

1. 「ダム洪水吐き 導流と減勢に係る基本的事項」

執筆者：高須修二

主旨：本報告は、「ダム洪水吐きにおける導流・減勢」をテーマとして開催されたダム工学会主催の公開 Web セミナー「with Dam Night 2023」(2023.7.14)の中で発表された、標記タイトルの講演資料から画像を抽出し、説明を追記したものです。講演対象は、ダム技術者とダム愛好家であり、専門性はあるものの、できるだけ平易な内容となるように取りまとめて発表しています。

【概要】

日本におけるダム水理設計の変遷を俯瞰し、導流・減勢に係る多くの基本的技術の中から、減勢工の考え方、跳水式減勢工、自由落下式減勢工および堤趾導流式洪水吐きに着目し、そこに見られる水理現象と配置された構造物の形態について記述している。ただし、このように限定した構造物であっても、見られる水理現象は多岐に亘っており、技術的な着目点を平易に示すため、確立している標準的な設計法を中心に解説している。

【キーワード】

ダムの洪水吐き、導流部、減勢工、跳水式、自由落下式、堤趾導流形式

ダム工学会with Dam Night 2023
減勢導流編
2023年7月14日

ダムの洪水吐き 導流と減勢に係る基本的事項

高須修二

はじめに

ダム工学会主催の「with Dam Night 2023」のテーマは「導流減勢の美と技の面白探求」です。このセミナーの中では、日本や諸外国のダムの多様な美しさや興味を惹かれる形状についての技術的な面からのアプローチが語られることになっています。本報告は、このような対象の根底にある技術を分かり易く解説することを目的として取りまとめたものです。

ダム技術は典型的な経験工学であり、過去の多くのダムは当時の技術の粋を注いで、それぞれのダムの状況に応じた適切なものとして建設されてきています。その経験は設計技術の進展をさらに促し、後続ダムがより合理的なものとなるように順次引き継がれてきています。近年では、標準的な設計法が確立されてきており成熟した技術となっていますが、個々のダムの抱える条件は年々変化しており完成した技術となることはありません。

本報告では、標準的な設計法を中心に解説しますが、技術はさらに発展していくことは念頭において欲しいと思います。

(1) ダム水理設計技術の変遷

まず、図1に示す「技術の変遷」を俯瞰していきます。ダムの設計は、河川法に基づく技術基準である「河川管理施設等構造令」に従って行われています。それ以前は社団法人日本大ダム会議が編纂した「ダム設計基準」に基づいて設計されてきました。各設計基準は、それ以前のダム建設の経験、関連する技術の進展を反映したものとなっており、水理設計をはじめとするダム設計技術変遷の区切りとして、最初の設計基準と言える「ダム設計基準（国際大ダム会議日本国内委員会）」がまとめられた昭和32年頃と「河川管理施設等構造令」が施行された昭和51年頃が挙げられると思います。

以降、第2期に標準化が進んだ「跳水式減勢工」と「自由落下式減勢工」を、そして第3期に多くの事例が登場し標準化が進んだ「堤趾導流形式洪水吐き」を中心に述べていきます。

図1 ダム水理設計技術の変遷

- ・ダムの各設計基準は、それ以前のダム建設の経験、関連する技術の進展を反映したものとなっている。
- ・河川管理施設等構造令では、設計基本量の考え方や取り扱いが変わり、水理設計の基本に影響を及ぼしている。（ただし、それまでに確立された水理設計技術は踏襲されている）

第1期(昭和32年以前)

- ・個々のダムの条件に応じた設計(跳水現象を基本とする減勢)
- ・ダム設計基準の策定(国際大ダム会議日本国内委員会)
基準量の設定(余水吐の設計に用いる計画こう水流量と異常こう水流量)
- ・水理公式集(昭和32年改訂版)土木学会

第2期(昭和46年頃まで)

- ・ダム建設事業の増加に伴う標準的な設計法の確立(跳水式減勢工、自由落下式減勢工)
- ・改訂ダム設計基準の策定(日本大ダム会議)
基準量の設定(堤体及び余水吐の設計に用いる設計洪水流量と異常洪水流量)【昭和42年に一部改訂】
- ・水理公式集(昭和38年増補改訂版、昭和46年版)土木学会

第3期(昭和51年以降)

- ・河川管理施設等構造令及び同施行規則の施行
基準量の設定(堤体及び洪水吐きの設計に用いるダム設計洪水流量)
- ・ゲート操作の確実性の重視による非常用洪水吐きを自由越流堤とするダムの増加(堤趾導流形式の洪水吐き)
- ・第2次改訂ダム設計基準(日本大ダム会議)
- ・水理公式集(昭和60年版、平成11年版、平成30年版)

(2) 洪水吐きとその設計の考え方

河川管理施設等構造令第7条では、ダムには洪水吐きを設けるものと規定されており、その機能及び構成は図2のように記述、解説されています。洪水吐きは、流入部、導流部及び減勢工で構成されますが、減勢工については、下流河道等の保護が求められることから第9条で別途規定されています。(図4参照)

図2 河川管理施設等構造令「洪水吐き」

(洪水吐き)

第7条 ダムには、洪水吐きを設けるものとする。

2 洪水吐き(減勢工を除く。)は、ダム設計洪水流量以下の流水を安全に流下させることができる構造とするものとする。

3 洪水吐きは、ダムの堤体及び基礎地盤並びに貯水池に支障を及ぼさない構造とするものとする。

- ・技術面では、ダム設計基準を中心に進展してきた事項を踏襲
- ・基準量としての「ダム設計洪水流量」の位置づけはまったく異なる

洪水吐き(Spillways)

