中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組地球科學科

080501

臺北縣中和市興南國民小學

指導老師姓名

吳毓儒

曾安祥

作者姓名

李維

游文孝

呂俊緯

龔玲玲

李翊芹

鄧允炫

# 中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科別：地球科學

組別：國小組

作品名稱：深藏不露!?～渦流效應對新店溪流域地形形成的探討

關鍵詞：新店溪、碧潭、渦流

編號：



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

# 深藏不露!?～渦流效應對新店溪流域地形形成的探討

## 摘要

夏天一到，大家總是喜歡往有水的地方玩樂，但也由於不諳水性，或是沒有謹慎注意，常常造成悲劇產生，在我們居住環境附近的新店溪流域可以常常聽到有溺斃事件的發生，其中肇事原因大部分跟渦流有些許關聯。爲此我們經由資料蒐集、實地探勘、透過實驗驗證實際狀況、模擬地形等研究方法，以更進一步了解渦流的形成及種種資料；經由研究結果，我們發現：影響渦流形成的原因有：(1)凹洞的存在 (2)阻礙物的存在 (3)外力的介入，實驗結果更進一步驗證與找出渦流容易產生的地點，並觀察及分析渦流與新店溪流域地形的關聯性，進而讓我們更能夠了解渦流的習性，並保障我們的生活。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

# 壹、 研究動機

在我們居住地區附近的碧潭風景區，溺水事件頻傳，想必是有什麼特別的原因吧?!這對住在附近的我們卻有著很大的吸引力，我們想：「如果可以知道是什麼原因讓碧潭容易發生意外，或許大家就可以進而改善或注意」；同時，在四年級上學期的自然與生活科技課第三單元中，課本有一幅小朋友溺水的插圖，原來是誤闖水深的區域，導致生命出現危機；後來，老師更提到「渦流」的危險性，尤其在水深的地點，而這一切正好與碧潭的狀況和我們的想法不謀而合。

由於不知道：「是不是有渦流存在?」，如果誤闖了這些危險區域，將會對生命造成危險；「渦流到底是怎麼樣的一個東西?」、「渦流到底是怎麼形成的?」、「渦流到底會出現在裡?」……腦裡有許許多多的「為什麼?」，因此讓我們想以這個主題進行研究，而且配合住家附近的新店溪流域做為觀察驗證，讓我們更進一步了解渦流，如果能夠把渦流摸得一清二楚，相信對大家的生命保護也有一點點貢獻。

# 貳、 研究目的

一、 了解新店溪流域的水文、地形資料
二、 探討新店溪渦流的形成原因
三、 探討渦流對新店溪流域地形的影響
四、 學習觀察、提問、假設、實驗驗證的科學方法，培養深入探討、求真、求實的能力
五、 把研究結果做為鄉土資料的教材或是給戶外安全的建言

# 參、 研究設備及器材

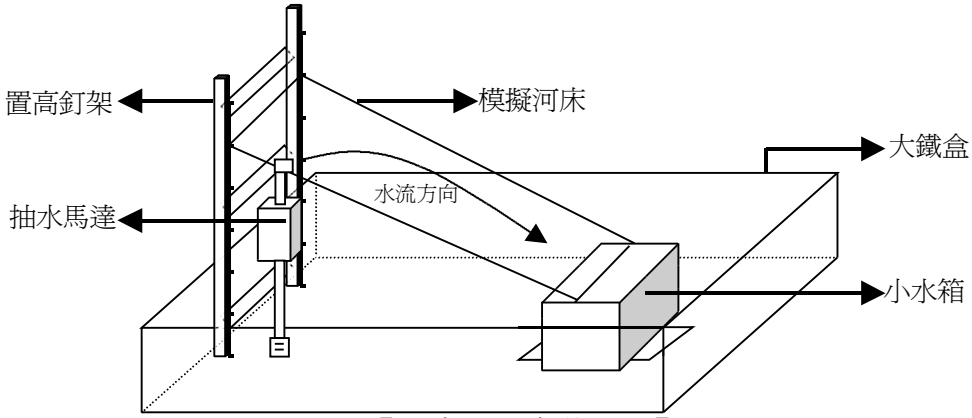
| 實驗項目 | 研究設備及器材 |
|---|---|
| 認識新店溪的水文與地形 | 電腦、書籍 |
| 調查新店溪易產生渦流地點 | 電腦、數位相機 |
| 探討渦流形成因素與地點 | 珍珠奶茶杯、渦流探測器 |
| 新店溪曲流作用觀察 | 電腦、數位相機 |
| 碧潭地形調查與模型製作 | 數位相機、深度測量器、紙板、石膏 |
| 調查新店溪下、中、上游橋墩狀況 | 數位相機 |
| 河床上凹洞對渦流之影響 | 河床模擬實驗模型、各種容器、BB 彈、細砂 |
| 河床地勢對渦流之影響 | 河床模擬實驗模型、各種容器、BB 彈 |
| 河床上阻礙物對渦流之影響 | 河床模擬實驗模型、積木、塑膠塞、細砂 |

渦流探測器

渦流探測器細部圖



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com




圖一：【河床模擬實驗模型】

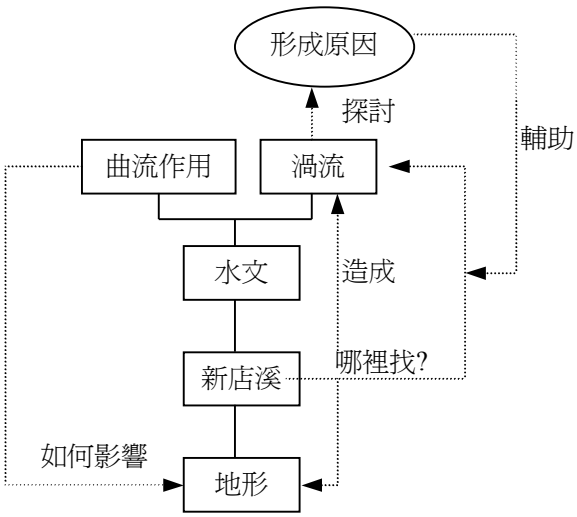
河床模擬實驗模型

不同大小塑膠塞

各式各樣積木

# 肆、 研究方法、過程及結果

## 一、 研究架構




## 二、 研究計劃

(一) 認識新店溪的水文與地形

(二) 調查新店溪易產生渦流地點

(三) 探討渦流形成因素與地點

1、 製作渦流

2、 歸納渦流形成因素

(1) 有凹洞存在



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

(2) 有外力介入

(3) 有阻礙物存在

3、 調查新店溪渦流形成地點

(四) 新店溪曲流作用觀察

(五) 碧潭地形調查與模型製作

(六) 調查新店溪下、中、上游橋墩狀況

(七) 影響渦流形成因素之探討

1、 河床上凹洞對渦流之影響

(1) 凹洞大小之比較

(2) 凹洞種類之比較

2、 河床地勢對渦流之影響

3、 河床上阻礙物對渦流之影響

(1) 不同橋墩對渦流影響之比較

(2) 石頭大小對渦流影響之比較

## 三、 研究方法

(一)蒐集資料：由書籍、網路尋找相關的資料

(二)田野調查法：訪問地方人士

(三)野外考察：實地探勘觀察、紙筆紀錄、拍照、採樣

(四)實驗：資料討論、提出問題、陳述假設、預測結果、實驗設計、實驗紀錄、紀錄整理、分析與歸納結論、檢討與改良、實驗設計修改

## 四、 研究過程及結果

### (一)認識新店溪的水文與地形

方法：1、網路資料

2、實地探勘(3/30、4/1、4/6、4/7、4/14)

3、查閱「台灣的河流」、「台灣的水庫」、「台灣的特殊地形(北台灣)」等書。

結果：

1、新店溪全長七十三．三公里，全流域約一千平方公里，新店溪的上源是南、北勢溪。兩溪在新店市內龜山里雙溪口合流，是爲新店溪上游；從雙溪口到碧潭這一段是新店溪的中游；經永和、板橋至江子翠（古稱港仔嘴）入淡水河，是爲新店溪下游。

2、從新店到龜山所流經的這一段新店溪，有地形上頗具特色的「曲流」，曲流的兩岸呈不對稱的狀態；在新店溪上曲流發生最爲活躍的地方是在屈尺、廣興之間，新店的灣潭、直潭之間，以及龜山附近。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

## (二)調查新店溪易產生渦流地點

方法：1、網路資料

2、實地探勘(3/30、4/1、4/6、4/7、4/14)

