

## II-164

## ダム堤趾導流部上流端ステップでの流れと導流壁高の設計法

建設省土木研究所

正員 野口澄彦

建設省土木研究所

正員 中西 徹

## 1. はじめに

集水面積が小さく洪水到達時間が短いダムにあっては、ダム管理の確実性と安全性を確保するため非常用洪水吐きとしては人為的操作のない自由越流堤が一般に計画されるが、近年の重力式コンクリートダムにおいて、堤頂長の大部分をこの自由越流堤とし、堤趾部のフーチングを利用して減勢工へ導流する堤趾導流型の洪水吐きを採用する例が増えてきた。しかし、この形式の導流部の設計においては、導流壁高の決定手法が最大の水理的課題となっており、筆者らはこれまでに幾つかの実験的手法による基礎的な研究<sup>1)</sup>を行ってきたが、本研究では、導流壁高が最も高くなると考えられる最上流端ステップにおける流れとその導流壁高の設計法を明らかにするため、実験の適用範囲を広げて一般化を試みたのでここに報告するものである。

## 2. 実験方法

本実験に使用した模型の概要を図-1に示す。実験ケースは、実際のダムでの適用範囲を考慮して表-1に示すものとした。実験での調査項目は、壁沿いの水深  $H_w$  と流況である。なお、越流水深はすべて10cmとしたが、これは模型縮尺の影響が顕著とならない水深として設定した。実験はまず、上流端ステップへの流入条件(流入水深  $h_{in}$ 、流入フルード数  $Fr$ )を明らかにするため予備実験を行った後、上流端ステップでの壁沿いの水面形を調査して最大水深  $H_{wmax}$  を与える関係を求めた。さらに、必要導流壁高を低減させる方法として、デフレクタ方式を用いたときのデフレクタの規模の求め方を検討した。

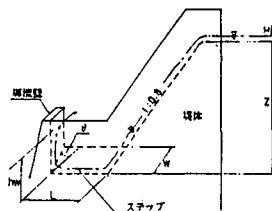


図-1 模型の概要

表-1 実験ケース

|          |                            |
|----------|----------------------------|
| 越流水深H    | 10cm                       |
| 有効落差Z    | 100cm, 200cm, 310cm, 380cm |
| ステップ幅W   | 20cm, 30cm                 |
| ステップ長さL  | 10cm, 30cm                 |
| 導流壁傾き角度θ | 0°, 10°, 20°, 30°, 40°     |

## 3. 実験結果

## 3.1. 流入条件

上流端ステップでの流れを調査するにあたり、まず、その流入条件を明らかにしておく必要があり、上流端ステップ流入直前での流入水深  $h_{in}$ 、流入フルード数  $Fr$  を  $h_{in} = q/V$ 、 $Fr = V/\sqrt{g \cdot h_{in}}$  (ここに、 $q$ : 単位幅当り流量、 $g$ : 重力加速度、 $V$ : 平均流速) で求めるものとした。そこで、有効落差  $Z$ 、越流水深  $H$  を種々に変えて  $V$  を測定し、 $V = r\sqrt{2g(H+Z)}$  で表わされるエネルギーロス  $r$  を求めたものが図-2である。

以後の検討は、この関係式より求めた流入条件を用いた。

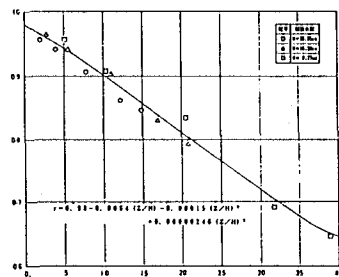


図-2 エネルギーロスと壁下距離Z/Hの関係

## 3.2. 壁沿いの水面形

堤体下流面を流下してきた水脈は、ステップ及び導流壁で変向され堤体側へ戻り流を形成するが、導流壁の開き角度  $\theta$  が  $0^\circ \sim 10^\circ$  と小さい時は、戻り流がステップ上に落下し流入水脈を減勢させる流況Aと、 $\theta$  が  $20^\circ \sim 40^\circ$  と大きい場合には、ステップより下流側に落下し流入水脈に影響しない流況Bとに大きく分類され、これは流入フルード数が大きい程、ステップ幅  $W$  が小さい程、流況Bの傾向が強くなる。壁沿いの水面形についても、図-3に示すように流況Aと流況Bで傾向が異なるが、いずれも次式の放物線で近似でき、壁沿いの最大水深  $H_{wmax}$  は  $\theta$  に応じて  $Fr$  の関数として表わされる(図-4)。

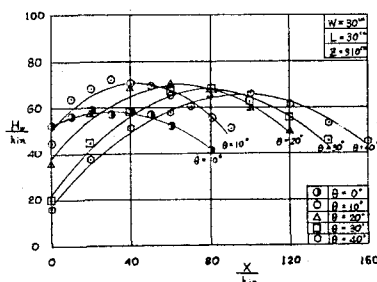


図-3 壁沿いの水面形

$$\frac{Hw}{h_{in}} = a \cdot \left\{ \frac{X}{h_{in}} - \frac{X(Hw_{max})}{h_{in}} \right\}^2 + \frac{Hw_{max}}{h_{in}}$$

