

逢甲大學學生報告 ePaper

銳緣堰流量試驗

sharp crested weir flow test

作者：陳姿諭、陳冠勳、陳品涵

系級：水利工程與資源保育學系 三甲

學號：D0483801、D0483815、D0483832

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：106 學年度 第 1 學期

中文摘要

水堰在水利工程中，可以量測明渠流控制斷面的流量，而於自來水公司的淨水廠以及汙水處理廠中也常用堰來估計水之處理量。銳緣堰流量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。

本試驗以堰口流量試驗儀進行量測，水自出水口流出，經儀器底下流入，堰口上游部分以一平板分成二部分，堰口左方為靜水箱，平板右方為進水箱。水自出水口流入後，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桶底之孔口相連接，因連通管原理，靜水箱與量水桶保持在同一高度上。量水堰板以螺絲固定於支架板上，堰口下游為一底板略傾斜之集合水箱，自堰口溢流出水後，從箱底下之孔口，經一透明塑膠軟管，自量水孔口流回堰口流量試驗儀而構成一循環。

從試驗數據堰板正反方向流量之比較，得知本次實驗由於儀器較小所以數據沒有較大的差異顯示，若應用在大型儀器或是實際水庫測量則會有顯著差異。依試驗數據藉由回歸分析，求得各堰板實驗的流量係數值，藉以比較實際與理論流量係數之差異，推求梯形堰口的流量係數應位於矩形與三角形堰板的流量係數之間。

關鍵字：銳緣堰、堰口、流量係數

Abstract

In the water conservancy project, water weir can measure control section flow of the open channel flow, water purification plant and sewage treatment plants used weir to estimate the amount of water treatment. The sharp crested weir flow test is a smaller version of the weir in the artificial channel, measuring the height of the weir upstream water will know the theoretical flow

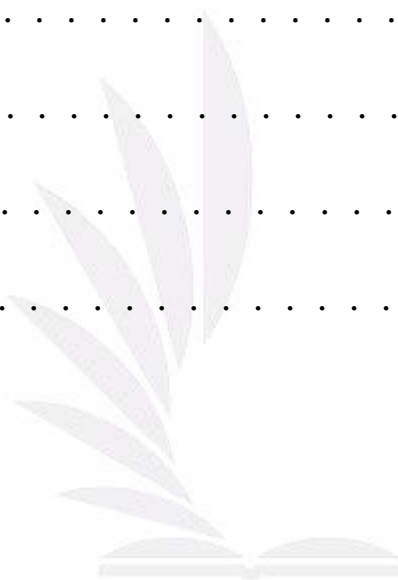
Experimental equipment is weir flow tester, water flows from the water outlet and flows in from below the instrument, upstream to a plate divided into two parts. The left side of weir is stilling chamber, the right side of plate is water inlet chest. Due to the principle of connecting pipe, stilling chamber and gage tank kept at the same height. Weir plate screwed to the bracket plate, downstream weir is a slightly tilt collection tank, after the overflow water from the weir, the use of the bottom of the hole under the box, through a transparent plastic hose, water from the orifice back weir flow tester and constitute a cycle.

Comparison of the positive and negative flow of the weir from the experimental data shows that there is no significant difference in the data for this experiment due to the small size of the instrument, if used in large equipment or actual reservoir measurement will be significantly different. According to the experimental data by regression analysis, determine the flow coefficient of each weir plate experiment, in order to compare the difference between actual and theoretical discharge coefficient, trapezoid weir discharge coefficient should be located the rectangular and triangular weir discharge coefficient.

Keyword : Sharp crested weir , Crest of weir , Discharge coefficient

目 次

中文摘要	1
英文摘要	2
試驗原理	4
試驗儀器簡介	5
試驗流程圖	7
試驗數據結果	8
問題與討論	10
參考文獻	19



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。

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：

$$E_0 = E_1 \quad H + \frac{V_0^2}{2g} = (H - h) + \frac{V_1^2}{2g}$$

理論流速

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

理論流量

$$dQ = V_1(dA)$$

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

$$Q = \int_0^H \sqrt{2g\left(h + \frac{V_0^2}{2g}\right)}(L \times dh) = L\sqrt{2g} \int_0^H \sqrt{h} dh$$

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：

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

將上式改寫成

$$Q = \frac{2L}{3} C_d \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}$$

其中 C_d 為：

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

雷保克(Rehbock)經驗公式:

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

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>

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

$$C_d = \text{fn}(\theta)$$

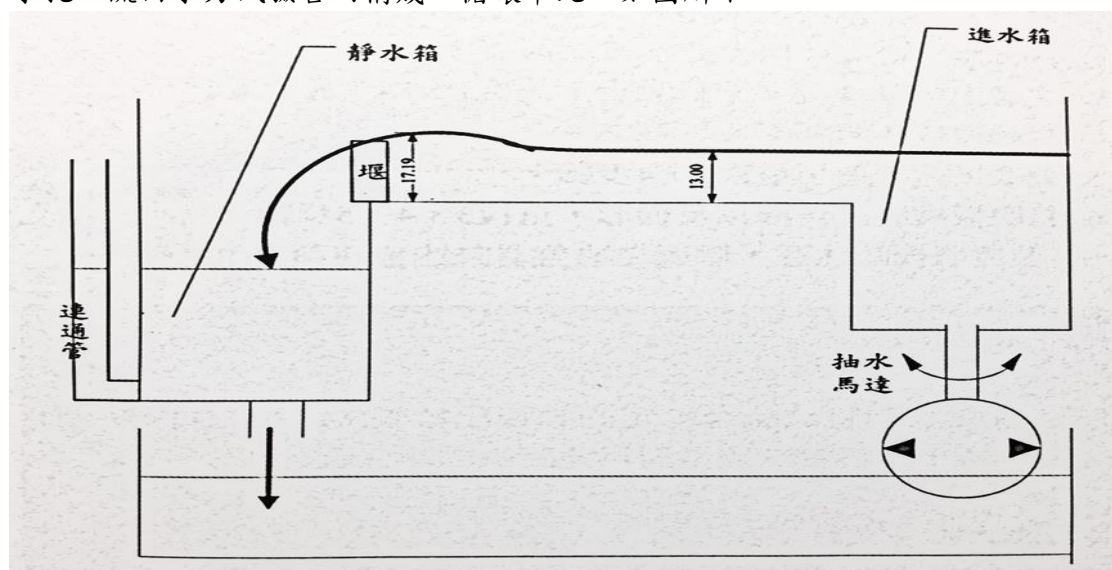
$$\text{For } 2\theta = 90^\circ, C_d = 0.58$$

