

# 逢甲大學學生報告 ePaper

## 流體力學試驗結報

### 第三章 銳緣堰流量試驗

#### sharp crested weir flow test

作者：廖茗緯、黃昶輔、陳齊浩

系級：水利工程與資源保育學系

學號：D0638821、D0638690、D0638851

開課老師：許少華老師

課程名稱：流體力學試驗

開課系所：水利工程與資源保育學系

開課學年：108 學年度 第 1 學期

## 中文摘要

水堰在工程中，可以調節河川和人工渠道的流量。此次試驗是河川和人工河道對於水堰的縮小版，如果我們知道其堰口上游的水位高度和其流量的關係，可以簡略的了解其河川中流量的變化問題，對於其堰口的形狀，有三角形、梯形、矩形，利用銳緣堰流量試驗儀進行觀測，求證其堰口形狀對於水位變化與流量變化的關係式，比較不同形狀的銳緣堰之理論流量與實際流量之差異，並求出流量係數的大致範圍。

### 關鍵字：

1. 銳緣堰
2. 流量係數
3. 人工渠道

## Abstract

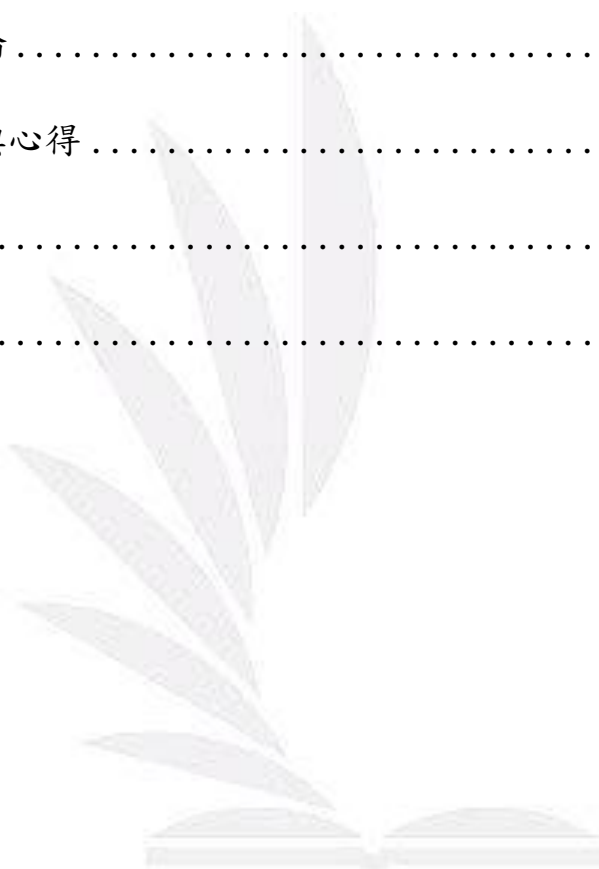
Weirs in the project can regulate the flow of rivers and artificial channels. This test is a reduced version of rivers and artificial rivers for weirs. If we know the relationship between the water level upstream of its weir mouth and its discharge, we can briefly understand the change of flow in its river. For the shape of its weir, there is a triangle, Trapezoidal, rectangular, observe with a sharp edge weir flow tester, verify the relationship between the shape of the weir mouth and the change in water level and flow, compare the difference between the theoretical flow and actual flow of the sharp edge weir with different shapes, and find the flow coefficient The approximate range.

### Keyword :

1. Sharp crested weir
2. Flow Coefficient
3. Artificial channel

## 目 次

一、試驗原理 .....	4
二、試驗儀器介紹 .....	6
三、試驗之方法與步驟 .....	9
四、試驗數據結果 .....	10
五、問題與討論 .....	12
六、實驗結果與心得 .....	22
七、實驗結論 .....	22
八、參考文獻 .....	22



## 一、試驗原理

基本假設：

1. 水流邊界層之形成，僅局限於堰之垂直邊壁。
2. 驗頂上由漸進流速 $V_0$ 為等速流
3. 經堰口流出，在水舌上、下緣之靜力壓力為零。
4. 忽略流體黏滯性、紊流及二次流等影響。

2-2 理論公式之推導(以矩形堰為例)：

<能量方程式>

假設銳緣堰所造成的能量損失可忽略：

$$E_0 = E_1 \text{-----(1)}$$

$$H + \frac{V_0^2}{2g} = (H - h) + \frac{V_1^2}{2g} \text{-----(2)}$$

理論流速：

$$V_1 = \sqrt{2g\left(h + \frac{V_0^2}{2g}\right)} \text{-----(3)}$$

理論流量：

$$dQ = V_1(dA) \text{-----(4)}$$

$$dQ = V_1(L * dh) = \sqrt{2g\left(h + \frac{V_0^2}{2g}\right)}(L * dh) \text{-----(5)}$$

$$Q = \int_0^H \sqrt{2g\left(h + \frac{V_0^2}{2g}\right)}(L * dh) = L\sqrt{2g} \int_0^H \sqrt{hdh} \text{-----(6)}$$

在真實流體中，由於水流受脈縮及重力加速度  $g$  之影響，使得水流通過堰頂時，該射流水舌會產生收縮及彎曲之現象，故須將上式以束縮係數加以修正：

$$Q = \frac{2L}{3} C_c \sqrt{2g} \left[ \left( H + \frac{V_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{V_0^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{-----(7)}$$

將上式改寫成

$$Q = \frac{2L}{3} C_d \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \text{-----(8)}$$

其中 $C_d$ 為：

$$C_d = C_c \left[ \left( 1 + \frac{V_0^2}{2gH} \right)^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{V_0^2}{2gH} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \text{-----(9)}$$

雷保克(Rehbock)經驗公式：

$$C_d = 0.611 + 0.08 \frac{H}{P}, \text{ 適用範圍 } \frac{H}{P} \leq 5.0 \text{-----(10)}$$

