

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

第三名

080509

水來土「淹」

學校名稱：臺中縣太平市東平國民小學

作者： 小六 李昱萱 小六 何育慧 小五 謝佳頤 小五 程有睿 小五 謝博任	指導老師： 柯雪溫 李金生
---	-------------------------

關鍵詞：流量、開始溢堤時間、溢堤範圍

水來土「淹」

摘要

本研究主要在探討降雨、河流本身特性及河道阻塞對洪水造成溢堤的速度及溢堤範圍的影響。

根據研究結果，較快造成溢堤的情況為：流量大、河長短、河寬小、岸高低、坡度大、阻塞程度大；與水量多寡、水流時間長短無關，符合實驗前的預測。

而溢堤範圍較大的情況為：流量小、河長短、岸高高、坡度小、阻塞程度大；和水量多寡、水流時間長短無關。而曲流彎曲度大者，較易溢堤，且多在轉彎處的外側發生。

透過觀察水流流動情形，發現河流溢堤範圍大小與河水向下沖力的大小有關。

壹、研究動機

去年暑假有一天跟媽媽到河邊玩，艷陽高照下，媽媽卻叫我們趕快上岸，說洪水要來了。我覺得很納悶，媽媽指著山上烏雲密布的天空告訴我說上游在下大雨，水很快就會淹過來，雨勢如果很大時，說不定還會淹到岸上呢！上岸不久後，果然看到大水來勢洶洶。

大雨造成的洪水往下游沖過去，它的速度有多快？什麼狀況下比較容易從河道流出去？通常會從哪些地方流出去呢？於是好奇的我們決定針對河流溢堤做進一步研究。

貳、文獻探討

水災的成因很多，主要是氣候因素，其中又以降雨過多和降雨時間過長最為重要。若短時間內的降雨量多，造成河道匯聚大量雨水，當雨水匯入河道的速度大於河道將水往下游輸送的速度時，便會溢流而出形成災害。

除氣候條件外，河道坡度大、河川短促流急、泥砂量大造成河道阻塞等自然因子也會加強洪水的作用，使上游雨水流到下游的集流時間減少，造成下游流域中的水會迅速暴增，才容易造成水災。

參、研究目的

- 一、探討洪水水量及流量對河流溢堤的影響
- 二、探討河流特性對河流溢堤的影響
- 三、探討河道受阻塞狀況對河流溢堤的影響

肆、研究設備及器材

厚木板、薄木板、短木片、木條、粘土、長尺、曲線尺、儲水桶、水桶、量杯、水管、矽膠、強力粘膠、泡棉膠、碼表、計時器、美工刀、麵粉、透明壓克力河道。

主要實驗設備、測量工具及其使用之器材如下：

實驗設備／測量工具	材料及用具
實驗槽	大型厚木板數片、捲尺、鐵鎚、鐵釘
流量控制水箱	直立型儲水桶、長尺、水管
坡度控制	短木條 3 根、鐵鎚、鐵釘、長尺、鉛筆
直線河道	大型薄木板數片、不同高度木條數根、長尺、強力粘膠、矽膠
曲流河道	大型薄木板數片、長尺、曲線尺、鉛筆、強力粘膠、泡棉膠、粘土、矽膠、直尺、美工刀
阻塞板	短木片、電鑽
溢堤位置及範圍測定	麵粉、直尺

伍、研究過程及方法

一、變因探討及實驗設計

(一) 洪水水量、流量及水流時間

降雨過多和降雨時間過長是造成洪水的重要因素。單位時間的降雨量大，會造成河道匯聚大量雨水，水量變多，流量也變大；而降雨時間長，也會使洪水累積的水量變多，洪水期也變長。流量、時間、水量三者的關係為

$$\text{流量} \times \text{時間} = \text{水量}$$

假設上游河道匯聚大量雨水，洪水流到下游河道的情形依流量、水流時間的不同，有下列三種不同的狀況，我們做了相關的實驗設計，以了解它們跟溢堤的關係（表一）。

表一 不同洪水流動情境的相關實驗設計

洪水流動情境	實驗設計
水量相同，流量不同，水流經過時間不同	不同流量，不同水流經過時間，但維持水量相同
流量不同，水流經過時間相同	大、中、小流量，分別流 60 秒
流量相同，水流經過時間不同	由前二項實驗結果來做比較

(二) 河流特性

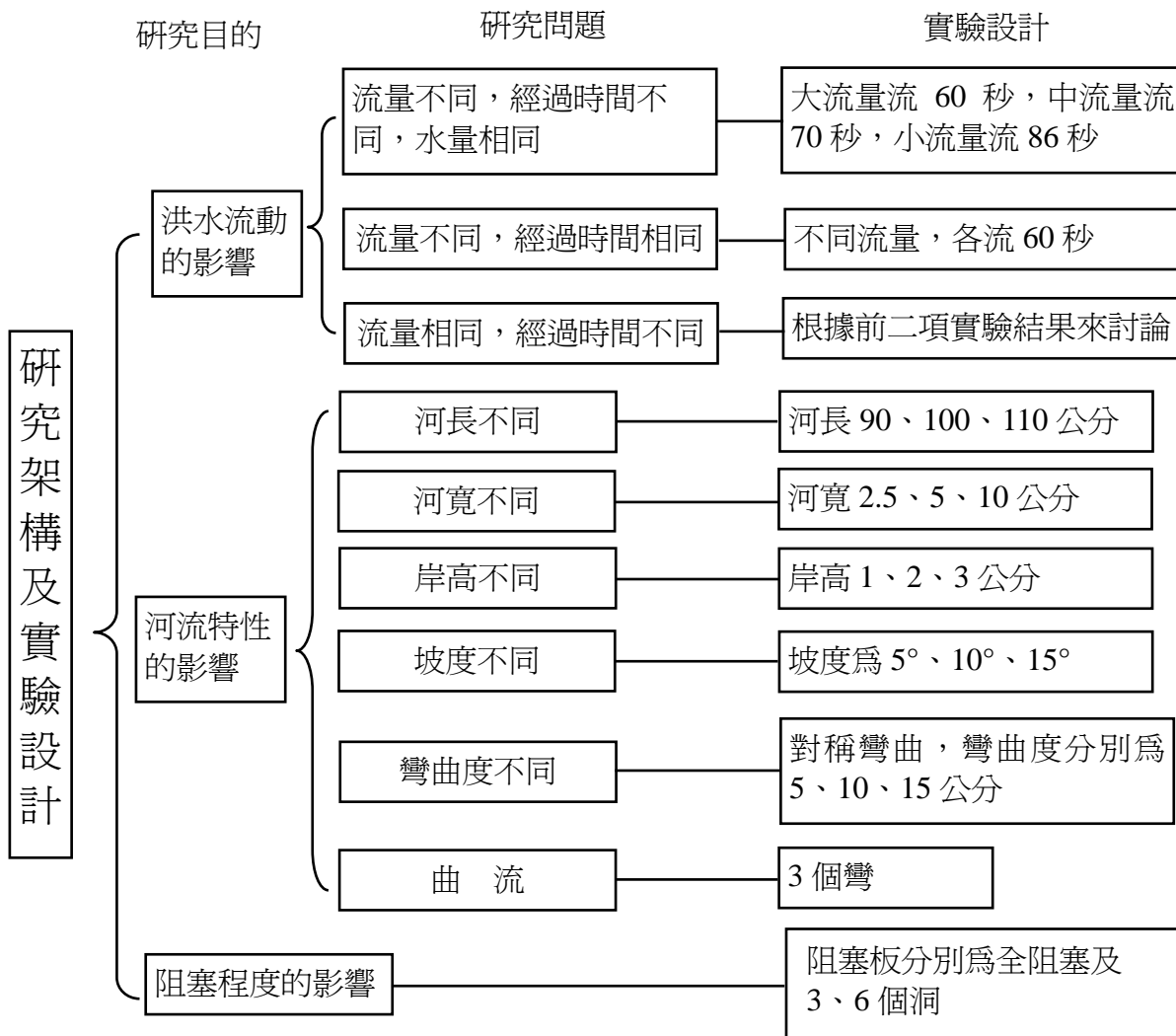
在河流本身特性方面，主要探討河長、河寬、岸高、坡度、彎曲度等對溢堤的影響，我們做的相關實驗設計如表二。

