

河川中間有深槽興建攔河堰之探討—以大度堰為例

〈呼吸的攔河堰〉

陳文福⁽¹⁾、朱文雀⁽²⁾

⁽¹⁾國立中興大學水土保持學系教授

⁽²⁾經濟部水利署副工程司

摘 要

近年中部科學工業園區第四期〈二林園區〉計畫、國光石化投資計畫等大型開發計畫研擬進駐彰化地區，預期工業用水需求將大幅成長。因此；計畫於烏溪國道一號橋下游 1.5 公里處設置大度堰，提供地面水 80 萬噸/日作為工業原水。

大度堰堰址，河川中間有深槽，右岸有農業取水，左岸有工業取水。採用中間深槽直堤式閘門，雙邊則做固定式圓弧形溢流堰堰形。另亦對大度堰相關工程例如取水工、排砂道、護床工、巴歇爾水槽 *Parshall-flume*、沉砂池、魚道等亦予以探討。

前 言

一、計畫緣由

彰化地區因地形因素影響，並無興建大型蓄水水利設施之條件，歷年主要用水採川流引水或汲取地下水，目前公共用水量約每日 38 萬噸〈地區地下水 30 萬噸/日、台中系統支援 8 萬噸/日〉供需約呈平衡，近年中部科學工業園區第四期〈二林園區〉計畫、國光石化投資計畫等大型開發計畫研擬進駐彰化地區，預期工業用水需求將大幅成長。

為因應彰濱或中部彰化沿海地區新興工業用水之需求，評估烏溪下游水量豐沛〈烏溪水資源利用率僅 17%，水資源利用

率不高，惟因承受台中都會區排放之生活廢污水，水質不良無法提供生活使用，考量工業用水水質標準及廢污水回收再利用，計畫於烏溪國道一號橋下游 1.5 公里處設置大度堰，約位於彰化市、和美鎮與大肚鄉交會處附近。提供地面水 80 萬噸/日作為工業原水，供彰化縣內現有彰濱工業區及新興中科四期二林園區、二林精密機械園區、大城海埔地等工業區〈國光石化案〉之產業用水。

二、供水計畫

大度堰計畫預計於民國 105 年方能完成送水工程供水計畫。

供水需求表

岸別	供水需求單位	供水量
左岸	現有彰濱工業區及新興中科四期二林園區、二林精密機械園區、大城海埔地等工業區〈國光石化案〉等產業用水。	10.2cms
右岸	台中農田水利會(大肚圳)	8.40cms



圖 1-0-1 大度堰計畫圖



圖 1-0-2 大度堰平面位置圖

工程佈設

一、堰體

1. 中間深槽：直堤式閘門 (L≐250.4m)
2. 雙邊：圓弧形溢流堰
右邊：L≐245m
左邊：L≐275m

二、護床工：1.5m×1.5m×0.85m-10 排

三、取水工

1. 右岸取水口及排砂道
2. 左岸取水口及排砂道

四、巴歇爾量水槽

1. 右岸巴歇爾量水槽
2. 左岸巴歇爾量水槽

五、沉砂池

六、魚道

左、右各一道

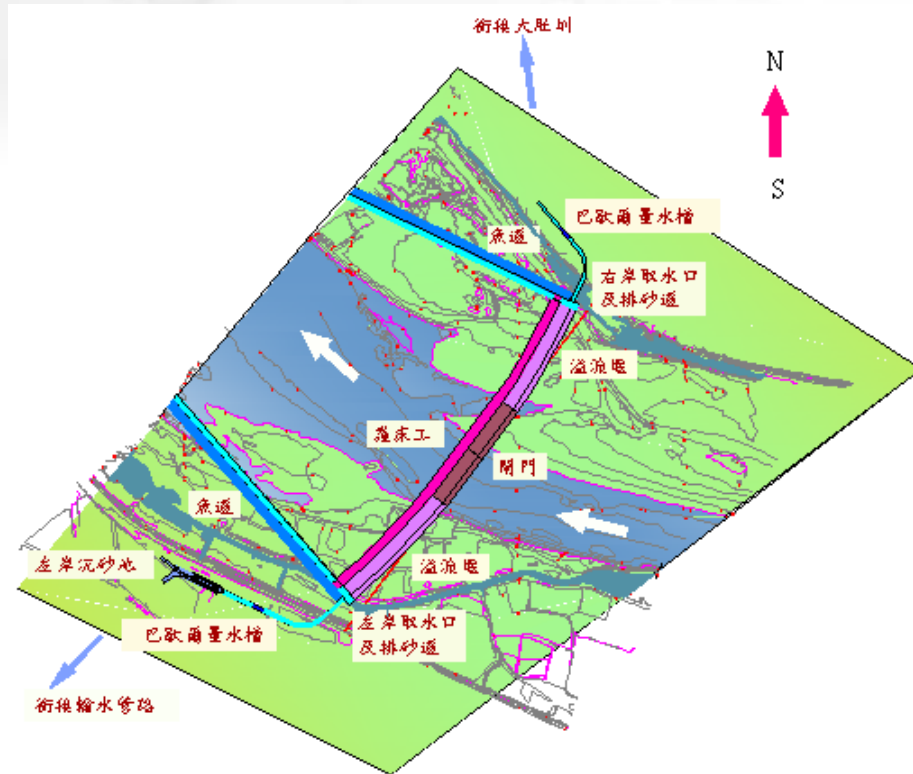


圖 2-0-1 大度堰平面佈置圖

堰體

一、基本資料

1. 堰前之洪水位約 EL.13.39m
2. 堰後之洪水位約 EL.14.98m
3. 堰設在高程 EL.2.0m 上
4. 溢流堰高 EL.10.00m
5. 堰高 8m
6. 堰體長度約 920m