以上公式應用於堰之水平開口與渠道寬度差距不大時，此形狀之量水堰可視為不束縮堰，即水流為二維且無橫向束縮之現象。

<三角形堰>

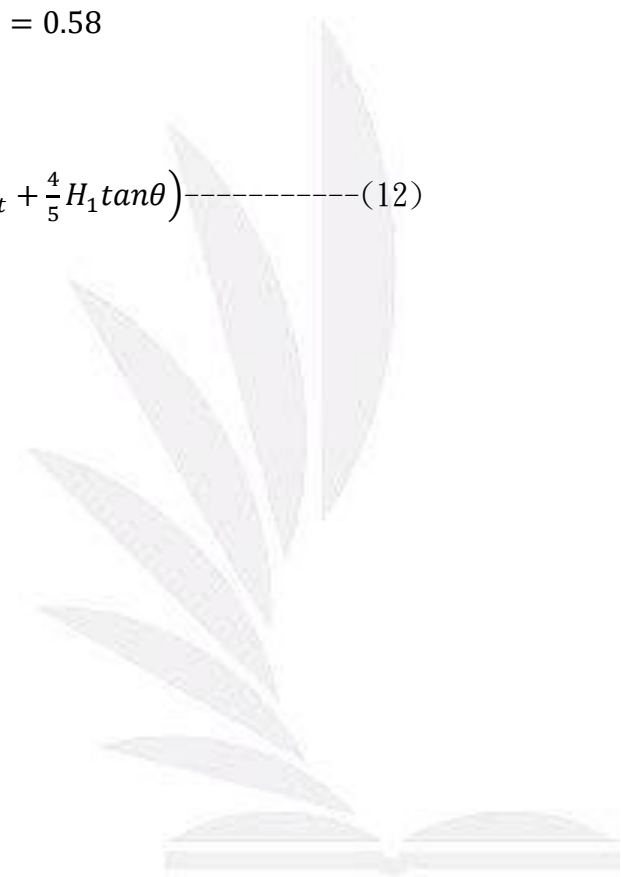
$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \tan \theta H^{\frac{5}{2}}$$

$$C_d = f_n(\theta) \text{-----(11)}$$

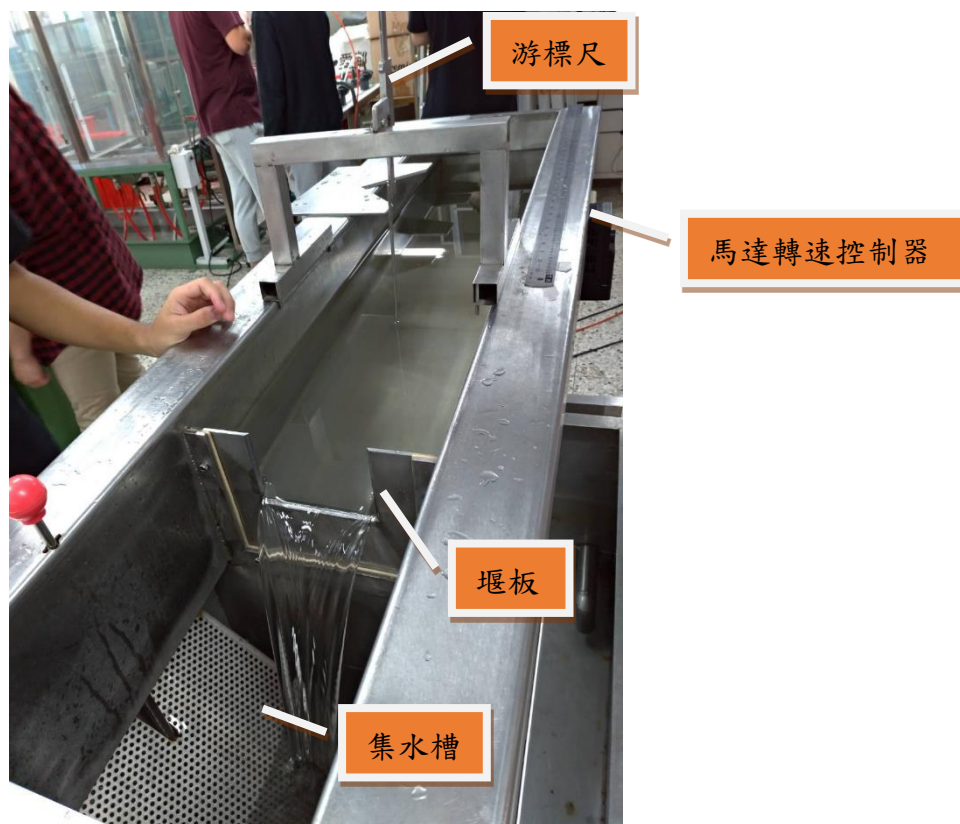
For  $2\theta = 90^\circ, C_d = 0.58$

<梯形堰>

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} H_1^{\frac{3}{2}} \left( L_t + \frac{4}{5} H_1 \tan \theta \right) \text{-----(12)}$$



