

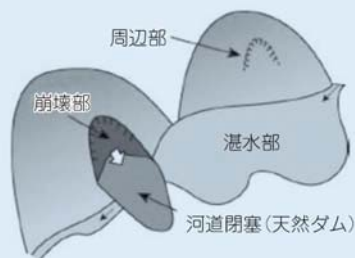
新技術開発探訪

大規模災害対応のサイフォン排水技術の調査検討

1. はじめに

平成16年新潟中越地震，平成20年岩手・宮城内陸地震などで見られたように，大規模な土砂崩落により河道閉塞（天然ダム）が発生し（図—1），湛水部の水位が上昇し決壊などによる災害が危惧される場合は，仮排水路が設置されるまでの緊急対策が必要である。

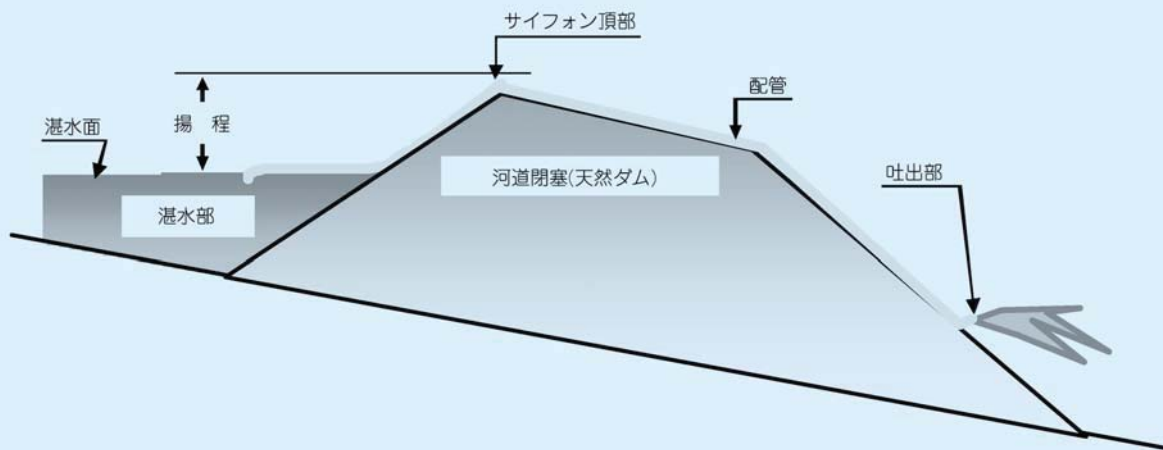
仮排水路設置までの緊急対策は，これまでポンプ排水で実施されているが，ポンプ運転には大量の燃料が必要となる。これらの運搬には大きな手間とコストがかかり，被災現場では輸送路確保が困難な場合も多いことから，これを軽減すること



図—1 河道閉塞状況の例¹⁾

が可能な手法の開発・実用化が求められている。

また，2009（平成21）年3月に公表された「大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理のあり方（提言）」²⁾では，大容量排水技術（サイフォン等）についても開発・検討を進め，実用化の際にはそ



図—2 サイフォン排水のイメージ図

の適用範囲を明確化すべきであるという考え方が示されている。

そこで、これまでの事例や災害現地の状況等を調査・検討するとともに、河道閉塞部における湛水部の水の位置エネルギーを利用するサイフォン排水技術（図-2）について、現場適用性の確認を行うために大口径（φ400）の実験管路によるモデル実験を行ったので、その概要を紹介する。

2. ポンプ排水の実施例

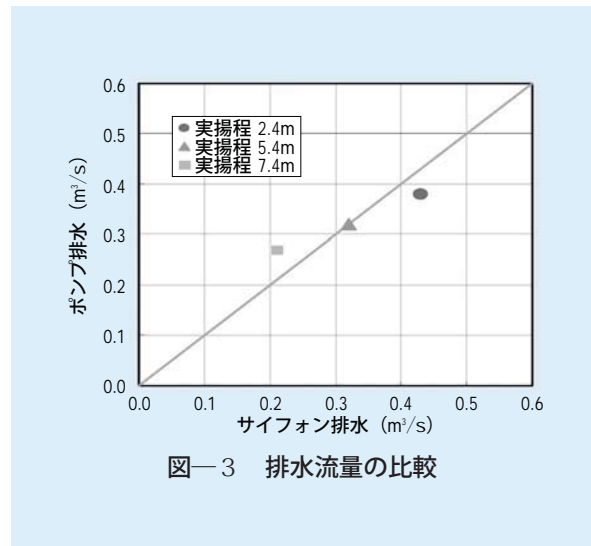
平成16年新潟中越地震の芋川（東竹沢地区）で発生した河道閉塞においては、越流防止のため、緊急対策としてのポンプ排水が24時間体制で実施された。排水に用いたポンプ（0.5m³/sec）12台は、陸路がすべて寸断されたため、国土交通省保有の排水ポンプ車を緊急に分解輸送したものであり、操作盤・発電機等と併せて自衛隊のヘリコプターにて空輸している。