○流入部(Control Structure)、導流部(Discharge Channel, Chute)及び減勢工(Energy Dissipator)で構成

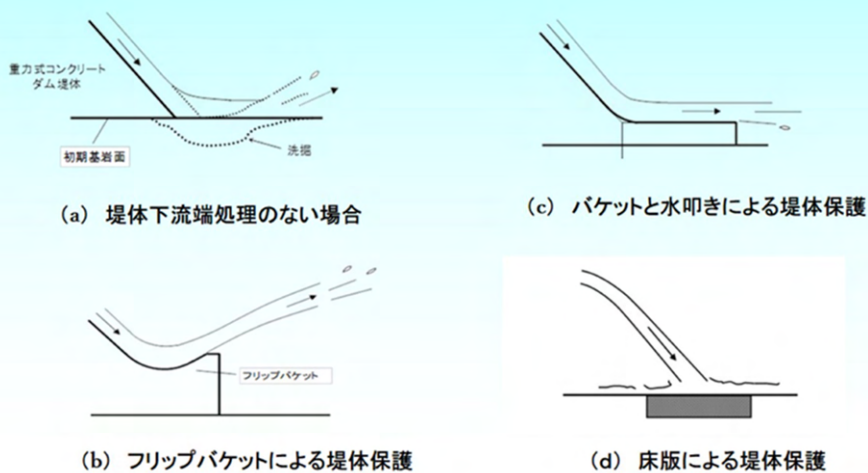
●各構成要素の役割

- ①流入部は、ダム設計洪水流量以下の洪水を適切に流下させて危険な水位上昇を避けて**ダム及び貯水池の安全を確保**する。
- ②導流部は、流入部からの流水を水路内に収めて適切に下流河道に流下させて**堤体と基礎の安全性を確保**する。
- ③減勢工は、**堤体と基礎の安全性の確保に加えて、下流河道や河川管理施設を流水から保護**する。

(3) 減勢工の設計

堤体と基礎の安全性の観点からは、導流部末端部での流水の処理が重要で、処理を施さない場合には、末端部直下に洗掘を生じさせ、堤体あるいは導流部末端部の安全性を損なうこととなります。末端部の処理には図3に例示するように、(a)のような直下の洗掘を防止するために、(b)末端部よりフリップバケットにより跳ばす方法、(c)バケットと水叩きにより流れを偏向させて河床に沿って滑らかに流す方法、(d)ダム直下に飛翔してきた流水の落下点を水叩き（コンクリート床版）で保護する方法等があります。それぞれの保護形式とその後に必要な減勢を考慮して、適切な減勢工と組み合わせることになります。

図3 導流部末端部の「堤体及び下流河床等の保護」



減勢工の形式は、図4に示すように分類されていますが、「跳水式」という用語は、跳水という水理現象を利用していることを示しています。「スキージャンプ式」と「自由落下式」という用語は、飛翔してくる流水を受け止める方式であることを示しており、主として噴流拡散という水理現象を利用しています。スキージャンプ式はアーチダムやフィルダムに、自由落下式はアーチダムによく見られる形式です。

図4 河川管理施設等構造令「減勢工」

(減勢工)

第9条 ダムの堤体又は下流の河床、河岸若しくは河川管理施設を保護するため、洪水吐きを流下する流水の水勢を緩和する必要がある場合においては、洪水吐きに適切な減勢工を設けるものとする。

| 減勢工の形式 | | * 改訂ダム設計基準 |
|----------|----------|------------|
| 跳水式 | 水平水叩き方式 | |
| | 順傾斜水叩き方式 | |
| | 逆傾斜水叩き方式 | |
| | 水中バケット方式 | |
| | 強制跳水方式 | |
| スキージャンプ式 | | |
| 自由落下式 | | |

減勢が行われるのは、構造物としての「減勢工」の中だけではありません、構造令第9条の解説では、「減勢工において流水の水勢をある程度緩和した後、下流の河岸の護岸等の施設を新たに設けた一定区間の河道を流水が流下して、従前の河状における流水の水勢の状態に復することも考えられる。この場合、減勢工の範囲は従前の河道における流水の水勢の状態に復するまでの区間である。」としており、構造物としての減勢工とその下流の河道で機能分担を図ることを想定しています。(図5参照)

図5 減勢工の範囲



野村ダム

構造令解説

「減勢工において流水の水勢をある程度緩和した後、下流の河岸の護岸等の施設を新たに設けた一定区間の河道を流水が流下して、従前の河状における流水の水勢の状態に復することも考えられる。この場合、減勢工の範囲は従前の河道における流水の水勢の状態に復するまでの区間である。」