表二 不同河流特性對溢堤影響的實驗設計

河流特性	實驗設計
河長不同	分別用 90、100、110 公分水流長度來模擬不同河長
河寬不同	分別自製 2.5、5、10 公分寬度的河道來模擬不同河寬
河岸高度不同	分別自製 1、2、3 公分高度的河道來模擬不同河岸高度
坡度不同	自製 5°、10°、15°的斜坡定位格來控制坡度
彎曲度不同	自製河寬 2.5 公分，岸高 1 公分，中心位置分別離直道 5、10、15 公分的彎曲河道來模擬不同河流彎曲度
曲流	自製河寬 2.5 公分，岸高 1 公分的曲流

(三) 河道阻塞：設計三種不同的阻塞程度，以了解對溢堤的影響。

本研究的研究架構及實驗設計如圖一。



圖一 本研究之研究架構、研究問題及實驗設計

二、實驗測量工具製作及測試

(一) 實驗槽





本研究要進行流水試驗，為顧及實驗及場地整理的方便，決定製作一個大型實驗槽（請見實驗步驟 1 照片）。配合實驗的河道，實驗槽的大小為長 170 公分，寬 50 公分，高 30 公分。

(二) 流量控制水箱

參考自然課本及過去科展報告的沖刷實驗，多以澆水器灑水來模擬河流流量的大小變化，用不同澆水時間當做不同的降雨時間。

本研究想了解洪水沖往下游時造成溢堤的情形，用澆水壺進行水流試驗時，因本研究的河道較窄，水會噴得到處都是，無法完全匯流到自製的河道中。而且在澆水過程中，流量有越來越小的趨勢，無法滿足我們想要的穩定水流；另外水流時間也很難控制得很好。

因此我們改用有開關的儲水桶來控制水流的時間，以模擬降雨（水流經過）時間；經過不斷的試驗後，我們發現水位不同，流量也會不同，因此要維持穩定的流量，必須要有固定的水位。流量控制部分的測試如下：

			
1. 在儲水桶上畫上不同高度的記號線	2. 以水管接自來水龍頭，隨時維持水位在一定的高度	3. 用計時器計時，打開水流開關，下方以水桶盛接流下的水，測量的時間到，關上水流開關。	4. 以量杯測量流出的水量。

表三為不同水位各 1 分鐘流出的水量及其平均流量，發現水位越高，平均流量越大，而各水位的流量相當的穩定，符合實驗的要求。







表三 不同水位在 1 分鐘內流出的水量及其平均流量

水位	40 公分高		30 公分高		20 公分高	
	水量(毫升)	平均流量(毫升/秒)	水量(毫升)	平均流量(毫升/秒)	水量(毫升)	平均流量(毫升/秒)
第 1 次	5780	96.33	5026	83.77	4036	67.27
第 2 次	5830	97.17	5010	83.50	4062	67.70
第 3 次	5780	96.33	5016	83.60	4005	66.75
平均	5796.67	96.61	5017.33	83.62	4034.33	67.24

(三) 河道設計

1. 直線河道

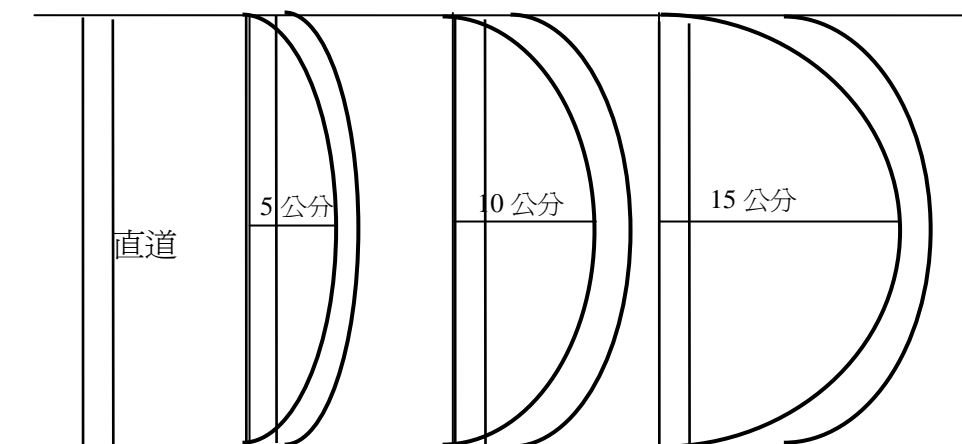
爲了方便了解河流特性對洪水淹水溢堤的影響，所以用直線河道來進行實驗。河道製作方法如下：

		
<p>1. 刮平當作河床的木板，以減少木板的摩擦力。</p>	<p>2. 量出所要的河寬，並畫線做記號。</p>	<p>3. 量出河長，並畫線做記號。</p>
		
<p>4. 在兩河岸位置先塗上強力粘膠，並靜置一會兒。</p>	<p>5. 將模擬河岸的木條放在塗有強力粘膠做的位置上固定。</p>	<p>6. 在河床上打上矽膠，使河道具防水效果，便完成所要的直線河道。</p>

2. 曲流


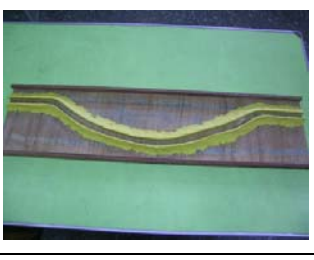
(1) 彎曲度不同的曲流

河流通常是彎曲的，彎曲的大小對溢堤是否有影響，也是我們很想知道的問題，因此我們以直線爲基準，由中央位置向外分別凸出 5、10、15 公分做爲不同的彎曲度。圖二爲河道彎曲度不同的設計。



圖二 不同彎曲度的河道設計方法




彎曲度不同曲流河道的製作步驟如下：

			
1. 量出所要的彎曲度位置，並畫點做記號。	2. 用曲線尺將曲流的彎曲度畫出。	3. 沿著兩岸貼上泡棉膠。	4. 撕開泡棉膠，將粘土壓在上面做成河岸。
			
5. 利用直尺將粘土靠河道的一側整平。	6. 利用直尺及美工刀將粘土的高度切平為 1 公分。	7. 把粘土靠外側部分緊粘在木板上	8. 打上矽膠即完成河道。

(2) 曲流

觀察附近河流，發現有的河道非常彎曲（見下圖），而過去的幾次水災，也多在河流轉彎處發生溢堤，因此模仿真實的曲流，以了解可能的溢堤現象。

製作方法和彎曲度不同的河道做法相同，只是將原本 1 的彎的河道變成 3 個彎。

		
野外實際觀察到的曲流	曲流的製作	完成的曲流

3 坡度控制格

坡度是影響洪水溢堤的很大因素，根據文獻資料把坡降換算成角度，發現上中下游的坡度都近乎水平。（表四）



但從實際的地形圖來看，發現有些河流上游的坡度可以接近 13° ，因此將河道坡度分為 5° 、 10° 及 15° 三個角度來探討坡度對溢堤的影響。利用三角函數計算各角度相對的高度，再將短木條釘在實驗槽上，做為坡度控制用。

表四 河流在不同位置的坡降及坡度角

河流位置	坡降	坡度角
上游	每公里下降 9.3 公尺	0.53°
中游	每公里下降 0.4~1.9 公尺 (以每公里下降 2 公尺來做角度計算)	0.15°
下游	每公里下降不到 20 公分 (以 20 公分來做角度計算)	0.015°

河道坡度	sinθ	板子(斜邊)長(公分)	高(公分)	
15°	0.259	122	31.6	
10°	0.174	122	21.2	
5°	0.087	122	10.6	

