

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

流體力學試驗報告

第三章 銳緣堰流量試驗

作者：黃靖純、吳佳倩、邱欣姿

系級：水利工程學系

學號：D9357230、D9357168、D9325517

開課老師：許少華 老師

課程名稱：流體力學試驗

開課系所：水利工程學系

開課學年：95 學年度 第1學期



摘要

水堰在水利工程中，可以量測明渠流控制斷面的流量。於自來水公司的淨水廠以及污水處理廠中也常用堰來估計水之處理量。此試驗乃是人工渠道中水堰的縮小版，如果量得堰口上游的水位高度便可由理論知其流量。並可比較不同形狀的銳緣堰之理論流量與實測流量之差異，亦即流量係數之大致範圍。

本試驗必須配合水力試驗台，水自試驗台出水口流出，經儀器底下流入，堰口上游部份以一平板分成二部份，堰口左方為靜水箱，平板右方為進水箱。水自試驗台之出水口流入後，沿管往上流入進水箱。在平板中央處有一孔口，以一透明軟塑膠管與箱外透明量水筒底之孔口相連接，因為受重力影響的連通管原理，靜水箱與量水筒保持在同一高度上。量水筒內勾形水位尺用以測桶內之水面高度，水位尺附一游標尺；其上面有一螺絲，旋轉螺絲使水位尺上下移動，游標尺之最小讀數為0.02mm。量水堰板係以螺絲固定於支架板上，極易裝上與取下，堰口下游為一底板略傾斜之集合水箱，自堰口溢流水，從此相底下之孔口，經一透明軟塑膠管，自量水孔口流回水力試驗台而構成一個循環單元。

關鍵字

人工渠道、水力試驗台、堰板、堰口、銳緣堰

目 次

一、前言.....	3
二、試驗原理.....	4
三、儀器簡介.....	7
四、試驗方法與步驟.....	8
五、試驗結果.....	9
六、問題與討論.....	13
七、結論與建議.....	16
八、實驗剪輯.....	17
九、參考文獻.....	20

第三章 銳緣堰流量試驗



圖一 銳緣堰流量試驗

一、前言

水堰在水利工程中，可以量測和人工渠道中的流量。此試驗乃是人工渠道中水堰的縮小版，如果量得堰口上游的水位高度便可由理論知其流量。堰口的形狀，有三角形、梯形、長方形等形狀，利用簡單的流力試驗，求證不同堰口形狀之水位與流量之間的關係式，並決定其流量係數。

二、試驗原理

如附錄堰口流量圖所示之矩形及三角形量水堰，水面為一流線，假設 a、b 兩點之間沒有能量損失。由柏努利方程式可知：

$$\frac{P_a}{\gamma} + Z_a + \frac{V_a^2}{2g} = \frac{P_b}{\gamma} + Z_b + \frac{V_b^2}{2g} \quad (1)$$

理想化無束縮之堰流，其因具有自由水面 (free surface)； $P_a=P_b=0$ 故 (1) 式，故簡化成

$$Z_a + \frac{V_a^2}{2g} = Z_b + \frac{V_b^2}{2g} \quad (2)$$

假設能量水頭損失可忽略，各斷面之總水頭 (total head, H) 需相等，則 (2) 式可以下式表示

$$Z_a + \frac{V_a^2}{2g} = H \quad (3)$$

$$\text{令 } H - Z_a = h \quad ; \quad \text{則 } h = \frac{V_a^2}{2g} \quad (4)$$

若為矩形堰口，其堰口寬為 b，於堰口取一微小高度 δh ，由連續方程式可知

$$\delta Q = V_a \times b \times \delta h = (2gh)^{\frac{1}{2}} \times b \times \delta h \quad (5)$$

由 (5) 式積分之，可得

$$Q = \int_0^H (2gh)^{\frac{1}{2}} \times b \times dh = \frac{2}{3} b \times (2 \times g)^{\frac{1}{2}} \times H^{\frac{3}{2}}; \text{矩形堰口} \quad (6)$$