1カ月以上にわたるポンプ排水運転を行うことで上流側水位の低下を実現し、仮排水路を完成させることができた。

3. サイフォン排水の有効性

サイフォン排水の性能を検討するため、中越地震の芋川河道閉塞への対応を例として配管長250mの排水ポンプとサイフォン排水の排水能力比較を行った。両方式の諸元を表-1に示す。

排水流量は、図-3に示すとおり、同じ口径で比較するとおおむね同程度の能力が得られる。また、実揚程が低い場合にはサイフォン排水の方が流量が大きい傾向が見られる。すなわち、湛水部水位が高くなり決壊の危険が迫ったとき（実揚程



が低いとき)ほど流量が多くなり有利といえる。

燃料運搬の手間の軽減としては、排水ポンプは排水運転の間、継続して発電機の燃料補給が必要であるが、サイフォン排水はサイフォン起動時に小型の真空ポンプを短時間運転するのみで、それ以降は動力を必要としないことから有利である。

4. サイフォン排水技術の導入検討

(1) 概要

前述の排水方式の比較により、サイフォン排水は湛水部水位が高いほど排水量が大きくなる傾向があり、燃料を必要としない等の有効性が確認された。そこで、大口径サイフォンの実機によるモデル実験を行い、サイフォン排水技術の検証ならびに適用限界の確認、サイフォン排水技術導入のための知見、情報の収集を行った。

(2) サイフォン排水技術の適用範囲の検討

サイフォン配管内の圧力は、配管頂部で最低（最大負圧）となり、理論上は-10.3mまでと考えられるが、実際には、圧力が下がると水中から

表-1 排水方式の諸元

排水方式	配管と口径	ポンプ仕様	備考
排水ポンプ	ホース, φ400	全揚程 8m 吐き出し量 0.5m ³ /s 電動機出力 60kW	ポンプは現状のメーカー仕様による
サイフォン排水	樹脂管, φ400	動力不要	

気泡が発生し配管の頂部に溜まってしまうので、サイフォン頂部の限界圧力水頭は $-7 \sim -8.5\text{m}$ にとるのが実用的とされている³⁾。そこで、サイフォン頂部と吐出口の標高差、揚程、口径が与えられた時のサイフォン排水流量の計算を行うとともに、サイフォンとして機能する範囲の検討を行

