

新竹市第三十九屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：地球科學

組 別：國中甲組

作品名稱：致命的翻滾流

關 鍵 詞：翻滾流、水流型態、回流速率

編號：

目錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	1
貳、實驗目的.....	1
參、研究設備及器材.....	2
肆、器材設計與定義.....	3
一、器材製作.....	3
二、實驗物理量定義.....	4
伍、研究過程與方法.....	5
一、【實驗一】探討前坡高於後坡及後坡高於前坡對水流型態的影響.....	5
二、【實驗二】探討後坡高度變化及間兩坡距變化對水流性質的影響.....	5
三、【實驗三】探討不同密度物體在翻滾流中的移動路徑及逃離翻滾流方式.....	5
四、【實驗四】探討前坡高度變化對水流性質的影響.....	6
五、【實驗五】探討前坡淤積高度變化對水流性質的影響.....	6
六、【實驗六】探討前坡垂直落差變化對水流性質的影響.....	6
陸、研究結果.....	7
一、【實驗一】探討前坡高於後坡及後坡高於前坡對水流型態的影響.....	7
二、【實驗二】探討後坡高度變化及兩坡間距變化對水流性質的影響.....	8
三、【實驗三】探討不同密度物體在翻滾流中的移動路徑及逃離翻滾流方式.....	18
四、【實驗四】探討前坡高度變化對水流性質的影響.....	20
五、【實驗五】探討前坡淤積高度變化對水流性質的影響.....	21
六、【實驗六】探討前坡垂直落差變化對水流性質的影響.....	22
柒、討論.....	23
捌、結論.....	25
玖、參考資料.....	27

摘要

我們自行設計了坡道，以及為了配合水波道的變化我們製作的保麗龍切割器，製造不同坡道組合，在實驗中我們發現了水流的形態有四種！並用不同密度的乒乓球從他們的漂流方式發現逃離翻滾流的最佳方法並進一步研究影響翻滾流強度的各種因素……

壹、 研究動機

在新聞報導看到了許多的學生在暑假時去溪邊玩水時發生不幸溺斃事件，經過了查詢發現是一種由液壓跳躍造成的翻滾流使其溺斃的。為了不要讓悲劇再次的發生，我們決定開始進行研究影響翻滾流強度及範圍的條件來找到逃離翻滾流的方法。

貳、 實驗目的

- 一、探討前坡高於後坡及後坡高於前坡對水流型態的影響
- 二、探討後坡高度變化及兩坡間距變化對水流性質的影響
- 三、探討不同密度物體在翻滾流中的移動路徑及逃離翻滾流方式
- 四、探討前坡高度變化對水流性質的影響
- 五、探討前坡淤積高度變化對水流性質的影響
- 六、探討前坡垂直落差高度變化對水流性質的影響

參、研究設備及器材

表 3-1-1 研究器材與設備

自製水道*1



碼錶*1



自製坡道*5



水箱*1



平板電腦(攝影)



不同密度的 1~3 球



抽水馬達*2



1 號滾動式切割器



2 號鋸刀式切割器



肆、器材設計與定義

一、器材製作

(一) 水道製作(L 形水道可獲得較穩定水流)

先用木板鎖成水道的底座，兩側再鎖上透明壓克力板，最後塗上矽利康防水,水道長度共 1.9m。



圖 4-1-1 水道

(二) 自製保麗龍切割器(製造半圓坡道)

1. 把木製支架綁上鎳鉻絲，在接上電源供應器
2. 先用保麗龍切割器 1 號把保麗龍滾動旋轉切成指定直徑的圓柱
3. 再用 2 號鋸刀形切割器切成半圓並裁成 9.2 公分水道寬度



圖 4-1-2 1 號滾動式切割器



圖 4-1-3 2 號鋸刀式切割器

(三) 漂流球製

把直徑 40mm 的乒乓球用針筒灌水

表 4-1-1 三種不同密度的漂流球

編號	1 號球	2 號球	3 號球
針筒灌水	不灌水	半滿	全滿
質量(g)	2.75	14.93	31.47
密度(g/cm ³)	0.08	0.44	0.93
			

二、實驗物理量定義

(一) 測量水速(cm/s)

改變後坡大小與兩坡間隔，將 1 號球投入水中，1 號球的移動速度即為水速，做多次取平均值。水速分別為上游水速、下游水速。

(二) 測量水位

改變後坡大小與兩坡間隔，用鐵製長尺測量水位，做多次取平均值。水位分別為前(水流)、前(坡)、中(最低點)、後(坡)、後(水流)。

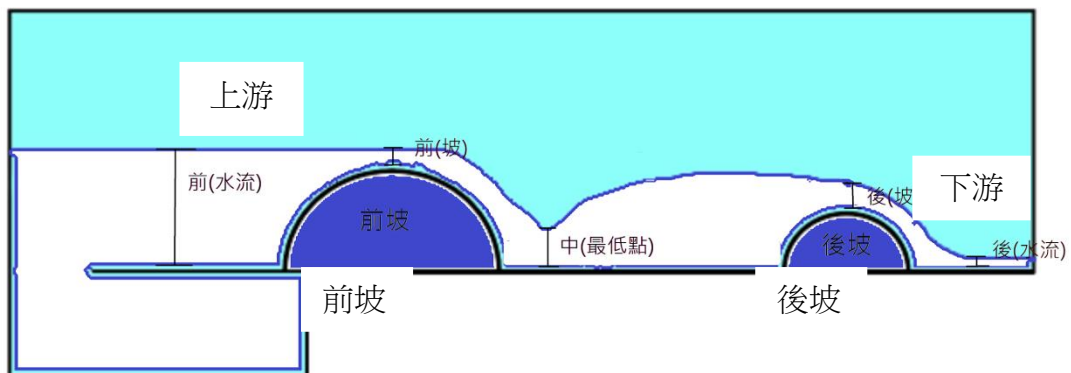


圖 4-2-1 物理量測量位置圖

(三) 翻滾流極限生成距離

持續增加兩坡間隔，當沒有產生翻滾流時(一號球可順利通過)，紀錄兩坡間隔。

(四) 安全距離測量

在翻滾流生成處後方投 1 號球，並持續增加投球處與翻滾流的距離，當球沒有被捲入翻滾流中時，紀錄投球處與翻滾流的距離,在此距離後定為安全距離,在此距離內為危險。

(五) 回流速率

距離前坡下游 12cm 處放下 1 號球逆流而上到達距離前坡 5cm 處的速率。

伍、研究過程與方法

一、【實驗一】探討前坡高於後坡及後坡高於前坡對水流型態的影響

1. 前坡高於後坡固定前坡位置，後坡緩慢向後移動
2. 觀察水流型態並拍照
3. 改為後坡高於前坡，並重複步驟 1 和 2

二、【實驗二】探討後坡高度及間距變化對水流性質的影響

1. 固定前坡位置及高度(10.5cm)，改變後坡高度，高度依序為 3、4.5、6、7.5、9cm(直徑依序為 6、9、12、15、18cm)。
2. 同時移動後坡使間距依序為 0、5、10、15、20、25、30、35、45cm 到翻滾流極限生成距離或到 55cm。
3. 測量水位。
4. 用平板電腦錄下水流的影像並計算流速。
5. 更換後坡並重複步驟 3 及 4。
6. 分析水流的各物理量。

三、【實驗三】探討不同密度物體在翻滾流中的移動路徑及逃離翻滾流方式

1. 固定前坡位置及高度(10.5cm)、改變後坡位置和高度(後坡高度：3、4.5、6、7.5、9cm；兩坡間距：0、5、10、15、20、25、30、35、45cm、55cm)
2. 依序投入 1~3 漂流球，並用平板電腦錄下漂流球移動軌跡。
3. 分析 1~3 漂流球在翻滾流中的移動型態，並根據逃脫次數算出機率。

四、【實驗四】探討前坡高度變化對水流性質的影響

1. 固定後坡高度(9cm)維持兩坡間距 45cm，改變前坡高度，高度依序為 10.5、12、13.5、16cm(直徑依序為 21、24、27、32cm)
2. 測量水位。
3. 用平板電腦錄下水流的影像。
4. 更換前坡並重複 2~3 步驟
5. 分析水流的各物理量。

五、【實驗五】探討前坡淤積高度變化對水流性質的影響

1. 固定後坡高度(9cm)維持兩坡間距 45cm，改變的前坡上游淤積高度，淤積高度依序為 4、8、12cm。
2. 測量水位。
3. 用平板電腦錄下水流的影像。
4. 增加淤積高度並重複 2~3 步驟。
5. 分析水流的各物理量。

六、【實驗六】探討前坡垂直落差變化對水流性質的影響

1. 固定前坡高度 16cm 後坡高度 9cm 維持兩坡間距 45cm，改變前坡末端鉛直落差高度，前坡末端鉛直落差高度依序為 4、12、16cm。
2. 測量水位。
3. 用平板電腦錄下水流的影像。
4. 增加垂直落差並重複 2~3 步驟。
5. 分析水流的各物理量。