式中：Q 為堰口流量 (cms)；b 為矩形堰口寬度 (m)；H 為堰口上游水位高度 (m)；g 為重力加速度 (m/sec²)。

若為三角形堰口，其堰口夾角為 2θ ，其堰口寬 b 以 $2(H-h) \tan\theta$ 表示。則由 (5) 式可得：

第三章 銳緣堰流量試驗

$$\delta Q = V_a \times b \times \delta h = (2gh)^{\frac{1}{2}} \times 2(H-h) \tan \theta \times \delta h$$

積分上式得三角形堰口流量公式為

$$Q = \int_0^H (2 \times g \times h)^{\frac{1}{2}} \times 2(H-h) \tan \theta \times dh = \frac{8}{15} (2 \times g)^{\frac{1}{2}} \times \tan \theta \times H^{\frac{5}{2}} \quad (7)$$

若為梯形堰口，其堰口夾角為 2θ ，其梯形之上底寬為 b ，則堰口寬表示為 $b+2(H-h) \tan \theta$ ，則由 (5) 式可得：

$$\delta Q = V_a \times b \times \delta h = (2gh)^{\frac{1}{2}} \times [b + 2(H-h) \tan \theta] \times \delta h$$

積分上式得梯形堰口流量公式為

$$Q = \int_0^H (2 \times g \times h)^{\frac{1}{2}} \times [b + 2(H-h) \tan \theta] \times dh = \frac{2}{3} (2 \times g)^{\frac{1}{2}} \times H^{\frac{5}{2}} \times (b + \frac{4}{5} \tan \theta \times H) \quad (8)$$

式中： Q 為堰口流量 (cms)； H 為堰口上游水位高度 (m)； g 為重力加速度 (m/sec²)； θ 為三角形堰口夾角之半。

方程式 (6)、(7)、(8) 為理論分析之結果。而於實際量測得知理論分析值與實際量測值兩者略有差異，故以一係數 C_w 進行修正之。該係數 C_w 即為理論分析與實際結果之校正係數，必須經由實驗測定之。一般而言，此係數絕大部分受堰口幾何形狀之影響，與上游之水位變化關係較小，所以將方程式 (6)、(7)、(8) 式寫成下列關係式：

$$Q_c = C_w \times \frac{2}{3} b \times (2 \times g)^{\frac{1}{2}} \times H^{\frac{3}{2}} ; \text{矩形堰口} \quad (9)$$

$$Q_c = C_w \times \frac{8}{15} (2 \times g)^{\frac{1}{2}} \times \tan \theta \times H^{\frac{5}{2}} ; \text{三角形堰口} \quad (10)$$

$$Q_c = C_w \times \frac{2}{3} (2 \times g)^{\frac{1}{2}} \times H^{\frac{5}{2}} \times (b + \frac{4}{5} \tan \theta \times H) ; \text{梯形堰口} \quad (11)$$

C_w 值之測定可將方程式 (9)、(10)、(11) 用下列關係式表示之：

第三章 銳緣堰流量試驗

$$Q = k \times H^n \quad (12)$$

或

$$\text{Log}Q = \text{Log}k + n \times \text{Log}H \quad (13)$$

將實測流量與實測水位繪於全對數紙上，即可由直線上之斜率與截距來決定 C_w 值。

本實驗的目的，係經由實驗來探討各種不同形狀之量水堰，決定方程式(9)、(10)、(11)中之流量係數 C_w 及方程式(12)中之冪級數 (Power) n 值；並探討流況與幾何形狀對此二值的影響，使同學曉得一般儀器之設計經常須利用在簡單理想狀況下之理論分析；而理論分析結果往往無法與實際情況相吻合，必須加以修正，而此修正的工作就是一般所謂之"檢驗" (Calibration)。此實驗所探討之 C_w 與 n 值即屬於此性質之工作。