・ここでは、構造物としての「減勢工」と機能としての「減勢工」が用いられている。

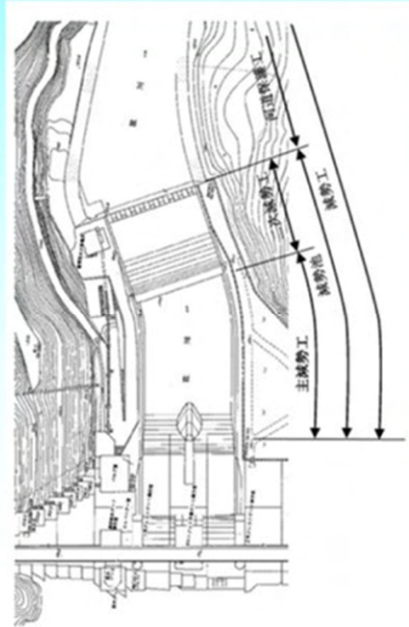


図6に典型的な跳水式減勢工の事例を示します。主減勢工、二次減勢工（副ダム減勢工）及び下流河道の保護工が設けられています。主減勢工の副ダムは一般的に高く、流下する流水のエネルギーも大きくなります。そのため、副ダム下流に二次減勢工を設けることで頻度の高い放流に対して下流河道への影響を軽減しています。

図6 典型的な跳水式減勢工

副ダムを有する水平水叩きと二次減勢工



蓮ダム(1991)



浦山ダム(1998)

(4) 減勢工設計の対象流量

ダム の 減 勢 工 を 設 計 す る た め の 対 象 流 量 は、ダ ム 設 計 洪 水 流 量 以 下 の 全 て の 流 量 で す。た だ し、目 標 と す る 減 勢 状 況 は 流 量 に よ り 異 な り ま す の で、減 勢 工 の 規 模 が ダ ム 設 計 洪 水 流 量 で 決 ま る 訳 で は あ り ま せ ン。

図 7 に 跳 水 式 減 勢 工 の 流 況 の 例 を 示 し ま す。水 平 水 叩 き の 末 端 部 に 副 ダ ム を 設 置 し た 典 型 的 な も の で、縮 尺 1/62.5 の 水 理 模 型 実 験 に お け る 流 況 で す。跳 水 式 で は 側 面 か ら 観 察 さ れ る よ う な 断 面 内 の 渦 に よ っ て 効 率 よ く エ ネ ル ギ ー が 消 費 さ れ ま す。

図 8 に 流 量 5,400m³/s 放 流 時 と ダ ム 設 計 洪 水 流 量 6,800m³/s 放 流 時 の 流 況 の 概 念 図 を 示 し ま す。5,400m³/s 放 流 時 で は 副 ダ ム 前 面 で 跳 水 が 終 了 し て い る 正 常 跳 水 の 状 況 と な っ て お り、副 ダ ム 前 面 の 作 用 水 圧 は 静 水 圧 分 布 と な っ て い ま す。一 方、ダ ム 設 計 洪 水 流 量 で は 副 ダ ム 前 面 に 動 水 圧 が 作 用 し て い る も の の、減 勢 機 能 は 十 分 に 発 揮 し て お り、流 量 規 模 に 応 じ た 減 勢 が な さ れ て い る と 考 え ら れ ま す。こ の 減 勢 状 況 か ら、下 流 河 道 で は 速 や か に ダ ム の な い 従 前 の 流 況 に 復 し て い る も の と 推 察 さ れ ま す。

図 7 跳水式減勢工の流況



図 8 跳水式減勢工内流況の概念図

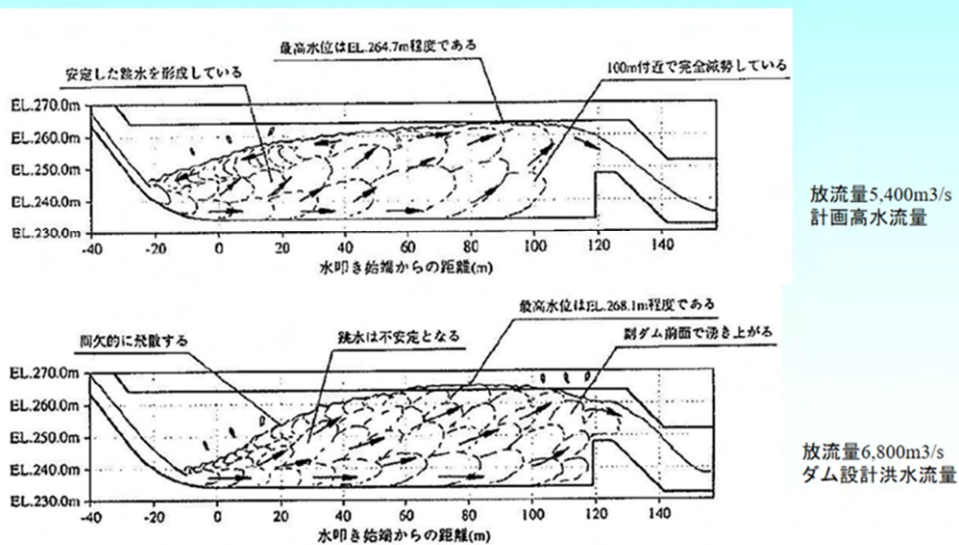


図9は実際のダムの洪水時の減勢工下流の状況を示したものです。減勢工内での流況は荒れているように見えますが十分に減勢されており、河道の流況も波浪は見られませんが比較的安定したものとなっています。

図9 減勢工下流の流況(横山ダム:1964)



※図中の年は、西暦のダム完成年を示します。

(5) 多様な跳水式減勢工

跳水式減勢工は跳水現象を利用した減勢工ですが、下流河道の状況や対象流量に応じて多様な形式が用いられています。

先に示した標準的な跳水式減勢工は跳水後の必要な水深を確実に確保するために、水叩き末端部に副ダムを設けています。

一方、図10のダムではバケット及び短い水叩きで堤体を流下してきた流水を河床に平行に偏向させるための構造物に留めておいており、下流で自然に確保される水深により跳水を発生させ減勢させています。跳水の渦による河床の洗堀がみられますが、河床の比較的堅牢な岩盤によりその進行は抑制されています。