<梯形堰>

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

二、試驗儀器簡介

配合水力試驗台，水自出水口流出，經儀器底下流入，堰口上游部分以一平板分成二部分，堰口左方為靜水箱，平板右方為進水箱。水自出水口流入後，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桶底之孔口相連接，因為重力影響的連通管原理，靜水箱與量水桶保持在同一高度上。量水桶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。量水桶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，經一透明塑膠軟管，自量水孔口流回水力試驗台而構成一個循環單元。如圖所示

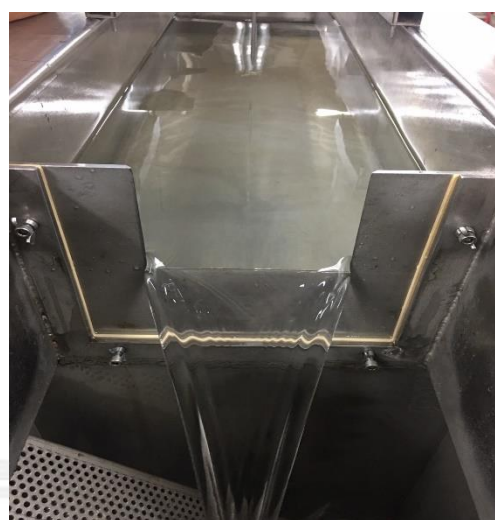


銳緣堰流量試驗



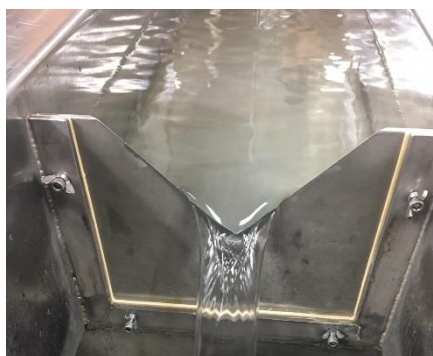
堰口流量實驗儀

梯形堰口



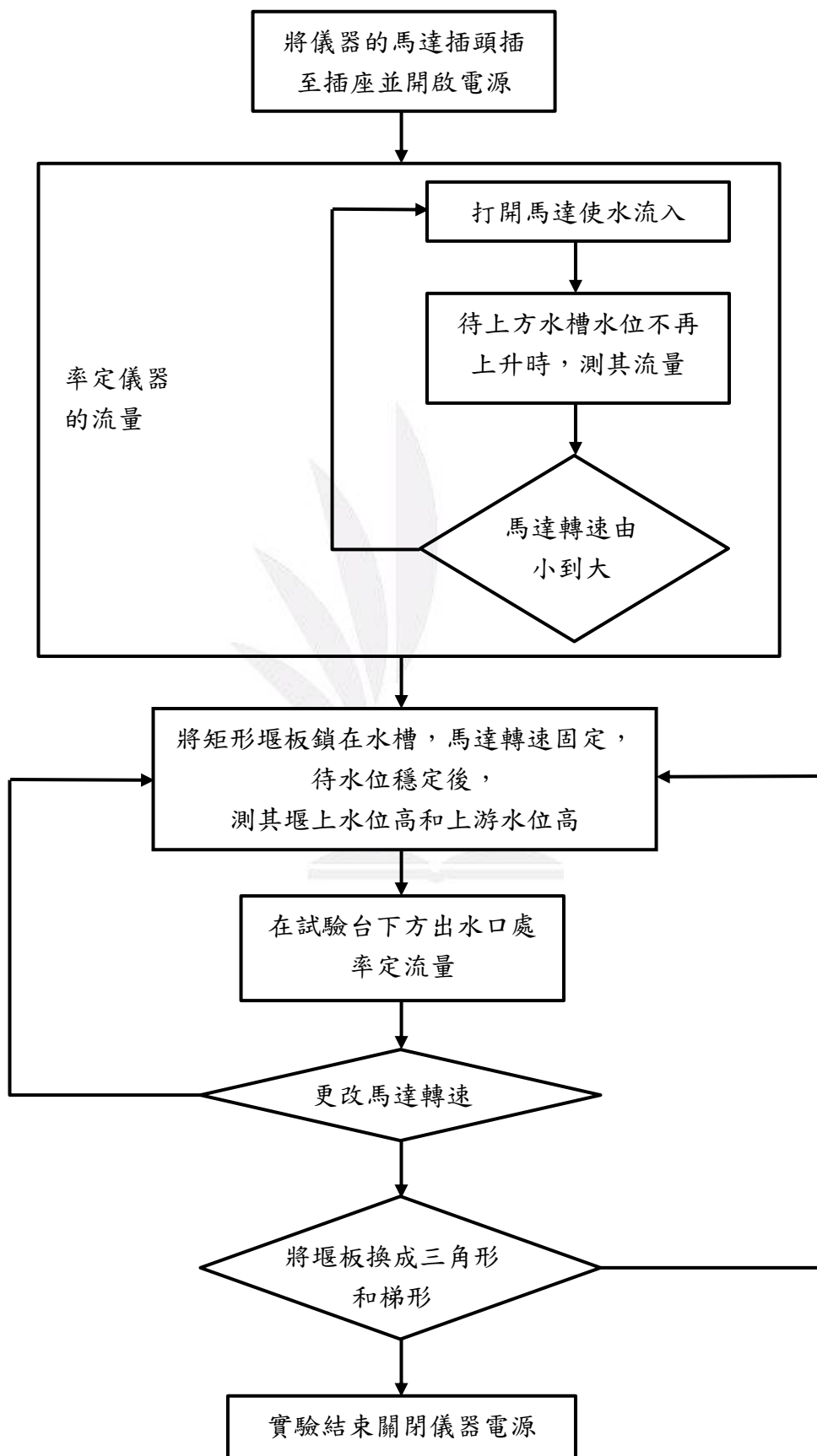
水位量管

矩形堰口



三角形堰口

三、試驗流程圖



四、試驗數據結果

蓄水面積= 1600 cm^2 渠底= 23.42 cm^2

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	26	15.70	20.00	2038.217
2	27	15.48	20.00	2067.183
3	28	14.85	20.00	2154.882