陸、 研究結果

一、【實驗一】探討前坡高於後坡及後坡高於前坡對水流型態的影響

(一) 前坡高於後坡的水流型態

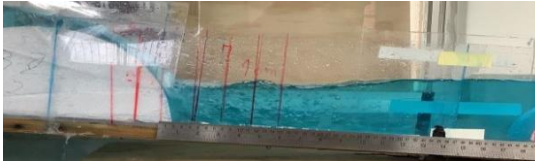


圖 6-1-5 型態(a)示意圖

型態(a)
有產生翻滾流，氣泡較多，1 號球及 2 號球皆無法逃離。

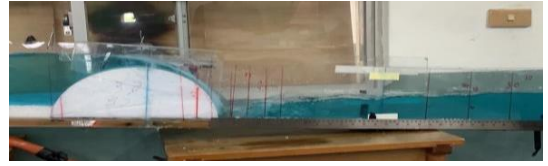


圖 6-1-6 型態(b)示意圖

型態(b)
無產生翻滾流，氣泡較少，水波最低點恰落於前坡末端，1 號球可以逃離，在逃離過程中會停頓，2 號球輕鬆逃離。



圖 6-1-7 型態(c)示意圖

型態(c)
無產生翻滾流，氣泡較少，水流呈波浪狀，1 號球及 2 號球皆輕鬆逃離。

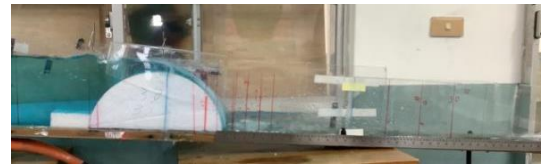


圖 6-1-8 型態(d)示意圖

型態(d)
無產生翻滾流，氣泡較少，1 號球及 2 號球皆輕鬆逃離。

(二) 後坡高於前坡的水流型態

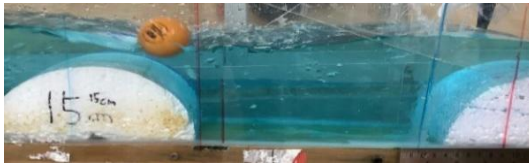


圖 6-1-1 型態(e)示意圖

型態(e)
有產生翻滾流，氣泡較少，水流呈波浪狀，1 號球有機率逃離，2 號球輕鬆逃離。

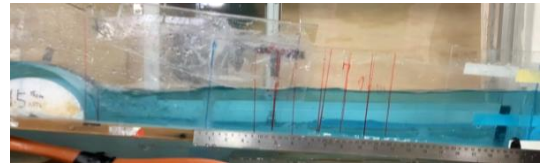


圖 6-1-2 型態(f)示意圖

型態(f)
有產生翻滾流，氣泡較多，1 號球及 2 號球皆無法逃離。(兩坡間距比型態(a)大)

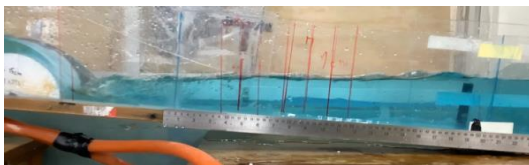


圖 6-1-3 型態(g)示意圖

型態(g)
無產生翻滾流，氣泡較少，1 號球可以逃離，在逃離過程中會停頓，2 號球輕鬆逃離。(兩坡間距比型態(b)大)

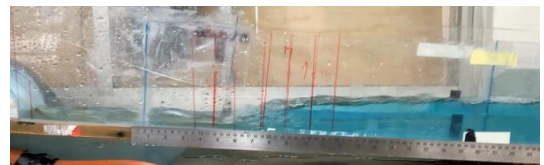


圖 6-1-4 型態(h)示意圖

型態(h)
無產生翻滾流，氣泡較少，水流呈波浪狀，1 號球及 2 號球皆輕鬆逃離。(兩坡間距比型態(c)大)

二、【實驗二】探討後坡高度及間距變化對水流性質的影響

(一) 直徑 6cm 後坡水流性質 (後坡 6cm 做到兩坡間距 20cm ,之後已無翻滾流)

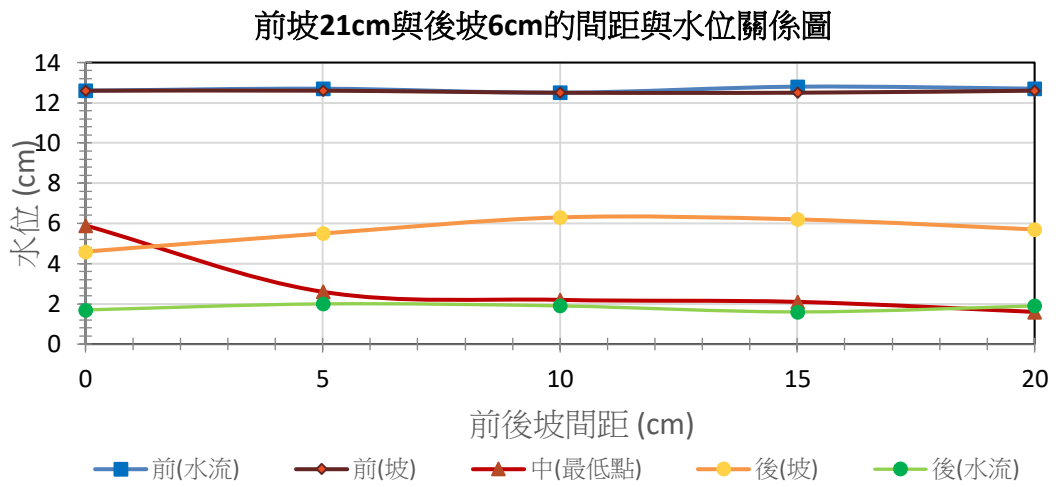


圖 6-2-1 前坡 21cm 與後坡 6cm 的間距與水位關係圖

翻滾流示意圖

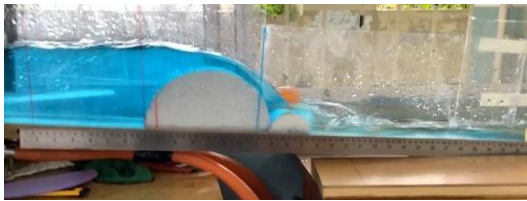


圖 6-2-2 0cm 翻滾流示意圖



圖 6-2-3 5cm 翻滾流示意圖



圖 6-2-4 10cm 翻滾流示意圖

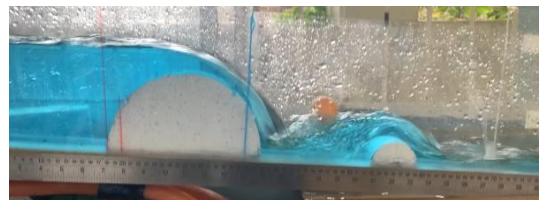


圖 6-2-5 15cm 翻滾流示意圖



圖 6-2-6 20cm 翻滾流示意圖

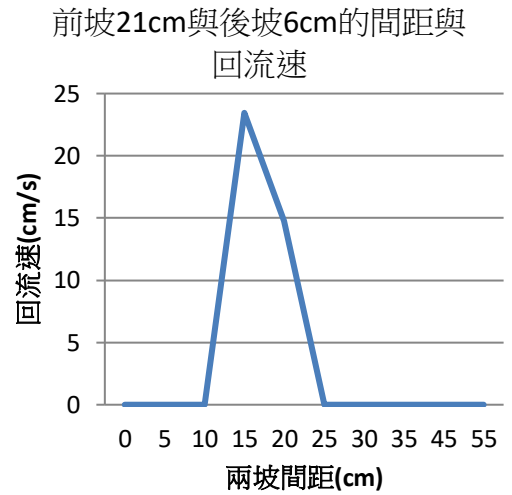
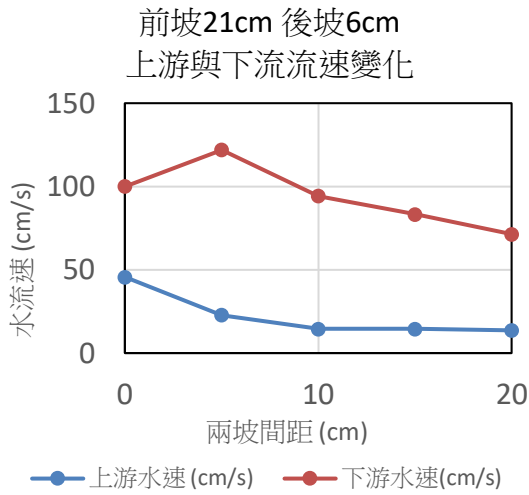


圖 6-2-7 前坡 21cm 與後坡 6cm 的間距與水速關係圖

圖 6-2-8 前坡 21cm 與後坡 6cm 的間距與回流速關係圖

(二) 直徑 9cm 後坡水流性質(後坡 9cm 做到兩坡間距 20cm ,之後已無翻滾流)

前(水流)、前(坡)、中(最低點)、後(坡)和後(水流)

