

泥水ライニング構造に適用する泥水の反重力方向に対する自己閉塞機能試験

電源開発(株) 正会員 ○久野 彰大

電源開発(株) 正会員 高島 正治

(株)開発設計コンサルタント 非会員 瀧上 安信

1. 目的

筆者らは、圧縮空気エネルギー貯蔵（以下、「CAES」と呼ぶ。）発電に適用する地下式空気貯槽の新たな構造として、泥水ライニング構造（図-1）を考案し、その泥水に求められる自己閉塞機能の確認試験を実施してきた。その結果、重力方向に対する泥水の自己閉塞機能を確認できた¹⁾。一方、現場への適用にあたっては、重力方向のみならず、掘削面全周方向に対して、泥水の自己閉塞機能が発揮されなければならない。そこで、全周方向のうち、重力を含めた泥水圧の大きさが相対的に小さくなる反重力方向の自己閉塞機能試験を、新たに開発した試験装置により行った。本稿では、その試験方法と試験結果について報告する。本試験の目的は、通泥方向にかかわらず、岩盤亀裂の大きさをパラメータとして、自己閉塞機能の適用性を確認することである。なお、泥水にかける圧力の大きさは最大で3MPaとした。

2. 試験方法

2.1 泥水の配合

泥水は、ベントナイトおよび粘土を主体に、自己閉塞機能を付与するための逸泥防止材（写真-1）を組み合わせ作成した。配合は表-1 に示す通り、基本配合と、基本配合と比べて逸泥防止材を2倍配合したケースの2種類とした。

2.2 試験装置

試験装置の概要を図-2 に示す。この装置は反重力方向に加えて重力方向の自己閉塞機能試験にも使用することができるため、その時の試験装置の様子をあわせて図中に示している。試験装置は、泥水容器、亀裂試験

体を設置する通泥容器、および加圧システムから構成され、泥水容器と通泥容器は耐圧ホースで連結されている。加圧システムに

より加圧された泥水は、反重力方向の場合、泥水容器から耐圧ホースを通して通泥容器底部に至り、亀裂試験体の底部から頂部に向けて送泥される。泥水の自己閉塞機能が発揮されない場合、泥水は亀裂試験体の底部から頂部に流出するが、自己閉塞機能が発揮された場合、泥水は亀裂試験体の底部付近に貯留され、加圧システムにより付与された圧力を保持することになる。図-2 中の写真に示すとおり、亀裂試験体は、ポリ塩化ビニル材料の円筒を半割にしたものと、スパーサーとを組み合わせることで岩盤亀裂を簡易的に模擬したものであり、その幅は通泥方向に対して一定で、4mm、5mm、6mmの3種類とした。

