

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 物理科

佳作

080104

看誰「墩」得穩

—不同橋墩斷面受力穩定度與淘空研究

學校名稱：臺東縣臺東市豐榮國民小學

作者： 小六 陳乃瑄 小六 林嵩勛 小六 趙 晴	指導老師： 郭祐慈 李佳玲
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：橋墩、穩定度、淘空

# 作品名稱：看誰「墩」得穩－不同橋墩斷面受力穩定度與淘空研究

## 摘要

八八風災造成傷亡無數，幾條重要對外聯絡橋樑斷裂，交通中斷，影響人民生活。本實驗利用油土塑造各種形狀模型模擬橋墩，並觀察橋墩迎水斷面受力大小，橋墩迎水面淘空和左右淘空，以及橋墩背水面流水沖刷的情況。從橋墩穩定度方面得知，河床枯水期期間，橋墩迎水面為方形較容易受水衝擊而搖動，而橋墩迎水面非方形則有較佳的穩定性；豐水期期間，橋墩為正圓及梭形的受水衝擊後仍能穩定，尤其梭形在大水衝擊下仍能穩健的佇立；另外在橋墩淘空方面，迎水面具流線弧度可有效減緩淘空情況，其中圓形與梭形淘空面積最小，可有效減低橋斷裂的危機，背水面河道沖刷方面得知，導流板為尖角形狀者具良好導引水流的效果，而圓弧則有集中水流的作用。

## 壹、研究動機

地球生病了嗎?每天在學校老師們都努力告訴我們：「地球只有一個」，愛護地球的重要性，一直以爲這些都是書本上的事情，一直到八八水災，大水臨到家門口，橋毀、路斷……新聞畫面不斷重覆播放知本金帥飯店倒塌、橋沖毀的畫面，我才驚覺，劇烈的氣候變化，跟我每天遊玩的土地是密不可分的。莫拉克風災，兩天兩夜的豪大雨，造成瞬間暴雨，湍急的水流夾雜大量泥砂，造成家鄉重大災情，這些多災多難的地區，又幾乎是我們原住民居住地或是傳統領域。特別若是聯外橋樑沖斷，對部落而言，不僅造成救援困難，更讓居民陷入如孤島般的絕境。但是，我聽阿公們說—以前颱風雖然也會造成災情，卻不會這樣嚴重，橋樑並不會這樣應聲折斷，總是逐步沖刷…要撤離，時間也不會太倉卒，但是像近幾年，橋樑總在瞬間斷裂，生命財產完全沒有保障。因此，面對近年極端的氣候變化，橋樑應如何加強橋墩基礎的穩固性？哪種形狀的橋墩更能耐受洪水瞬間的衝擊？如何改善橋墩受水流沖刷的情況？如此才能爭取更多求生的關鍵時間，並保護摯愛家園。

相關教學單元：五上「力與運動」單元\_如何測量力的大小與運動所產生的影響。

## 貳、文獻探討

全球氣候異常，許多地區近年陸續發生許多創下紀錄的極端氣候情況，包括異常的洪水、熱浪、風暴與冷鋒，台灣自然也無法自外此狀況。每年6月至9月是台灣的颱風季節，夏、秋兩季平均都有三到四個颱風侵襲臺灣，颱風爲台灣提供充沛的水分，但由於降雨空間和時間分佈十分不均，經常引發洪水與土石流災害，近年更因氣候劇變之故，瞬間暴雨往往造成橋段路坍、對外交通全然中斷的重大災情(表一)。2007年聖帕颱風台中后豐橋墩因不敵洪水沖刷斷裂，多輛汽車墜溪，洪水威力震驚社會，2008年卡玫基、鳳凰颱風致使北港溪暴漲，雲林縣復興鐵橋禁不起颱風折騰，橫跨北港溪的鐵軌嚴重扭曲、變形，河道僅存一座橋墩苦撐，橋墩成爲橋樑強固與否的指標，2009年莫拉克颱風的狂暴雨量更重創南台灣，台鐵屏東線之林邊溪橋3座橋墩和4孔橋梁遭沖毀，連接高雄縣林園鄉與屏東縣新園鄉的台17線雙園大橋，也因爲高屏溪大量沖刷導致橋墩斷裂，長達約465公尺的橋面墜入溪中，台鐵南迴線南太麻里橋等二座橋墩也因大水被沖斷，太麻里路段路基流失約750公尺，畫面怵目驚心，令人萬分驚恐。現今橋墩的設計形狀多採細長橢圓形、圓形端鼻、群柱形、尖形、圓柱形，但這樣規劃的橋墩品質，已經無法因應日益劇變天氣所帶來的豪大雨量，且從洪水沖刷情況可知，橋墩正是決定橋樑是否強固的指標。

表一、高屏地區曾發生之沖刷斷橋事件

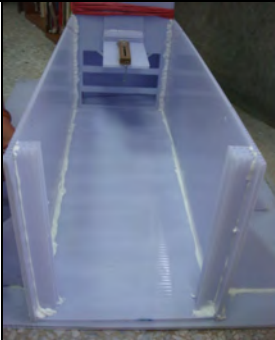








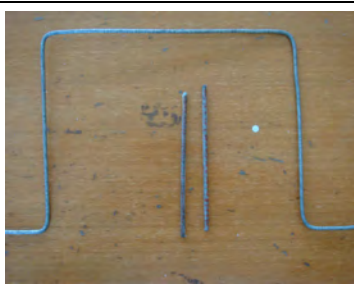

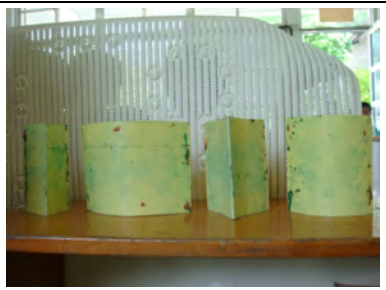
時間	地點	毀損狀況
82年夏	新埤鄉新埤大橋	颱風來襲造成橋面沖失75公尺，該橋所在的力力溪常年有人在上、下游盜採砂石。
85年8月賀伯颱風	新埤鄉新埤大橋	橋面北上車道塌陷近300公尺，有關單位懷疑與盜採砂石有因果關係。
	里港鄉里港大橋	橋面塌陷250公尺。
	高樹鄉高美大橋	橋面塌陷110公尺。
88年8月	高樹鄉高美大橋	修復後的橋面再度塌陷近百公尺，橋面封閉迄今，工程單位及檢調單位均懷疑與濫採砂石有關，導致荖濃溪河到偏移，雖然施工單位加強基樁深度仍無法挽救。
89年8月22日	高樹鄉高美大橋便橋	在高美大橋封閉期間設置的便橋，也在碧利斯颱風來襲時損壞，近百公尺的橋面斷成三截。
89年8月27日	屏東市高屏大橋	橋面塌陷100公尺。

高屏地區曾發生之沖刷斷橋事件(中國時報2000.08.28)

## 參、研究目的

- 一、利用塑膠瓦楞板製作河道(模擬河道)。
- 二、利用油土製作不同橋墩形狀。
- 三、探討在不同水流流量下，其瞬間流量對不同形狀橋墩所造成的衝擊影響。
- 四、探討在固定水流流量下，不同形狀橋墩結合不同形狀導流板對橋墩左右淘空與迎水面淘空及橋墩背水面流水沖刷的情況。

## 肆、研究設備及器材

照片			
說明	透明長形渠槽 模擬河流水道	彈簧秤 測量水的衝擊力	儲水槽 注入水量
照片			
說明	制水閘門 控制出水量大小 (分別為低中高)	矽立康 黏著瓦楞版	油土 包覆保利龍球捏塑出橋墩 形狀與防水
照片			
說明	水桶(7公升) 儲水用	電子秤 測量模型重量	熱熔槍 黏著瓦楞版細縫
照片			
說明	U形鐵絲、刻度棒 以U形鐵絲當作水平線 輔以刻度棒測量淘空面積 與沖刷深度	彩油石 模擬河床砂石	塑膠導流板 加於橋墩模型之後方導引 水流

照片			
說明	攝影機 拍攝實驗過程	插花海綿磚 墊高於儲水朝內使得水流 可以和低水位出水口平行	水平儀 使河道上砂石呈現水平

## 伍、研究方法

本試驗先繪製草圖模型(圖一、圖二)，經討論後採用塑膠瓦楞板槽進行水流流況的模擬(圖三)，探討不同橋墩迎水斷面受力穩定度，以及橋墩左右與迎水面淘空和不同形狀導流板對背水面水流沖刷的影響，實驗分成兩個部分探討：第一為不同橋墩迎水斷面受力的穩定度，以改變不同橋墩形狀、水流流量對於橋墩穩定度的影響，並藉由彈簧的拉力來研判橋墩穩定度，進而提出安全且適宜之橋墩形狀；第二為橋墩淘空的影響，探討在固定水流流量下，不同形狀橋墩結合不同形狀導流板，對橋墩左右與迎水面淘空與橋墩背水面流水沖刷的情形，以提出能減少橋墩沖刷的建議，本試驗步驟依上述兩部分分述如下：

### 一、不同橋墩迎水斷面受力的穩定度

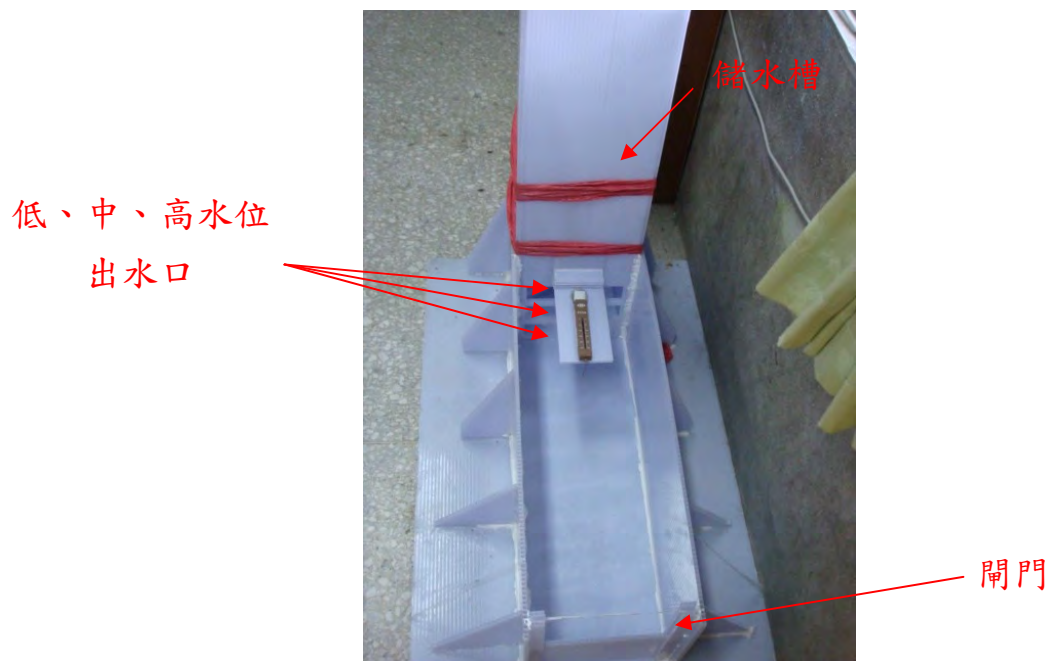
(一)、於紙上畫出設計圖，再製作渠槽模型形狀。



圖一、模型草圖

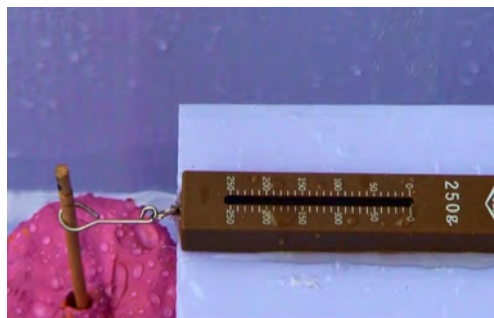


圖二、模型草圖



圖三、渠槽模型

- (二)、油土製作各種橋墩形狀，並放入水中測試油土在水中的穩定度，經由多次測試找出最適宜的重量為600公克。
- (三)、河床枯水、豐水水量之決定(豐水期區分低閘門、高閘門)。
- (四)、水流流量之決定(分為低、中、高水位，而高水位高度為模型的2/3處)。
- (五)、開啓水閘門，進行水流沖刷，利用彈簧拉力之變化來觀察橋墩穩定度。
- (六)、利用攝影機拍攝每一組實驗過程，從攝影機中擷取瞬間拉力克數將他紀錄下來(圖四)。



