

싸이 폰식 餘水吐의 眞空促進에 對한 研究

A Study on Accelerated Vacuous Condition in Siphon Spillway

金 始 源 · 李 熙 榮

Summary

1. **Outline** : The flow of the siphon spillway is very intricate and affected by vacuous condition.

It is an interesting problem to make vacuum rapidly in siphon, i.e, to provoke the perfect siphonage with the lowest water-level of overflow.

The hydraulic experiments of siphon spillway have practiced at the Masan Lake, Haenam, the province of Jun-nam and gained rational and economical results which cannot be obtained by calculation.

2. **Experiment** : The model scale was a half of that of the prototype.

3. **Results and discussion** : In the experiments of 14 runs, washing, overflow water level, outlet, water-level of cushion, phenomenon of water flying and water pressure of every part, etc. were studied.

- a) The relation of overflow water-level at siphon inlet and deflector

When the elevation of the deflector is 10.65 m and the form of deflector 0.4 m long is the hypotenuse of an 45° isosceles triangle, the over flow water-level is the minimum, i.e. the siphonage was excellent.

There is no effect by the rising of overflow water-level between 11.95m to 10.65m of deflector elevation (in the first plan, it is 11.05m). But the overflow water-level rises remarkably in the outside region of the above limits.

- b) The relation of overflow water-level, the length of cushion and standard height of the base.

The reduction of the length of cushion brings the rising of overflow waterlevel, and the rising of the standard height of the base brings the rising of overflow water level.

For the long cushion length and low standard height of the base, it cannot be expected to have the falling of overflow water-level.

The most satisfactory data were obtained at 5.20m of the base standard height and 6.1 m of the length of cushion.

The first value planned was 5.70 m and 4.30 m.

I. 序 論

싸이폰式 餘水吐의 흐름은 極히 複雜하고 흐름에 미치는 影響도 極히 綿密周廻한 設計를 한다 하더라도 그 結果에 對한 信賴度가 희박하다.

그 例로서는 그 規模가 國際的으로도 크다는 鎮川 栢谷川 上流에 設置한 싸이폰式 餘水吐가 完全한 作用을 하지 못하여 洪水時는 勿論 비가 좀 많이 오게 되면 住民들의 不安은 이루 말할 수 없다. 이와 같이 計算上의 設計만으로는 完全한 能力을 確保할수 없어 實驗을 通하여 確定을 얻고져 全南地區 海南郡 馬山面 上曾里 普坪里에 設置할 馬山池 싸이폰式 餘水吐 斷面積 $4m \times 2m$ 인 8連의 싸이폰에 對하여 排除能力 디후렉타(Deflector)의 位置 吐口部(out let)의 標高 기리에 對하여 實驗에 依한 實測值로서 分析研究하여 完全無缺한 構造物을 設計하여 築造코져 한다.

II. 現場과 設計概要

1. 現場概要

馬山地區는 全南 海南郡 馬山面 普坪里 西南方 半島北方 突出部에서 黃山面 日新里 東南方 小突出部에 이르는 狹少部에 土堰堤를 設置하고 右岸 少安郡에 餘水吐를 設置하였다. 本貯水池는 流域이 不足하여 三山川 中間에 沕를 設置하고 導水路로서 不足한 澆灌水量을 補充토록 하였으며 灌漑面積 2,200町步를 蒙利할 目的으로 堤塘 全高가 11.30m 이고 堤塘의 길이가 550m 이며 集水面積 8,196 町을 갖이고 水量 1,584 町米를 貯水할 수 있는 貯水池이다.

2. 貯水池의 流域 및 氣象關係

流域面積이 8,196町步 滿水面積이 417.03町이고 林野가 2割 5分 耕地가 $\frac{1}{1000}$ 下流가 $\frac{1}{2000}$ 이며 河川은 砂礫層이고 河川이 氾濫하여 兩岸에 荒地가 많아 河床은 良好하지 못한 便이다.

氣象關係에 있어서 降雨量은 年最大降雨量이 1,561.1mm 最大日雨量이 231.4mm 2日連續最大雨量이 347.1mm, 最大時雨量이 51.4mm 이다⁽¹⁾.

3. 設計概要

梶山式에 依하여⁽²⁾ 洪水量을 計算하고 洪水調

節을 위하여 最大日雨量을 $400m^3/sec$ 로 하였으며 斷面 $4m \times 2m$ 落差 5m 인 8連의 싸이폰으로 計하였다. 設計에 依한 計算上의 洪水排除能力은 $520m^3/sec$ 로 되어있다.

III. 模 型

1. 模型의 縮尺

模型의 縮尺은 實驗의 精度 水量 場所經費等에 依하여 決定된다. 本싸이폰은 8連으로서 性能試驗이 主이고 實驗室 流量이 적어서 不得已 20分之 1로 決定하여 模型을 設計 製作하였다.⁽⁵⁾

2. 模型의 材料와 製作⁽³⁾⁽⁴⁾

싸이폰의 上下壁은 亞鉛鍍金 5厘 鐵板을 使用하였고 兩側壁은 流況과 디후렉타(Deflector)의 作用을 보기爲하여 透明 “푸라스틱”으로 製作 設置하였다.