## 二、試驗儀器介紹

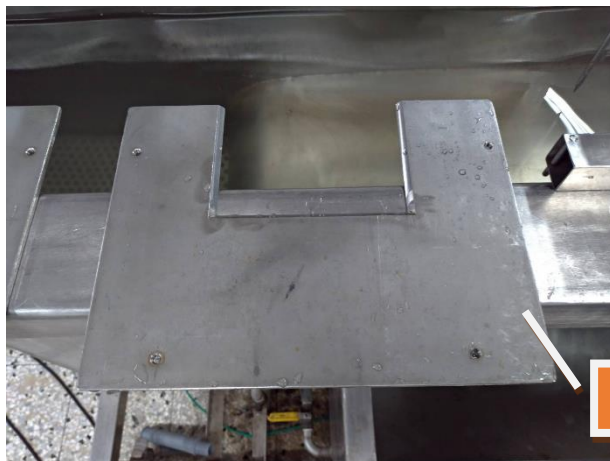




蓄水高度計



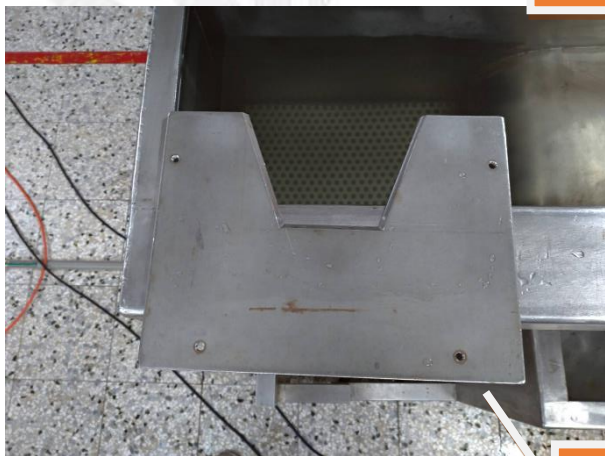




矩形堰口

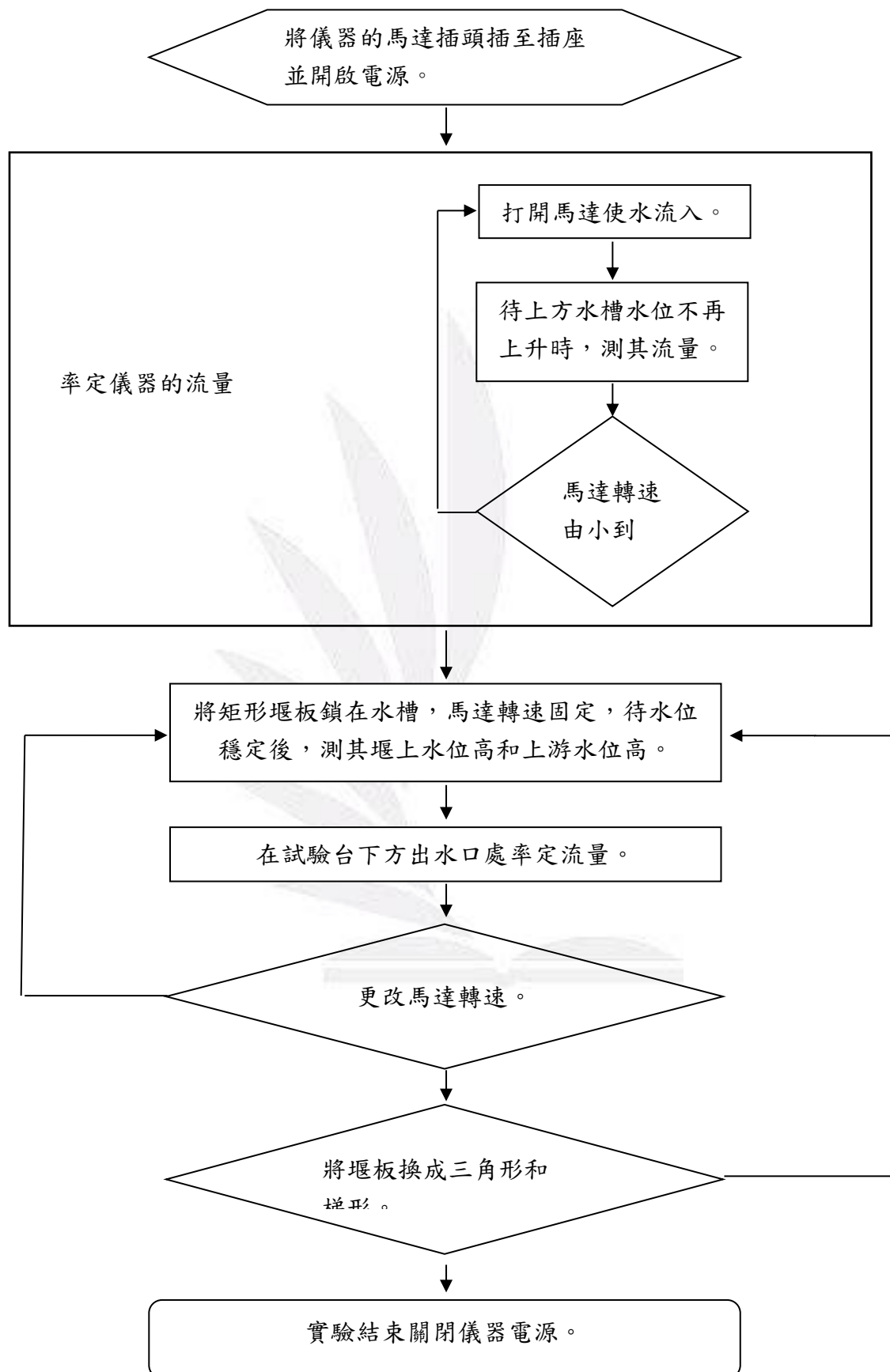


三角形堰口



梯形堰口

### 三、試驗之方法與步驟



#### 四、試驗數據結果

蓄水面積=1600 $cm^2$  渠底 23.43  $cm$

表 3.1 流量率定紀錄表

試驗次數	馬達讀數	率定時間(sec)	蓄水水位差( $cm$ )	流量( $cm^3/s$ )
1	22.00	10.35	10.00	1545.89
2	24.00	9.04	10.00	1769.91
3	26.00	7.85	10.00	2039.52

表 3.2 矩形正面堰口流量試驗紀錄表 (尖的朝下)

試驗次數	上游水位( $cm$ )	上游水位高 $y_0$	堰口高差 $H(cm)$	率定時間 (sec)	蓄水水位差 ( $cm$ )	流量 ( $cm^3/s$ )	$Cd$
1	8.21	15.22	4.02	10.72	10.00	1492.54	0.637
2	7.88	15.55	4.35	9.33	10.00	1714.90	0.639
3	7.61	15.82	4.62	8.18	10.00	1955.99	0.641

表 3.3 矩形反面堰口流量試驗紀錄表

試驗次數	上游水位( $cm$ )	上游水位高 $y_0$	堰口高差 $H(cm)$	率定時間 (sec)	蓄水水位差 ( $cm$ )	流量 ( $cm^3/s$ )	$Cd$
1	8.03	15.40	3.81	10.73	10.00	1491.15	0.637
2	7.69	15.74	4.15	9.41	10.00	1701.22	0.639
3	7.41	16.02	4.43	9.11	10.00	1757.28	0.641

表 3.4 三角形正面堰口流量試驗紀錄表

試驗次數	上游水位( $cm$ )	上游水位高 $y_0$	堰口高差 $H(cm)$	率定時間 (sec)	蓄水水位差 ( $cm$ )	流量 ( $cm^3/s$ )	$Cd$
1	5.05	18.38	7.35	10.91	10.00	1466.54	0.58
2	4.64	18.79	7.76	9.47	10.00	1689.55	

3	4.38	19.05	8.02	8.30	10.00	1928.87	
---	------	-------	------	------	-------	---------	--

表 3.5 三角形反面堰口流量試驗紀錄表

試驗次數	上游水位(cm)	上游水位高 $y_0$	堰口高差 $H(cm)$	率定時間 (sec)	蓄水水位差 (cm)	流量 ( $cm^3/s$ )	$Cd$
1	4.92	18.51	6.74	11.04	10.00	1449.28	0.58
2	4.45	18.98	7.21	9.73	10.00	1644.40	
3	4.18	19.25	7.48	8.33	10.00	1920.77	

表 3.6 梯形正面堰口流量試驗紀錄表

試驗次數	上游水位 (cm)	上游水位高 $y_0$	堰口高差 $H(cm)$	率定時間 (sec)	蓄水水位差 (cm)	流量 ( $cm^3/s$ )
1	7.21	16.22	5.00	10.70	10.00	1495.33
2	6.85	16.58	5.36	9.61	10.00	1664.93
3	6.47	16.96	5.74	8.07	10.00	1982.65

表 3.3 梯形反面堰口流量試驗紀錄表

試驗次數	上游水位 (cm)	上游水位高 $y_0$	堰口高差 $H(cm)$	率定時間 (sec)	蓄水水位差 (cm)	流量 ( $cm^3/s$ )
1	6.88	16.55	4.95	11.26	10.00	1420.96
2	6.53	16.90	5.30	9.36	10.00	1710.32
3	6.17	17.26	5.66	8.28	10.00	1933.53

