

逢甲大學學生報告 ePaper

流體力學試驗報告

渦流試驗-vortex test

作者：邱淳銜、秦淑娟、陳偉庭

系級：水利三甲

學號：D0436931、D0437074、D0437027

開課老師：許少華

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

使用儀器製造出自由渦流與強制渦流的流況。藉由觀察自由渦流與強制渦流的流況與流場，瞭解自由渦流與強制渦流的特性與觀念，比較自由渦流與強制渦流的差異，發現差別在於有無旋轉，進而瞭解旋流與非旋流的特性。

自由渦流與強制渦流使用的儀器為同一台。但自由渦流無外力作用但有出水，而強制渦流有外力作用但無出水，因此兩者的差異在於儀器的滾筒有無旋轉與出水閥開關與否。

自由渦流與強制渦流原理相近，最大差異在於有無旋轉。強制渦流的水桶外殼提供了一個額外的力，因此阻止了剛性旋流成為無旋流，此種旋轉渦流常稱為強制渦流，非旋流常稱為自由渦流。

關鍵字： free vortex、force vortex、自由渦流、非旋流、旋流、強制渦流



Abstract

The use of instruments to create a free vortex and forced vortex flow conditions. By observing the flow and flow field of free vortex and forced vortex, we can understand the characteristics and concepts of free vortex and forced vortex. Comparing the difference between free vortex and forced vortex, it is found that the difference lies in whether there is rotation or not, and then the relationship between swirling and non-swirling characteristic.

Free vortex and forced vortex use of the same instrument. But the free vortex has no external force but water, but the forced vortex has an external force but no water, so the difference between the two instruments is whether the rotation of the drum and the outlet valve switch or not.

The principle of free vortex and forced vortex is similar, the biggest difference is whether the rotation. forced vortex bucket housings provide an additional force and therefore prevent rigid swirling from becoming swirling, often referred to as forced vortex, often referred to as free vortex.

Keyword : Non-swirling、swirling、forced vortex、free vortex

目 次

一、	中文摘要	P. 1
二、	英文摘要	P. 2
三、	實驗原理	P. 4
四、	實驗步驟	P. 6
五、	實驗儀器	P. 8
六、	實驗數據	P. 9
七、	問題與討論	P. 13
八、	心得感想	P. 16
九、	參考文獻	P. 17



實驗原理

1. 強制渦流

在定量流、非可壓縮流場下，假設徑向、鉛錘向方向之速度為 0，且軸對稱，流速僅有 θ 的分量且只是徑向的函數，繞著 z 軸旋轉，其 Navier-Stokes 方程式之圓柱座標可表示為：

$$0 = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rV) \right]$$

積分得

$$V = \frac{C_1 r}{2} + \frac{C_2}{r}$$

因為在 $r=0$ ； V 為有限值；因此 $C_2=0$ ，帶入邊界條件 $r=R$ ； $V=R\omega$ ； $C_1=2\omega$ ，Navier-Stokes 方程式之 r 以及 z 分量為

$$V = \frac{C_1 r}{2} + \frac{C_2}{r}$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{P}{h} = -\rho g$$

$$dP = \frac{\partial P}{\partial r} dr + \frac{\partial P}{\partial h} dh = \rho \omega^2 r dr - \rho g dh$$

積分得

$$P = \rho \frac{\omega^2 r^2}{2} - \rho gh + c_3$$

帶入邊界條件 $r=0$ $h=h_0$ $p=p_0$

$$p - p_0 = -\rho g(h - h_0) + \frac{\rho \omega^2 r^2}{2}$$

水面之 $p = p_0$ 帶入可得強制渦流水面線方程式

$$h(r) = h_0 + \frac{\omega^2 r^2}{2g} = h_0 + \frac{V^2}{2g}$$

2. 自由渦流

在定量流、非可壓縮流場下，假設徑向、鉛錘向方向之速度為 0，且軸對稱，流速僅有 θ 的分量且只是徑向的函數，繞著 z 軸旋轉，其 Navier-Stokes 方程式之

圓柱座標可表示為：

$$0 = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rV) \right]$$

積分得

$$V = \frac{C_3}{2} + \frac{k}{r}$$

因為無線大，帶入邊界條件

$$rV = k$$

Navier - Stokes 方程式之 r 以及 z 分量為

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \rho \frac{V^2}{r} = \rho \frac{k^2}{r^3}$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial p}{\partial h} = -\rho g$$

$$dP = \frac{\partial P}{\partial r} dr + \frac{\partial P}{\partial h} dh = \rho \frac{k^2}{r^3} dr - \rho g dh$$

