

ラビリンス堰の水利模型実験

秋 野 隆 英*・森 田 厚 志**

The Hydraulic Model Test of the Labyrinthine Weir.

Takahide AKINO and Atsusi MORITA

要 旨

本論文は、ラビリンス堰の越流特性を模型実験により検討し、用水路計画における基礎資料を得たので報告する。

Abstract

In this paper, we report the basic datas of the irrigation canal planning, according to the model experiments we tried on the characteristics of the discharge over the labyrinthine crests.

1. ま え が き

用水路等において、開水路区間の終端にあつて開水路と管路の連絡の用をなす流入桝の部分で普通ヘッドタンクと呼ぶ。

筆者らが対象とするヘッドタンクの流入桝には、管路区間での通水停止等を考慮して別に「余水放流施設」が必要となるが、上流側開水路との関係から、余水放流用越流堰の越流水深は15cm以下とすることが必要となる。

この余水放流用越流堰を通常的全幅堰で考えた場合、上記の条件を満足させるためには、堰幅を15m程度とすることが必要となり、流入桝の施設規模もそれに追従し非常に大きなものとなる。

このため、従来の直線型的全幅堰に対し、流下方向にも堰を設けて、越流幅を確保する「ラビリンス堰」を用いて越流水深を低下させ、流入桝の施設規模を小さくさせる必要がある。

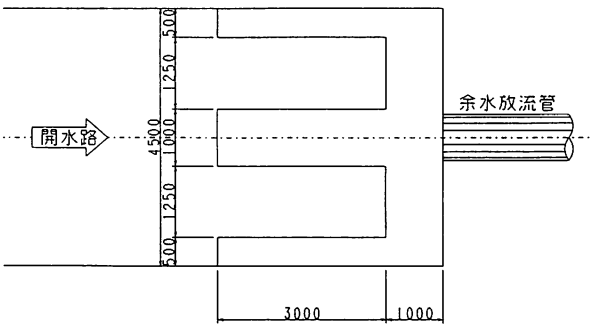
ラビリンス堰の一般的な特徴^{1)~3)}は以下のとおりである。

- ①通常の越流堰よりも越流堰頂が長く、放流量を大きく設定することが可能である。
- ②減勢効果が高い。
- ③平面形常が凸凹なことから流下方向の水圧に対し有利である。
- ④堰体をプレキャスト化することにより施工性を向上させることが可能である。

このことから、当該の流入桝に計画する余水放流用越流堰は、図－1に示すように平面形状が四角形のラビリンス堰を用いることにした。

しかし、ラビリンス堰は特殊な平面形状であるため、越流係数を考慮した事例が非常に少なく、また通常の越流公式をそのまま適用するわけにいかないため、水利模型実験により実際の流況を把握する必要がある。

模型実験では、実際の余水放流量に対応可能なラビリンス堰の一部を抽出（1サイクル分）して実験を行い、越流特性を調べるとともに、直線型的全幅堰と比較検討するものである。



図－1 余水放流用越流堰(単位：mm)

2. 模型実験の諸元

2. 1 寸法上の縮尺

模型実験は、1サイクルのラビリンス堰と、同様の条件で作成した全幅堰について実施した。

* 教 授 環境都市工学科
** 係 長 株式会社ズコーシャ

管路流入桝は、その施設規模が制限されることから、余水放流用越流堰の堰幅は4.50mとする。
また、今回の実験水路の水路幅が0.50mであることから、堰幅の1/2を対象とした模型実験とする。