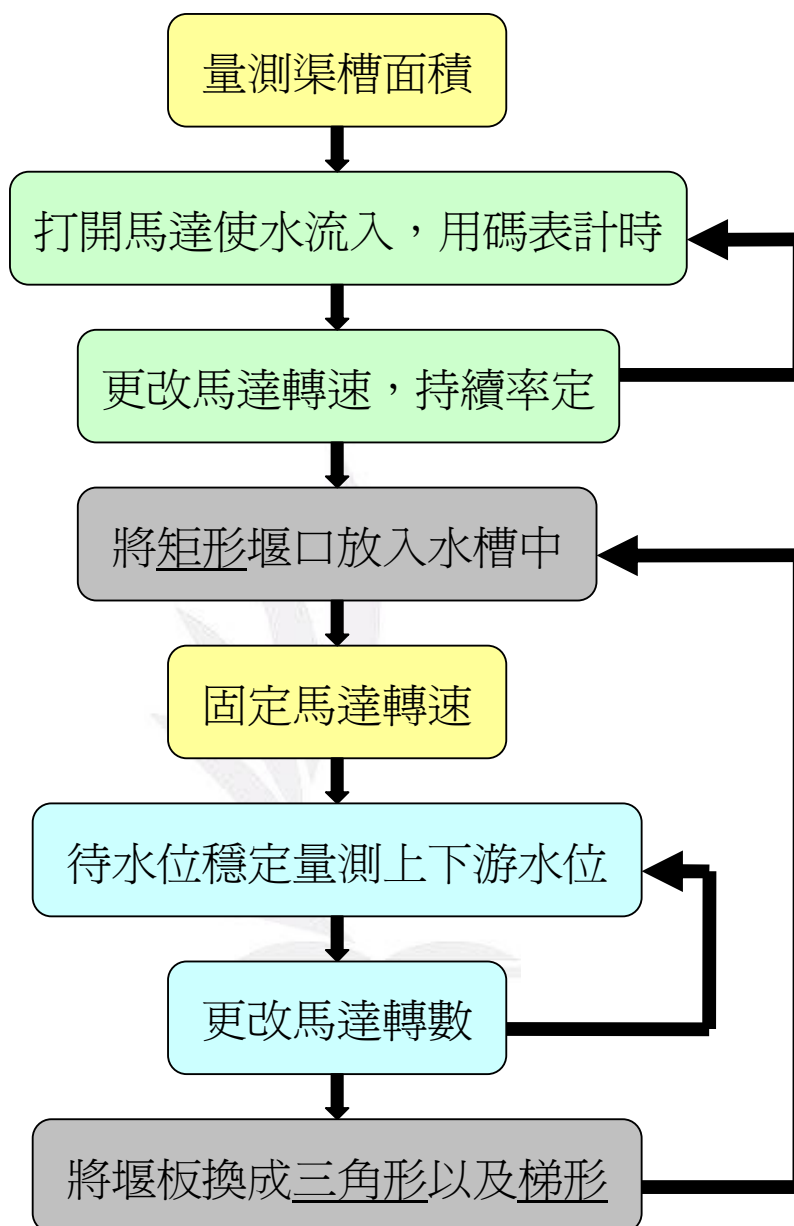


三、儀器簡介

本試驗必須配合水力試驗台，水自試驗台出水口流出，經儀器底下流入，堰口上游部份以一平板分化成二部份，緊接堰口之部份為靜水箱，平板之另一部份為進水箱。水自試驗台之出水口流入後，沿管往上流入進水箱。再平板中央處有一孔口，以一透明軟塑膠管與箱外透明量水筒底之孔口相連接，因為受重力影響，靜水箱與量水筒保持在同一高度上。量水筒內勾形水位尺用以測筒內之水面高度，水位尺附一游標尺；其上面有一螺絲，旋轉螺絲使水位尺上下移動，游標尺之最小讀數為 0.05mm。量水堰板係以螺絲固定於支架板上，極易裝上與取下，堰口下游為一底板略傾斜之集合水箱，自堰口溢流水，從此相底下之孔口，經一透明軟塑膠管，自量水孔口流回水力試驗台而構成一個循環單元。

本次試驗共有矩形及三角形以及梯形三種形式之堰口。矩形堰口寬 $b=30\text{mm}$ ，三角形堰口其夾角 $2\theta; \theta=15.1^\circ$ 。每一形狀之堰口又有兩種不同邊緣角度 90° 與 45° ，必須使傾斜面向下游。