積分得

$$P = -\rho \frac{k^2}{2r^2} - \rho gh + c$$

帶入邊界條件 $r = R (R \gg 0), h_0 \rightarrow h_1$

$$P = -\rho \frac{k^2}{2R^2} - \rho gh_1 + c$$

$$c = P_0 + \rho \frac{k^2}{2R^2} + \rho gh_1$$

$$p - p_0 = \rho g(h - h_1) - \rho \frac{k^2}{2} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right)$$

$$\text{令 } P = P_0 + \rho \frac{k^2}{2r^2} = p_0 \text{ 帶入}$$

$$p - p_0^* = \rho g(h - h_1) - \rho \frac{k^2}{2r^2}$$

則自由渦流水面線方程式

$$h(r) = h_1 - \frac{k^2}{2gr^2}$$

實驗步驟

1. 強制渦流

確認儀器是否水平，並打開電源，開起迴轉速設定器，當產生渦流後，用碼錶測轉速 50 圈的時間。



將游標尺調整至中央，沒入水中的彎管口截面要與流線垂直，並觀察水位高度。



游標向右移動，量測 10、20、30、40、50mm 等等及邊緣處之水面高度，計算高度差。

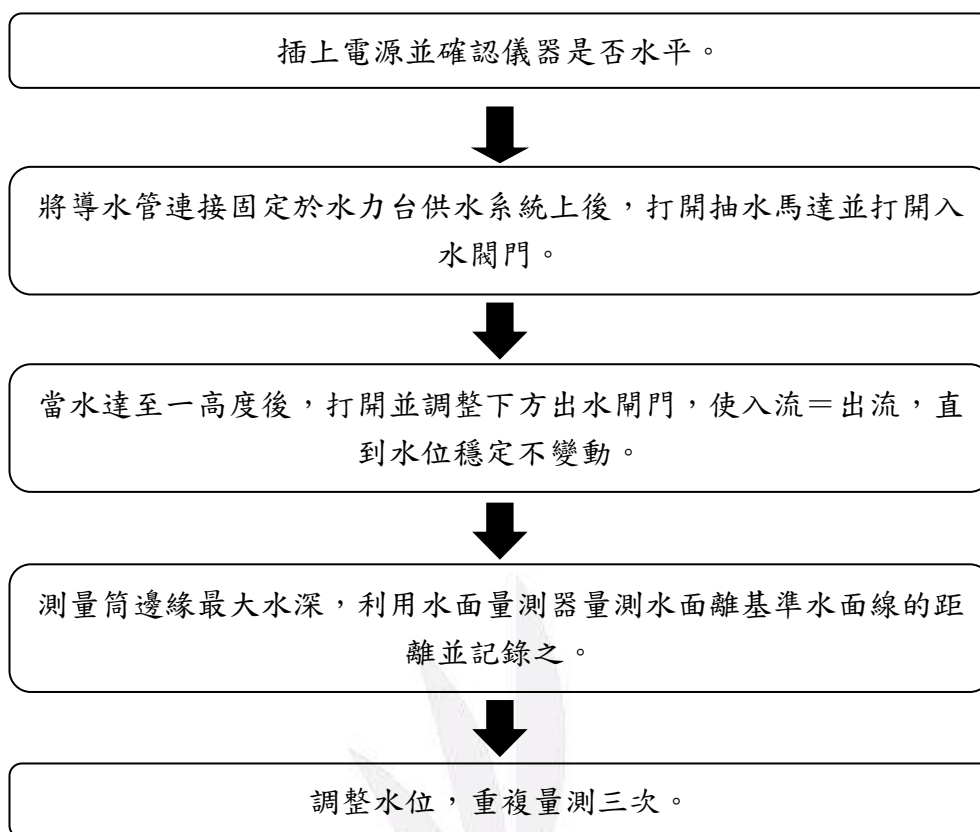


進行水面線測量，並量測渦流最低點與圓筒底面之高度差。




更改轉速，重複上述步驟，直至完成三次試驗。

2. 自由渦流



實驗儀器