(四) 阻塞板：設計如下

	用寬 3 公分的木板，分別不鑽洞、在其上鑽 3 和 6 個洞來模擬不同阻塞程度
	分別用高 1、2、3 公分的木板，在其上高度每 1 公分鑽 1 個洞，以做為不同岸高時的阻塞板用。

(五) 溢堤測定：

本研究的目的是在探討不同條件下洪水多快到達下游造成溢堤，以及會在哪些地方溢堤？因此要測定的有開始溢堤的時間和溢堤的位置及範圍。經測試討論後，測定的方法為：

1. 開始溢堤時間：以碼表測量從打開水流到水開始溢出河岸的時間做為開始溢堤時間。
2. 溢堤的位置及範圍：將麵粉灑在河道的兩岸，水溢堤時會將麵粉沖走，即可看出溢堤的範圍（照片一），實驗結束再用直尺測量溢堤範圍。由於左右兩岸測得的溢堤範圍會有些不同，因此以所得數值之平均當做溢堤範圍。



照片一 實驗過程中，河流溢堤的情形

三、主要實驗步驟：

本研究實驗時的基本條件為：

流量	水流時間	河長	河寬	岸高	坡度	阻塞板
大	60 秒	110 公分	2.5 公分	2 公分	5°	2 個洞

實驗時則根據研究的問題更改實驗條件，如：研究河寬的影響，則除了河寬改變外，其他基本條件不變。

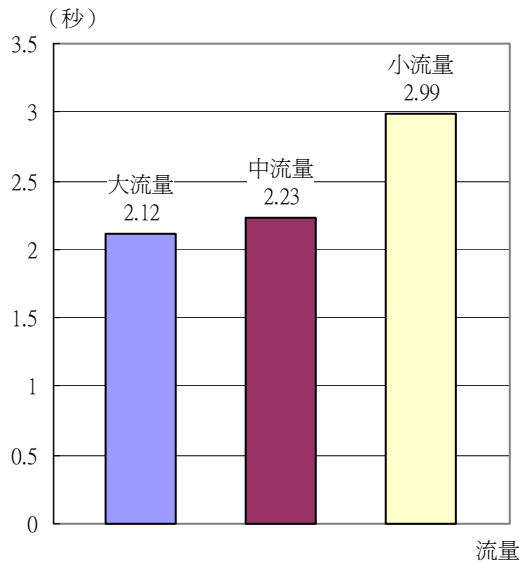
			
實驗前：在地上做記號確定每次實驗的位置都相同。	1：將實驗槽放在實驗位置。	2：放入實驗所要的河道。	3：在兩岸均勻抹上薄薄的麵粉。
			
4：流少許水並用牙刷清洗河道中殘留的麵粉。	5：配合河道放置流量控制水箱	6：河道下游放阻塞板。	7：打開水流開關，計時，並記錄開始溢堤時間。
 溢堤位置的長度			
8：水流時間結束時，測量溢堤位置長度（即溢堤範圍）	9：清理河道，以便進行下一個實驗。	10：將實驗槽內的水倒掉。	11：重複步驟 1~步驟 10，進行下一個實驗。