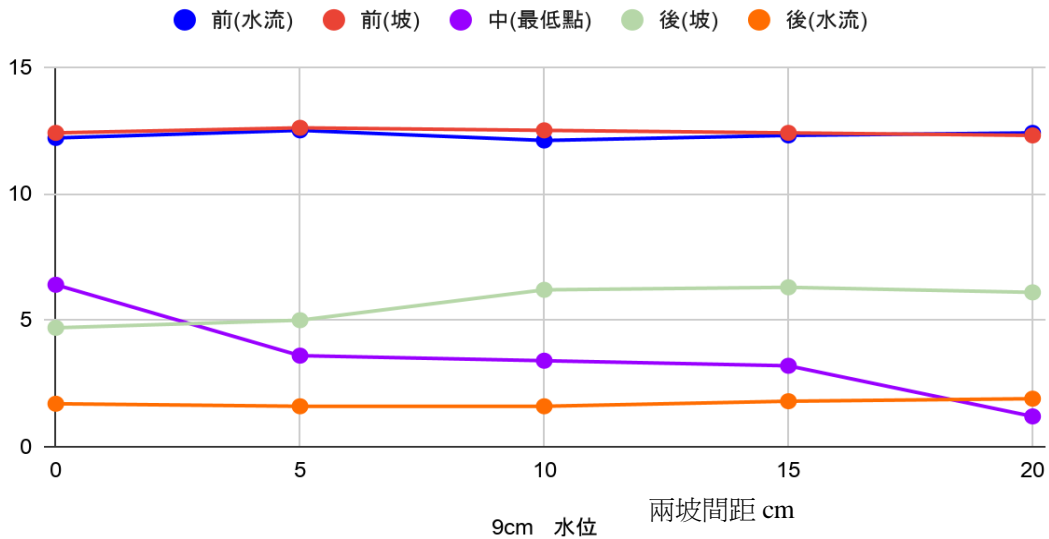


圖 6-2-9 前坡 21cm 與後坡 9cm 的間距與水位關係圖(圖 6-2-9)

翻滾流示意圖



圖 6-2-10 0cm 翻滾流示意圖

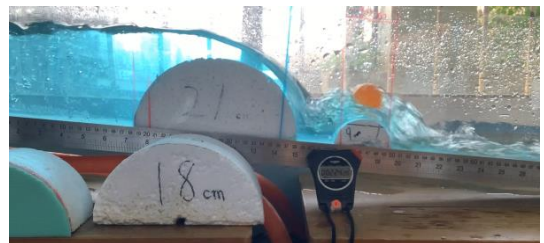


圖 6-2-11 5cm 翻滾流示意圖

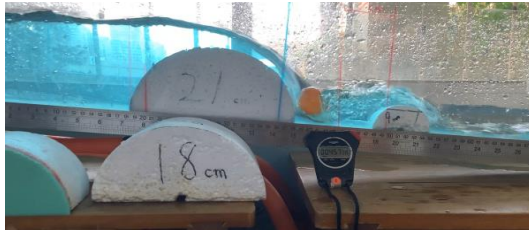


圖 6-2-12 10cm 翻滾流示意圖

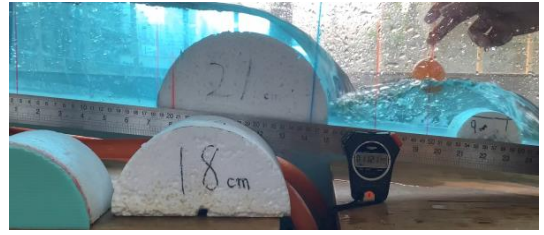


圖 6-2-13 15cm 翻滾流示意圖

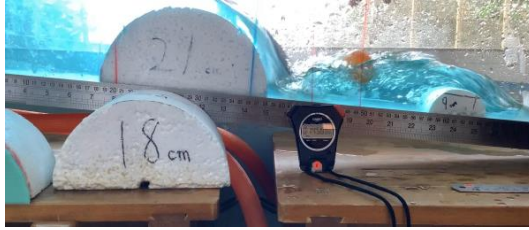


圖 6-2-14 20cm 翻滾流示意圖

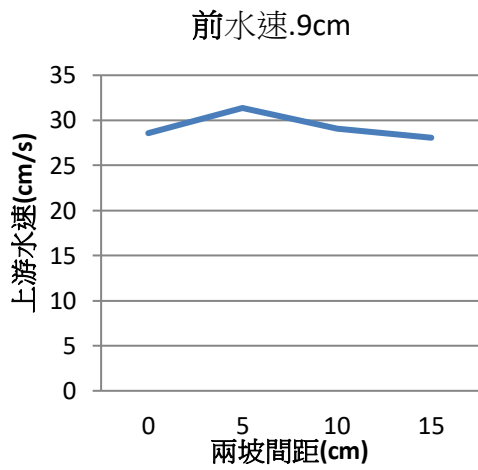


圖 6-2-15 前坡 21cm 與後坡 9cm 的間距與水速關係圖:
前水速.9cm

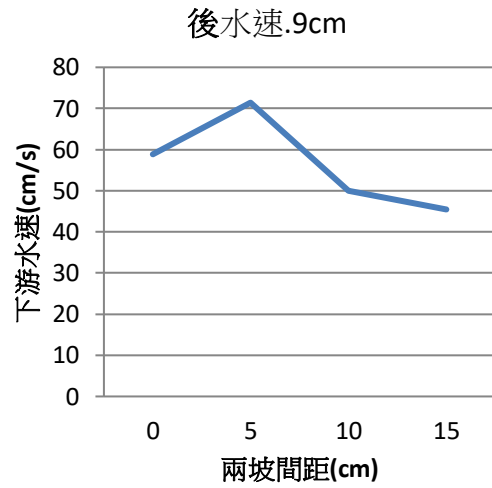


圖 6-2-16 前坡 21cm 與後坡 9cm 的間距與水速關係
圖:後水速.9cm

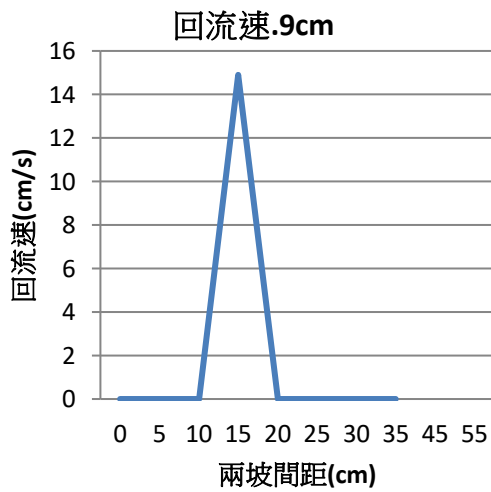


圖 6-2-17 前坡 21cm 與後坡 9cm 的間距與回流速關係
圖:回流速.9cm

(三) 直徑 12cm 後坡水流性質(後坡 12cm 只做到兩坡間距 45cm,之後已無翻滾流)