2.3 圧入条件（単調載荷）

泥水の圧力は、図-3 に示すとおり、最大圧力3MPaまで段階的に昇圧する単調載荷試験とした。

泥水により覆工にプレストレスを付与し、内圧に抵抗する構造。

【泥水に対し要求する性能（自己閉塞機能）】
 ・岩盤亀裂等から逸泥することなく覆工-岩盤間に充填できるか。
 ・覆工に外圧を安定して作用させることができるか。

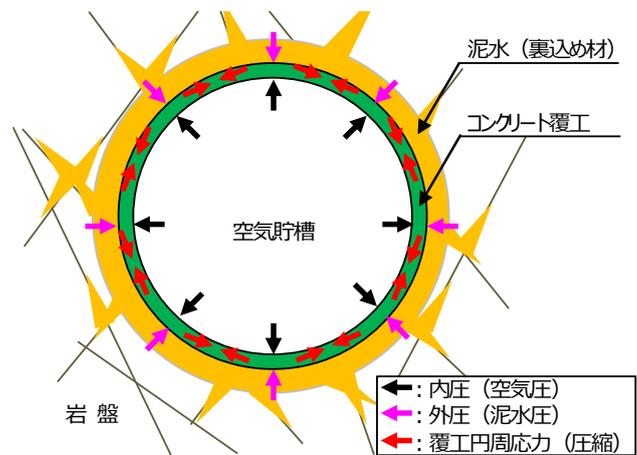


図-1 泥水ライニング構造の概念

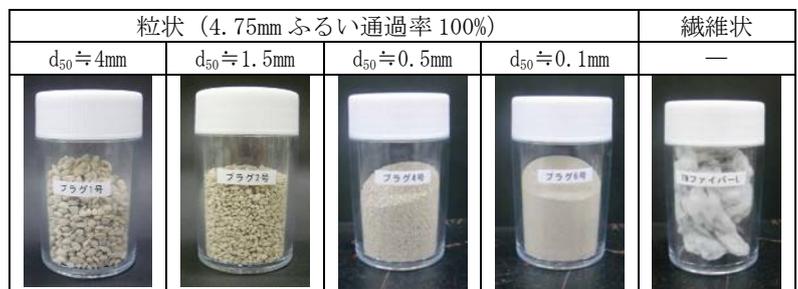


写真-1 逸泥防止剤

表-1 泥水の配合（表中の値は水に対する重量比（外割）を示す。）

配合名	ベントナイト	粘土	潤滑剤	増粘剤	逸泥防止材（粒状）	逸泥防止材（繊維状）
基本配合	10%	5%	0.5%	0.05%	各4%	2%
逸泥防止剤2倍	10%	5%	0.5%	0.05%	各8%	4%

キーワード：圧縮空気エネルギー貯蔵（CAES）、地下、圧縮空気貯槽、泥水、

連絡先：〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎1-9-88 電源開発株式会社 茅ヶ崎研究所 TEL 0467-88-7854 FAX 0467-87-1905

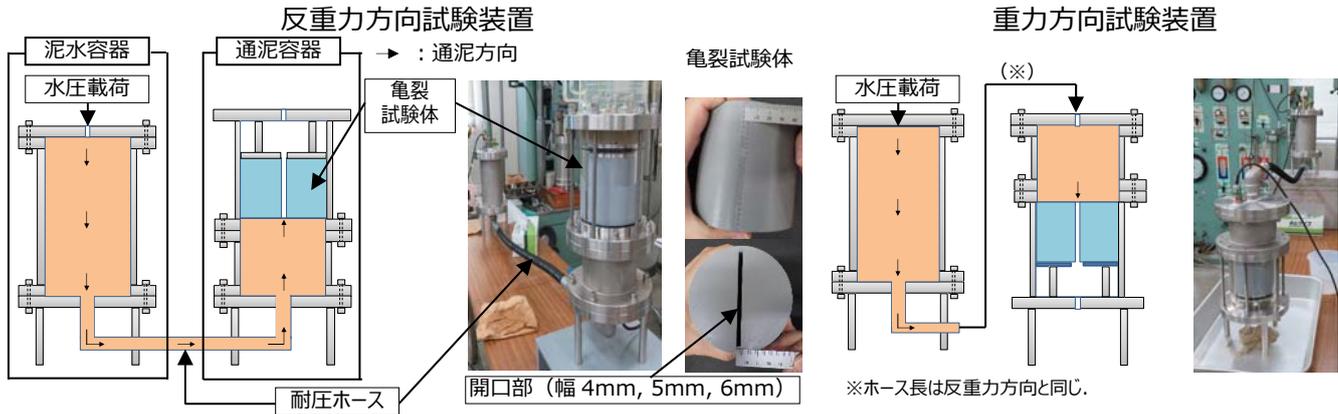


図-2 試験装置の概要

3. 試験結果

試験結果の概要と、泥水圧と泥水供給量の関係を表-2 および図-4 に示す。比較のため、重力方向の自己閉塞機能試験結果も併せて図中に示した。

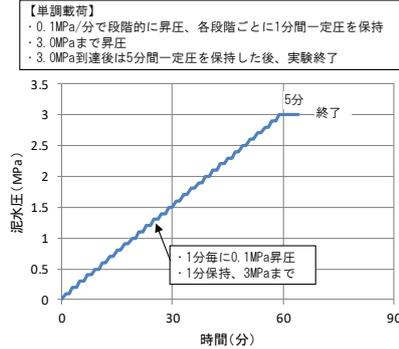


図-3 泥水圧の载荷方法

亀裂試験体の開

口幅 4mm に対して基本配合の泥水を圧入したケースでは、反重力方向に開口を閉塞し、3MPa の圧力を保持できることを確認した。3 回の再現性確認の結果、泥水供給量に若干の違いはあるものの、圧力保持機能は安定して確保できると考えられる。