陸、研究結果

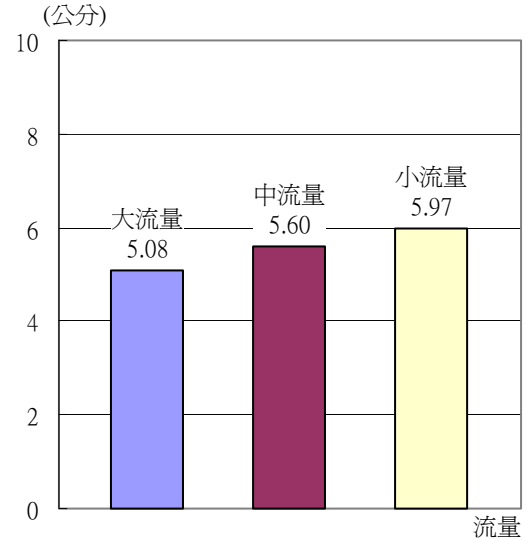
研究一 洪水水量、流量及水流時間對溢堤的影響

實驗 1 水量相同，流量不同，水流經過時間也不同

【結果】（實驗資料參見附錄一）



平均開始溢堤時間



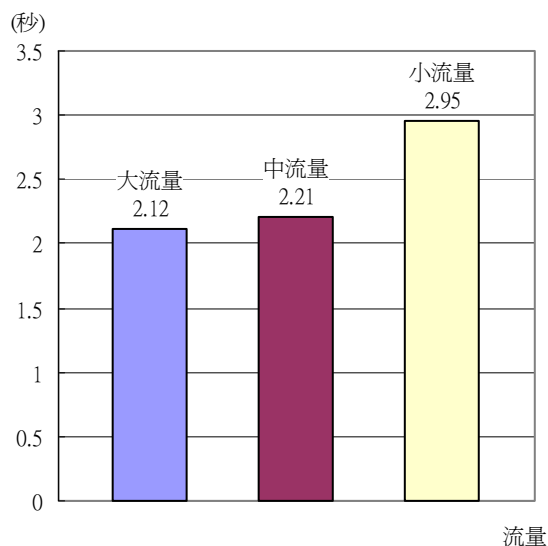
平均溢堤範圍

【發現】1. 水量相同時，流量越大，開始溢堤時間越快。

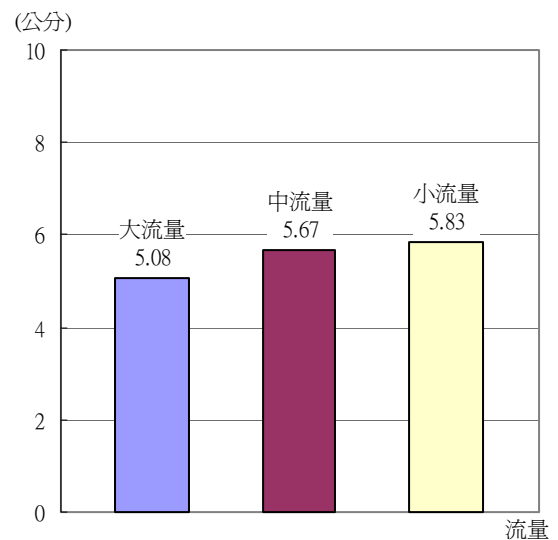
2. 流量越小，平均溢堤範圍越大。

實驗 2 流量不同，水流經過時間相同

【結果】（實驗資料參見附錄二）



平均開始溢堤時間



平均溢堤範圍

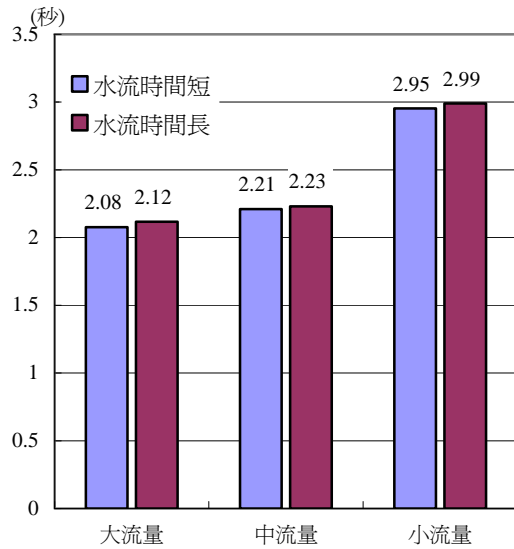
【發現】1. 水流經過時間相同時，流量越大，開始溢堤時間越快。

2. 流量越小，平均溢堤範圍越大。

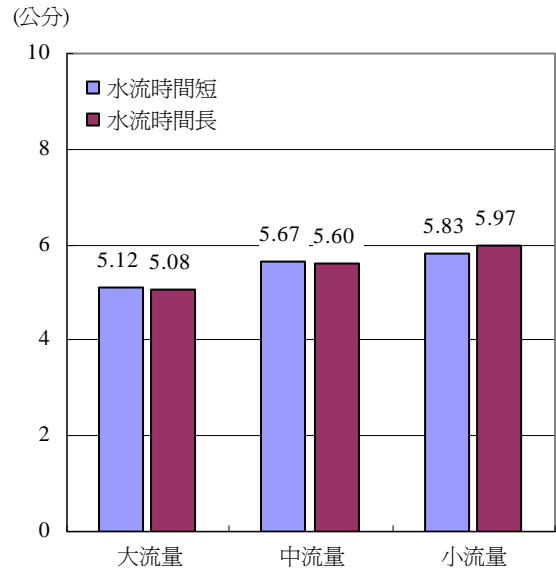
實驗 3 流量相同，水流經過時間不同

【實驗說明】這個實驗除了做大流量的水流時間 20 秒外，其餘是把上面兩個實驗的結果拿來互相比較，可以分別看到不同流量的水流時間不同對溢堤的影響。

【結果】（實驗資料參見附錄三）



平均開始溢堤時間



平均溢堤範圍

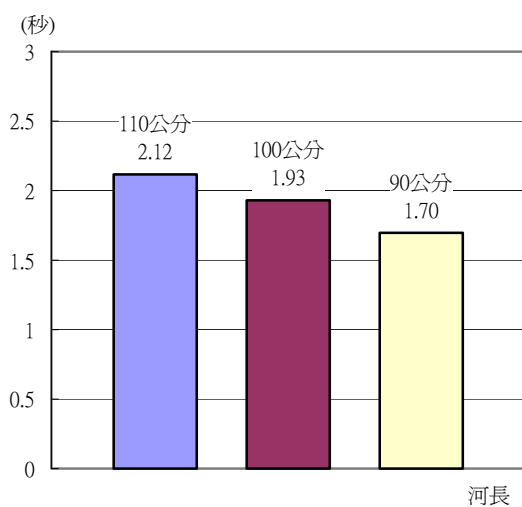
【發現】不管流量大小為何，只要流量相同，水流時間的長短對開始溢堤時間及平均溢堤範圍都沒有什麼影響。

研究二 河流特性對溢堤的影響

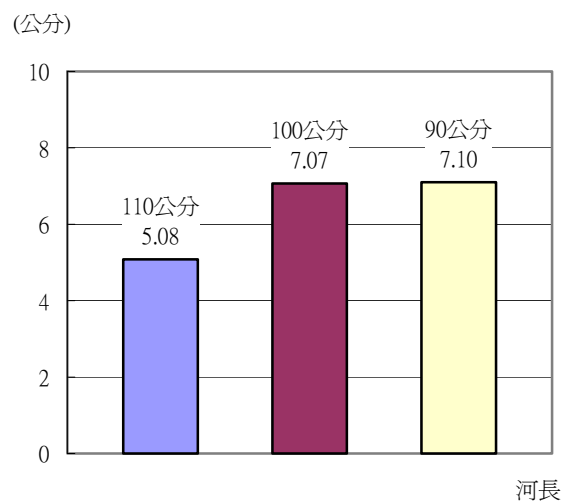
實驗 4 河長不同對溢堤的影響

【實驗說明】河長的控制是利用水管擺放的位置來控制水流流經的河道長度。

【結果】（實驗資料參見附錄四）



平均開始溢堤時間

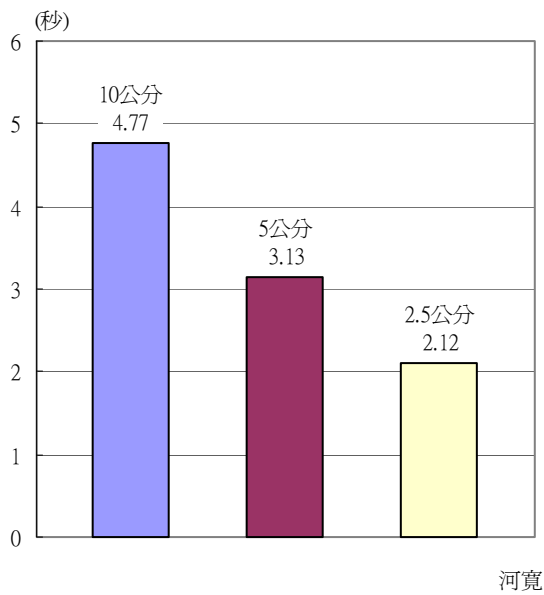


平均溢堤範圍

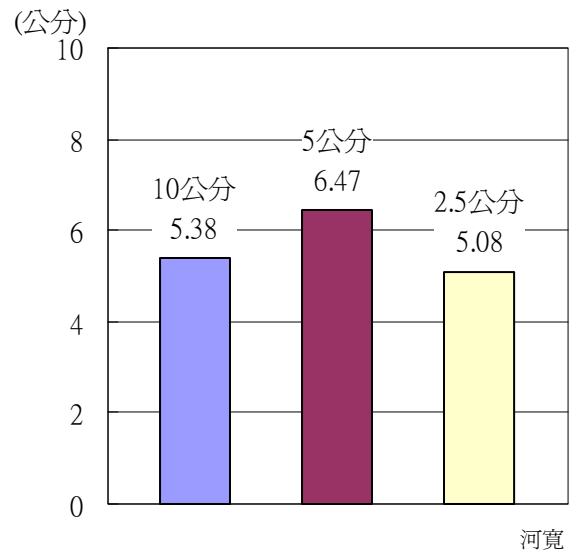
【發現】
 1. 河長越短，開始溢堤時間越快。
 2. 河長越短，平均溢堤範圍越大。

實驗 5 河寬不同對溢堤的影響

【結果】(實驗資料參見附錄五)



平均開始溢堤時間

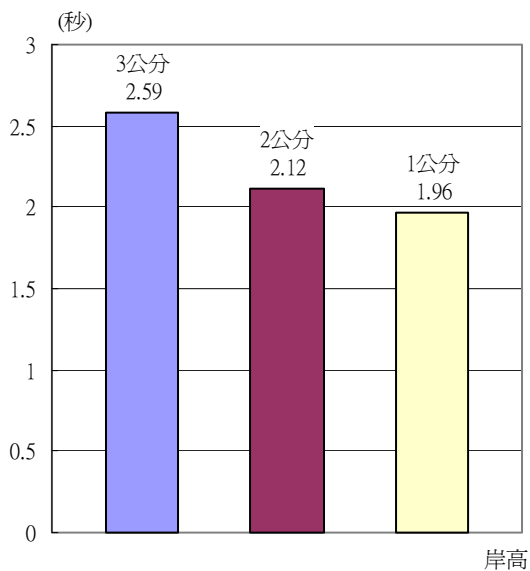


平均溢堤範圍

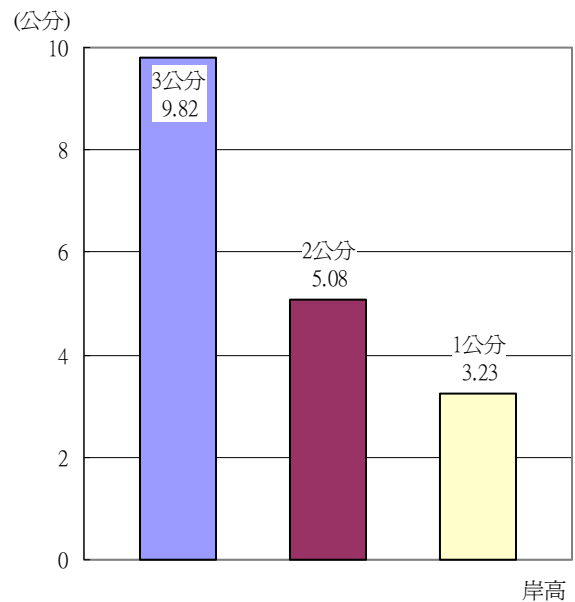
- 【發現】
1. 河道越窄，開始溢堤時間越快。
 2. 平均溢堤範圍在河寬 5 公分時最大。看不出和河寬有明顯的關係。