このことから寸法上の縮尺 n は以下のとおりである。
$$n = 0.50 / 2.25 = 1 / 4.5$$

実験用の模型は図-2に示す寸法形状で作成した。

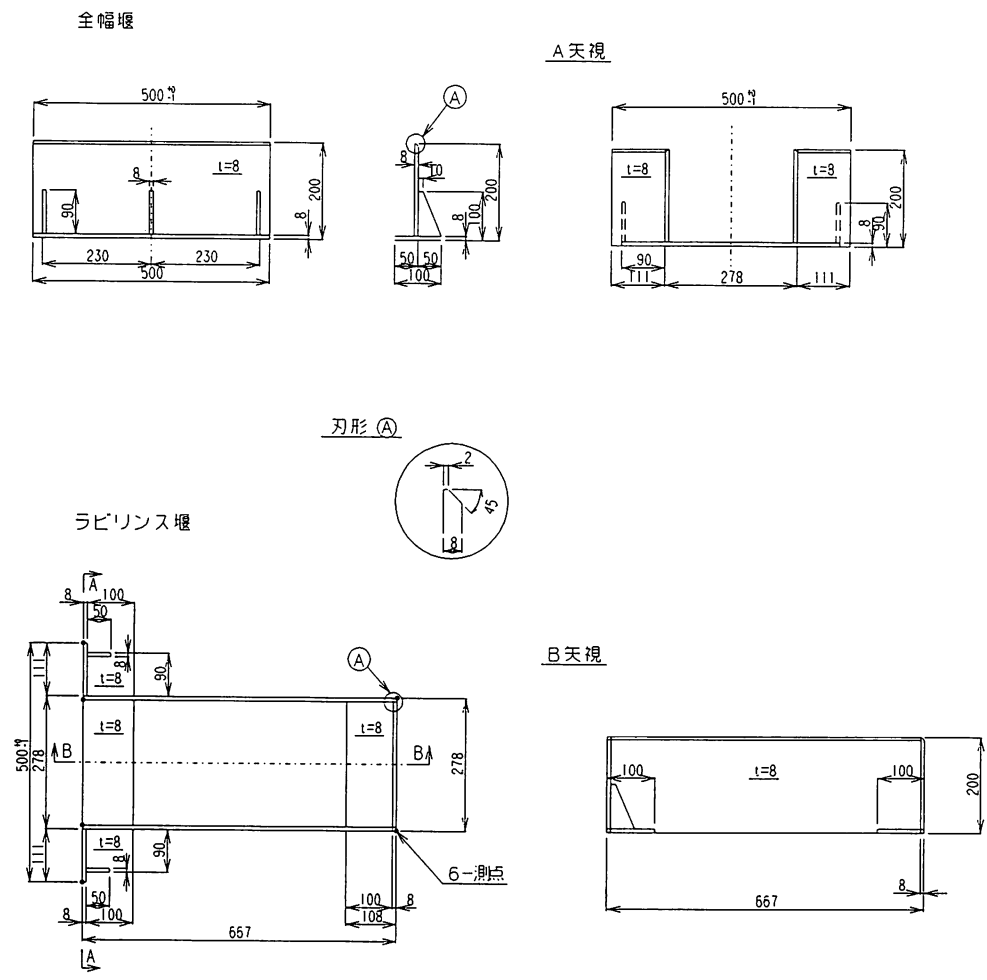


図-2 全幅堰とラビリンス堰の模型(単位:mm)

2. 2 実験流量

実際の余水放流量は1.545m³/sであるが、1サイクルであるため、その半分の $Q = 0.7725\text{m}^3/\text{s}$ となる。
フルード数を同一とする場合、流量の縮尺は $n^{5/2} = (1/4.5)^{5/2} = 0.023279$ となり、模型実験の基準流量は $q = 0.7725 \times 0.023279 = 0.017983\text{m}^3/\text{s}$ である。

実験ではデータを比較検討するため、表-1に示す3種類の流量について実施した。
なお、流量は直角三角堰のJIS公式より求めた。

表-1 実験流量

区分	流量 $Q (\text{d/s})$	備考
流量-1	0.017983	基準流量
流量-2	0.008992	基準流量 $\times 0.5$
流量-3	0.026975	基準流量 $\times 1.5$

2. 3 越流水深

模型実験を実施するにあたり、実験流量に対する越流水深を越流公式から算定した。

石原・井田の式⁴⁾から

$$Q = C B h^{3/2} \dots\dots\dots (1)$$
$$C = 1.785 + \left(\frac{0.00295}{h} + 0.237 \frac{h}{W}\right) (1 + \varepsilon) \dots\dots (2)$$