った。

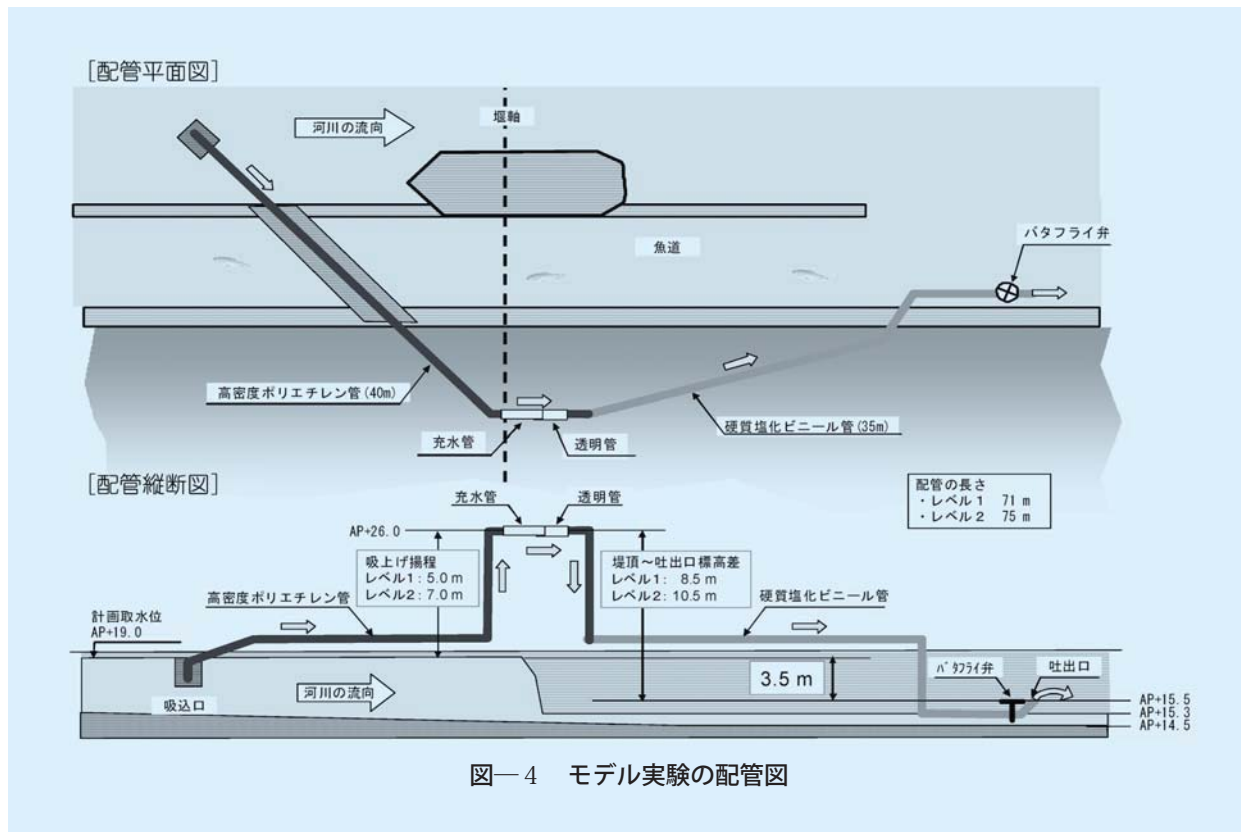
(3) サイフォン排水モデル実験

① 実験設備

モデル実験では、写真一1、図一4に示すとおり、多摩川の河口から約22.4km地点に位置する



写真一1 モデル実験の全景



図一4 モデル実験の配管図

二ヶ領宿河原堰の湛水を河道閉塞箇所の湛水部に見立て、枠組み足場を組んで河道閉塞部を模擬し、水面から最大7mの高さを乗り越えて河床に排水するものとした。延長75mの配管には、人力で設置できる重量を考慮しつつできるだけ大容量の排水が可能な口径φ400を選択した。

吸込み部は表面取水となる配置とし、ゴミ防護スクリーンを設けた。サイフォン頂部はサイフォン起動に必要な充水部（注水ポンプおよび真空ポンプ接続口を設けた配管）を設置し、気泡の発生状況を観察できるようにアクリル透明管を接続した（写真—1）。

② 実験内容と測定項目

配管頂部の高さは、次のように水面からの高さ5mと7mの2種類設定した（図—4）。

- ・レベル1：気泡の発生がない条件（吸上げ揚程5m）
- ・レベル2：気泡の発生が予想される条件（吸上げ揚程7m）

配管材料は、吸込み側および頂部に高密度ポリエチレン、吐出側に硬質塩化ビニールを使用した。

実験は、レベル1において流量試験およびサイフォンの起動、回復、連続運用に向けた手順を明らかにするサイフォン運用試験を行い、レベル2においてはサイフォン適用限界試験および気泡発生時における気泡の解消試験を行った。

5. 実験結果

口径φ400、延長75mの実験管路において、まず吐出側の弁を閉じ、配管内の空気の排気を行う

ことで、約12分で満水状態となった。その後、弁を開けていくとなめらかに排水できることを確認した。

サイフォン適用の限界試験では、レベル2揚程7mにおいて、流量が大きくなると圧力低下による気泡の発生が確認されたことから、吸上げ揚程7m程度が安定的な排水の限度と考えられた。このとき、気泡の発生による配管への損傷等の影響はなかった。

また、この実験の範囲では、気泡発生により運転が中断した際にも、再度真空ポンプで管内をほぼ満水にすれば、水の流れで管内の残りの気泡を運び、無事に排水できることも確認した。

6. おわりに

今回行った調査検討により、これまで河道閉塞部の現場では実施例のなかったサイフォン排水について、その適用範囲が明らかになり、技術的に可能であることが確認できた。今後は、本技術を災害現場で速やかに実施可能とするための機材の設計、設置方法ならびにその運用方策等の検討が必要と考える。

【参考文献】

- 1) 独立行政法人土木研究所：天然ダム監視技術マニュアル（案），土木研究所資料第4121号，p.2，平成20年12月
- 2) 国土交通省 大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理に関する検討委員会：大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理のあり方について（提言），3.天然ダムの危機管理のあり方3-5対策工事(2)排水対策，平成21年3月
- 3) 社団法人土木学会：土木工学ハンドブック第四版 I，p.491，平成元年11月

国土交通省関東地方整備局関東技術事務所 施工調査課長 林 輝
同 施工調査課 機械調査係長 武田 直人