實驗 6 岸高不同對溢堤的影響

【結果】(實驗資料參見附錄六)



平均開始溢堤時間

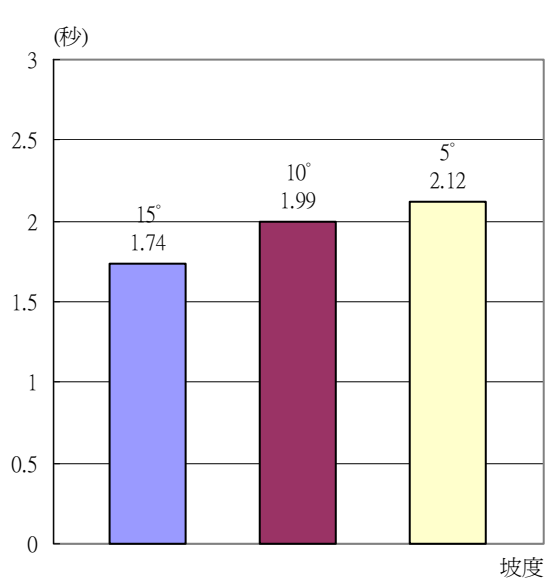


平均溢堤範圍

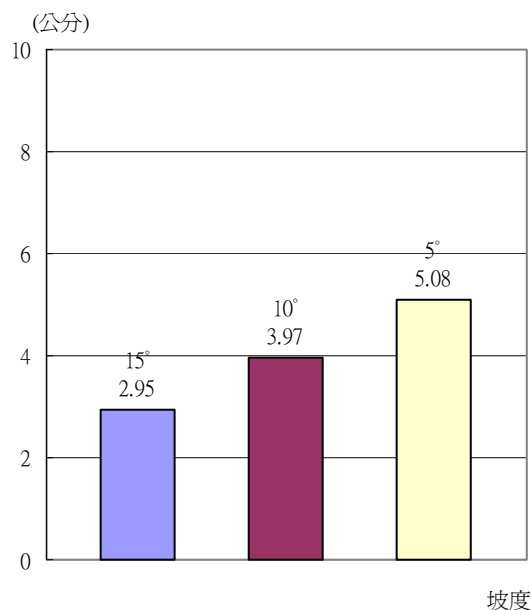
- 【發現】
1. 河岸越低，開始溢堤時間越快。
 2. 河岸越高，平均溢堤範圍越大。

實驗 7 坡度不同對溢堤的影響

【結果】(實驗資料參見附錄七)



平均開始溢堤時間



平均溢堤範圍

- 【發現】
1. 坡度越大，開始溢堤時間越快。
 2. 坡度越小，平均溢堤範圍越大。

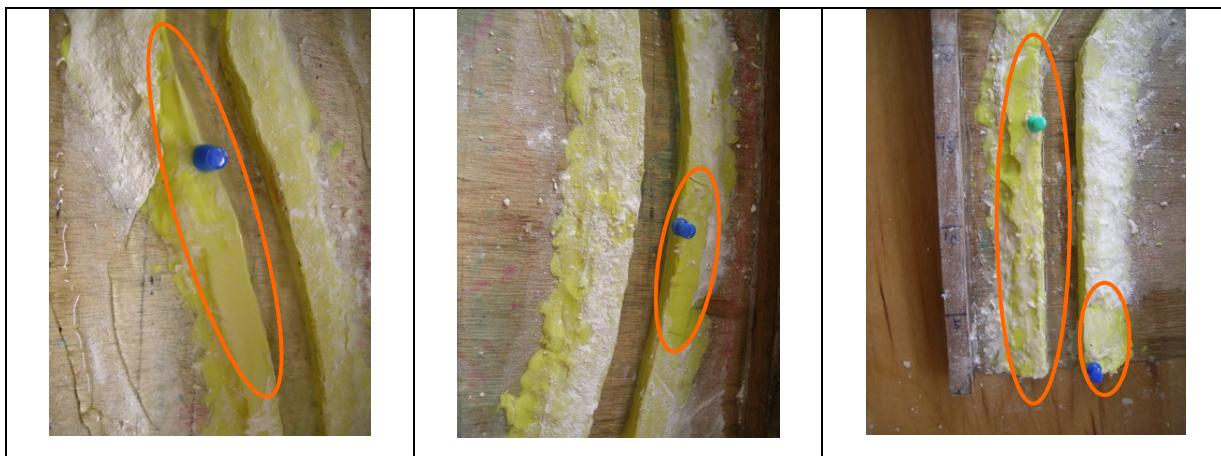
實驗 8 河道彎曲程度對溢堤的影響

【實驗說明】

上述實驗都是以直線河道為對象，溢堤範圍都是從下游受阻的地方開始向上漫延；而河道彎曲時，除了下游外，是否還有其他的溢堤位置？

【結果】

1. 彎曲河道溢堤的情形如下。



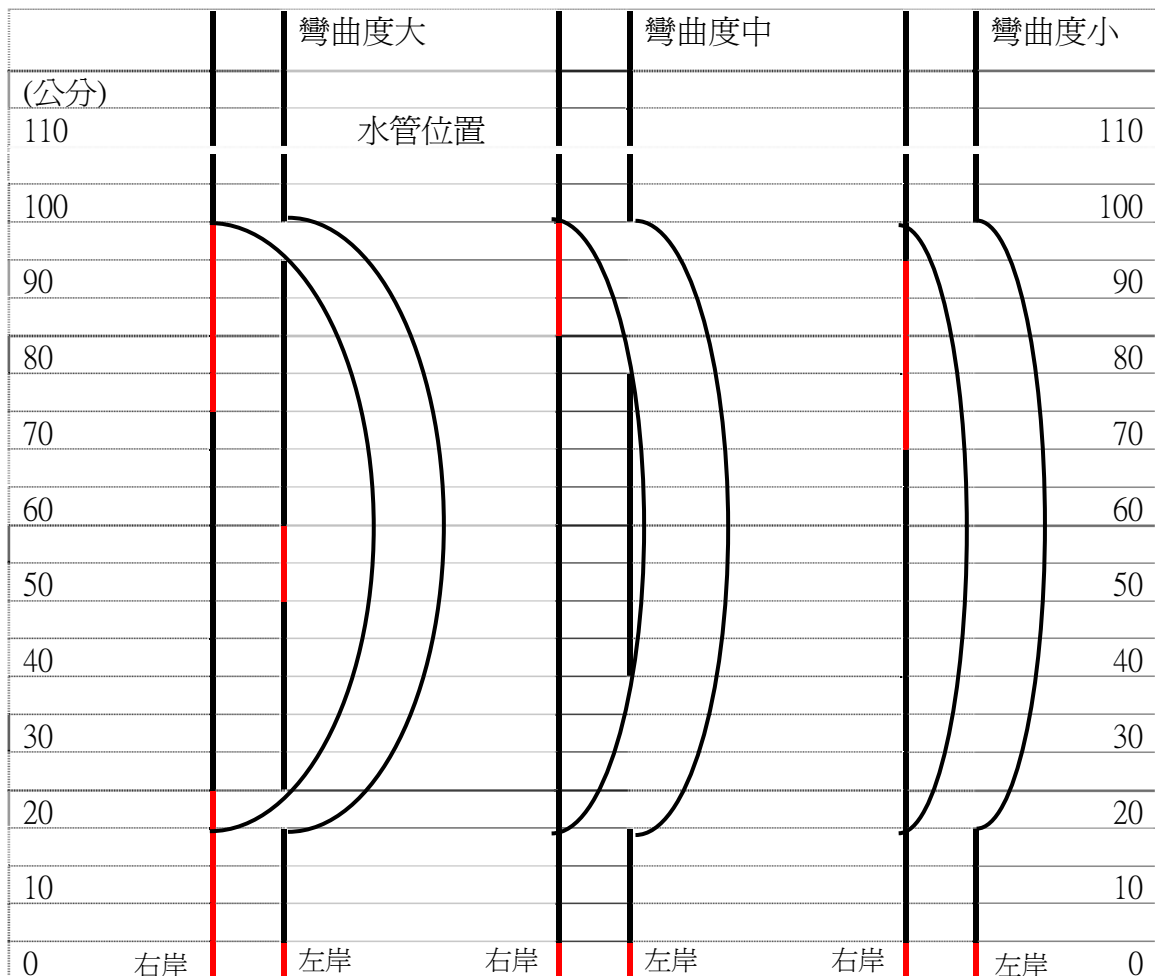
2. 本實驗以下游受阻位置為 0 公分，水管位置在 110 公分處，不同彎曲度的溢堤位置紀錄如下：