図10 副ダムのない減勢(松尾ダム:1951)



図11の減勢工も副ダムが用いられていませんが、十分な長さの水平水叩きの中にシュートブロック、バップルブロックおよび低いエンドシル等の補助構造物を設けて、跳水の発生を促しています。このように補助構造物を用いる形式は第1期の発電ダムでよく見られます。

図中に参考として、補助構造物を用いている標準的な減勢工の事例を示しています。これらは米国で1958年頃に発刊された設計マニュアルの中に記載されているもので、日本でも活用されています。

図11 副ダムの無い減勢(本名ダム:1954)

水平水叩き上に適切な補助構造物を配置
第1期の発電ダムでよくみられる形式



(参考)
米国内務省開拓局提案の代表的な減勢工

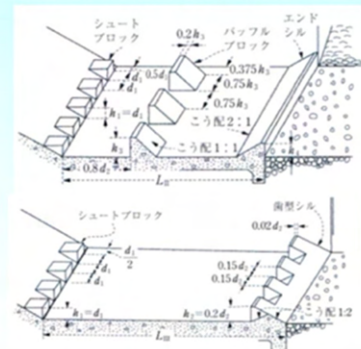


図12は、標準的な跳水式減勢工と同様に、副ダムにより下流水深を確保する方式ですが、河道の曲がりや副ダム下流の河道への流れの滑らかな接続を考慮して、跳水範囲をカバーする水叩きより離れた下流位置に副ダムを設置しています。このような形式の場合、水叩き下流は露岩しており、流量が少ないときに平面渦が生じると、砂礫を水叩きに持ち込み床版を損傷させることがあり、注意が必要です。

図12 水叩きと副ダムが離れている減勢工(藤原ダム:1958)



跳水式減勢工は極めて優れた減勢効果を発揮できますが、その機能を効率よく実現するためには、流れの二次元性を確保することが必要です。図13のダムは常用洪水吐きとしての放流管と低水放流設備としてのオリフィス、そして非常用洪水吐きとしてのクレストゲートが配置されています。これらの設備を一つの減勢工で対応しようとすると常用施設からの放流時に平面的な渦を生じさせ、適切な流況を維持することが難しくなります。そのため、常用・非常用洪水吐きを分離することにより双方に優れた減勢機能を確保することとしています。

図13 常用・非常用に分離した減勢工(耶馬溪ダム:1984)

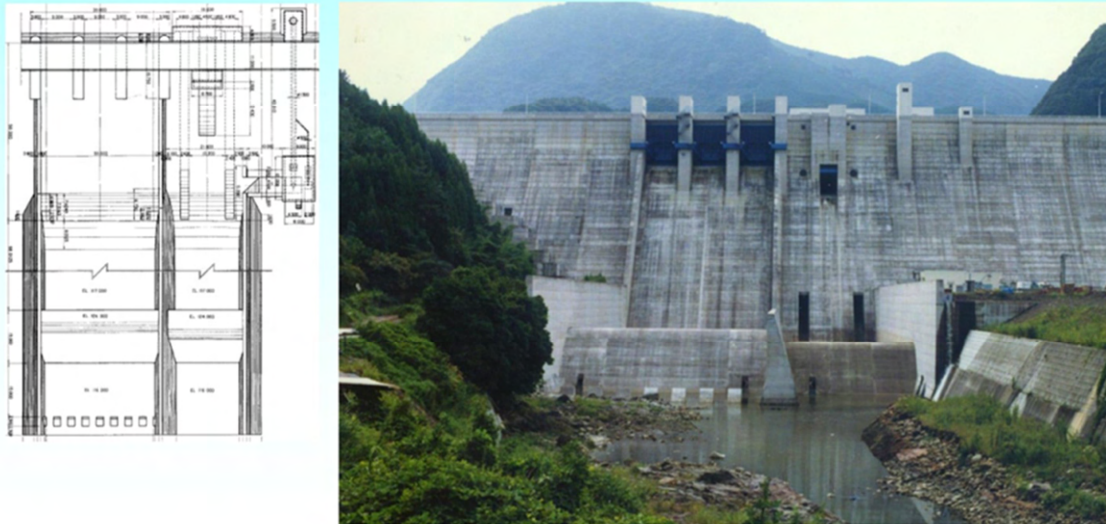


図14は完全に分離した減勢工ではありませんが、低い分離壁を設けることにより、中央部の放流施設からの放流水の減勢の二次元性を確保しています。また、非常用洪水吐きの減勢部分にはシル構造の補助構造物が設置されています。なお、このダムでは非常用洪水吐きに自由越流頂を採用していますが、その越流水深は8.2mと大きく、超過洪水に対する調節効果は極めて高いものとなっています。

図14 分離壁を設けた減勢工(津軽ダム:2016)

常用洪水吐きからの流水の減勢幅を抑制するために分離壁を設けている。



自由越流頂の設計水深は8.2mと深い

図15は各種放流設備に応じて専用の減勢工が設けられた事例です。横越流頂を流入部とする非常用洪水吐きの大規模な跳水式減勢工、立坑を呑口とするトンネル形式の常用洪水吐きの跳水式減勢工、選択取水設備を上流端に持つ利水放流設備の跳水式減勢工が並行して設置されています。フィルダムで常用洪水吐きがトンネル形式となる場合には、このように流入部や減勢工等の洪水吐き全体が完全に分離した構造となります。