圖四、克度擷取

- (七)、紀錄完後更換下組配置。

## 二、橋墩左右淘空和不同形狀導流板對背水面水流沖刷的影響

- (一)、將彈簧秤先取下，以瓦楞板和油土封住高水位與低水位出水口，並將中水位出水口的左右兩邊個擋住5公分(經多次測試找到最佳水流量)，讓出水高度與橋墩模型一樣高。

(圖五)

- (二)、儲水槽內用海綿磚墊外加瓦楞板蓋上，高度和中水位平行，使得水流能從儲水槽內平

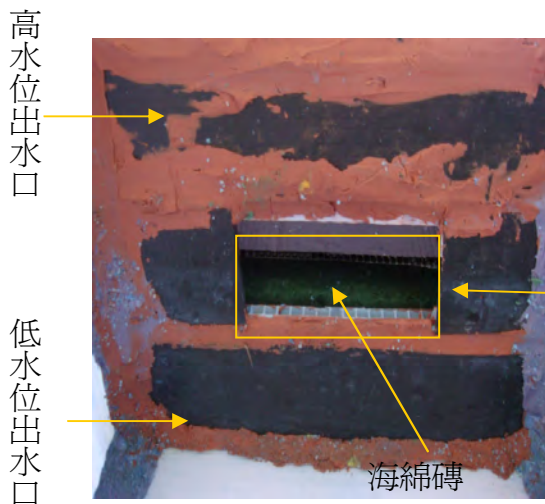
行流出。(圖五)

(三)、河道上鋪滿彩油石，高度也與中水位齊高，並輔以水平儀檢視水平狀態。(圖六)

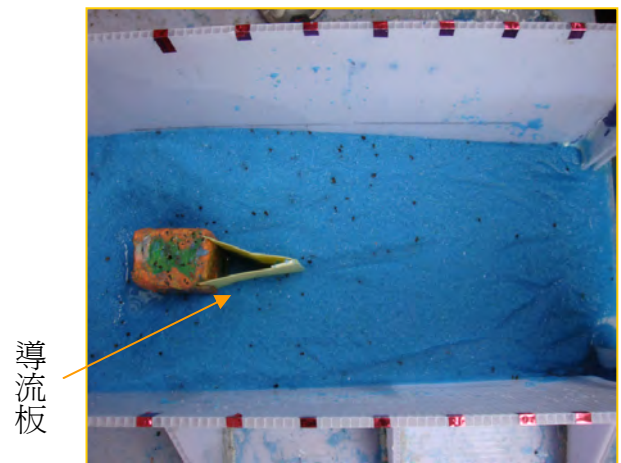
(四)、分別將長方形、梯形、三角形、圓形依序加裝大圓弧、小圓弧、三角形、Y形導流板，將模型至於河道1/3處。(圖六)

(五)、倒入7公升的水，觀察不同形狀橋墩結合不同形狀導流板，對橋墩左右與迎水面淘空及橋墩背水面流水冲刷的情形。

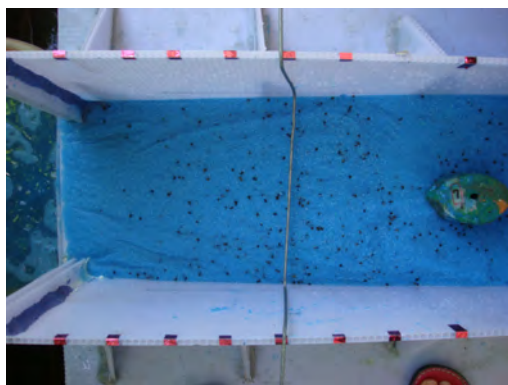
(六)、以U形鐵絲固定於河道兩側當作水平儀線、刻度棒測量長度與深度(圖七)；淘空體積以長\*寬\*高計算。河道兩側於模型後方每五公分貼上彩色膠帶(圖七)，用以測量橋墩背水面冲刷路徑之深度與長度(圖八)。



圖五、橋墩模型



圖六、河道鋪彩油石



圖七、U形鐵絲固定於河道兩側



圖八、測量橋墩冲刷路徑之深度與長度

## 陸、研究結果與討論

### 一、河床乾涸期的橋墩穩定度變化

(一)、操縱變因—1、出水量的多寡，分成低水位、中水位、高水位。

2、橋墩形狀，分成長方形、三角形、正方形、平行四邊形、梯形、



正圓形、梭型、I型。

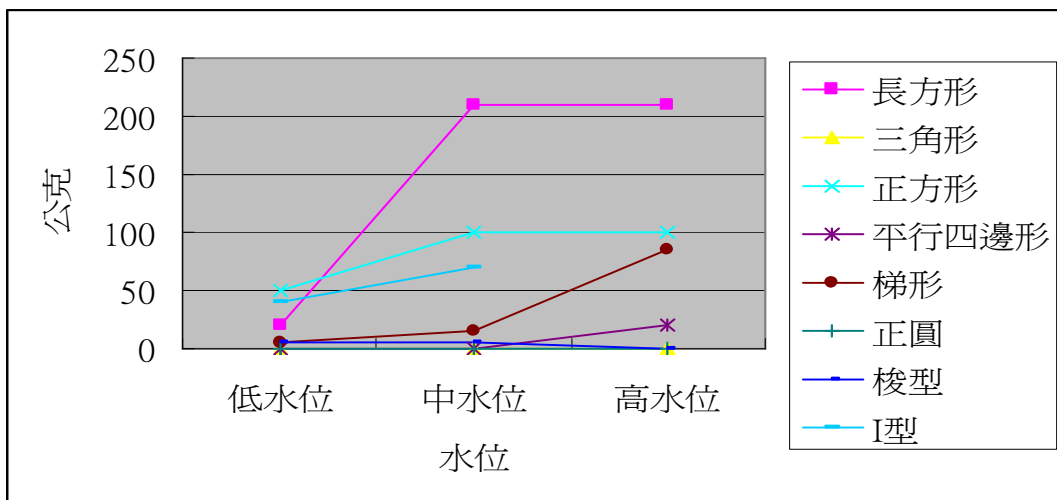
(二)、固定變因—橋墩重量（皆 600g 重）、河道保持枯水狀態、水位閘門孔大小、橋墩擺放位置。

(三)、因應變因-橋墩受瞬間衝擊的彈簧拉力

(四)、實驗結果

表二、河床乾涸期不同橋墩形狀在低中高水位所受瞬間衝擊的彈簧拉力

彈簧拉力 (g) 形狀	低水位	中水位	高水位
長方形	20	210	210
三角形	0	0	0
正方形	50	100	100
平行四邊形	0	0	20
梯形	5	15	85
正圓	0	0	0
梭型	5	5	0
I型	40	70	沖走



說明：1、枯水期低水位時，每種橋墩形狀的耐受力皆不錯，正方形、I型相對較差。

2、枯水期中水位時，大半橋墩形狀的耐受力還是很好，正方形、I型明顯表現差。

3、枯水期高水位時，三角形、平形四邊形、正圓形、梭型表現好，正方形、梯形次之，長方形、I型耐受力不佳，I型甚至直接沖走。

4、整體來說，在枯水期時，三角形、平形四邊形、正圓形、梭型對瞬間沖力的耐受力

佳，長方形、I 型表現差。

## 二、河床豐水期(低閘門)的橋墩穩定度變化

(一) 操縱變因—1、出水量的多寡，分成低水位、中水位、高水位。

2、橋墩形狀，分成長方形、三角形、正方形、平行四邊形、梯形、正圓形、梭型、I 型。

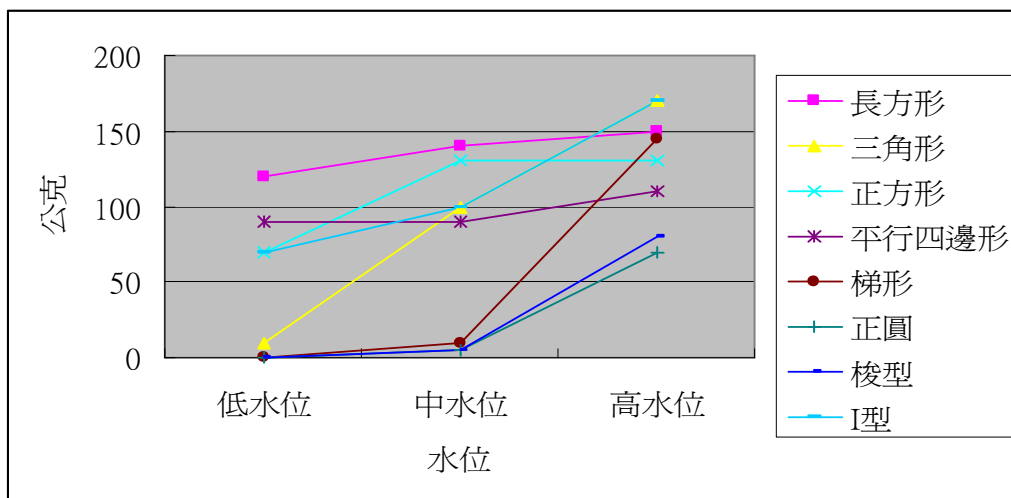
(二) 固定變因—橋墩重量（皆 600g 重）、河道保持豐水狀態(低閘門)、水位閘門孔大小、橋墩擺放位置。

(三) 因應變因-橋墩受瞬間衝擊的彈簧拉力

(四) 實驗結果

表三、河床豐水期(低閘門)不同橋墩形狀在低中高水位所受瞬間衝擊的彈簧拉力

彈簧拉力 (g) 形狀 \ 水位	低水位	中水位	高水位
長方形	120	140	150
三角形	10	100	170
正方形	70	130	130
平行四邊形	90	90	110
梯形	0	10	145
正圓	0	5	70
梭型	0	5	80
I 型	70	100	170



