

3.1 連続サイホン式選択取水設備に関する研究

研究年度：平成24年度～平成30年度

研究分野：ダム構造・設計に関する調査研究

調査研究名：連続サイホン式選択取水設備に関する研究

研究者：高須修二、川崎秀明、菊池恭三、川津孝徳*

【要約】

本研究は、今後の連続サイホン式選択取水設備の技術進展の一助になることを期待して、設計、製作関係者からなる「取水放流設備技術研究会」での議論をもとに、これまでの連続サイホン式選択取水設備の実績から、水理的、構造的な設計の基本的な考え方、事例を整理した。

【キーワード】

連続サイホン式、選択取水設備、設計要領

【背景・目的】

ダムの取水設備として、設置目的に適合した水質の貯留水を貯水池の水位変動に応じて任意層から必要な水量を取水できる機能を有する選択取水設備が設置されるようになってきている。

選択取水設備には様々なゲート形式が採用されているが、サイホン管の配置間隔を空けずに積層化することで従来と同様の選択取水機能と操作性を有する連続サイホン式選択取水設備が開発された。

しかし、連続サイホン式選択取水設備は、新しい技術であることから「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）」や「選択取水設備設計要領（案）同解説」では触れられていない。

そこで、一般財団法人ダム技術センターでは、今後の連続サイホン式選択取水設備の技術進展の一助になることを期待して、設計、製作関係者からなる「取水放流設備技術研究会」での議論をもとに、これまでの連続サイホン式選択取水設備の実績から、水理的、構造的な設計の基本的な考え方、事例を整理した。