7. 河床係 30cm ϕ 塊石與卵石混合在一起

8. 生態基流量 12.64cms

二、中間深槽：直堤式閘門

(一)、直堤式閘門功能及特質：

1. 提供生態基流量。

2. 利用中間深槽水力排砂，將上游所帶來之泥砂，補充下游河床及海岸砂源。

3. 利用深槽水力排砂，減少砂石對雙

邊固定式溢流堰堰面磨損。

4. 避免停水，可隨時調整水位，並保留寶貴水源。

5. 風險較低。

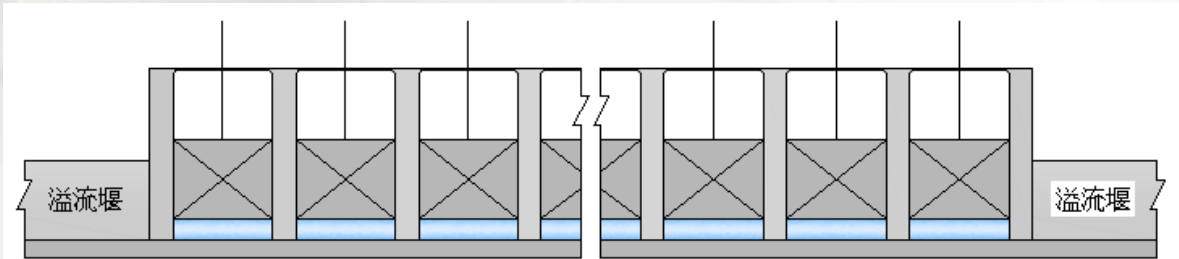


圖 2-1-1 直提式閘門正面圖

(二)、直提式閘門之設計：

1. 閘門 $10m(W) \times 8m(H)$ - 20門

2. 閘墩高度 $(10 - 2) \times 2 + 1.0 = 17m$

3. 閘墩寬度 $2.4m$

4. 閘門總長

$$20 \times 10m + 2.4 \times 21 = 250.4m$$

三、雙邊：固定式圓弧形溢流堰

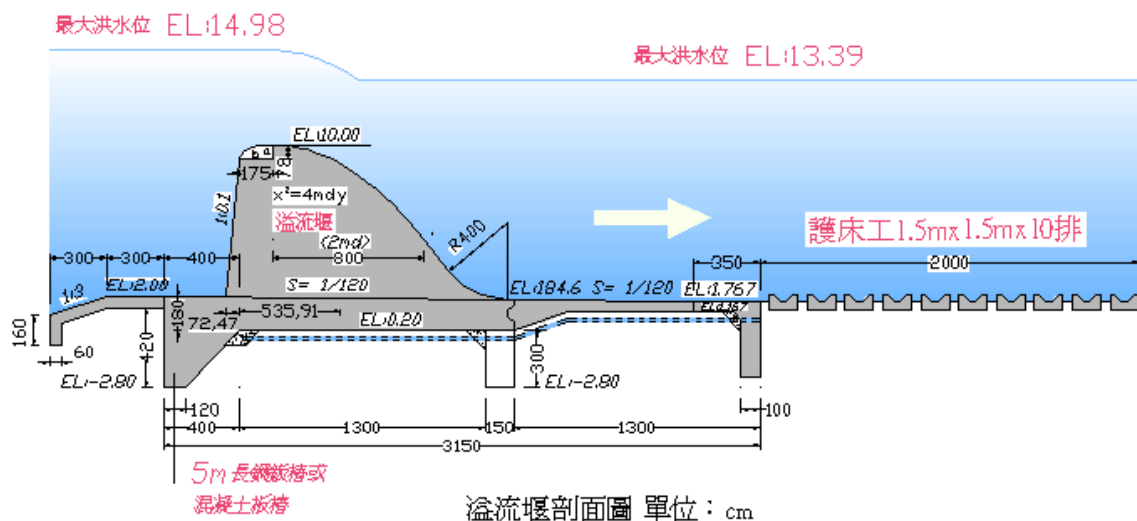
固定式圓弧形溢流堰功能及特質：

1. 供洪水溢流。

2. 攔水做小型水庫。

3. 圓弧形溢流堰，水流往河川中間方向收斂，避免對堤岸沖刷。

4. 弧線之美。



溢流堰剖面圖 單位：cm

1. 混凝土 $f_c' = 280kg/cm^2$ 塊石 <20%> 混凝土。
2. 混凝土保護層除埋設件外，均 10 cm 左右。
3. 在床版底下埋設 $\phi 20cm$ PVC 蜂巢式排水管，連結至護床工下游，以減少上揚力 <uplift pressure>。
4. $\phi 20cm$ PVC 蜂巢式排水管，外包不織布，以 #20 鐵絲捆紮埋在 $\phi 2.5cm$ 以下碎石層內，可減少 1/2~1/3 之上揚力。

圖 2-1-2 溢流堰剖面圖

取水工

右岸取水工

一、基本資料：

1. 右岸最大取水量 8.4cms 〈台中農田水利會大肚圳取水〉：大肚圳 (6.920cms) 分為高圳，起點標高 $EL: 8.85\text{m}$ ，低圳設計水量 1.73cms ，共 6.92cms 。因用於灌溉用水，灌溉水道之水損失以 20% 估算，右岸進水口取水量 $\approx 7.0\text{cms} \times 1.2 = 8.4\text{cms}$ 。
2. 取水進口及排砂道流速控制在 $0.5\text{m}/\text{sec}$ 以內，即粒徑 0.3mm 以上之土粒不易進入取水口。
3. 灌溉用水，泥砂粒徑 0.3mm 以下均可進入農田，水之濁度因來自土壤中之粘土，可保持水份及保肥，可不設沉砂池及沉澱池，而流入渠道內。

