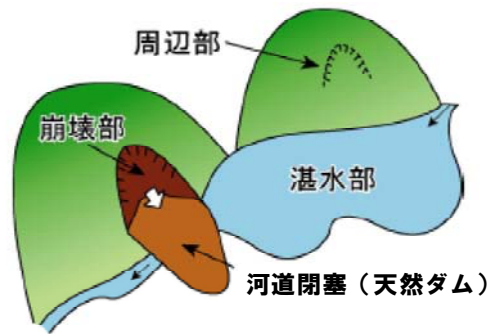


大規模災害に対応するサイフォン排水技術の開発 －河道閉塞部の緊急排水対応について－

関東技術事務所 施工調査課 武田 直人

1. 背景と目的

平成16年新潟県中越地震、平成20年岩手・宮城内陸地震などでみられたように、地震により生じた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排水が必要である。

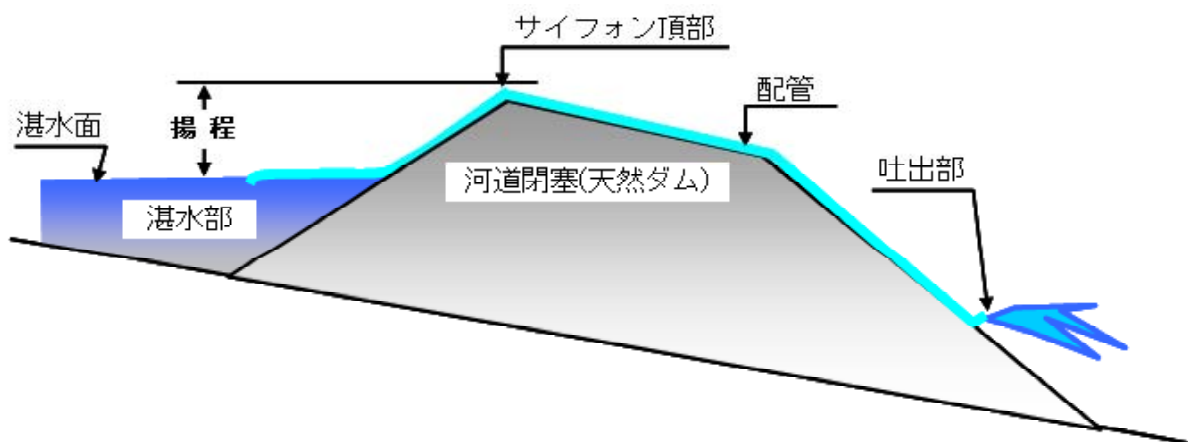


図－1 河道閉塞状況の例¹⁾

仮排水路設置までの緊急排水は、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が可能な技術の開発・実用化が求められている。

また、2009年(H21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）について開発・検討を進め、実用化の際には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、これまでの事例から災害現場の状況等を調査・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、現場適用性確認をするために大口径（φ400）の実験管路によるモデル実験を行い、それらの成果をもとに「大規模な河道閉塞におけるサイフォン排水導入マニュアル（案）」をとりまとめた。



図－2 サイフォン排水技術のイメージ図

2. 検討内容

2. 1 サイフォン排水技術の導入検討

2. 1. 1 概要

新潟県中越地震の芋川河道閉塞部への対応を例として、サイフォン排水の性能を検討したところ、サイフォン排水は湛水部水位が高い時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などの特徴を確認している。

2. 1. 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 （ 101kPa ）までと考えられるが、実際には、圧力が下がると水中から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 -7m （ -68.6kPa ） $\sim -8.5\text{m}$ （ -83.3kPa ）にとるのが実用的とされている³⁾。

そこで、サイフォン排水技術の適用限界の確認などのため、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って、最大流量時の配管頂部圧力が実用限界とされている -8.5m を越える条件として吸上実揚程 7m 程度を設定した。

2. 2 サイフォン排水モデル実験

2. 2. 1 概要

サイフォン排水技術の検証並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、情報収集のため、大口径サイフォンの実機によりモデル実験を行った。