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 $H(\text{cm})$	率定時間 (sec)	蓄水水位差 (cm)	流量 (cm^3/s)	C_d
1	7.36	16.06	3.95	17.42	20.00	1836.969	0.637
2	7.13	16.29	4.18	15.71	20.00	2036.919	0.638
3	6.94	16.48	4.37	15.05	20.00	2126.246	0.639

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 $H(\text{cm})$	率定時間 (sec)	蓄水水位差 (cm)	流量 (cm^3/s)	C_d
1	7.60	15.82	3.71	17.80	20.00	1797.753	0.636
2	7.44	15.98	3.87	16.00	20.00	2000.000	0.637
3	7.30	16.12	4.01	15.35	20.00	2084.691	0.637

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 $H(\text{cm})$	率定時間 (sec)	蓄水水位差 (cm)	流量 (cm^3/s)	C_d
1	4.11	19.31	7.32	18.00	20.00	1777.778	0.58
2	3.92	19.50	7.51	16.28	20.00	1965.602	
3	3.74	19.68	7.69	15.56	20.00	2056.555	

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	4.37	19.05	7.06	20.25	20.00	1580.247	0.58
2	4.18	19.24	7.25	18.51	20.00	1728.795	
3	4.04	19.38	7.39	17.29	20.00	1850.781	

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	6.16	17.26	5.27	16.67	20.00	1919.616
2	5.93	17.49	5.50	15.43	20.00	2073.882
3	5.75	17.67	5.68	14.95	20.00	2140.468

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	6.49	16.93	4.94	20.98	20.00	1525.262
2	6.25	17.17	5.18	18.34	20.00	1744.820
3	6.03	17.39	5.40	16.32	20.00	1960.784

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. $g = 9.81m/s = 981cm/s$
3. 堰口高差 = 上游水位高 - 堰板高

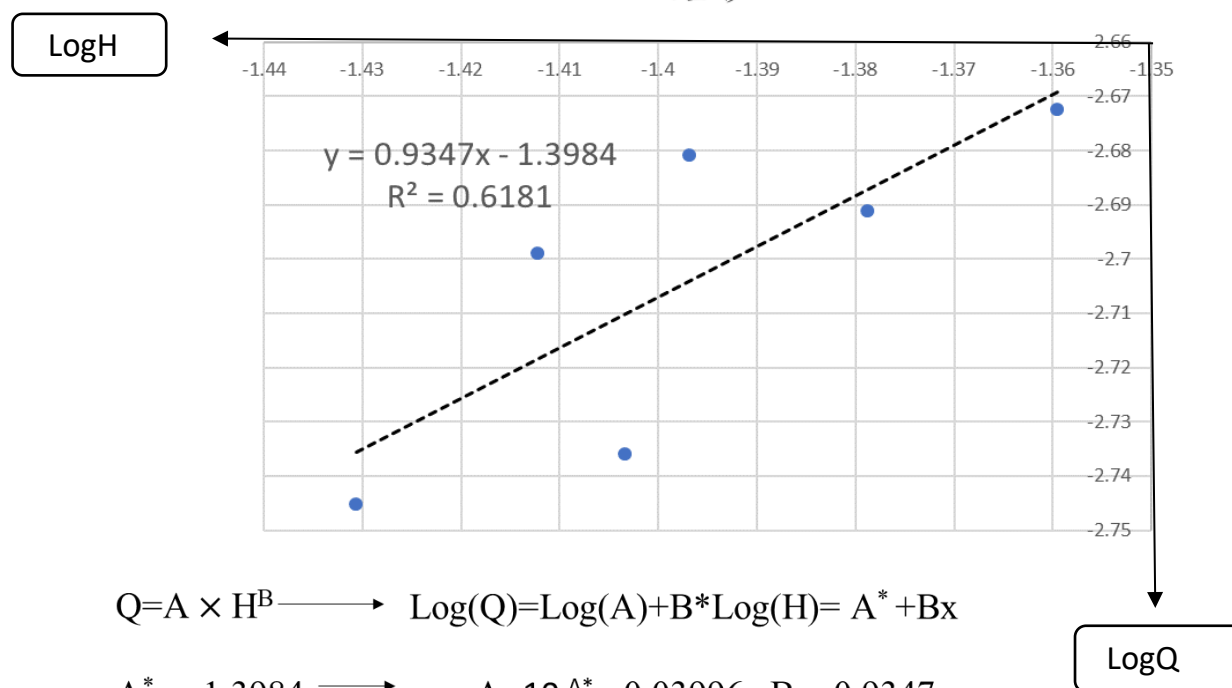
五、問題與討論

1. 繪製不同形狀堰口之實測 LogH 及 LogQ 關係圖，並且利用最小平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。

矩形堰版

H(m)	Q(m)	logH	logQ
0.0732	0.001778	-1.13549	-2.75007
0.0751	0.001966	-1.12436	-2.70642
0.0769	0.002057	-1.11407	-2.68677
0.0706	0.00158	-1.1512	-2.80134
0.0725	0.001729	-1.13966	-2.76221
0.0739	0.001851	-1.13136	-2.73259

矩形



$$Q = A \times H^B \longrightarrow \text{Log}(Q) = \text{Log}(A) + B \times \text{Log}(H) = A^* + Bx$$

$$A^* = -1.3984 \longrightarrow A = 10^{A^*} = 0.03996 \quad B = 0.9347$$

$$Q = \frac{2L}{3} C_d \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \longleftrightarrow Q = A^* H^B$$