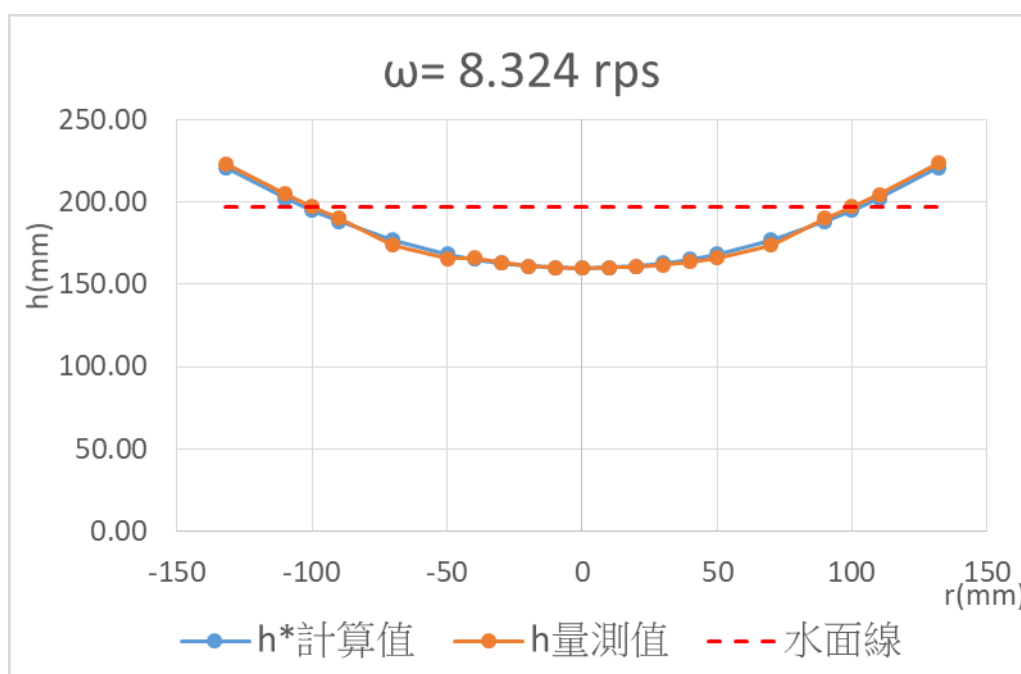
<p>1. 渦流實驗儀</p>	
<p>2. 轉速器</p>	
<p>3. 平衡器</p>	

實驗數據

1. 強制渦流(水面線=196.8mm)

- ◆ 轉速=8.324 rps

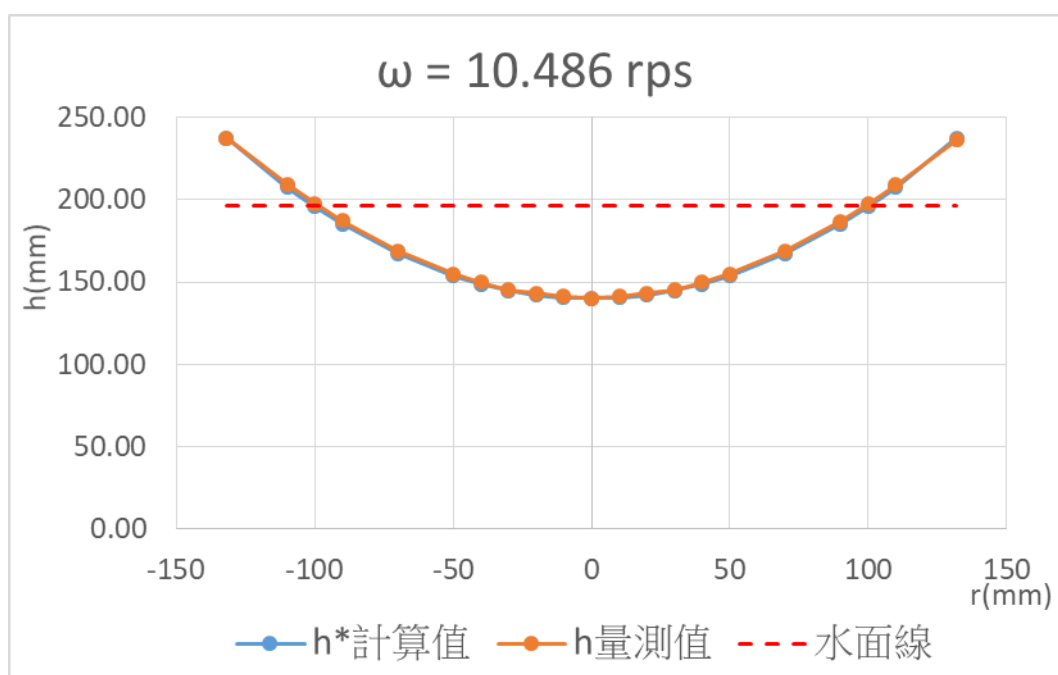
轉速	8.324 rps										
時間(s)	37.74										
圈數	50										
桶深(mm)	289.7										
半徑r(mm)	0	10	20	30	40	50	70	90	100	110	132
游標尺水面讀數(mm)	129.9	129.5	128.9	127.8	126.0	123.6	115.8	99.2	92.5	84.9	65.9
h*計算值(mm)	159.80	160.15	161.21	162.98	165.45	168.63	177.11	188.41	195.12	202.53	221.34
h量測值(mm)	159.80	160.20	160.80	161.90	163.70	166.10	173.90	190.50	197.20	204.80	223.80
h*-h(mm)	0.00	-0.05	0.41	1.08	1.75	2.53	3.21	-2.09	-2.08	-2.27	-2.46
速頭(mm)	0.00	0.35	1.41	3.18	5.65	8.83	17.31	28.61	35.32	42.73	61.54
總能量(mm)	159.80	160.55	162.21	165.08	169.35	174.93	191.21	219.11	232.52	247.53	285.34