四、試驗方法與步驟



圖二 銳緣堰流量試驗流程圖

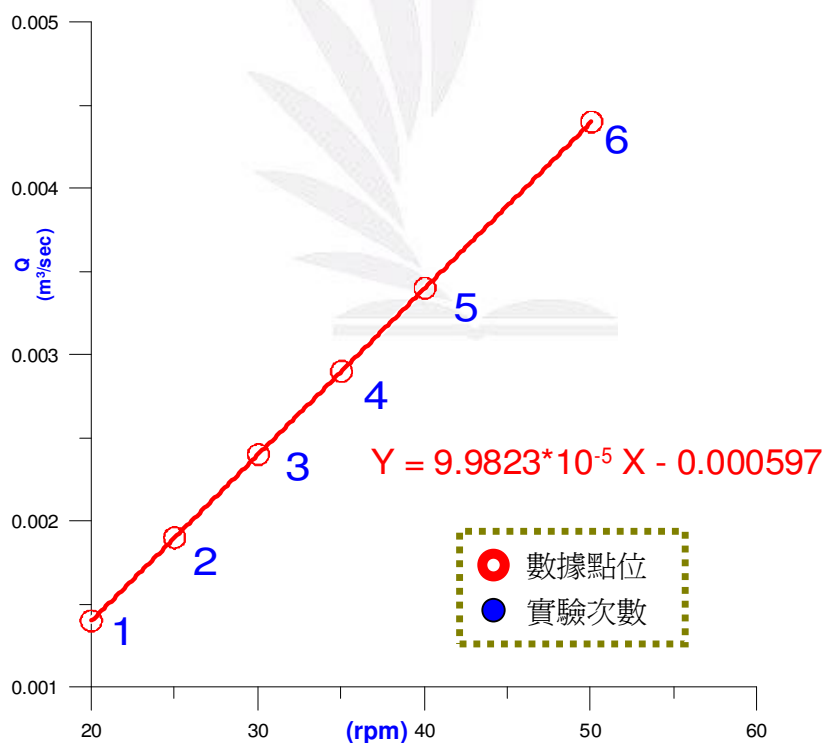
五、試驗結果

首先我們將試驗台率定的數據記於表一中，並將數據作迴歸分析，求得實際流量對瑪達讀數的關係圖。

表一 流量率定記錄表

試驗次數	馬達讀數	時間 (sec)	高度 (m)	面積 (m ²)	蓄水體積 (m ³)	流量 Q (m ³ /sec)
1	20.01	11.71	0.1000	0.1600	0.0160	0.0014
2	25.01	8.33	0.1000	0.1600	0.0160	0.0019
3	30.05	6.57	0.1000	0.1600	0.0160	0.0024
4	35.05	5.45	0.1000	0.1600	0.0160	0.0029
5	40.05	4.70	0.1000	0.1600	0.0160	0.0034
6	50.06	3.60	0.1000	0.1600	0.0160	0.0044