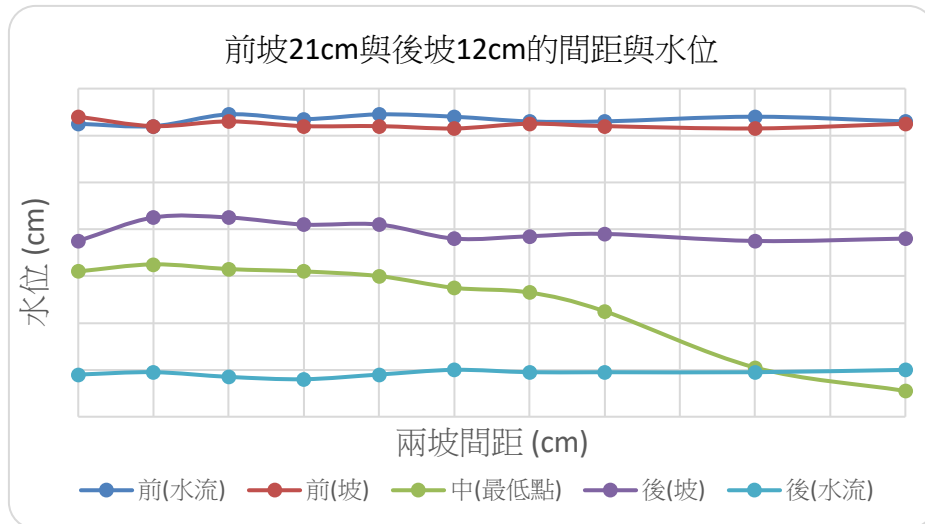


圖 6-2-18 前坡 21cm 與後坡 12cm 的間距與水位關係圖

翻滾流示意圖

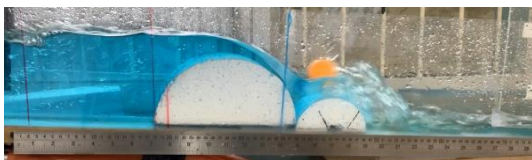


圖 6-2-19 0cm 翻滾流示意圖

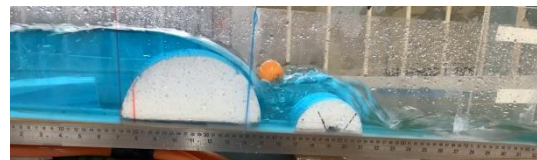


圖 6-2- 20 5cm 翻滾流示意圖



圖 6-2- 21 10cm 翻滾流示意圖



圖 6-2- 22 15cm 翻滾流示意圖



圖 6-2- 23 20cm 翻滾流示意圖



圖 6-2- 24 25cm 翻滾流示意圖



圖 6-2- 25 30cm 翻滾流示意圖



圖 6-2- 26 35cm 翻滾流示意圖



圖 6-2- 27 45cm 翻滾流示意圖



圖 6-2- 28 55cm 翻滾流示意圖

前坡21cm與後坡12cm的間距與水速關係

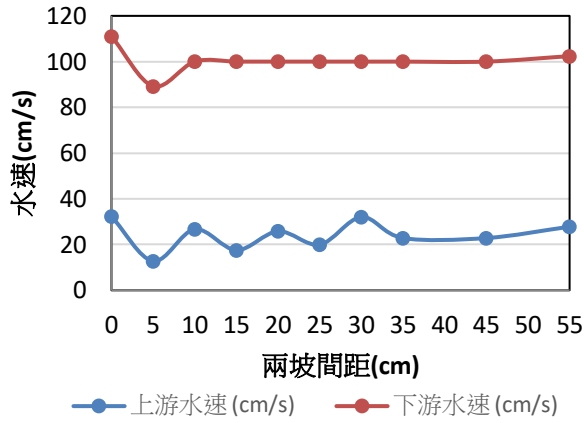


圖 6-2-29 前坡 21cm 與後坡 12cm 的間距與水速關係圖

前坡21cm與後坡12cm的間距與回流速度關係

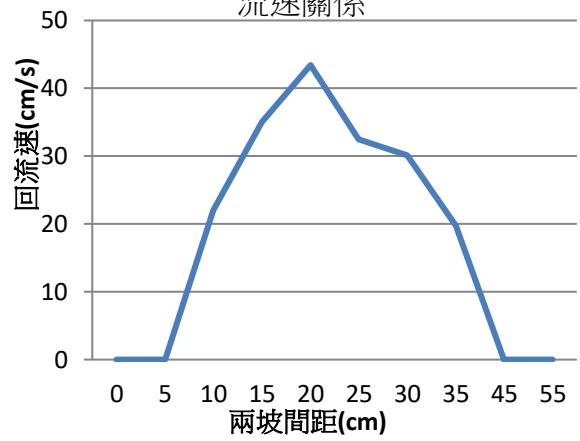


圖 6-2-30 前坡 21cm 與後坡 12cm 的間距與回流速度關係圖

(四) 直徑 15cm 後坡水流性質

21cm前坡與15cm後坡的間距與水位關係

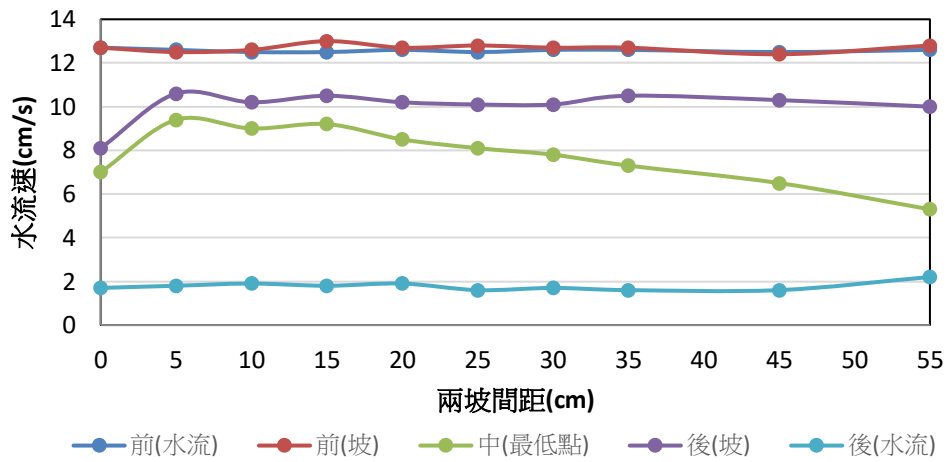


圖 6-2-31 21cm 前坡與 15cm 後坡的間距與水位關係圖

翻滾流示意圖

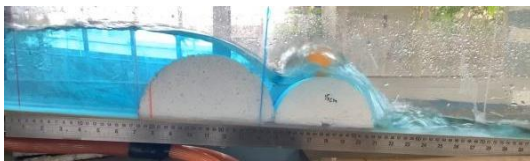


圖 6-2-32 0cm 翻滾流示意圖

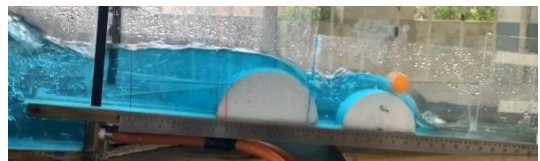


圖 6-2-33 5cm 翻滾流示意圖



圖 6-2-34 10cm 翻滾流示意圖



圖 6-2-35 15cm 翻滾流示意圖

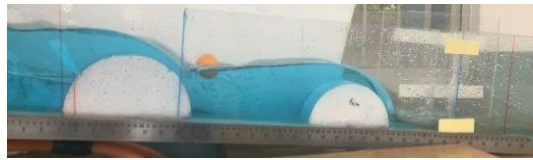


圖 6-2-36 20cm 翻滾流示意圖

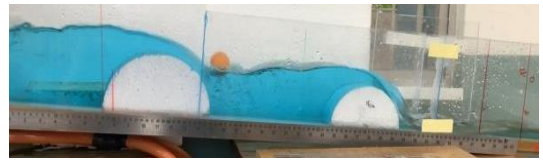


圖 6-2-37 25cm 翻滾流示意圖

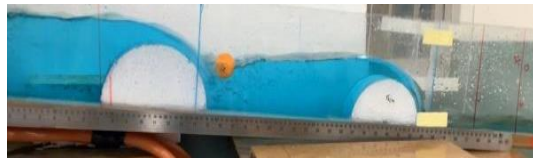


圖 6-2-38 30cm 翻滾流示意圖

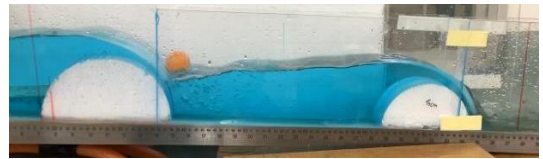


圖 6-2-39 35cm 翻滾流示意圖

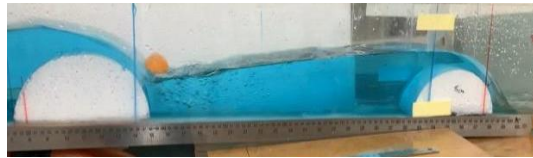


圖 6-2-40 45cm 翻滾流示意圖

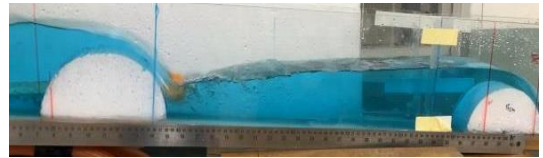


圖 6-2-41 55cm 翻滾流示意圖

前坡21cm與後坡15cm的間距與水速關係

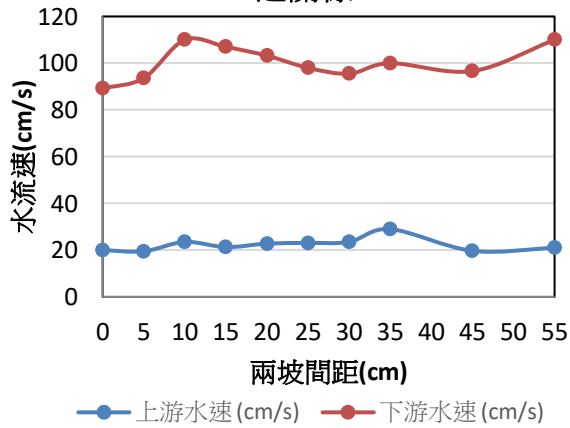


圖 6-2-42 前坡 21cm 與後坡 15cm 的間距與水速關係圖

前坡21cm與後坡15cm的間距與回流速關係