【研究経緯】

平成24年度～平成30年度

取水放流設備技術研究会で議論とりまとめを行った。

【平成30年度の研究内容】

水理的、構造的な設計の基本的な考え方、事例を「連続サイホン式選択取水設備設計要領（案）」としてとりまとめたものであり、以下に条文を示す。（解説は省略）

1. 総則

1.1 目的

連続サイホン式選択取水設備設計要領（案）（以下「本要領」という）は、ダムに設置する連続サイホ

ン式選択取水設備の設計、施工、検査および点検について、標準的な手法を示すことを目的とする。

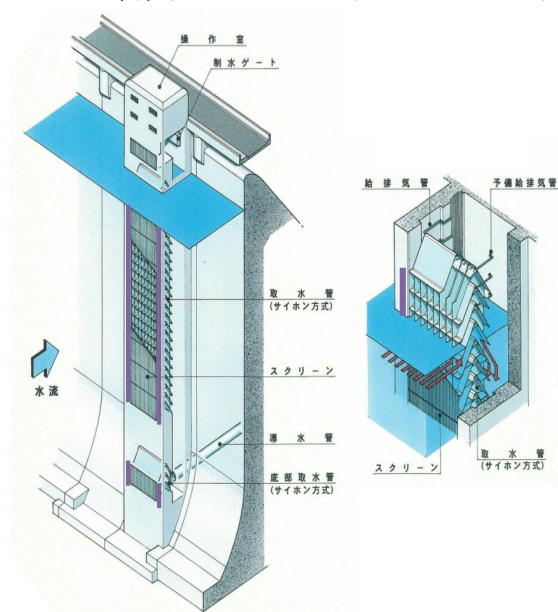


図 1.1.1 設備構成要素図・設備概要図

1.2 適用範囲

本要領は、ダムに設置される連続サイホン式選択取水設備の取水管、空気制御設備、操作制御設備、スクリーンに適用する。

1.3 定義

連続サイホン式選択取水設備とは、水深方向に連続して配置された逆V字管型のサイホンを取水管とする取水設備で、任意の取水管から取水が可能な選択取水設備をいう。

1.4 用語の定義

本要領において、主要な用語の定義は次に定めるものとする。（定義の説明は省略）

- (1) 取水管およびサイホン管
- (2) エアロック
- (3) 上流足部

- (4) 下流足部
- (5) 上流水位
- (6) 下流水位
- (7) 取水時水位差
- (8) 限界水位差
- (9) かぶり水深

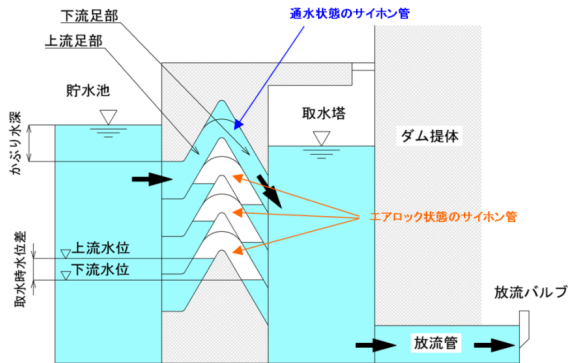


図 1.1.2 サイホン管の水理モデル

1.5 設備構成

連続サイホン式選択取水設備は、取水管、空気制御設備、操作制御設備および付属設備により構成する。

1.6 信頼性の向上

1. 連続サイホン式選択取水設備の設計時には、信頼性向上の観点から、空気制御設備の故障時において必要最小限確保すべき機能を発揮できるように検討するものとする。

2. 信頼性向上の一つとして、取水設備やそれらの操作関連設備は機能と構造が容易に理解できるような単純な構成とし、短期間で修繕が可能のように標準化を図るとともに、用いられる部品・材料は一般に広く使用されているものとし、必要に応じて予備品を備える。

2. 水理設計

2.1 水理設計の基本

連続サイホン式選択取水設備は、設置目的に適合した所要の水質の貯留水を任意層から取水し、貯水池の水位変動に応じた必要な取水量を取水できる機能を有するものとする。

また、サイホン管は通水時の圧力損失による管内水位差を算定し、要求される機能を満たすとともに、キャビテーションや許容値以上の負圧を発生させない形状とする。

2.2 水理設計の手順

サイホン管の呑口形状および配置は、図 2.2.1 に示すフローに基づき決定する。（図は省略）

2.3 基本形状の決定

サイホン管の基本形状は以下の条件を満足する形

状とする。

1. 取水時水位差に対し限界水位差が十分大きい。
2. 風波浪によるサイホン管内の水面変動が頂部底面を越えない。
3. 水温・貯水位変化等によるサイホン管内の水面変動が上限水位と下限水位の間に収まる。
4. 通常取水状態で吐出口から空気が漏れない。
5. 上限水位状態で設定限界水位差が生じたときに、吐出口から空気が漏れない。
6. サイホン管頂部で空洞現象が発生しない。
7. サイホン管吐出口から空気を吸い込まない。

3. 構造設計一般

3.1 考慮する荷重

本要領で対象とする取水管ならびにスクリーンの設計荷重は、次のとおりとする。

(1) 取水管

内圧、自重、地震時動水圧、地震時慣性力、風荷重、コンクリート打込み圧、グラウト注入圧

(2) スクリーン

内外水位差、地震時動水圧、地震時慣性力、氷荷重、自重

3.2 荷重の組合せ

取水管ならびにスクリーンに作用する荷重の組合せは、原則として次のとおりとする。（組み合わせ表は省略）

3.3 材料

1. 使用する材料は、要求される物理的および化学的性質を有するものとする。
2. 取水管、スクリーン、給排気管等の主要構造部の材質は、原則としてステンレス鋼とする。

