

屏東縣第 65 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國中組

作品名稱：探討排水防洪改善因子

關 鍵 詞：河道排水防洪、麟洛溪排水、渠道模型（最多三個）

編號：B5002

目錄

摘要.....	2
壹、前言	2
一、研究動機.....	2
二、研究目的.....	3
三、文獻探討.....	3
四、研究架構.....	5
貳、實驗設備與器材製作	5
一、主要實驗器材及設計圖：	5
二、編製麟洛溪易淹水區段河道模型設計圖	6
三、製作渠道模型	8
五、製作水流穩壓裝置.....	10
六、測試渠道承載能力.....	10
參、研究過程與方法	11
一、實驗前測：坡度與排水速率是否存在線性關係.....	11
二、探討水流時間不同，對於渠道排水及沖刷之影響（無砂石）	12
三、探討水流時間不同，對於渠道排水及沖刷之影響。(有砂石)	14
四、探討渠道內植物生長分布，對於渠道排水相關影響.....	22
五、進水量大小對渠道內砂石沖刷情況觀察分析:.....	24
肆、實驗後續建議.....	29
伍、結論	30
陸、參考文獻.....	30

摘要

本研究旨在探討影響河道排水與防洪的關鍵因子，並以麟洛溪易淹水區段為研究對象，設計河道模型進行模擬與分析。我們製作出能穩定控制水流且不受外力環境因素耗損的工具模型，以評估不同改善措施的有效性。研究內容包括：探討不同材質的渠道模型對排水能力的影響，分析降雨量變化與降雨時間以及水生植物對渠道與土質沖刷的影響。透過實驗與數據分析，我們希望找出最佳的排水防洪改善策略，以提升河道的防洪能力，減少水患風險。

壹、前言

一、研究動機

2024 年 7 月 24 日強颱風凱米颱風，造成台灣許多各地出現淹水災情，尤其在南台灣許多低窪地區，也因颱風帶來的超大豪雨而造成積水久久無法排除，另外還有其他中、上游河道及邊坡也因大量洪水沖刷而受損嚴重，土石流也因此沖入民宅，讓許多居民苦不堪言。位於屏北麟洛鄉農地部份村落，也因凱米颱風帶來的豐沛雨量而傳出淹水災情，因為阿公家就位在受災區，家園及田裡種植的農作物受到狂風暴雨的侵襲，造成莫大損失，這也引發了我們想改善這類災損情形發生。



圖 1、當地淹水情況（作者攝）

二、研究目的

探討地方排水淹水問題，在調查地質地形方面，以靠近阿公家附近的區域來搜集相關資料及材料。由於麟洛鄉的主要排水支線分為三條，分別是大湖排水支線、麟洛溪排水以及南麟洛排水支線，經過組內討論後，我們想截取「麟洛溪排水較易淹水的區段河道」，來製作這次的渠道模型（下圖紅色標示位置範圍）來做為研究對象。



圖 2、研究地點示意圖

- （一）設計麟洛溪易淹水區段河道模型。
- （二）製作能穩定控制水流且不受外在環境因素耗損的工具及模型。
- （三）對於渠道模型所能承載的排水效果及材質變異深入探討。
- （四）雨量的多寡，對於渠道排水及土質沖刷之相關探討。
- （五）降雨的時間，對於渠道排水及土質沖刷之相關探討。
- （六）探討渠道水生植物，對於渠道排水及沖刷之影響。

三、文獻探討

- （一）如果能將排水渠道的通水斷面，加寬加廣或定期清除雜物淤泥的話，是否能改善河水溢流的情形呢？各河段造成河水溢流的因素分析：（水利署，2013）
 - 1. 上游：土壤集水層飽和、水土保持不良及人為過度開發造成土石流。
 - 2. 中游：原渠道通水斷面小、排水閘門未關及河道雜物淤泥過多造成洪水溢流。
 - 3. 下游：地勢底窪、通水斷面小、排水閘門未關及河道雜物淤泥過多造成溢流。

（二）探討麟洛溪地質層包含哪些？

屏東縣麟洛鄉地質分佈非常的平均，由於位在屏東平原上屬沖積平原，因此多屬於土、砂、礫地質（如圖 3 所示），土壤分佈主要分為四種粒徑，包含壤土、粘質壤土、壤質砂土、中粘土、粘土（麟洛鄉公所，2021）。

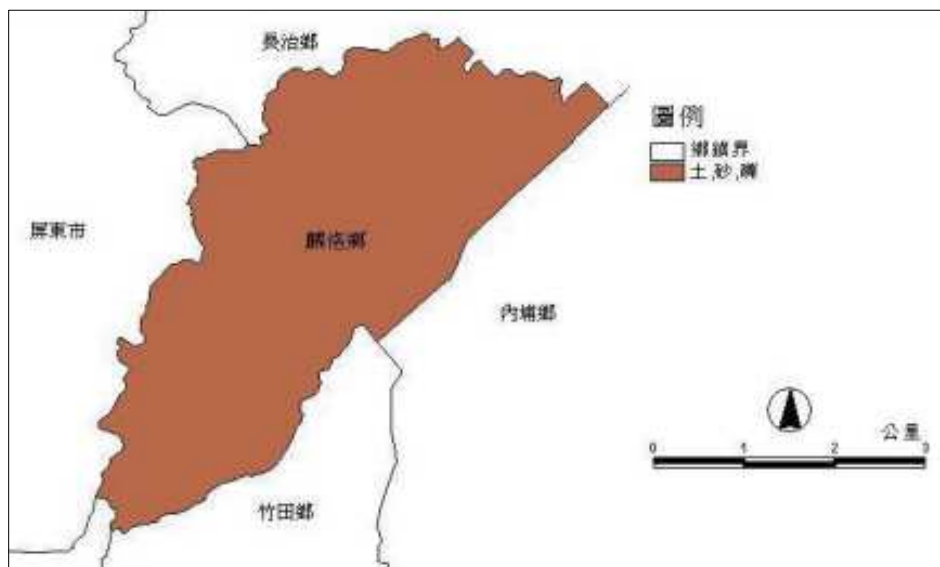


圖 3、麟洛鄉地質分佈圖

（三）河川年流量變動特性，在近二十年間已產生許多變化，不僅年際變率擴大，且流量變動的循環週期也有所改變，根據相同時期的雨量分析，流量特徵變化主要是受到雨量變異的影響，但二者的變動情勢不盡相同；河川流量的變化不僅受到雨量變異的影響，也與集水區地文環境的特性與變遷有關（吳，2009）。

（四）近年生態工程常採用粗糙表面、孔隙透水或植生等做護岸，以符合水域環境之生態性。相關渠道側坡和植生等條件，也有進行渠槽試驗設計，分析植物梯形渠道之水理特性進行研究，也取得明顯的成果，在工程實務應用上，植生梯形渠道粗糙係數模式的建立，有助於生態工程設計之引用（楊、謝，2008）。