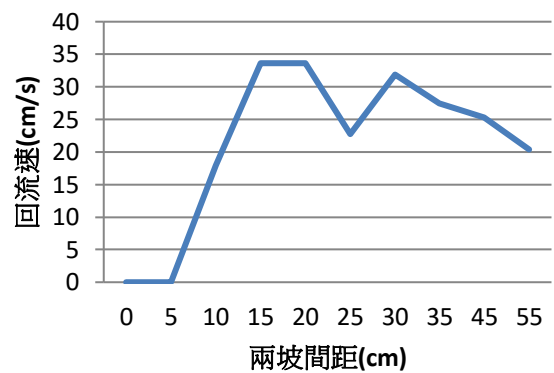


圖 6-2-43 前坡 21cm 與後坡 15cm 的間距與回流速關係圖

(五) 直徑 18cm 後坡水流性質

前坡21cm與後坡18cm的間距與水位關係

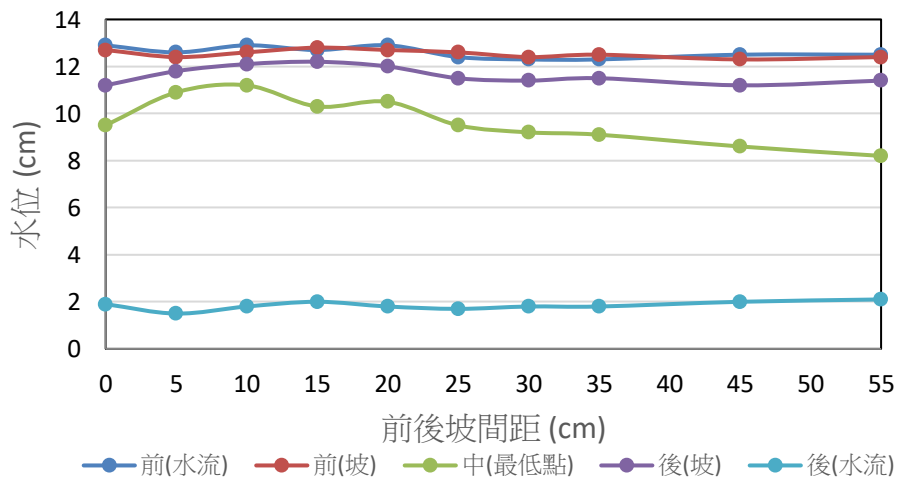


圖 6-2-44 前坡 21cm 與後坡 18cm 的間距與水位關係圖

翻滾流示意圖



圖 6-2-45 25cm 翻滾流示意圖

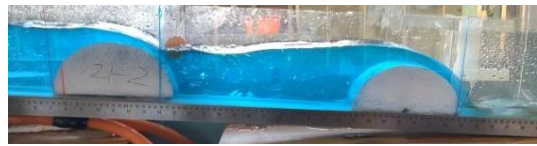


圖 6-2-46 30cm 翻滾流示意圖

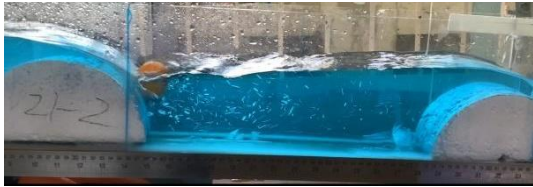


圖 6-2-47 35cm 翻滾流示意圖

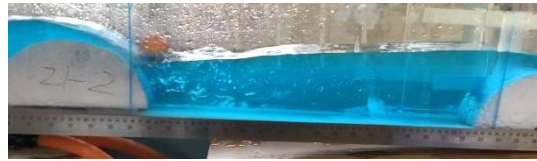


圖 6-2-48 45cm 翻滾流示意圖



圖 6-2-49 55cm 翻滾流示意圖

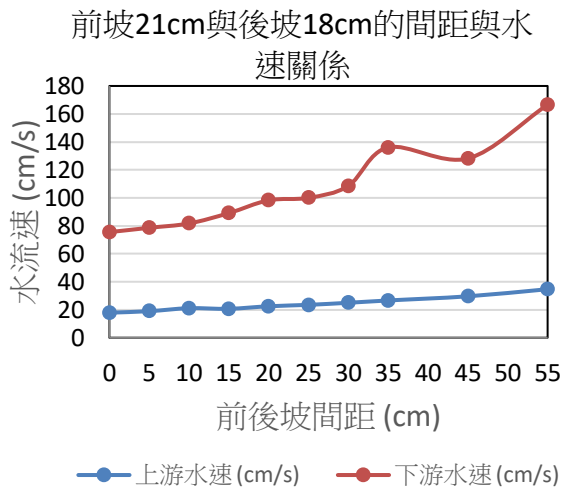


圖 6-2-50 前坡 21cm 與後坡 18cm 的間距與水速關係圖

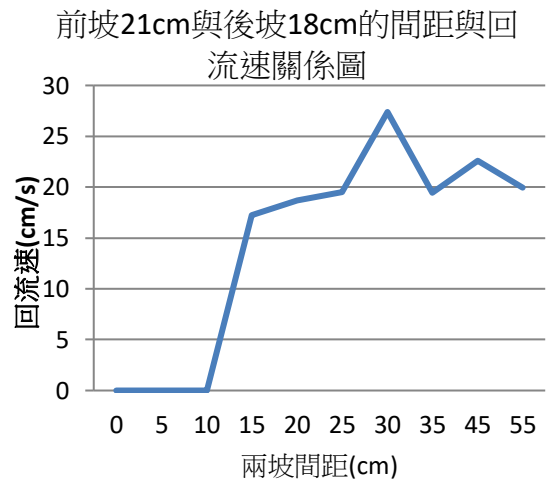


圖 6-2-51 前坡 21cm 與後坡 18cm 的間距與回流速度關係圖

(六) 各種坡道組合的最大回流速

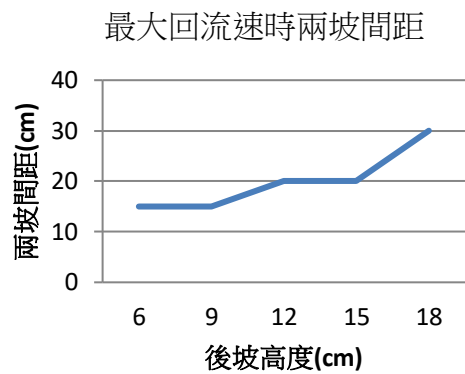
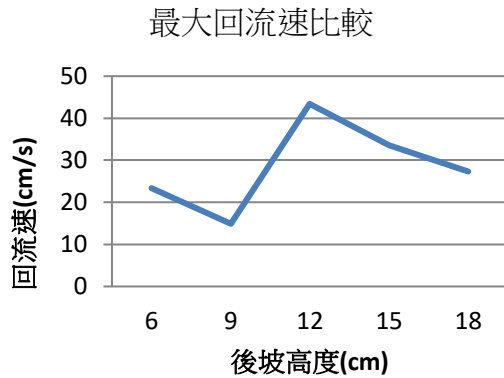


圖 6-2-52 前坡 21cm 不同後坡的最大回流速

圖 6-2-53 前坡 21cm 不同後坡最大回流速間距

(七) 翻滾流極限生成距離

表 6-2-1 翻滾流極限生成距離數據表

後坡大小(cm)	6	9	12	15	18
極限距離(cm)	23.7	24.5	44	79.8	97.7

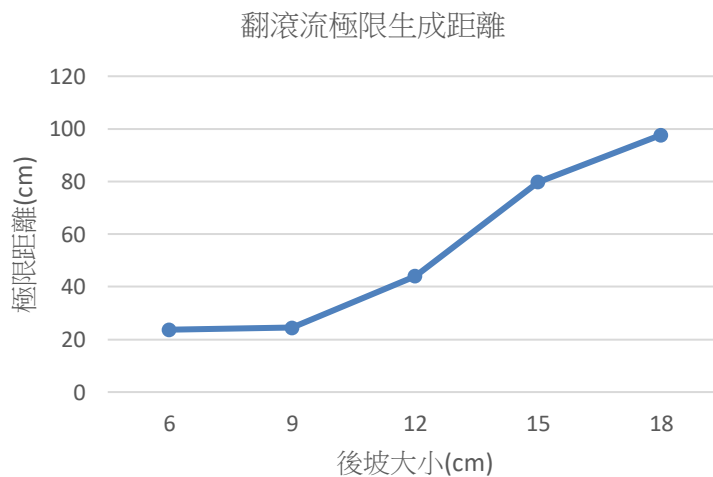


圖 6-2-54 翻滾流極限生成距離表

(八) 安全距離測量

1. 後波直徑 6cm 安全距離

表 6-2-2 6cm 安全距離數據表

間隔距離 (公分)	0	5	10	15	20	25	30	35	45	55
安全距離 (公分)	0	0	8	13	5	0	0	0	0	0

2. 後波直徑 9cm 安全距離

表 6-2-3 6cm 安全距離數據表

間隔距離 (公分)	0	5	10	15	20	25	30	35	45	55
安全距離 (公分)	0	5	9	12	11	0	0	0	0	0

3. 後波直徑 12cm 安全距離(圖 6-2-55)

表 6-2-4 6cm 安全距離數據表

間隔距離 (公分)	0	5	10	15	20	25	30	35	45	55
安全距離 (公分)	0	5	11	15	19	23	24	16	0	0

4. 後波直徑 15cm 安全距離(圖 6-2-56)

表 6-2-5 6cm 安全距離數據表

間隔距離 (公分)	0	5	10	15	20	25	30	35	45	55
安全距離 (公分)	0	8	13	19	22	27	31	35	39	33

5. 後波直徑 18cm 安全距離(圖 6-2-57)