渦流試驗

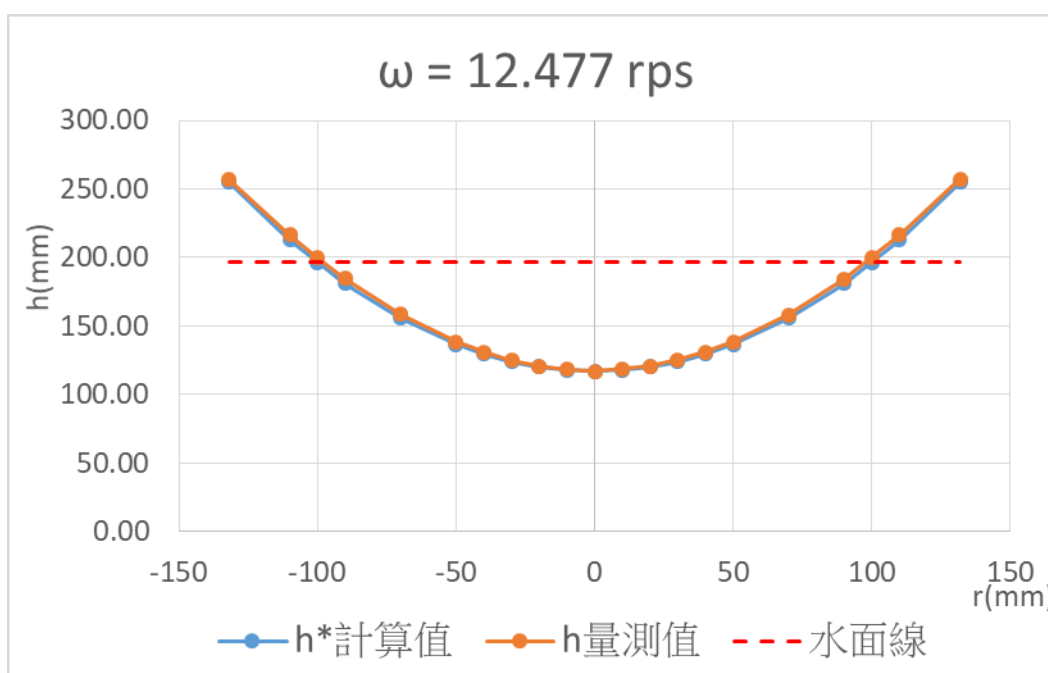
◆ 轉速=10.486 rps

轉速	10.486 rps										
時間(s)	29.96										
圈數	50										
桶深(mm)	289.7										
半徑r(mm)	0	10	20	30	40	50	70	90	100	110	132
游標尺水面讀數(mm)	149.8	148.3	146.6	144.6	139.7	134.6	120.8	102.7	92.1	80.5	53.1
h*計算值(mm)	139.90	140.46	142.14	144.94	148.87	153.91	167.36	185.29	195.94	207.71	237.55
h量測值(mm)	139.90	141.40	143.10	145.10	150.00	155.10	168.90	187.00	197.60	209.20	236.60
h*-h(mm)	0.00	-0.94	-0.96	-0.16	-1.13	-1.19	-1.54	-1.71	-1.66	-1.49	0.95
速頭(mm)	0.00	0.56	2.24	5.04	8.97	14.01	27.46	45.39	56.04	67.81	97.65
總能量(mm)	139.90	141.96	145.34	150.14	158.97	169.11	196.36	232.39	253.64	277.01	334.25