註：表一可整理出當『馬達轉數』為多少時，為多少流量，故可畫出一流量對馬達數之【迴歸分析關係圖】，如下圖二，並算出迴歸方程式。



圖三 【流量 Q—馬達轉數 rpm】迴歸分析關係圖

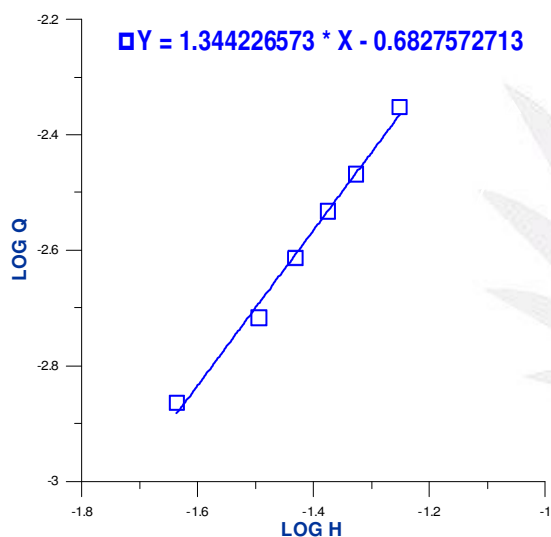
註：由圖 2 之【迴歸方程式】，可將表二至表四之流量 Q 算出。

第三章 銳緣堰流量試驗

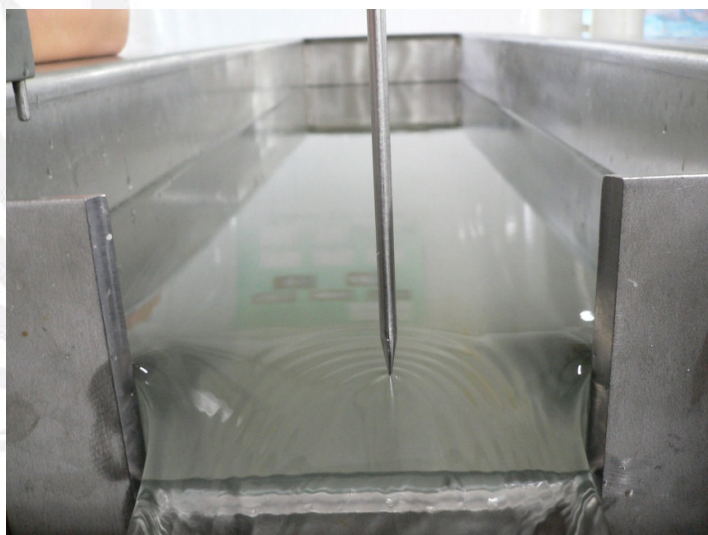
表二 矩形堰口流量試驗記錄表

試驗次數	瑪達讀數	上游水位 (m)	下游水位 h (m)	流量 Q (m^3/sec)	Log H	log Q
1	20.01	0.1372	0.0231	0.0014	-1.6368	-2.8644
2	25.01	0.1471	0.0320	0.0019	-1.4946	-2.7165
3	30.05	0.1540	0.0370	0.0024	-1.4318	-2.6134
4	35.05	0.1591	0.0421	0.0029	-1.3759	-2.5323
5	40.05	0.1650	0.0471	0.0034	-1.3272	-2.468
6	50.06	0.1741	0.0560	0.0044	-1.2518	-2.3522

註：堰口形狀—矩形大小為長 0.14m × 寬 0.10m



圖四 矩形堰口之 LogQ 及 LogH 關係圖



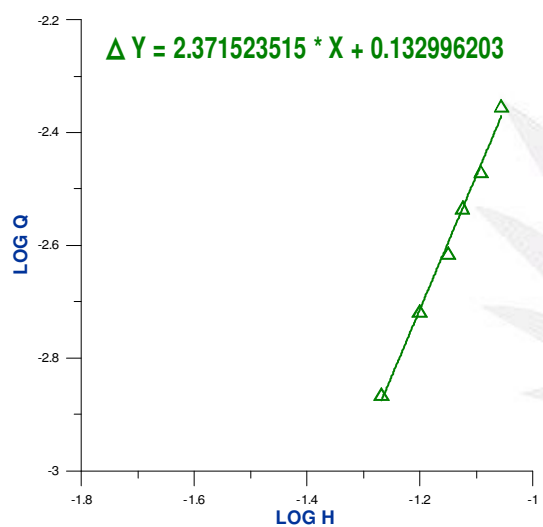
照片一 矩形堰口

第三章 銳緣堰流量試驗

表三 三角形堰口流量試驗記錄表

試驗次數	瑪達讀數	上游水位 (m)	下游水位 h (m)	流量 Q (m^3/sec)	Log H	log Q
1	20.01	0.1690	0.0539	0.0014	-1.2686	-2.8644
2	25.01	0.1791	0.0630	0.0019	-1.2007	-2.7165
3	30.05	0.1861	0.0708	0.0024	-1.1497	-2.6134
4	35.05	0.1930	0.0750	0.0029	-1.1249	-2.5323
5	40.05	0.1980	0.0808	0.0034	-1.0924	-2.468
6	50.06	0.2061	0.0879	0.0044	-1.0558	-2.3522