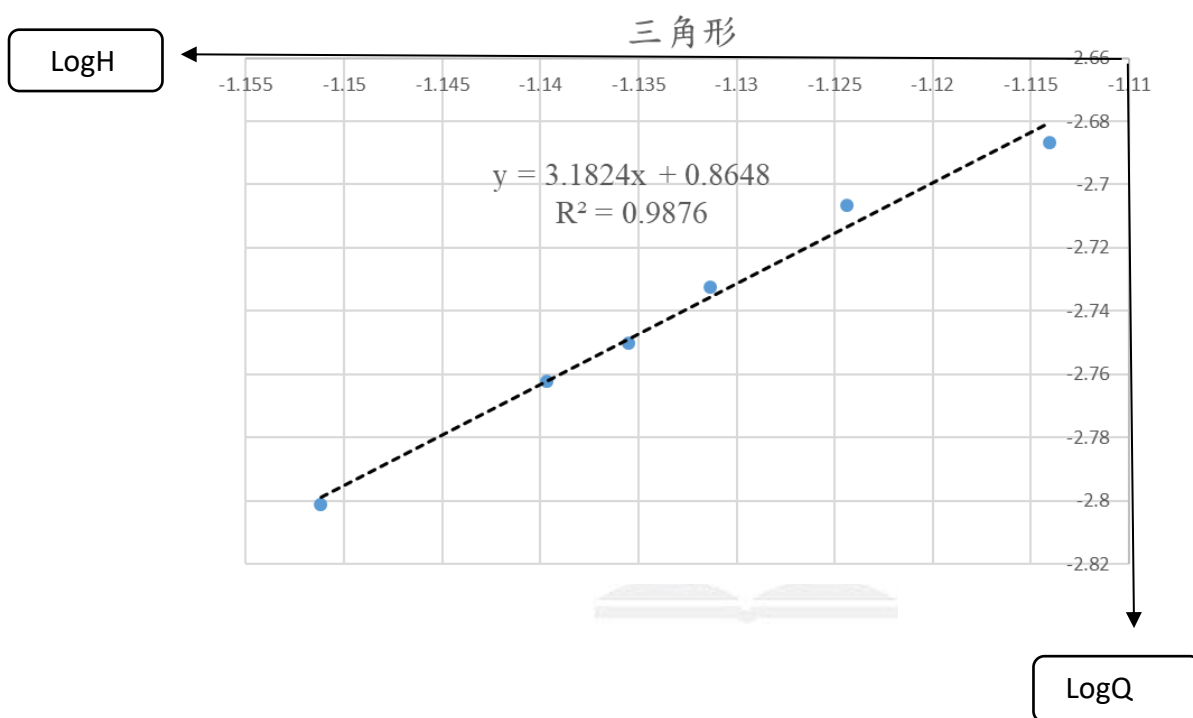
$$C_d = \frac{A \times H^B}{\frac{2L}{3} \sqrt{2g} H^{1.5}} = 0.595$$

雷保克經驗公式，求出 C_d 理論值

$$C_d = 0.611 + 0.08 \frac{H}{P} = 0.637$$

三角形堰版

H(m)	Q(m)	logH	logQ
0.0732	0.001778	-1.13549	-2.75007
0.0751	0.001966	-1.12436	-2.70642
0.0769	0.002057	-1.11407	-2.68677
0.0706	0.00158	-1.1512	-2.80134
0.0725	0.001729	-1.13966	-2.76221
0.0739	0.001851	-1.13136	-2.73259



$$Q = A \times H^B \longrightarrow \text{Log}(Q) = \text{Log}(A) + B \times \text{Log}(H) = A^* + Bx$$

$$A^* = 0.8648 \longrightarrow A = 10^{A^*} = 7.3249 \quad B = 3.1824$$

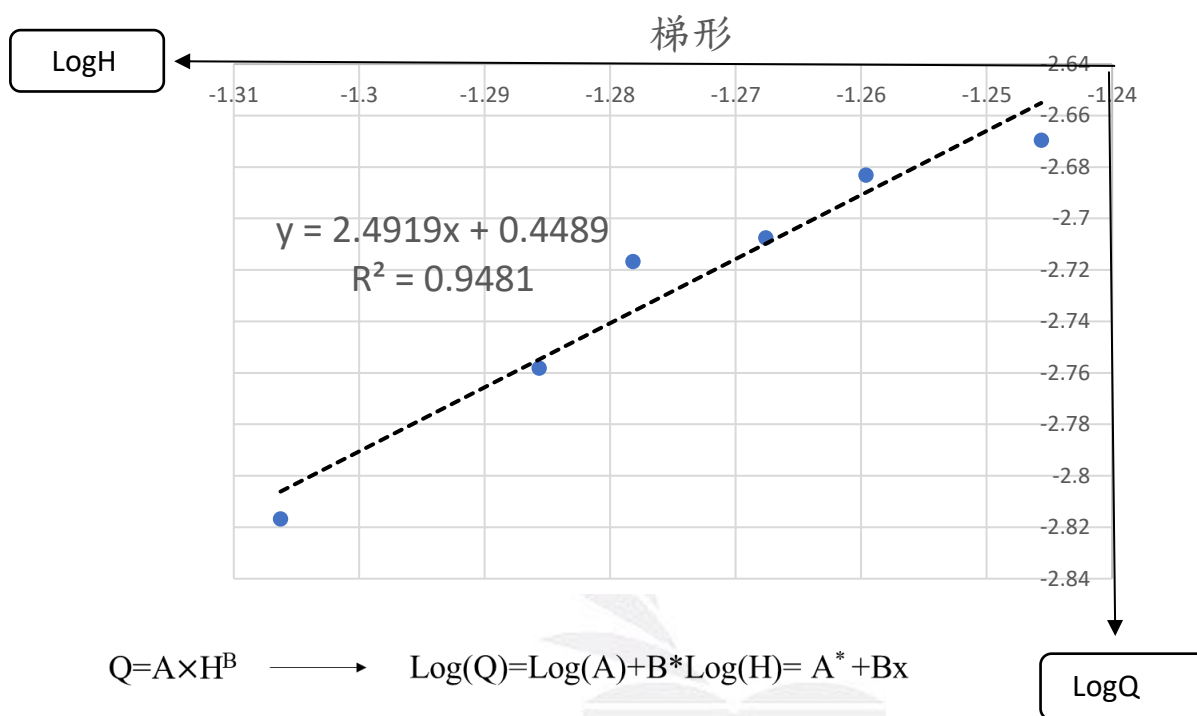
$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g \tan \theta} H^{\frac{5}{2}} \longleftrightarrow Q = A \times H^B$$

$$C_d = \frac{A \times H^B}{\frac{8}{15} \sqrt{2g \tan \theta} H^{\frac{5}{2}}} = 0.523$$