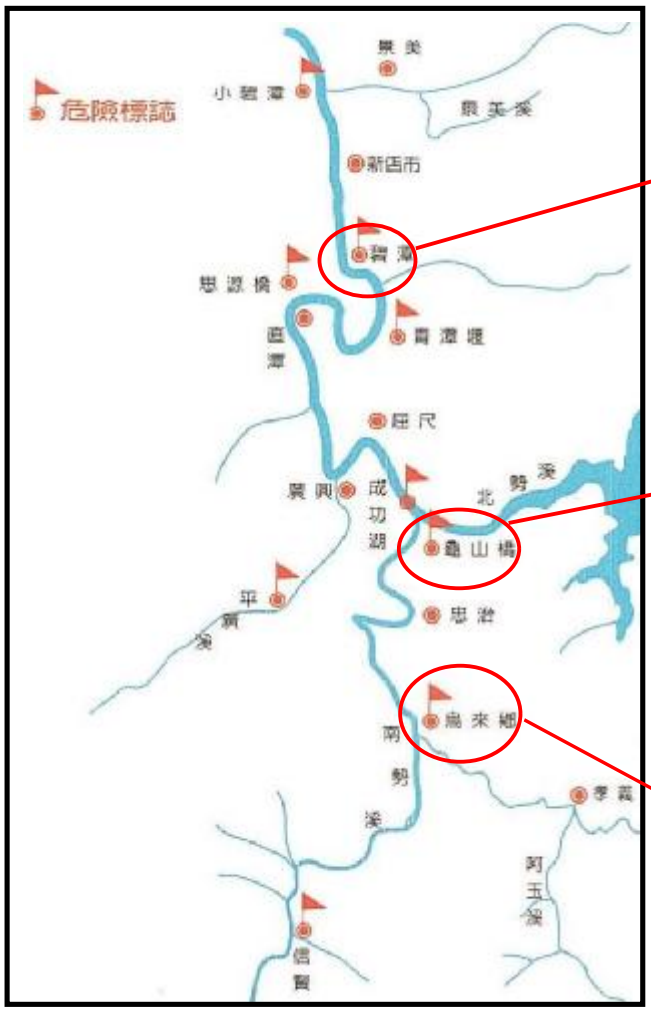
3、拜訪地方人士

結果：

1、根據網路資料顯示：「碧潭的岸邊非常陡峭，此地河水下切的力量最為強烈，陡岸下水流急、河水深、漩渦多，經常奪取了大意的游泳者生命。」我們可以很明顯的知道碧潭是一個有明顯渦流的地點。

2、消防局公布北縣五十四處危險水域及海域，其中包括新店青潭堰攔沙壩、思源橋、碧潭渡船頭、直潭壩、成功湖、龜山橋龜岩洞等，這幾個都是得納入參考的地點。

3、在碧潭岸邊經營天鵝船多年的老闆告訴我們:「碧潭最容易發生溺斃事件的地點是在最靠近山壁的地方，那裡水最深、渦流又很多」。




【新店溪流域主要危險水域圖】

危險地區(碧潭)

請勿下水(龜山橋)

警告標誌(烏來)



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

## (三)探討渦流形成因素與地點

### 1、渦流製作與觀察

方法：用底部鑿洞的透明 500cc 珍珠奶茶杯盛水實驗

步驟：（1）將透明 500cc 珍珠奶茶杯底部鑿洞

（2）將水倒入杯中裝滿

（3）手從洞口移開，讓水從洞口流出產生渦流

（4）觀察渦流

製造渦流

結果：

1、我們發現水從洞口流出時，由於大量的水經由小洞口向下流，會造成渦流，有時還會帶著細細長長的尾巴，左右擺動，就像地面的龍捲風一般。

2、渦流在一開始形成時，水面的氣泡會轉向中間，然後在中央位置自轉不移動，然後中間水面會漸漸往下凹，水也會隨著凹洞向下流，當水位越接近杯底時，長長的尾巴也會跟著出現。

3、渦流出現時，我們立即放入 BB 彈，試圖利用其觀察渦流的狀態，我們發現 BB 彈會在水面隨著渦流作水平的旋轉，然後慢慢向中間靠近，之後以旋轉的狀態被渦流向下吸。

### 2、 歸納渦流形成原因

方法：實驗觀察與記錄

結果：

1、在製造渦流的實驗裡，我們可以知道「洞」的存在儼然是渦流的形成要素。

2、在幾次的實驗裡，我們發現當「洞」被鑿得不平整時，會比平整的「洞」容易產生渦流，因此我們推測有一「阻礙」的因素會影響渦流的形成。

3、當將杯子拿起，然後快速地轉圈，我們發現渦流一定會出現而且非常明顯，轉速也增強很多，所以「外力」也將可能影響渦流形成。

4、歸納觀察結果，我們發現可能影響渦流行成因素有「洞的存在」、「阻礙物存在」、「外力介入」。

### 3、調查新店溪渦流形成地點

方法：1、實地探勘(3/30、4/1、4/6、4/7、4/14)

2、利用渦流探測器探測



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

結果：

1、經過幾次的實地探勘，我們發現容易產生渦流的地點有：

(1)橋墩旁 (2)石頭堆中 (3)大石頭旁 (4)排水管附近 (5)深潭處。

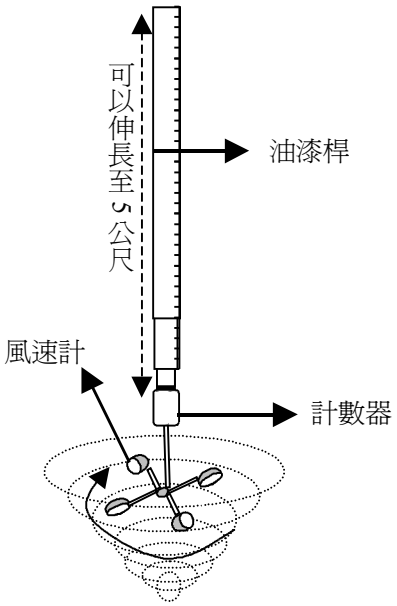
橋墩旁

石頭堆

大石頭旁

排水管上方

2、根據碧潭的調查訪問資料顯示，近山壁邊及水深處可能有渦流形成，因此特別設計「渦流探測器」進行探測以求證。

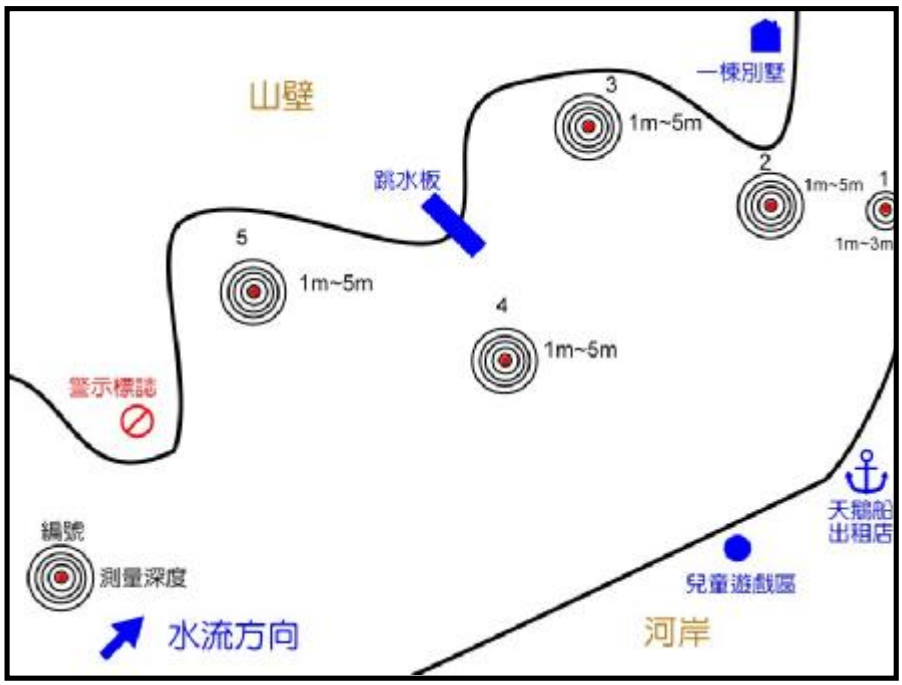



「渦流探測器」利用風速計來讓渦流帶動，其中有兩個相對半圓的方向是反向的，因爲如果是四個半圓都同向的風速計，即使一般的水流也會造成轉動，因此做了特別設計，只有渦流才轉得動。而計數的部分利用跳繩的計數器，只要風速計轉動就可以帶著轉一圈，便可以計數了。探測器主身是可以伸縮的 5m 油漆桿，方便攜帶收拾。