3.4 許容応力度

（内容は省略）

3.5 許容応力度の補正

（内容は省略）

4. 取水管

4.1 構造設計の基本

取水管は、上面板、底面板、側面板および隔壁で構成される板構造とし、必要に応じ補剛材（スティフナ）を設けるものとする。

取水管に用いる鋼材の板厚は製作および輸送等を考慮して 8mm 以上とする。

（構造概要、応力度計算式は省略）

4.2 側面板・上面板・底面板

4.3 隔壁

4.4 整流板

4.5 ダイヤフラム

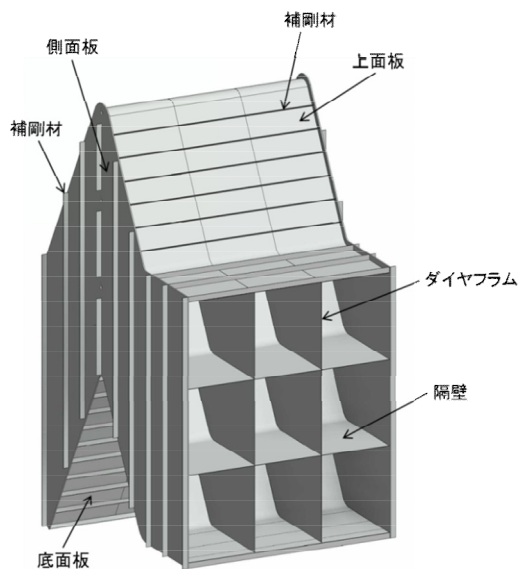


図 1.1.3 各部構造名称

5. 空気制御設備の設計

5.1 動力および電源

空気制御設備の動力は電動機とし、空気圧縮機を確実に運転できるものとする。

5.2 空気制御設備の形式

空気制御設備は、空気圧縮機、レシーバタンク、給排気弁、給排気管等で構成され、通常時は貯水位、塔内水位、取水管内水位計測値に基づき、自動的に給排気を行い、正常なエアロック状態を保つものとする。

5.3 エアロック形成・解除速度

連続サイホン式選択取水設備のエアロック形成・解除速度は 0.3m/min (呑口高で換算) を標準とする。

5.4 空気圧縮機

空気圧縮機の型式は所要能力、周辺環境条件等を考慮して選定する。

5.5 レシーバタンク

レシーバタンクの容量は、取水管および底部取水管のうち最もエアロックに多くの空気を要する管のエアロックが行える量を確保するものとする。

5.6 真空ポンプ

貯水位低下後の再稼働時等、取水管内水位が貯水位よりも低くなった場合の対応として、取水管内を負圧とし、取水管内水位を上昇させる目的で、給排気設備には、真空ポンプを設けるものとする。

5.7 給排気弁および流量調整弁

1. 給気、排気および給排気管の閉塞操作を行うために、給気弁、排気弁をそれぞれ設けるものとする。
2. 給気および排気流量の微調整を行うために、給気側と排気側にそれぞれ流量調整弁を設けるものとする。

5.8 給排気管

1. 系統数：給排気管は、重要度および交換が容易でないことから主副2系統を設けるものとする。
2. 材料：ステンレス鋼管とする。
3. 口径：給排気管の口径は、制御上支障のない管内流速が得られる口径とする。最小口径は、配管内への異物混入等を考慮し、 $\phi 50\text{mm}$ とする。
4. 設置方法：取水塔内設置は、露出を基本とし、維持補修方法が明確な場合に限り、埋設方式とすることができる。