開口幅 5mm に対して基本配合の泥水を圧入したケースでは、反重力方向および重力方向ともに、開口を閉塞し、3MPa の圧力を保持できることを確認した。ただし、図-4 のうち反重力方向で開口幅 5mm の試験結果から確認できるように、泥水圧上昇の一時的な停滞や、3MPa 時の泥水供給量のバラツキが認められることから、自己閉塞機能は確認されたものの、開口幅 5mm は基本配合の適用限界に近いと考えられる。

一方、開口幅 6mm に対して基本配合の泥水を圧入したケースでは、反重力方向に開口を閉塞し、圧力を上昇させることはできなかった。

しかし、表-2 のうち開口幅 6mm の試験結果から確認できるように、逸泥防止剤を 2 倍配合したケースでは、基本配合と比較してより大きな開口幅に対して自己閉塞機能が発揮されるようになることを確認した。

4. まとめ

CAES 発電の新たな地下式空気貯槽として筆者らが提案する泥水ライニング構造に適用する泥水に求められる自己閉塞機能について、室内試験により確認した。その結果、4mm で一定幅の開口であれば、反重力方向であっても泥水の自己閉塞機能を安定して確保できることを示した。引き続き本試験を継続することに加えて、今後、より現場の岩盤亀裂形状に即した亀裂模擬試験体として、試験体の入口と出口の幅が漸変する漸変型岩盤亀裂模擬試験体を作成し、同様の自己閉塞機能試験を実施する予定である。

参考文献

1) 西本, 高島, 久野, 湧上: 泥水ライニング構造に適用する泥水の自己閉塞機能試験について, 土木学会第 73 回年次学術講演会概要集, III-088, p. 175-176, 2018.

表-2 試験結果の概要

泥水の配合	亀裂試験体の幅		
	4mm	5mm	6mm
基本配合	①/②/③※ ¹ (-) ※ ²	①/②/③ (○)	× (-)
逸泥防止材 2 倍	- (-)	- (-)	○ (-)

※1 ○は 3MPa まで保持できたケース, -は未実施のケース, ×は 3MPa より小さい圧力で逸泥が発生したケース。
なお, ○および×の個数は実験回数と対応する。
※2 (-) 内は重力方向での試験結果を示す。

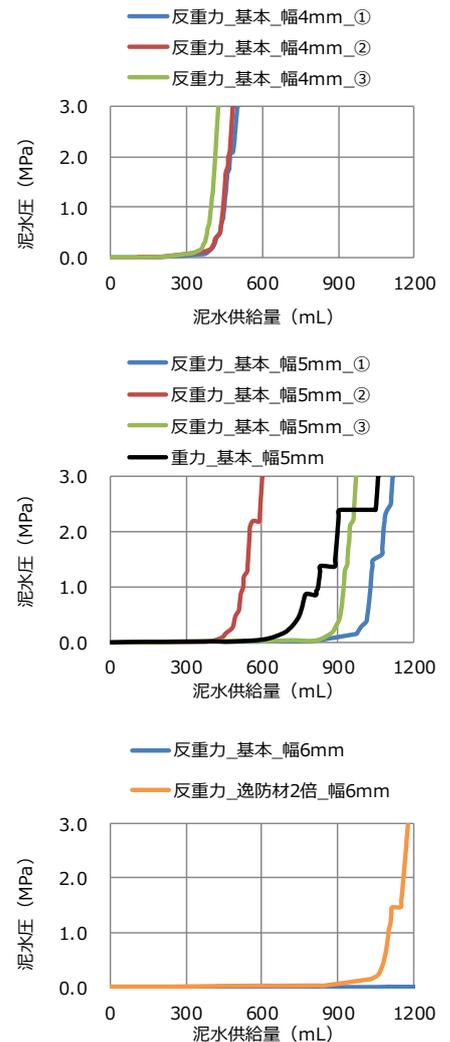


図-4 泥水圧と泥水供給量の関係