探測方式是將探測器垂直放入水中，大約一分鐘後拿出觀察所轉圈數，而每個測量點的每個深度皆施測五次。

圖二：【渦流探測器】

3、利用「渦流探測器」針對下列地點進行探測：




左圖爲探測器測量的地點分布圖，「1」爲碧潭深度比較淺的地點(約 300cm)；「4」爲碧潭深度比較深的地點；「2」爲山壁突出的地點；「3」、「5」爲山壁內凹的地點。

特別挑這個區域的原因是，此區域爲水深最深的區，也是常發生溺斃事件的地點，因此很適合來求證渦流的存在與否。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

表一：【渦流次數計數表】

| | 1m | 2m | 3m | 4m | 5m |
|---|---|---|---|---|---|
| 編號 1 | 1 | 2 | 4 | | |
| | 1 | 1 | 3 | | |
| | 1 | 2 | 4 | | |
| | 0 | 2 | 3~4 | | |
| | 1 | 1 | 4 | | |
| **平均** | **0.8/分** | **1.6/分** | **3.7/分** | | |
| 編號 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **平均** | **0.2/分** | **0.8/分** | **1/分** | **1/分** | **1.6/分** |
| 編號 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| **平均** | **0.8/分** | **1/分** | **0.6/分** | **0.6/分** | **0.2/分** |
| 編號 4 | 1 | 1 | 1~2 | 2 | 4~5 |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| | 1 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| | 0 | 0~1 | 1 | 1 | 4 |
| **平均** | **0.6/分** | **0.9/分** | **1.1/分** | **1.4/分** | **3.9/分** |
| 編號 5 | 1 | 2~3 | 2 | 1 | 1 |
| | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| | 1~2 | 2~3 | 2 | 1 | 1 |
| **平均** | **1.3/分** | **2/分** | **1.4/分** | **0.8/分** | **0.4/分** |

*數據代表每分鐘計數器轉幾圈；平均數代表單位分鐘所轉的圈數

一開始到碧潭觀察渦流時，無法從水面觀察到，因此推測渦流也許藏在水裡，所以才會有渦流探測器的想法出現，經由渦流探測器的測試，我們發現在容易產生溺斃事件的一些地點，可能真的有渦流產生在水裡，故依據實驗數據顯示，我們認爲「渦流可能產生在水面下」的推測是正確的。

根據調查結果，在靠山壁邊的調查點(編號 3、5)，水深 2m 處左右有比較多的圈數，也許正顯示那裡有比較強勁的渦流，而在接近湖中央的調查點(編號 2、4)，卻是在最深的地方有比較高的圈數數值。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

## (四) 新店溪曲流作用觀察

方法：1、由老師開車帶著大家分期(3/30、4/1、4/6、4/7、4/14)沿著新店溪流域作戶外觀察，觀察了碧潭、直潭、青潭、屈尺…等地。

2、由於曲流作用對地形的影響可能會是造成渦流的原因，因此我們將此一作用那入觀察項目，如：曲流作用向下侵蝕所形成的凹洞可能就是渦流形成因素之一「洞的存在」、曲流作用形成的小沙洲也許會形成溪流的阻礙物，因而造成渦流…。

結果： 我們發現「曲流」是新店溪最大的特色，從龜山而下進入中游一帶，例如：屈尺、直潭、青潭等，「曲流」現象越來越明顯。也因爲曲流作用，讓新店溪有多變的地形，在直潭有很大的沖積扇；在屈尺附近，我們觀察到溪中有小小沙洲；在碧潭的調查中，我們也發現由於曲流作用，讓碧潭靠山壁處(曲流外側)被向下侵蝕，造成曲流外側比內側深，也因此造成碧潭靠山壁處水深易產生渦流的現象。

直潭附近的曲流

碧潭的曲流

## (五) 碧潭地形調查與模型製作

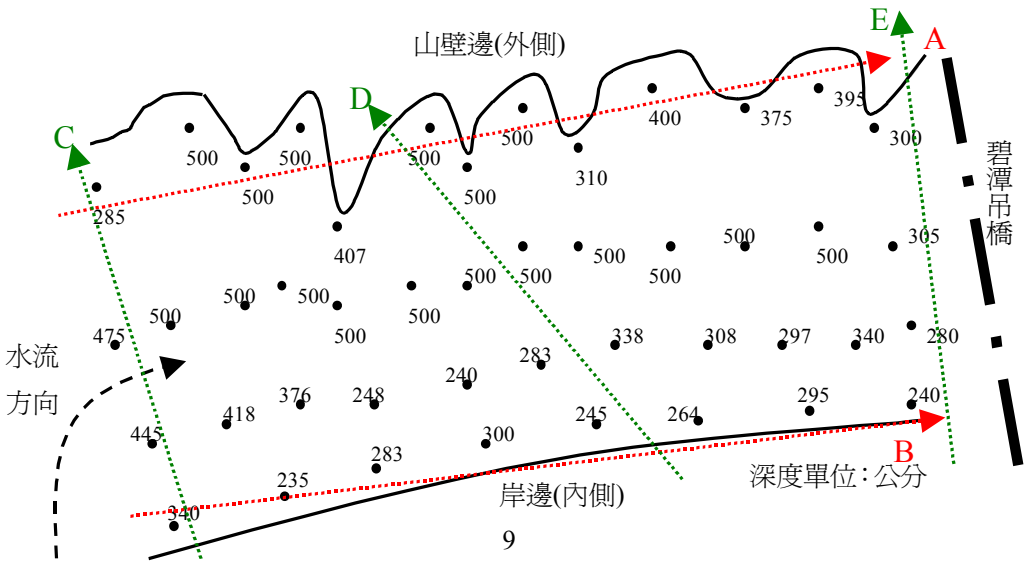
### 1、碧潭地形調查

方法：(1)實地探勘(4/28、4/7、3/23、3/16、3/9、3/2)

(2)碧潭爲新店溪流域最常發生溺斃事件的地點，而且又是曲流作用很典型的地形，很適合拿來做調查，而且是風景區的關係所以有提供天鵝船供遊客使用，正好可以成爲我們作調查時很方便的工具，且更可以進一步了解渦流效應與曲流作用的關係。

步驟：(1)乘坐天鵝船到碧潭上

(2)每前進約 5 公尺便將深度測量器投入水中，測量水深(記錄如下)