彎曲度大	溢堤位置 1		溢堤位置 2		溢堤位置 3		溢堤位置 4	
1	左岸	0~4.8	右岸	0~20.2	左岸	55~60	右岸	76~101.5
2	左岸	0~4.8	右岸	0~20.2	左岸	50~60	右岸	86~101
3	左岸	0~5.8	右岸	0~22	左岸	55~60	右岸	93~101

彎曲度中	溢堤位置 1		溢堤位置 2		溢堤位置 3		溢堤位置 4	
1	左岸	0~4.5	右岸	0~3.5	無溢堤		右岸	82~99
2	左岸	0~5.9	右岸	0~3.8			右岸	87~99
3	左岸	0~5.6	右岸	0~4			右岸	85~100

彎曲度小	溢堤位置 1		溢堤位置 2		溢堤位置 3		溢堤位置 4	
1	左岸	0~3.5	右岸	0~4	無溢堤		右岸	70~95
2	左岸	0~4.2	右岸	0~4.6			右岸	76~95
3	左岸	0~4.6	右岸	0~5			右岸	83~97

將河道兩岸溢堤範圍標示如下，紅色線為溢堤的範圍。



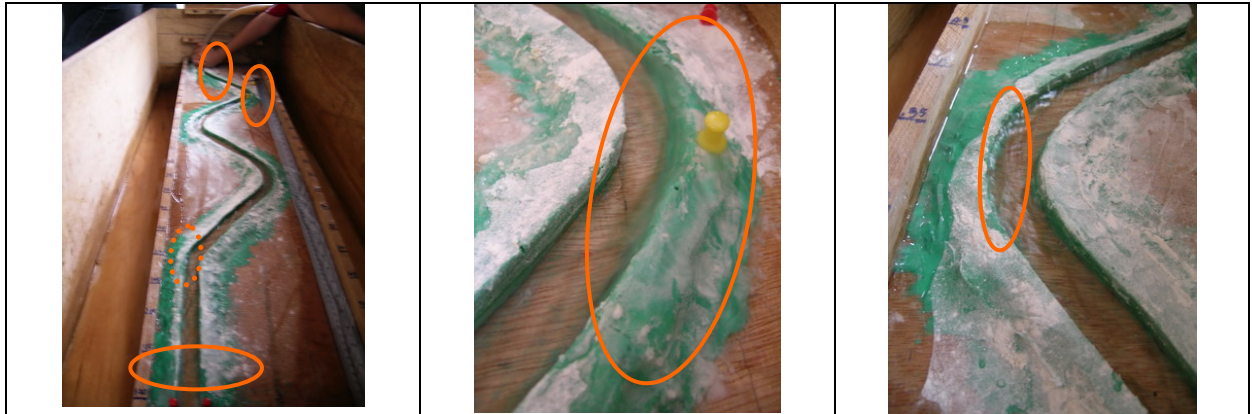
【發現】 實驗結果的重現性很好。不管彎曲度大小，有三個相同的溢堤位置，而彎曲度大的河流其第二個溢堤位置的溢堤範圍比其他二個河道要長許多，另外還多了一個第三個溢堤位置，顯示彎曲度越大越容易溢堤。

實驗 9 曲流對溢堤的影響

【實驗說明】根據實驗 8 結果，彎曲度大較易溢堤，而曲流的溢堤狀況又是如何？

【結果】

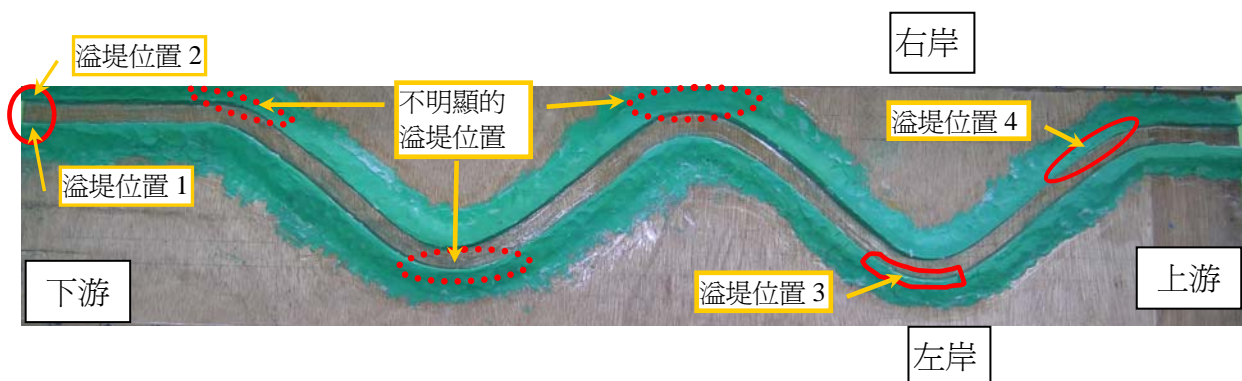
1. 曲流溢堤的情形如下。



2. 溢堤範圍記錄方法同實驗 8，主要溢堤範圍紀錄如下：

曲流	溢堤位置 1		溢堤位置 2		溢堤位置 3		溢堤位置 4	
1	左岸	0~2.9	右岸	0~2.9	左岸	80~90	右岸	97~108
2	左岸	0~3	右岸	0~2.8	左岸	80~91	右岸	99~109
3	左岸	0~3.8	右岸	0~4.3	左岸	80~93	右岸	98~110

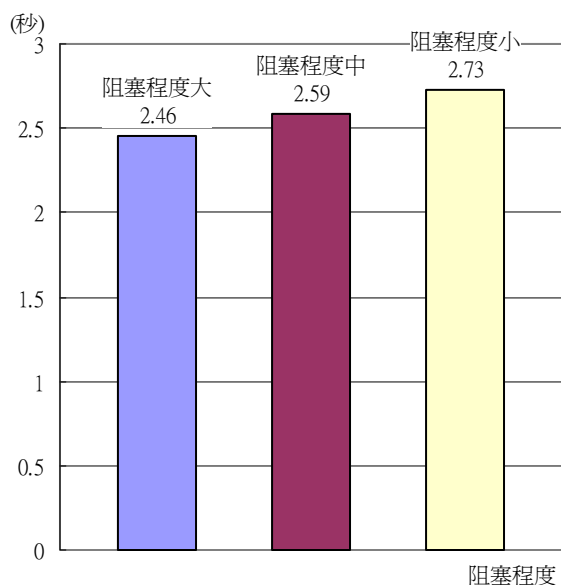
主要溢堤範圍標示如下圖。



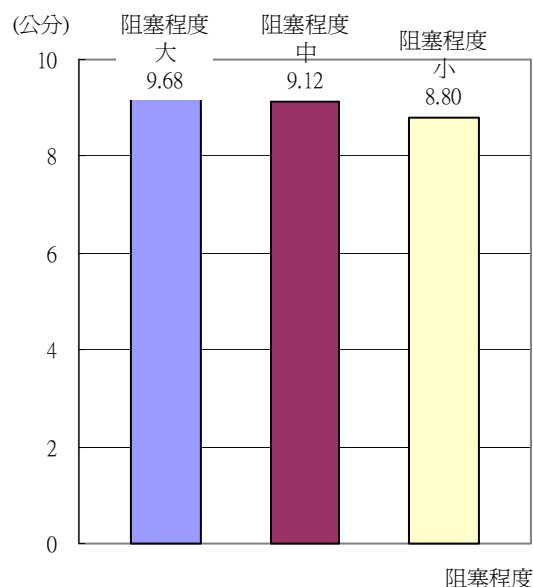
【發現】三次實驗結果溢堤的範圍都差不多，除了下游受阻而溢堤外，會造成溢堤的範圍大多在轉彎處的外側。