四、研究架構

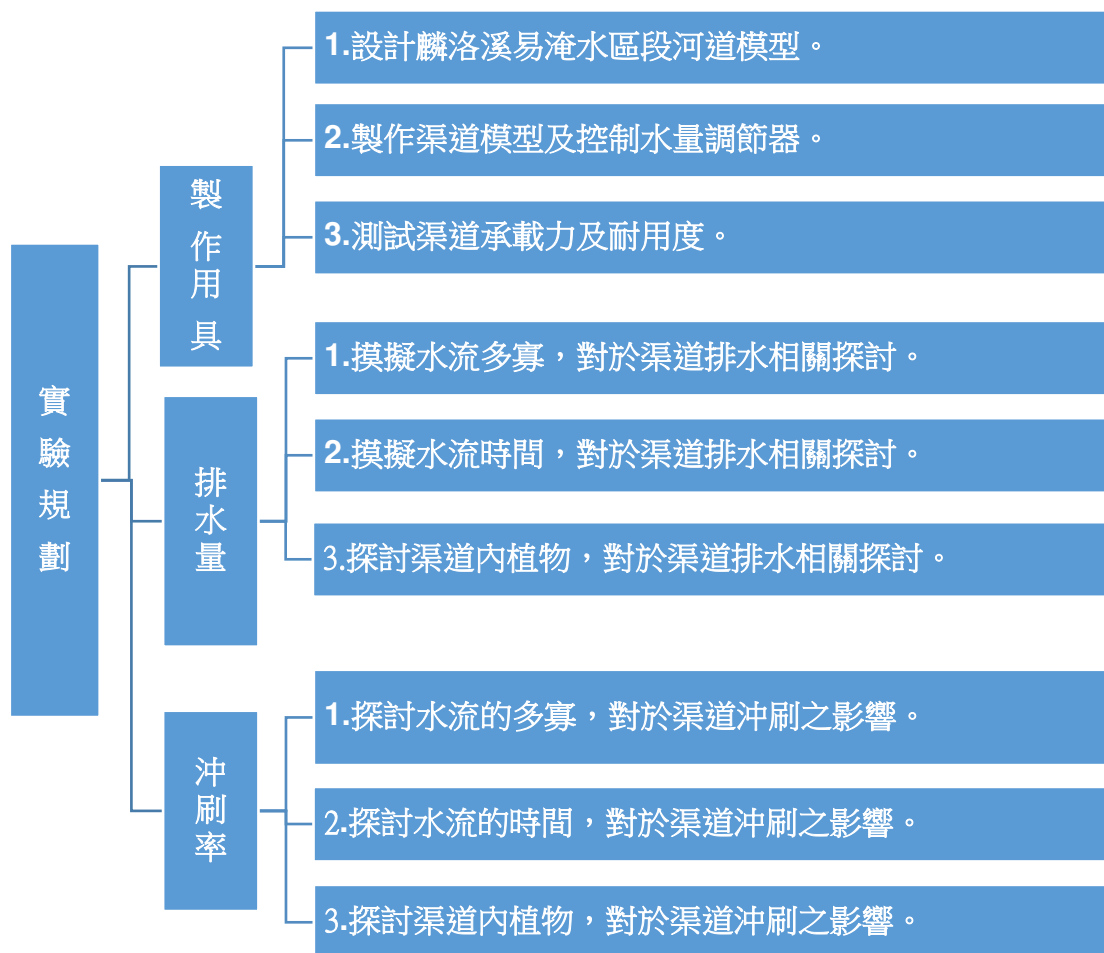
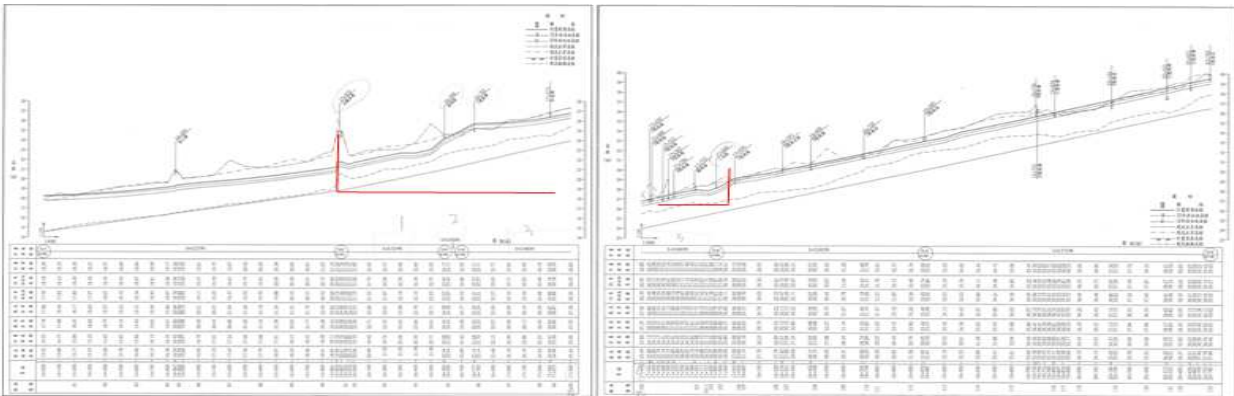


圖 4、研究架構圖

貳、實驗設備與器材製作

一、主要實驗器材及設計圖：

六分砂	三分砂	粗砂	中砂	現況砂石

				
調節閥	束帶	洗衣袋	現況植被	木材
				
流速計	矽利康	矽利康槍	保麗龍箱	帆布
				
上游二泊橋至下游北麟橋排水河道縱斷面圖				

二、編製麟洛溪易淹水區段河道模型設計圖

在查詢製作實驗渠道相關文獻資料時，因為鮮少有關於模擬實際渠道製作的資料，所以我們決定試著自己設計合適的河道模型來進行研究。以水利處提供之麟洛溪排水易淹水區位置圖搭配上上游二泊橋至下游北麟橋河道縱斷面圖加以編製，流程如圖 5 所示：

1. 以水利處提供麟洛溪排水易淹水區位置圖框出我們這次要施作的範圍做為本次渠道模型的彎度。如右圖示：



圖 5-1：麟洛溪排水易淹水區工區位置圖

2. 以水利處提供從上游二泊橋至下游北麟洛橋區間(紅線標示)的河道縱斷面圖來計算渠道坡度的高度，如右圖所示：

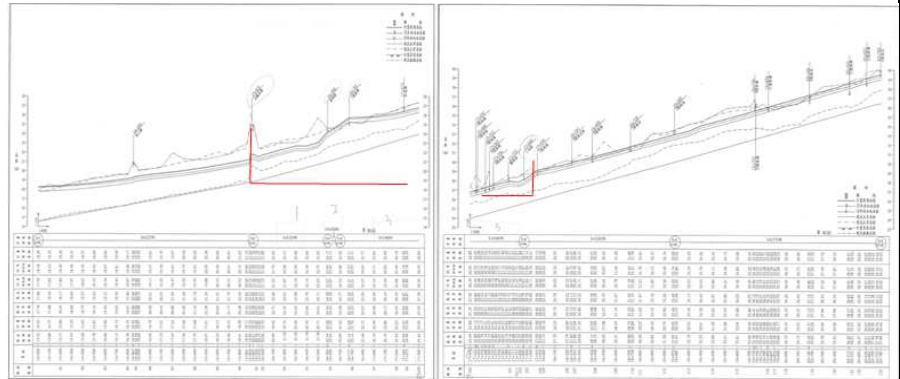


圖 5-2：下游北麟洛橋河道縱斷面圖 圖 5-3：上游二泊橋河道縱斷面圖

3. 設計坡度與彎度施工圖：

- (1) 結合圖 5-1~5-3，得到麟洛溪排水治理計畫水道縱斷面圖。
- (2) 以現況谿線高程(黃色標示)做為施工架構，如右圖 5-4 所示：

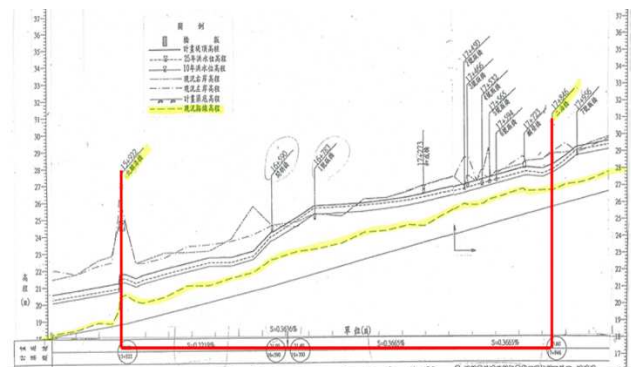


圖 5-4：二泊橋至北麟洛橋河道縱斷面圖重新編製

4. 截取紅色河道工區位置與二泊橋至北麟洛橋區間谿線高程平行套疊，如右圖所示：

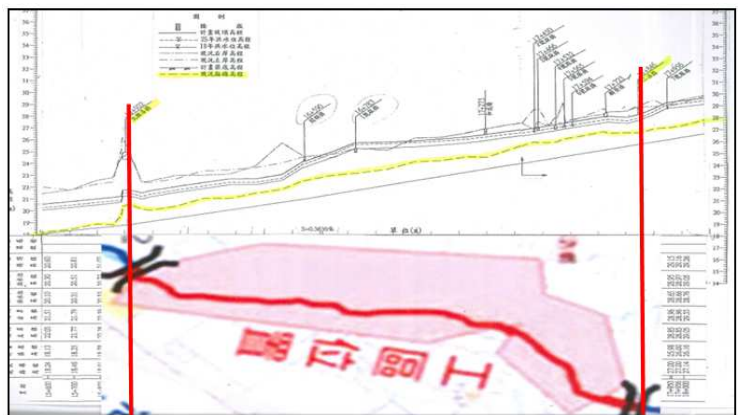


圖 5-5：二泊橋至北麟洛橋河道縱斷面圖及易淹水區工區位置圖重新編製

5. 將上述圖紙，放入透明資料夾，並以紅色及黑色油性簽字筆，在透明資料夾上面描繪出河道工區與谿線高程位置，如右圖所示：

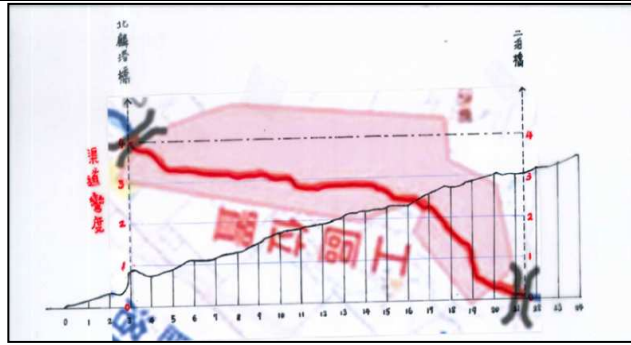


圖 5-6：二泊橋至北麟洛橋河道縱斷面圖及易淹水區工區位置圖重新編製

6. 將谿線高程及紅色河道工區，各分成 24 及 4 等份，畫出 x 軸及 y 軸供施工時對位，如右圖所示：

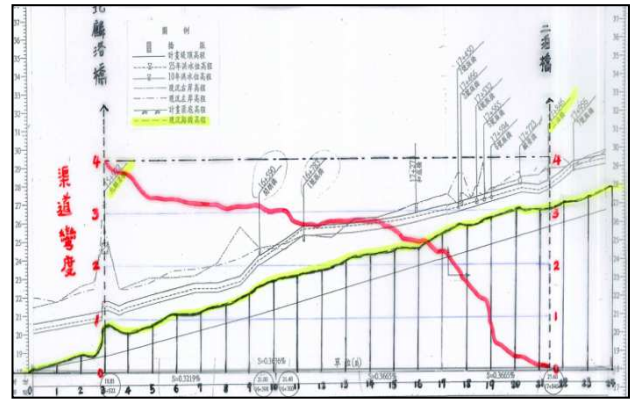


圖 5-7：二泊橋至北麟洛橋河道縱斷面圖及易淹水區工區位置圖重新編製

圖 5、河道模型設計流程圖

三、製作渠道模型

(一) 移動式 U 型支撐渠道架模型：

渠道以白色塑膠軟管（直徑 20 公分，長 4 公尺）做為主體；支撐架以長約 70 公分的木條為主體，裁切成適當尺寸在拼接成 U 型架裝載塑膠軟管；此外，下方以可移動的課桌椅做進行架高擺設，此實驗活動範圍於室外走廊進行（圖 6）。