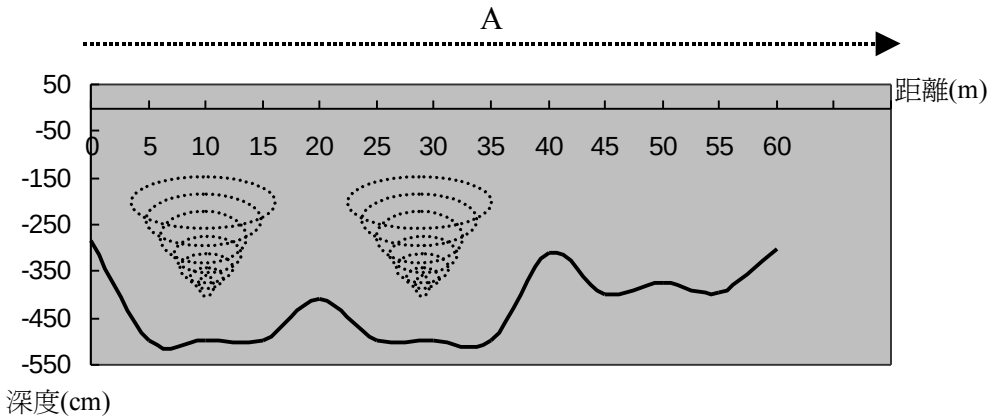

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

(4)繪製地形剖面圖

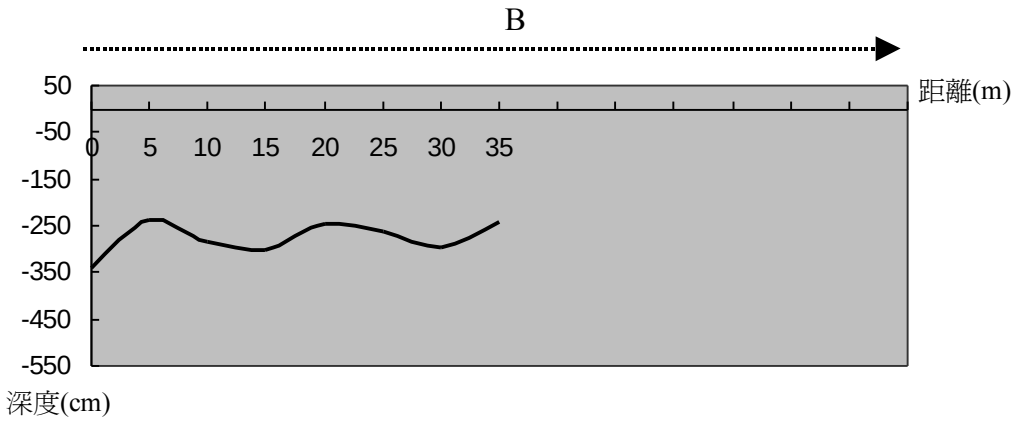
結果：

(1)由於深度測量器只有 5 公尺長，因此有許多測量點超出 5 公尺，因此僅以 5 公尺代表之。

(2)各區域地形剖面圖：



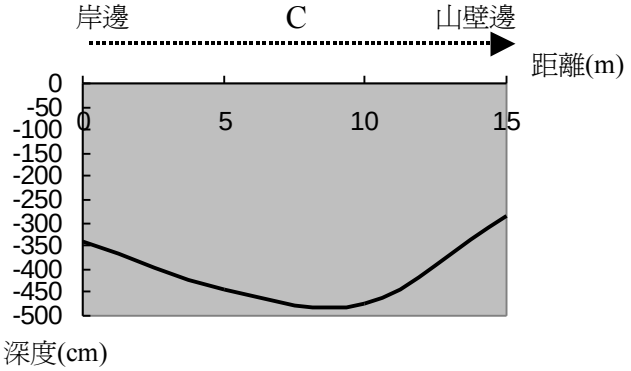

上圖為沿著山壁從入水處往碧潭吊橋方向的地形剖面圖，我們會發現在入水處有連接的兩個大凹洞，而此兩個凹洞也正是容易產生溺斃事件的地點，也是我們渦流探測的地點，此特殊的地形正是曲流作用的傑作，由於曲流作用，水流在入水處對山壁作直接的侵蝕，而山壁的阻擋造成水流向下侵蝕，因此造就了兩個凹洞，也由於凹洞而形成渦流使得凹洞加深加廣。



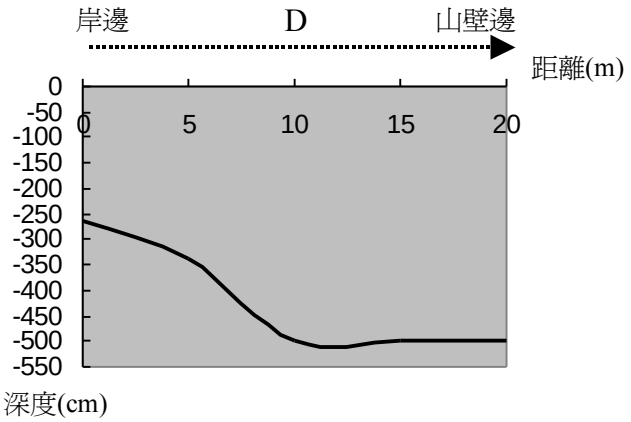

上圖為沿著岸邊從入水處往碧潭吊橋方向的地形剖面圖，我們可以很清楚地由比較發現，這一邊的地形比較平緩，而且比山壁邊的深度淺，這也正是曲流作用的特殊之處，此邊屬於曲流的內側，由於曲流作用會造成內側比外側深度淺。



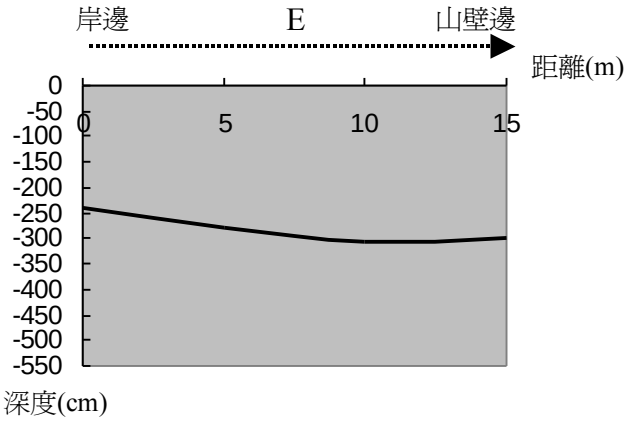
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com




上圖為靠近入水口從岸邊往山壁邊的地形剖面圖，我們很明顯的發現有一個大凹洞的存在，而且地勢由靠岸邊平緩的下降，到山壁邊則有急遽上升的傾向，這兩個現象就是曲流作用造成的差異。




上圖為碧潭中央從岸邊往山壁邊的地形剖面圖，從湖中心到山壁邊一帶都是比較深的深度，碧潭兩岸出現很大的差異。




上圖為靠近碧潭吊橋處從岸邊往山壁邊的地形剖面圖，也許是水流趨緩了，因此對地形的影響也就變小了，故地形也趨於平緩，兩岸的差異也變小了。

(3) 我們發現由曲流流進碧潭後，往下游的方向看去，潭底的地形趨於平緩，而以岸邊地形最平緩，以山壁邊地形最複雜，其中還存在兩個大凹洞。因此碧潭地形受曲流作用影響十分顯著。



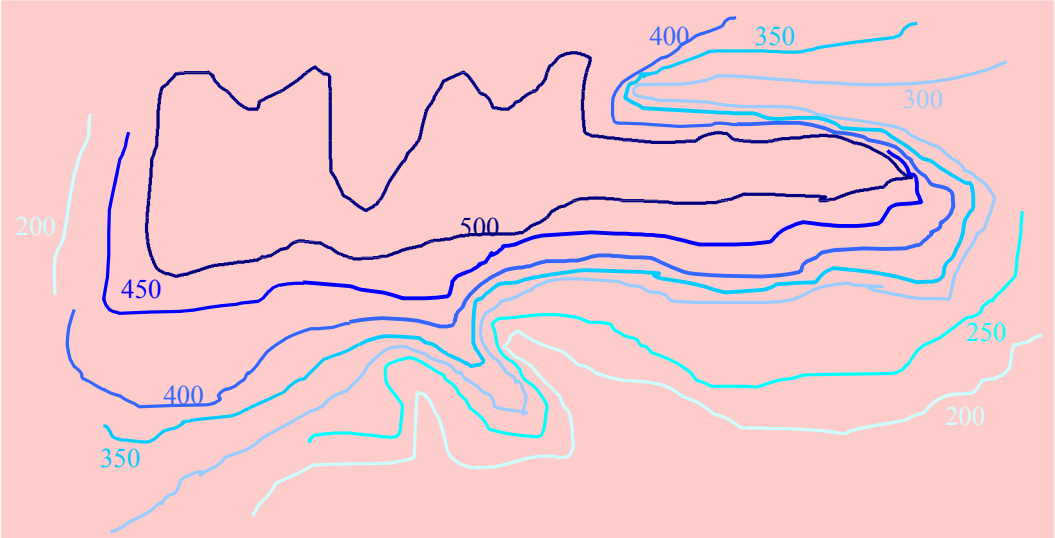
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

**2、碧潭模型製作**

方法：依據等深線圖，利用石膏和紙板製作出碧潭的地形模型

結果：

圖四：【碧潭潭底等深線圖】

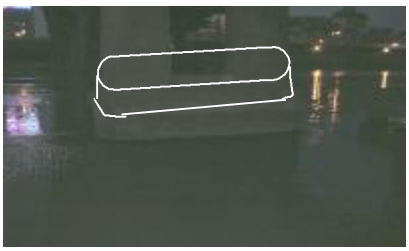
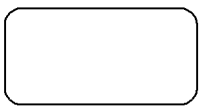
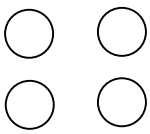
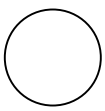



**(六) 調查新店溪下、中、上游橋墩狀況**

方法：實地探勘(3/30、4/1、4/6、4/7、4/14)

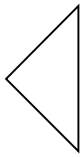
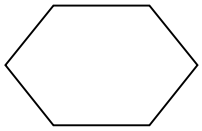
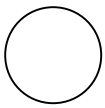
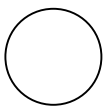
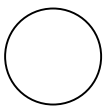
結果：

表二：【橋墩觀察比較表】

| 地點 | 照片 | 橋墩形狀 | 觀察敘述 |
|---|---|---|---|
| 中正橋橋墩(1) |  |  圓角矩形 | 利用圓角矩形底座支撐兩座圓形橋墩，我們發現，底座圓弧附近的水面狀態比較亂，有些許波紋，其他處皆平靜 |
| 中正橋橋墩(2) | |  四小圓柱 | 圓柱和圓柱間的水流狀態比較紛亂，有許多波紋 |
| 小碧潭附近 | |  圓柱 | 水急時，入水處常激起水花，而且水面波紋比較亂，其兩側也有許多波紋 |

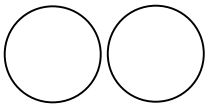
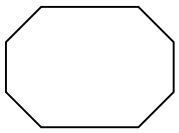


PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| 碧潭(1) | | <br>四方形 | 四方形底座四周皆有持續的波紋出現 |
| 碧潭(2) | |  <br>三角形 | 附近水面皆平靜，唯有頂點處出現小波紋 |
| 碧潭(3) | |  <br>六角形 | 六角形橋墩周圍一切平靜 |
| 青潭附近 | |  <br>圓柱 | 比較大的圓柱，入水處波紋很亂，其兩側也有許多波紋 |
| 屈尺附近 | |  <br>圓柱 | 水面較爲靜止，但水面泡泡會在圓柱一旁旋轉，橋墩周圍砂土皆被侵蝕，造成很深的凹洞 |
| 龜山橋橋墩 | |  <br>圓柱 | 如同屈尺附近的圓柱橋墩，只是此圓柱較小，因此產生的深度不及屈尺所看到的 |



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

| | | | |
|---|---|---|---|
| 烏來觀光大橋 | |  雙圓柱 | 兩圓柱比較靠近岸邊因此對溪流造成比較少的影響，只是在兩圓柱間發現些許波紋 |
| 烏來附近 | |  八角形 | 由於溪水比較急，因此無法看出橋墩周圍水深，但發現在橋墩的八個頂點處都出現紛亂的現象 |

1、通常在圓柱的橋墩附近都會發現底座地基被侵蝕沖刷的現象。
2、有角的橋墩通常水面比較平靜，而且在頂點處都會出現小波紋。
3、圓柱和圓柱間水面的紛擾情況，比一單一圓柱時還明顯。
4、以水面平靜程度排序：六角形 ＞ 三角形 ＞ 四方形 ＞ 圓角矩形 ＞ 八角形 ＞ 圓形 。

**(七)影響渦流形成因素之探討**

**1、河床上凹洞對渦流之影響**

**1- 1 凹洞大小之比較**

方法：倒水到鑿洞的透明 500cc 珍珠奶茶杯中，以三種不同重量的測量物觀察

步驟：（1）分別將六個透明 500cc 珍珠奶茶杯底部鑿以不同大小的洞
（2）大小是直徑 0.25cm、0.3cm、0.35cm、0.4cm、0.45cm、0.5cm 的圓
（3）在杯身標上刻度
（4）放入三種測量物
（5）將水倒入至滿位
（6）手從洞口移開，讓水從洞口流出
（7）觀察水位至何處會產生渦流
（8）觀察三種測量物狀態，以測量渦流旋轉力量



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

結果：

表二：【洞口大小比較表】

| 洞口大小 / 觀察項目 | **0.25cm** | **0.3cm** | **0.35cm** | **0.4cm** | **0.45cm** | **0.5cm** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 渦流產生水位 | 11.5cm | 10.5cm | 10.2cm | 10cm | 9cm | 5cm |
| 渦流尾巴有無 | ╳ | ╳ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 旋轉力量 | A：5<br>B：3<br>C：0 | A：6<br>B：3<br>C：0 | A：9<br>B：3<br>C：0 | A：3<br>B：3<br>C：1 | A：3<br>B：3<br>C：3 | A：3<br>B：3<br>C：3 |

A：BB 彈(0.14 克/顆)　B：橡皮塊(0.2 克/顆)　C：黏土球(1 克/顆)

1、渦流產生的水位隨著洞口變大漸漸降低。
2、除了 0.25cm 和 0.3cm 兩個洞口產生的渦流沒有尾巴外，其餘隨著洞口變大，尾巴越來越明顯。
3、洞口變大，可以帶動的 BB 彈數量也變多了(0.25cm~0.35cm)，而且力量也大到可以帶動黏土球(0.4~0.5)。

**1-2 凹洞種類之比較**

方法：將水流入模擬河床中的五種不同容器中，進行記錄與觀察
步驟：（1）在模擬河床中分別安裝五種不同的容器
（2）利用抽水馬達將水抽入容器中
（3）投入 BB 彈以觀察 BB 彈在容器內之行徑
（4）改以細砂放入容器內
（5）重複（2）之動作以觀察細砂的行徑
結果：

表三：【凹洞種類觀察紀錄表】

| | 圓盤 | 透明杯 | 寶特瓶底座 | 方形盒 | 漏斗狀 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0cm | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ |
| 20cm | ○ | ╳ | ╳ | ╳ | ○ |
| 40cm | ○ | ○ | ○ | ╳ | △ |

○：有渦流產生　△：渦流不明顯　╳：沒有渦流產生

1、在幾近水平的地勢時，五種容器都沒有渦流產生；當高度升到 20cm 時，圓盤和漏斗狀容器出現了渦流；高度到 40cm 時，圓盤、透明杯、寶特瓶底座、和漏斗狀容器都出現了渦流現象。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2、20cm 時，圓盤內的 BB 彈 5 轉速是 0.79(圈/秒)；40cm 時，圓盤內的 BB 彈轉速是 1.17(圈/秒)。

3、渦流出現次數：圓盤 > 漏斗狀 > 透明杯、寶特瓶底座 > 方形盒

**1-3 不同凹洞內的渦流狀態為何?**

方法：(1)將 BB 彈放入四種不同容器中並以水流入凹洞內，觀察 BB 彈的行徑

(2)用顏料滴入，必觀察霧狀顏料的動態

(3)四種凹洞：圓柱狀、方盒狀、漏斗狀、倒漏斗狀

步驟：（1）以水流入容器內

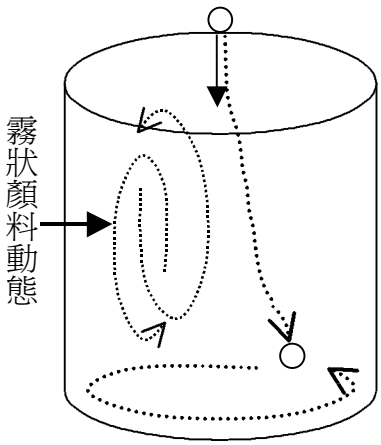
（2）將 BB 彈放入容器中

（3）觀察 BB 彈行徑並記錄

（4）以滴管將顏料滴入，並觀察霧狀顏料的狀態

結果：

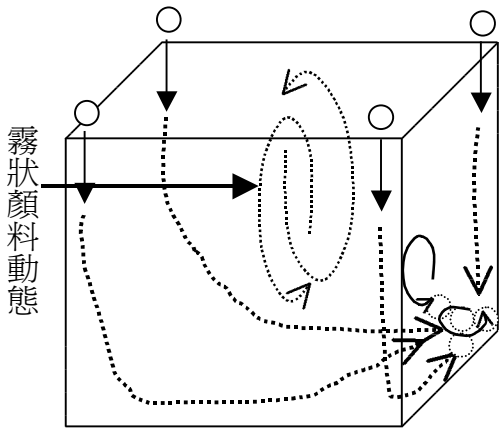
(1)<u>圓柱狀</u>：




1.當 BB 彈放下去後，會隨著水流稍微偏離原本方向，然後底部作旋轉運動，而用滴管將顏料滴入，我們發現霧狀顏料會先在底部水平旋轉一圈，之後往上升再向下沉，一直重複這樣的動作。

2.當我們使用大的圓柱容器(15cm 深)時，BB 彈的轉速是一分鐘約 1 圈；當使用小的圓柱容器(8cm 深)時，BB 的轉速是一分鐘約 30 圈。因此容器深淺也將會影響渦流的強度。

(2)<u>方盒狀</u>：

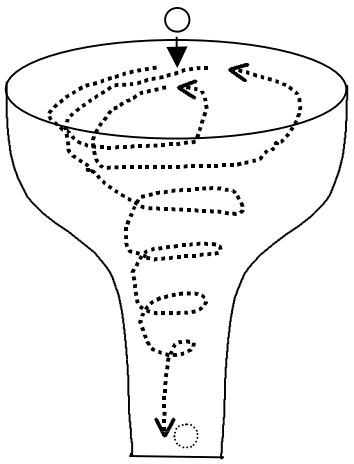



1. 不管從哪個方位放下 BB 彈，它都會跑到角落的地方聚集，而且開始在角落旋轉，有自轉也有兩三顆繞著同一圓心旋轉，有時還會上上下下起伏，只是起伏不大。
2. 滴入顏料後，我們發現霧狀顏料會呈現上下旋轉的現象。
3. 使用大的方盒狀容器(15cm 深)時，BB 彈的轉速是一分鐘約 15 圈；當使用小的容器(10cm 深)時，BB 的轉速是一分鐘約 27 圈。再次驗證容器深淺會影響渦流的強度。