研究三 河道受阻塞程度對溢堤的影響

實驗 10【結果】（實驗資料參見附錄八）



平均開始溢堤時間



平均溢堤範圍

- 【發現】
1. 阻塞程度越大，開始溢堤時間越快。
 2. 阻塞程度越大，平均溢堤範圍越大。
 3. 完全沒有阻塞狀況的實驗，結果完全沒有溢堤的現象發生。

柒、討 論

1. 在前測實驗中發現水流狀況一直不太穩定，檢討可能的原因，發現每次實驗的位置沒有固定，而且地板並非水平，常會使水流有往一側流動的情形。因此利用水平儀及連通管測定實驗場地的水平狀況，並在地上做記號，確定每次實驗的位置都相同，並且是水平的。
2. 要如何測量、判定溢堤範圍，一直困擾我們，本想要在河岸上放紙條，再由紙條受潮的長度來判斷溢堤範圍。但紙條很容易因吸水產生毛細現象而影響判斷。改用麵粉舖在河岸上時，當水溢流時很容易把麵粉沖走或弄濕，比較好判斷溢堤範圍。
3. 研究結果，較快造成溢堤的情況為：流量大、河流長度短、河寬小、河岸高度低、坡度大、阻塞程度大；與水量多寡、水流時間長短無關，符合實驗前的預測。而溢堤範圍較大的情況為：流量小、河流長度短、河岸高度高、坡度小、阻塞程度大；和水量多寡、水流時間長短同樣無關；河寬部分則看不出其規則性。除了阻塞程度大溢堤範圍大符合我們預測之外，其他的都和我們實驗前預測的相反。

仔細觀察實驗時水在河道中的流動情形，發現水流在接近下游時（在本研究中為最下方阻塞板的位置）會產生一種水面突然躍起的現象（照片四）。利用透明壓克力做成的河道來觀察，可以看到流量小時，水從上游流下來，原本水深都差不多，但接近下游處水深會慢慢增加，但水面大致呈水平，水位超出河岸的範圍很小，所以溢堤的範圍也不大（照

片二)。當流量變大時，水面不再水平，而是向上凸起，下游到水開始變深處的水平距離有變小的現象，且超出河岸的範圍變大（照片三）。但當流量更大時，水平距離更小，水面向上凸起的現象更明顯，超出河岸的範圍反而變小(圖三)。因此推測當上游往下沖的力量變大時，溢堤範圍反而會變小。

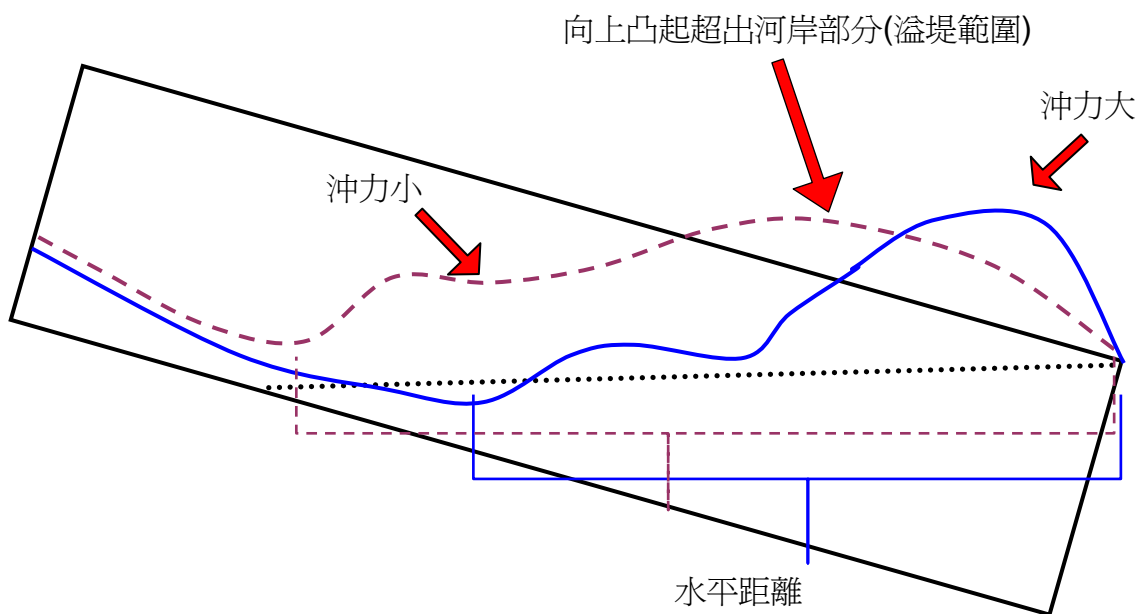
這也是實驗結果會呈現流量小、河流長度短、河岸高度高、坡度小者反而溢堤圍大的原因。而河寬的實驗部分，可能因為河寬 10 公分的河道沖力太小，而河寬 2.5 公分的河道沖力太大，使得它們的溢堤範圍都不是最大，而河寬 5 公分的河道相對向上凸起的部分較二者大，因此使得它在三者中的溢堤範圍最大。