二、右岸取水工設計 8.4cms

1. 取水口

入口速度假定 $0.5\text{m}/\text{sec}$

$$\text{即流積} = \frac{8.4}{0.5} = 16.8\text{m}^2$$

閘門高度 4m ($EL: 5\text{m} \sim 9\text{m}$)

$$\text{閘門寬度} = \frac{16.8}{4} = 4.2\text{m} \text{ 採用 } 5\text{m}$$

$$\text{流入速度} \frac{8.4}{4 \times 5} = 0.42\text{m}/\text{sec} \quad \text{ok}$$

2. 漸變段

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$S = \frac{n^2 V^2}{R^{\frac{4}{3}}}$$

$$n = 0.025$$

經查不生雜草及沉澱之流速

$$V = 0.8\text{m}/\text{sec}$$

$$\text{斷面積} \quad 8.4\text{cms} \div 0.8 = 10.5\text{m}^2$$

採用雙孔箱涵

$$2\text{孔} - 2.5\text{m}(W) \times 2.5\text{m}(H)$$

$$\text{水深} \quad 10.5 \div (2 \times 2.5) = 2.1\text{m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(2.5 \times 2.1)}{(2.5 + 2 \times 2.1)} = 0.7836\text{m}$$

$$R^{\frac{4}{3}} = 0.722\text{m}$$

$$S = 0.025^2 \times 0.8^2 \div 0.722 = 0.000554 \approx \frac{1}{1806}$$

漸變段長度 10m

$$\text{即坡降: } 1000\text{cm} \times \frac{1}{1806} = 0.554\text{cm}$$

其終點高

$$\text{程: } 5.00\text{m} - 0.554\text{cm} = 4.9994\text{m}$$

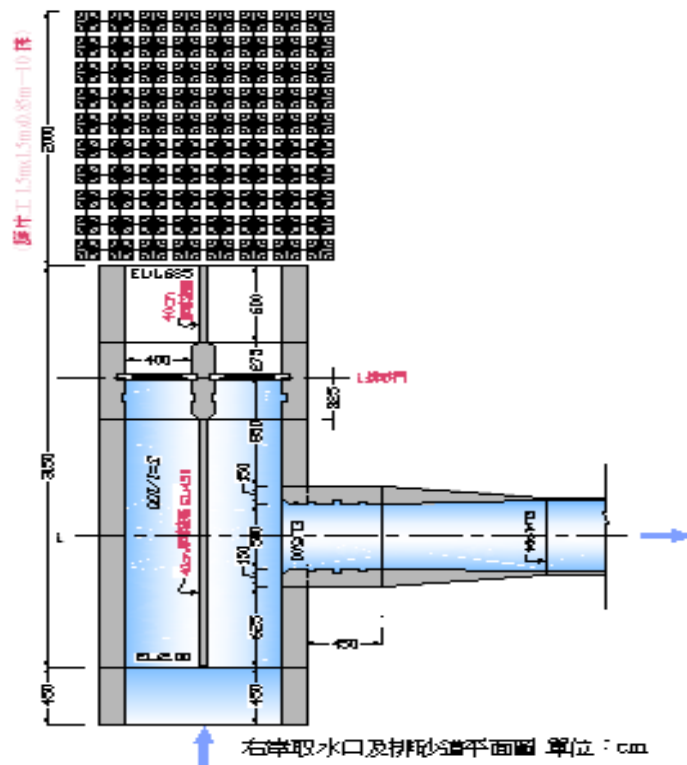


圖 2-2-1 右岸取水口及排砂道平面圖

左岸取水工

一、基本資料：

1. 左岸取水量 10.2cms：係供產業用水。
2. 取水進口及排砂道流速控制在 0.5m/sec 以內，即粒徑 0.3mm 以上之土粒不易進入取水口。
3. 需設沉砂池(兼沉澱池)。
4. 沉澱池由工廠於廠區內，依用水標地，做適當水處理，容量可為工廠一日用水量，避免工廠缺水。
5. 進水口須加明礬及 PACI 混合後再進入沉澱池而由排砂過程將這些膠凝單元排入大肚溪。

6. 進水口開門前設攔污閘。

7. 進水口開門前、後設置插板槽。

二、左岸取水工設計：10.2cms

1. 取水口

開門高度 4m(EL: 5m ~ 9m)

開門寬度採用 5m

$$\text{流入速度} \frac{10.2}{5 \times 4} = 0.51 \text{ m/sec} \quad \text{ok}$$

2. 漸變段

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$S = \frac{n^2 V^2}{R^{\frac{4}{3}}}$$

$$n = 0.025$$

經查不生雜草及沉澱之流速

$$V = 0.8 \text{ m/sec}$$

$$\text{斷面積 } 10.2 \text{cms} \div 0.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}} = 12.75 \text{m}^2$$

採用双孔箱涵

$$2 \text{孔} - 2.75 \text{m}(W) \times 2.75 \text{m}(H)$$

$$\text{水深 } 12.75 \div (2 \times 2.75) = 2.32 \text{m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(2.32 \times 2.75)}{(2.75 + 2 \times 2.32)} = \frac{6.38}{7.39} = 0.863 \text{m}$$