說明：1、河床豐水期(低閘門)時，低水位時，三角形、梯形、正圓、梭型耐受力好，長方形、

正方形、平行四邊形、I 型開始呈現不穩定。

2、河床豐水期(低閘門)時，中水位時，梯形、正圓、梭型耐受力好。

3、河床豐水期(低閘門)時，高水位時，八種形狀皆不穩定。

4、整體來說，河床豐水期(低閘門)時，梯形、正圓、梭型對瞬間沖力的耐受力佳，但到高水位時，已普遍不穩定。

### 三、河床豐水期(高閘門)的橋墩穩定度變化

(一) 操縱變因—1、出水量的多寡，分成低水位、中水位、高水位。

2、橋墩形狀，分成長方形、三角形、正方形、平行四邊形、梯形、正圓形、梭型、I 型。

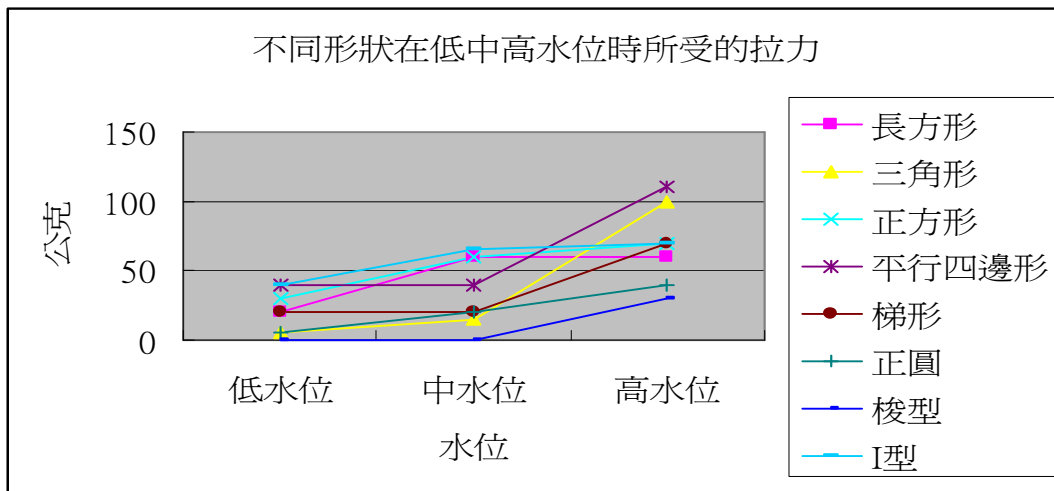
(二) 固定變因—橋墩重量（皆 600g 重）、河道保持豐水狀態(高閘門)、水位閘門孔大小、橋墩 擺放位置。

(三) 因應變因-橋墩受瞬間衝擊的彈簧拉力

(四) 實驗結果

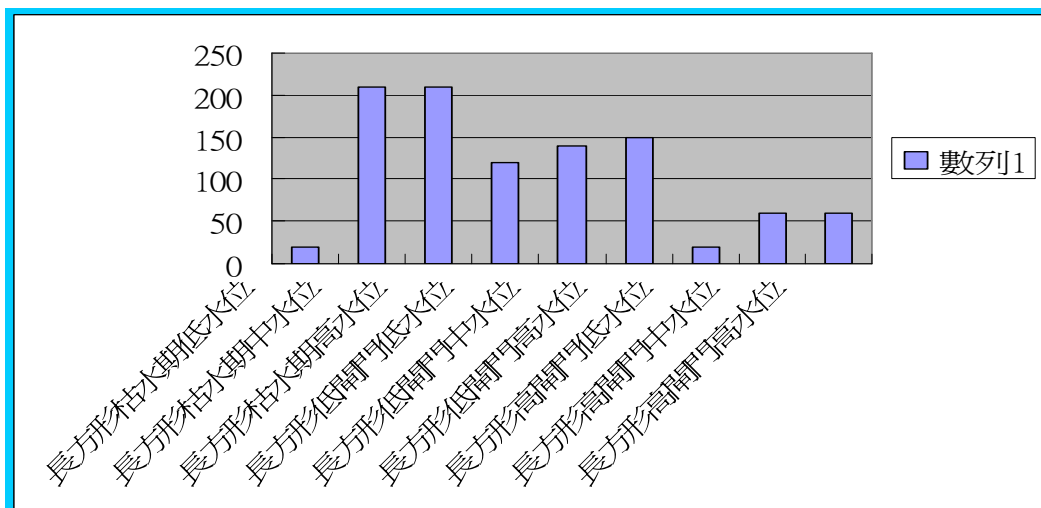
表四、河床豐水期(高閘門)不同橋墩形狀在低中高水位所受瞬間衝擊的彈簧拉力

彈簧拉力 (g) 形狀 \ 水位	低水位	中水位	高水位
長方形	20	60	60
三角形	5	15	100
正方形	30	60	70
平行四邊形	40	40	110
梯形	20	20	70
正圓	5	20	40
梭型	0	0	30
I 型	40	65	70



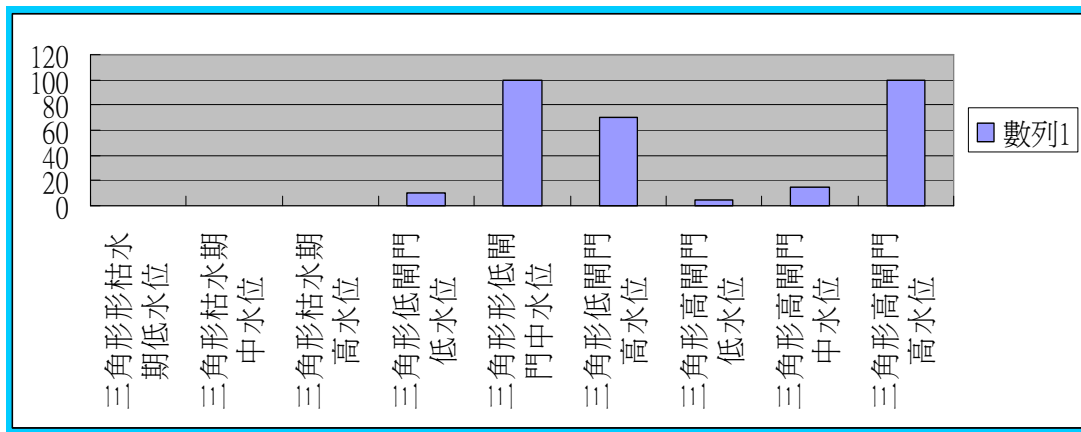
- 說明：1、河床豐水期(高閘門)，低水位時，三角形、正圓、梭型耐受力好，平行四邊形、I型開始最差。
- 2、河床豐水期(高閘門)，中水位時，三角形、梭型表現佳，長方形、正方形、I型不穩定。
- 3、河床豐水期(高閘門)，高水位時，八種形狀皆不穩定，梭型表現最佳。
- 4、整體來說，河床豐水期(高閘門)時，三角形、正圓、梭型對瞬間沖力的耐受力佳，但到高水位時，雖普遍不穩定，但梭型表現最佳。

四、不同形狀在河床枯水期、豐水期(高、低閘門)時，不同水位的橋墩穩定度變化



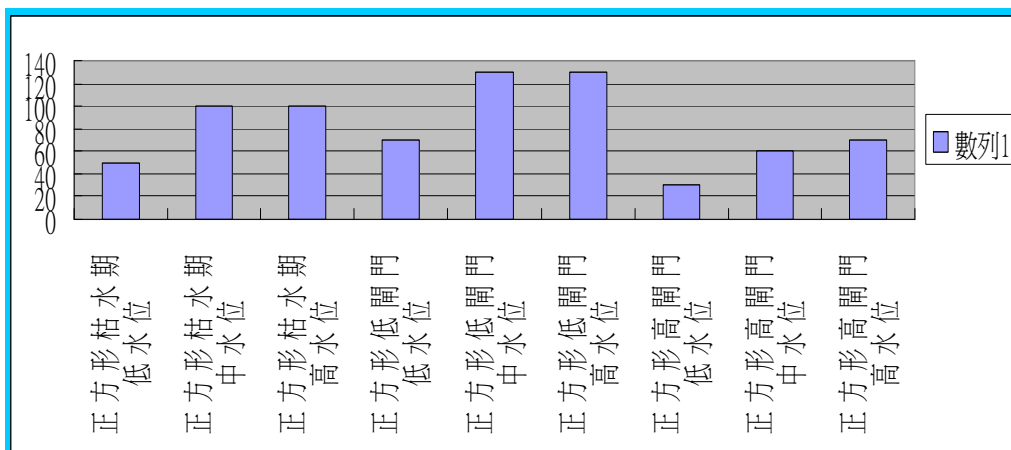
圖九、長方形在河床枯水期、豐水期(高、低閘門)時，不同水位的橋墩穩定度

- 說明：1、長方形在不同時期，其耐受力都呈現水位越高、耐受力越差的情況。
- 2、長方形在枯水期中水位時，數據急升，顯示耐受力突然銳減。
- 3、長方形在豐水期高閘門時，數據無明顯高低變化，耐受力較穩定。
- 4、整體來說，長方形處低水位時，都算穩定，但進入中高水位時，顯得不穩定。



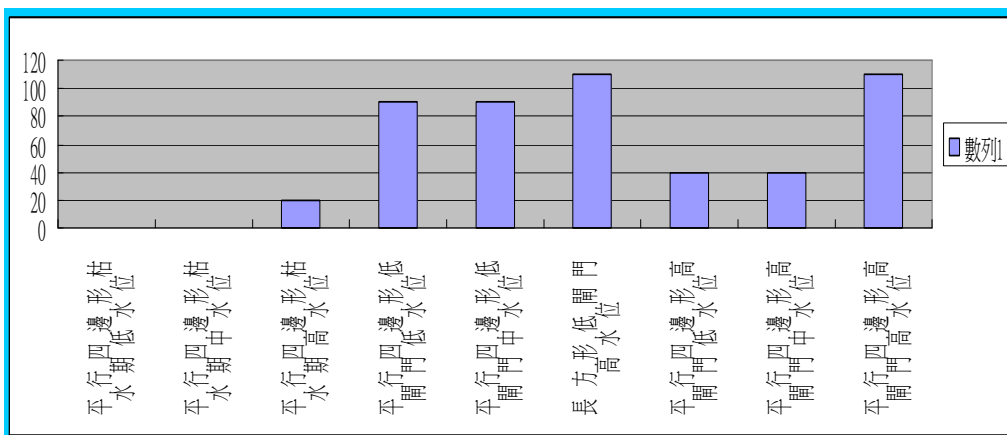
圖十、三角形在河床枯水期、豐水期(高、低閘門)時，不同水位的橋墩穩定度  
說明：1、三角形在不同時期，其耐受力都呈現水位越高、耐受力越差的情況。

- 2、三角形在枯水期，耐受力皆佳。
- 3、三角形在豐水期低閘門中高水位與高閘門高水位時，稍不穩定。
- 4、整體來說，三角形在低水位時都很穩定，進入中高水位時，表現也良好。



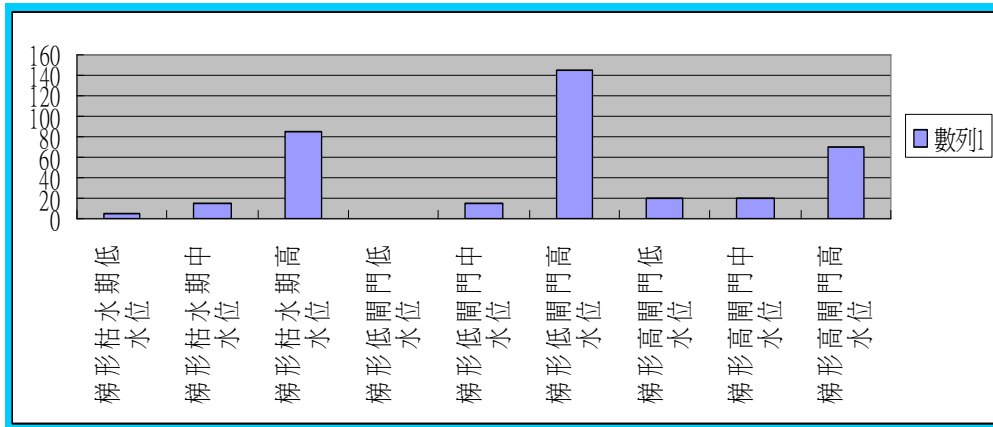
圖十一、正方形在河床枯水期、豐水期(高、低閘門)時，不同水位的橋墩穩定度  
說明：1、正方形在不同時期，其耐受力都呈現水位越高、耐受力越差的情況。