- ここに、 Q ：越流量 (m³/s)
- B ：堰の幅 (m)
- h ：越流水深 (m)
- C ：流量係数 (m^{1/2}/s)
- W ：水路底面より堰縁までの高さ (m)
- ε ：補正項で、
 $W \leq 1\text{m}$ のとき $\varepsilon = 0$ 、 $W > 1\text{m}$ のとき $\varepsilon = 0.55(W - 1)$

なお、ラビリンス堰については、明確な越流公式が定められていないため、一般の全幅堰に対する越流公式を用いて越流水深を仮定した。この結果を表－2、表－3に示す。

また模型実験での水面形の測定位置は、図－3に示す模式図のとおりである。

3. 模型実験の結果

全幅堰、およびラビリンス堰に対する水理実験から得られた水面形状の縦断面図を図－4に、横断面図をそれぞれ図－5、図－6に示す。

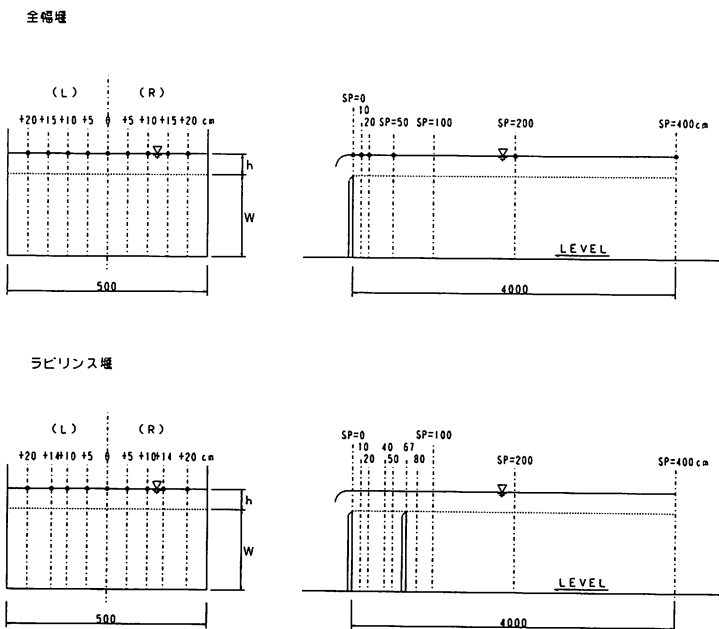
また、全幅堰およびラビリンス堰の越流状態とナップの形状をそれぞれ写真－1、写真－2に示す。

表－2 全幅堰の越流水深

区 分	流量 Q (d/s)	流量係数 C	越流水深 h (m)	備 考
流量－1	0. 017983	1. 9094	0. 07079	$W = 0. 200\text{m}$ $B = 0. 500\text{m}$ $\varepsilon = 0$
流量－2	0. 008992	1. 9033	0. 04469	
流量－3	0. 026975	1. 9249	0. 09227	

表－3 ラビリンス堰の越流水深

区 分	流量 Q (d/s)	流量係数 C	越流水深 h (m)	備 考
流量－1	0. 017983	1. 9184	0. 03004	$W = 0. 200\text{m}$ $B = 1. 800\text{m}$ $\varepsilon = 0$
流量－2	0. 008992	1. 9652	0. 01863	
流量－3	0. 026975	1. 9060	0. 03954	



図－3 水面形の測定位置 (単位：mm)