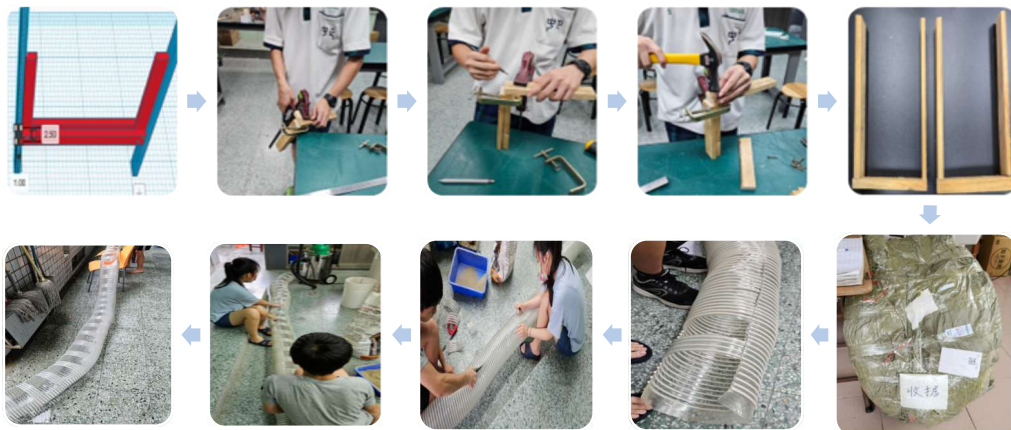


圖 6、製作移動式 U 型支架渠道模型

（二）固定式 H 型支撐渠道架模型：

渠道側邊材料以保麗龍加固，並以帆布鋪設做為主體；渠道下方的支撐架取用長約 160 公分木條，裁切成適當尺寸拼接成 H 型，固定立於室外土質空地。實驗活動範圍僅限於室外土質空地進行（圖 7）。

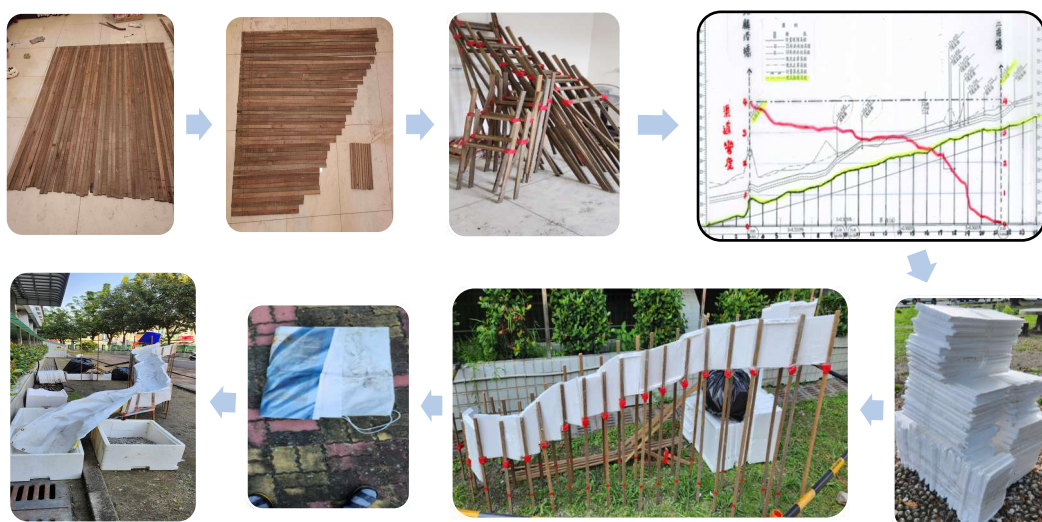


圖 7、製作固定式 H 型支架渠道模型

（三）比較移動式 U 型支撐渠道架模型及固定式 H 型支撐渠道架模型優劣差異：

比較項目		塑膠軟管渠道 可移動 U 型架	帆布渠道 固定式 H 型架	備註
1	坡度調整	優	劣	可移動支架不受場地限制。
2	彎曲調整	優	劣	可移動支架不受場地限制。
3	支撐力	劣	優	可移動支架易造成載體變形。
4	材料成本	劣	優	大型塑膠軟管取得不易且價格昂貴。

綜合比較：

1. 上方渠道材料：選擇採用廢棄廣告帆布做為鋪設渠道使用，既省成本又能兼顧環保再生。
2. 下方支撐架：選擇採用固定式支撐架做實驗，較不受外力因素造成變異受損，造成實驗數據失真。

五、製作水流穩壓裝置



圖 8、水流穩壓裝置製作流程

六、測試渠道承載能力

我們實驗渠道模型，最後以 H 型固定式渠道進行測試。渠道模型寬約 20 公分，高約 20 公分，長約 320 公分，在無放置砂石以及在無受任何外力的理想情況下，最大承載容量能承載 128 公升水量。在我們後續設定的實驗中，以不排放水流的情況下，水龍頭能釋放的最大流量約 27~30 L/min，足以滿足我們後續的實驗排水需求。



圖 9、渠道模型承載測試示意圖

參、研究過程與方法

我們實地走訪麟洛排水幹線河道，探勘實地有哪些地方適合下去採取砂石，發現在北麟洛橋下游處的河道，有最近因颱風豪雨由上游沖刷下來的砂石卡在邊坡處，於是我們找來飼料袋及鏟子挖取邊坡上的砂石，來做為我們這次實驗所鋪設的砂石如圖 10 示：



圖 10、探勘麟洛排水幹線採取砂石示意圖

一、實驗前測：坡度與排水速率是否存在線性關係

（一）實驗步驟：

1. 以白色塑膠軟管做為渠道的主體，於管內鋪設底土（黃土：砂土約 1：2），再利用 PP 瓦楞板製造寬 5 公分，深度 3 公分的河道。
2. 在距離進水口約 60 公分處，設置夾角為 145 度的彎道。
3. 利用 H 型支撐架將渠道的坡度調整為 5 度。
4. 我們先以 3 L/min 水流，預先注入 3 分鐘的水，使河道維持有水流的狀態。
5. 接著以 20L/min 的水流，注入 20 秒，觀察設置在彎道處的紙張是否有被水打溼，藉以判斷是否有溢流的現象；若無，則逐漸增加進水流量，直至溢流，並記錄當下的水流量。
6. 同時在下游出水口處，並紀錄排水所需時間。
7. 進行三次重複，並將坡度分別改為 10、15 度，重複以上步驟。

(二) 實驗數據：

表 3-1、不同坡度下對於可承載最大水流，排水速率的影響

坡度(度)		5	10	15	坡度(度)		5	10	15
可承載 最大水流 (L/min)	第 1 次	25.1	19	14.4	排水 時間 (秒)	第 1 次	27.4	24.2	21.3
	第 2 次	24.3	18.7	15		第 2 次	26.8	23.7	22.7
	第 3 次	24.7	18.6	13.4		第 3 次	27.5	25.2	23.3
	平均	24.70	18.77	14.27		平均	27.23	24.37	22.43
	標準差	0.379	0.764	1.026		標準差	0.400	0.208	0.808

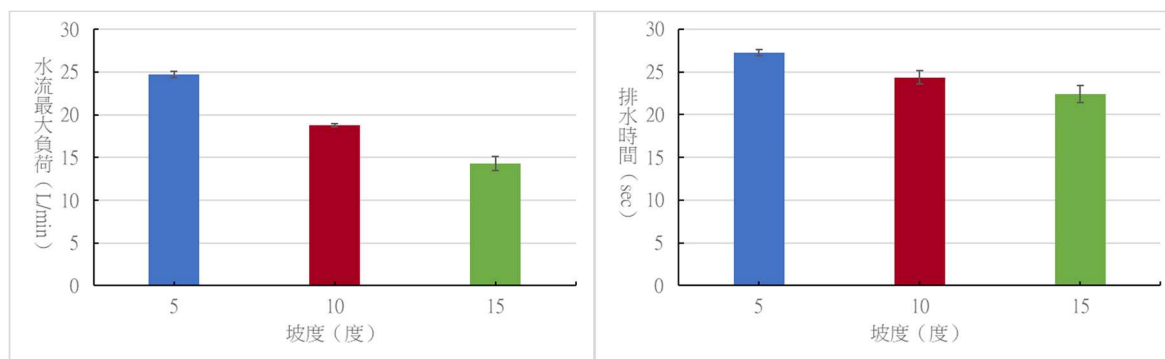


圖 3-1、不同坡度對可承載最大水流及排水速率的影響

(三) 數據分析：

1. 在測試過程中發現，若在坡度調整為 20 度，河道邊坡的沖蝕速率過快無法維持河道形狀，因而後續討論並不採用其數據。
2. 從實驗結果發現，隨著坡度的增加，排水時間減少的比例較最大可承受水量減少比例較少，且排水速率減少的量呈現出趨緩的現象；此外排水速率與最大可承受水量呈現負相關，在可承受的最大的水量高時排水的速度反而減慢（如圖 3-1），當瞬間水量較大時，可能無法負擔排水需求。
3. 由於河道在沖刷過程中容易出現變形的現象，後續實驗操作前可將土壤壓實，提升耐受性；另因 U 型塑膠軟管在操作較不易模擬真實河道，故後續的實驗我們以保麗龍加固、帆布鋪設的渠道進行操作。