管體內部の 重要個所의 壓力을 測定코져 上下壁의 中央에 各各 13個 18個의 “피조메타”를 設置하였다. “싸이폰”의 呑口部(In-let) 前面에 標高를 表示하여 溢流水位를 測定할수 있게 하였고 鎮水池 側壁에도 標高를 表示하여 跳水現象을 直接보아 알 수 있게 하였다.

3. 給水裝置

6吋 管으로 給水하고 流量은 三角堰으로 測定하여 繼續 供給하였다. 模型給水前에 水靜狀態로 流入케 한다는 것은 많은 靜水裝置가 必要하였다

IV. 實 驗

1. 實物과의 相似關係⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

① 模型實驗에 있어서 模型과 實物間의 相似關係가 어떠한가 하는 것은 極히 重要한 問題이나 滿足할만한 相似가 成立할려면 幾何學的 運動學的 그리고 力學的 相似가 成立되어야 하나 이와 같은 諸條件을 滿足시키는 相似法則이란 얻기 힘들다. 그러므로 特히 流體의 影響이 큰 힘만을 考慮한 相似法則을 適用토록 하여 重力의 影響을 크게 考慮한 “후로드”(Froude) 相似法則을 使用키로 하였으며 이를 適用하여 諸值를 換算하니 다음 表와 같다.

table I

諸量	Froude 相似 法則에 依한 法比	模型에 對한 原型의 倍率
기리	$L_r = \frac{L_p}{L_m}$	$\frac{20}{1} = 20$
넓이	L_r^2	$20^2 = 400$
容積	L_r^3	$20^3 = 8000$
質量	$L_r^3 W_r g_r^{-1}$	$20^3 \times 1 \times 1^{-1} = 8000$
速度	$L_r^{0.5} g_r^{0.5}$	$20^{0.5} \times 1^{0.5} = 4.472$
힘	$L_r^3 W_r$	$20^3 \times 1 = 8000$
流量	$L_r^{2.5} g_r^{-0.5}$	$20^{2.5} \times 1^{-0.5} = 1,788.8$
壓力	$L_r W_r$	$20 \times 1 = 20$
時間	$L_r^{0.5} g_r^{-0.5}$	$20^{0.5} \times 1^{-0.5} = 4.472$

[註] 原型과 模型이 같을때에는 $g_r=1, W_r=1$ 로 한다.
 以上에서 算出한 바와 같이 기리 面積 容積은 模型의 값에 20 倍, 400 倍, 800 倍 하면 實物의 값이 되고 時間 流速은 4.472 倍 流量은 7,908.8 倍하면 實物의 값이 된다.

② 模型과 原型間의 粗度關係

maning 公式에 依據 粗度係數 關係를 풀면 다음과 같다.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad I \text{는 次元이 } 1 \text{ 이므로}$$

$$V_r = n_r^{-1} L_r^{\frac{2}{3}} \quad \text{그런데 } V_r = L_r^{\frac{1}{2}} g_r^{\frac{1}{2}} \text{ 이므로}$$

$$n_r^{-1} L_r^{\frac{2}{3}} = L_r^{\frac{1}{2}} g_r^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore n_r^{-1} = L_r^{\frac{1}{2} - \frac{2}{3}} g_r^{\frac{1}{2}}$$

$$n_r^{-1} = L_r^{-\frac{1}{6}} g_r^{\frac{1}{2}} \quad \text{그런데 } g_r=1$$

$$\therefore n_r = L_r^{\frac{1}{6}}$$

粗度係數의 比率를 n_r

原型의 粗度係數 n_p

模型上의 粗度係數 n_m 라하면

$$n_r = \frac{n_p}{n_m}$$

$$\therefore \frac{n_p}{n_m} = L_r^{\frac{1}{6}} \quad \therefore n_m = \frac{n_p}{L_r^{\frac{1}{6}}}$$

Concrete 의 lining 에서는

$$n_p = 0.015 \quad \text{또 } L_r = 20$$

$$\therefore n_m = \frac{0.015}{20^{\frac{1}{6}}} \quad \therefore n_m = 0.0091$$

即 模型에 使用한 材料는 亞鉛鍍金한 鐵板과 “프라스틱”이므로 粗度係數는 考慮치 않아도 自然相似가 되었다.