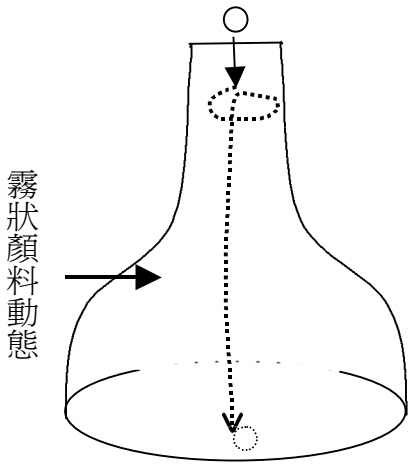
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

(3)漏斗狀：



1. 將 BB 彈放入之後，BB 彈會先在平口的地方旋轉，沒有一定軌跡地轉了好幾圈，有時會上上下下的轉動，最後以旋轉的方式被往下吸走。
2. 滴入顏料後，我們發現顏料會以水平旋轉的方式擴散，先在底下一會兒後再向上擴散。
3. 由於 BB 但最後會被吸到容器底端然後就不再浮起來，所以時間上的計算僅計算能轉動的時間；BB 彈的轉速是 30 秒約 18 圈。

(4)倒漏斗狀：




1. BB 彈放入在瓶口處轉了一圈後，隨即就往下掉，然後再也不動。
2. 顏料滴入之後，霧狀顏料慢慢擴散，沒有轉動的現象，最後一直留在瓶內，沒有向外散去。

(1)我們發現圓形的容器大都在底部作水平的轉動，而方形的容器，大多是在底部四個角落的地方作水平和垂直的旋轉。

(2)而在容器的中段的狀態，由顏料的觀察可以知道大多是呈現上下轉動的狀態。

(3)漏斗狀的容器似乎會產生比較強大的吸力的渦流，可以將 BB 彈吸下去，而且 BB 但很難再升起來。

(4)容器深淺會影響 BB 彈的轉速，根據觀察較淺的 BB 彈轉得比較快喔!

**1-4 渦流侵蝕程度與凹洞之關係**

方法：利用流水流過裝著細砂的容器，進而觀察渦流侵蝕細砂的狀況，並發現與凹洞形成的關係

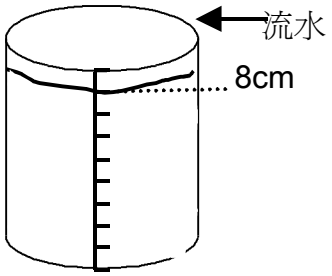
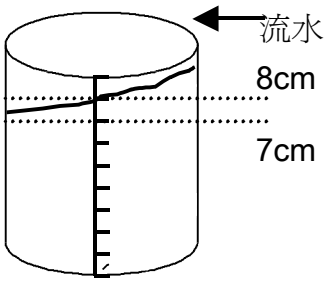
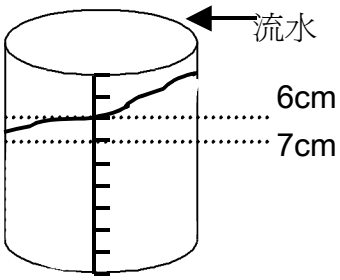
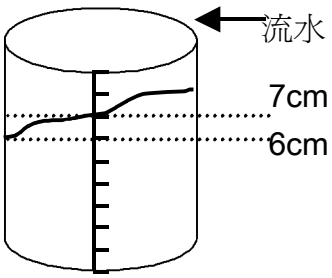
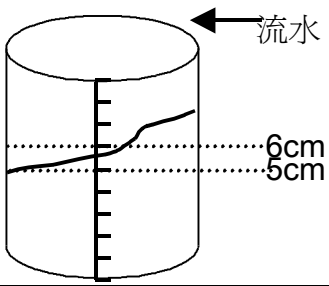
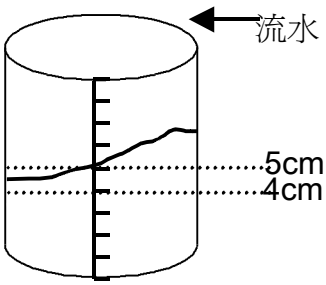
步驟：(1)將細砂裝入容器內

(2)將水流過容器之上

(3)觀察細砂被侵蝕狀況並記錄

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

(1)圓柱狀容器：

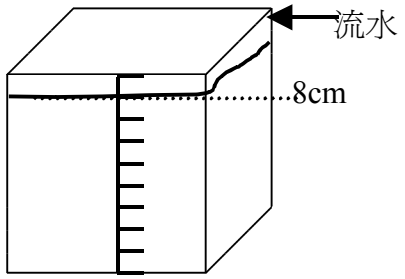
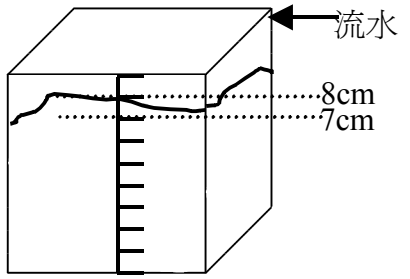
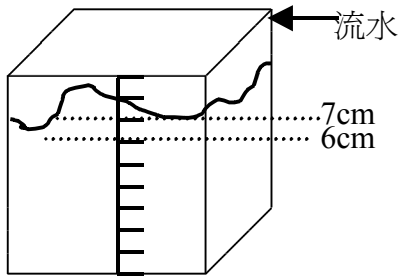
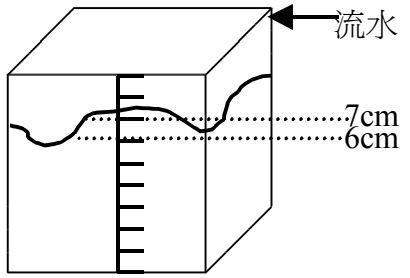
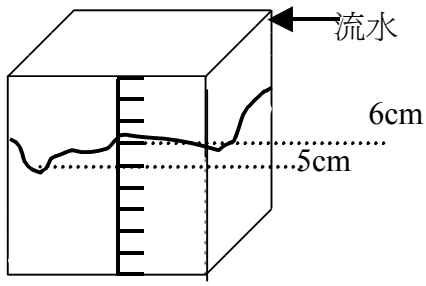
| 時間 | 觀察結果記錄 | 說明 |
|---|---|---|
| 5/31 |  | 一開始細砂裝填到八公分高的位置 |
| 6/1 |  | 經過一日的侵蝕，出水處的細砂被向上帶走，有些帶到入水處，造成入水處的細砂高度升到八公分以上，而出水處則被向下侵蝕降至七~八公分間。 |
| 6/2 |  | 出水處的細砂繼續被向下侵蝕，細砂平面已經降到六~七公分間。 |
| 6/3 |  | 出水處變化不到，但是從另一側觀察，發現其實侵蝕範圍變的很大，只是深度沒加深而已；而入水處則也被向下侵蝕到七~八公分間。而且在入水處和出水處各形成兩個凹洞，其中以出水處的凹洞較大。 |
| 6/4 |  | 出水處的細砂高度已經降至五公分，入水處的細砂高度也下降，而且俯視而看，我們發現凹洞變大了。 |
| 6/7 |  | 入水處和出水處的細砂高度又降低，凹動也變得比之前的大，但相同的是入水處總是比出水處高，而兩者的高度差異慢慢變小了。 |



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

8cm

(2)方盒狀容器：

| 時間 | 觀察結果記錄 | 說明 |
|---|---|---|
| 6/1 |  | 一開始填入細砂到八公分高。 |
| 6/2 |  | 經過一日侵蝕，已經造成細砂表面高低起伏的現象，而且在入水處的細砂比較深，在容器四個角落的細砂都有凹陷的現象。 |
| 6/3 |  | 再過一日，我們發現四個角落的凹洞更深了，而被挖走的細砂沉積在中央，造成中間隆起。 |
| 6/4 |  | 跟前一日相比沒有多大差異，只是細砂平面都有些微的下降，而且四個角落的凹洞越來越明顯了。 |
| 6/7 |  | 水流的波動已經變小了，而四個角落的凹洞依然明顯，出水處的砂平面比入水處的砂平面還要低，另外整個細砂平面也下降了許多，足見凹洞形成後向下侵蝕作用更明顯了。 |

結果：

(1)我們會發現出水處的細砂被侵蝕帶走的狀況比入水處的狀況明顯。

(2)圓形容器被侵蝕的狀態屬於在出水處被向下侵蝕，而方形容器被侵蝕狀態比較顯著在四個角落，四個角落被向下侵蝕的情況比其他地方明顯很多。

(3)一開始被侵蝕時速度還滿快的，最上層的細砂一下子就被帶走了，後來便趨於緩和，直到凹洞出現之後，加速了向下侵蝕的作用，之後會發現凹洞有越來越深、越來越大的傾向。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