表 6-2-6 6cm 安全距離數據表

間隔距離 (公分)	0	5	10	15	20	25	30	35	45	55
安全距離 (公分)	4	6	11	16	21	25	32	43	32	49

後波直徑6cm安全距離

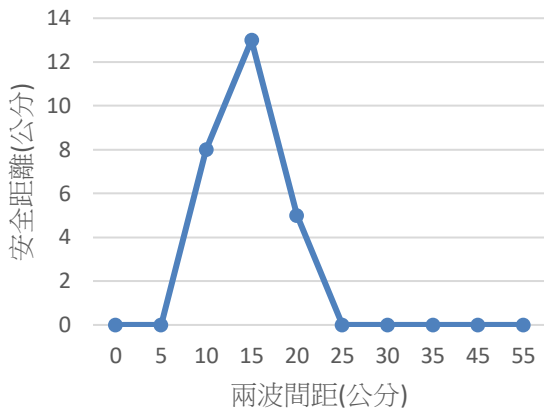


圖 6-2-55 6 公分間距安全距離關係圖

後波直徑9cm安全距離

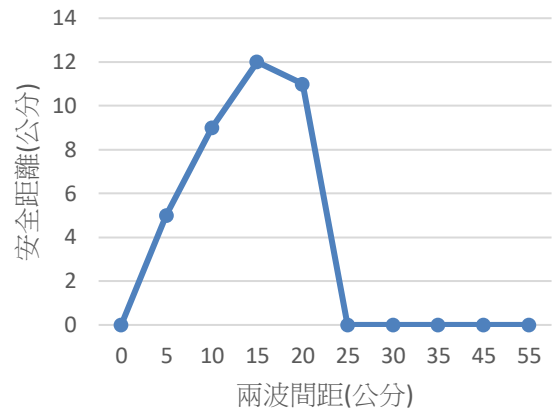


圖 6-2-56 9 公分間距安全距離關係圖

後波直徑12cm安全距離

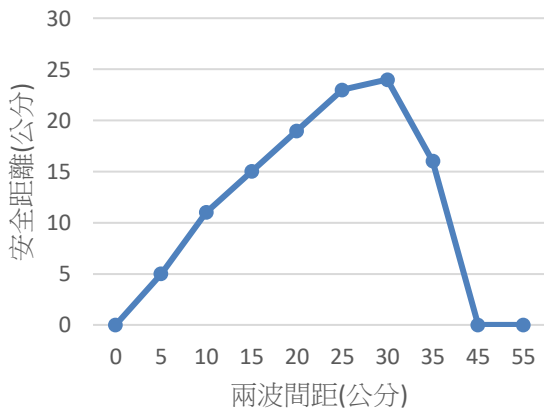


圖 6-2-57 12 公分間距安全距離關係圖

後波直徑15cm安全距離

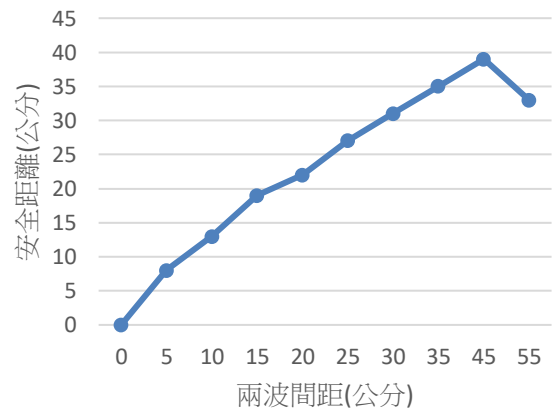


圖 6-2-58 15 公分間距安全距離關係圖

後波直徑18cm安全距離

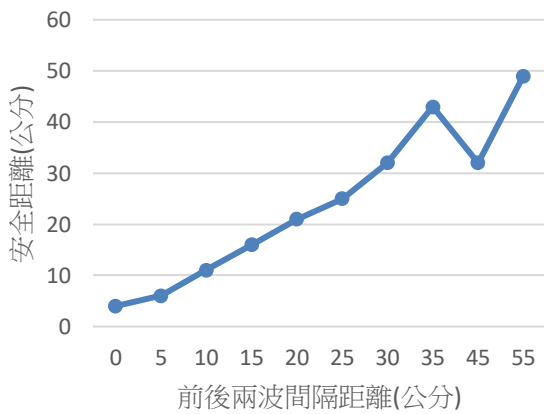


圖 6-2-59 18 公分間距安全距離關係圖

三、【實驗三】探討不同密度物體在翻滾流中的移動路徑及逃離翻滾流方式

(一) 移動路徑分析

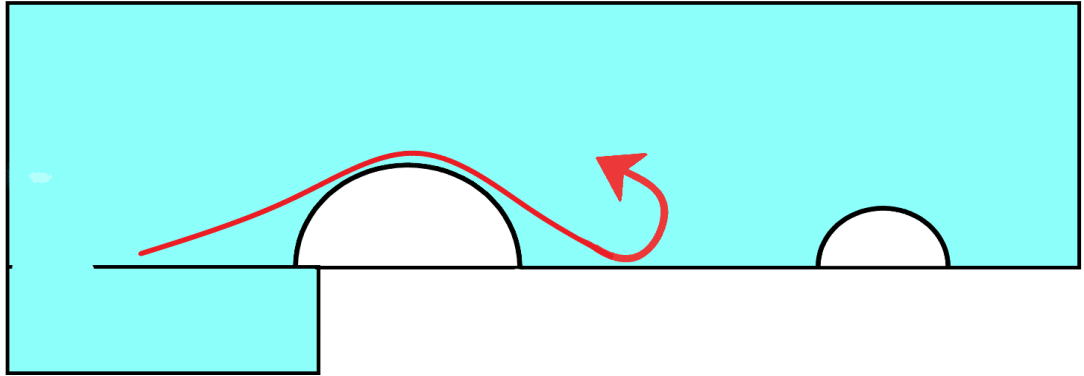


圖 6-3-1 流法(1):在兩保麗龍之間有旋轉且無法逃脫

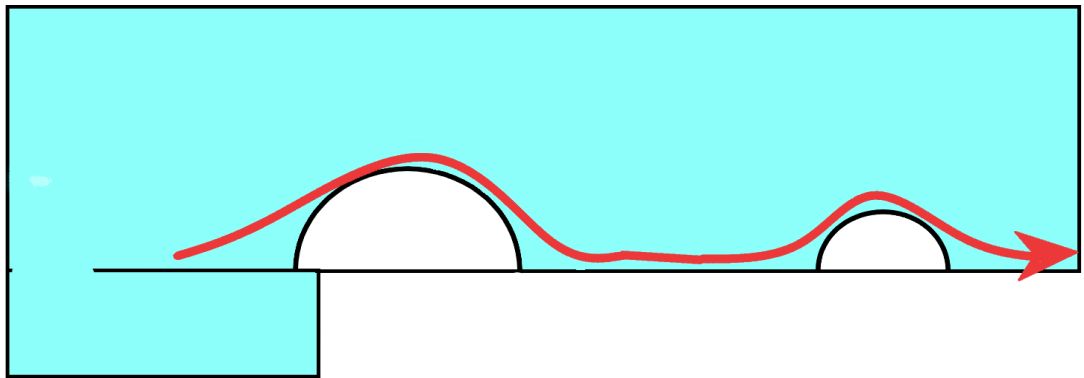


圖 6-3-2 流法(2):在兩保麗龍之間無旋轉且可以逃脫

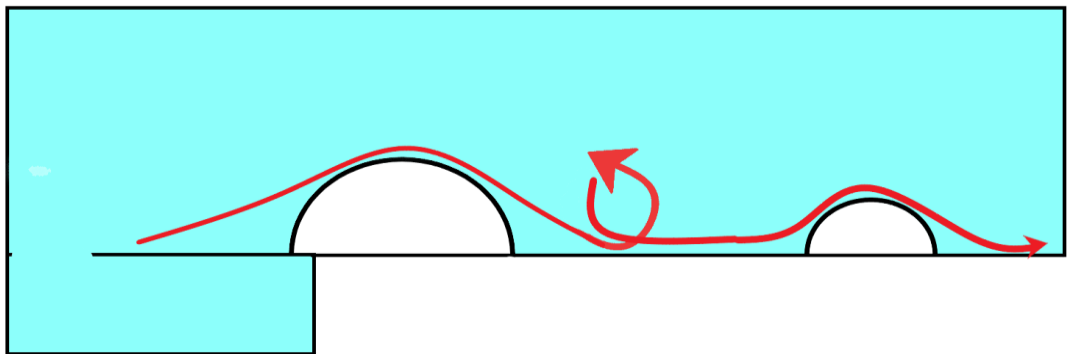


圖 6-3-3 流法(3):在兩保麗龍之間有旋轉,之後可以逃脫

(二) 後坡直徑 6cm 水流流法

表 6-3-1 後坡 6cm 兩坡間距與水流流法

兩坡間距	0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
1 號球	流法(2)	流法(2)	流法(3)	流法(3)	流法(2)
2 號球	流法(2)	流法(2)	流法(3)	流法(2)	流法(2)
3 號球	流法(2)	流法(3)	流法(2)	流法(2)	流法(2)

