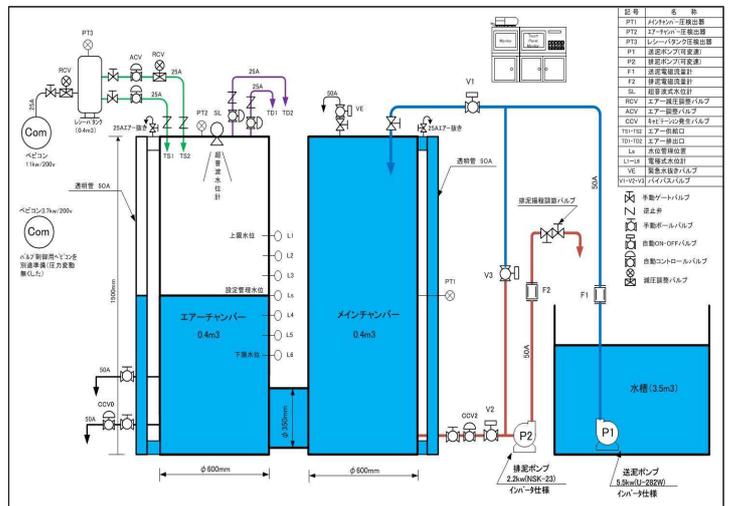


図1 実験装置フロー図

(4) 計測項目

チャンバー関係(メインチャンバー圧, エアチャンバー圧, エアチャンバー水位), 送排泥関係(送泥・排泥流量), 送排気関係(コンプレッサー圧, レシーバタンク圧), 想定事象関係(制御バルブの開度, 放水量)を自動計測した。

3. 実験結果と考察

ここでは, 例として, 切羽水圧 100kPa, 空気併用方式では供給空気圧 200kPa, 送排気 1 系統, ポンプ PID 制御で, 「地山崩壊(少量)→地山崩壊(大量)→閉塞キャビテーション」を連続的に発生させた従来方式(Case1)と空気併用方式(Case2)の, 排水・閉塞バルブ開度, チャンバー圧  $\sigma_{chamber}$ , 供給空気圧  $\sigma_{air}$ , チャンバー水位  $h$ , 送排泥流量  $q_{in}$ ,  $q_{out}$ , 注水量  $V_q$  の時系列データを図 2 に示す. この図から, 「地山崩壊」について以下のことがわかる.

1)従来方式: チャンバーから外部に排水が開始されると, 2 秒遅れて, チャンバー圧  $\sigma_{chamber}$  が減少し出し, 同時に, 送泥流量  $q_{in}$  が増加を開始する. その結果, 注水量  $V_q$  が増加し,  $\sigma_{chamber}$  が増加する.

排水停止後,  $\sigma_{chamber}$  が設定切羽水圧  $\sigma_{face}$  に復するまでに要した時間は, 地山崩壊(少量), (大量)で, それぞれ, 6 秒, 5 秒であった. この後,  $\sigma_{chamber}$  は, 最大圧を示した後, 設定切羽水圧  $\sigma_{face}$  に復した.

2)空気併用方式

チャンバー水位: チャンバーから外部に排水が開始されると, チャンバー水位が減少し, これに伴い, 送泥流量  $q_{in}$  が急増し, 注水量  $V_q$  が増加する. この結果, チャンバー水位が増加に転ずると, 送泥流量  $q_{in}$  は漸減し, チャンバー最高水位>設定値となる. この後, 送泥流量  $q_{in}$  < 排泥流量  $q_{out}$  となって, 注水量  $V_q$  が減少し, 緩やかにチャンバー水位は設定値に収束する.

チャンバー圧: チャンバーから外部に排水が開始されると, チャンバー水位の減少に伴い, チャンバー圧  $\sigma_{chamber}$  も減少する. その後, 送気により, チャンバー水位<設定値で,  $\sigma_{chamber} = \sigma_{face}$  となった後, チャンバー水位の増加に伴い, チャンバー圧最大値 >  $\sigma_{face}$  となる. さらに, 排気により, チャンバー水位 > 設定値で,  $\sigma_{chamber} = \sigma_{face}$  に収束する.

3)従来方式より空気併用方式の方が, チャンバー最小圧が大きく, 最大圧は小さく, チャンバー圧の変動は小さくなった. この傾向は, 地山崩壊(大量)の方が大きい.

4. まとめ

泥水式ミックスシールドの切羽圧管理に関する実大実験を実施し, 従来方式と空気併用方式による地山崩壊, 閉塞キャビテーションの制御メカニズムを明らかにし, その特徴・制御方法を把握した. また, 従来方式より空気併用方式の方がチャンバー圧変動抑制効果が大きいことを確認した.

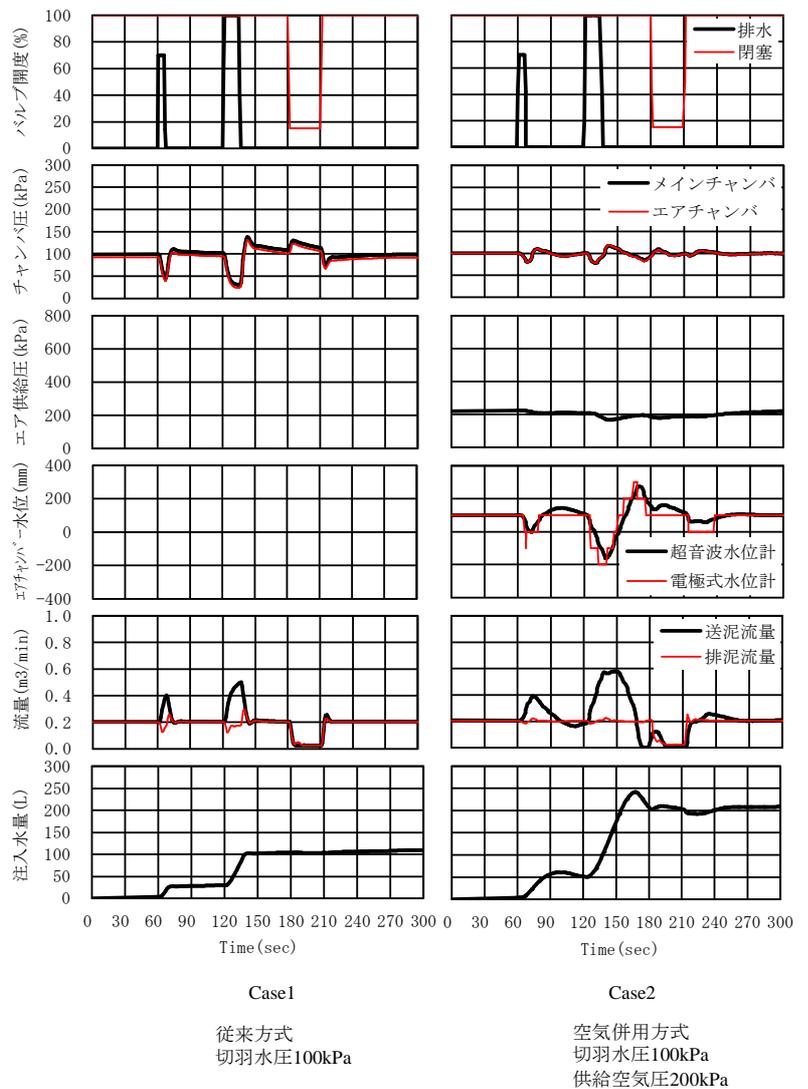


図 2 計測データの時系列変化