図15 各種放流設備に応じた減勢工(三国川ダム:1993)



左岸より
 ・非常用洪水吐き減勢工
 ・常用洪水吐き減勢工
 ・利水放流設備減勢工

(6) 導流部での減勢

減勢は減勢工だけで行われているわけではありません。導流部での減勢により減勢工の負担を軽減することもあります。また、導流部の流れを滑らかなものとする事で導流部や減勢工の規模を軽減することもあります。図16は後者の事例ですが、両サイドのフラップゲートからの幅広い放流水を幅の限られた中央の導流水路に合流させるため、フラップゲート直下の水路を階段状として減勢機能を確保しています。

図16 導流部での階段式減勢(寒河江ダム:1990)



導流部途中での合流を滑らかなものとするため
 両サイドのフラップゲートからの流れを減勢できる
 階段状の導流水路を設けている



(7) スキージャンプ式洪水吐き

ここでは、スキージャンプ式洪水吐きに簡単に触れます。この形式は、アーチダムやフィルダムの洪水吐きに用いられています。

図17はアーチ式ダムの洪水吐きで、堤体の両サイドにスキージャンプ式、中央部に自由落下式の、クレストラジアルゲートを2門ずつ有する洪水吐きが配置されています。中央部からの落下水を受け止める河床はコンクリート製の水叩きで保護されていますが、スキージャンプ式洪水吐きの減勢はシュート及び下流端のバケットで飛翔させた水脈を衝突せせることし、直接的な河床の保護はされていません。

図18はフィルダムの洪水吐きで右岸に設置されたクレストゲートからの放流水はシュート部を経て下流河道に飛翔させ、自然に形成される水潭池で減勢されます。シュートの末端部には流水の落下位置をコントロールするために平面形状を設計するとともにバケットや補助構造物を設けています。

図17 アーチダムのスキージャンプ式洪水吐き(一ツ瀬ダム:1961)



図18 フィルダムのスキージャンプ式洪水吐き(高瀬ダム:1979)



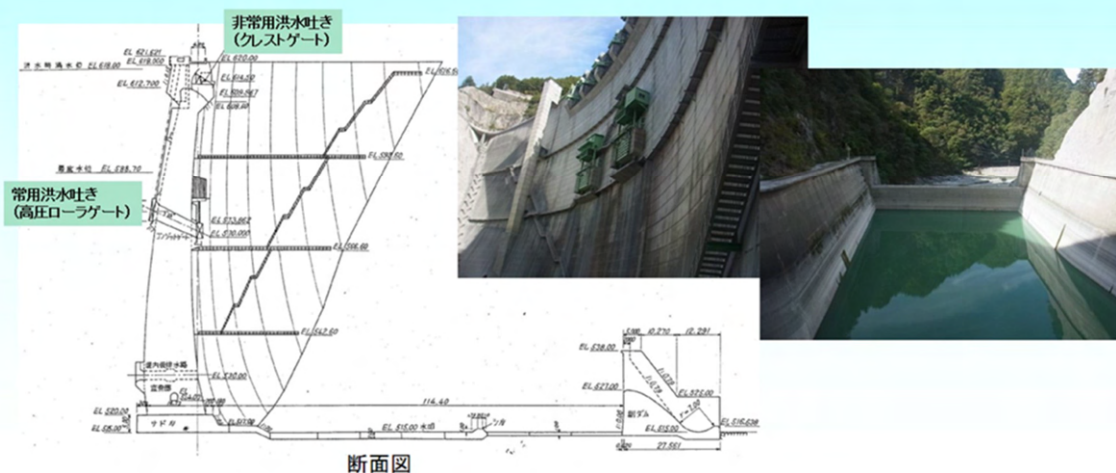
(8) 自由落下式減勢工

ここでは、典型的な自由落下式減勢工について述べます。

この形式の減勢工の設計法は、多くの経験を経て天ヶ瀬ダム（1965年完成）で確立しており、それ以降はその設計法に準じて多くのアーチダムで採用されています。その概要は、**図19**に示す通りで、クレストゲート、その放流水との空中での衝突を避けるために傾斜を設けた放流管及び水叩き末端部に副ダムを設けた減勢工で構成されています。副ダムは水深を確保し、突入水のエネルギーを噴流拡散現象により減殺するものです。落下地点の衝撃（動水圧）を受け止めるためその周辺の水叩きは厚くなっています。

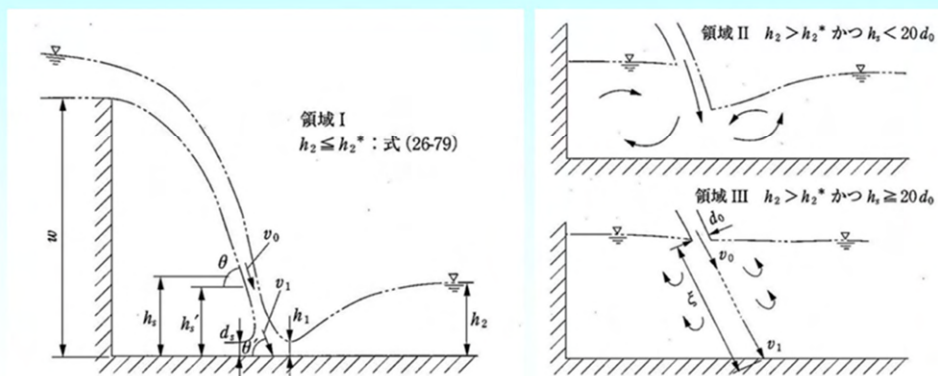
図19 典型的な自由落下式減勢工(小渋ダム:1969)