備註：

1. 梯形堰口流量無理論  $Cd$  (流量係數)，但仍可進行迴歸出計算值。
2.  $g = 9.81m/s = 981cm/s$

堰口高差=上游水位高-堰板高

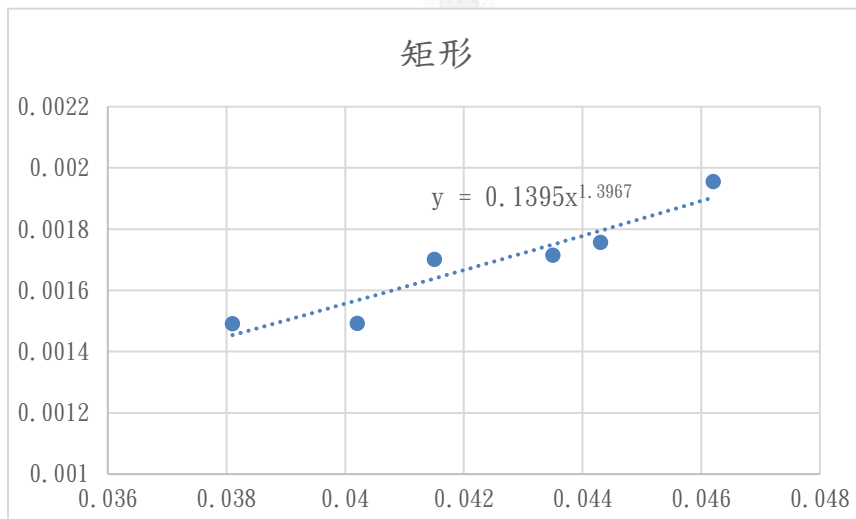
## 五、問題與討論

1. 利用最小平方方法回歸方式計算各不同形狀堰口的值，並且與一般理論的差異討論之。

答：

此題用 EXCEL 之乘冪功能即可，不必用到  $\log(H)$ 、 $\log(Q)$ ，所以我們直接作圖討論 A 及 B 值

● 矩形堰板：



由上圖表可知：

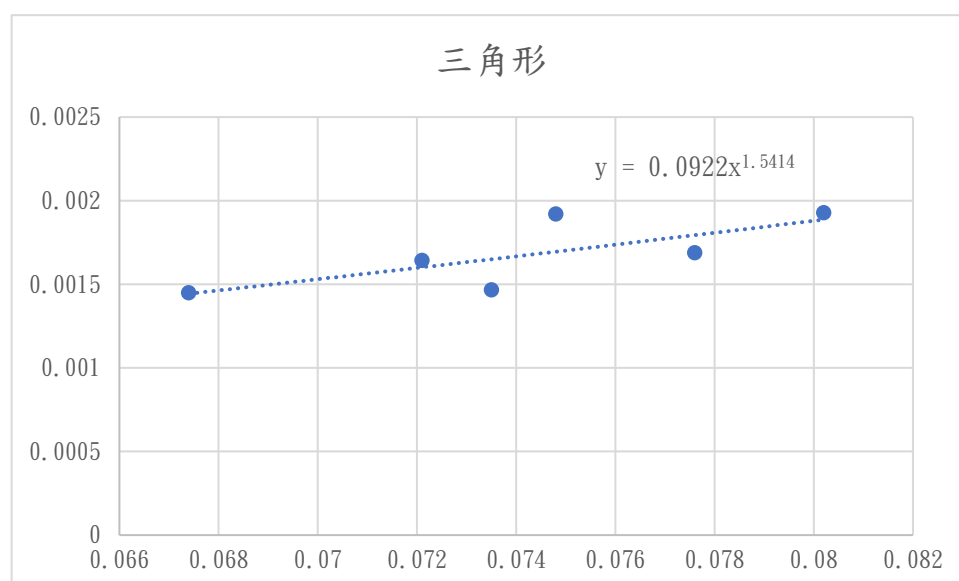
$A=0.1395$ ， $B=1.3967$

$$Q = A \times H^B = \frac{2L}{3} \times C_d \times \sqrt{2g} \times H^{1.5}, \quad C_d = \frac{A \times H^B}{\frac{2L}{3} \times \sqrt{2g} \times H^{1.5}}$$

$C_d$  實際值及理論值計算如下：

實際值	理論值	誤差(%)
0.470	0.637	-26.23
0.466	0.639	-27.07
0.463	0.641	-27.72
0.473	0.637	-25.75
0.469	0.639	-26.67
0.465	0.641	-27.38

● 三角形堰板：



由上圖表可知：

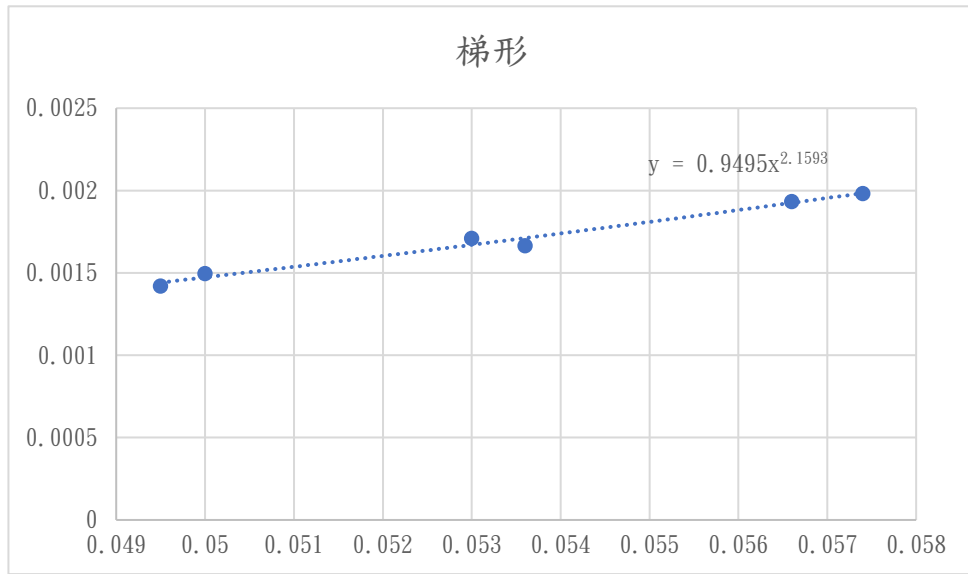
$A=0.0922$ ， $B=1.5414$

$$Q=A \times H^B = \frac{8}{15} \times C_d \times \sqrt{2g} \times \tan \theta \times H^{2.5} \quad , \quad C_d = \frac{A \times H^B}{\frac{8}{15} \times \sqrt{2g} \times \tan \theta \times H^{2.5}}$$