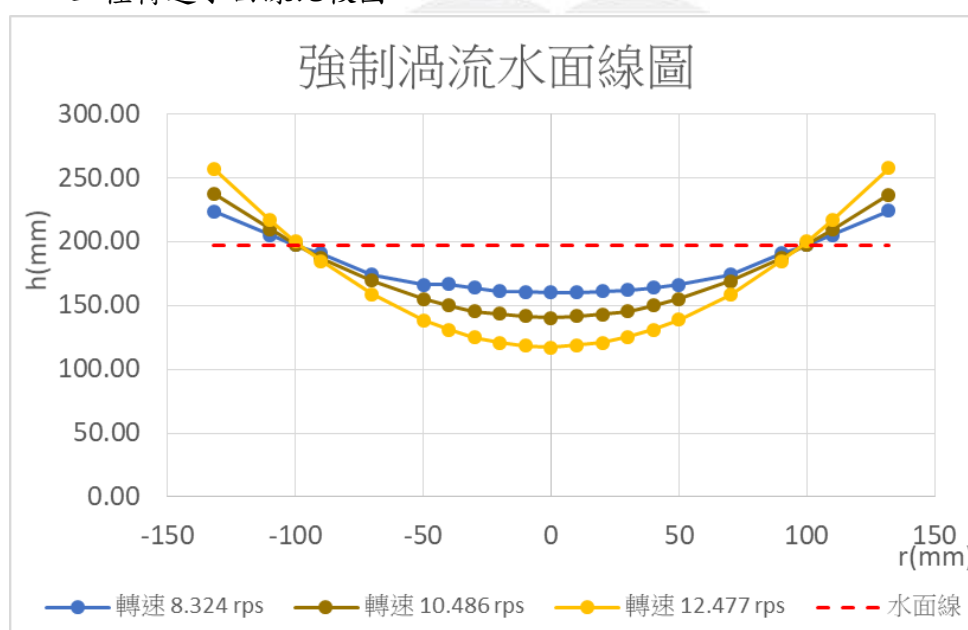


◆ 轉速=12.477 rps

轉速	12.477 rps										
時間(s)	25.18										
圈數	50										
桶深(mm)	289.7										
半徑r(mm)	0	10	20	30	40	50	70	90	100	110	132
游標尺水面讀數(mm)	172.8	171.1	169.2	164.5	159.0	151.2	131.5	105.3	89.7	73.4	32.6
h*計算值(mm)	116.90	117.69	120.07	124.04	129.59	136.73	155.78	181.16	196.24	212.90	255.14
h量測值(mm)	116.90	118.60	120.50	125.20	130.70	138.50	158.20	184.40	200.00	216.30	257.10
h*-h(mm)	0.00	-0.91	-0.43	-1.16	-1.11	-1.77	-2.42	-3.24	-3.76	-3.40	-1.96
速頭(mm)	0.00	0.79	3.17	7.14	12.69	19.83	38.88	64.26	79.34	96.00	138.24
總能量(mm)	116.90	119.39	123.67	132.34	143.39	158.33	197.08	248.66	279.34	312.30	395.34