国交省所管のダムの事例



自由落下式減勢工内の流況は、二次元性が確保された場合、下流水深に応じて**図20**のように変化します。領域Ⅰは跳水が発生するようにした場合で高い減勢機能を持ちますが、水叩き床版に与える動的荷重の影響が大きくなります。領域Ⅱは噴流拡散の状態で突入水のエネルギーが減勢され、床版に与える影響は比較的小さくなります。なお、減勢は突入水脈の上下流で行われることになります。一般的に減勢工の規模は領域Ⅱを念頭に底面圧力を考慮して決められています。

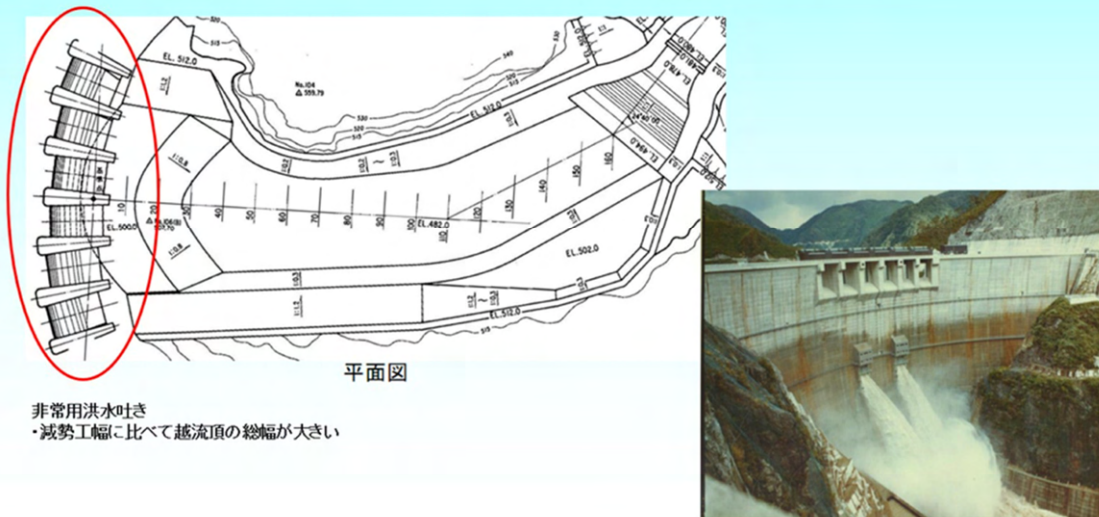
図20 自由落下式減勢工内の流況



自由落下式減勢工は、非常用洪水吐きからの放流水脈を減勢工幅一杯に落とし込むことで二次元性が確保され、減勢効果を高めることができます。クレスト部の設計ではその状況を実現するために、それぞれのダムに応じた工夫がなされています。

図21のダムは越流頂がジグザグしていますが、これは、幅の狭い峡谷に設置された減勢工内に放流水を落とし込むための工夫です。さらに両端部のピアーにはデフレクターを設けて軽微な調整を行っています。

図21 自由落下水脈の制御(川治ダム:1983)



(9) アーチダムの減勢工

天ヶ瀬ダムより前に建設されたアーチダムには表1に示すようなものがあります。初期の三成ダムは堤体が厚いため堤体下流面を流下させて跳水により減勢させていますが、上椎葉ダムは典型的なスキージャンプ式洪水吐きを採用しています。殿山ダムでは、流量規模が大きくスキージャンプ式が適用できないため、オリフィス洪水吐きからの流速の大きな放流水により遠方に飛翔させることとしています。