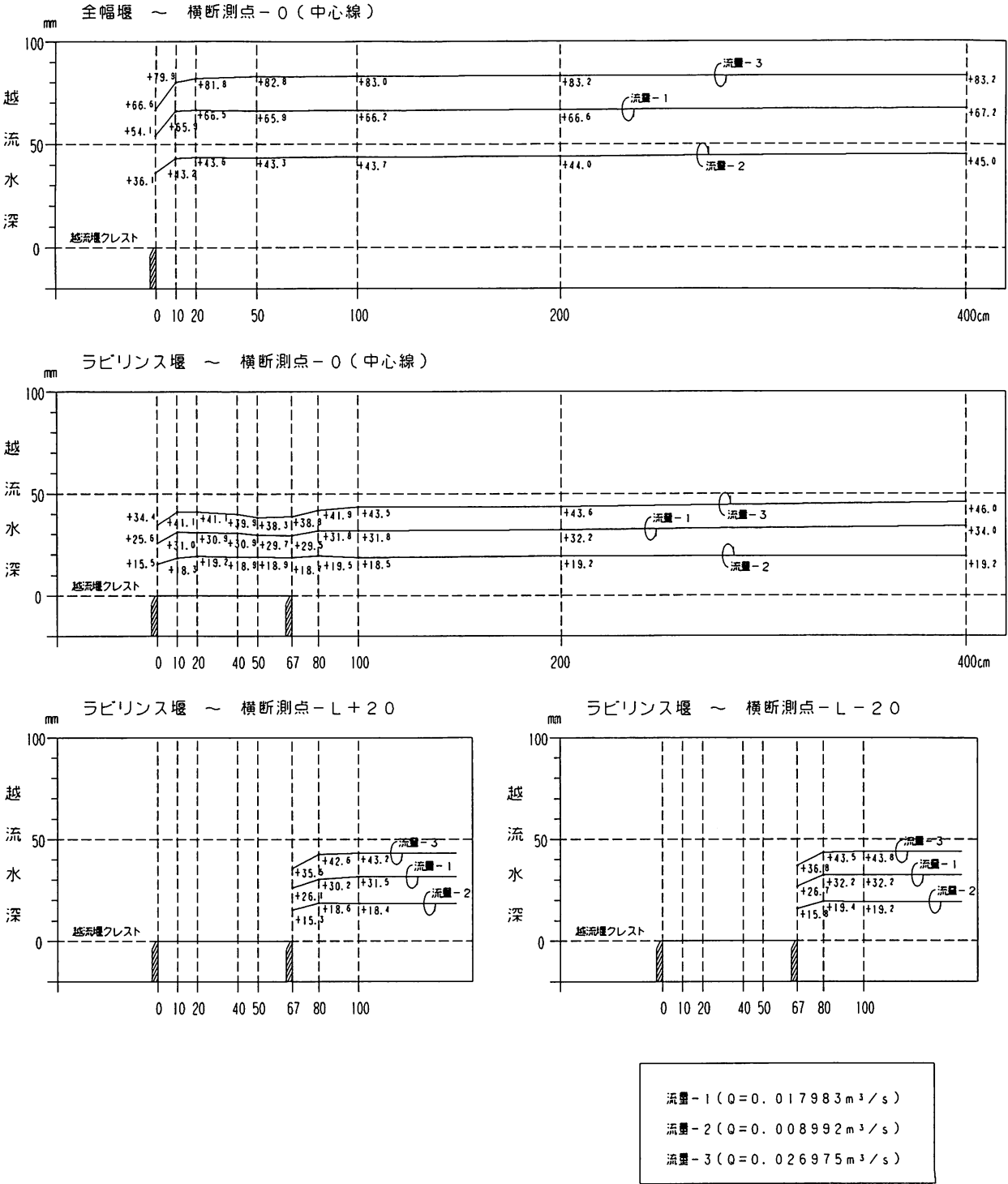