$$R^{\frac{4}{3}} = 0.822 \text{m}$$

$$S = 0.025^2 \times 0.8^2 \div 0.822 = 0.0004866 = \frac{1}{2055}$$

漸變段長度 10m

$$\text{即坡降: } 1000 \text{cm} \times \frac{1}{2055} = 0.49 \text{cm}$$

$$\text{其終點高程: } 5.00 \text{m} - 0.49 \text{cm} = 4.9995 \text{m}$$

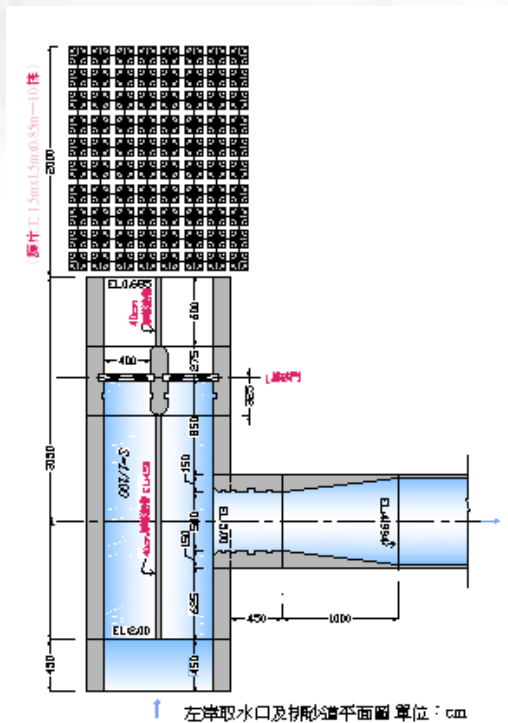


圖 2-2-2 左岸取水口及排砂道平面圖

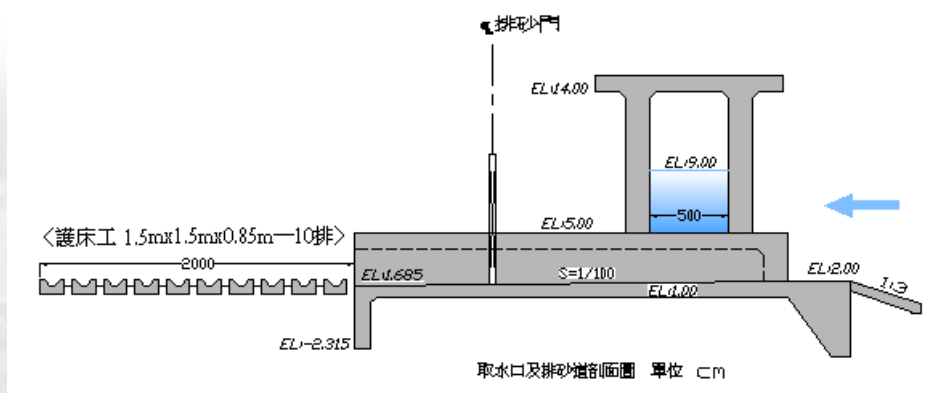


圖 2-2-3 取水口及排砂道剖面圖

註：

1. 取水口左、右岸均同為單孔 $-5\text{m}(W) \times 4\text{m}(H)$ 各一。
2. 左、右岸取水設施下游穩定流處，各接一座 Parshall - flume 量水槽以量測流量。

排砂道

一、基本資料：

1. 固定溢流堰兩邊銜接排砂道，排砂道兩岸邊再銜接進水口。
2. 排砂時之流況為射流。〈普通河床 $s \geq \frac{1}{180}$ 〉
3. 排砂道之底版高程與現況河床之深槽相等為原則。
4. 排砂道之寬度，在排砂道水路長度的 $\frac{1}{2}$ 以下較理想。
5. 排砂道水路流入口之標高與原來河川標高相等為原則，入口至上游以1(垂直):3(水平)深度1.5m，再於上游入口處施做截水牆〈流路順暢及減少水路損失〉。
6. 排砂道之流況為射流之條件下，水路之流入口將為臨界流，以此臨界流來移動河床材料最大粒徑而設計。

7. 排砂道之坡度 i ， i 之數值普通在 $\frac{1}{100}$ 左右。
8. 排砂道下游之坡度為水平，此長度為與下游之水深為共軛水深，即水躍產生時的水躍長度。

二、排砂道設計

1. 排砂道：〈左、右兩岸皆相同〉
深槽 $EL.1.0 \sim 2.0m$
排砂道底高採用 $EL.2.0m$
排砂道寬度 $4 \times 2 + 1.5 = 9.5m$
中間導流牆 $40cm$ 厚，高程 $EL.4.5m$ ，即高 $2.5m$
排砂道之坡度 i 採用 $\frac{1}{100}$
2. 排砂閘門
排砂閘門 $2門 - 4m(W) \times 8m(H)$
排砂閘門上游設置插板槽

護床工

一、護床工設計：

採用混凝土塊

10排 $-1.5m \times 1.5m \times 0.85m$

二、混凝土塊設計：

〈1〉混凝土塊：

1. 尺寸：約

$1.5m(L) \times 1.5m(W) \times 0.85m(H)$

〈混凝土塊採用尺寸太大，將減低其保護護床工之柔性。〉

2. 重量：約 $3.5ton$

3. 所有構造物角需截角 $5cm \pm$

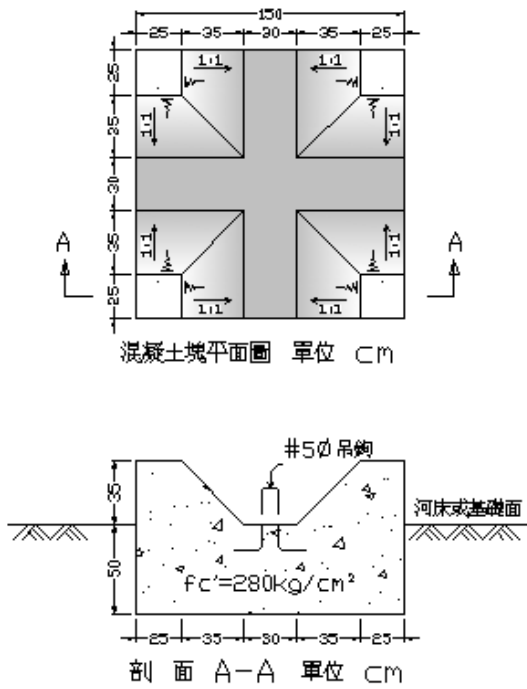


圖 2-3-1 混凝土塊設計圖

〈二〉混凝土塊材料：

1. $f_c' = 4000 \text{ psi} = 280 \text{ kg/cm}^2$ 或以上
 〈考量水中混凝土耐久性，儘可能提高混凝土強度。〉

2. $f_y' = 2800 \text{ kg/cm}^2$

〈三〉混凝土塊鋼筋設計：

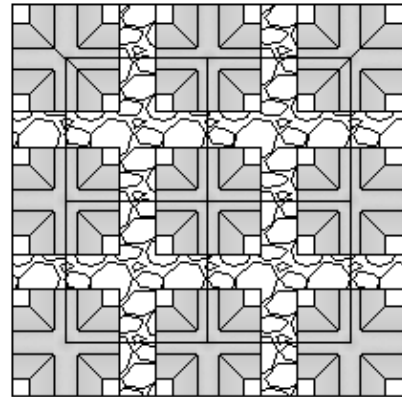
1. 鋼筋除吊鉤 #5 以外均 #4 @ 10cm 左右及上下排列。
2. 混凝土保護層最少 7.5cm 〈水中〉設計時以 10.0cm 計算。