註：堰口形狀—三角形大小為兩腰為 0.14m 之直角等腰三角形。



圖五 三角形堰口之 LogQ 及 LogH 關係圖



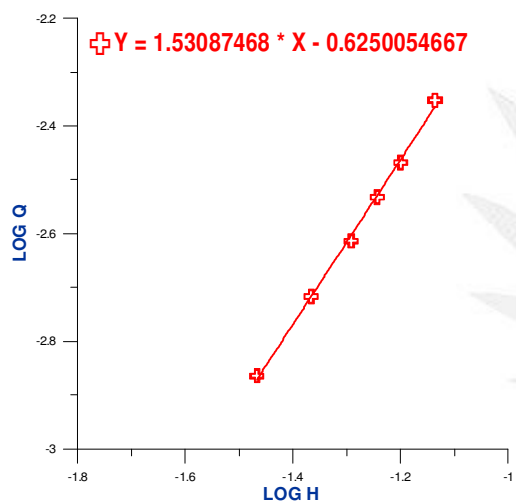
照片二 三角形堰口

第三章 銳緣堰流量試驗

表四 梯形堰口流量試驗記錄表

試驗次數	馬達轉數	上游水位 (m)	下游水位 h (m)	流量 $Q (m^3/sec)$	Log H	log Q
1	20.01	0.1420	0.0341	0.0014	-1.4672	-2.8644
2	25.01	0.1571	0.0430	0.0019	-1.3666	-2.7165
3	30.05	0.1661	0.0510	0.0024	-1.2921	-2.6134
4	35.05	0.1739	0.0571	0.0029	-1.2435	-2.5323
5	40.05	0.1791	0.0630	0.0034	-1.2003	-2.468
6	50.06	0.1900	0.0731	0.0044	-1.1362	-2.3522