$C_d$  實際值及理論值計算如下：

實際值	理論值	誤差(%)
0.477	0.580	-17.83
0.452	0.580	-21.99
0.438	0.580	-24.42
0.518	0.580	-10.71
0.485	0.580	-16.30
0.469	0.580	-19.20

● 梯形堰板:



由上圖表可知:

$$A=0.9495, B=2.1593$$

$$Q=A \times H^B = \frac{2}{3} \times C_d \times \sqrt{2g} \times H^{1.5} \times (L_t + \frac{4}{5} \times H_1 \times \tan \theta)$$

$$C_d = \frac{A \times H^B}{\frac{2}{3} \times \sqrt{2g} \times H^{1.5} \times (L_t + \frac{4}{5} \times H_1 \times \tan \theta)}$$

梯形無  $C_d$  的理論值，所以以回歸算出的計算值如下:

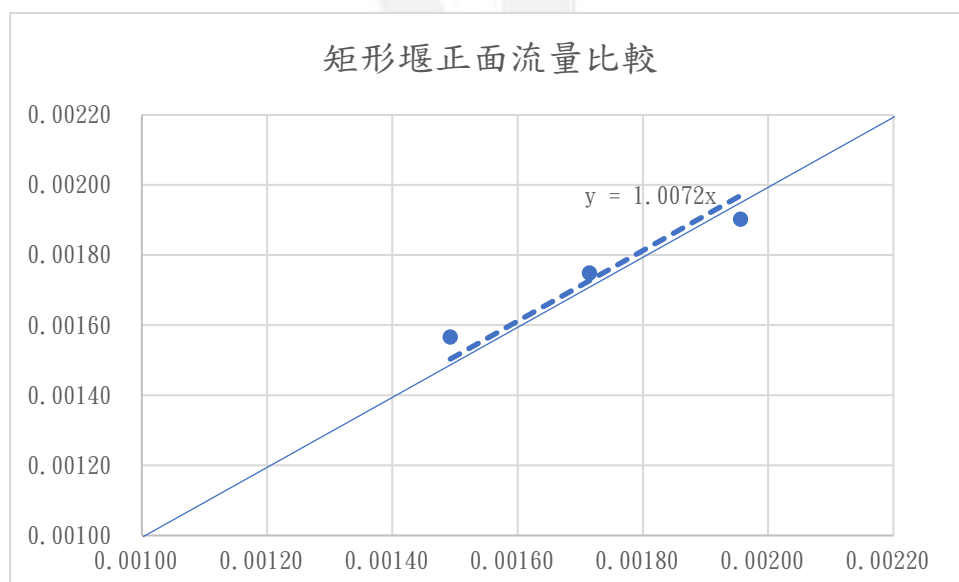
計算值
0.475
0.492
0.509
0.472
0.489
0.505

2. 利用所計算的值及量測之 H，根據(3-8)式來計算流量，將此計算流量與所實測之流量做比較。(提示:可繪製計算流量及實測流量之關係圖，且加入 45 度線來輔助說明)

答:

● 矩形堰正面

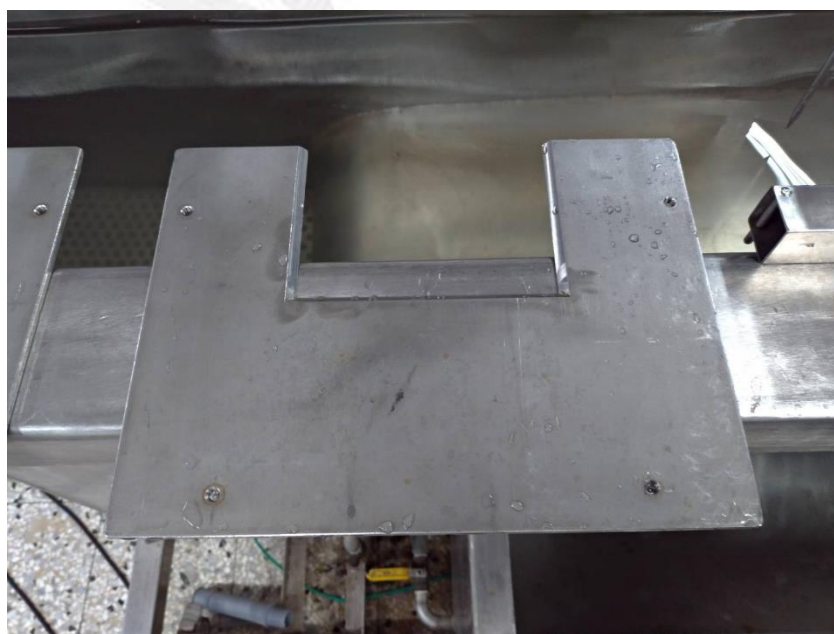
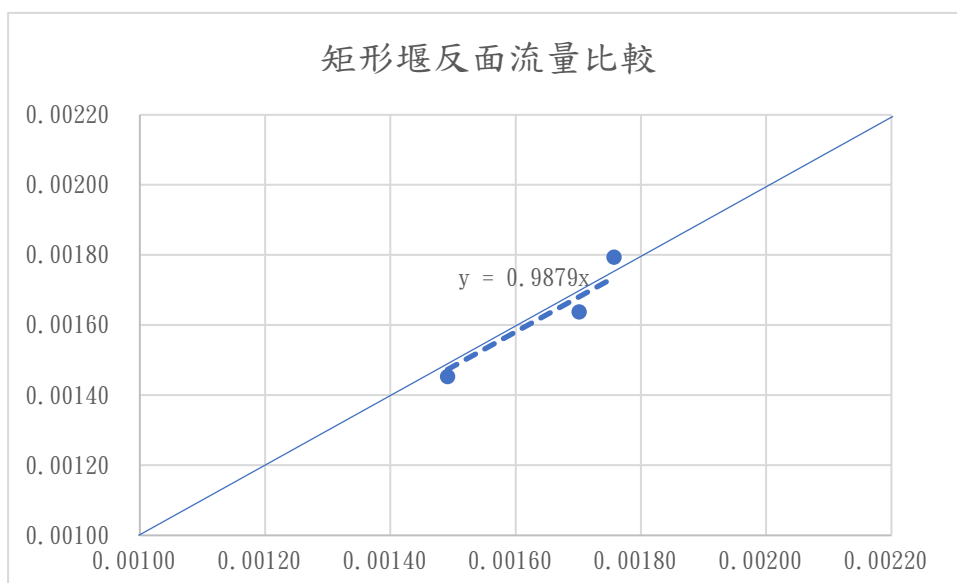
試驗次數	堰口高差 H(m)	$C_d$	實驗流量(m <sup>3</sup> /s)	理論流量(m <sup>3</sup> /s)	誤差(%)
1	0.0402	0.637	0.00149	0.00157	-4.73
2	0.0435	0.639	0.00171	0.00175	-1.96
3	0.0462	0.641	0.00196	0.00190	2.81