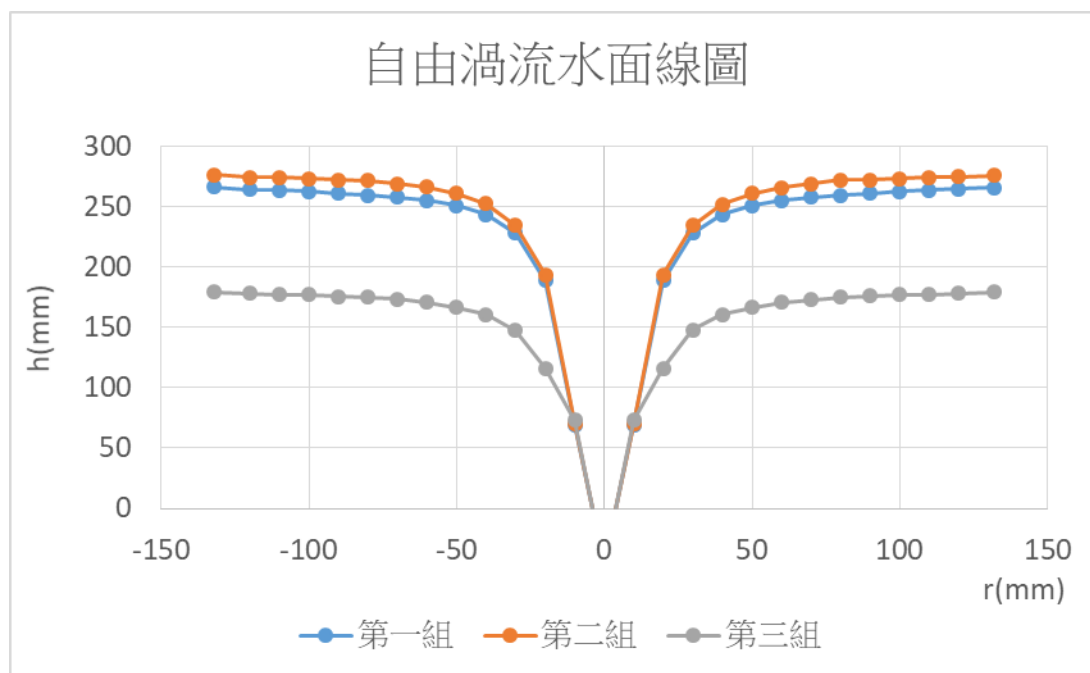


◆ 三種轉速水面線比較圖



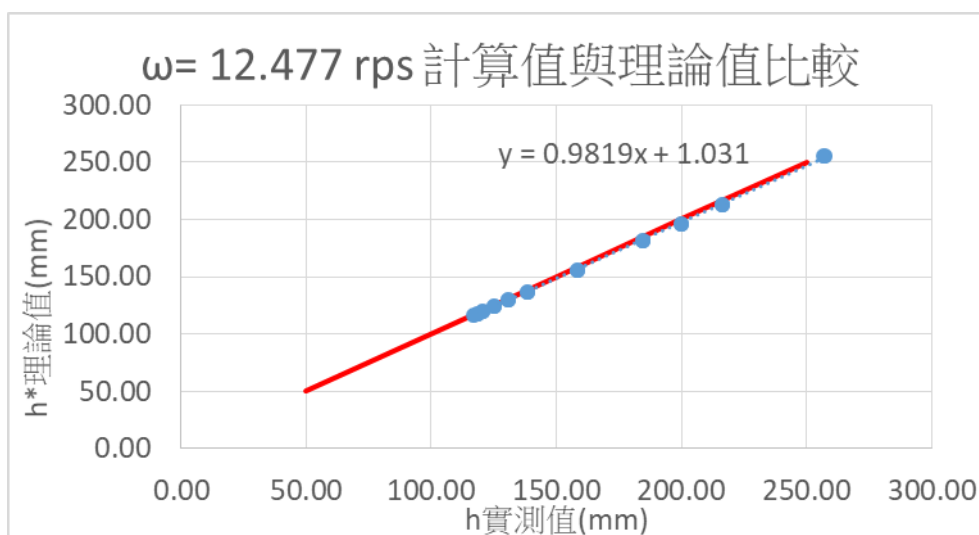
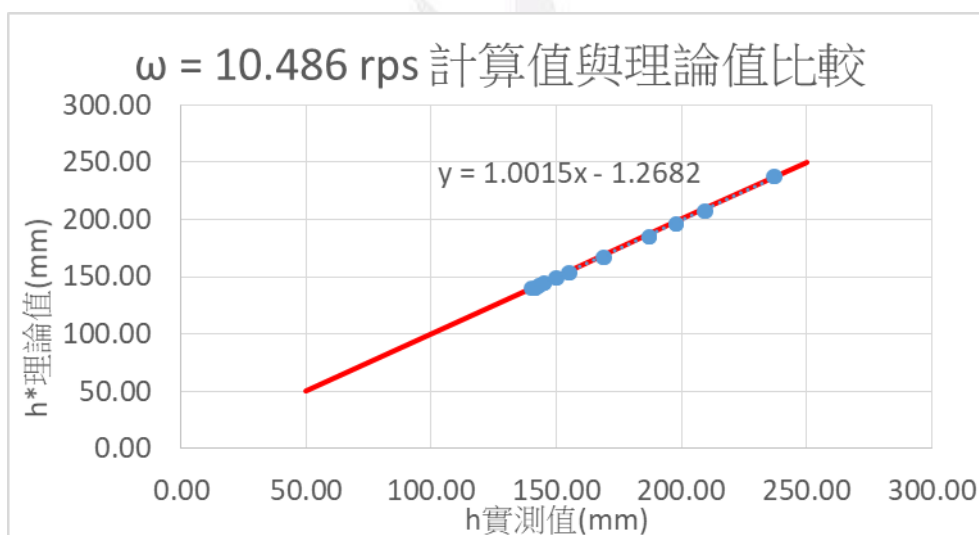
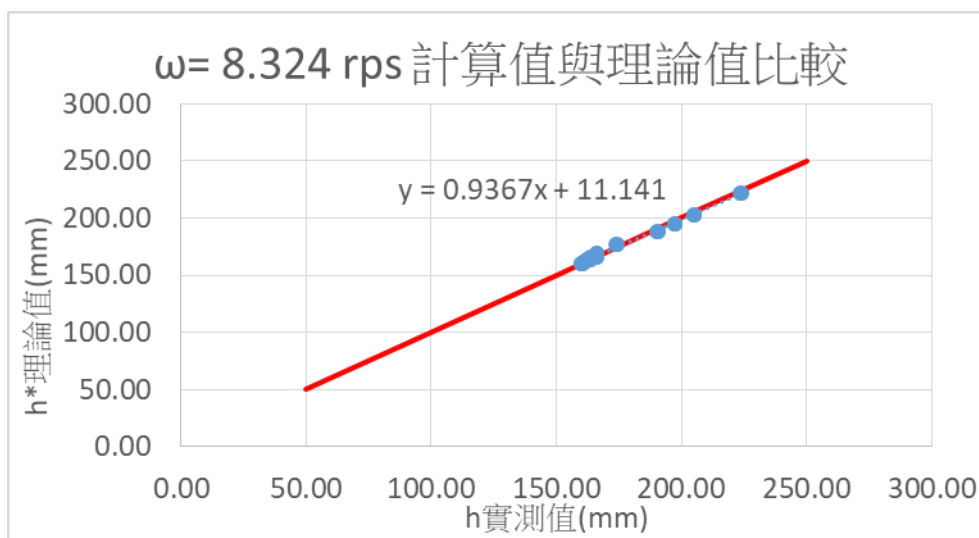
2. 自由渦流

	半徑r(mm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	132
第一組	游標尺水面讀數(mm)	220.3	100.4	61.3	46.2	38.3	34.3	31.8	30.1	28.7	26.6	25.8	24.9	23.4
	h量測值(mm)	69.2	189.1	228.2	243.3	251.2	255.2	257.7	259.4	260.8	262.9	263.7	264.6	266.1
第二組	游標尺水面讀數(mm)	219.4	95.7	55	37.2	28.6	23.4	20.4	17.5	17.4	16.3	15.1	14.8	13.5
	h量測值(mm)	70.1	193.8	234.5	252.3	260.9	266.1	269.1	272	272.1	273.2	274.4	274.7	276
第三組	游標尺水面讀數(mm)	216.5	173.3	141.8	128.6	122.7	118.6	116.4	114.5	113.5	112.5	112.5	111.1	110.3
	h量測值(mm)	73	116.2	147.7	160.9	166.8	170.9	173.1	175	176	177	177	178.4	179.2