(三) 後坡直徑 9cm 水流流法

表 6-3-2 後坡 6cm 兩坡間距與水流流法

兩坡間距	0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
球(1 號)	流法(2)	流法(2)	流法(3)	流法(1)	流法(2)
球(2 號)	流法(2)	流法(2)	流法(3)	流法(1)	流法(2)
球(3 號)	流法(2)	流法(3)	流法(3)	流法(2)	流法(2)

(四) 後坡直徑 12cm 水流流法

表 6-3-3 後坡 12cm 兩坡間距與水流流法關係數據表

兩坡間距	0cm	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	45cm
1 號球	流法(2)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(3)
2 號球	流法(2)	流法(2)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(2)
3 號球	流法(2)	流法(3)	流法(2)	流法(2)	流法(2)	流法(3)	流法(2)	流法(2)	流法(2)

(五) 後坡直徑 15cm 水流流法

表 6-3-4 後坡 15cm 兩坡間距與水流流法關係數據表

兩坡間距	0cm	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	45cm	55cm
1 號球	流法(2)	流法(2)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)
2 號球	流法(2)	流法(2)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)
3 號球	流法(3)	流法(3)	流法(3)	流法(3)	流法(2)	流法(2)	流法(2)	流法(2)	流法(3)	流法(3)

(六) 後坡直徑 18cm 水流流法

表 6-3-5 後坡 18cm 兩坡間距與水流流法關係數據表

兩坡間距	0cm	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	45cm	55cm
1 號球	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)
2 號球	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)	流法(1)
3 號球	流法(2)	流法(2)	流法(2)	流法(2)	流法(2)	流法(2)	流法(3)	流法(3)	流法(3)	流法(3)

四、【實驗四】探討前坡高度變化對水流性質的影響

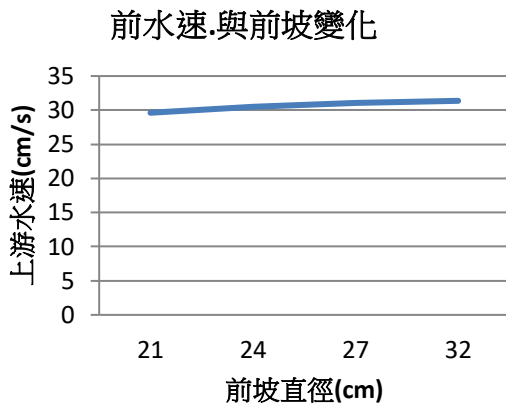


圖 6-4-1 前水速.前坡變化圖

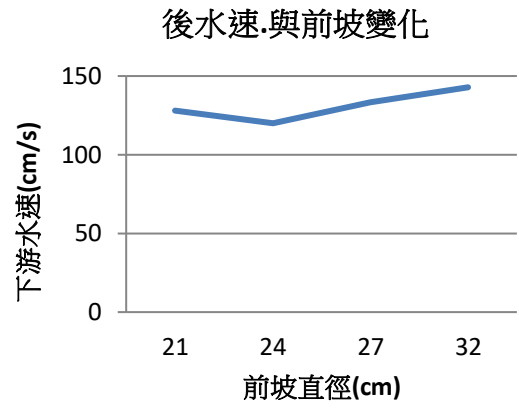


圖 6-4-2 後水速.前坡變化圖

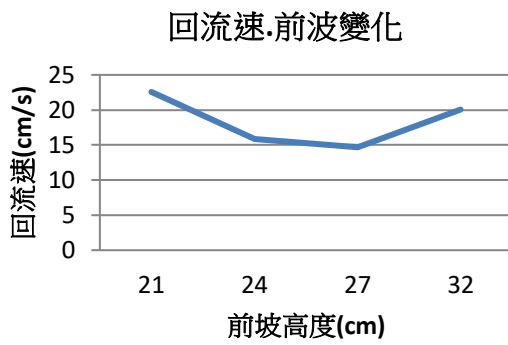


圖 6-4-3 回流速.前坡變化圖

五、【實驗五】探討前坡淤積高度變化對水流性質的影響

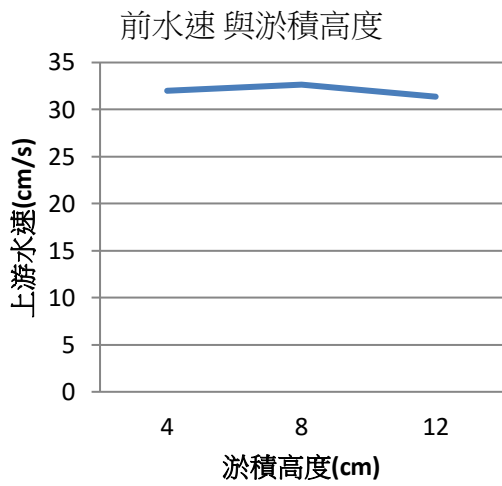


圖 6-5-1 前水速淤積高度變化的水流變化圖

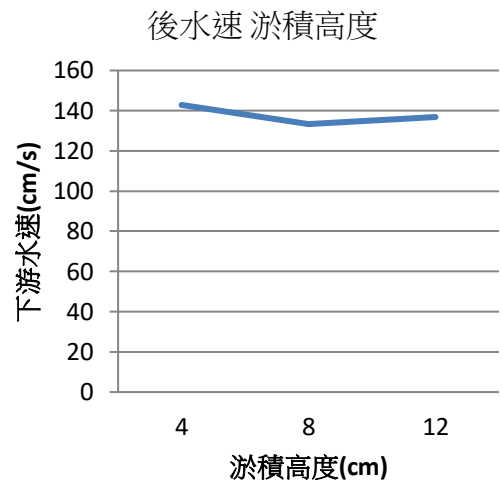


圖 6-5-2 後水速淤積高度變化的水流變化圖

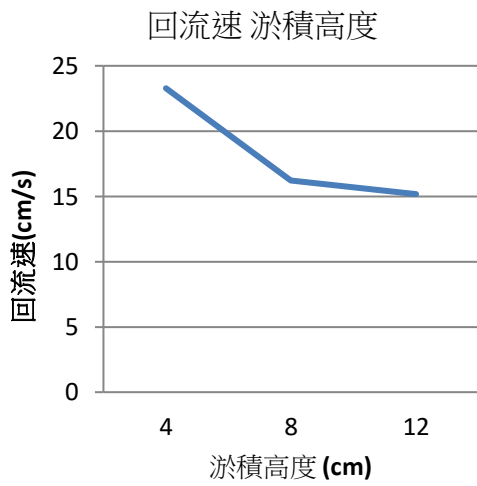


圖 6-5-3 回流速淤積高度變化的水流變化圖

六、【實驗六】探討前坡垂直落差變化對水流性質的影響

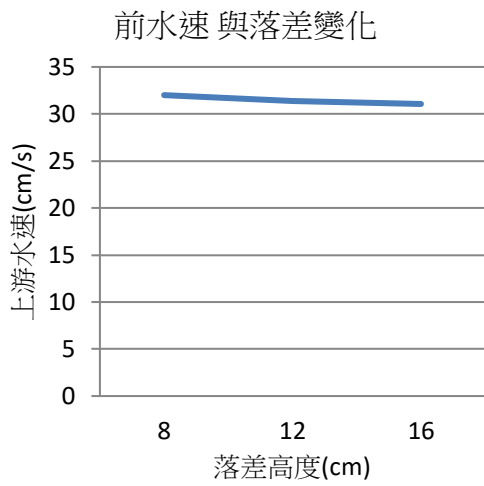


圖 6-6-1 前水速落差高度變化與水速變化關係圖

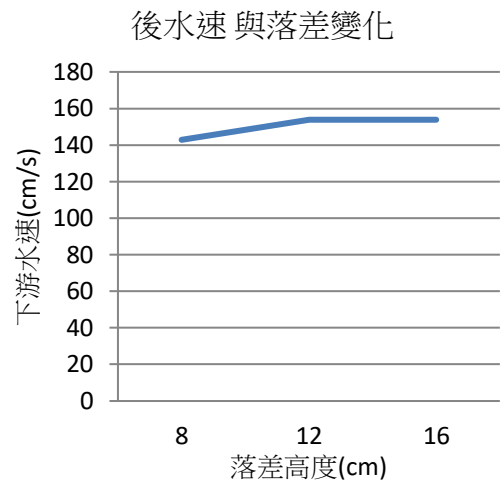


圖 6-6-2 後水速落差高度變化與水速變化關係圖

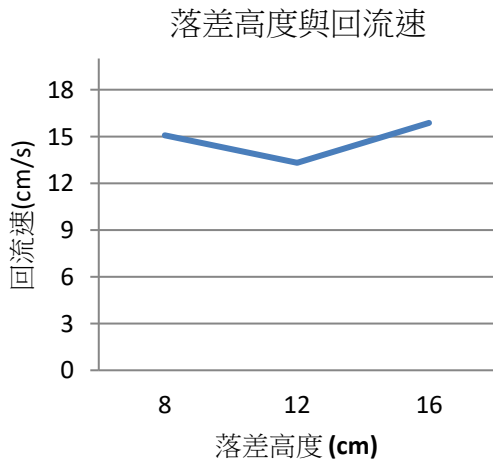


圖 6-6-3 回流速落差高度變化與水速變化關係圖

柒、討論

一、【實驗一】探討前坡高於後坡及後坡高於前坡對水流型態的影響

1. 將水流的流動情形，依照不同的運動方式以及特徵，將其分為八種不同的型態，
(1) 前坡高於後坡產生的型態(a) . 型態(b) . 型態(c) . 型態(d)
(2) 後坡高於前坡產生的型態(e) . 型態(f) . 型態(g) . 型態(h)