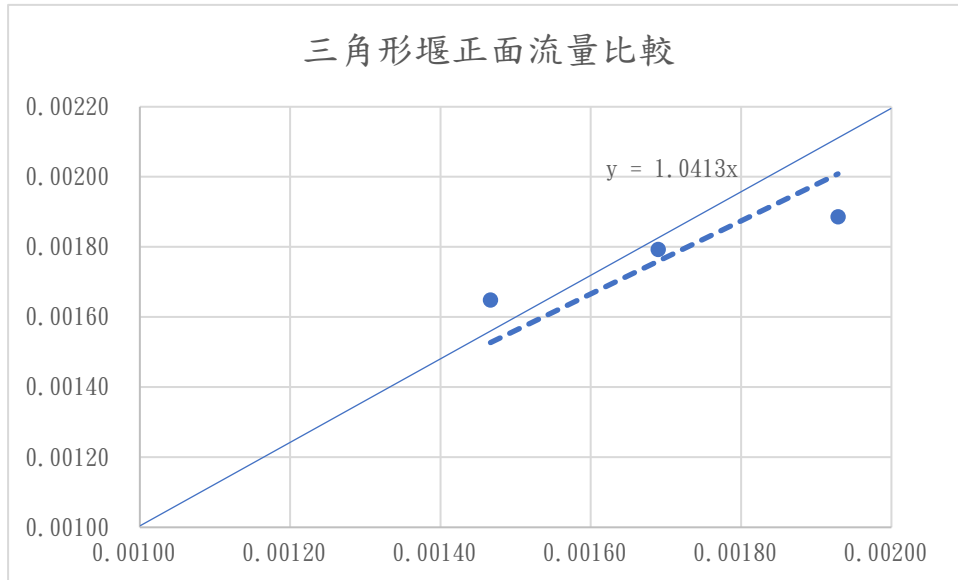
● 矩形堰反面

試驗次數	堰口高差 H(m)	$C_d$	實驗流量(m <sup>3</sup> /s)	理論流量(m <sup>3</sup> /s)	誤差(%)
1	0.0381	0.637	0.00149	0.00145	2.59
2	0.0415	0.639	0.00170	0.00164	3.87
3	0.0443	0.641	0.00176	0.00179	-2.06



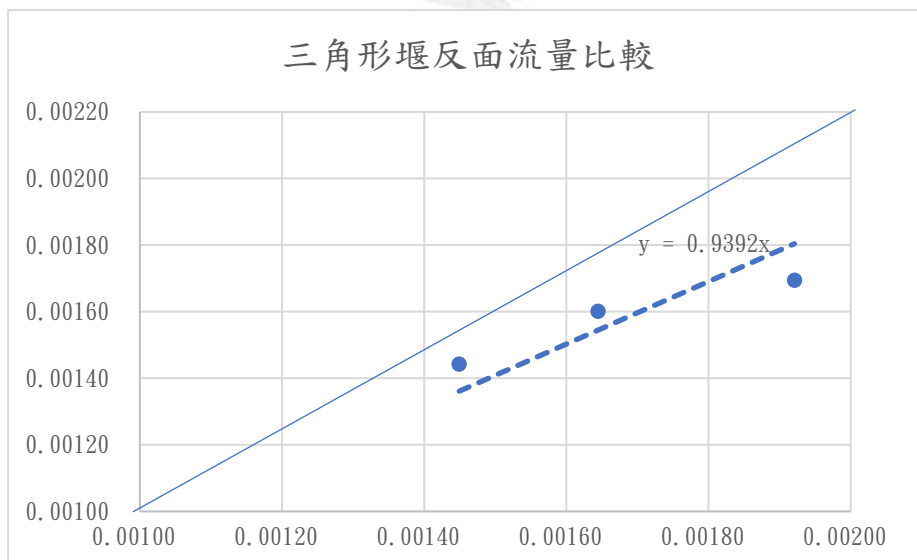
● 三角形堰正面

試驗次數	堰口高差 H(m)	$C_d$	實驗流量(m <sup>3</sup> /s)	理論流量(m <sup>3</sup> /s)	誤差(%)
1	0.0735	0.580	0.00147	0.00165	-11.07
2	0.0776		0.00169	0.00179	-5.77
3	0.0802		0.00193	0.00189	2.25



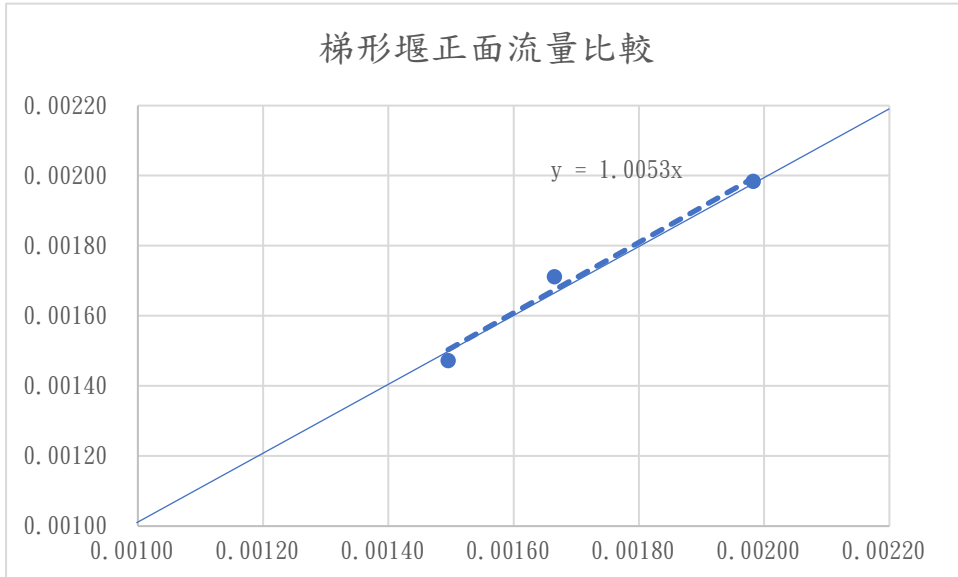
● 三角形堰反面

試驗次數	堰口高差 H(m)	$C_d$	實驗流量(m <sup>3</sup> /s)	理論流量(m <sup>3</sup> /s)	誤差(%)
1	0.0674	0.580	0.00145	0.00144	0.44
2	0.0721		0.00164	0.00160	2.72
3	0.0748		0.00192	0.00169	13.37