〈四〉混凝土塊鋪排方式：

1. 混凝土塊與混凝土塊保持

50cm 左右，用 #4 鋼筋互相連結。

2. 混凝土塊與混凝土塊保持 50cm 左右，用 #4 鋼筋互相連結。



混凝土塊平面佈置圖



混凝土塊剖面佈置圖

圖 2-3-2 混凝土塊鋪排方式

三、特質：

1. 重心低：避免因沖刷，加上水衝力，重心偏移，產生翻滾，隨水竄流，甚或撞擊橋墩或堤防護岸等。
2. 水力消能：混凝土塊中間凹槽，增加河床的粗糙，可引起水躍，增加消能作用等。

巴歇爾量水槽 (*parshall - flumes*)

一、基本資料

巴歇爾量水槽 (*parshall - flumes*) 為美國哥羅拉多州農業推廣站主任工程師 L.Parshall 所創，首先稱為改良式文就利水槽 (*Im proved - venturi - flumes*)，為一特製之量水槽，設計使其流水之尾水不產生沉潛之條件下，通過構造物內某處產生臨界水深 (*Critical - Depth*)，因此只須單一量測深度即可從而求得通過之水量。該槽為一木製，金屬或混凝土製成之構造物，將渠道縮成一喉道 (*Throat*)，然後放大底部各向上下游擴大，並使其水流在喉道下游產生水躍現象 (*Hydraulic - jump*)。

一、優點：

1. 量水正確
2. 水頭損失較量水堰小
3. 自由流及潛流皆可量測
4. 量水範圍大
5. 不受游砂或雜草之淤塞
6. 接近流速對於量水精度影響較小

二、缺點

1. 施工需要較優良之技術
2. 工程費較大
3. 必須設於渠道直線段，不能與水門聯用

巴歇爾量水槽 (*parshall - flumes*) 之大小係以喉道寬度為標準其製造可適用於自由流 (*Free - flow*) 及潛流 (*Submerged - flow*)，前者係喉道下游之水面，不因迴水關係產生阻滯 (*Retordation*)

現象者稱之，否則產生潛流現象，其關係可由喉道下游之水深與上游水深比，並依其大小型之水槽而定，茲將適用於本案之大形水槽〈喉道寬度為10呎以上者〉之自由流及潛流之關係例如下：

$$\frac{H_b}{H_a} \leq 0.8 \text{ 或 } \frac{F}{H_a} \geq 0.2 \text{ 時為自由流}$$

$$\frac{H_b}{H_a} > 0.8 \text{ 或 } \frac{F}{H_a} < 0.2 \text{ 時為潛流}$$

三、巴歇爾量水槽 (*parshall - flumes*) 之自由流及潛流之流量公式為：

$$Q = JH_a^n$$

式中

Q : 流量 (*cms*)

J : 係數，為量水槽大小之函數

H_a : 上游水頭，以公尺計，其觀測點係離槽頂緣之上游縮狹段三分之二處

n : 水頭 H_a 之指數

四、大形水槽〈應用於喉道寬度為(8~10)呎〉之自由流及潛流之流量公式

1. 自由流流量公式：

$$Q = (0.699W + 0.474)H_a^{1.6}$$

式中

Q : 流量 (*cms*)

W : 為槽之喉寬 (*m*)