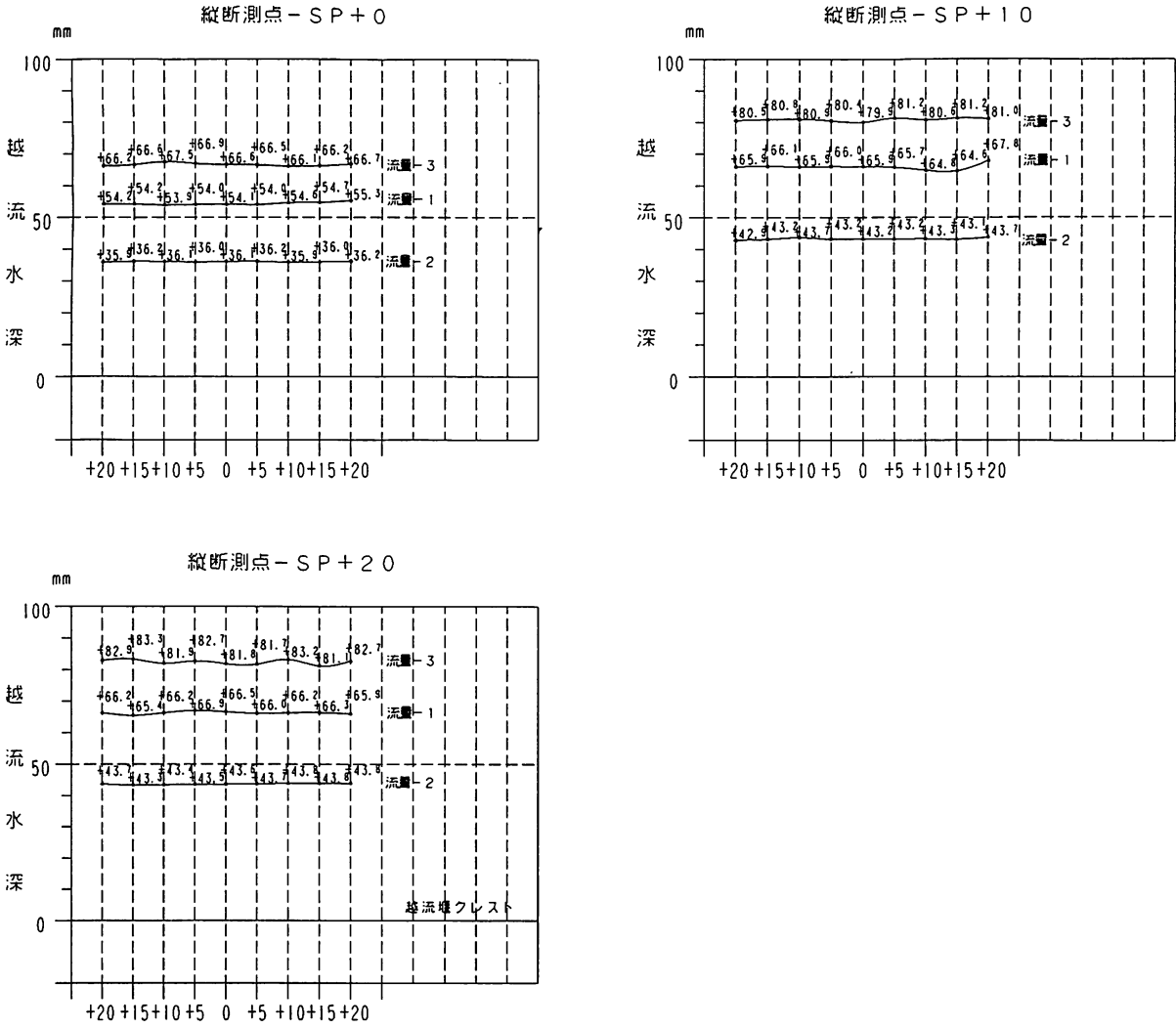