註：堰口形狀—梯形為下底 0.078m 兩腰 0.107m 之等腰梯形。

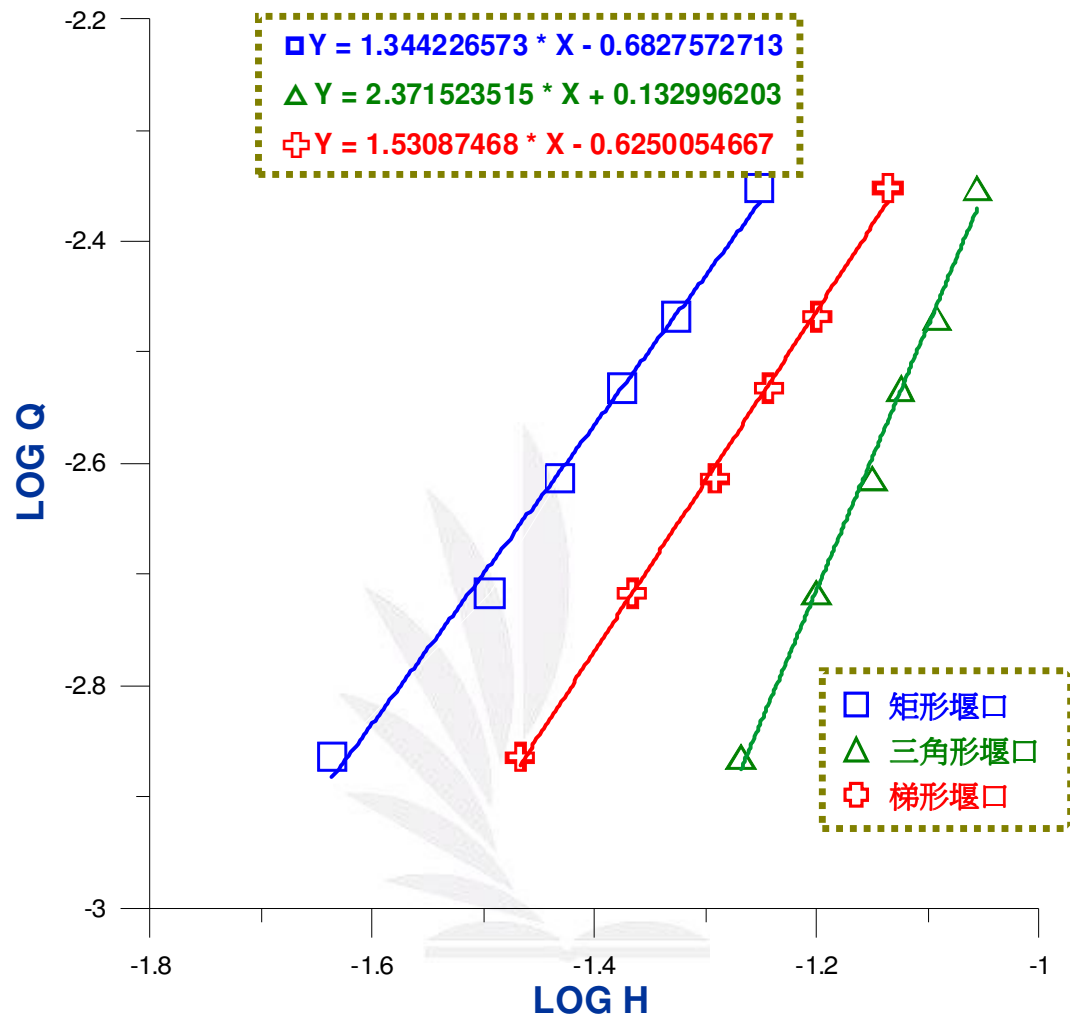


圖六 梯形堰口之 LogQ 及 LogH 關係圖

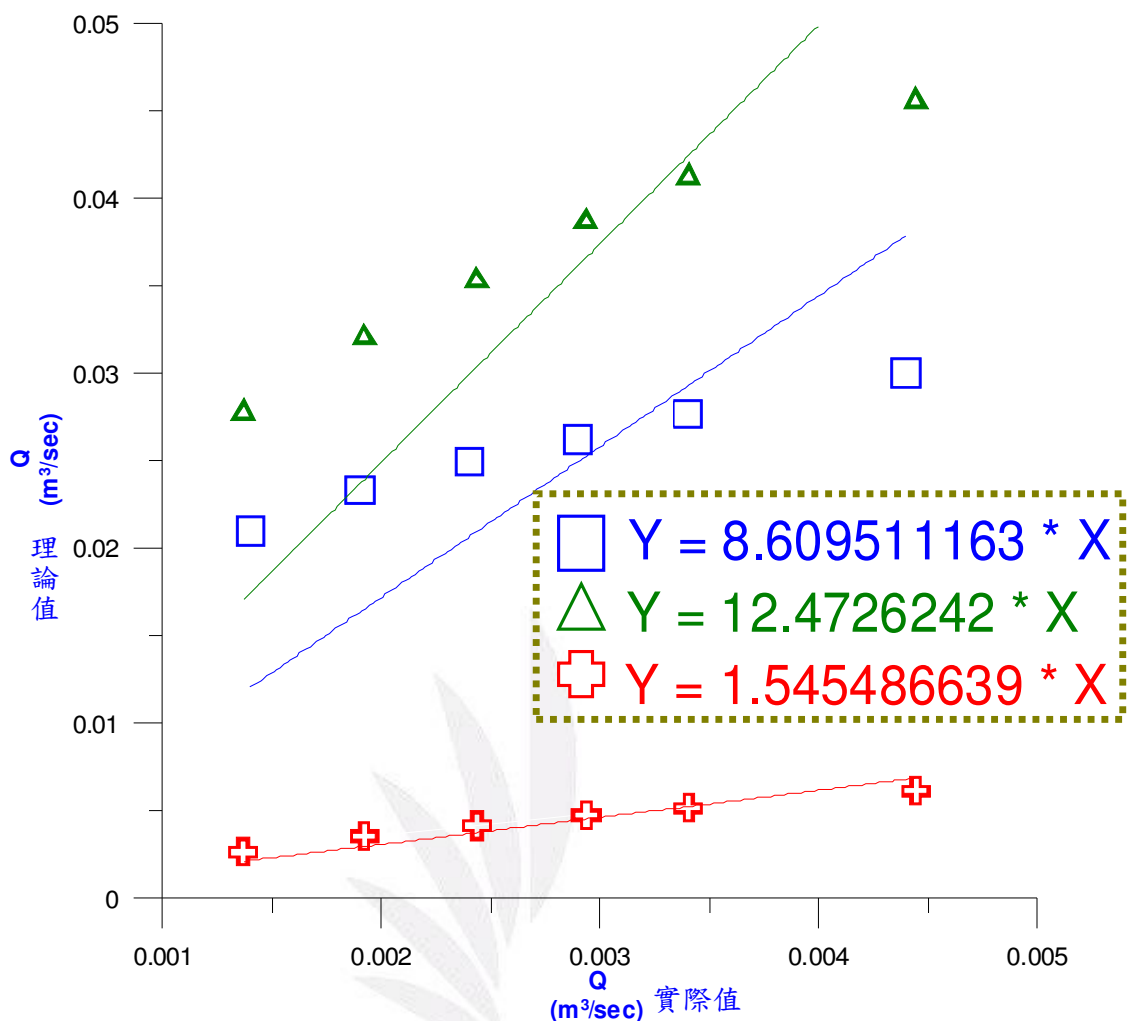


照片三 梯形堰口

六、問題與討論



圖七 三堰口 $\text{Log } Q$ 及 $\text{Log } H$ 關係圖



圖八 三堰口 Q 之實驗值及理論值回歸關係圖

1.有二種不同形狀之堰口，而每一堰口又分別有直角及銳角二種邊緣，將此四種不同情況實驗所得之數據，均繪於同一圖內，但須用不同符號來表示。以 $\log Q$ 及 $\log H$ 分別為垂直及水平座標軸，對於每一種情況利用最小二乘法求各直線的斜率及截距，並進而推求每一種堰口之流量係數 C_w 值。

由圖七、圖八可得三形狀堰口之斜率、截距、 C_w 值，整理於下表。

堰口形狀	斜率	截距	C_w 值
矩形堰口	1.344226573	-0.6827572713	8.609511163
三角形堰口	2.371523515	0.132996203	12.4726242
梯形堰口	1.53087468	-0.6250054667	1.545486639

2.比較各種堰口之理論流量值與實際測量值之差異，並討論之。

矩形	試驗次數	理論值	實驗值
	1	0.0014	0.021017853
	2	0.0019	0.023327927
	3	0.0024	0.024980416
	4	0.0029	0.026231676
	5	0.0034	0.027713486
	6	0.0044	0.030036152

三角形	試驗次數	理論值	實驗值
	1	0.0014	0.027731
	2	0.0019	0.032053
	3	0.0024	0.035303
	4	0.0029	0.038654
	5	0.0034	0.041205
	6	0.0044	0.045565

梯形	試驗次數	理論值	實驗值
	1	0.0014	0.00266
	2	0.0019	0.00355
	3	0.0024	0.00417
	4	0.0029	0.00476
	5	0.0034	0.00518
	6	0.0044	0.00615

由圖八與前三表格比較結果得知：

- 1 · 梯形之實驗值與理論值差異最小