照片二 小流量時下游累積的水面大致呈水平。

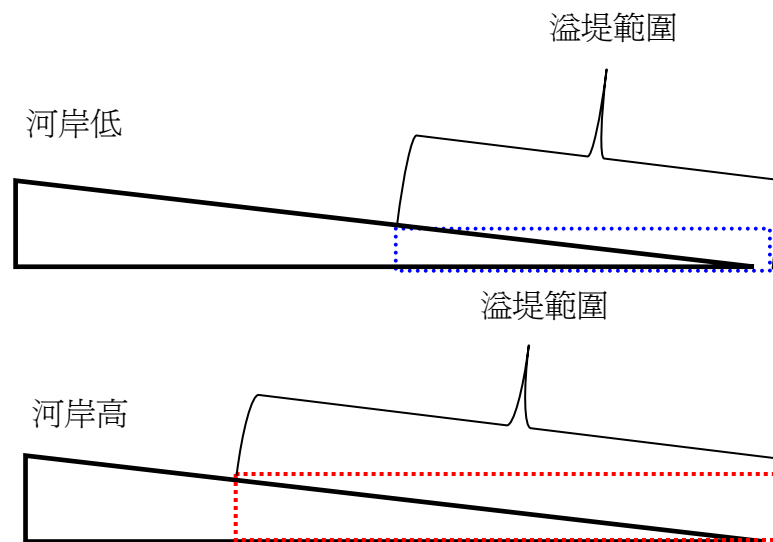
照片三 流量變大時水面會向上凸起。

照片四 流量更大時，水會有從水平忽然昇高的現象。



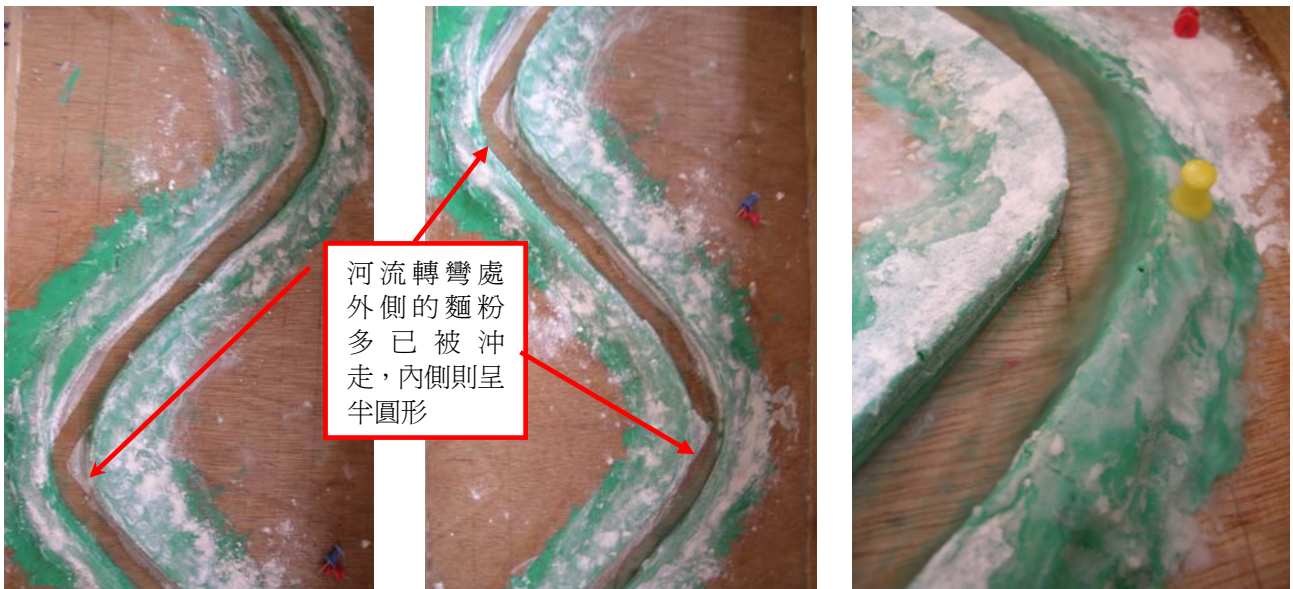
圖三 不同流量向下游沖去時造成水面突起的情形及溢堤狀況的示意圖

- 原本預測流量相同時，水流經過時間越長，溢堤範圍越大，但實驗結果卻發現在相同流量下，不管水流時間長短，溢堤範圍是差不多的。這和我們平日知道的雨下得越久造成的水災越嚴重的印象不同。經討論後，發現我們測量的是河水從河岸溢出去的位置，並非溢出去的水量，所以才有這樣的結果。
- 在實驗過程中也發現，當流下來的水和溢出去的水達平衡時，河流溢堤範圍的地方便大致維持在相同的位置。如果能找出河流在豪雨來臨時的可能溢堤範圍，則居住在地勢低於河流溢堤範圍的人便要小心淹水；而住在高於溢堤範圍的人則可安心。
- 岸高實驗結果顯示河岸越低，淹水範圍越小。而我們平日所知防洪的措施之一為加高河堤，兩者看起來很矛盾。由圖四可以看出，河岸愈低時，河道相對的容積小，所以相對水平延伸至上游的位置也較小，因此溢堤的範圍就較小。我們試將岸高 3 公分的河道平置在實驗槽做坡度 0° 的溢堤實驗，結果在水流時間 60 秒內並沒有發生溢堤的現象，而 2 公分及 1 公分的河道則都有溢堤的現象，可見加高河堤仍不失為預防河流溢堤的好方法。



圖四 河岸高度不同時，溢堤範圍不同的示意圖

- 在曲流溢堤實驗中，發現溢堤位置大多在轉彎處外側的地方。我們將麵粉舖在河道內，再用水沖，發現在河流轉彎外側的地方，麵粉大都被水沖走，而內側的地方未被沖走的麵粉則呈半圓形（照片五、六）。照片七可以看出水在曲流轉彎處流動時，內側的水較少較淺，水多集中往外側流動而造成溢堤。這也證明為什麼在曲流的溢堤位置多在轉彎處的外側。



照片四 麵粉在曲流中被沖走的狀況（一）

照片五 麵粉在曲流中被沖走的狀況（二）

照片六 水在曲流中流動的狀況

8. 在進行河流彎曲度對溢堤影響的實驗時，我們在下游處有放阻塞板，所以除了中上游會溢堤外，下游也會溢堤，但嘗試不放阻塞板時，發現上游溢堤的位置依舊沒變，但下游因不受阻，就沒有溢堤現象發生。
9. 從文獻中得知，上游常會帶來大量的泥沙堆積在河道造成阻塞，在這次的研究中，我們並沒有把河床堆積物放入模擬，也沒有把河流中下游坡度近乎 0° 的部分納進來，而這些可能更接近實際的河流狀況。也是我們未來要再努力的方向，以期研究結果能接近真實的情境。
10. 本研究模擬不同水流狀況、河流特性及阻塞情形對河流溢堤的影響。雖然在河流規模的大小及水流時間的長短上無法和實際的狀況一樣，但仍可得到一個定性上的趨勢。將來希望能從實際的雨量及已有的溢堤資料中去驗證實驗的準確性。

捌、結 論

本研究主要在探討影響洪水到達下游速度的因子，及溢堤位置相對的變化情形。經過實驗結果，得到下列幾點結論：

一、較快造成溢堤的情況為：

流量	水流時間	水量	河長	河寬	岸高	坡度	阻塞程度
大	無關	無關	短	小	低	大	大

二、溢堤範圍較大的情況為：

流量	水流時間	水量	河長	河寬	岸高	坡度	阻塞程度
大	無關	無關	短	不一定	高	小	大

三、河流的彎曲度越大，越容易發生溢堤現象，但多發生在曲流的外側，而且發生溢堤的位置及範圍具有重現性。

四、河流溢堤的範圍與河道向下的沖力應有相當的關係，沖力越大，相對溢堤的範圍也越小；但沖力太小時，相對溢堤的範圍也不會太大。

玖、參考資料

1. 台中縣太平市公所 (2006)。 太平市志地理篇。台中縣：作者。
2. 翰林出版公司編輯部。自然與生活科技。第六冊，第四單元，地表的變化。台南市：翰林出版事業股份有限公司。
3. 第 48 屆科展(2008)：土石流不流－探討土石流成因、對橋墩的破壞及預防機制。2009 年 4 月 30 日，取自：<http://www.ntsec.gov.tw/m1.aspx?sNo=0000167>
4. 郭振泰(1998)。台灣的洪水災害。地球科學園地，7。2009 年 4 月 30 日，取自：
<http://earth.fg.tp.edu.tw/learn/esf/magazine/980902.htm>
5. 水災形成的原因。2009 年 4 月 30 日，取自：<http://ms2.htps.tn.edu.tw/~htps9301/flood1.htm>
6. 姜善鑫(1990) 台灣洪水的成因與防治。科學月刊 246 期。2009 年 4 月 30 日，取自：
<http://203.68.20.65/science/content/1990/00060246/0005.htm>
7. 水災。2009 年 4 月 30 日，取自：<http://ihouse.hkedcity.net/~hm1203/hazard/flooding.htm>
8. 認識洪水災害。2009 年 4 月 30 日，取自：http://61.56.4.48/pdf/flood_doc/006_3_002.pdf
9. 危害生命的四大災害-水災。2009 年 4 月 30 日，取自：
[http://dns.lmes.tc.edu.tw/~course1/lmp/94/94lmes%20\(15\).doc](http://dns.lmes.tc.edu.tw/~course1/lmp/94/94lmes%20(15).doc)
10. 河流的歷史。中大應用地質所。2009 年 4 月 30 日，取自：
<http://140.115.123.30/earth/river/history1.html>

【評語】 080509

研究目的明確，能透過簡易實驗驗證研究問題。報告中以流程圖和實驗矩陣表達研究執行的邏輯。研究架構及實驗設計周延，實驗結果完整呈現。