三角形 C_d 理論值 = 0.58

梯形堰版

H(m)	Q(m)	logH	logQ
0.0527	0.00192	-1.27819	-2.7167
0.055	0.002074	-1.25964	-2.68319
0.0568	0.00214	-1.24565	-2.66959
0.0494	0.001525	-1.30627	-2.81673
0.0518	0.001745	-1.28567	-2.7582
0.054	0.001961	-1.26761	-2.70752



$$Q = A \times H^B \longrightarrow \text{Log}(Q) = \text{Log}(A) + B \times \text{Log}(H) = A^* + Bx$$

$$A^* = 0.4489 \longrightarrow A = 10^{A^*} = 2.81125 \quad B = 2.4919$$

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

$$C_d = \frac{A \times H^B}{\frac{2}{3} \sqrt{2g} H^{1.5} \left(L_t + \frac{4}{5} H_1 \tan \theta \right)} = 0.55$$

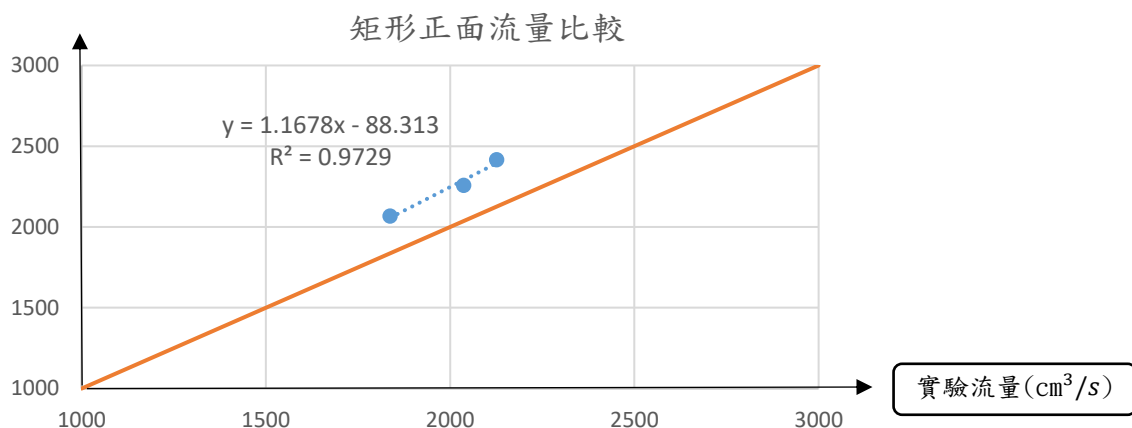
梯形Cd 位於矩形Cd與三角形Cd之間

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)

矩形正面堰口

試驗次數	堰口高差H(cm)	C _d	實驗流量 (cm ³ /s)	理論流量 (cm ³ /s)	誤差(%)
1	3.95	0.637	1837	2067	11.1%
2	4.18	0.638	2037	2258	9.79%
3	4.37	0.639	2126	2417	12.0%

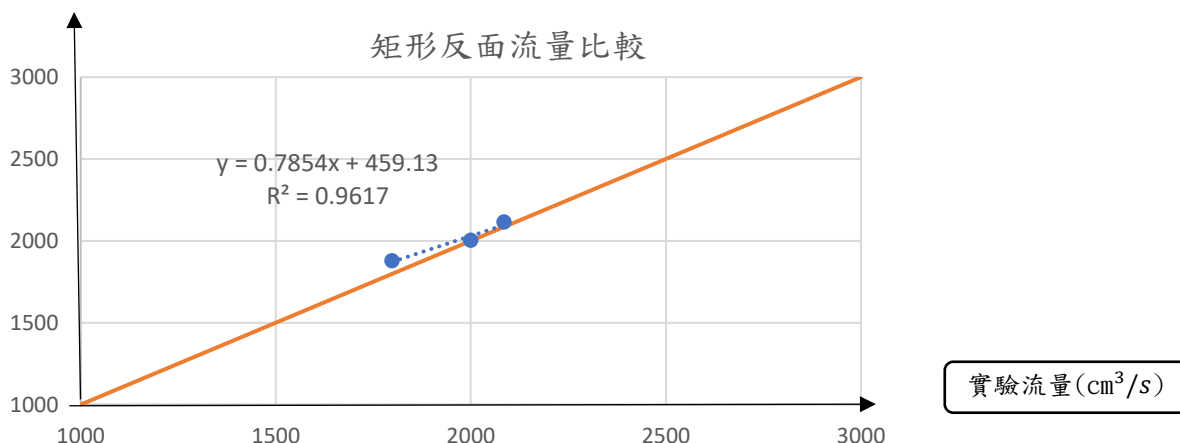
理論流量(cm³/s)



矩形反面堰口

試驗次數	堰口高差H(cm)	C _d	實驗流量 (cm ³ /s)	理論流量 (cm ³ /s)	誤差(%)
1	3.71	0.636	1798	1879	4.31%
2	3.87	0.637	2000	2004	0.20%
3	4.01	0.637	2085	2115	1.42%

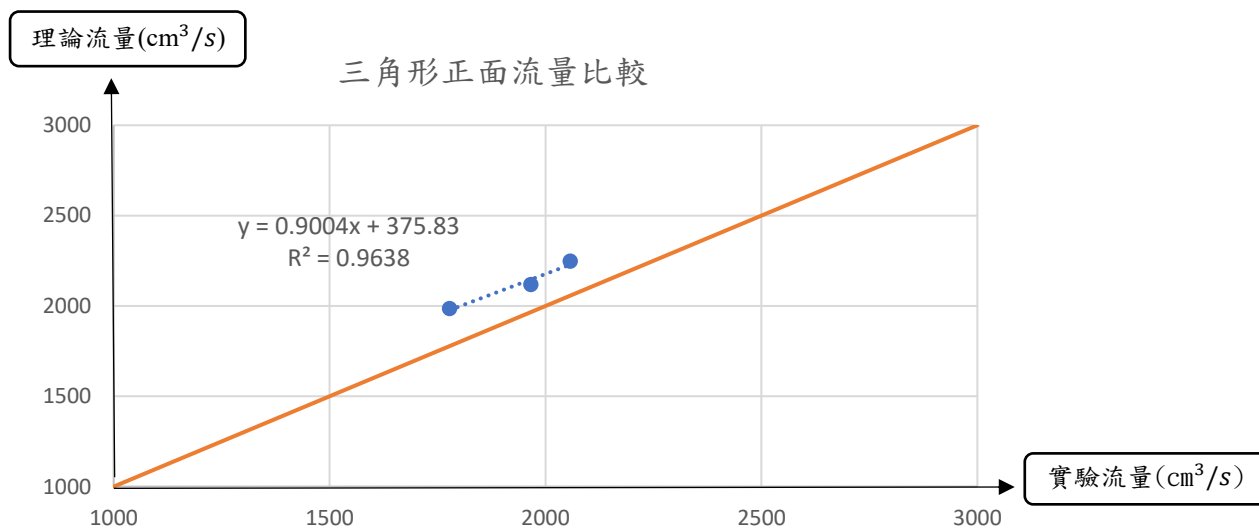
理論流量(cm³/s)