③ 模型上의 流量 및 給水

$$\theta_r = \frac{\theta_p}{\theta_m} \quad \therefore \theta_m = \frac{\theta_p}{\theta_r}$$

그런데 總流量 = 400m³/sec

그런데 8 連입으로 1 個當 排除流量 = 50m²/sec

故로 $\theta_p = 50,000 \text{ l/sec}$

$$\theta_r = 1,788.8$$

$$\theta_m = \frac{50,000}{1,788.8}$$

$$\therefore \theta_m = 27.95 \text{ l/sec}$$

但 θ_r = 原型과 模型의 流量比

θ_p = 原型의 流量

θ_m = 模型의 流量

以上 算出한 流量을 流量表에 依據 三角比를 通過시켜 模型에 流入토록 한다

2. 實驗計劃

本 “사이폰” 水理模型實驗은 다음과 같은 計劃에 依據 實施하여 分析하였다. (Table II 參照)

Table II 에서 나타낸바와 같이 “메리후렉타”의 位置 標高는 4.40m 式 變更시켰고 吐口部 (out let)의 底面標高는 0.25m 式 變更시켰으며 底面 기리는 0.40m 式 變更시키고 “디후렉타”의 型은 直三角形의 二等邊三角形과 60 度三角形의 두型에 對하여 實驗計劃을 樹立하였다.








3. 實驗結果

以上과 같은 計劃下에 實施한 結果를 사이폰 呑口部 (In let)의 溢流水位 사이폰 吐口部 (out let)의 水位 “사이폰” 各部分에 미치는 水壓을 實驗分析한 結果를 比較 檢討하면 다음과 같다.

가. “사이폰” 呑口 (In let)의 溢流水位 (tabel I, II 참조)

“사이폰”에 있어 그 性能을 表示하는 것은 溢流水位가 달한다. “사이폰”의 作用이 不完全할 때에는 溢流水位는 上昇하여 開水路와 같은 狀態로서 流下하게 된다. 이것뿐만 아니라 吐口部 (out let)와 斷面不足 跳水現象에 對하여도 溢

table II

實驗次數	種類 실험치관산치	Defleeter의 位置		Defeeter의 型		底面 標高		底面 거리	
		m	p	m	p	m	p	m	p
1		0.5925	11.85			0.2600	5.20	0.3050	6.10
2		"	"	"	"	0.2725	5.45	0.3165	6.33
3					"	0.2850	5.70	0.3300	6.60
4		"	"	"	"	0.2975	5.95	0.3430	6.86
5		"	"			0.2600	5.20	0.3050	6.10
6		0.5325	10.65			0.2600	"	"	"
7		"	"	"	"	0.2725	5.45	0.3165	6.33
8		"	"	"	"	0.2850	5.70	0.3300	6.66
9		"	"	"	"	0.2975	5.95	0.3430	6.86
10		0.5125	10.25	"	"	"	"	"	"
11		0.5725	11.45	"	"	0.260	5.20	0.3050	6.10
12		0.5525	11.05	"	"	"	"	"	"
13		"	10.00	"	"	"	"	0.2850	5.70
14		"	11.00	"	"	0.2850	5.70	0.2150	4.30

但 m: 模型 p: 原型

table I 實驗에 따른 溢流水位表

實驗次數	模型	原型
1	0.7365m	14.73m
2	0.7445	14.89
3	0.7540	15.08
4	0.7625	15.25
5	0.7440	14.88
6	0.7360	14.72
7	0.7465	14.93
8	0.7510	15.02
9	0.7635	15.27
10	0.7675	15.35
11	0.7365	14.72
12	0.7360	14.72
13	0.7510	15.02
14	0.7670	15.34

參考 設計上的 滿水位 14.00m
設計上的 計劃水位 14.50m

流水位가 左右된다.

即 管體內的 眞空을 促進시켜 最短時間에 空氣를 排除하여 流速을 크게 하여야 하는데 이것이 理論으로서는 解決되지 않고 條件에 따라 달라진다. 過去에는 이 作用을 빨리하기 爲하여 싸이 폰 管體를 S型으로 하였으나(8)(7) 力學的으로 不完全하고 施工이 困難하여 近來에는 管體를 直線으로 하되 管體底面에 디후렉터를 附設하여 當初 少量의 流量이 흐를때에도 跳水시켜 管體 上面에 부딪치게 함으로서 眞空을 促進시키는 方法이나 이것이 型態 크기 位置에 따라 顯著한 差異가 생긴다. 크기는 클수록 眞空은 빨리시키나 管體의 斷面을 縮少 시킴으로서 相當히 不利하다. 그러므로 眞空을 빨리 誘發할수 있는 最少限으로 定하여 이 實驗을 實施하였다.