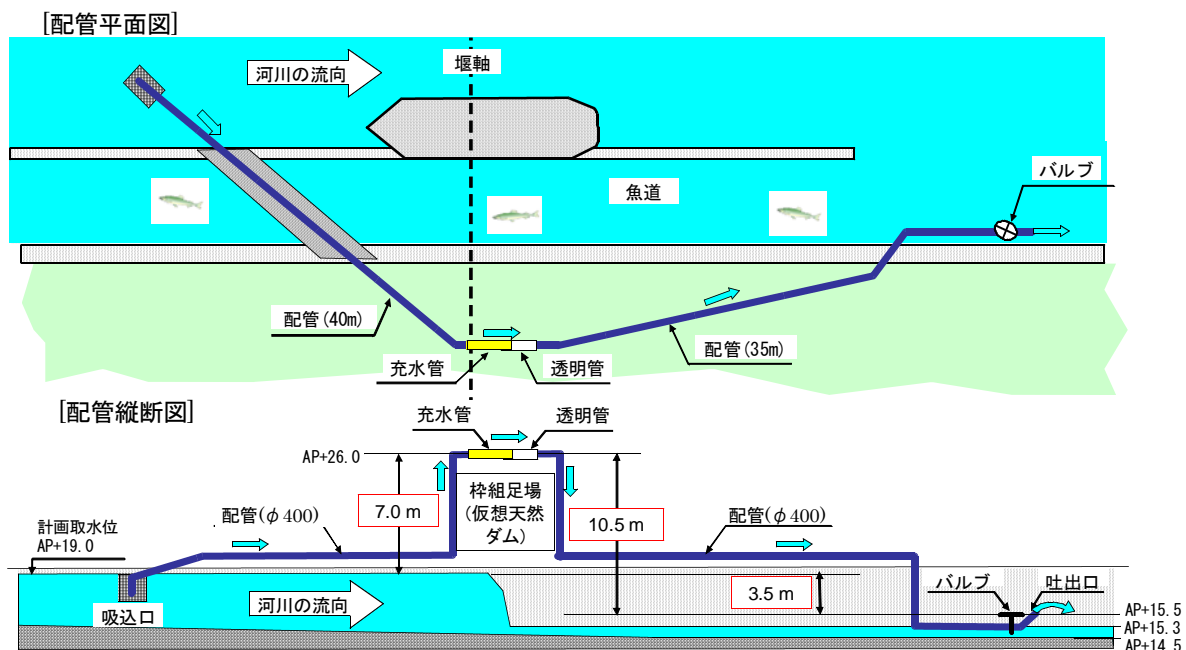
2. 2. 2 モデル実験設備と実験内容

実験設備は、写真-1、図-3に示すとおり多摩川の二ヶ領宿河原堰の湛水を河道閉塞箇所に見立て、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 （吸上実揚程）の高さを乗り越えて下流側の河床に排水するものとした。



写真-1 モデル実験設備

延長75mの配管には、新潟県中越地震の芋川河道閉塞部で実績のある排水ポンプの口径φ400を選択した。その配管には、最大負圧の状態における管内の様子を目視するため、長さ1mの透明管を挿入した。また、サイフォンの起動・停止・流量制御のために吐出端にバタフライバルブ（以下、バルブ）を設けた。実験では、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などを行った。



