

衣川4号ダムにおける斜樋の水理形状について

前 川 勝 朗*・大 久 保 博**

*山形大学名誉教授

**山形大学農学部食科生命環境学科水土環境科学コース
(平成22年10月27日受理)

Hydraulic Shape of Intake in Koromogawa IV Dam

Katsuro MAEKAWA *, Hiroshi OKUBO **

* Professor Emeritus, Yamagata University, Tsuruoka 997-8555, JAPAN

** Course of Water and Land Environment Science, Department of Food, Life, Environmental Sciences,
Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka 997-8555, JAPAN
(Received October 27, 2010)

Summary

The tap of the intake is located on the bank slope of a dam and the reservoir. The section of slant pipe ranging downstream is generally bigger compared with a tap. The diameter of slant pipe is 2 times bigger in comparison with the tap diameter. Koromogawa IV dam in Iwate prefecture is a disaster prevention dam for the purpose of flood control. The intake part functions as discharge adjustment facility. Inasmuch as, opening of the tap and slant pipe at its entrance is same, thus it is necessary to realize that the flow condition of the downstream does not influence dam water level directly. Therefore, rapid expansion part of tap was subjacent and air was supplied into pipe from here and open flow was realized. After that, the hydraulics intake shape such as gradual contraction of pipe diameter was examined. The report examined the suitable hydraulic shape of intake in Koromogawa IV dam by physical hydraulic model.

Key words : Intake, Tap shape, Hydraulic shape, Discharge coefficient, Koromogawa IV dam

1. はじめに

ダム・ため池からの取水は、取水塔や斜樋などの施設によって行われる。取水後の送水は仮排水路兼用トンネルによる場合が多い。さて、斜樋の水理形状は、ダム・ため池の堤体斜面上に呑口が位置し、呑口とトンネルの間の傾斜管路（以下、単に斜管と呼ぶ）の断面は、呑口断面に比べて大きい。管径比でみると、呑口径に比べて斜管径の方が2倍程度大きいのが一般的である。呑口か

ら斜管への流れは開水路の流れとなる。このような管径比程度でこれまで多くの斜樋が施工されてきたと思われるが、特に問題となる流況の発生は指摘されていない。これは、斜樋の大半が灌漑等の取水を目的とし、対象とする流量が少ないことによるものと思われる。

岩手県北上川水系の衣川4号ダム（型式：ロックフィルダム、堤高：33.0m、堤長：135.0m、堤長幅：8.0m）は洪水調節を目的とする防災ダムで、斜樋が流量調節工として機能する。このため、一定のダム水位（EL.210.0m）

を保ちつつ、所定の流量（計画流量：16.998m³/s）を斜樋から確実に流す機能が要求されている。斜樋からの流量が比較的多いため、呑口は正方形断面で一辺長 1,500mm（当初案）である。一方、既存の仮排水路兼用トンネルに接続することから、斜樋の管径はφ1,800mm となっている。このような水理形状における流況は、呑口から仮排水路兼用トンネルまで連続した流れとなることが懸念される。このため、下流部の流況がダム水位などに直接影響しない流れを実現させる必要がある。

そこで、対策として呑口管直下流に急拡部を設け、ここで給気し、流れを大気に放出して開水路の流れを実現させ、その後管径を漸縮させる水理形状が検討された。本報は、衣川四号ダムにおける斜樋（流量調節工）の妥当な水理形状などを水理模型実験によって検討したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験装置の概略図を Fig.1 に示した。実験装置は、縮尺 1/20（フルード相似則）で堤体長は模型で 2m、高さ 1.6m で製作し、呑口はその中程に位置している。模型は主にダム（堤体法面勾配は 1:2）、斜樋（呑口、斜管）とそれに接続する仮排水路兼用トンネルとからなる。斜樋の当初案を Fig.2 に示した。当初案（口径 75mm×75mm）の呑口部は木製で角張った形状とし、斜管は透明硬質アクリル管製である。改良案では、現地での施工性等から呑口部は半径 0.3m（実寸）の丸みをつけた。Fig.2 のように、呑口から管路はすぐに曲がり A をへて、その直後に断面急拡部を有しここで給気し、その後漸縮して 2カ所の曲がり部 B、C をへて仮排水路兼用トンネルに接続する。斜管の中程には土砂吐管、急拡の断面壁