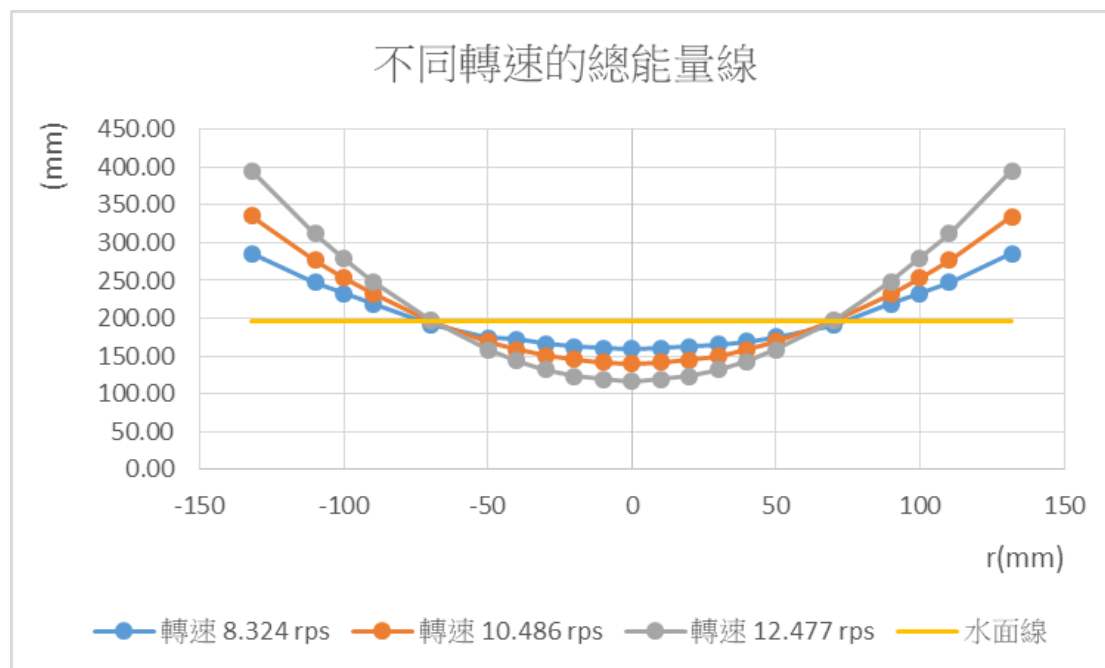


問題與討論

1. 計算值，點繪其結果，並與理論值做比較。



2. 試問強制渦流各位置之總能量是否為定值，是繪其與 r 值之關係，並與水面現做比較。



3. 液體之黏滯性對強制渦流的影響為何？

液體的黏滯性會影響強制渦流的位頭和速頭，因為液體間具有黏滯性，黏滯性越高，摩擦力越高，使轉動難以牽制液體形成渦流，液體彼此會互相吸引，且會對邊壁產生較大的吸附力，所以在有黏滯性的強制渦流時，應該要加入其摩擦力探討之。

4. 探討強制渦流是否具又可旋性？

流體是像一個剛體在旋轉，此時便沒有速度勢函數來描寫這種流動，它是有旋性的，稱為強制渦流。

5. 請舉例自然界中有那些為強制渦流？

當流體受一定之扭力矩而旋轉時，即稱為強制渦流。

- 水通過渦輪轉輪的水流。
- 液體通過離心泵葉輪的通道流動。
- 洗衣機裡的水的旋轉。

6. 試討論自由渦流與強制渦流之異同

強制渦流為旋轉流，其旋度不等於 0，有外力作用，其等壓面為旋轉拋物面的自由液面，且內圈速度小於外圈速度以保持剛體之不變形，常見為攪拌飲料所造成的渦流。

自由渦流為非旋轉流，其旋度等於 0，無外力作用，自由形成，流場內的剛體是成直線運動而不旋轉，其速度分布與半徑成反比，常見於排水口所形成之渦流。

7. 自由渦流是否有等勢能線？

連接各水頭相等之點所成之線稱等勢能線，只要是勢能流，都有等勢能線，因此自由渦流與強制渦流都具有勢能線。

8. 試舉例自然現象中那些為自由渦流？

自由渦流現象主要是受到柯氏力及壓力梯度力的影響，流體因為壓力差的關係，會從高壓區往低壓區流動。例如：水槽的漩渦、浴缸放水。



心得

陳偉庭：

這是這學期最後一個實驗，這實驗不難但是要花很多時間等它穩定，不然會有很多誤差！

邱淳銜：

最後一個實驗了，不難做！但需要細心跟耐心，仔細的量測和耐心的等候。

秦淑娟：

這次實驗如果沒有耐心的話會很難成功，因為要等渦流穩定後才能量測到精準的數據，沒有耐心很容易就失敗。



參考文獻

流體力學試驗手冊。