図－3 モデル実験の配管図

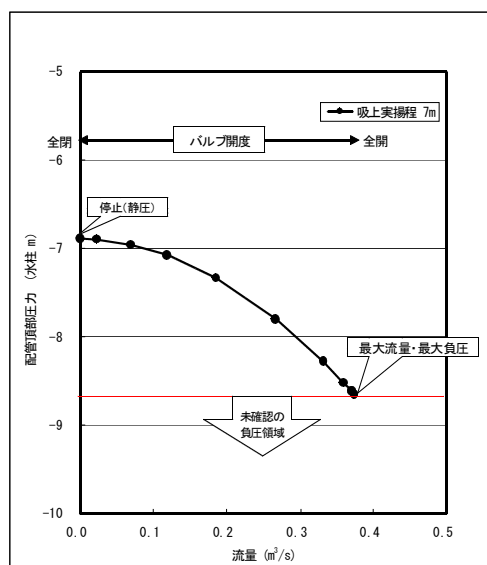
2. 2. 3 サイフォン排水モデル実験結果

口径φ400、延長75mの実験管路において、まず吐出側のバルブを閉じ、排気速度 $1\text{m}^3/\text{min}$ の真空ポンプで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、バルブを開けていくとなめらかに排水できることを確認した。

(1) サイフォン適用限界試験

サイフォン排水では、前述のとおり配管頂部で負圧となりサイフォン排水を継続できる限界があると考えられることから、計算上限界と考えられる条件（吸上実揚程7m）での実験を行い流れの状態を観測した。図－4は、管路を満水状態とした後、バルブを除々に開いた際の配管の流量と配管頂部の圧力水頭の関係を示したものである。流量の増加につれて配管内の圧力は低下し、最大流量時点で最大負圧 -8.7m (-85.3kPa) となった。

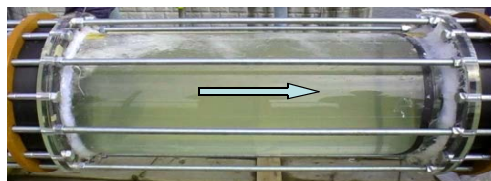
このとき気泡の発生が明確に確認されたことから、吸上げ揚程7m程度（排水量は約 $0.4\text{m}^3/\text{s}$ ）が安定的な排水の限度と考えられた。なお、気泡の発生による配管への損傷などの影響はなかった。



図－4 流量と配管頂部圧力

(2) 気泡発生時における気泡の解消試験

この実験では、ある程度負圧が大きくなって気泡が発生し相当量が滞留した場合でも、水の流れ（流量）で管内の残りの気泡を無事に排水できることを確認した。（図－５）



図－５ 気泡が流される状況

3. 大規模な河道閉塞におけるサイフォン排水導入マニュアル（案）の作成

「大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理のあり方（提言）」²⁾で述べられている事項およびサイフォン排水モデル実験で得られた知見を活用して「大規模災害対応のサイフォン排水導入マニュアル(案)」(以下マニュアル(案)とする。)を作成した。

これは、天然ダムが出現した場合の災害現地の指揮官あるいは応急施工責任者が使用することを想定したもので、本省関係課、東北・北陸・関東地整で構成する検討会の技術的助言を得てとりまとめた。

マニュアル(案)の主な目的と適用範囲は、サイフォン排水技術の普及を図るため、排水の可否判断の方法とサイフォンを用いるにあたり必要となる最小限の技術的要点をとりまとめたものである。特にサイフォン排水に用いる配管材料の選定や規格により調達に時間を費やすことなどについては、災害現場ごとの条件の違いから、その対応策を選択肢を設けて示している。

4. まとめ

今回行った検討内容により、これまで地震により生じた大規模な土砂崩落による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、技術的に可能であることが確認できた。災害現場での実運用時に揚程7mを越えた運用については、気泡の発生に注意を払いながらバルブ開度を調節することで流量を安定的に確保できるものと思われる。

マニュアル(案)については、モデル実験で確認された知見をとりまとめたが、今後は、災害現地への出動経験や実験の積み重ねにより、マニュアル(案)の改訂をしなければならない。また、本技術を災害現地での悪条件などを考慮して、速やかに設置可能とするための機材の設計や運用方策などの検討をしていく必要がある。

謝辞：本論文の作成にあたり、京浜河川事務所の方々にはモデル実験の現場提供に御協力頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 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. 2，2008. 12
- 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，2009. 3
- 3) 社団法人土木学会：土木工学ハンドブック第四版Ⅰ，p. 491，1989. 11