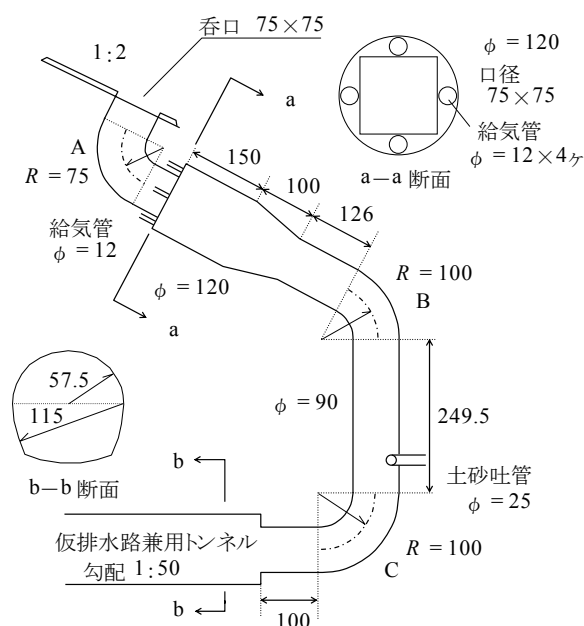


Fig.2 斜管断面図 (単位: mm)

には給気管 4 本が位置する。仮排水路兼用トンネルは、標準馬蹄形断面で木製で長さ 0.9m 設置した。

実験流量の把握は、上流に設置した JIS 規格の三角堰によって行った。呑口部から仮排水路兼用トンネル間は硬質透明アクリル管製なので、側方から目視等によって流況を把握した。

実験は、まず小流量から順次流量を増して所定の流量を実現した場合と、大流量から順次流量を減じて所定の流量を実現した場合の両者について実験を行った。この実験は、呑口から斜管に水が流入し、斜管内を流下する際、空気塊の有無や移動等により管内流況に大きな差異が生ずるケースも想定された故行ったものである。実験によると、特筆すべき流況（例えば、問題となる履歴現象）は観測されなかった。

3. 実験結果

3.1 管内流況

管内流況の例を Fig.3 に示した。呑口から曲がり A をへて急拡断面（給気）までは管の曲がり形状に沿う割合にスムーズな湾曲流で、一部に剥離を伴う流れである。管急拡断面から次の曲がり B までの流況（この間に漸縮部あり）は、管急拡部からの高速流が大気に開放され、周囲に空気層を有し、水流は白濁している。4 本の給気

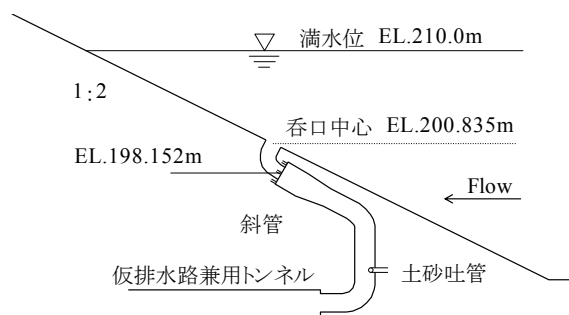


Fig.1 衣川 4 号ダム概略図 (実寸表示)

管からはほぼ均等に給気されていた。漸縮部終端付近では白濁を伴うがほぼ満流の流れである。曲がり B と曲がり C には剥離がみられ、また曲がり B 以降の鉛直管内では重力方向への流下で管内には空洞部が見られた。仮排水路兼用トンネル始端（斜管末端）からはスムーズな開水路の流れであった。なお、8.2 l/s 時（小流量→所定流量）には直径約 2.5cm（時計回り）の不安定な空気吸込渦が呑口水面に発生したが、ダム水位の変化はみられなかった。

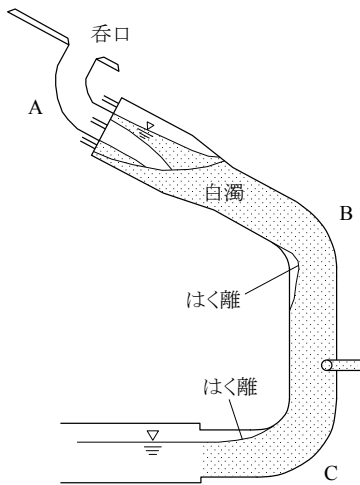


Fig.3 流況例（口径 57.5mm, 9.5 l/s の場合）

実験によると、当初案、改良案の各形状において、管内流況に大差はなく、流況上は特に問題点はみられなかったが、当初案では所定流量時のダム水位は計画値に比べて低かった。9.5 l/s で所定のダム水位になるような呑口などの形状選定が必要であった。