二、探討水流時間不同，對於渠道排水及沖刷之影響（無砂石）

(一) 實驗步驟：

1. 將水箱放在渠道下游出水口接水。
2. 選擇已調整好進水流量分別為 5、10、12、20、27 L/min 之調節閥，各別接入水管進行實驗。待水流穩定後，再將水注入渠道。
3. 待水流穩壓後，進水流量分別以 1、2、3 分鐘之時間進行實驗。
4. 停止進水後，在下游出水口以碼錶記錄水流完全排出所需的時間。
5. 測量出水端排出後的總水量。

（二）實驗數據：

各進水量於無砂石渠道內，各排水量及排出時間之數據，如表 3-2-1。

表 3-2-1、渠道內無砂石各進水量之各時間之排水量及完全排出時間值

進水量 (L/min)	5			10			12			20			27		
流入時間 (分)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
進水量(L)	5	10	15	10	20	30	12	24	36	20	40	60	27	54	81
20 秒後 排水量(L)	4.95	9.96	14.96	9.96	19.96	29.95	11.95	23.95	35.96	19.97	39.95	59.4	26.96	53.95	80.94
停水後完全 排出時間 (sec)	6.5	6.4	6.7	6.6	6.5	6.6	6.3	6.4	6.5	6.6	6.5	6.8	6.6	6.4	6.8

（二）實驗分析：

渠道模型寬約 20 cm，高約 20 cm，長約 320 cm，在無放置砂石以及在無受任何外力的理想情況下，最大承載 128L 水量，而實驗條件進水量 5、10、12、20、27 L/min 無法使渠道溢滿，根據實驗條件量測數據得知，在此渠道模型此實驗的各種條件下皆能於 7 秒內完全排出，如圖 3-2-1。

1. 進水量與排水量不因時間變化而有所差異。
2. 完全排出時間，不因進水量大小與時間變化而有所差異。

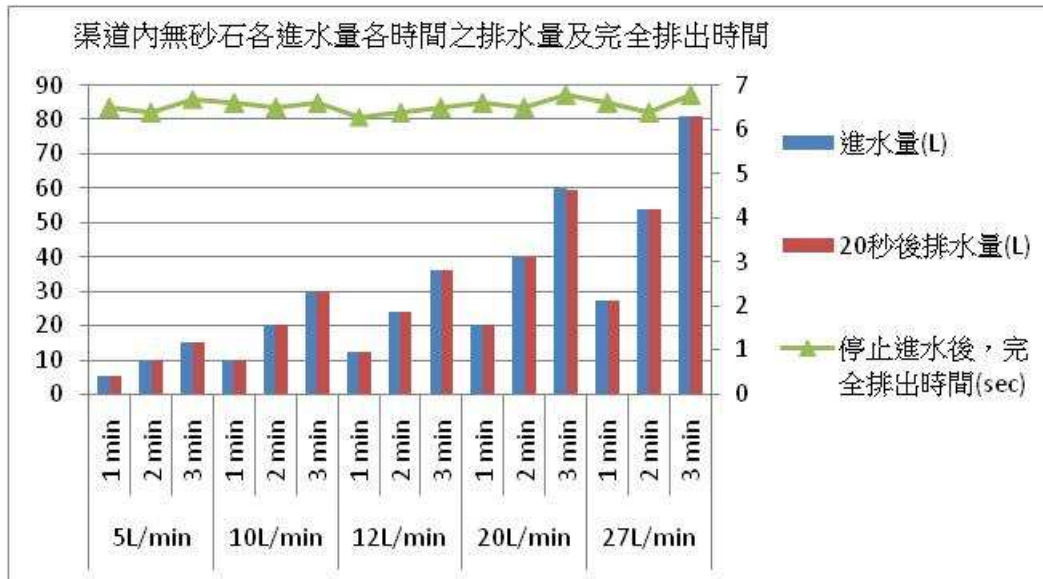


圖 3-2-1 渠道內無砂石各進水量之各時間之排水量及完全排出時間比較

三、探討水流時間不同，對於渠道排水及沖刷之影響。(有砂石)

(一) 實驗步驟：

1. 使用細砂、粗砂、三分砂及六分砂，按照 6：2：1：1 放置於渠道內，鋪設厚度為 3 cm，渠道內先澆水使鋪設砂石內含水量飽和，並將水箱放在渠道下游出水口接水，如圖 3-3-1。
2. 選擇已調整好進水流量分別為 5、10、12 L/min 之調節閥，各別接入水管進行實驗。待水流穩定後，才能將水排入渠道。
3. 各進水流量分別以 1、2、3 分鐘之時間，待水流穩壓後，開始進行實驗。
4. 停止進水 7 秒（砂石時能在 7 秒內完全排出）及 20 秒後，在下游出水口統計出水端排出後的水量。
5. 完成一次量測後便確認渠道內砂石分佈及鋪設厚度，以恢復至初始狀態。

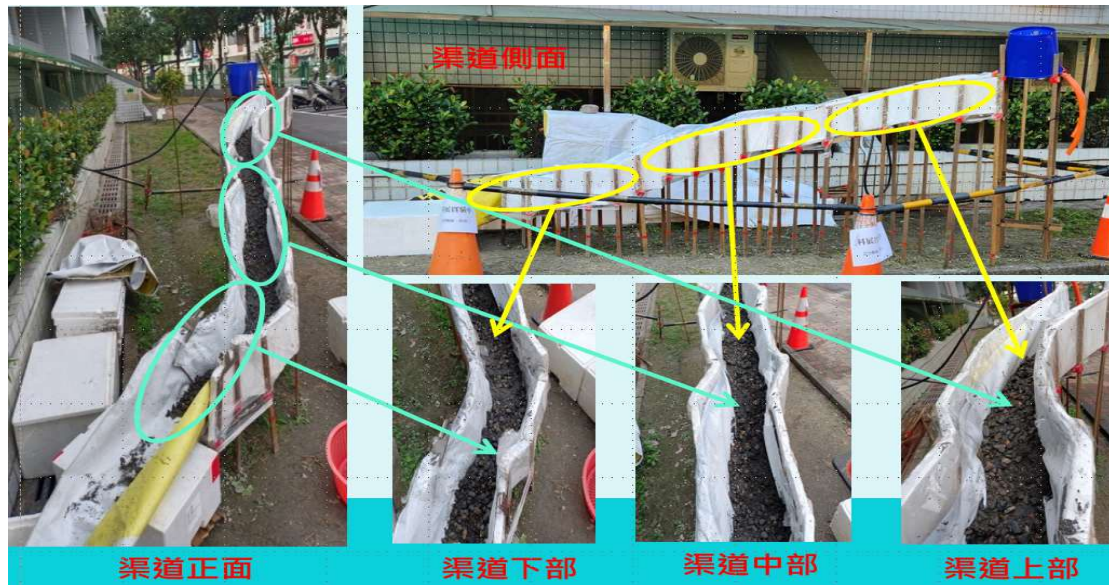


圖 3-3-1 模型渠道砂石鋪設

(二) 實驗數據：實驗中之各流量及各進水時間之排水量，如表 3-3-1。

表 3-3-1、各流量及各進水時間之排水量

進水量 (L/min)	5			10			12		
流入時間(分)	1	2	3	1	2	3	1	2	3
總進水量(L)	5	10	15	10	20	30	12	24	36
7 秒後排水量(L)	3.1	8	13.1	8.3	18.2	28.2	9.8	21.8	34
20 秒後排水量(L)	3.8	8.7	13.8	9.1	19	29	11.1	23	35.1
7 秒後排水率	62.0%	80.0%	87.3%	83.0%	91.0%	93.6%	81.6%	90.8%	94.4%
20 秒後排水率	79.0%	88.5%	92.0%	91.0%	95.0%	96.6%	92.5%	95.8%	97.5%

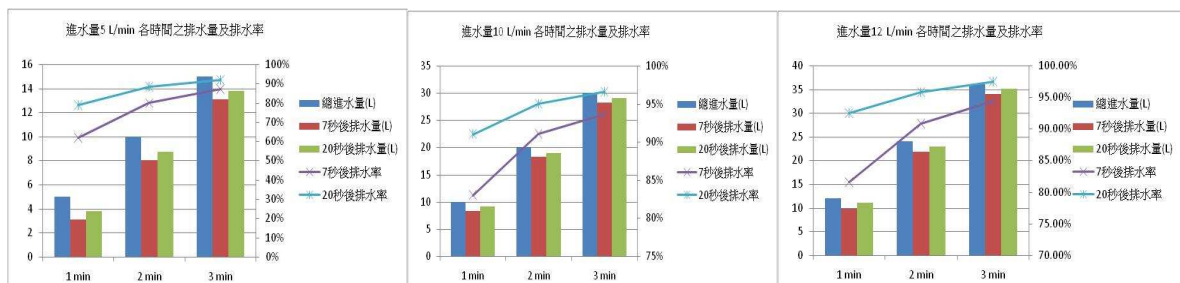


圖 3-3-2、各流量及各進水時間之排水量

1. 與渠道內無砂石比較，排水率及完全排放時間皆以無砂石最佳，如圖 3-3-3。
2. 渠道內有砂石時，進水量 12 L/min 時，在 7 秒、20 秒後排水率最好有 90% 以上；而進水量 5 L/min 則在進水 1min，7 秒後時最差 62%，如圖 3-3-3。