- 2、正方形整體表現不佳。



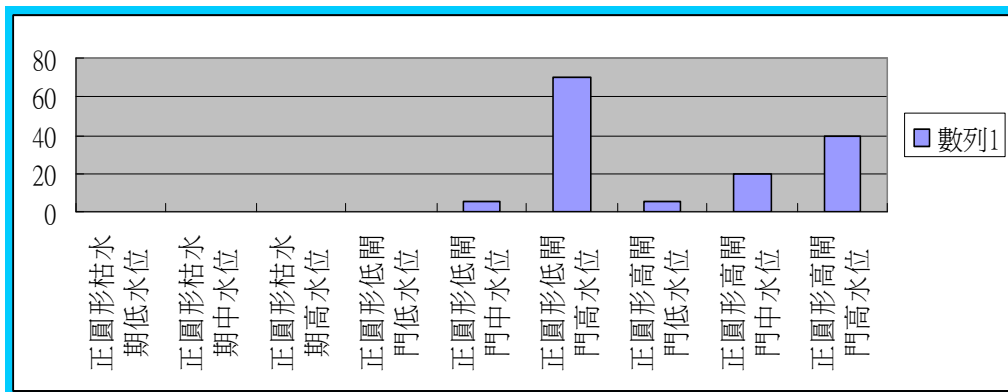
圖十二、平行四邊形在河床枯水期、豐水期(高、低閘門)時，不同水位的橋墩穩定度

- 說明：1、平行四邊形在不同時期，其耐受力都呈現水位越高、耐受力越差的情況。
- 2、平行四邊形在枯水期耐受力表現佳，但在豐水期低閘門時即相當不穩定。
- 3、整體來說，**平行四邊形處低水位時，都算穩定，但進入中高水位時，立刻顯得不穩定**，跟長方形的情況類似。



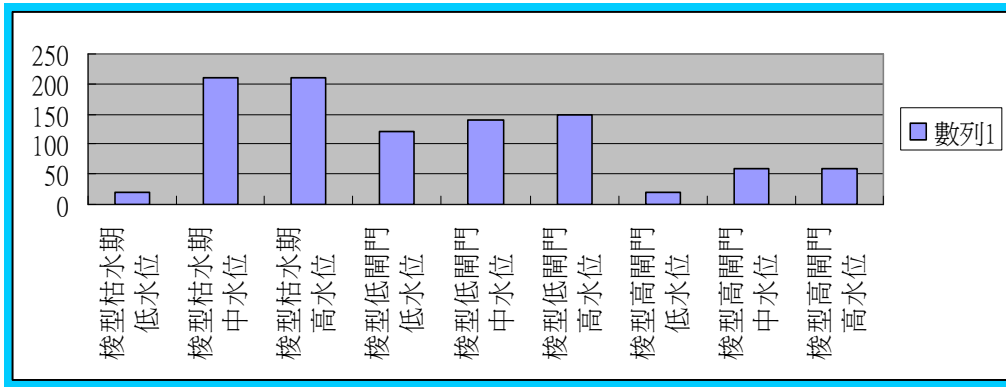
圖十三、梯形在河床枯水期、豐水期(高、低閘門)時，不同水位的橋墩穩定度

- 說明：1、梯形在不同時期，其耐受力都呈現水位越高、耐受力越差的情況。
- 2、整體來說，**梯形在低水位時耐受力表現佳，只有在高水位時，才顯得不穩定**。

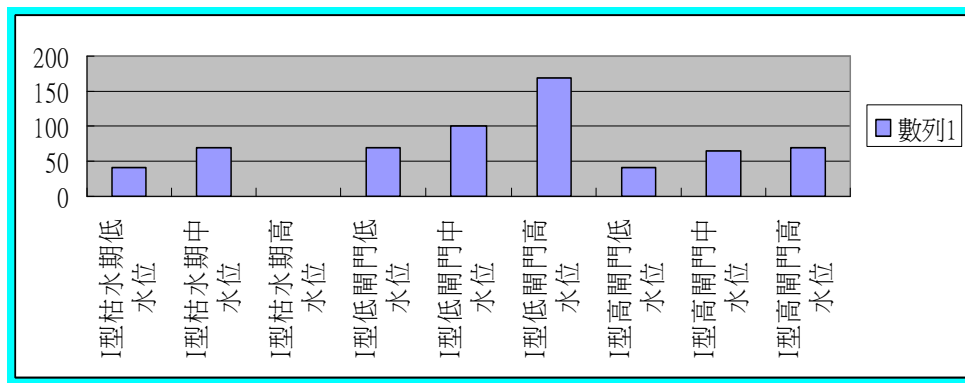


圖十四、正圓在河床枯水期、豐水期(高、低閘門)時，不同水位的橋墩穩定度

- 說明：1、正圓形在不同時期，其耐受力都呈現水位越高、耐受力越差的情況。
- 2、正圓型在枯水期、豐水期時，耐受力都表現不錯，僅在豐水期低閘門高水位時，較不穩定。
- 3、整體來說，**正圓型不同時期表現都很穩定**，與三角形情況類似。



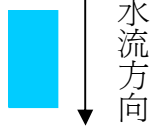
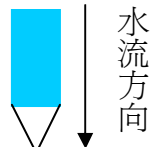
圖十五、梭形在河床枯水期、豐水期(高、低閘門)時，不同水位的橋墩穩定度  
 說明：1、梭型在不同時期，其耐受力都呈現水位越高、耐受力越差的情況。  
 2、梭型在豐水期高閘門情況中表現最佳。  
 3、整體來說，梭型在豐水期的表現較其他形狀穩定。





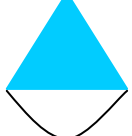
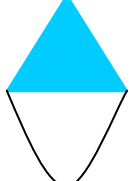
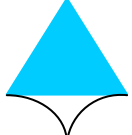


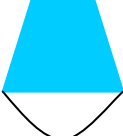


圖十六、I形在河床枯水期、豐水期(高、低閘門)時，不同水位的橋墩穩定度  
 說明：1、I型在不同時期，其耐受力都呈現水位越高、耐受力越差的情況。  
 2、整體來說，I型在不同時期的耐受力都不佳。

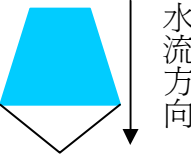
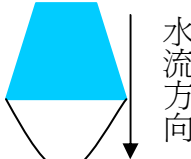
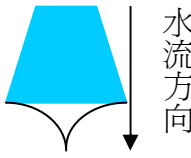
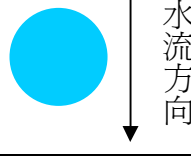
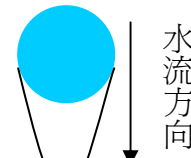
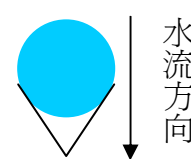
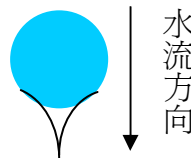
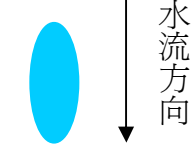
### 五、不同形狀橋墩外加導流板(背水面)在河道上淘空情形

(觀察面向分為橋墩迎水面右側、左側、迎水面淘空與背水面河道冲刷情形)

橋墩形狀 \ 體積(長*寬*高)	右側淘空體積 (cm <sup>3</sup> )	左側淘空體積 (cm <sup>3</sup> )	迎水面淘空體積 (cm <sup>3</sup> )
 水流方向 ↓	121.5	121.5	360
 水流方向 ↓	176.4	104	321.7

 水流方向 ↓	150.5	195	249.6
 水流方向 ↓	175.5	117	315
 水流方向 ↓	123.2	128	238.6
 水流方向 ↓	165	175.5	175.5
 水流方向 ↓	154	210	123.2
 水流方向 ↓	11.3	24	130
 水流方向 ↓	30	44.8	128.4
 水流方向 ↓	18	25.9	93.6
 水流方向 ↓	246.3	292.5	346.5
 水流方向 ↓	110	124	371.5



	159.9	217.6	452.4
	64	77	321.25
	135	108.8	346.5
	86.5	34.2	243
	19.5	32.5	160.7
	87	44.8	141.75
	43.8	37.5	142.8
	105.3	85.8	110

說明：一、就左右淘空情況

- 1、長方形加入導流板後淘空情況並無明顯改善。
- 2、三角形加入導流板後淘空情況有明顯改善，尤其導流板為三角形、Y形、大圓弧改善情況更明顯。
- 3、梯形加入導流板後淘空情況有明顯改善，尤其導流板為小圓弧、大圓弧改善情況

更明顯。

4、圓形加入導流板後淘空情況皆不明顯，梭形淘空情況較圓形差，但較其他形狀佳。

顯示橋墩迎水面具流線的弧度，淘空情況較不明顯，加入導流板淘空狀況更不明顯。

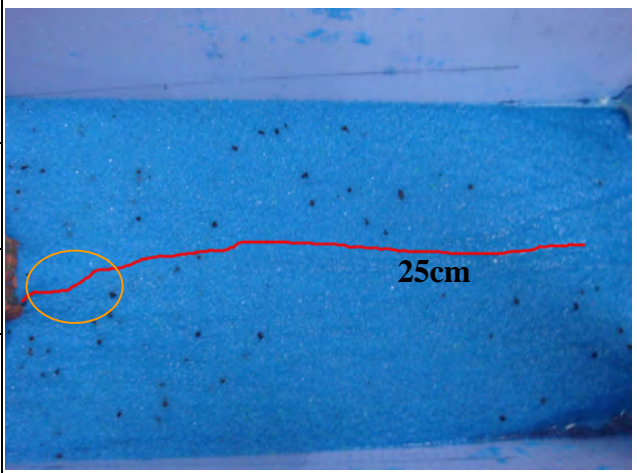
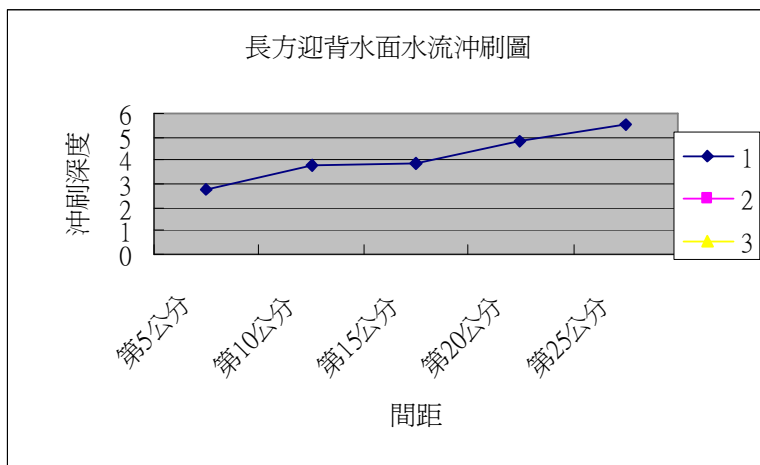
5、整體來說，圓形的淘空情況最不明顯，三角形次之，梯形、長方形淘空情況顯而梭形與未加導流板的三角形、梯形、長方形比起來本身淘空情況不顯著。因此，迎水面具流線弧度可有效減緩淘空情況，迎水面為方形時，淘空情況嚴重。