3.2 呑口形状と流量係数

次の 3 種類の呑口形状を製作し、実験を行った。呑口四方にはすべて 1.5cm（模型）の丸味を付け、その下流の断面は正方形の曲がり断面で一辺長が 6.25, 5.75, 5.25 (cm) の 3 種類である。管急拡部からの下流は円管ですべて当初案での実験装置である。

ダム水位と呑口径の関係を Fig.4 に示した。Fig.4 のように、所定流量時でかつ所定のダム水位を実現する呑口一辺長は約 5.75cm（模型表示）であった。

管急拡部壁には 4 本の給気管が取り付けられている。この給気管により確実に給気することによって、管急拡部直下流に大気圧の空気層を実現させたい。給気管径は

0.24m（実寸直径）で 4 本設置されるので給気管の総断面積は 0.181m^2 となり、所定空気量算定式により求めた値に比べて約 3 倍大きい断面積となっている¹⁾。

斜管の急拡断面中心を基準 0 とした水深 H_0 と流量の関係を表す。

$$\left. \begin{aligned} Q &= C_0 A_0 \sqrt{2gH_0} \\ C_0 &= 1 / \sqrt{1 + \lambda_e + \lambda_b + fl/4R} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここで、 Q : 流量, C_0 : 流量係数, λ_e : 流入損失係数, λ_b : 曲がり損失係数, f : 摩擦損失係数, l : 管長, R : 半径, A_0 : 管急拡直前の断面積（呑口断面積）, g : 重力の加速度, H_0 : 水深で計画では 0.592m（模型表示）。いま、呑口が丸味の場合において $\lambda_e = 0.1$, $\lambda_b = 0.5$ とし、

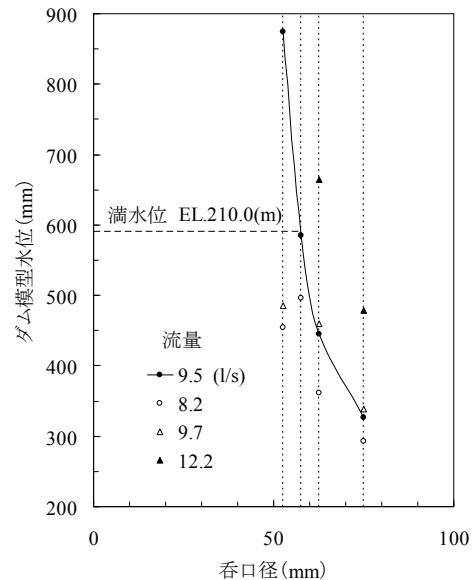


Fig.4 呑口径とダム模型水位の関係

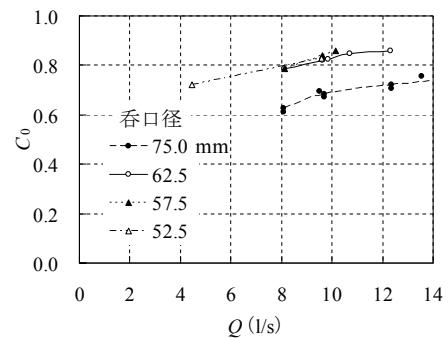


Fig.5 C_0 と Q の関係

短区間なので摩擦損失水頭を無視すると (1) 式で $C_0 \approx 0.79$ となる。同様に、呑口が角張った場合に $\lambda_e = 0.5$, $\lambda_b = 0.5$ とすると $C_0 \approx 0.71$ となる。

(1) 式で、実測の Q , H_0 を用いて C_0 を算出した値を Fig.5 に示した。Fig.5 によると、 C_0 値は呑口形状によって異なり、また、流量の増加とともに大きくなる。 C_0 の実験値は、先述の水利設計時の既往の概値と同程度であることがわかった。