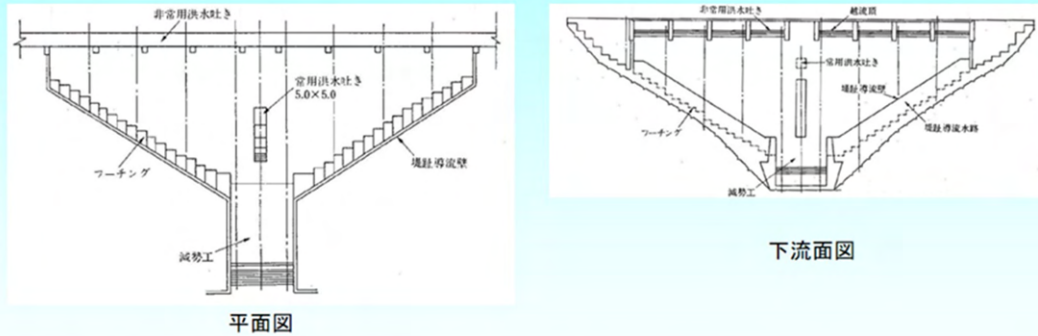
表1 アーチダムの減勢工（昭和40年以前完成）

| ダム名 | 管理者 | 完成年 | ダム高 | 洪水吐き | 減勢工形式 | 備考 |
|-------|-------|--------|--------|-------------------------|-----------------|---------------|
| 三成 | 島根県 | S29 | 42.0m | ローラゲート8門 | 跳水 | 堤体流下、円筒型アーチ |
| 上椎葉 | 九州電力 | S30.9 | 110.0m | ローラゲート4門 | スキージャンプ(空中衝突) | 円筒型アーチ下流面鉛直 |
| 殿山 | 関西電力 | S32.5 | 64.5m | オリフィスローラゲート4門+ドロップゲート4門 | オリフィスによる飛翔+自由落下 | ドーム型 |
| 鳴子 | 東北地整 | S33.12 | 94.5m | ローラゲート2門+自然調節(常時満水位) | スキージャンプ+跳水 | 分離トンネル+堤体流下 |
| 佐々並川 | 中国電力 | S34.5 | 67.4m | 自然調節5径間 | 自由落下 | 典型的な薄肉ドーム型 |
| 楨北 | 宮崎県 | S35.4 | 75.3m | 高圧ラジアル2門+自然調節(常時満水位) | 自由落下 | 空中衝突(常用)シュート台 |
| 大倉 | 宮崎県 | S36.4 | 82.0m | ローラゲート | 自由落下 | ダブルアーチ式 |
| 室牧 | 富山県 | S36.11 | 80.5m | 高圧ローラ2門+ローラゲート | 自由落下(副ダム) | 空中衝突(常用)シュート台 |
| 二津野 | 電源開発 | S36.12 | 76.0m | ローラゲート7門 | 自由落下 | |
| 坂本 | 電源開発 | S36.12 | 103.0m | 自然調節11径間(数高稼働) | 自由落下 | 下流池原ダムの潜水域 |
| 一ツ瀬 | 九州電力 | S38.6 | 130.0m | ラジアルゲート4門 | 自由落下+スキージャンプ | 空中衝突 |
| 黒部 | 関西電力 | S38.6 | 186.0m | 自然調節10径間(数高稼働) | 自由落下 | |
| 奥新冠 | 北海道電力 | S38.8 | 61.2m | 自然調節3径間 | 自由落下 | |
| 尾立 | 屋久島電工 | S38 | 53.5m | 自然調節4径間 | 自由落下 | |
| 北川 | 大分県 | S38.4 | 82.0m | ラジアルゲート | 自由落下 | |
| 黒又川第二 | 電源開発 | S39.1 | 82.5m | 自然調節6径間(数高稼働) | 自由落下 | |

(10) 堤趾導流式洪水吐き

先に述べたように、第3期以降、堤趾導流方式の洪水吐きが数多く採用されています。これは自由越流堤の採用により越流幅が極めて長くなったことによるものです。堤体下流面、フーチング及び堤趾導流壁で形成される堤趾導流水路での減勢が効果的であることが大きな特長と言えます。図22にその設計の考え方を示します。

図22 堤趾導流方式の洪水吐き



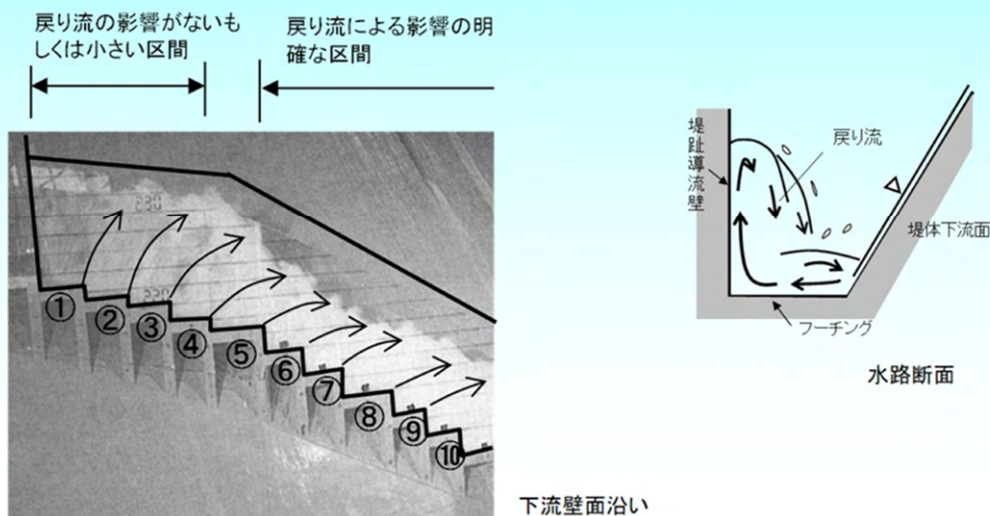
堤趾導流方式の洪水吐きの減勢の考え方

- ①水路の流下方向の流れに水深を確保して、堤体下流面を流下してくる流れの減勢を図ること
 - ②水路からの流水は下流河道方向の運動量を持たないため、減勢工の規模には影響しない。
- (減勢工は正面から直接流入する流水の減勢を基本として設計するが、導流壁高は全流量放流時の水面形による)

堤趾導流水路内の流況を水理模型実験の状況として図23に示します。堤体下流面を流下してきた流れは堤趾導流壁によって上方に這い上がり戻り流となってフーチング上に落下しますが、壁が流れに対して角度を持っているため下流方向（河道中心方向）にも偏向されます。戻り流はフーチング上に下流方向の流れを形成し、堤体下流面からの流れの減勢に寄与し這い上がり量を減じることになります。フーチング上の流れも階段状の水路を流下することにより減勢されます。

このように、堤趾導流水路内で多くのエネルギーが減殺されますが、このままでは、壁高がきわめて高いものとなってしまいます。また、水路の上流端では戻り流の影響がないため、特段の配慮が必要となります。