H_a : 上游水頭

2. 潛流流量之求法：

大形水槽無公式可依據以計畫潛流流量，僅能利用改正圖，依沉浸度與上游水頭之關係，求出應減流量，而從自由流流

量公式所求之流量減去即得，茲不擬敘述，可參考 U.S.B.R.Manual for Measurement of Irrigation water 或 Ven

Te.Chow Open Channel Hydraulics Chapter 4. parshall flume

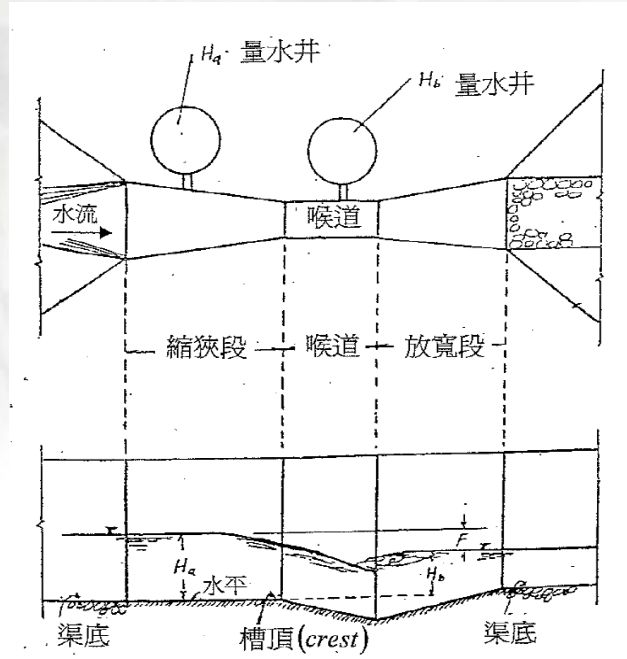


圖 2-5-1 巴歇爾量水槽示意圖

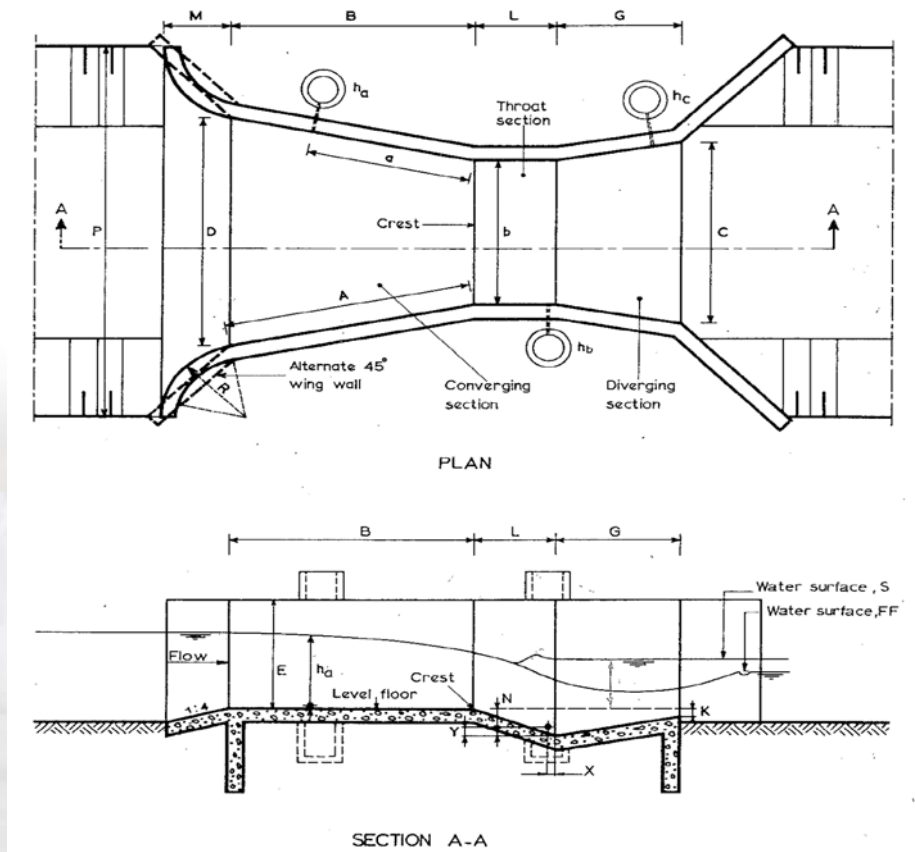


圖 2-5-2 巴歇爾量水槽標示圖

右岸巴歇爾量水槽 (parshall - flumes)

右岸最大取水量： 8.4cms < 台中農田水利會大肚圳取水 >

採用 12' 巴歇爾量水槽 (parshall - flumes) 尺寸： (Q: 8.4cms)

單位	b	a	B	C	D	E	L	G	K	N	X	Y
mm	3658	2032	4877	4470	5607	1524	914	2438	152	343	305	229

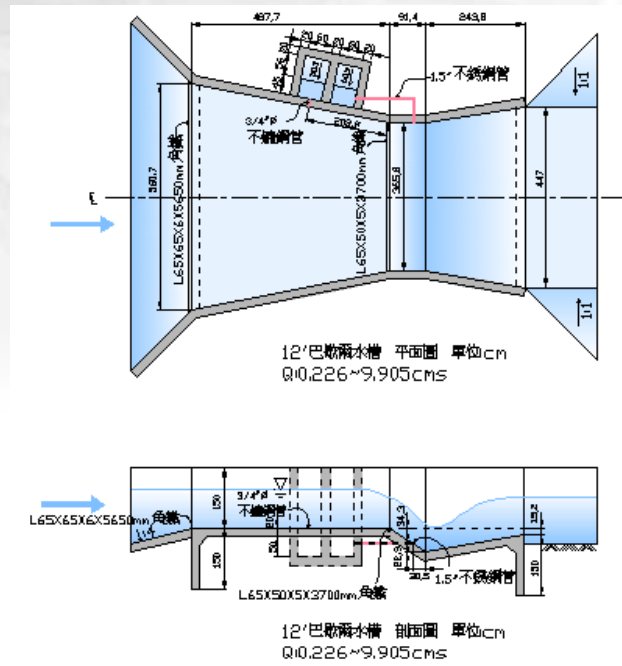


圖 2-5-3 右岸巴歇爾量水槽

左岸巴歇爾量水槽 (parshall - flumes)

左岸最大取水量： 10.2cms

採用 15' 巴歇爾量水槽 (parshall - flumes) 尺寸：

單位	b	a	B	C	D	E	L	G	K	N	X	Y
mm	4572	2337	7620	5588	7620	1829	1219	3048	229	457	305	229

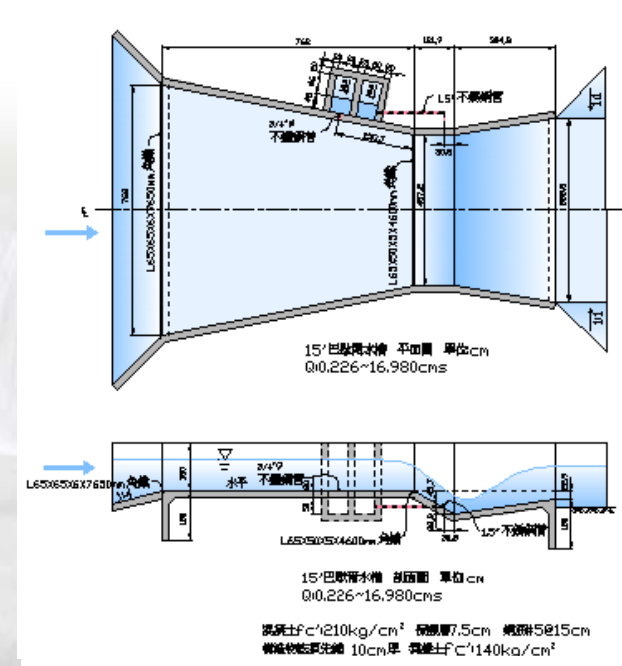


圖 2-5-4 左岸巴歇爾量水槽

沉砂池

一、基本資料

1. 南岸沉砂池取水量 10.2cms
2. 漸變逆坡擴大段後，連接 4m 長水平段來整流。至於沉砂池之隔牆使其沉澱砂粒子不要在沉砂池內搖擺而快速沉澱。
3. 沉砂池隔牆起點在漸變逆坡擴大段