図-4 全幅堰・ラビリンス堰の水面形状の縦断面図



図ー 5 全幅堰の水面形状の横断面図

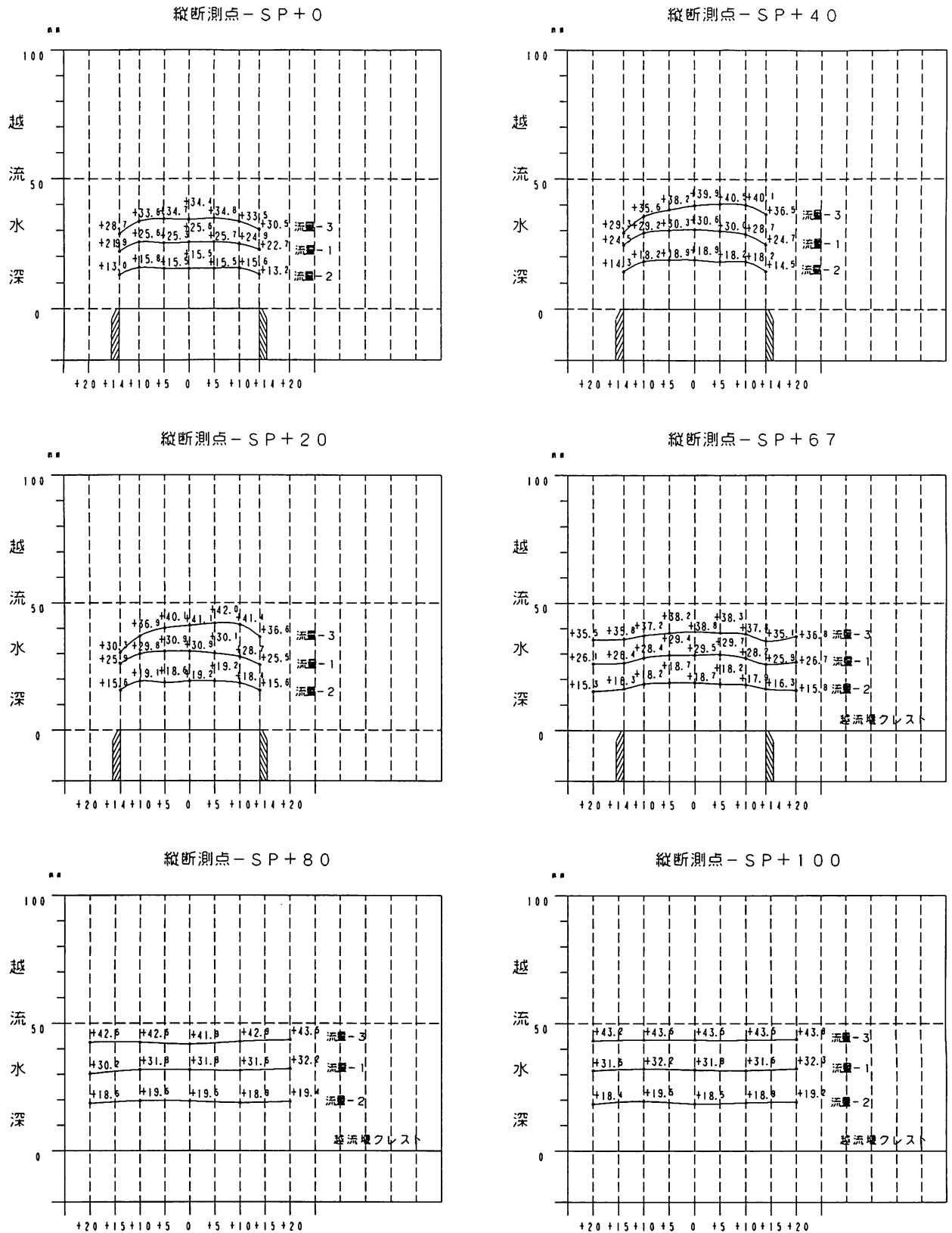


図-6 ラビリンズ堰の水面形状の横断面図

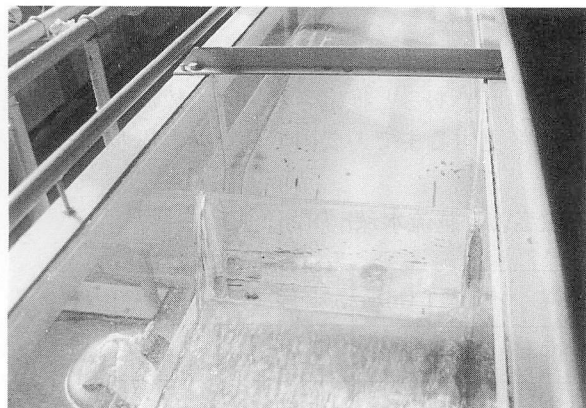


写真-1 全幅堰の越流状態とナップ形状

写真-2 ラビリス堰の越流状態とナップ形状

4. 考 察

4. 1. 実構造物に対する実験結果の反映

水理模型実験の結果、基準模型流量 $Q = 0.017983 \text{ m}^3/\text{s}$ (流量-1) に対して、模型ラビリス堰の越流水深は、堰の上流のSP100～SP400cmで $h = 0.0318 \sim 0.0340 \text{ m}$ となっており、実構造物の越流水深は以下のとおりとなる。

【実構造物の越流水深 $Q = 0.7725 \text{ m}^3/\text{s} \sim 1$ サイクルに対して】

$$h = (0.0318 \sim 0.0340) \times 4.5 \\ = 0.143 \sim 0.153 \text{ m} (\approx 0.150 \text{ m})$$