二、迎水面淘空狀況，與左右淘空情形十分相似，即迎水面具流線弧度可有效減緩淘空情形，其中圓形與梭形迎水面淘空體積最小，迎水面為方形時，則淘空情況嚴重。

### 六、不同形狀橋墩外加導流板(背水面)在河道沖刷情形

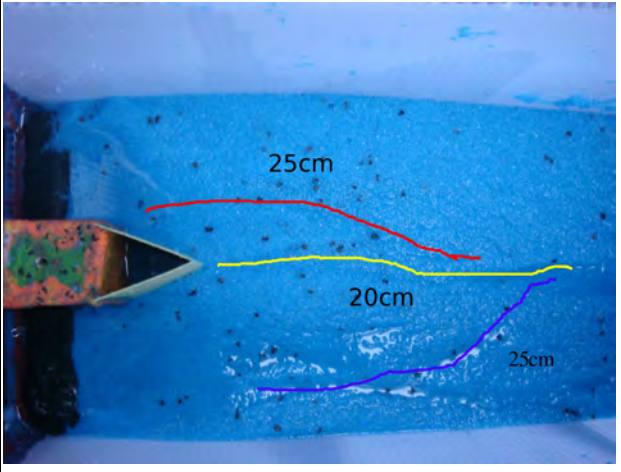
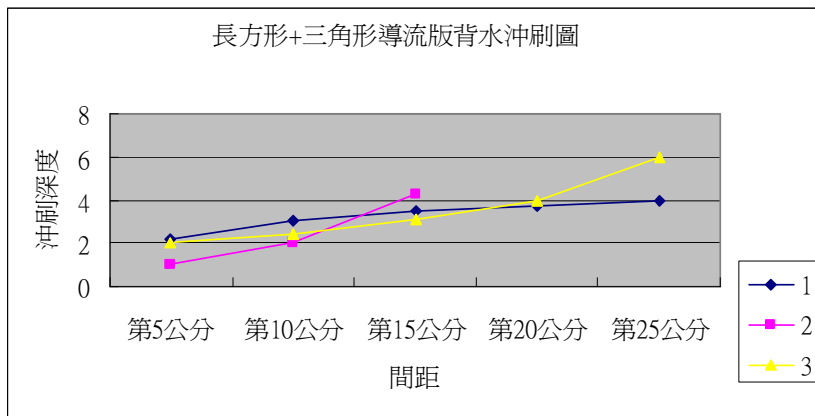
(河道上找出三條沖刷流線 1 代表最深、圖以紅色線表示、  
2 代表次深、圖以黃色線表示、  
3 代表微深、圖以藍色線表示)

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
長方形	無	1	2.8	3.8	3.9	4.8	5.5
		2	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0

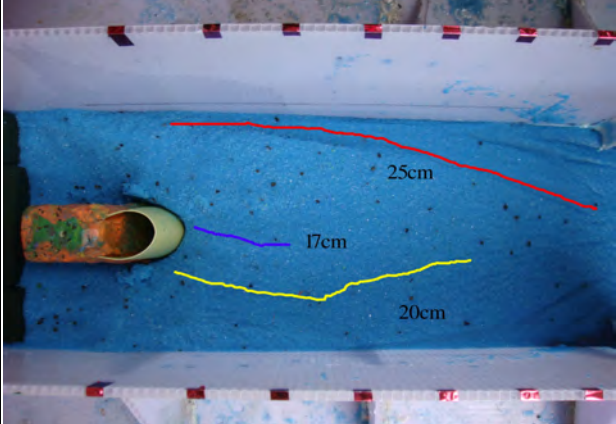
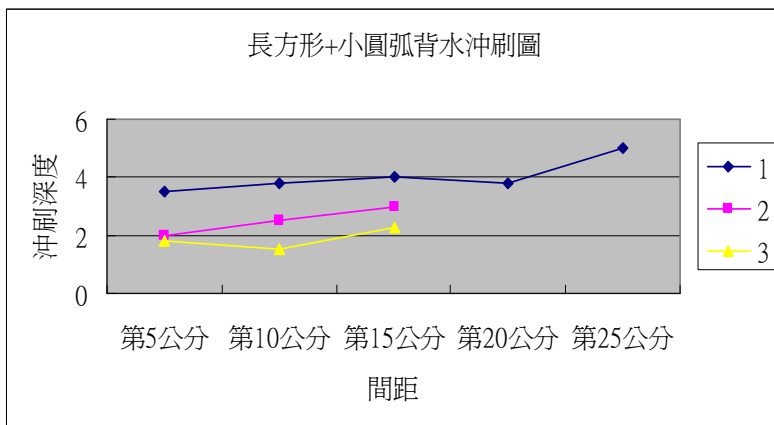
圖片說明：  
橘色圈圈代表有堆積凸出的現象。

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
長方形	三角形	1	2.2	3	3.5	3.7	4
		2	1	2	4.3	0	0
		3	2	2.4	3.1	4	6

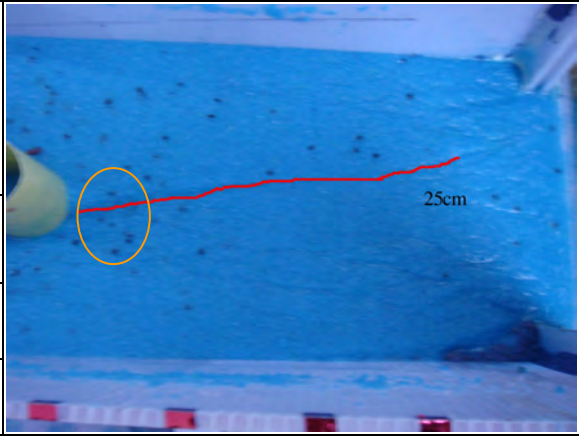
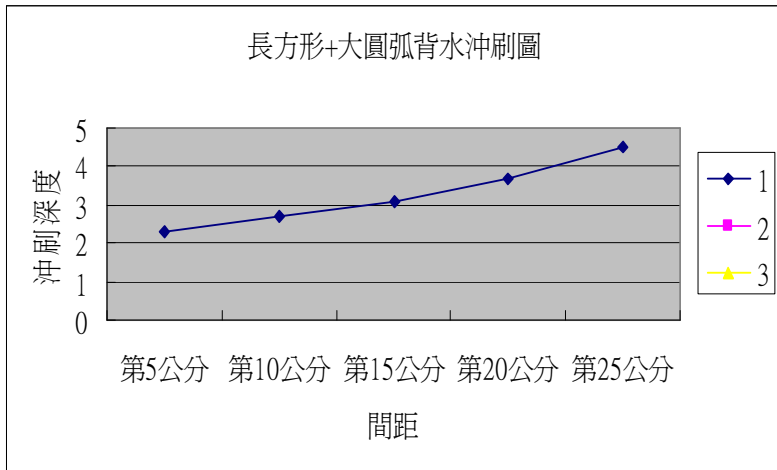
圖片說明：  
沖刷紋路略淺。

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
長方形	小圓形	1	3.5	3.8	4	3.8	5
		2	2	2.5	3	0	0
		3	1.8	1.5	2.3	0	0

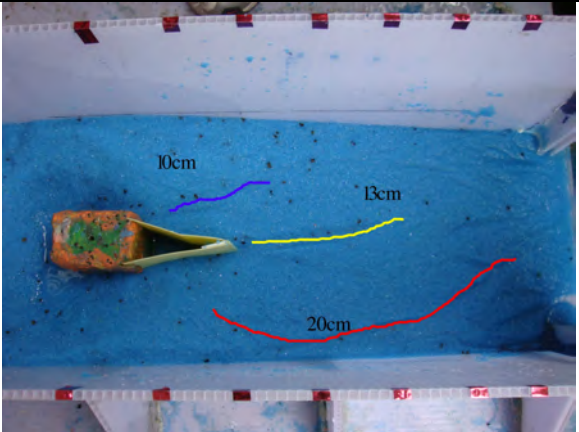
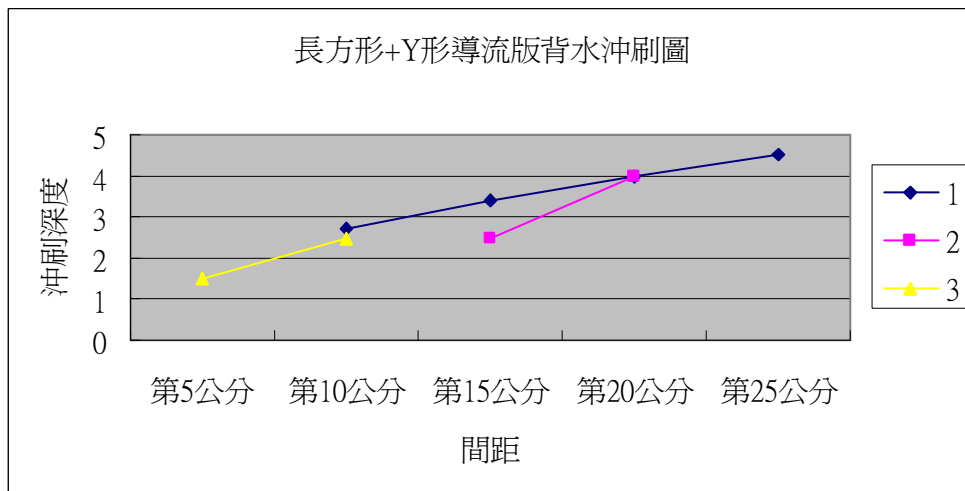
圖片說明：  
紅色沖刷水痕較深，末端有較多淺淺的雜流。

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
長方形	大圓形	1	2.3	2.7	3.1	3.7	4.5
		2	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0

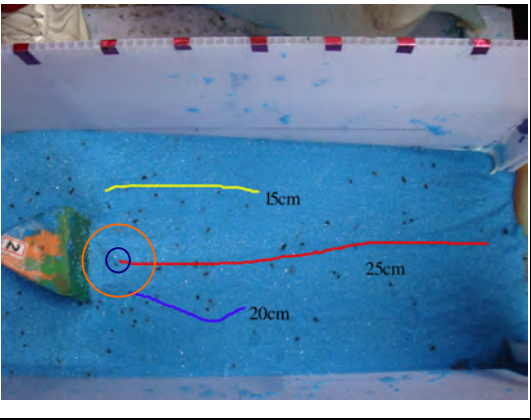
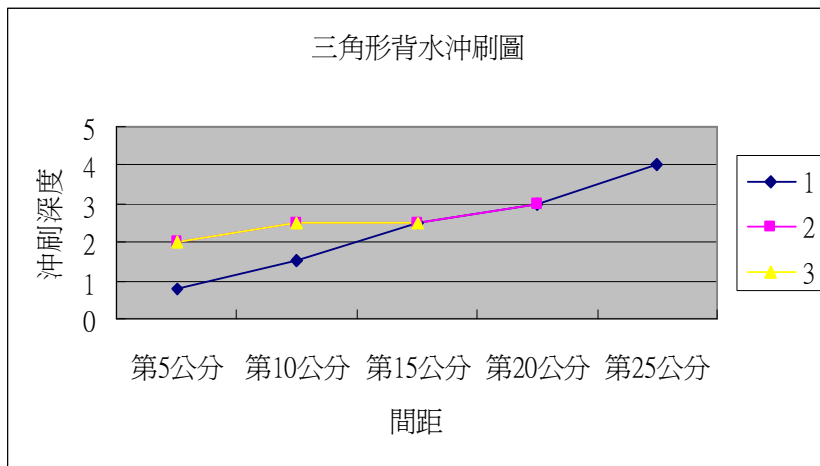