三角形堰板理論與實際流量比較

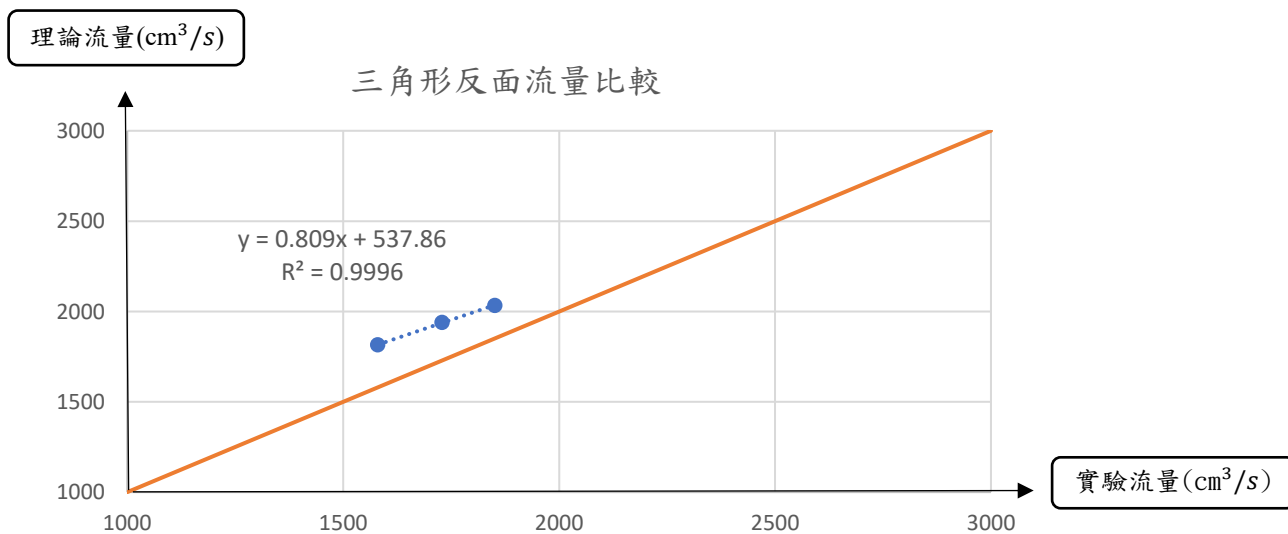
三角形堰版正面

實驗流量(cm^3/s)	理論流量(cm^3/s)	誤差%
1778	1986	10.5%
1966	2118	7.18%
2057	2247	8.46%



三角形堰版反面

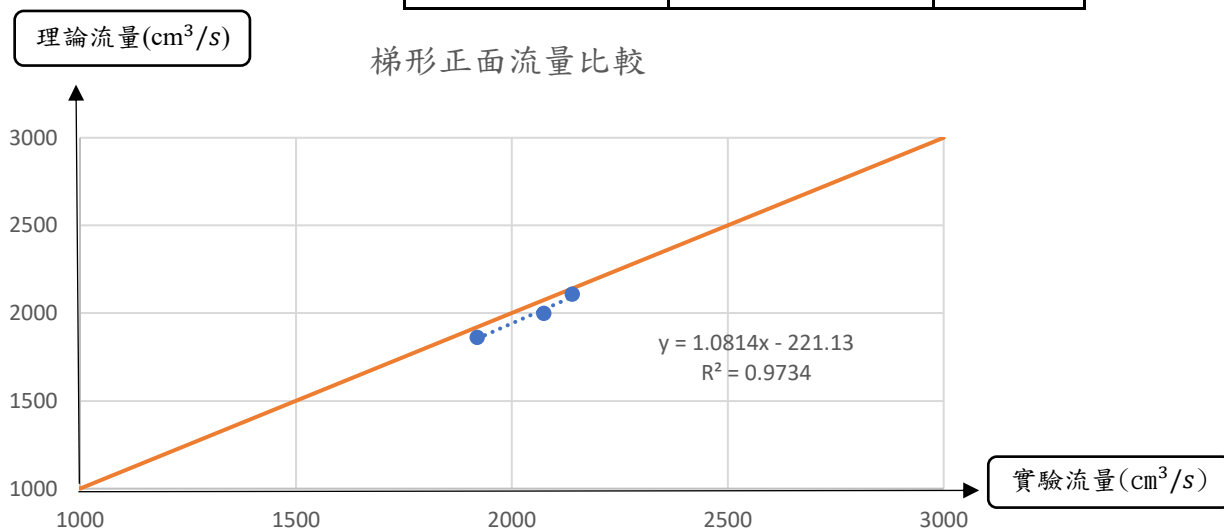
實驗流量(cm^3/s)	理論流量(cm^3/s)	誤差%
1580	1815	12.9%
1729	1939	10.8%
1851	2034	8.99%