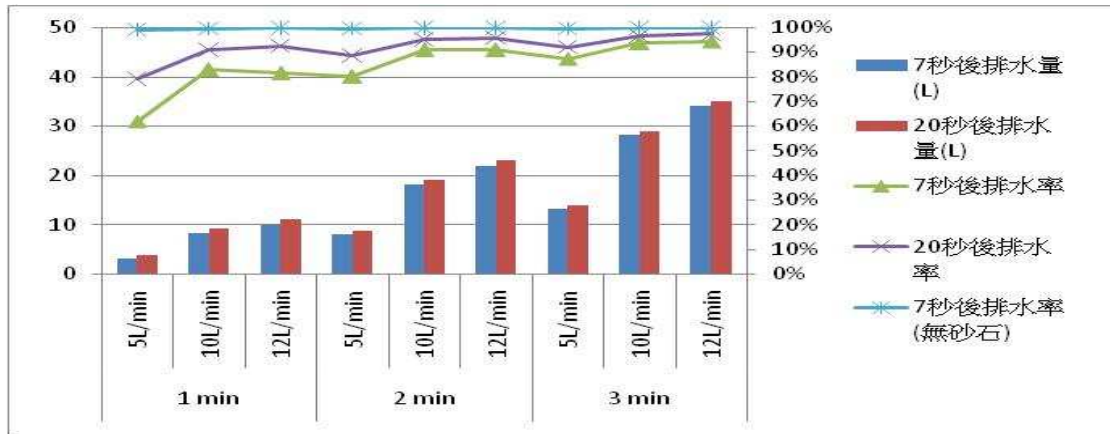


圖 3-3-3 渠道內有無砂石排水比較

(三) 實驗分析：

1. 現實情況，因降雨量大時間長而造成淹水災情發生。然而實驗結果中，砂石堆積與進水量、時間變化之排水成效之其數據，與初始設想進水量大時間長，排水率不佳的結果有明顯落差。
2. 觀察實驗過程中，渠道砂石在大量進水時，砂石有被沖刷下的情況，導致渠道砂石分佈量變化，以致整個渠道水流隨之改變，此砂石沖刷狀況為渠道模擬設計時，事先未想到之變因，導致實驗結果呈現不佳。
3. 不考慮沖刷砂石因素影響下，渠道最大承載量 128L，在鋪設砂石 3cm 情況下，實驗最大進水 12 L/min 水流完全無堵塞溢滿之問題。此時單看排水率（排出量÷進水量）就會有失真疑慮，如結果呈現的 12 L/min 排水率比 5L/min 好；在進水時間內，渠道內存餘未排出水量並未明顯差異，排水率於進水數小時後差距更為顯著，單看排水率數據是失真，故改成確認單位時間渠道內未排出之水量。確認在砂石鋪設 3cm 時，各流量於渠道內未排出之水量並無明顯差異（表 3-3-2、圖 3-3-4），但排水率卻差距甚大（圖 3-3-5）。根據此結

果，後續實驗皆以渠道內未排出之水量來呈現各種條件下，渠道內排水狀況之比較。

4. 由無砂石實驗驗證 5、10、12、20、27 L/min 進水能於停止放水後 7 秒內排出渠道，故以有砂石及無砂石數據對照區分，無砂石渠道內未排出水量遠低於有砂石渠道。

表 3-3-2、渠道內 7 秒，20 秒後渠道內未排出水量

	1 min			2 min			3 min		
	5L/min	10L/min	12L/min	5L/min	10L/min	12L/min	5L/min	10L/min	12L/min
7 秒後未排水量(L)	1.9	1.7	2.2	2	1.8	2.2	1.9	1.8	2
20 秒後未排水量(L)	1.2	0.9	0.9	1.3	1	1	1.2	1	0.9

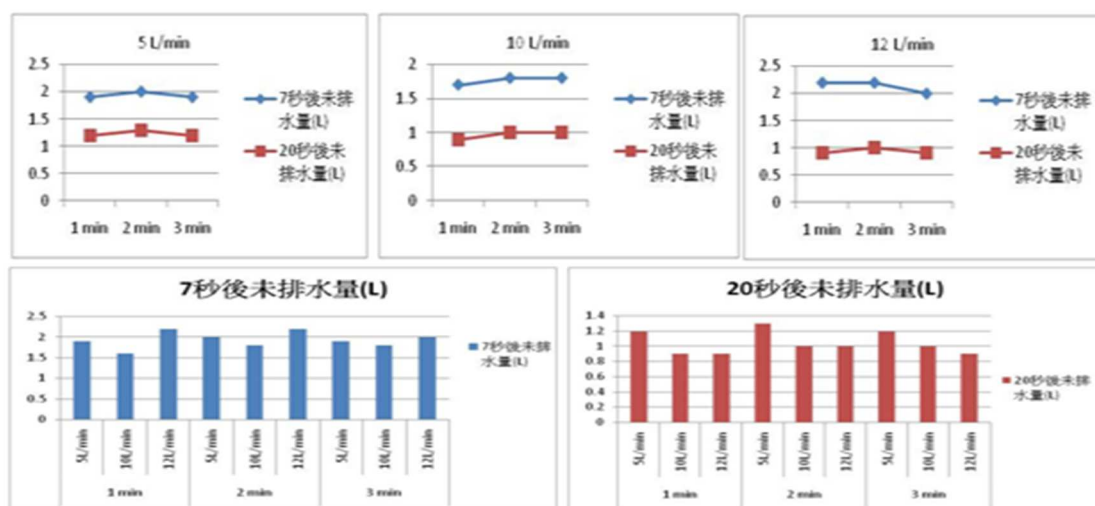


圖 3-3-4、渠道內 7 秒，20 秒後渠道內未排出水量比較

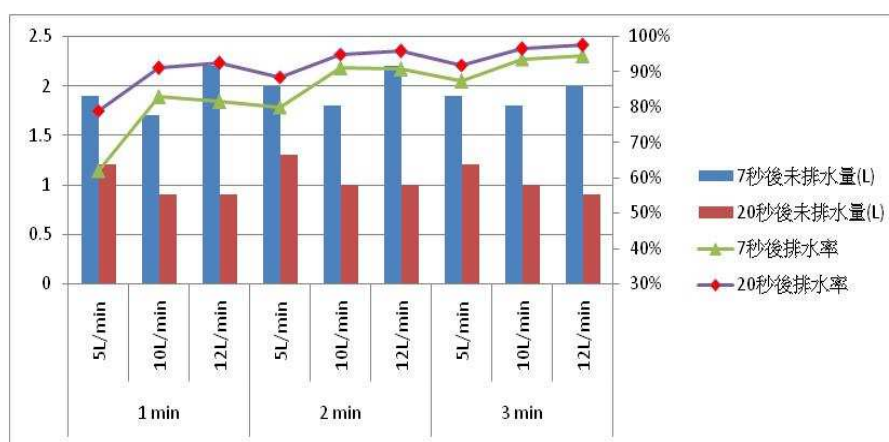


圖 3-3-5、刷石鋪設 3cm 各條件下排水率與渠道內未排出水量比較

（四）後續研究討論：

1. 本實驗渠道模型砂石鋪設 3cm 時，在進水量 10、12 L/min 時，渠道內水流經處之細沙被沖刷至平緩處堆積或流至出水口處，故渠道內存餘水量跟著變化。在停止進水的 7 秒後，雖有砂石沖刷下來，但水流道仍有砂石；而 12 L/min 時瞬間水量大，沖刷砂石也多於 10 L/min，但 7 秒間不足以讓其完全排出，其渠道未排水量也高於 10 L/min，而在進水量 12 L/min 在經過 3min 時，停止進水長達 20 秒後渠道內殘存水量最少，觀察其夾帶沖刷下來的砂石最多。推測應為流道中的砂石大量沖刷後，相當於砂石厚度變少變低，使得渠道內殘存水量最少，而量測沖刷至出水口的砂石，約有 2800 立方公分，其中以細沙為最大宗，但這是此渠道模型實驗觀察到的結果，若渠道大小改變、進水量改變、砂石多寡差異，其結果或許也會跟著變化，因此會有沖刷砂石這不可控之變因。
2. 從無砂石的渠道實驗中得知，不管進水量大小及時間，在 7 秒內能將渠道內水排出，故在有砂石實驗中，我們量測停止進水後 7 秒、20 秒時的排出量，從而得知渠道內水存餘量。以 5L/min 實驗中，觀察渠道內砂石分布表面，細沙沖積於渠道平緩處，砂石未流失至出水口，流道因砂石分布發生改變，而水流入及流出量在某單位時間後達成平衡。實驗數據得知，在砂石鋪設 3cm 的渠道模型內，5L/min 進水時間長短並不會明顯影響渠道內存餘水量，其各流量亦相同。
- c. 此次砂石鋪設 3cm 實驗中，因有砂石沖刷之不可控因素而導致結果的失真，故再次進行實驗設計，改變渠道內砂石厚度，並在符合不沖刷砂石至出水端的進水量條件下，觀察渠道內砂石厚度差異對排水的影響。