圖片說明：  
橘色圈圈代表有堆積凸起的現象。

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
長方形	Y形	1	0	2.7	3.4	4	4.5
		2	0	0	2.5	4	0
		3	1.5	2.5	0	0	0

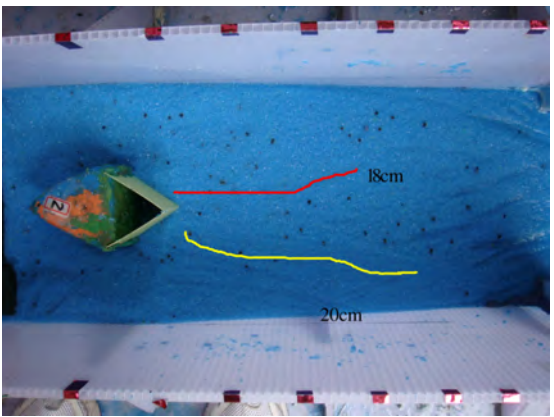
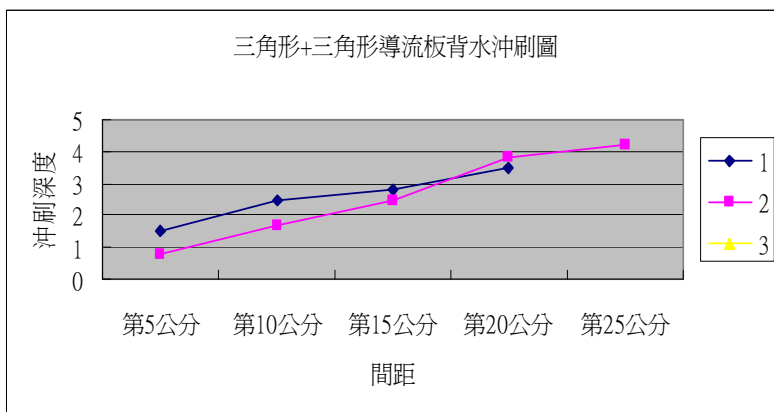



形狀	導流板	沖刷深淺	第5公分	第10公分	第15公分	第20公分	第25公分
三角形	無	1	0.8	1.5	2.5	3	4
		2	2	2.5	2.5	3	0
		3	2	2.5	2.5	0	0

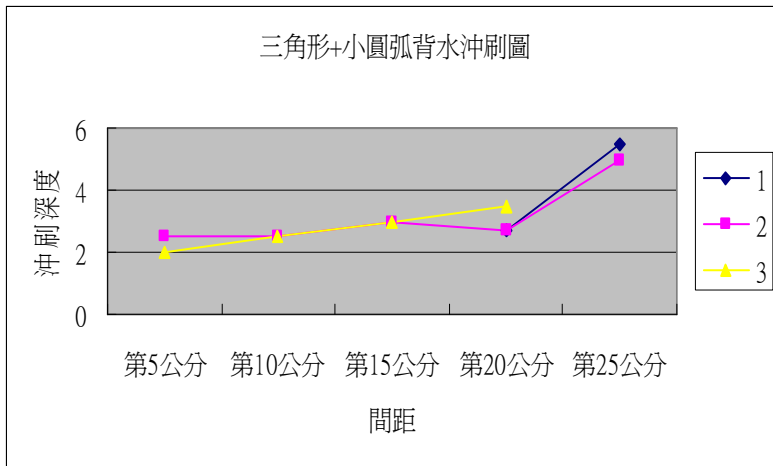
圖片說明：  
 末端細紋很少。  
 橘色圈圈代表有堆積凸起的現象。  
 藍色圓圈有下凹現象。

形狀	導流板	沖刷深淺	第5公分	第10公分	第15公分	第20公分	第25公分
三角形	三角形	1	1.5	2.5	2.8	3.5	0
		2	0.8	1.7	2.5	3.8	4.2
		3	0	0	0	0	0

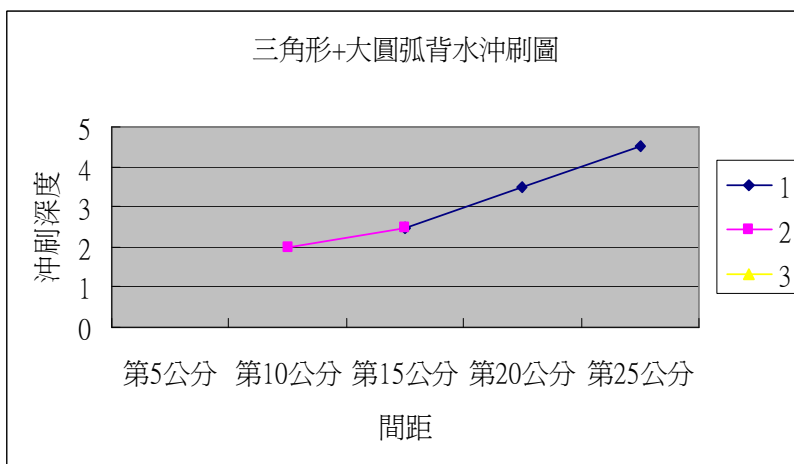
圖片說明：  
 末端有較深紋路。  
 沖刷紋路很淺。

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
三角形	小圓形	1	0	0	0	2.7	5.5
		2	2.5	2.5	3	2.7	5
		3	2	2.5	3	3.5	0



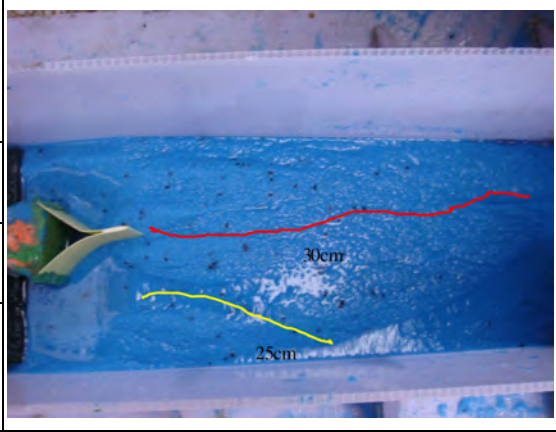
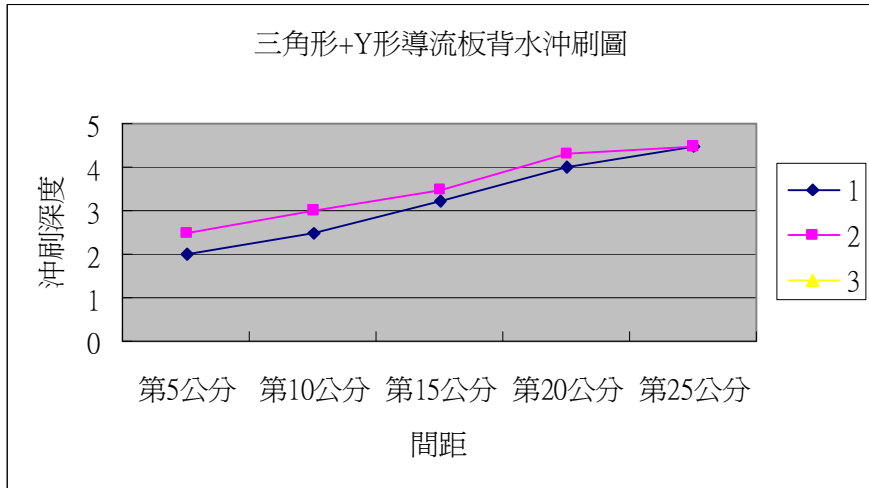
圖片說明：  
 末端細紋很少。  
 橘色圈圈代表有堆積凸起的現象。

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
三角形	大圓形	1	0	0	2.5	3.5	4.5
		2	0	2	2.5	0	0
		3	0	0	0	0	0

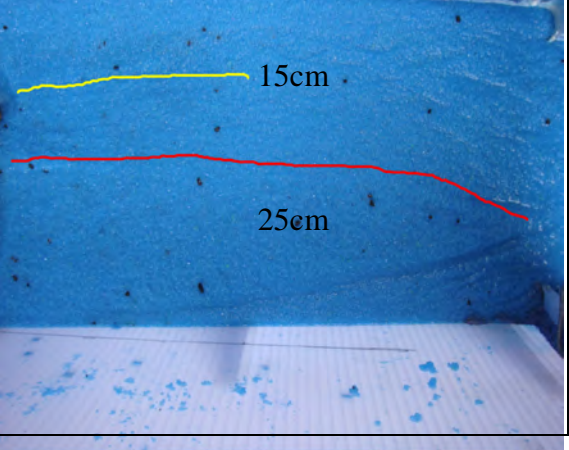
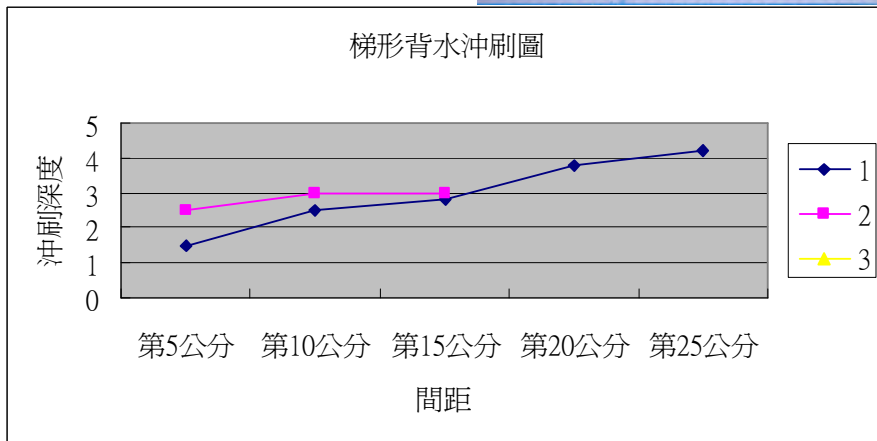