ラビリス堰の施設規模決定にあたっては、実構造物の越流水深が、最大で $h = 0.150 \text{ m}$ 程度となることを前提条件としたが、水理模型実験の結果から、今回のラビリス堰の形状で、ほぼその条件を満足しているものと判断できる。

このことから、当該の管路流入桝に設置する余水放流施設には、このラビリス堰を採用することとした。

4. 2 堰高について

実構造物における流入桝の底面から堰縁までの高さ、すなわち堰高は図-7に示すように $W = 2.90 \text{ m}$ である。しかし、模型の対象とした堰高は $W = 0.90 \text{ m}$ (模型寸法 $W = 0.20 \text{ m}$) として実験を行った。

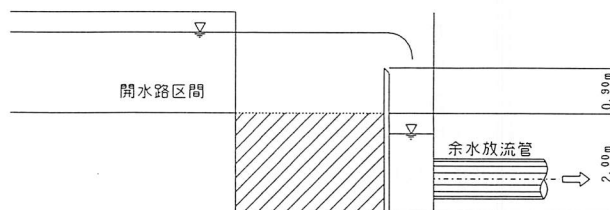


図-7 全幅堰の堰高

これは、管路流入桝において、最大の余水放流があったときは、用水管路側の通水が停止しているため、同図の斜線部には水の動きがなく、いわゆる死水になるとの前提に基づいたものである。

このため、模型実験では全幅堰の越流公式における2つの堰高 W と越流水深 h の関係を表-4に示す。

同表から、堰高 W の設定の方法により、同一流量を流下させたときの越流水深、および流量係数

は微妙に変動すると考えられる。

今回の水理模型実験では、この現象を確認するデータは収集していないが、実構造物においてはこれらの影響による微小な水位変化を生じる可能性はある。

しかし、実構造物における水面変化の範囲は数mm程度であると推定され、余水放流工の施設規模を変更するまでの要因ではないと思われる。

表－4 全幅堰の越流公式における堰高Wと越流水深hの関係

流量 Q (d/s)		堰幅 B (m)	堰高 W (m)	流量係 C	越水深 h (m)	備 考
流量 1	0. 017983	0. 500	0. 2000	1. 9094	0. 07079	
			0. 6444	1. 8524	0. 07224	+0. 00145m→2. 05%
流量 2	0. 008992	0. 500	0. 2000	1. 9033	0. 04469	
			0. 6444	1. 8668	0. 04527	+0. 00058m→1. 30%
流量 3	0. 026975	0. 500	0. 2000	1. 9249	0. 09227	
			0. 6444	1. 8510	0. 09471	+0. 00244m→2. 64%