因為每種的水流型態有不同的運動方式以及特徵，型態(a)及型態(f)有許多氣泡且最低點水位較高，型態(b)及型態(g)氣泡少，水波最低點恰落於前坡末端，型態(c)及型態(h)氣泡少，水流前段淺後段深，型態(d)氣泡少，水流淺，型態(e)氣泡少，水流呈波浪狀，最低點與前(坡)水位相近，根據以上運動方式和特徵，可以用看的就分辨出水流屬於何種水流型態。

2. 後坡高於前坡和前坡高於後坡，只有在後坡高於前坡的情況下才會產生型態(e)。
3. 後坡高於前坡的情況下產生強勁翻滾流兩坡間距需較遠距離，因為後坡高度較高，水位較高，因此需要較遠的距離，使水位減少到適當高度，讓衝擊產生的回流效果較大，可以產生翻滾流。
4. 型態(a)與型態(f)因 1 號球及 2 號球皆無法逃離，危險性較強，其餘型態危險性較弱，而型態(e)雖然也有翻滾流，但水流微弱，危險性較低。
5. 型態(a)與型態(f)產生的氣泡明顯較多，從外觀上可用氣泡量判斷危險性，推測是因空氣被捲入水中為氣泡的情況較劇烈，以此可判斷水流的翻滾程度強度。當撞擊後坡後的水流方向改變，依據角動量守恆原理，水流就會形成旋轉翻滾水流。在水面處的水流方向是逆流向上游的方向所以 1 號球與 2 號球無法逃脫，且形成迴旋翻滾狀況。

二、【實驗二】探討後坡高度及間距變化對水流性質的影響

1. 上下游的水速變化不大，以能量守恆定律判斷，位能的變化相同所以上下游的流速在實驗中無顯著變化，所以後坡與兩坡的間隔變化不會影響上下游的水速。
2. 後坡高度的變化與兩坡間距變化，不會使前(水流)、前(坡)、後(坡)、後(水流)的水位產生太大變化；中(最低點)之水位卻隨兩坡間距增加而減少，因為前坡流下的水流速相同，所以只有在兩坡距離加時，在水量固定的情況下，增加底面積的長度會使中(最低點)高度降低。

3. 圖 6-2-7、圖 6-2-15、圖 6-2-16、圖 6-2-29、圖 6-2-42、圖 6-2-50 在兩坡間距增加時上下游水速皆無太大改變，可見前後坡間距及後坡高度不會影響上下游水速。
4. 兩坡間距越遠，翻滾流安全距離變化為先上升再下降，要逃脫的難度也為先上升再下降。
5. 前坡固定，後坡高度越高翻滾流安全距離越遠。相對侵蝕程度嚴重，對於後坡的相對高度差大更易形成致命翻滾流。
6. 前坡固定，後坡高度越高翻滾流極限生成距離越遠，因為將距離拉遠會使中(最低點)的水位下降，而當中(最低點)降到一定的高度翻滾流就會消失，而高度較高的後坡一開始的水位較高，因此可將距離拉得較遠，翻滾流極限生成距離也就越遠。
7. 兩坡間距越遠，翻滾流回流速度變化為先上升再下降，推測前坡高度與後坡高度有特定比例，才能形成最危險的翻滾流，所以在實際地形中衝擊形成的 U 型水潭深度與寬度都會影響翻滾流的形成與強度。
8. 圖 6-2-52 圖 6-2-53 前坡固定，後坡高度越高翻滾流回流速度變化為先上升再下降，推測前坡高度與後坡高度有特定比例，使特定的前坡和後坡可產生最快回流速度。
9. 前坡固定直徑 21cm，後坡直徑 12cm，兩坡間距 20cm 有最大回流速度，代表形成最強大翻滾流，後坡高度接近前坡高度翻滾流強度反而減弱。
10. 前坡高 10.5cm，後坡高度 6cm，兩坡間距 20cm 有最大回流速度，推測當前坡高度 $2H$ ，水潭深度 H cm，深潭寬度 $2H$ 時會有最強翻滾流。

三、【實驗三】探討不同密度物體在翻滾流中的移動路徑及及逃離翻滾流方式

1. 後坡高度相同時兩坡間距越大或兩坡間距相同時後坡高度越高，流法(1)出現率變化為先上升再下降，代表漂流球越難逃脫，與回流速度和安全距離一樣的趨勢，回流速度越快，安全距離越遠，危險性越高。
2. 翻滾流出現時表面水流很明顯的使 1 號球逆流而上，2 號球拖入水中翻滾，3 號球可能沉入底部順流而下，也有呈現第 3 種無限翻滾輪迴的流動，代表此翻滾流強度較大。
3. 兩坡間距、後坡高度相同時，漂流球一號的流法(1)出現率最高；漂流球二號其次；漂流球三號最低，漂流球的密度越大越容易逃脫，我們發現下方水流強勁且流向下流，所以我們推測密度大的球是先往下沉再透過下方水流一口氣衝出翻滾流。

四、【實驗四】探討前坡高度變化對水流性質的影響

1. 實驗數據顯示前坡高度的變化不會使前後水速產生規律性的變化。
2. 如圖 6-4-3 回流速.前坡變化圖高度最高時並沒有得到最大回流速，根據【實驗二】推測不同的坡度組合應該有最佳的兩坡間距，而實驗四並沒有改變兩坡間距，所以實驗數據得到回流速小於直徑 21cm 前坡所造成的最大回流速，不能因此斷言前坡高度高對翻滾流沒有增強的效果。應該加上後坡移動的實驗才能得到更有力的證據。

五、【實驗五】探討前坡淤積高度變化對水流性質的影響

後坡固定,淤積越高翻滾流回流速率越慢，推測回是上游淤積阻礙讓流過前坡的水流變弱，所以減弱了翻滾流的強度。

六、【實驗六】探討前坡垂直落差高度變化對水流性質的影響

垂直落差雖有變化，但水流高度無改變，衝擊力相同，因此回流速相似。

捌、結論

一、【實驗一】探討前坡高於後坡及後坡高於前坡對水流型態的影響

1. 前坡高於後坡產生的型態(a) . 型態(b) . 型態(c) . 型態(d)。
2. 後坡高於前坡產生的型態(e) . 型態(f) . 型態(g) . 型態(h)。
3. 型態(a)與型態(f) 為翻滾流危險型態。
4. 外觀上可用氣泡量判斷危險性。

二、【實驗二】探討後坡高度及間距變化對水流性質的影響

1. 上下游水速皆不會因坡道的變化而產生太大改變。
2. 後坡高度的變化與兩坡間距變化只對中(最低點)之水位產生影響，隨兩坡間距增加而減少。
3. 兩坡間距越遠,翻滾流安全距離變化為先上升再下降。
4. 後坡高度越高翻滾流安全距離越遠，翻滾流強度變化為先上升再下降。
5. 不同的後坡高度都存在最危險的兩坡間隔距離，製造最強翻滾流。
6. 當前波高度 $2H$ ，水潭深度 H_{cm} ，深潭寬度 $2H$ 時會有最強翻滾流。

三、【實驗三】探討不同密度物體在翻滾流中的移動路徑及逃離翻滾流方式

1. 漂流方式有三種型態:
(1)水面翻滾受困。(2)水底急流向下游脫困。(3)水中迴旋翻滾受困。
2. 下潛再藉下方水流一口氣衝出翻滾流為最佳逃離路線和方式。

四、【實驗四】探討前坡高度變化對水流性質的影響

1. 固定後坡高度 9cm 維持兩坡間距 45cm 的實驗數據顯示，增加前坡高度無明顯效果。

五、【實驗五】探討前坡淤積高度變化對水流性質的影響

1. 上游淤積阻礙讓流過前坡的水流變弱，會減弱翻滾流的強度。

六、【實驗六】探討前坡垂直落差高度變化對水流性質的影響

1. 前坡後端垂直落差高度變化對翻滾流強度並沒有影響。

玖、參考資料

〔1〕 跟著鄭大師玩科學—認識翻滾流

<https://www.masters.tw/42161/%E8%AA%8D%E8%AD%98%E7%BF%BB%E6%BB%BE%E6%B5%81>

〔2〕 Fatal Currents - Low Head Dam Presentation: <https://youtu.be/XsYgODmmiAM>