圖片說明：  
 末端無細紋。

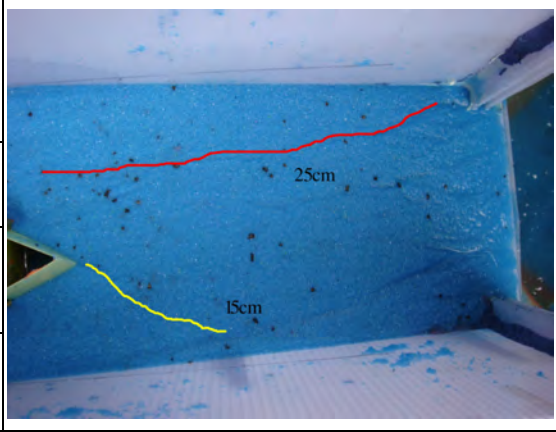
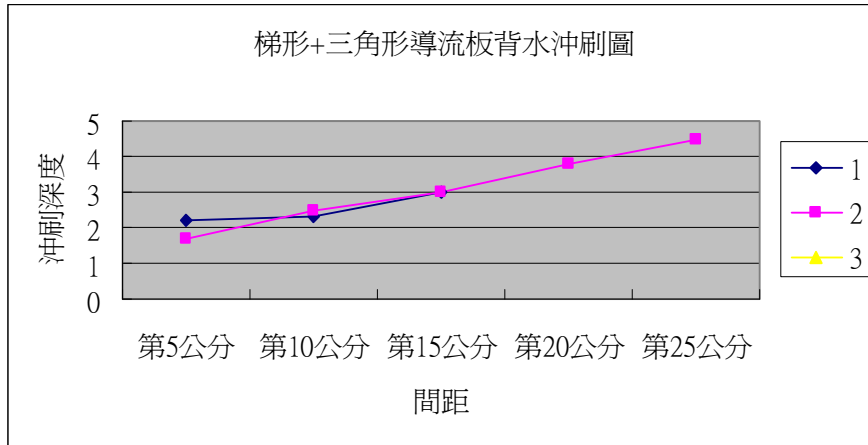
形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
三角形	Y形	1	2	2.5	3.2	4	4.5
		2	2.5	3	3.5	4.3	4.5
		3	0	0	0	0	0

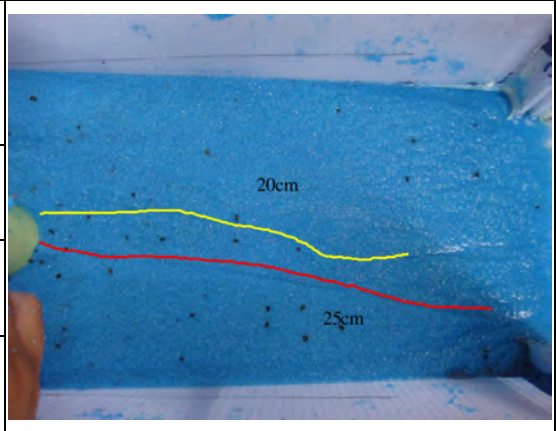
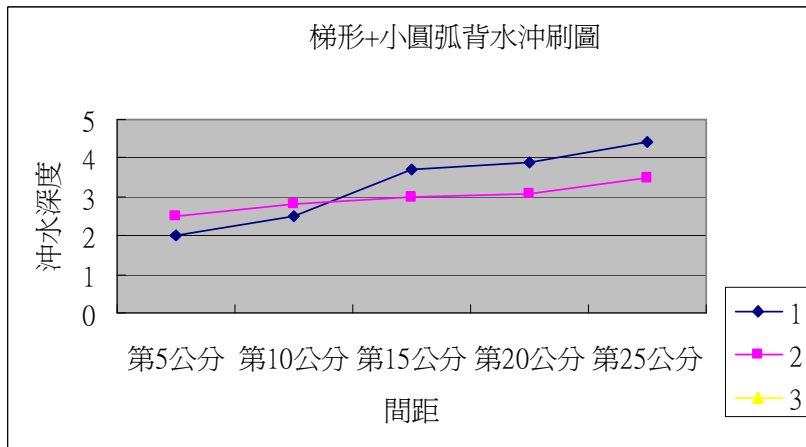
形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
梯形	無	1	1.5	2.5	2.8	3.8	4.2
		2	2.5	3	3	0	0
		3	0	0	0	0	0

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
梯形	三角形	1	2.2	2.3	3	0	0
		2	1.7	2.5	3	3.8	4.5
		3	0	0	0	0	0

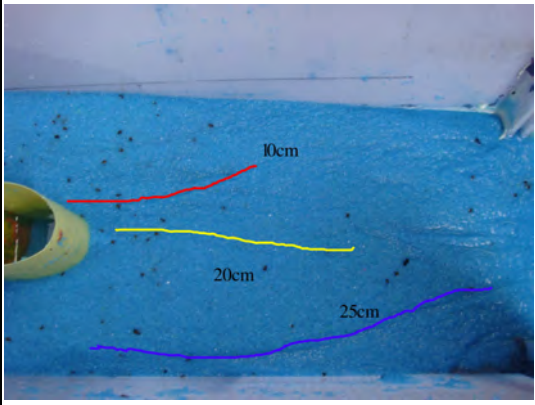
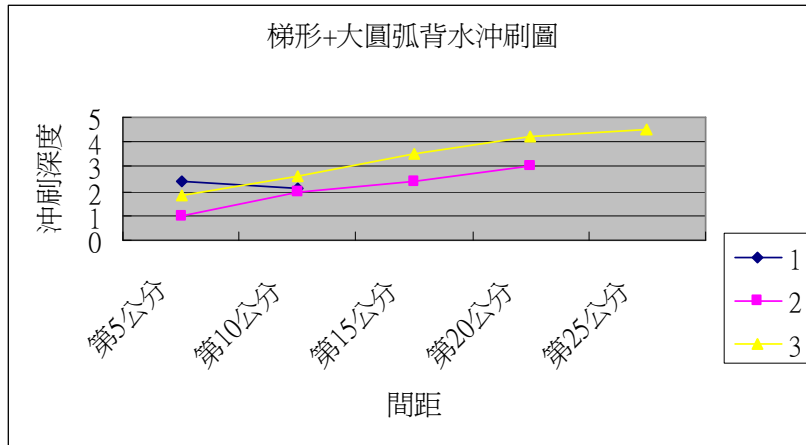



形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
梯形	小圓形	1	2	2.5	3.7	3.9	4.4
		2	2.5	2.8	3	3.1	0
		3	0	0	0	0	0

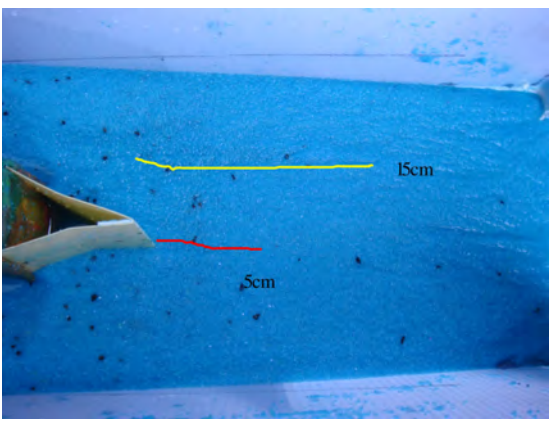
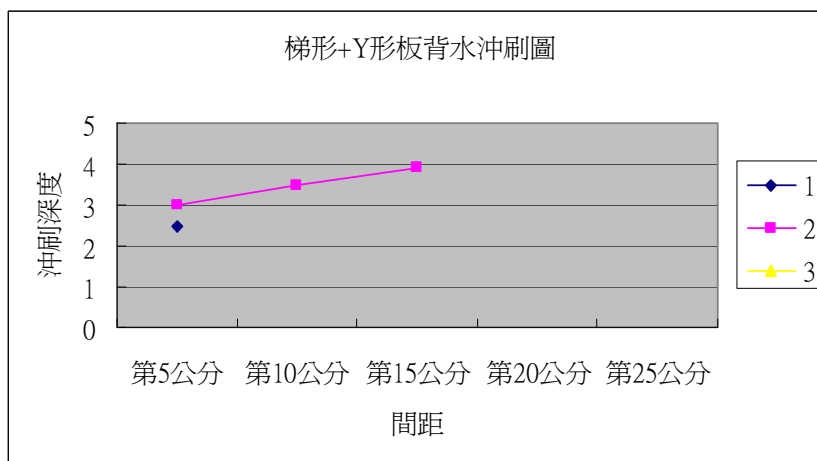





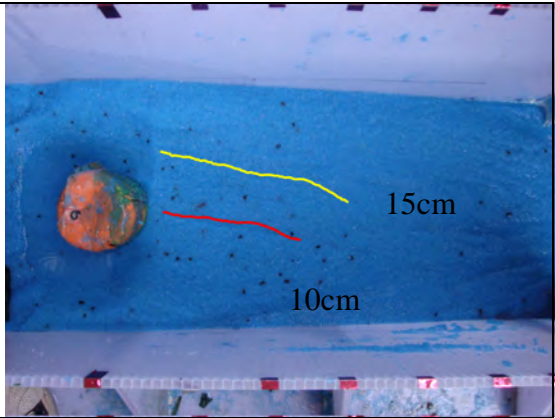
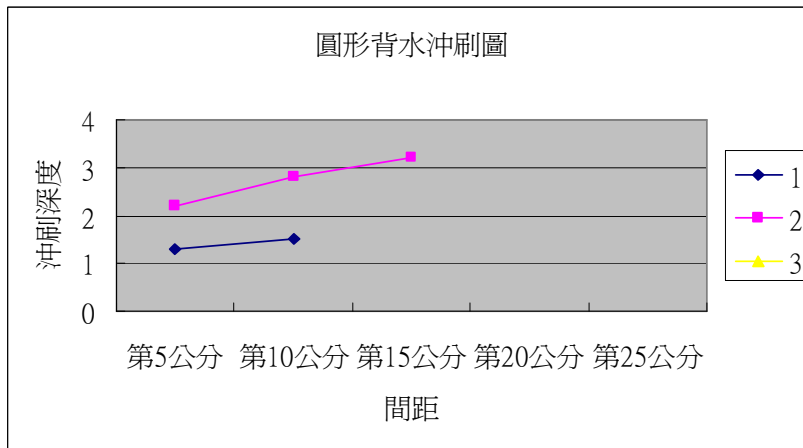
形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
梯形	大圓形	1	2.4	2.1	0	0	0
		2	1	2	2.4	3	0
		3	1.8	2.6	3.5	4.2	4.5

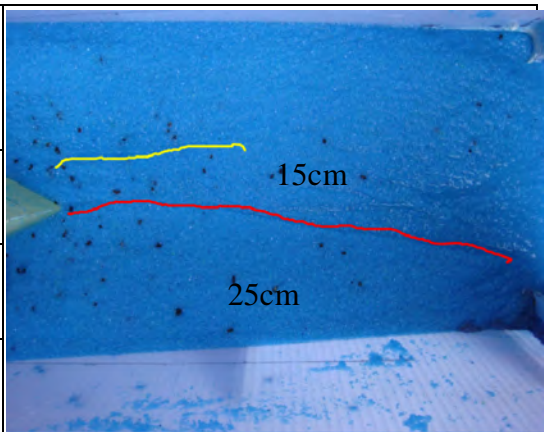
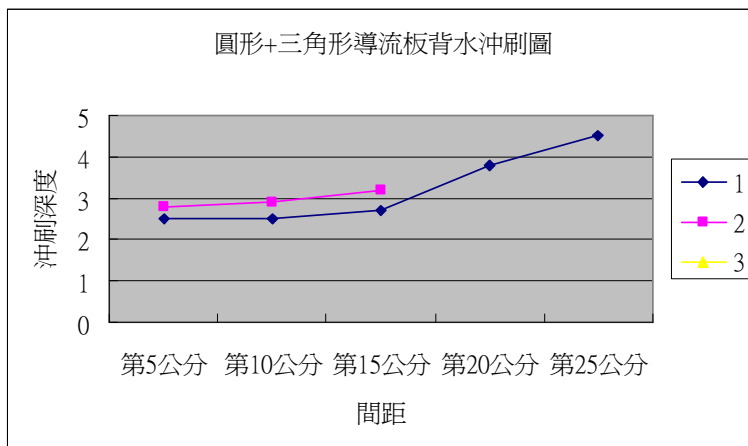
形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
梯形	Y形	1	2.5	0	0	0	0
		2	3	3.5	3.9	0	0
		3	0	0	0	0	0