自末端之距離	m	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
漸變段之寬	m	5.85	7.88	9.91	11.94	13.97	16
漸變段之水深	m	2.18	1.62	1.29	1.07	0.91	0.80
漸變段之斷面積	m^2	12.75	12.75	12.75	12.75	12.75	12.75
漸變段之底高	m	5*	5.56	5.89	6.11	6.27	6.38

*：暫定，將視實際高程調整

2. 沉砂溝之長度(L)

$$L = k \frac{h}{V_g} u$$

式中

L : 沉砂溝之長度 m

k : 安全係數 $1.5 \sim 2.0$

h : 0.03cm 之粒子完成沉澱位置之深度〈平均水深約 3.75m 〉

u : 沉砂溝內之平均流速

$$0.20\text{m}/\text{sec}$$

V_g : 0.03cm 粒徑完成沉澱之限界

$$\text{沉降速度} = 0.03\text{m}/\text{sec}$$

$$L = 1.5 \times \frac{3.75}{0.03} \times 0.2 = 37.5\text{m} \text{ 採用 } 40\text{m}$$

末端開始。

二、沉砂池設計

1. 沉砂池整流逆坡段

$$h = 10.2 \div (0.8 \times 5.85) = 2.1795\text{m}$$

$$\text{斷積} = 2.1795 \times 5.85 = 12.75\text{m}^2$$

漸變段之斷面形〈漸變斷之水面假定

水平來計算〉

3. 沉砂溝之寬度(B)

〈1〉不考慮沉砂溝之坡度，可依下式估計；

$$B = \frac{Q}{hu} = \frac{3.5}{3.75 \times 0.2} = 4.67\text{m}$$

〈2〉考慮完全射流排砂時，可依下式估計；

$$B = \left(h^2 + \frac{\alpha Q^2}{kh^2} \right)^{\frac{1}{2}} - h$$

式中

$$k = \left(\frac{\tau_c}{v} \right) \left(\frac{1}{i} \right)$$

B : 沉砂溝之寬

h : 沉砂容許限界最小粒子完成沉澱時之水深 3.75m

Q : 沉砂溝之設計通水量

$$\frac{10.2}{3} = 3.4\text{cms} \approx 3.5\text{cms}$$

α : 沉砂溝內考慮流速變動係數

1.0 ~ 1.2 採用 1.1

τ_c : 沉澱最小粒子之限界掃流力
 (t/m^2)

ρ : 水之密度 ($t-sec^2/m^2$)

i : 沉砂溝之底坡度

$$\frac{1}{60} (i > \frac{1}{100})$$

沉澱最小粒徑 $d = 0.03cm$ 之限界摩擦
 速度 U_c 之 2 乘方

由岩坦公式得

$$U_c^2 = \frac{\tau_c}{\rho} = 8.41d^{11/32} \left(\frac{cm^2}{sec^2} \right)$$

$$= 8.41 \times (0.03)^{11/32} = 2.52 \frac{cm^2}{sec^2}$$

$$k = \left(\frac{\tau_c}{\nu} \right) \left(\frac{1}{i} \right) = \frac{2.52}{0.01667} = 151.17 \frac{cm^2}{sec^2}$$

$$= 0.0151 \frac{m^2}{sec^2}$$

$$B = \left(3.75^2 + \frac{\alpha Q^2}{kh^2} \right) - h = \left(14.0625 + \frac{13.475}{0.2123} \right)^{1/2} - 3.75$$

$$= 5.05m$$

B 採用 $5.0m$

排砂管之設計

排砂流量 $Q = 3.5cms$

非排砂時之粗糙率 $n = 0.015$

沉砂溝寬 $B = 5.00m$

沉砂溝內之排砂流速因有 45° 之 $3m$ 落差，
 其流速為

$$V_1 = \phi \sqrt{2g(w + 1.5h_c)}$$

式中

w : 水平段至沉砂溝底之落差 ($3m$)

ϕ : 係數 $0.6 \sim 0.7$ 採用 0.6

h_c : 排砂流量 ($3.5cms$) 時之限界水深
 (m)

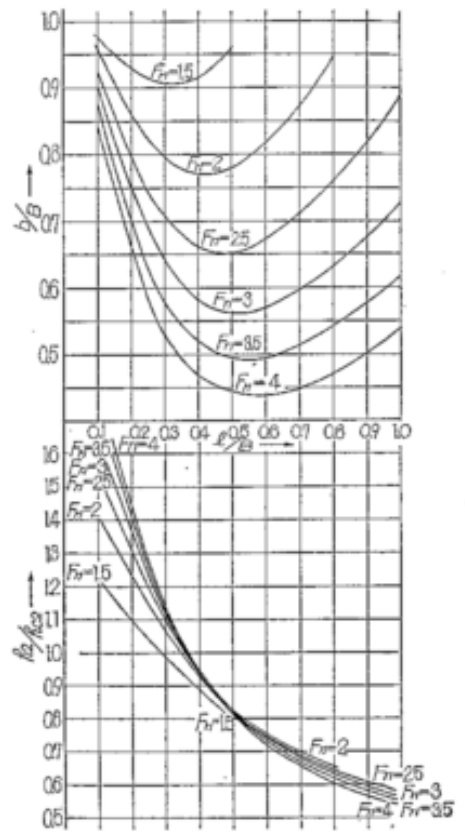
$$h_c = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gB^2}} = \sqrt[3]{\frac{1.1 \times 3.5^2}{9.8 \times 5^2}} = 0.380m$$