(a) 디후렉터를 標高 11.85m 에 設置하였을 때 吐口部(out let)의 底面 標高와 溢流水位와의 關係(table I 參照 第 1, 2, 3, 4 次實驗結果)

디후렉터의 位置를 標高 11.85m 에 設置하고 디후렉터의 模型과 크기는 45度 2等邊 直角三角形으로 하고 2等邊을 0.28m 斜邊을 0.4m 로 하고 底面標高를 5.20m 底面 기리를 6.10m 로 하여 實施한 結果 溢流水位가 14.73m 로 計劃溢流水位 14.50m 보다 0.23m 높은 水位를 維持하였다. 以上の 結果로 디후렉터를 標高 11.85m 에 固定하고 吐口部 (out let)의 底面 標高만을 0.25m 式 높혀 5.45m 5.70m 5.95m 에 繼續上昇하여 10.89m, 15.08m, 15.25m 가되어 底面이 얕을 때 最低位의 溢流水位를 나타냈다. 그러나 現地條件으로나 他工事費關係로서 그 以上으로 底面標高를 나눌수 없어 나치지 못하였다.

(b) 디후렉터의 型과 溢流水位와의 關係

디후렉터의 型을 60度 30度의 直角三角形으로 하고 斜邊의 기리를 0.4m 로 하여 前記 實驗中 가장 良好하였던 底面標高 5.20m 에 하고 디후렉터의 位置는 먼저와 같은 位置로서 물을 溢流시켜 본 結果 溢流水位가 14.88m 로 型을 變更시킴으로서 0.15m 上昇하였다. 이 結果로 디후렉터의 型은 먼저의것 45度 2等邊 直角形으로 斜邊의 기리를 0.4m 로 하여 앞으로의 實驗을 繼續코져 한다.

(c) 디후렉터를 標高 10.65m 에 設置하였을 때 吐口部(In let)의 底面 標高와 溢流水位와의 關係 (6, 7, 8, 9 次實驗結果)

디후렉터의 位置를 10.65m 에 設置하고 吐口部 (out let)의 底面 標高를 5.20m 부터 0.25m 式 上昇시켜 5.45m, 5.70m, 5.95m 로 하여 實驗한 바 溢流水位標高가 各各 14.72m, 14.93m, 15.02m, 15.27m 로 漸次 上昇하였다. 그런데 디후렉터 (Deflector)의 位置가 11.85m 일때 最低溢流水位 14.73m 에 比하여 10.65m 일때는 最低溢流水位가 0.01m 低下하여 14.72m 이었다. 即 디후렉터 (Deflector)를 1.20m 나추어 設置하였으나 溢流水位는 不過 0.01m 低下되었다.

(d) 디후렉터 (Deflector)의 位置變更과 溢流水位와의 關係

第10次 實驗에서는 第9次 實驗과 同一한 條件下에 디후렉터 (Deflector) 位置를 0.40m 低下시켜 標高 10.25m 에 設置한바 溢流水位가 9次 實驗時보다 0.08m 높은 15.35m 의 溢流水位가 되어 디후렉터 (Deflector)의 位置를 標高 1.65m 以下로 내려 設置케 한다는 것은 無謀하다는 것이 證明되었다. 그러므로 디후렉터의 位置는 10.65m 부터 11.85m 사이에 存在한다는 것을 알고 第11次 實驗에서는 11.85m 보다 0.40m 얕은 11.45m 에 設置하고 吐口部(out let)의 底面標高는 前番 實驗中 가장 溢流水位가 알았던 5.20m 로 하고 實驗을 實施한바 14.73m 로 디후렉터 (Deflector)의 設置 位置 11.85m 일 때와 同一한 溢流水位를 表示하여 第12次 實驗에서는 또 第11次 보다도 0.40m 나취 設置하고 다른 條件은 같게 하여 實驗을 實施한바 溢流水位 14.72m 로 0.01m 가 低下되어 먼저 實驗한 디후렉터의 位置標高 10.65m 와 同一한 水位가 되었다. 以上の 結果를보아 디후렉터의 位置는 11.85m 와 10.65m 사이에 設置하면 좋다는 結論을 얻을수 있어 이 位置는 標高 11.00m 로 한다.

(e) 吐口部 (out let) 底面長縮少와 溢流水位와의 關係

디후렉터의 位置는 標高 11.00m 에 設置하고 底面標高를 5.20m 底面기리를 5.70m 로 하여 實驗을 實施한바 溢流水位가 15.02m 였다.

(f) 原設計에 對한 實驗

原設計의 디후렉터의 位置 및 모양 크기는 實驗結果와 同一하다. 吐口部 (out let)의 底面標高는 5.70m 底面長은 4.30m 이었다. 이에 물을 溢流시킨 結果 溢流水位가 15.34m 로 14 次에 걸친 實驗中 가장 높은 溢流水位를 나타내어 結論的으로 第一不利한 現象이다.