**2、河床地勢對渦流之影響**

方法：以模擬河床分別進行五種不同地勢的測試

步驟：（1）將模擬河床一端固定，另一端放在不同高度的釘架上，以呈現五種不同的地勢

（2）利用抽水馬達將水抽入容器中

（3）投入 BB 彈以觀察 BB 彈在容器內之行徑

（4）改以細砂放入容器內

（5）重複（2）之動作以觀察細砂的行徑

結果：

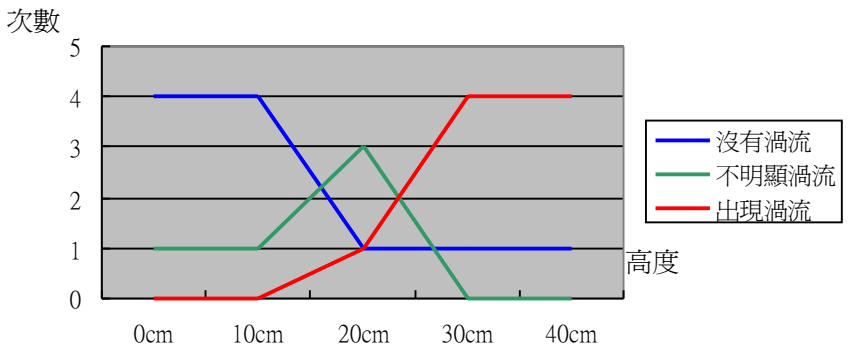
表四：【不同地勢觀察紀錄表(以 BB 彈觀察)】

| | 0cm | 10cm | 20cm | 30cm | 40cm |
|---|---|---|---|---|---|
| 圓盤 | △ | △ | ○ | ○ | ○ |
| 透明杯 | ╳ | ╳ | ╳ | ○ | ○ |
| 寶特瓶底座 | ╳ | ╳ | △ | ○ | ○ |
| 方形盒 | ╳ | ╳ | △ | ╳ | ╳ |
| 漏斗狀 | ╳ | ╳ | △ | ○ | ○ |

○：有渦流產生　△：渦流不明顯　╳：沒有渦流產生

1、當高度爲 0cm(水平)、10cm 時，我們發現除了圓盤有不明顯渦流外，其他容器都沒有渦流產生；當高度升高到 20cm 時，渦流漸漸形成；當高度爲 30cm、40cm 時，渦流很明顯的在各種容器出現。

2、　　表五：【渦流出現次數總統計表】




我們發現隨著地勢高度變高，出現渦流的次數也隨著增高。

**3、河床上阻礙物對渦流之影響**

**3-1 不同橋墩對渦流影響之比較**

方法：利用五種不同的模擬橋墩放在河床上的沙堆中，以水流沖刷進行觀察

步驟：（1）在模擬河床上鋪上一層砂並放置模擬橋墩

（2）利用抽水馬達將水抽到河床上

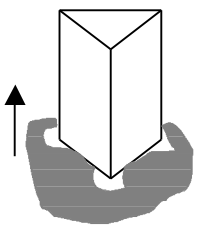
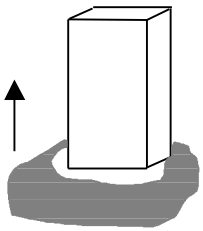
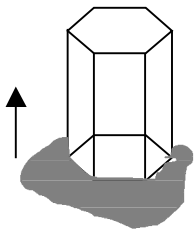
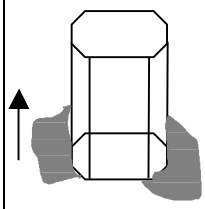
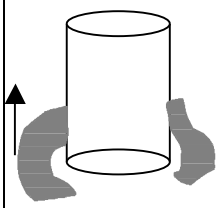
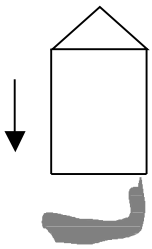
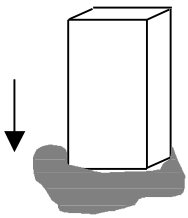
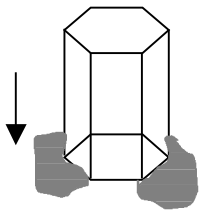
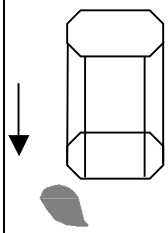
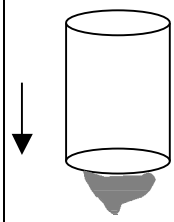
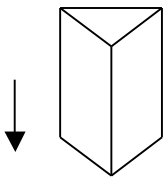
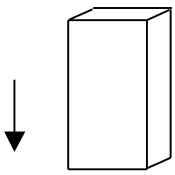
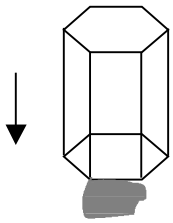
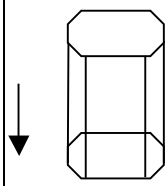
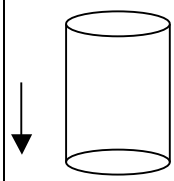
（3）讓水沖刷一段時間後，進行觀察記錄



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

結果：

表六：【不同橋墩影響記錄表】

| | 三角柱 | 四角柱 | 六角柱 | 八角柱 | 圓柱 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0cm |  |  |  |  |  |
| 20cm |  |  |  |  |  |
| 40cm |  |  |  |  |  |
| 水流方向 | 以 ↓↑ 表示 | | | | |

1、五種橋墩在水平沖刷時差異最明顯，其中圓柱周圍的砂被沖刷最多，六角柱周圍的砂幾乎沒被沖走，很平穩的留在原地。

2、沖刷砂量比較：圓柱 > 八角柱 > 四角柱 >三角柱 >**六角柱** 。

3、針對「圓柱」來看，在高度 0cm 時，入水處的砂都被沖走，只留下柱後的一些砂，而且我們發現沖刷過程中，水流在圓柱兩側出現一些紛亂，細砂也出現不固定方向轉動；在高度 20cm 時，僅僅剩下後方一堆砂；高度 40cm 時，細砂完全被沖走。

4、針對「八角柱」來看，在高度 0cm 時，前方的些許細砂被沖走，而且我們發現有細砂在入水處的頂點做不固定方向的轉動；在高度 20cm 時，留下後方一堆砂；高度 40cm 時，細砂幾乎都被沖走，後方留下少少的細砂。

5、針對「四角柱」來看，在高度 0cm 時，入水處有一「凵」形的細砂被沖走；在高度 20cm 時，也是留下後方一些砂；高度 40cm 時，細砂都被沖走。

6、針對「三角柱」來看，在高度 0cm 時，只有頂點處的細砂被沖走，被沖刷痕跡呈現扇狀，而且裡頭有一些細砂做不固定方向的轉動；在高度 20cm 時，也是留下後方一些砂；高度 40cm 時，細砂都被沖走。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7、針對「六角柱」來看，在高度 0cm 時，水面平靜，細砂沒有動靜；在高度 20cm 時，只有後方的細砂有明顯被沖刷；高度 40cm 時，柱後仍留有一些細砂。

8、在柱體的頂點處會發生類似渦流的轉動現象。

### 3-2 石頭大小對渦流影響之比較

方法(Ⅰ)：利用五個不同大小的塑膠塞放在河床上的砂堆中，以水流沖刷進行觀察

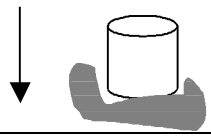
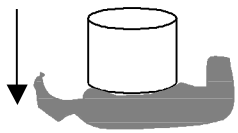
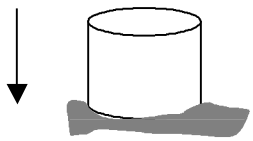
步驟：（1）在模擬河床上鋪上一層砂並放置大小不一的塑膠塞

（2）利用抽水馬達將水抽到河床上

（3）讓水沖刷一段時間後，進行觀察記錄

結果：

表七：【塑膠塞大小觀察記錄表(1)】

| 塑膠塞大小 | 沖刷後圖示 | 觀察敘述 |
|---|---|---|
| 2.3cm | | 前方細砂被沖刷，遺留下「半月形」的痕跡 |
| 2.8cm | | 前方的細砂變少了，兩旁的細砂也被沖刷了一些 |
| 3.6cm |  | 前方的細砂已經不見了，水流延著圓形外緣向後方沖刷 |
| 4.6cm |  | 跟之前情況差不多，只是兩旁的細砂變少了 |
| 5.3cm |  | 只剩下後面的一些細砂 |