3.3 呑口にゲート設置時の管内流況と流量係数

実験装置を Fig.6 に示した。Fig.6 のように、堤体法面勾配 1:2 に正方形 (6cm×6cm, 模型表示) の呑口が直角に位置し、呑口には半径 1.5cm の丸味が各辺に設けられている。実験は Fig.6 の呑口ゲート開度を設定し、任意の実験流量を通水して、定常流の基でダム水位と管内流況を把握した。

Fig.7 は、管内の流況例である。呑口直下流では、小

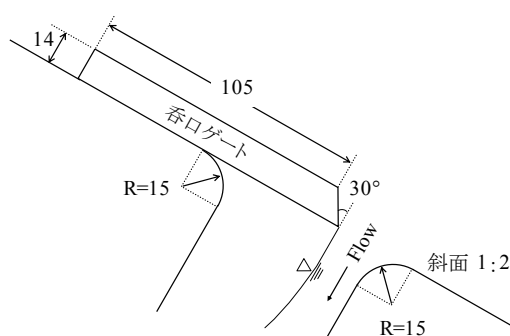


Fig.6 呑口ゲートの設置状況 (単位: mm)

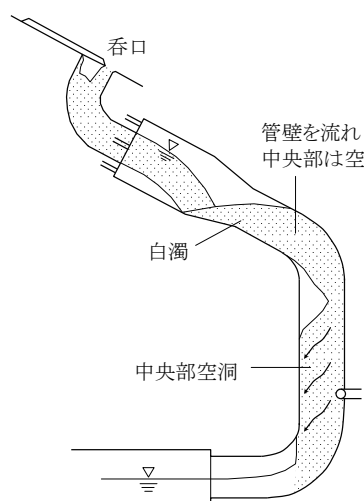


Fig.7 流況例 (3.5 l/s, ゲート開度 20% の場合)

開度の時は空洞がみられ、呑口の開度が大きくなるに伴い空洞部分が減じ、流水は攪乱白濁するが、流況上は特に問題点はみられなかった。

Fig.6 のような流れの流量係数をどのような関係式で表示するかは一課題である。種々検討の結果、次のように表示した。

$$Q = C_1 A_1 \sqrt{2gH_1} \quad (2)$$

ここで、 Q : 流量, C_1 : 流量係数, $A_1 = B \times a_1$, B : 呑口幅で 6cm, a_1 : 呑口下部丸味の中心と呑口ゲート先端とを結んだ線長から丸味半径を引いた値, g : 重力の加速度, H_1 : 呑口下部丸味の中心と呑口ゲート先端を結んだ丸味上の交点を基準 0 としたダム水深。 (2) 式で Q , A_1 , H_1 を与件として C_1 を算出し、 H_1/a_1 との関係でプロットしたのが Fig.8 である。

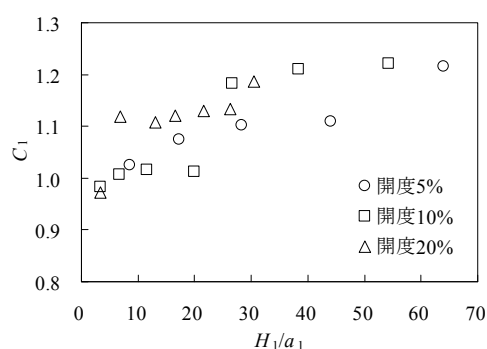


Fig.8 C_1 と H_1/a_1 の関係

Fig.8 のように、 H_1/a_1 が大になるに伴って C_1 は約 1.0 ~ 1.2 と変化するが、 C_1 と H_1/a_1 にはおよそ一義の関係がみられた。このように、呑口に丸みを有する場合の斜樋呑口ゲートの流量係数の表示法は (2) 式で概ね妥当と思われた。

4. むすびに

本実験で取り扱った斜樋タイプは管急拡部を有し、急拡断面で給気によって開水路の流れを実現する水利形状である。本実験によりこの斜樋タイプは十分実用可能であることが判明した。また、呑口からの流量係数と斜樋呑口ゲートの流量係数について実験的に示した。

本報が斜樋の水利を検討する際に参考資料になれば幸いである。

謝 辞

実験に際し, 山形大学農学部平成2年度卒大場正明氏,
同平成4年度卒三好寿典氏の協力を頂いた. 記して謝意
を表する.

引用文献

- 1) (社) 農業土木学会 (1992) 平成2年度衣川4号ダム
洪水調節工水理検討業務報告書 (中間報告). 16-18.
(社) 農業土木学会.