나. 吐口部 (out let)의 水位(table IV 參照)

溢流된 물은 吐口部 (out let)를 通하여 河川에 放流됨으로 構造物에는 그리 큰 影響은 없으나 디후렉터 (Deflector)의 位置 모양은 out let 水位에 別影響이 없고 out let 의 底面高와 底面기리에 影響이 있어 底面이 높을수록 底面기리가

table IV 各實驗의 吐口部 (out let)의 水位表

實驗次數	No. 2+8.70		No. 2+11.74		No. 2+13.34		No. 2+17.14	
	模 型	原 型	模 型	原 型	模 型	原 型	模 型	原 型
1	0.5257	10.514	0.5262	10.524	0.5431	10.862	0.5837	11.674
2	0.5216	10.432	0.5140	10.280	0.5368	10.736	0.5797	11.594
3	0.5181	10.362	0.5096	10.192	0.5329	10.658	0.5828	11.656
4	0.5136	10.272	0.5082	10.164	0.5312	10.624	0.5796	11.592
5	0.5270	10.540	0.5225	10.450	0.5380	10.760	0.5857	11.714
6	0.5272	10.544	0.5213	10.426	0.5353	10.706	0.5829	11.658
7	0.5039	10.078	0.5126	10.252	0.5308	10.616	0.7793	11.586
8	0.5138	10.276	0.5113	10.226	0.5268	10.536	0.5757	11.514
9	0.5089	10.178	0.4970	9.940	0.5320	10.640	0.5797	11.594
10	0.5099	10.198	0.5096	10.192	0.5204	10.408	0.5818	11.636
11	0.5252	10.504	0.5239	10.478	0.5402	10.804	0.5849	11.698
12	0.5275	10.550	0.5379	10.758	0.5427	10.854	0.5814	11.628
13	0.5435	10.870	0.5372	10.744	0.5605	11.210	0.6039	12.078
14	0.5211	10.422	0.5485	10.970	0.5846	11.692	0.5949	11.898


但: 이 水位는 最高 最低水位의 平均值임

짧을 수록 水位가 높아졌다. 이 水位라는 것은 跳水高를 말하는 것이다.

V. 結 論

以上の 結果를 綜合하여 보면 諸條件을 修正하여도 溢流水位가 計劃溢流水位 14.50m 보다 0.22m 높은 14.72m 이고 out let 部의 跳水高도 높아 當初 側壁高보다 1.25m 나 높여야만 된다. 이러한 結果는 設計上에서 有効落差를 溢流水位와 out let 部의 滿水面의 差로서 取한것이 잘못 이고 싸이폰 管體斷面積에서 Deflector의 斷面積

을 減하지 않아도 out let 部의 斷面積이 不足한 結果이다. 그러므로 現地條件을 參酌하여 以上 實驗結果에서 指摘한바와 같이 12次實驗의 結果가 諸條件으로 보아 가장 良好한 結果로서 同一한 管體로 最大의 流量을 排除할 수 있다. 그러므로 原設計의 計劃溢流水位 14.50m 를 14.72m 로 修正 設計할 것이며 out let 部도 別添圖面과 같이 修正設計하여야 한다. 以上の 實驗結果로서 修正을 要하는 部分을 綜合적으로 圖表化 하면 다음과 같이 된다.

Deflector 位置 標 高	Deflector의 型	out let 部 底 面 高	out let 部 底 面 高	out let 部 側壁高
11.00m		6.10m	5.20m	No.2+8.70 ~No.2+17.14 12.25m

參考文獻

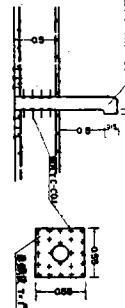
- (1) 韓國水文調查書(雨量編) 建設部 P. 288, 1963
- (2) 李昌九: 農業工學 P. 27, 1962
- (3) 土聯農業土木研究所: 技術覺書33號P. 4, 90, 123, 192
- (4) ASCE Manuals of Engineering Practice No. 25: Hydrdulic Models

- (5) 日本農業土木學會: 農業土木ハンドブック P.246 1957
- (6) Hydraulilab, Report No. 108 P. 41 1942
- (7) Journal of the Hydraulics Divison Volume S 4 No. Hys 1958