方法(Ⅱ)：利用五個不同大小的塑膠塞放在凹洞前的左、中、右三位置，以水流沖刷進行觀察

步驟：（1）在模擬河床的容器前方左、中、右三位置放置大小不一的塑膠塞

（2）利用抽水馬達將水抽到河床上

（3）將 BB 彈投入容器中，並觀察與記錄 BB 彈的行徑



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

結果：

表八：【塑膠塞大小觀察記錄表(2)】

地勢高度：(0cm)

| | 2.3cm | 2.8cm | 3.6cm | 4.6cm | 5.3cm |
|---|---|---|---|---|---|
| 中間 | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ |
| 左邊 | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ |
| 右邊 | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ |

(20cm)

| | 2.3cm | 2.8cm | 3.6cm | 4.6cm | 5.3cm |
|---|---|---|---|---|---|
| 中間 | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ |
| 左邊 | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ |
| 右邊 | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ | ╳ |

○：有渦流產生　△：渦流不明顯　╳：沒有渦流產生

(40cm)

| | 2.3cm | 2.8cm | 3.6cm | 4.6cm | 5.3cm |
|---|---|---|---|---|---|
| 中間 | ╳ | △ | ○ | ○ | ○ |
| 左邊 | ╳ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 右邊 | ╳ | ○ | ○ | ○ | ○ |

○：有渦流產生　△：渦流不明顯　╳：沒有渦流產生

1、或許是塑膠塞太小的原因，在高度 0cm、20cm 時，都沒有渦流產生，無從比較。
2、在高度 40cm 時，從直徑 2.8cm 的塑膠塞開始就有明顯渦流產生，而且隨著塑膠塞越來越大，我們發現窩流的形成越來越明顯。

# 伍、討論

一、新店溪流域以曲流爲最明顯的特色，也正是因爲此原因，造就新店溪許多變化的地形；探究「曲流作用」，我們發現在曲流的外側與內側有不一樣的深度，在外側的水深往往比內側水深還深，這正是此作用向外、向下侵蝕的結果，最明顯的地點就是碧潭。在碧潭靠山壁邊的水深皆比岸邊的水深深，如此在山壁邊也往往暗藏渦流，經由「曲流作用」外加「渦流效應」加深作用，使得碧潭山壁邊的水深有加深的趨勢。

二、在調查新店溪橋墩狀況時，由於橋墩大多位於溪流中，因此很難測量橋墩周圍的水深，比較不能很直接觀察到侵蝕的作用，也因此需要由實驗來彌補這一分面的不足。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

三、碧潭渦流計數的實驗中顯示，在靠近山壁邊處，越接近水面渦流轉動次數增加，而且以 200cm 深處的計數最多，而在潭中間處，則是相反結果。我們覺得這個現象其實滿符合一些實際狀況，由於溺斃的地點大多發生在山壁邊，而一個成人的高度大約在 150~180cm 間，此高度正好接近渦流轉動次數較多的地方，因此推斷比較容易發生溺斃事件。

四、經過深度調查結果顯示，在接近碧潭山壁處，有一區域深度皆超過 500cm 以上，而此區域也正是「水深危險」、「容易溺斃」的區域，而且經過觀察與討論，我們更發現造成此一地形的一個很大原因正是「曲流作用」，此區域正好在新店溪轉彎進入碧潭首當其衝的位置，如同討論一所示造成此特殊地形。

五、在製造渦流的實驗裡，我們試從一些試驗去找出渦流形成的因素；我們發現當「洞」被鑿得不平整時，會比平整的「洞」容易產生渦流，所以我們推測有一「阻礙」的因素會影響渦流的形成。而當快速轉圈、以手攪動時，渦流一定會出現而且非常明顯，轉速也增強很多，所以「外力」也將可能影響渦流形成。從而推論出渦流形成的因素。而經過實際探勘，我們也發現現實與我們推論吻合。

六、從 P12.表二的實驗數據中，我們求得有尾巴的渦流通常轉速和力量都比較大，而且隨著帶動越多的測速物，渦流尾巴的寬度也跟著變寬了。我們推論這是因爲洞口變大後，向下流的水量變多，很容易帶動洞口周圍的水向下流，造成尾巴現象；而當洞越大時，向下流的水變多，力量也隨之變大。

七、凹洞對渦流影響實驗部分，從實驗結果發現，大的凹洞所產生的渦流轉速比小凹洞產生的渦流來得快及大，因此在溪流中要避免大凹洞的出現，特別是橋墩處以及岸邊，否則通常會造成地基被侵蝕而塌陷。

八、地勢對渦流的影響通常是形成外力的因素，因爲地勢越高，水向下衝的力量越大，造成一股外力，所以我們發現許多在地勢低處沒有窩流產生的觀察點，當地勢漸漸升高時，渦流的現象也越來越明顯，推斷是因爲地勢而造成的外力所致。

九、在阻礙物對渦流影響的實驗中，阻礙物大小確實影響泥沙的沖刷程度，由於沖刷程度的不同，造成的凹洞也會不同，因此多多少少影響窩流的形成，尤其阻礙物越大可能被沖刷出來的凹洞也會比較大，隨之形成的渦流也有變大的趨勢。

十、在許多橋墩之中，我們發現角越多被沖刷的程度越明顯，但卻發現六角形呈現一個比較穩定的狀態；但在我們的戶外調查中，採用圓柱橋墩的比較多，因此也看到許多地基被沖刷的現象；但在許多新的建築中，以採用角形的橋墩，例如：北二高的橋墩爲三角狀或六角狀，顯示慢慢有人注意到這個問題。而依我們的調查研究結果，我們強烈建議採用六角狀的橋墩比較安全。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

十一、利用渦流探測器進行研究時遇到一些難題，由於每次上天鵝船就要花費近五百元，所以不能進行太多次的測試，因此我們僅僅只能在同一天對同一地點進行多次施測，無法取得在不同的時間季節的資料；而且在探測時由於底下有強勁水流、另外天鵝船會隨波逐流，往往在一地點施測太久都會偏離到他處，基於此原因我們在每一次施測，也僅僅只能花一分鐘時間，時間太多會有更大誤差。在我們得到的渦流旋轉圈數資料，發現渦流次數似乎沒有預期中的多，照理說如果渦流夠強勁，旋轉次數也應該會很多才對；我們推測也許是研究器材的問題，也許是當初製作研究器材時，沒有注意到計數器的靈敏性，因此要讓風速計轉動要花比較大的力量，也造成計數上的誤差。

# 陸、 結論

一、新店溪流域是一個曲流多的溪流，特別是中、下游一帶，其中碧潭地形的形成正是「曲流作用」及「渦流效應」交互作用的結果。

二、渦流形成的因素有：

(1) 「凹洞的存在」：1、洞口越大，越容易形渦流。
2、規則狀的凹洞比不規則凹洞容易形成渦流。

(2) 「阻礙物存在」：1、阻礙物越大，周圍泥沙較容易被沖刷，容易產生大凹洞，進而影響渦流形成。
2、圓柱橋墩周圍泥沙容易被沖刷，而角狀橋墩則反之。

(3) 外力介入：地勢越高，產生渦流的現象越明顯。

三、地形的形成原因並非單一因素造成的，在我們的探討中，渦流只是原因之一，實際上一定還有許多其它因素彼此互相作用，才會有今天的地形出現。

四、建議橋墩未來改以六角狀橋墩，這可避免河床被沖刷而造成地形破壞及生命威脅。

五、渦流效應和曲流作用有著密不可分的關係，在碧潭的探察與研究中，我們就可以很明顯發現曲流作用造就的地形加速渦流效應；而兩者更是影響地形的兩大原因。

六、經過這次的研究，深覺我們的一個行爲可能會破壞大自然幾千萬年來的孕育結果，因此在未來進行造橋、截彎取直……等河道工程時，應該要深思是否會造成更大的副作用。我們知道要更關心、更愛護生活的這片土地。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

# 柒、 參考資料及其他

一、國民小學自然與生活科技第三冊第三單元。新店：康軒文教事業。(民 92)。
二、黃兆慧。台灣的水庫。新店。遠足文化事業有限公司。(民 91)。
三、林孟龍 王鑫。台灣的河流。新店。遠足文化事業有限公司。(民 91)。
四、王鑫。台灣的特殊地形~北台灣。新店。遠足文化事業有限公司。(民 91) 。
五、新店市公所網頁。http://www.hsintien.tpc.gov.tw/。
六、北縣特殊自然景觀網頁。http://tour.tpc.gov.tw/TourInfo/Special/index.asp。



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

## 評 語

080501 國小組地球科學科 第三名

深藏不露！？渦流效應對新店溪流域地形形成的探討

1. 實驗器材及器材設計深具創意並有實用性，研究精神佳。

2. 主題研究的延伸性質佳，可供未來研究參考。