- 2 · 三角形之實驗值與理論值差異最大

七、結論與建議

實驗紀錄表若改成以下(表一增加高度面積)，會使紀錄更簡捷便利！

表一 流量率定記錄表


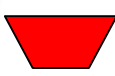


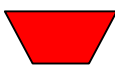




試驗次數	馬達讀數	時間 (sec)	高度 (m)	面積 (m^2)	蓄水體積 (m^3)	流量 Q (m^3/sec)
------	------	-------------	-----------	-----------------	-------------------	-----------------------

表二、三、四 堰口流量試驗記錄表

試驗次數	馬達讀數	上游水位 (m)	下游水位 h (m)	流量 Q (m^3/sec)	Log H	Log Q
------	------	-------------	---------------	--------------------	-------	-------

當再做流量律定的時候，要注意底下漏水孔處的緊密性，防止漏水，可減少此實驗誤差。另外，此實驗帶給本組的資訊：在固定流量、固定馬達轉數下，堰口形狀不同時，上下游水位之差異與堰口的面積有關，我們藉由實驗紀錄數據整理如下：

(1) 面積越小者、上下游水位越高；面積越大者，則反之。

面積大小		<		<	
上游水位高		>		>	
下游水位高		>		>	

(2) C_w 值是用來修正實際值，使其接近理論值，與堰口面積大小無關。

我們藉由此實驗了解，當得到上游流量的數據時，即可以公式推估下游之流量，此實驗好比縮小版的實際水堰，讓我們能以推估出來的數據，減少暴雨帶來的洪水災害！

八、實驗剪輯



照片四 調整馬達轉速



照片五 流量率定



照片六 量測上游水位



照片七 量測下游水位



照片八 更換堰板



照片九 實驗觀測

九、參考文獻

1. K Subramanya , "Flow in Open Channels" second edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company, P313-P323 , 1997.
2. 吳益裕, "實用明渠水力學" 下冊, 必中出版社, P6-1 至P6-6 , 2003
3. 流體力學試驗手冊