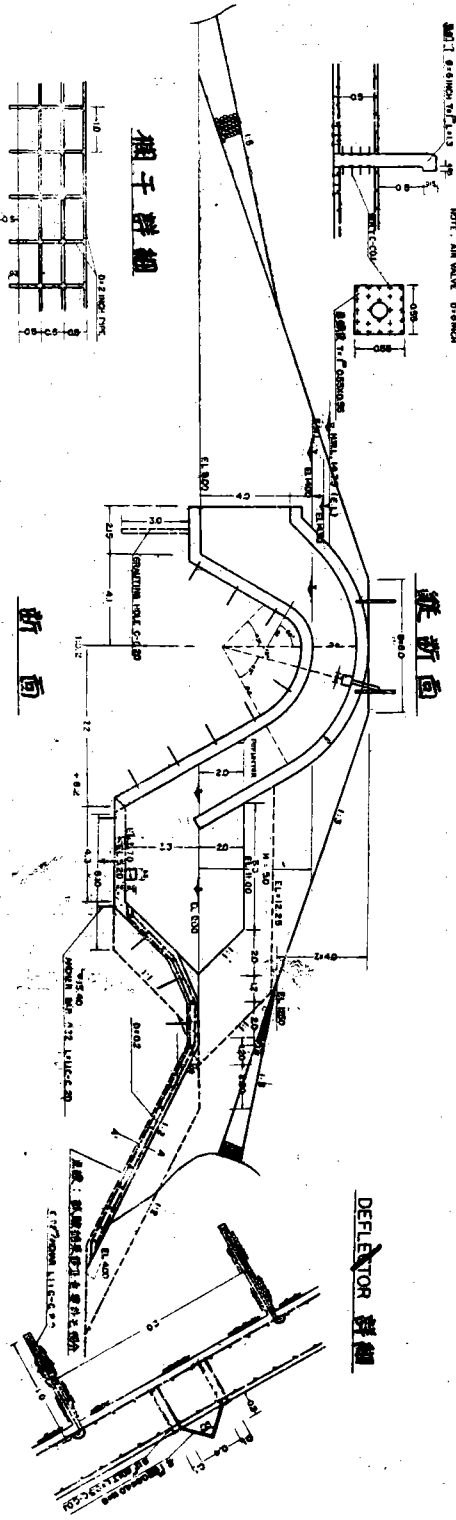
(建大農林大學 金始源)
(土聯農業土木研究所 李熙榮)