梯形堰板理論與實際流量比較

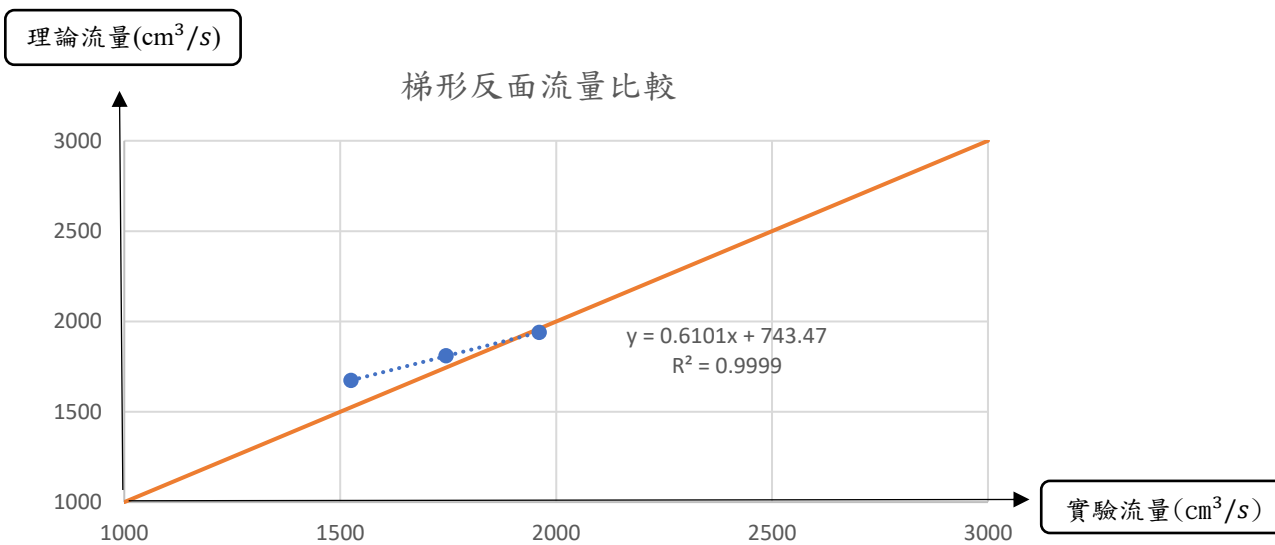
梯形堰版正面

實驗流量(cm^3/s)	理論流量(cm^3/s)	誤差%
1920	1862	3.11%
2074	1999	3.75%
2140	2109	1.47%

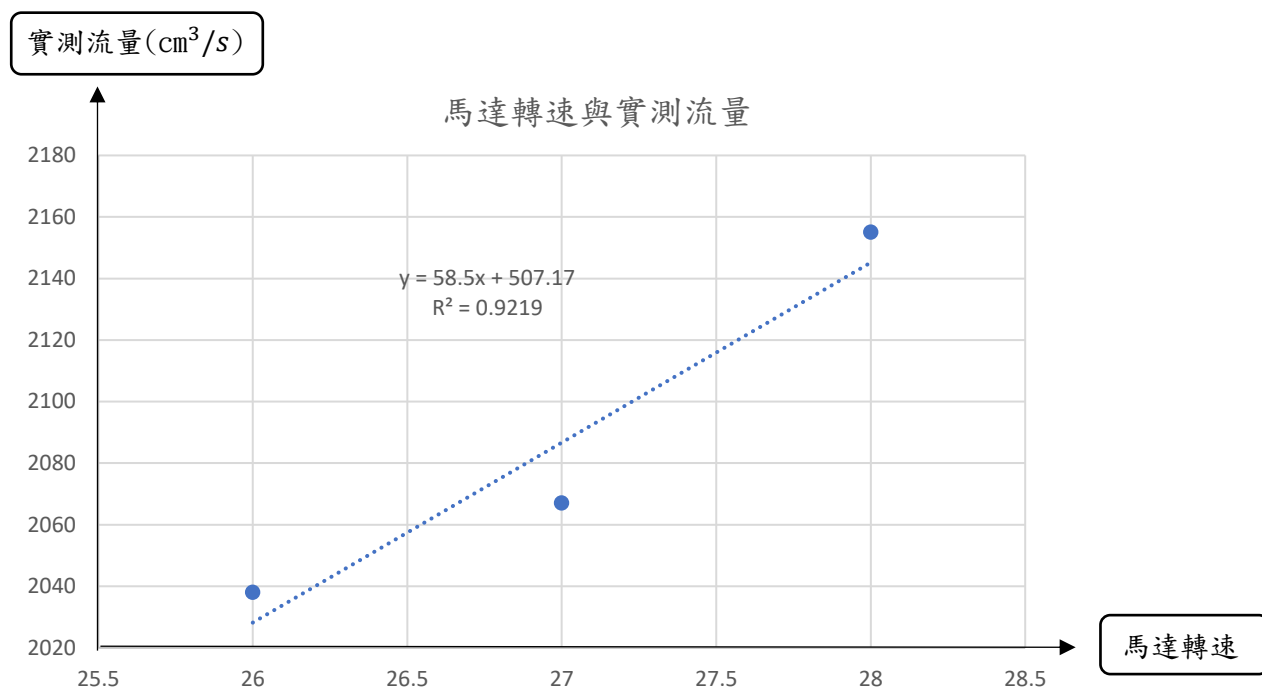


梯形堰版反面

實驗流量(cm^3/s)	理論流量(cm^3/s)	誤差%
1525	1673	8.85%
1745	1810	3.59%
1961	1939	1.13%



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？



有誤差

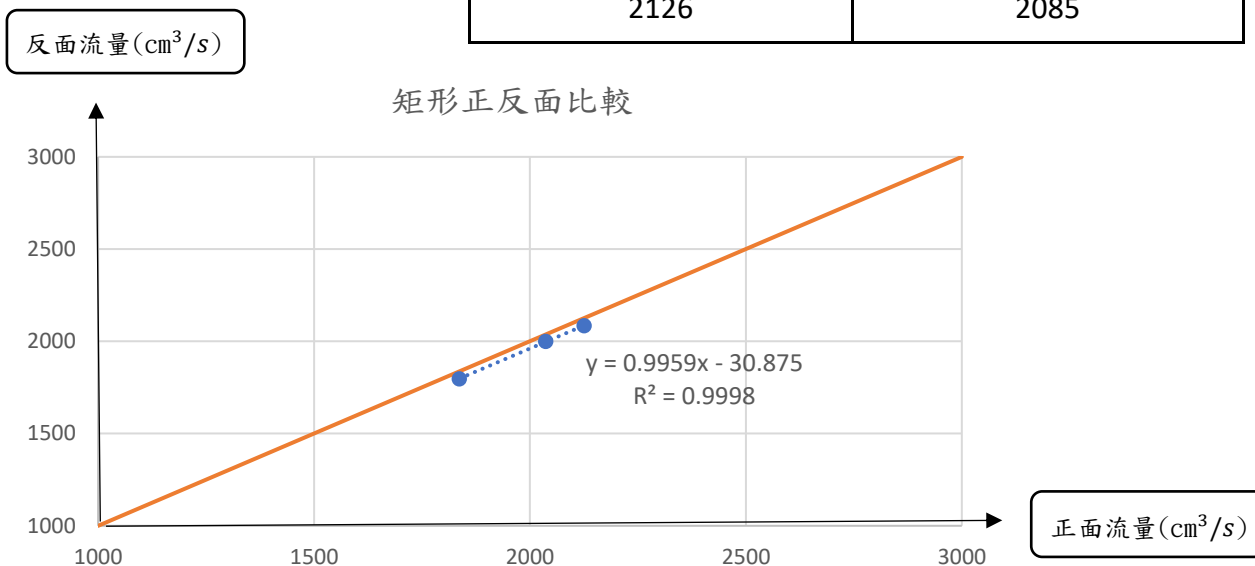
馬達運轉存在著損失(熱能)