5.9 水位計

水位計は、「ダム・堰施設技術基準 (案)」電気・制御設備設計マニュアル 6-2 水位計解説 5. (4) による。

5.10 サイホン管内水位計測設備

サイホン管内水位の計測は、サイホン管内の空気圧と取水塔内外水位差による方式を基本とし、給排気操作の影響を受けにくい副給排気管で行うものとする。

5.11 操作制御設備

取水設備には、的確な取水操作をするために、次の条件を考慮して操作制御設備を設置する。

- ① 水設備の目的を満たす適切な操作方式および制御方式が確保されていること
- ② 信頼性、安全性、耐久性に優れていること
- ③ 保守・点検が容易であること

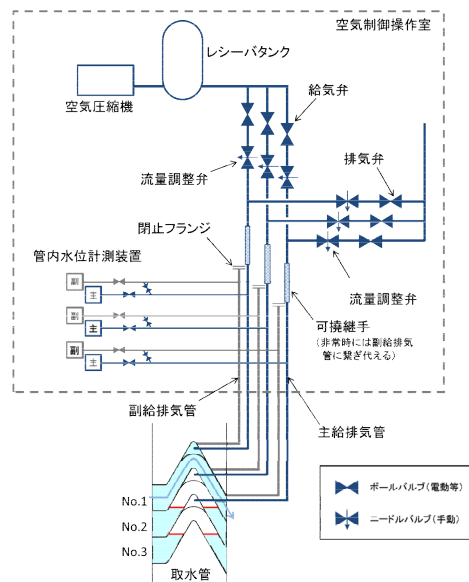


図 1.1.4 空気制御設備概念図

6. スクリーン

6.1 設計の基本

1. スクリーンは、原則として平鋼を用いるバース

クリーンとし、取水塔または受桁などから取外しできるパネル構造とする。

2. スクリーンパネルの構造形式は通しボルトにより締め付ける構造を標準とするが、スクリーン通過流速が大きい場合には、剛性の高い溶接構造とする。

3. スクリーンに用いる鋼材の板厚は、製作および輸送等を考慮して 8mm 以上とする。

4. 塵芥によって万が一スクリーンが閉塞した場合にも、上下から水が取水管へ流入するように、スクリーンは取水管から上流方向に離れた配置とする。

7. 製作・据付・輸送

7.1 製作

1. 連続サイホン式選択取水設備は、エアロックにより水密を確保する構造であることから、製作段階での気密試験により取水管の気密性を確認する。

2. 連続サイホン式選択取水設備は、オールステンレス鋼製を基本とするため、ステンレス鋼の特性を考慮して製作にあたるものとする。

7.2 据付

1. 連続サイホン式選択取水設備は、オールステンレス鋼製を基本とするため、ステンレス鋼の据付上の留意点を十分理解して据付けるものとする。

2. 連続サイホン式選択取水設備の据付は、設備の機能を考慮した据付精度を確保して行うものとする。

7.3 輸送

輸送時、保管時に部材変形、錆び等が生じないような保護を行う。

8. 維持管理

8.1 点検要領

点検整備結果は、点検整備記録として確実に残り、今後の設備改善、維持管理の効率化に活用することが望ましい。

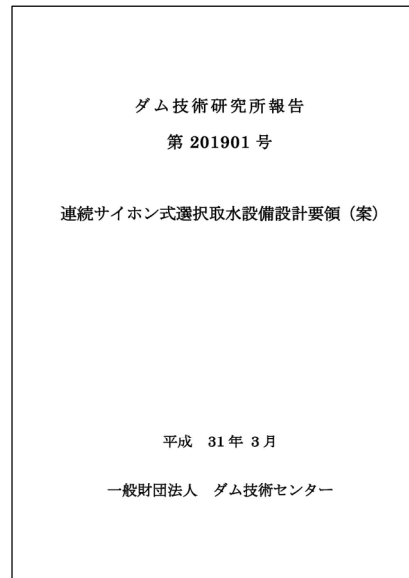
【参考資料】

1. 設計計算例

- 1-1 基本寸法検討例
- 1-2 取水管作用荷重計算例
- 1-3 取水管強度計算例
- 1-4 空気制御装置容量計算例

2. 実績一覧および図面

3. 整流板荷重計算例



連続サイホン式選択取水設備設計要領 (案)

【今後の課題】

今後の課題として、以下のことが考えられる。

これまでの設置事例から水理的、構造的な設計の基本的な考え方をまとめてきたが、今後、故障および補修・交換部品等の実績を、今後の設計に反映させることで連続サイホン式選択取水設備の改善に資することになるので、保守管理履歴は確実に残すとともに、設計への反映を確実に行う必要がある。

また、エアロック機能に影響を及ぼす機器・部品の交換時期を判断するため、エアロック圧力の変化をトレンド管理し、気密性の経年変化を把握していく必要がある。

【謝辞】

本報告書のとりまとめにあたり、多大なご協力をいただいた設計、製作関係者等技術研究会会員の皆様に深謝の意を表します。

【参考文献】

- (1) 特許「低コストで高い機能の取水設備及びこれに適用可能な連続サイホン」
- (2) 「ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・マニュアル編)」
- (3) 「選択取水設備設計要領 (案) 同解説」