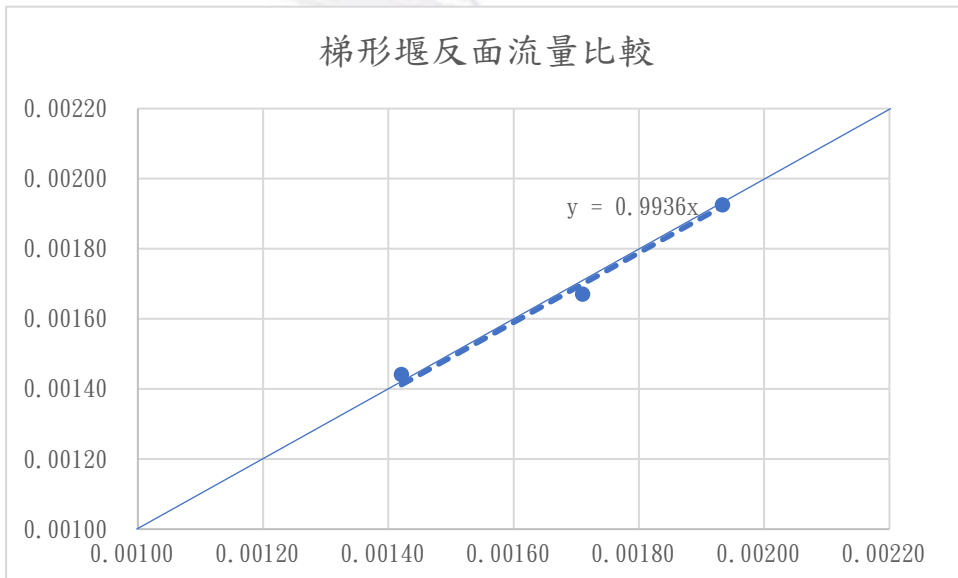
● 梯形堰正面

試驗次數	堰口高差 H(m)	實驗流量(m <sup>3</sup> /s)	理論流量(m <sup>3</sup> /s)	誤差(%)
1	0.0500	0.00150	0.00147	1.52
2	0.0536	0.00166	0.00171	-2.72
3	0.0574	0.00198	0.00198	-0.08



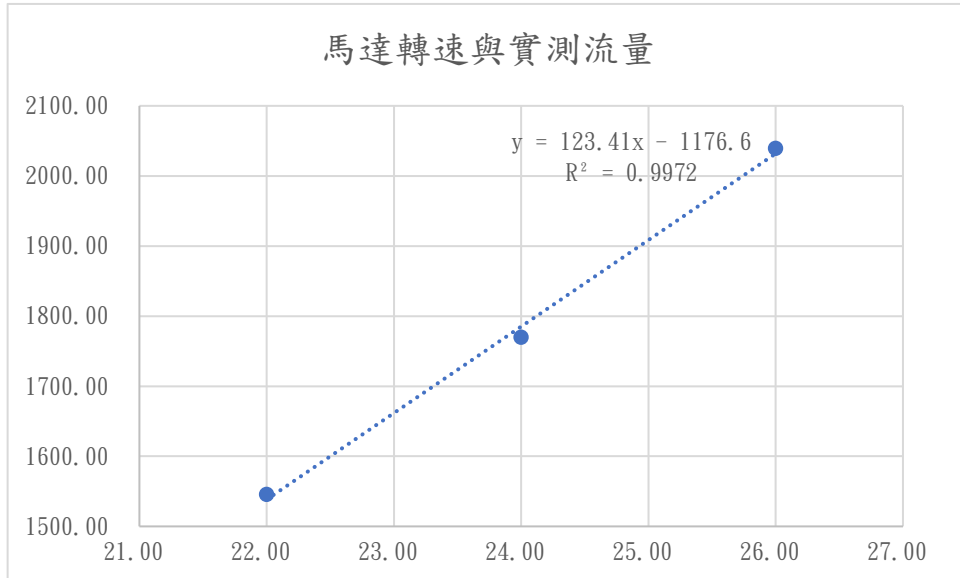
● 梯形堰反面

試驗次數	堰口高差 H(m)	實驗流量(m <sup>3</sup> /s)	理論流量(m <sup>3</sup> /s)	誤差(%)
1	0.0495	0.00142	0.00144	-1.41
2	0.0530	0.00171	0.00167	2.39
3	0.0566	0.00193	0.00193	0.44



3. 討論以馬達轉速與實測流量建立之率定曲線，應用上是否有誤差，為什麼？

答：



試驗次數	馬達讀數	流量
1	22.00	1545.89
2	24.00	1769.91
3	26.00	2039.52

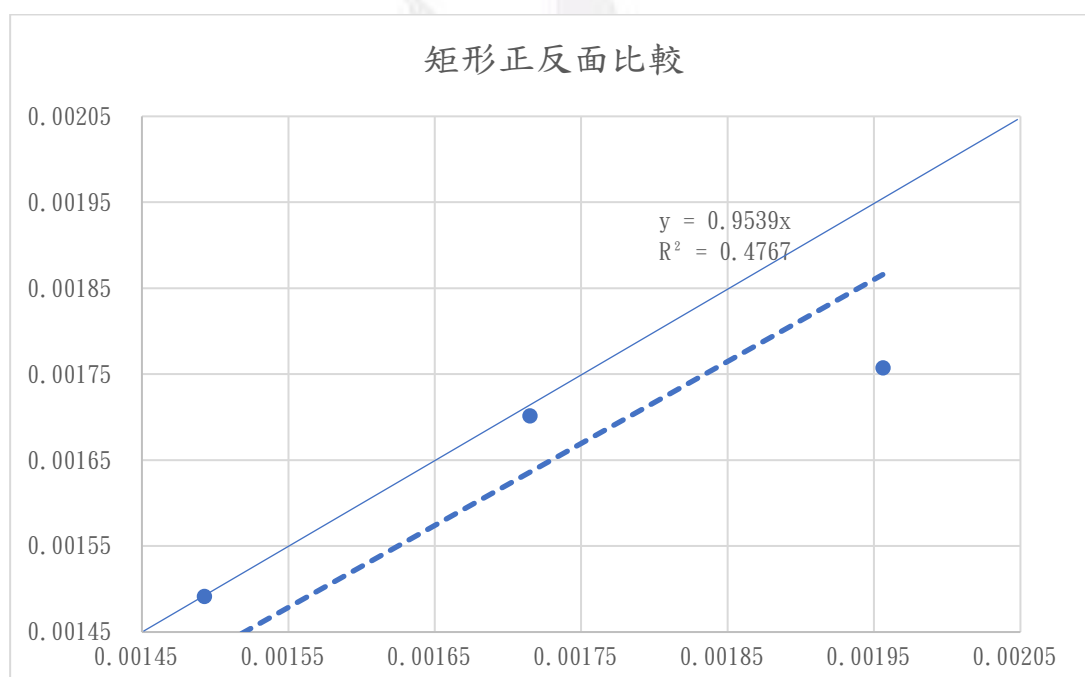
- 具有誤差，因為馬達運轉時可能會有各種損失，例如：熱能損失等等
- 馬達轉速不穩定也可能會造成誤差。
- 量流量時，人為的讀數誤差或者觀測誤差也可能造成建立率定曲線時的不準確。