馬達轉速不穩定也會有誤差

4、堰板若以反方向固定，流量是否有顯著的差異？

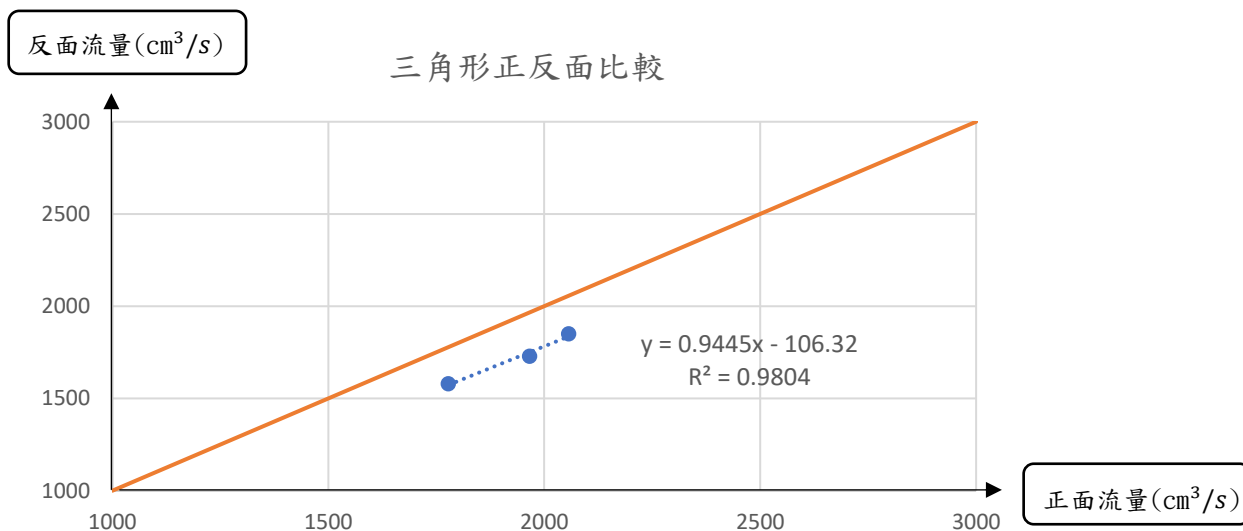
矩形正反面流量比較

矩形正面流量(cm^3/s)	矩形反面流量(cm^3/s)
1837	1798
2037	2000
2126	2085



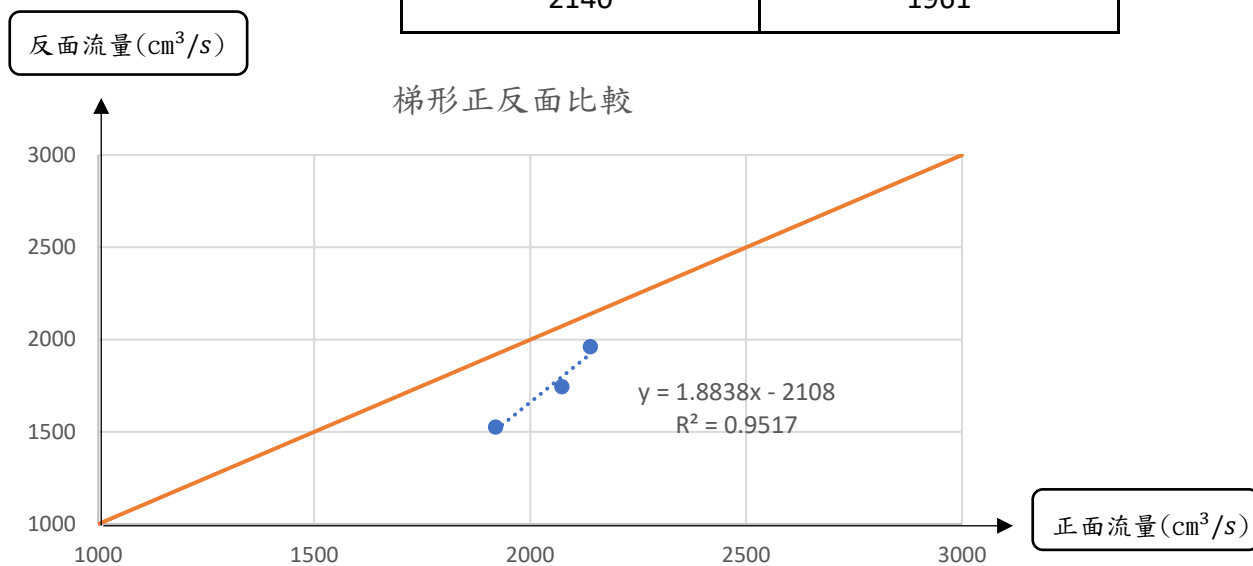
三角形正反面流量比較

三角形正面流量(cm^3/s)	三角形反面流量(cm^3/s)
1778	1580
1966	1729
2057	1851



梯形正反面流量比較

梯形正面流量(cm^3/s)	梯形反面流量(cm^3/s)
1920	1525
2074	1745
2140	1961



結論：

- 1、本次實驗由於儀器較小所以數據沒有較大的差異顯示
- 2、若應用在大型儀器或是實際水庫測量則會有顯著差異

六、參考文獻

許少華(2008)，流體力學試驗手冊。