図23 堤趾導流水路内の流況



下流壁面沿い

堤趾導流壁の壁高をできるだけ低くするために幾つかの流況改善策が提案されています。その代表的なものとして、図24に示す、デフレクターとシュートブロックが挙げられます。

デフレクターは堤趾導流壁の頂部に設けるもので、壁に沿って這い上がってくる水脈を堤体下流面方向に偏向させて壁高を低減させるものです。デフレクターの設置高さによって図24の左図のように流況が変わりますが、最大流量に対して(b)-1程度の効果を期待することが一般的です。デフレクターの張り出し長は対象流量に依存しますが、施工性などに配慮して1.0~1.5mが採用されており、設置範囲はできるだけ短くなるようにしています。

シュートブロックによる方法は、堤体面とフーチングの接続部に図24右図のようなブロックを設けて、ブロック下流の下部に形成される渦によって流下水脈の減勢を図るもので、比較的効果が高いと考えられています。

図25に自由越流堤を堤体全面に配置した堤趾導流方式の洪水吐きの事例を示します。

図24 堤趾導流水路内の流況改善策

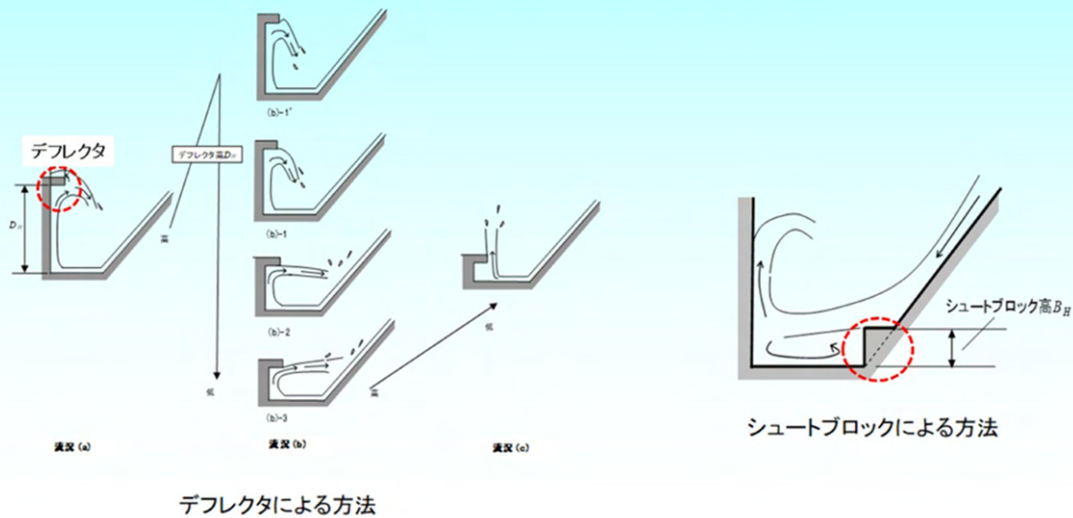


図25 典型的な堤趾導流方式の洪水吐き(嘉瀬川ダム:2011)



図26も堤趾導流方式の洪水吐きの例ですが、自由越流頂は堤体の両端に設けられています。このダムは景観設計に配慮した設計を実施していますが、それとは別に、水理機能の面から100mを超える中央部の高落差部分での堤趾導流壁による流水の処理を避けるという意図があります。高落差の導流部ではその流況を水理模型実験で再現することは難しいと考えられていました。また、低落差部分で確実に対応することで、壁高も低く抑えられています。

図26 小里川ダム(堤趾導流水路)2003

高落差部分を避けた配置



図27も長い自由越流頂を有しています。このダムも100mを超えるダムであることから、堤趾部での流水の処理の確実性に重点を置いて設計されています。

水深のある側水路を減勢工として配置し、確実に流水処理が行われ、適当な減勢が図れるように設計されています。堤趾のフーチング上に導流壁を設ける堤趾導流方式とは設計思想が異なることから、別途、側水路減勢工方式と呼ばれています。

図27 巖木ダム(側水路減勢工)1986

高落差の流下水を減勢工として受け止める



図28は堤頂のほぼ全幅を自由越流頂とした全面越流形式のダムです。その状況は上流面の湛水状況（サーチャージ水位時）を見れば確認できると思います。

一方、下流面の越流幅は限られています。このダムは天端付近の堤体に側水路を設けて自由越流堤からの流水を一旦受け止め、その後堤体中央部に導流し放流しているからです。

このダムは堤高が150mを超えており、下流面での堤趾導流形式による流水処理が信頼性に乏しいと判断されたことにより、このような形式となったものです。

図28 宮ヶ瀬ダム(天端側水路)2000

高落差の堤趾導流壁を避けて天端の側水路で受け止める



※図中の年は、西暦のダム完成年を示します。

おわりに

本稿で取り上げた導流部、減勢工の形式は、プレゼンテーションの時間の制約もあり、標準的なものを中心とした限られたものとなっています。

より多くのダムを眺めてみると、また別の面白い形態を見つけることができます。本セミナーの他のプレゼンテーションの中に散りばめられている多様なダムはもちろんのこと、その他にも、例えば重力式アーチダムの多様な洪水吐きや堤体下流面にシュートを設けた重力式コンクリートダムで見ることができます。

これらのダムに興味ある方は、雑誌「ダム技術」に掲載された「講座：ダムの減勢」を是非一読してみてください。