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
圓形	無	1	1.3	1.5	0	0	0
		2	2.2	2.8	3.2	0	0
		3	0	0	0	0	0

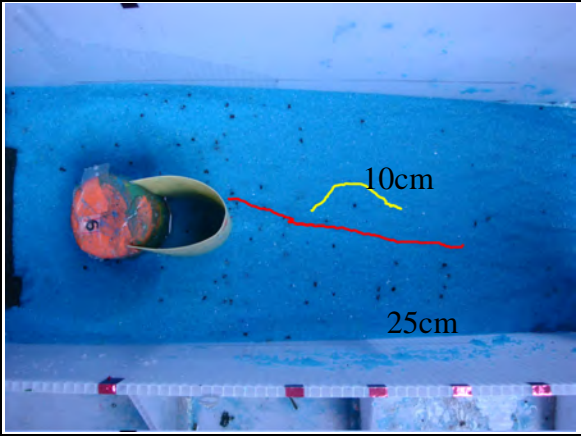
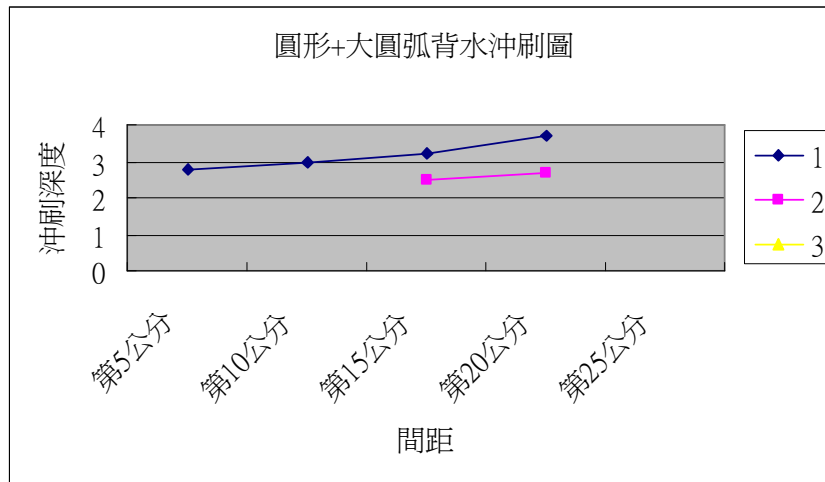



形狀	導流版	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
圓形	三角形	1	2.5	2.5	2.7	3.8	4.5
		2	2.8	2.9	3.2	0	0
		3	0	0	0	0	0

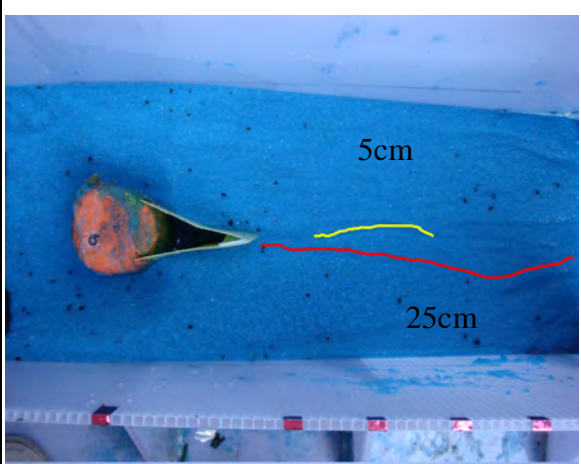
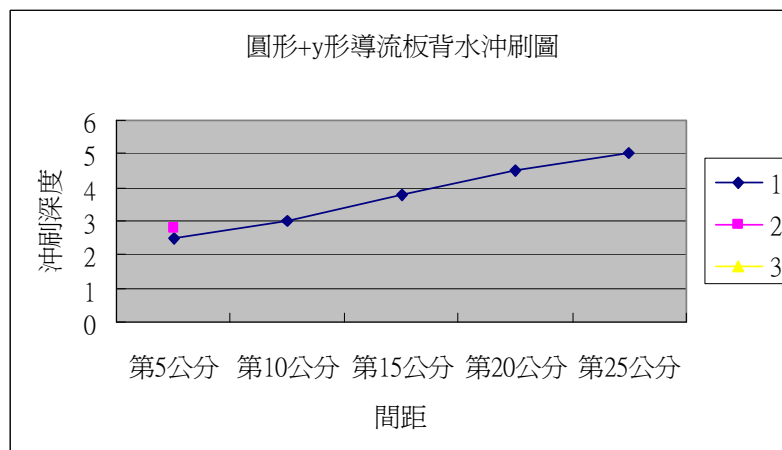



圖片說明：  
末端紋路不明顯，少細紋。

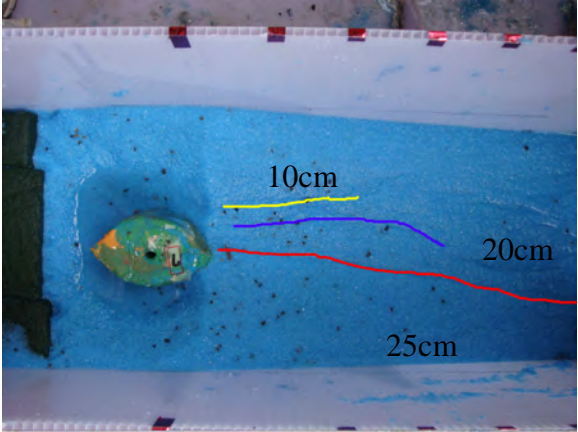
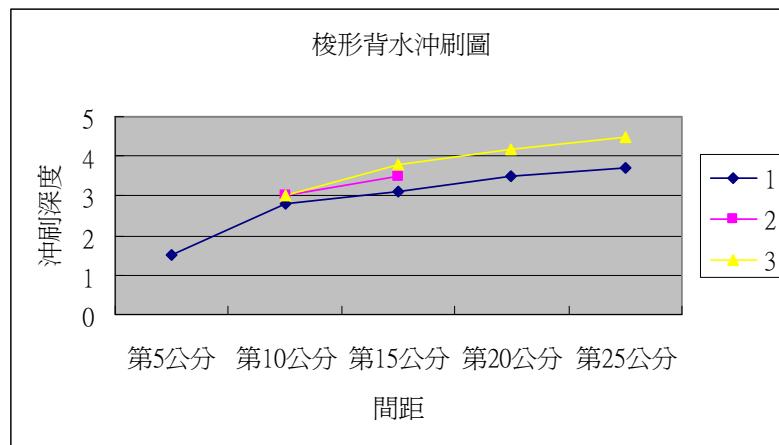
形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
圓形	大圓形	1	2.8	3	3.2	3.7	0
		2	0	0	2.5	2.7	0
		3	0	0	0	0	0

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
圓形	Y形	1	2.5	3	3.8	4.5	5
		2	2.8	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0

形狀	導流板	沖刷深淺	第 5 公分	第 10 公分	第 15 公分	第 20 公分	第 25 公分
梭形	無	1	1.5	2.8	3.1	3.5	3.7
		2	0	3	3.5	0	0
		3	0	3	3.8	4.2	4.5

說明：橋墩背水面沖刷情況探討如下

- 一、沖刷深度長方形最深，三角形、梯形次之，圓形沖刷深度較淺。
- 二、加入 Y 形、三角形導流板導流效果最佳，可以將水導引至橋墩兩側，形成兩道水流，然而長方形加入 Y 形導流板後，因形狀更顯狹長，Y 形導流板無法產生作用，因此並未在長方形橋墩兩側形成明顯兩道水流。
- 三、加入大圓弧導流板時，在橋墩後面皆出現尾流，也就是在橋墩正後面出現一道清楚水流，顯示大圓弧導流板能有效集中水流。
- 四、整體來說，導流板為尖角形狀者具良好導引水流的效果，而圓弧則有集中水流的作用，大圓弧在橋墩後方將水流集中形成尾流，小圓弧雖未形成明顯尾流，同樣具有集中水流的效果，從橋墩後方水流紋路較清晰，雜亂的水紋較少的情況中可理解。

## 柒、結論

- 一、在不同時期，隨著低中高三種水位變化，水量大沖力越大，其耐受力也越差。
- 二、以不同橋墩迎水斷面受力的穩定度，長方形整體耐受力較差，尤其在乾涸期的中、高水位受到的拉力最強，拉力之強為所有形狀之冠，所以作為橋墩的形狀穩定性較差。三角形在河床乾涸時期其穩定性最好，但隨著豐水期到來較無法抵擋水流，穩

定性當然就無法持久。正方形不管在什麼時期穩定性表現都較差，但就三個不同水期來說，高豐水期所受的拉力相對較其他兩個水期的拉力要來的小。平行四邊形在河床乾涸期穩定性還不錯，低豐水期與高豐水期的橋墩耐受力較差，這當中高豐水期又比低豐水期來的穩定。梯形不管在任何水期的低、中水位穩定性較好，一旦到了高水位就無法承受較多的水量。圓形在河床乾涸期穩定性較佳，低豐水期與高豐水期低水位穩定性也頗佳，到了中高水位穩定就稍有變化，但幅度不大。梭形在所有形狀當中表現最好，不管在任何水期的低中水位穩定度相當好，尤其水量越多越穩。I形在乾涸期的高水位就被沖走，在豐水期期間穩定度也差，是繼長方形之後拉力值較大的形狀。

三、承上，橋墩耐受力可粗分成兩組，一組為「橋墩衝擊面為方形者」，另一組「橋墩衝擊面為銳角者」。「橋墩衝擊面為方形者」表現明顯較「橋墩衝擊面為銳角者」差，「橋墩衝擊面為方形者」因與衝擊力量的接觸面積較寬，阻力因此比較大，阻力大，在加上瞬間的衝擊力道，橋墩耐受力比較差。「橋墩衝擊面為銳角者」因與衝擊力量的接觸面積小，瞬間衝力分散至橋墩四周，阻力小，使橋墩耐受力大增。另外，梯形為上窄下寬的形體，使得重心下移，較其他形狀穩固，因此其接觸面積雖然也寬，但是耐受力卻較佳。

四、不同形狀橋墩外加導流板在河道上淘空情形，由實驗結果得知，不論是左右淘空或迎水面淘空，圓形的淘空情況最不明顯，三角形次之，梯形、長方形淘空情況明顯，因此，迎水面具流線弧度可有效減緩淘空情況，迎水面為方形時，淘空情況嚴重；至橋墩背水面沖刷情形，沖刷深度長方形最深，三角形、梯形次之，圓形沖刷深度較淺，加入導流板導則以Y形、三角形效果最佳，而大圓弧導流板能有效集中水流。

五、綜合本次實驗結果，圓形與梭形為最佳橋墩模型，而就一般常見橋樑之橋墩大多為圓形，故本實驗結果建議未來橋墩也可朝梭形方向設計。

六、本實驗的結果可提供造橋或橋樑補強的重要訊息--哪一種形狀的橋墩最能耐受豪雨的沖刷？以做為未來橋墩施工的參考，讓身居山區的部落居民不再受交通中斷，缺水斷糧之苦，強固的橋樑品質也能為居民爭取更多關鍵時間。

## 捌、參考文獻

- 一、自然與生活科技第七冊 南一出版社
- 二、中國時報 2000.8.28
- 三、交通部工務總局 <http://www.thb.gov.tw/tm/wcf.aspx>

## 【評語】 080104

主題鄉村化，思維適切，若能多加探討多個橋墩的穩定問題，將更具參考價值。