空氣排氣細圖

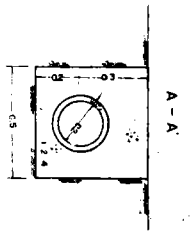
NOTE: AIR VALVE DIMENSION



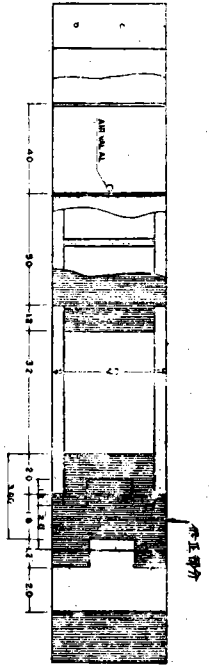
馬山池 Siphon 余水吐構造圖



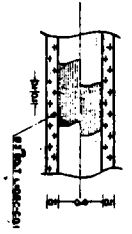
排水 Siphon 細圖



平面



DEFLECTOR 平面



SIPHON BLOCK 詳細

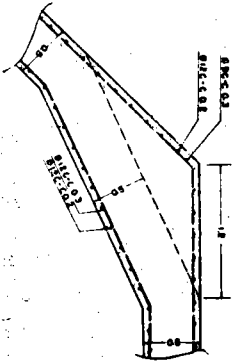


FIG 1

馬山池 SIPHON 余水吐一般平面圖

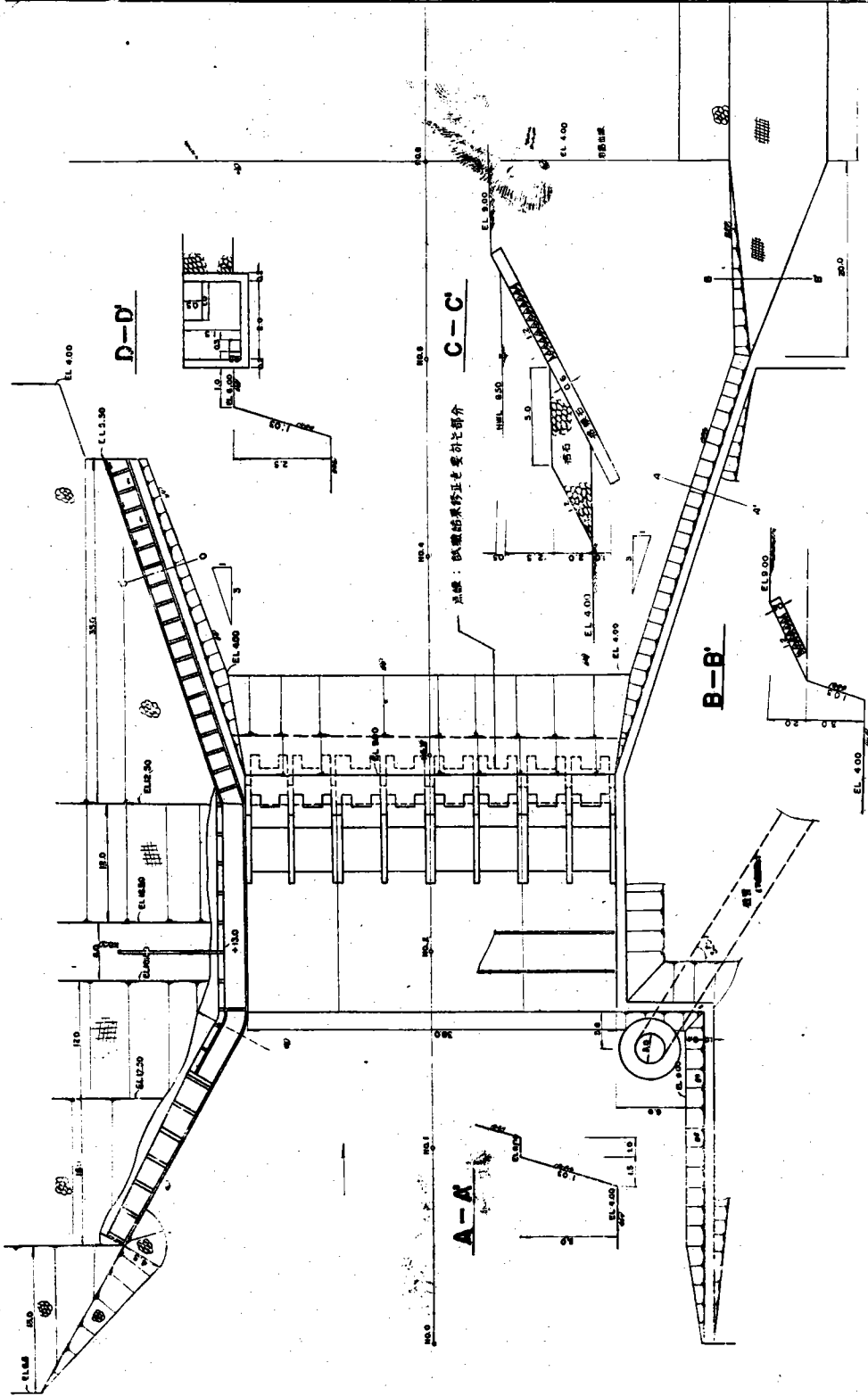


FIG 2

馬山貯水池堤塘附近平面圖

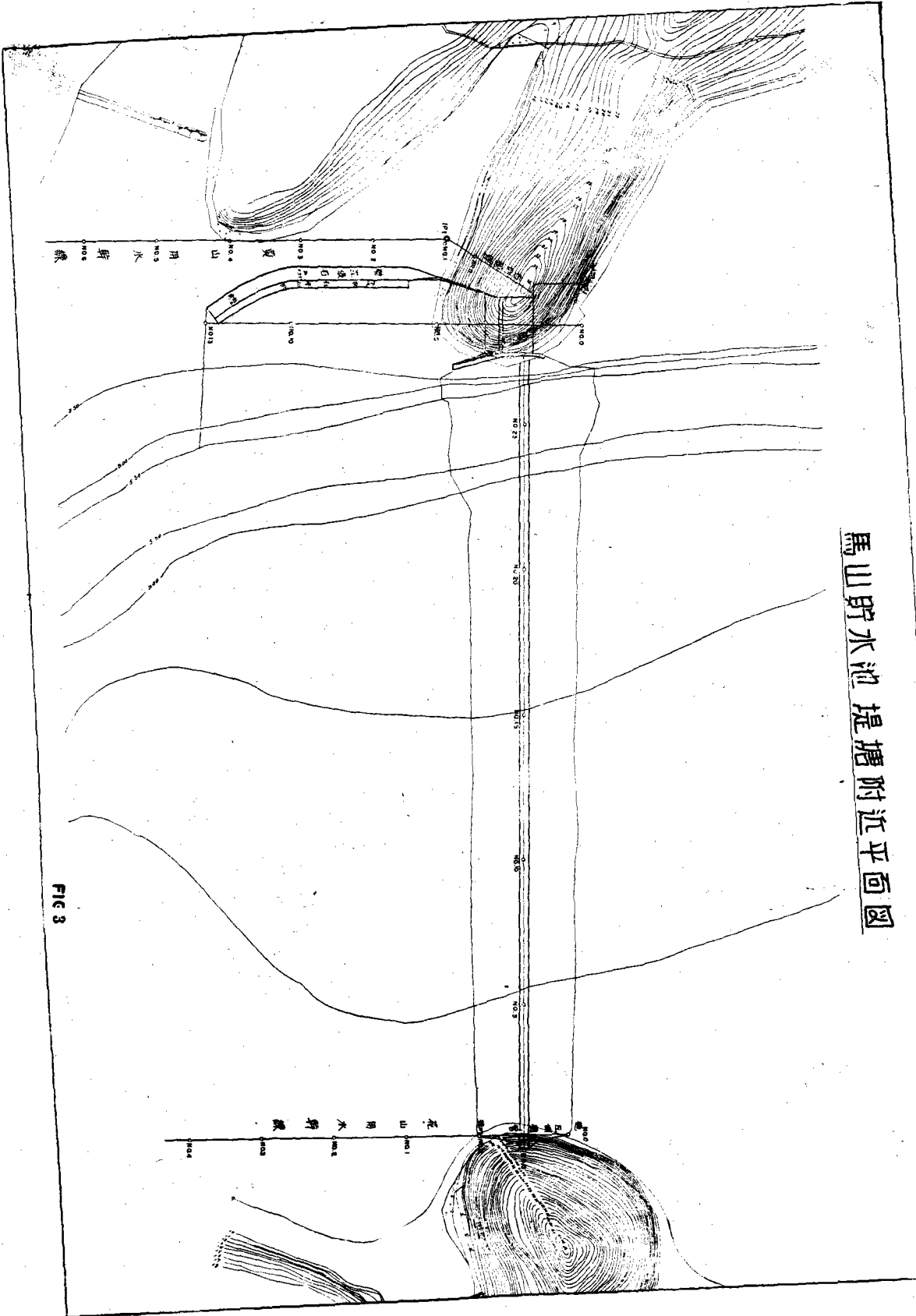


FIG 3

馬山池余水吐吳放水路縱断面圖 縮尺 縱真百分之一 橫真百分之二

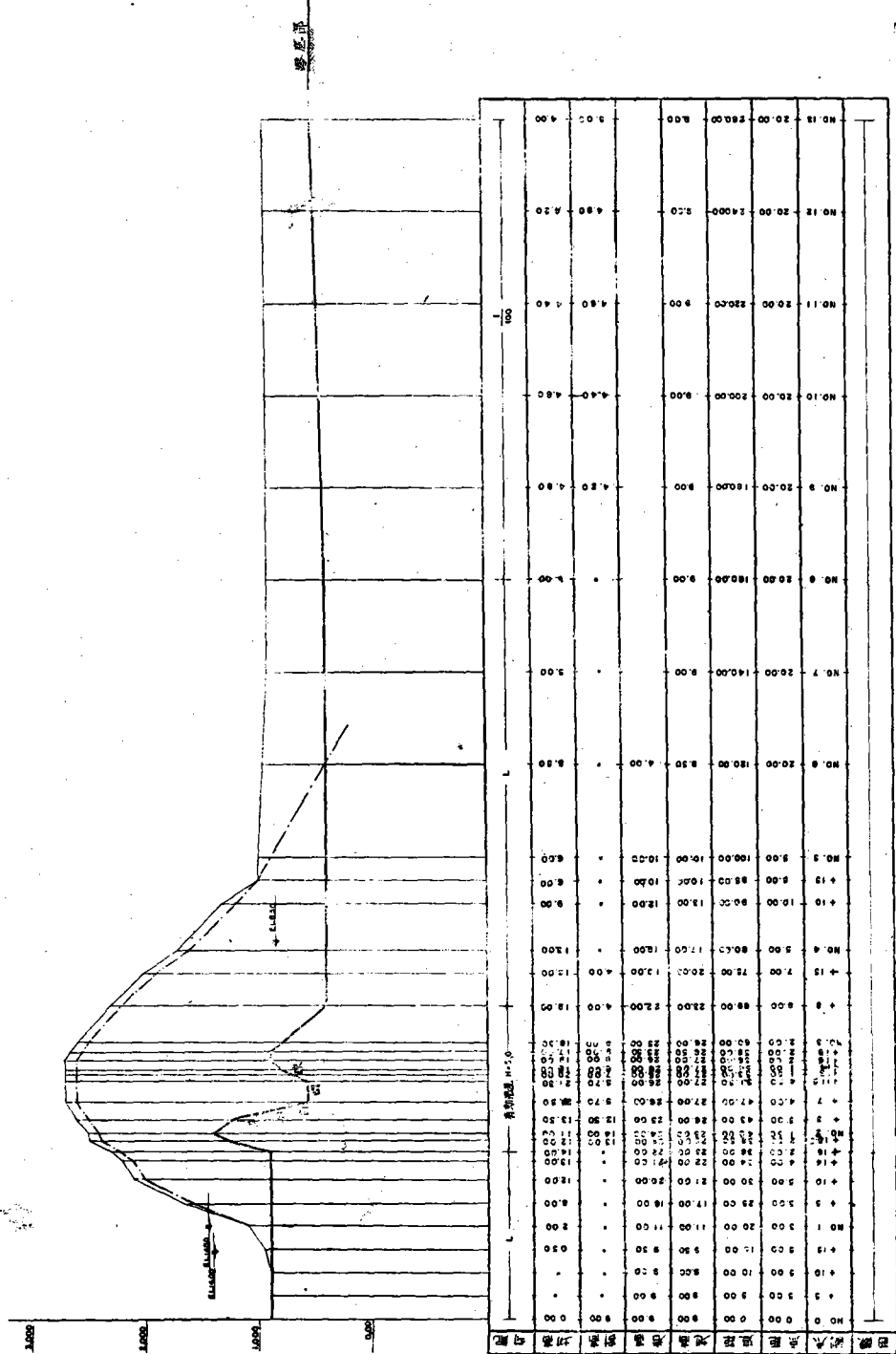


FIG 4