4. 堰板若以反方向固定，流量是否有顯著的差異？

答：

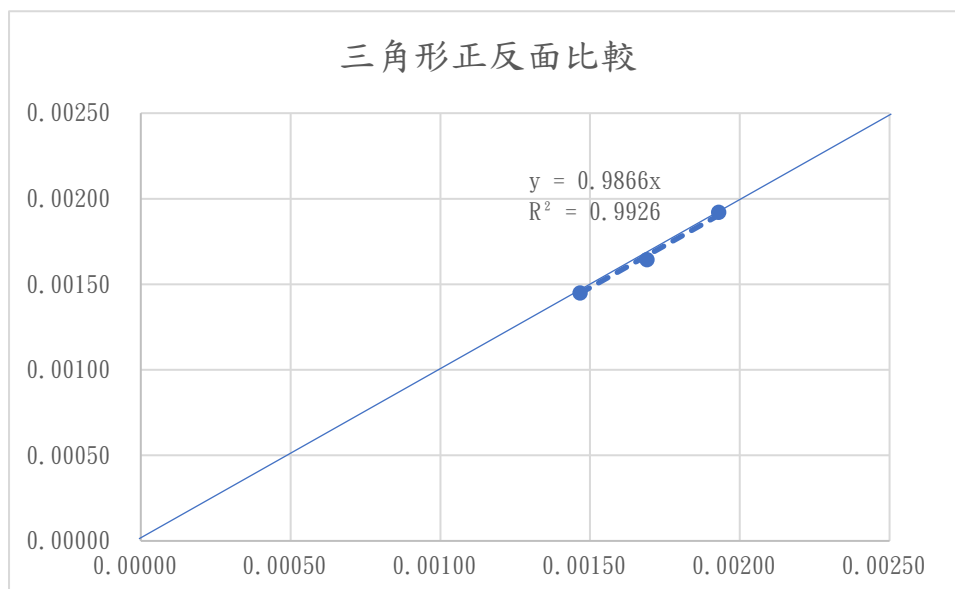
- 矩形堰正反面

矩形正面流量(m <sup>3</sup> /s)	矩形背面流量(m <sup>3</sup> /s)
0.00149	0.00149
0.00171	0.00170
0.00196	0.00176



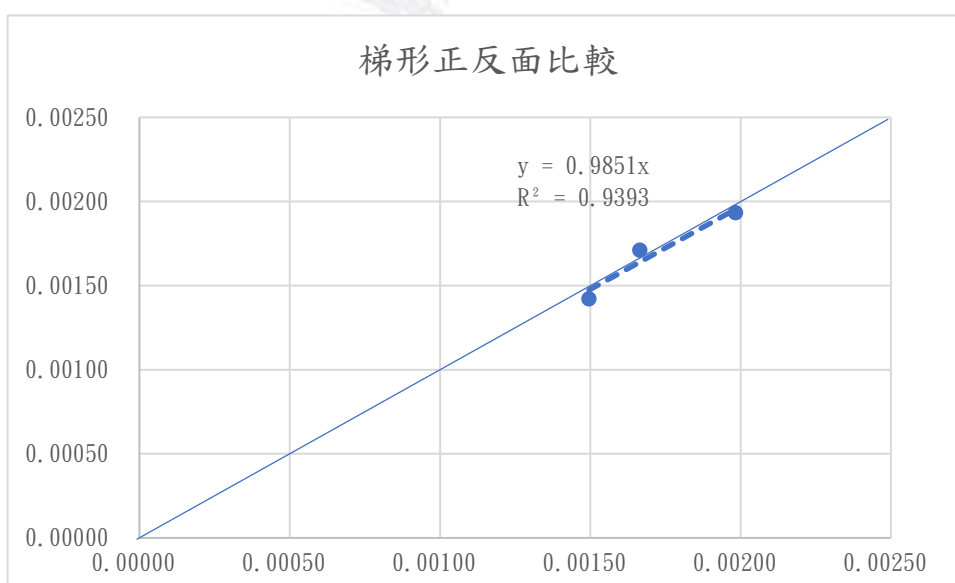
● 三角形堰正反面

三角形正面流量(m <sup>3</sup> /s)	三角形反面流量(m <sup>3</sup> /s)
0.00147	0.00145
0.00169	0.00164
0.00193	0.00192



● 梯形堰正反面

梯形正面流量(m <sup>3</sup> /s)	梯形反面流量(m <sup>3</sup> /s)
0.00150	0.00142
0.00166	0.00171
0.00198	0.00193



## 六、實驗結果與心得

這次實驗相當簡單，我們很快就弄好，要用碼表計時，並計算出流量，蓄水高度計要抓的非常準確，因為流速真的很快，如果不抓的準確一點，誤差會很大，再來要注意螺絲要鎖緊，避免水從空隙流出，造成實驗的誤差，這次實驗要付出很大的細心。

### 注意事項

1. 計時為同一個人。
2. 堰之正反面要分清楚。
3. 螺絲鎖緊，避免水從空隙滲出。

## 七、實驗結論

此實驗是將現實中的渠道，縮小成實驗室裡可以放置的儀器，以利我們的觀察。因為現實中的渠道太大，較難從現場估算水的流量。在興建水利設施前，都能以此實驗去推估各種可能情形的渠道流量等數據。

經過我們的實驗結果，我們推估各種形狀的堰板正、反面的流量應該會大致相同，但若應用在大型儀器或是大型水利設施上，則就會有明顯的差異；相同流量時，三角形的上游水位高大於梯形大於矩形，我們推測可能的原因是因為三角形的面積較小，所以水位會累積到較高處才排出。

## 八、參考文獻

1. 許少華(2008)。流體力學試驗手冊。
2. 黃靖純、吳佳倩、邱欣姿(民95)。流體力學試驗報告:第三章 銳緣堰流量試驗。逢甲大學優質學生報告，台中市：逢甲大學。
3. 陳姿諭、陳冠勳、陳品涵(民106)。銳緣堰流量試驗。逢甲大學優質學生報告，台中市：逢甲大學。