ここに、 $Hw$ : 壁沿い水面形、 $X$ : ステップ始端からの壁沿いの距離、 $X(Hw_{max})$ : 壁沿い最大水深 $Hw_{max}$ が発生する位置、 $a$ : 定数

### 3.3 デフレクタによる壁高低減策

これは導流壁の天端にデフレクタを設けて積極的に堤体側への戻り流を起こさせて壁高を低減させる方法であるが、デフレクタの設置高 $H_d$ 及び張り出し長 $L_d$ の値によって、上流端ステップでの流況は種々変化するが、大きく分類して、図-5に示す7つの流況に区分される。しかも、 $\theta$ や $Fr$ の変化に対して流況区分の領域は多少変化するものの、ほぼ図-6に示すような流況区分図で表わされる。そこで、デフレクタの規模を設計するに当たっては、デフレクタ下面より水脈が盛り上がり、穏やかな戻り流となる流況④の領域で、しかも、規模が最も小さくなる図中のクリティカルポイント(すなわち流況③、④、⑤の境界点)を設計上の一応の目安と考えることにした。このクリティカルポイントにおけるデフレクタの設置高 $H_d/h_{in}$ 及び張り出し長 $L_d/h_{in}$ は、 $Fr$ と $\theta$ の関数で表わされ、 $Fr$ が大きくなる程、また、 $\theta$ が小さくなる程大きくなる。 $\theta$ に応じて、 $H_d/h_{in}$ 、 $L_d/h_{in}$ と $Fr$ との関係を、図-7、図-8に示す。

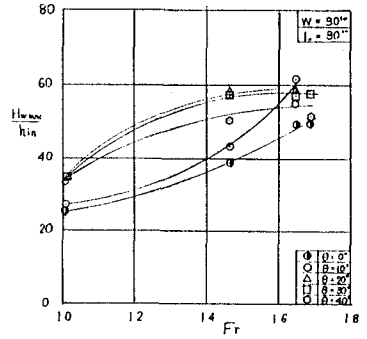


図-4  $Hw_{max}/h_{in}$ と $Fr$ との関係

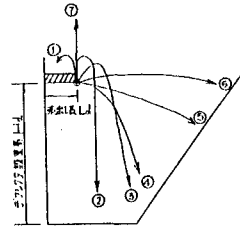


図-5 流況パターン

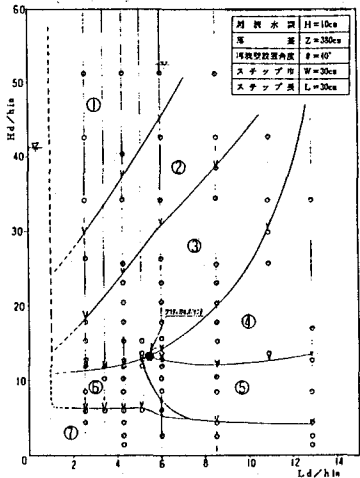


図-6 流況区分図

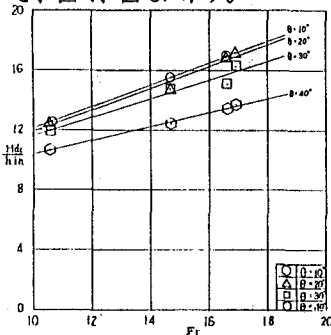


図-7  $H_d/h_{in}$ と $Fr$ との関係

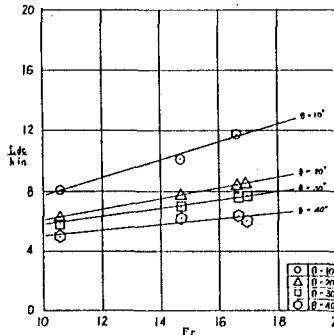


図-8  $L_d/h_{in}$ と $Fr$ との関係

### 4. おわりに

以上、堤趾導流部の上流端ステップにおける流れの状態と壁沿いの水面形及び壁高を低減させるためのデフレクタの規模について検討してきたが、ステップが連続する場合のデフレクタの設計法、あるいは、シュートブロックによる壁高低減策については、別の機会に報告していきたいと考えている。また、本研究は、模型実験による手法を用いているが、水脈と模型との表面張力の影響等模型縮尺の影響を極力小さくするために越流水深を大きくとっているが、実際のダムでは高流速の流れによる空気混入現象などまだ未解明の問題も残っており、今後の課題と考えている。

### 【参考文献】

- 1) 柏井条介：ダム堤趾導流部の水理特性 ダム技術センターダム技術研究発表会 昭和63年3月
- 2) 柏井、中西：ダム堤趾導流部の壁高低減策-デフレクタによる場合- 土木技術資料 Vol.30, No.8 1988
- 3) 柏井、漆山：ダム堤趾導流部の水理模型実験における縮尺効果、第31回水理講演会論文集 1987