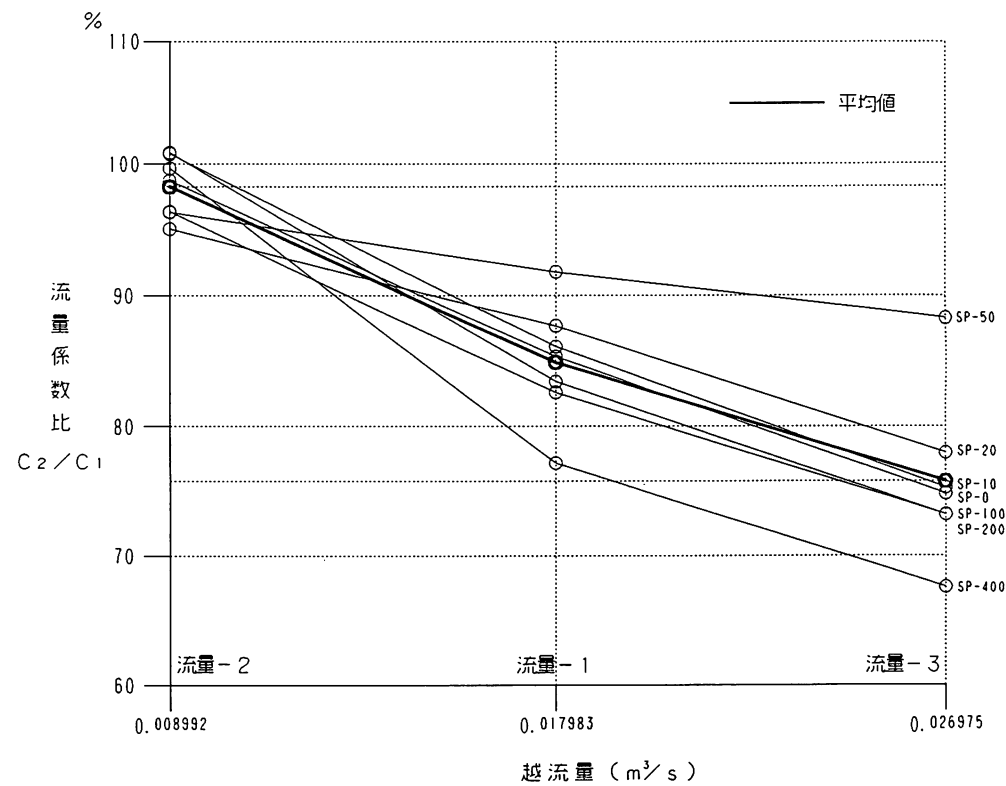
4. 3 流量係数の相関について

越流公式である(1)式を流量係数の式に書き換えると、

$$C = \frac{Q}{B h^{3/2}} \dots\dots\dots (3)$$

ただし、Bについては全幅堰0.50m、ラビリンス堰1.80mである。

全幅堰の流量係数C₁とラビリンス堰の流量係数C₂の比を流量係数比（C₂/C₁）として、流量毎に整理すると図－8になる。



図－8 越流量と流量係数比の関係

同図から、各測点の流量係数比の平均値を求めると、流量－2では $C_2/C_1=0.9825$ 、流量－1では $C_2/C_1=0.8488$ 、流量－3では $C_2/C_1=0.7577$ となっており、ラビリンズ堰の流量係数 C_2 は、越流量、すなわち越流水深が小さい場合、全幅堰の流量係数 C_1 に限りなく近づき、越流量の増加とともに、流量係数が低下していくものと判断される。

これは、図－4の横断測点0（中心線）にみられるように、越流量の増加にともないラビリンズ堰の付根部分に水面低下が発生するためと推定される。

5. ま と め

ラビリンズ堰の越流特性の要点を以下に示す。

- 1) 模型の寸法上の縮尺 $n = 1/4.5$ で実験したラビリンズ堰の越流水深は、 $h = 0.0318 \sim 0.0340\text{m}$ であり、実構造物に換算した越流水深は $h = 0.150\text{m}$ となり、構造上問題がない。

このことから、実構造物のラビリンズ堰の1サイクルは、模型寸法の4.5倍の形状とする。

- 2) 堰高 W の設定の方法により、越流水深に微少な変動が生じる。

しかし、この変動は実構造物においても数mm程度であると推定されることから、余水放流工の施設規模は上記1)の形状でよい。

- 3) ラビリンズ堰の流量係数は、越流量、すなわち越流水深が小さい場合、全幅堰の流量係数に限りなく近づき、越流量の増加とともに、流量係数が低下していくものと判断される。

これは、越流量の増加にともない、ラビリンズ堰の付根部分に水面低下が発生するためと推定される。

なお、上記は今回の水理模型実験の条件下における現象であり、他のラビリンズ形状については別途実験を行い、現象を確認する必要がある。

結びにあたり、ラビリンズ堰の特徴や実験方法について、農林水産省農業工学研究所水工部水源施設水理研究室 常住直人氏の御指導、御助言によったものであり、ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 常住直人、中達雄、桐博英；ラビリンズ堰－多用途、高効率の越流ゼキ, ARIC情報40号, pp63-71, 1995
- 2) 常住直人、中達雄、桐博英；ラビリンズ堰（その2）－多用途、高効率の越流ゼキ, ARIC情報41号, pp15-21, 1996
- 3) 谷昭彦、西村豊、渡辺和好；ラビリンズ形状の越流係数特性について, 開発土木研究所月報 No468, pp2-9, 1992
- 4) 土木学会；水理公式集－昭和60年版－, pp283

（平成9年11月28日受理）