實驗三之 1、渠道內砂石鋪設 3cm 實驗砂石沖刷過程觀察：

由實驗觀察發現，鋪設於渠道模型表層之細沙經沖刷明顯已流失下流平坦處或出水端，渠道中段有部分高低落差較大，水流量大時造成沖刷更為嚴重，造成部分砂石堆積於渠道平

坦處或流至出水口，如圖 3-3-6、3-3-7、3-3-8 所示，後續將針對此現象進行渠道內砂石鋪設加厚及流量增大的實驗，觀察砂石沖刷及水流變化。



圖 3-3-6、渠道下方砂石沖刷



圖 3-3-7、渠道中部砂石沖刷



圖 3-3-8、渠道下方砂石沖刷

實驗三之 2、砂石鋪設厚度變更實驗（鋪設砂石 9cm）：

（一）實驗步驟：

1. 先使用 3 L/min 進水量於原渠道（砂石鋪設 3cm），進行數據量測。
2. 我們一樣使用細砂、粗砂、三分砂及六分砂，按照 6：2：1：1 放置於渠道內，鋪設厚度為 9cm（若減低厚度恐再有砂石沖刷情況發生）。
3. 並照之前實驗步驟進行進水量 3、5、10、12 L/min 量測數據。

（二）實驗數據：

1. 渠道砂石鋪設 3cm 厚度，進水量 3 L/min 之各進水時間排水量，如表 3-3-3。
2. 渠道砂石鋪設 9cm 厚度，進水量 3、5、10、12 L/min 之各進水時間之排水量各進水時間之排水量，如表 3-3-4。

表 3-3-3 砂石厚度 3 cm 3 L/min 之各進水時間排水量

3 L/min(砂石 3cm)	1 min	2 min	3 min
總進水量(L)	3	6	9
7 秒後排水量(L)	1.1	3.5	6.2
20 秒後排水量(L)	1.5	4.1	6.8
7 秒未排水水量(L)	1.9	2.5	2.8
20 秒未排水水量(L)	1.5	1.9	2.2

表 3-3-、砂石鋪設 9cm 厚度，各進水量之各進水時間之排水量

進水量 (L/min)	3			5			10			12		
流入時間(分)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
總進水量(L)	3	6	9	5	10	12	10	20	30	12	24	36
7 秒後排水量(L)	0	1.8	3.2	0.8	4.5	5.9	3.4	8.8	11.8	3.1	9.3	13.6
20 秒後排水量(L)	0.4	2.3	3.6	1.8	5.1	6.5	8.6	12.1	19.4	1.6	7.2	11.9
7 秒後未排水量(L)	3	4.2	5.8	4.2	5.5	6.1	6.6	11.2	18.2	8.9	14.7	22.4
7 秒後未排水量(L)	2.6	3.7	5.4	3.2	4.9	5.5	1.4	7.9	10.6	10.4	16.8	24.1

（三）實驗分析：

1. 由上述幾個實驗數據得知，渠道內的砂石堆積的確會影響渠道排水狀況，砂石堆積造成渠道未排出水量增多、排出時間延長，整體空間變小使得渠

道的最大容水量也變小。

2. 砂石厚度由 3cm→9cm，渠道內未排出水量增多，且隨著進水時間延長而變多（需要多長時間過後，未排出水量才能達成平衡，未在此實驗探討）。在砂石不沖刷至出水口狀態下，渠道內未排放水量之大小，依進水量 $12 > 10 > 5 > 3$ L/min，砂石堆積厚度及進水量大小影響排水狀況，如表 3-3-6、圖 3-3-9。
3. 以此渠道模型來說，最大容水量為 128L，假設理想情況未有砂石、持續有 5L/min 進水量流入，若 128L 的水量瞬間灌滿整個渠道，其渠道不會溢滿；但若有砂石堆積，由實驗厚度 9cm 來說，持續 3 min 後渠道內最少已有 9.5L 的水未排出，此時同樣瞬間灌入 128L 的進水量，渠道就無法完全承載此水量，而發生溢滿，造成周邊淹水，就相當於這 9.5L 流出渠道邊坡防護。

表 3-3-6 各流量與砂石厚度未排水量比較

砂石鋪設厚度		砂石 3cm			砂石 9cm		
		1 min	2 min	3 min	1 min	2 min	3 min
7 秒後未排水量(L)	3L	1.9	2.5	2.8	3	4.2	5.8
	5L	1.5	1.9	2.2	4.2	5.5	10.1
	10L	1.7	1.8	1.8	6.6	11.2	18.2
	12L	2.2	2.2	2	8.9	14.7	22.4
20 秒後未排水量(L)	3L	1.5	1.9	2.2	2.6	3.7	5.4
	5L	1.2	1.3	1.2	3.2	4.9	9.5
	10L	0.9	1	1	8.6	12.1	19.4
	12L	0.9	1	0.9	10.4	16.8	24.1

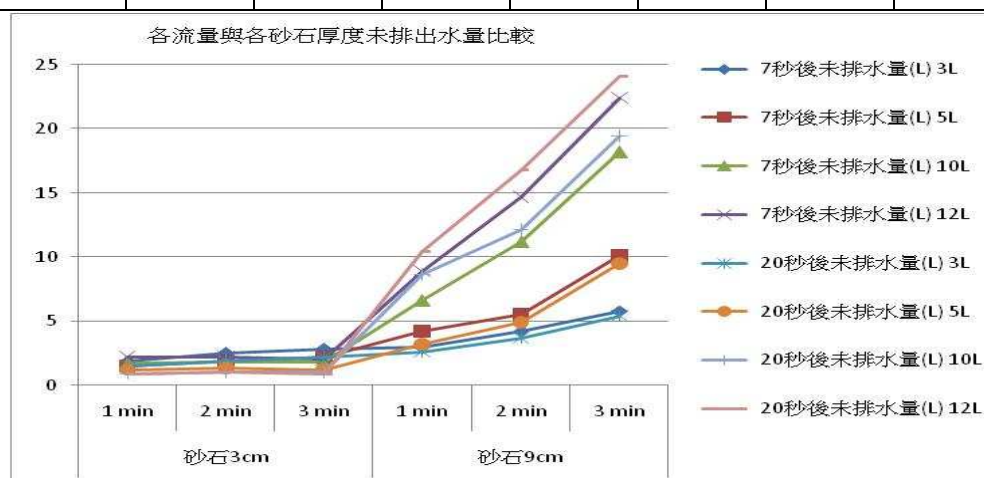


圖 3-3-9 各流量與砂石厚度未排水量比較

四、探討渠道內植物生長分布，對於渠道排水相關影響

（一）實驗步驟：

1. 臨近渠道附近田間挖掘植被，植被土層高度約為 1~2 公分，整體高度約為 6~10 公分，先從鋪設全渠道，渠道內先澆水使鋪設之草叢內含水量飽和，並將水箱放在渠道下游出水口接水。
2. 調整好進水流量分別為 5、10、12、20、27 L/min 之調節閥，依序接入水管進行實驗、各進水流量分別以 3min 之時間。
3. 於停止進水 7 秒、20 秒，統計出水端排出後的水量紀錄之。
4. 完成植被全鋪設各流量之排水量統計後。
5. 在依序以植被鋪設渠道上半部，依上述步驟統計排水量。
6. 後續再使用鋪設上半部的原植被，鋪設渠道下半部及鋪設階梯式，實驗統計各排水量。



圖 3-4-1、各植被於渠道內不同方式之鋪設

(二) 實驗數據：

模型渠道內鋪設植被模擬河道內的植被，並依全鋪設、上半部、下半部及階梯式鋪設，記錄各種鋪設情況的進水流量之排水量數據，如表 3-4-1、3-4-2。

表 3-4-1、各種鋪設情況的進水流量之排水量

進水 3 min	渠道全鋪植被					渠道上半部植被				
	5 L/min	10 L/min	12 L/min	20 L/min	27 L/min	5 L/min	10 L/min	12 L/min	20 L/min	27 L/min
總進水量	15	30	36	60	81	15	30	36	60	81
7 秒排出量	7.2	17.5	22.2	37.2	48.1	9.8	21.5	25.8	39.9	52.8
20 秒排出量	7.8	18.9	23.8	39.7	51.2	11.2	23.2	27.9	43.1	56.9
7 秒後未排水量(L)	7.8	12.5	13.8	22.8	32.9	5.2	8.5	10.2	20.1	28.2
20 秒後未排水量(L)	7.2	11.1	12.2	20.3	29.8	3.8	6.8	8.1	16.9	24.1

表 3-4-2、各種鋪設情況的進水流量之排水量

進水 3 min	渠道下半部植被					渠道植被階梯式				
	5 L/min	10 L/min	12 L/min	20 L/min	27 L/min	5 L/min	10 L/min	12 L/min	20 L/min	27 L/min
總進水量	15	30	36	60	81	15	30	36	60	81
7 秒排出量	7.6	20.5	24.5	37.7	49.8	8.3	20.8	25.1	38.6	50.5
20 秒排出量	8.3	21.9	26.3	40.5	53.4	9.1	22.3	27.2	41.5	54.2
7 秒後未排水量(L)	7.4	9.5	11.5	22.3	31.2	6.7	9.2	10.9	21.4	30.5
20 秒後未排水量(L)	6.7	8.1	9.7	19.5	27.6	5.9	7.7	8.8	18.5	26.8