$$\alpha = 1.1$$

$$V_1 = 0.6 \sqrt{2g(w + 1.5h_c)}$$

$$= 0.6 \sqrt{2 \times 9.8(3 + 1.5 \times 0.380)} = 5.019 \frac{m}{sec}$$

沖刷流速 $5.019 \frac{m}{sec}$ ，比粒徑 $0.5cm$ 之移動始
 動流速 $0.35 \frac{m}{sec}$ 大很多。



排砂管與沉砂溝之寬比 b/B 、
 排砂管漸變段之長度與沉砂
 溝之寬比 l/B ， Fr (Froude數)
 及衝擊波水深與限界水深之
 比 h_2/h_{c1} 相互之關係

此時水深

$$h_1 = \frac{Q}{BV_1} = \frac{3.5}{5 \times 5.019} = 0.139m$$

因此沉砂溝內之 Froude 數為

$$F_{r1} = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{5.019}{\sqrt{9.8 \times 0.139}} = 4.29$$

查表得 $F_{r1} = 4.29$ 時

$$\ell/B = 0.67$$

$$\ell = 5 \times 0.67 = 3.35m$$

採用 $2 \times 3.35 = 6.7m \approx 7.0m$

$$b/B = 0.43$$

$$b = 0.43B = 0.43 \times 5 = 2.15m$$

排砂管之尺寸採用

$$3.0m(W) \times 2.0m(H)$$

排砂管內之臨界水深

$$h_{c2} = \sqrt[3]{\frac{1.1 \times 3.5^2}{9.8 \times 3.0^2}} = 0.391m < 2.0m \quad \text{ok}$$

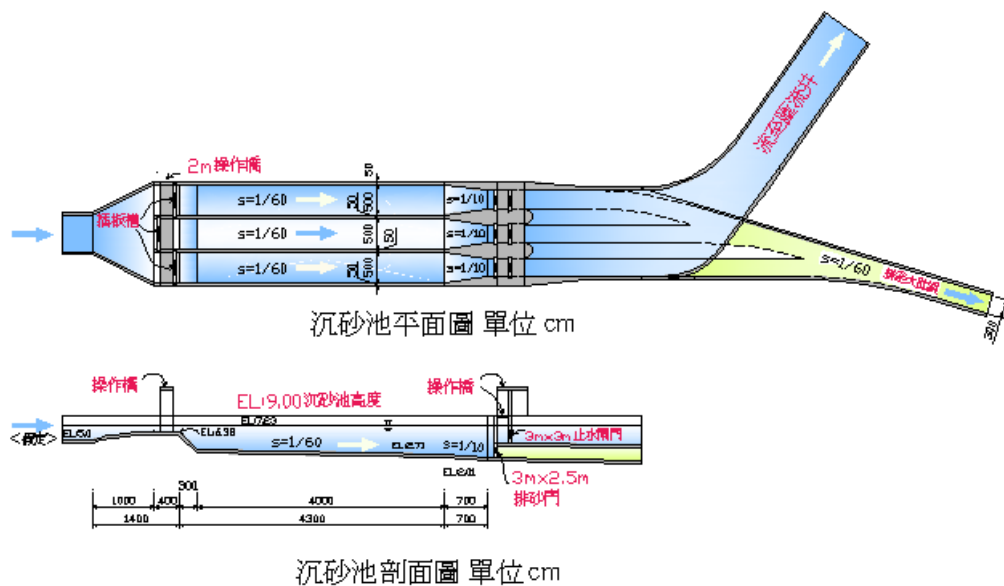


圖 2-6-1 沉砂池設計圖

綜合結論與探討

〈探討所提相關寶貴資料，如計畫有核定時，再視實際情形調整〉
 針對大度攔河堰之探討特質如下：

一、堰體

〈一〉中間深槽：直堤式閘門

1. 提供生態基流量。
2. 利用中間深槽水力排砂，補充下游河床及海岸砂源。
3. 利用深槽水力排砂，減少砂石對雙邊固定式溢流堰堰面磨損。
4. 避免停水，可隨時調整水位，並保留寶貴水源。
5. 風險較低。

〈二〉雙邊做固定式圓弧形溢流堰

1. 可供洪水溢流。
2. 攔水做小型水庫。
3. 圓弧形溢流堰，水往中間收斂，避免對護岸沖刷。
4. 弧線之美。

二、護床工

1. 重心低：避免因沖刷，加上水衝力，重心偏移，產生翻滾，隨水竄流，甚或撞擊橋墩或堤防護岸等。
2. 水力消能：混凝土塊中間凹槽，增加河床的粗糙，引起跳水消能等。

三、沉砂池

1. 逆坡整流段隔牆設置插板槽，可提供排砂時控制流量，避免供水量減少。
2. 一連沉砂池，搭配一排砂道，避免偏流而影響排砂時間及減少排砂時使用之流量。

四、總結

整體工程配置、除將攔河堰對河川、海岸衝擊減至最低。亦將攔河堰功能予以充份考量。

參考文獻

1. 大度堰工程計畫可行性規劃檢討第一次期中報告書經濟部水利署中區水資源局〈中華民國 99 年 10 月〉
2. 水利會訊第 11 期、第 12 期〈朱鏡清技師著作單行本〉水利技師公會〈中華民國 98 年 11 月〉
3. 水門、樋門、閘門設計 才一社 工學博士 西畑勇夫 著 昭和 38 年 7 月
4. Discharge Measurement Structures OXFORD & IBH M.S.BOS 1975 october

收稿：100 年 5 月 6 日
修改：100 年 5 月 12 日
接受：100 年 5 月 17 日