(三) 實驗分析：

根據實驗數據結果確認排水狀況，由之前實驗渠道無任何東西時，實驗的各進水流量皆能於 7 秒內排出，根據此植被實驗數據渠道內未排出的水量，進水量越大渠道內未排出水量越多，其排水效率不佳，進水量 27 L/min 下最差，5 L/min 最佳。

此外，植被鋪設不同方式其排水狀況依序為上半部>階梯式>下半部>全鋪設，上半部鋪設排水狀況最好，最差為全鋪設，如圖 3-4-2 所示。

因鋪設上半部、下半部及階梯式都使用同一數量的植被，排水狀況卻有所差異，推測渠道內坡度、彎度及植被分布，對排水可能有相互交叉影響。

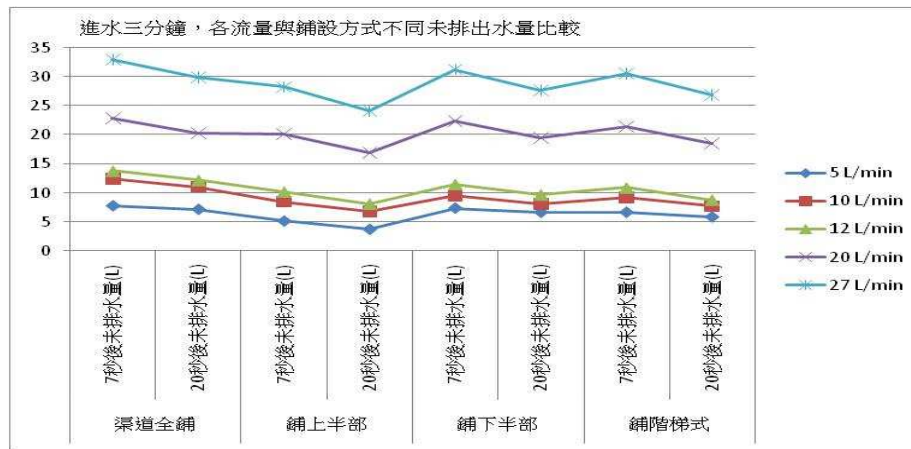


圖 3-4-2、不同植被鋪設方式對於不同進水量之排水狀況比較

五、進水量大小對渠道內砂石沖刷情況觀察分析:

(一) 實驗步驟：

1. 模型渠道長: 320CM；寬: 20CM；高: 20CM。
2. 渠道鋪設細砂、粗砂、三分砂及六分砂以 6:2:1:1 比例，混合平整鋪設於渠道中，鋪設厚度 10cm。
3. 於渠道中刻劃標線標點，便於實驗進行中對砂石沖刷變化的觀察，如圖 6-4-1 所示。3.水流量固定使用 15、20、27L/min，錄影觀察流水沖刷砂石情形，時間 3min。
4. 下游出水口準備水箱及篩網收集沖刷後之砂石量，並確認砂石體積及種類。
5. 水流過後渠道內砂石現況確認。



圖 3-5-1、渠道砂石鋪設並註記標線標點

(二) 實驗數據：

1. 經大量水流過後，渠道內砂石前後現況比對：

紅標線為準，確認砂石往上堆積或往下沖刷，紀錄長度（往下為正，往上為負），左右側方向定義則是由出水口往進水端觀測決定。各流量對渠道內砂石沖刷情形紀錄，如下列圖表所示：

表 3-5-1、15 L/min 對砂石沖刷各標點紀錄

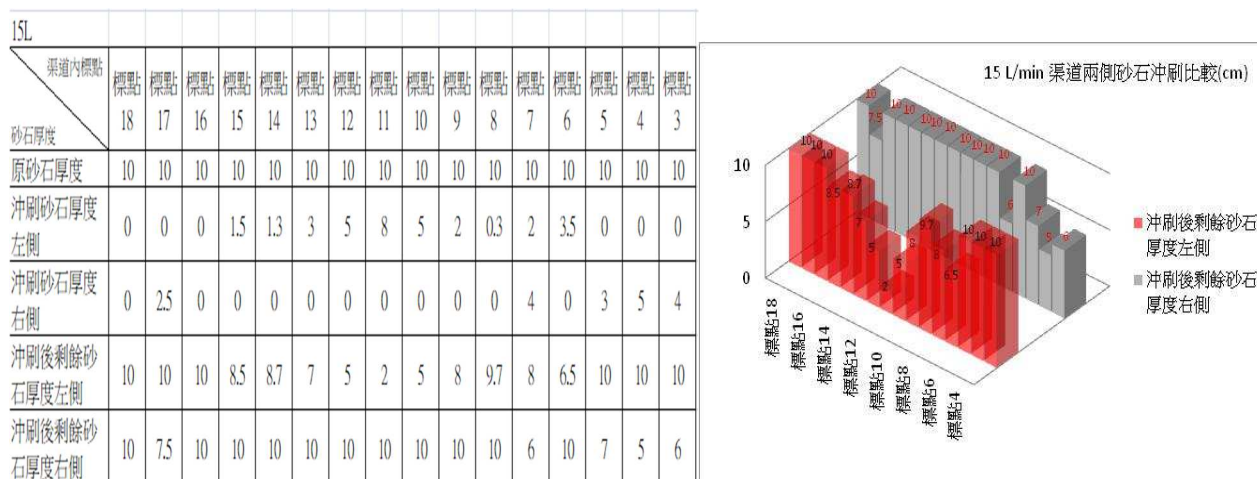


圖 3-5-2 沖刷後各標點砂石厚度比較



圖 3-5-3、進水 15 L/min 沖刷後渠道內砂石情況

表 3-5-2、20L/min 砂石沖刷後各標點紀錄



圖 3-5-4、沖刷後各標點砂石厚度比較

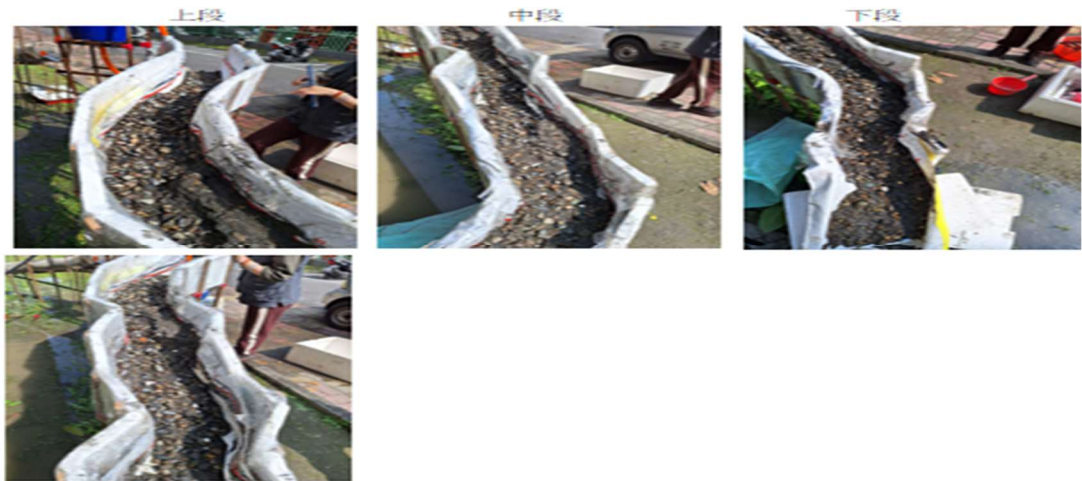


圖 3-5-5、進水 20 L/min 沖刷後渠道內砂石情況

表 3-5-6、27L/min 砂石沖刷後各標點紀錄

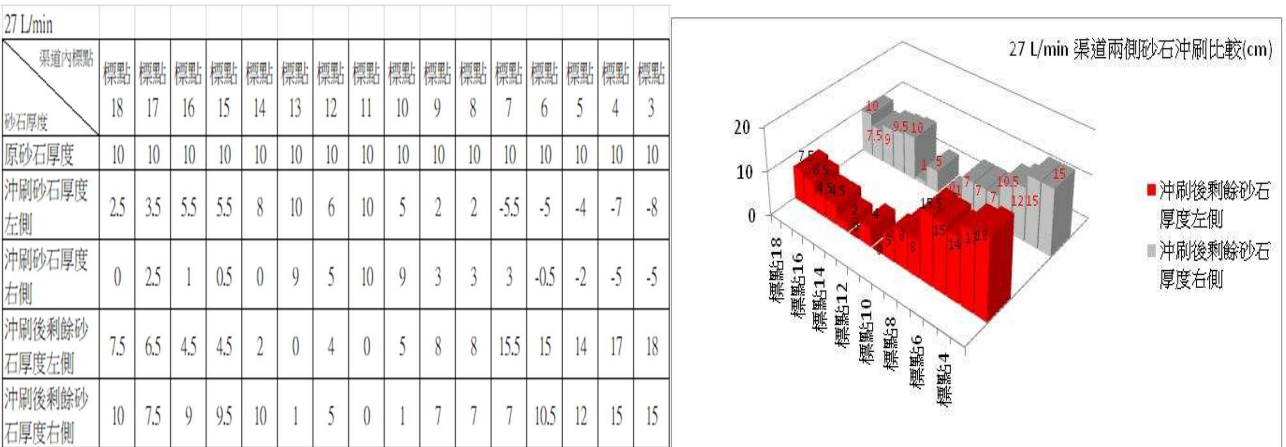


圖 3-5-6、沖刷後各標點砂石厚度比較

實驗五之 2、出水口沖刷砂石確認:

1. 使用流量 15 L/min 進水時，出水口沖刷於集水箱堆積砂石為細砂及泥土，參雜微量其它種類砂石（可忽略不計），確認其體積為 10000 立方公分，如圖 3-5-7 所示。



圖 3-5-7 細砂

2. 使用流量 20 L/min 進水時，出水口沖刷堆積砂石中，六分砂、三分砂、粗砂、細沙及泥土皆有，觀察發現由上游沖刷的砂石已開始慢慢堆積下游平坦處；確認沖刷至出水口處的細砂 11000 立方公分，粗砂 2600 立方公分，三分砂及六分砂 1800 立方公分、如圖 3-5-8 所示

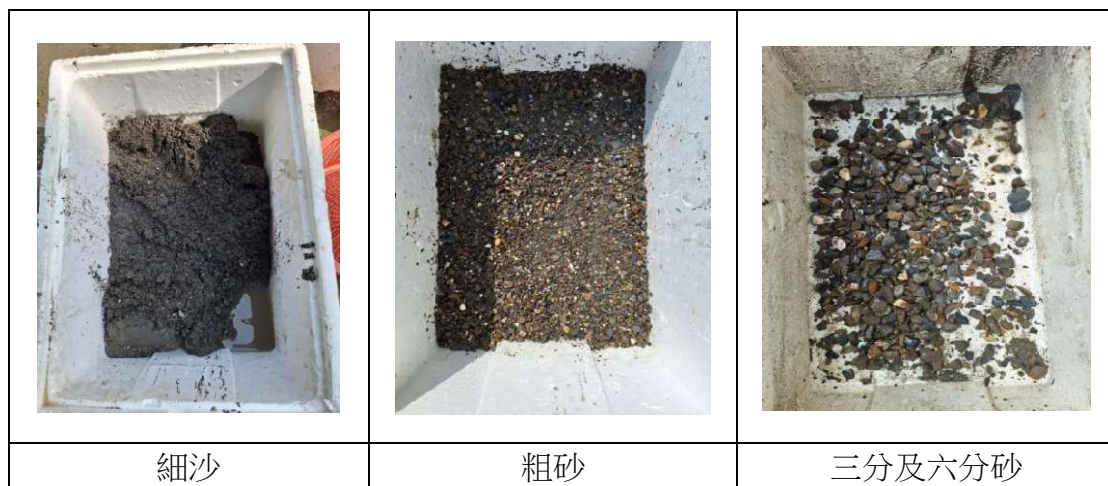


圖 3-5-8、使用流量 20 L/min 進水時出水口堆積情形

3. 使用流量 27 L/min 進水時，出水口沖刷堆積砂石為六分砂、三分砂、粗砂、細沙及泥土皆有，因大流量水流沖刷導致大量堆積於出水口平坦處，而造成部分砂石無法順利流至出水口而堆積於下游處；確認沖刷至出水口處的細砂 18000 立方公分，粗砂 3600 立方公分，三分砂及六分砂 2200 立方公分。



圖 3-5-9



圖 3-5-10、進水 27 L/min 沖刷後渠道內砂石情況

由實驗過程觀察發現，渠道彎曲也影響了水流行進方向，造成不同程度的砂石沖刷，觀察水流於此渠道模型行進方向（由進水口往出水口望去），上方進水端第二彎道後，行進方向靠右側流至中段，模型渠道無太大彎度之彎道，故偏右流至下方，在下方遇到大彎道，使水流方向又靠左流至出水端，如圖 3-5-11 所示。

渠道中段有部分高低落差較大，進水流量越大時間越長沖刷更為嚴重，渠道中段鋪設之細砂、粗砂、三分砂、六分砂幾乎都沖刷至下方，造成砂石堆積於渠道平坦處或流至出水口

用此模型渠道實驗對比於現實狀況，砂石經大量水流沖刷，於河道平緩處進行堆積，日積月累形成沙洲，進而造成排水狀況不佳甚至形成淹水。

渠道上方水流從平均分佈再
轉彎處集中於右側留下



渠道下方水流靠右側下
來於轉彎處又分散平均



渠道中部水流靠右側往下



如圖 3-5-11、渠道內水流行進方向

肆、實驗後續建議

上述幾次進水流量大小對渠道內砂石鋪設及植被分布的排水狀況，可以發現渠道排水情況之變化，如表 4-1，圖 4-1 所示:

- 一、渠道內無異物時，於渠道最承載量範圍內之進水量，皆能於同一時間內排出渠道，無關進水之大小及時間。
- 二、渠道內有異物在不沖刷情形下，進水量大時間久則渠道未內排水量越多，代表排水狀況越差。
- 三、以實驗條件 12 L/min 為例，排水狀況最佳為渠道內無砂石，渠道鋪設砂石 9cm 最差，其排水狀況順序:渠道無砂石>砂石鋪設 3cm>植被鋪上半部>植被階梯式>植被鋪下半部>植被全鋪>砂石鋪設 9cm。

表 4-1、各渠道條件與各流量 3min 後之未排出水量

3min	渠道無砂石	砂石 3cm	砂石 9cm	渠道全鋪	鋪上半部	鋪下半部	鋪階梯式
3L		2.2	5.4				
5L	0.04	1.2	9.5	7.2	3.8	6.7	5.9
10L	0.05	1	19.4	11.1	6.8	8.1	7.7
12L	0.04	0.9	24.1	12.2	8.1	9.7	8.8
20L	0.06			20.3	16.9	19.5	18.5
27L	0.06			29.8	24.1	27.6	26.8

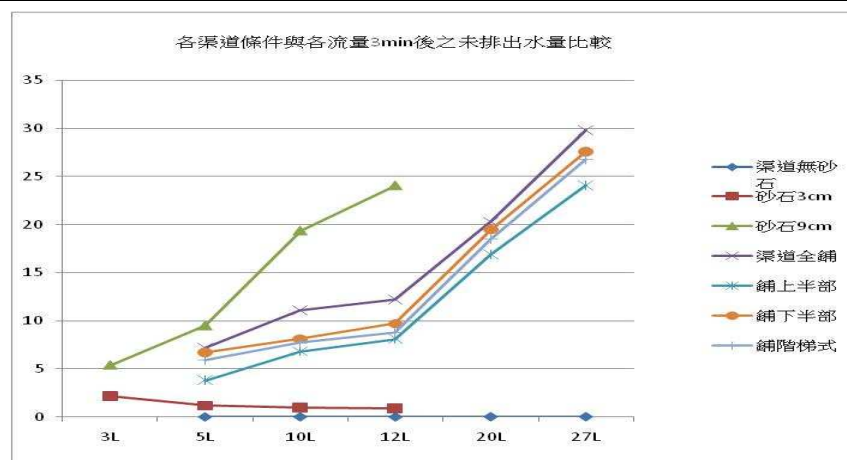


圖 4-1、各渠道條件與各流量 3min 後之未排出水量比較

伍、結論

- 一、現實觀察渠道砂石沖刷狀況，大部分的砂石經過時間的推移，集中堆積於渠道中下游水流平坦處，且有些上面已長滿植被，植被根系緊抓砂石土壤使得越不容易被沖刷掉。
- 二、渠道砂石沖刷隨著時間推移，推積面積日益增廣，進而形成渠道內局部的沖積沙洲，若沒有定時清淤，將使得整個渠道排水效率降低，進而導致淹水情形發生，做好定時清淤是必要的。
- 三、渠道降低砂石堆積量，除了上游作好水土保持以外，渠道的排水設計，盡量將其截彎取直，這才能避免水流因過彎道時，單靠一側長時間沖刷，而造成護岸耗損破堤。
- 四、渠道坡度漸大時，在水流湍急的情況下，砂石沖刷量將漸大，而護岸邊坡在長時間的沖刷下容易造成破堤。在設計排水改善工程時，可規劃在適當彎道及強降坡處植入適當的植被做好固床工，將能解決護岸邊坡破堤的問題。
- 五、本研究初步探討影響河道排水與防洪的關鍵因子，研究成果可作為後續研究的基礎。由於時間限制，本次研究未能涵蓋分析渠道彎度與坡度組合下的排水能力對於渠道排水效益的影響，還有分洪道作為洪水調節的重要措施之一，在減少主河道水位上升方面扮演關鍵角色，探討其與原有渠道之間的互動關係，用以優化排水渠道系統，這些將作為後續研究的重點方向。

陸、參考文獻

- 一、經濟部水利署（2013 年 7 月）。水利工程技術規範－河川治理篇（上冊）。取自：
<https://www.wra.gov.tw/cl.aspx?n=38734>。
- 二、麟洛鄉公所（2021 年）。屏東縣麟洛鄉地區災害防救計畫。取自：<https://www-ws.pthg.gov.tw/Upload/2015pthg/53/refile/0/35715/a3822a2a-bc02-446e-a71a-9684d1ca8942.pdf>
- 三、吳政霖（2009）。大甲溪上游集水區雨量與河川流量變動情勢之研究。〔碩士論文。國立彰化師範大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。 <https://hdl.handle.net/11296/wme4he>。
- 四、楊紹洋、謝家倫（2008）。植生護岸梯形渠道水理特性之研究。農業工程學報，54(2)，52-59。 <https://doi.org/10.29974/JTAE.200806.0005>。