

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

080509

橫行「壩」道—丁壩與挑流之關係探究

學校名稱：臺東縣臺東市東海國民小學

作者： 小六 邱梓庭 小六 王崇宇 小六 古以勒 小六 吳雨軒	指導老師： 陳玉齡 陳昱儒
---	-----------------------------

關鍵詞：丁壩、挑流、微水力發電

摘要

本研究在探討丁壩長度和高度差異產生的挑流現象，研究結果發現，丁壩的長度越長、高度越高會對河道彎道攻擊面產生更好的保護效果，也會對非攻擊面造成更大影響，另外，我們也發現當丁壩的長度小於、等於或大於河道三分之一，會對攻擊面及非攻擊面產生不同的作用；落差工丁壩高度差距越大，對攻擊面保護效果愈顯著；反之，落差工丁壩高度差距越小，對攻擊面的保護效果越不明顯。我們還發現丁壩產生的挑流現象，會導致河流中的某些位置水流湍急及形成水位落差，因此我們在此處設置微水力發電裝置，不僅可以產生電力，提供河道旁的路燈用電，還可以有效的重複利用水資源，達到淨零碳排的永續發展目標。

壹、研究動機

永續發展課程(SDGs)老師在課程中提過，地球能源的有限，因此使用再生能源，如生質能發電、太陽能發電等是目前全球共同目標。還有，自然與生活科技老師在愛護環境課程也提到「淨零碳排」的重要。再加上，我們在校外教學時參加了第八河川局舉辦的活動，活動中了解河道中丁壩對保護河道、挑流和緩流的效果，我們詢問老師後，老師說在河道中，河道彎道處因河水流過，造成彎道處河岸被侵蝕，形成攻擊面，水利工程師因此在河道受侵蝕的部分加裝丁壩，由此保護彎道處的河岸，但也造成河道中有些地方水流較湍急，也就是說如果丁壩設置沒有適當，反而會衝擊到沒有設置丁壩的河岸。所以我們想知道不同丁壩的長度、高度設置後產生的挑流效果對河道的影響，並且探究裝設丁壩後產生的挑流現象及設置微水力發電設備，達到「淨零碳排」永續發展的目標。

貳、文獻探討

丁壩設置目的在於希望改變水流流向以保護河岸，並建立正常河寬誘聚河灘堆積物，及建立新河岸疏導河道。丁壩由河岸向河心方向構築，藉以達到掛淤、造灘、挑流或護岸之構造物。

丁壩結構形式分為透水丁壩和不透水丁壩，根據臺灣省土木技師公會技師報就丁壩結構特點指出，在挑流效果方面，不透水性丁壩主要因其不透水之特性所受水能反作用力大，所以挑流效果較透水性丁壩為佳；在緩流效果方面，透水性丁壩較不透水性丁壩為佳。

丁壩的設計方向分成上行丁壩、平行丁壩(直交丁壩)和下行丁壩，上行丁壩因容易讓水流趨向河心，造成河道中水文紊亂，下行丁壩較常設於出海口處，讓河水儘速倒入大海，因此平行丁壩是最常使用的設計方式。

參、研究目的

太平溪為流經市區主要河川，溪水水流較緩，因此我們設計了 30 度河道來模擬，探討不同類型丁壩擺法、丁壩高度、丁壩長度對保護攻擊面堤岸的影響，進而探討當河流彎道處設置丁壩後，是否可以利用丁壩造成的挑流現象以微水力發電的發想來達成「淨零碳排」的效果。

- 一、觀察並記錄太平溪下游彎道分布及挑流情形。
- 二、找出並了解丁壩不同長度產生挑流效果對河道的影響。
- 三、找出並了解丁壩不同高度產生挑流效果對河道的影響。
- 四、利用水流產生的落差和挑流現象設置微水力發電，讓水資源再利用。

肆、研究方法

一、野外踏查—太平溪

太平溪為一條緩流河川，位於臺灣東南部，舊名大巴六九溪，幹流長度 20.50 公里，流域面積 88.00 平方公里。

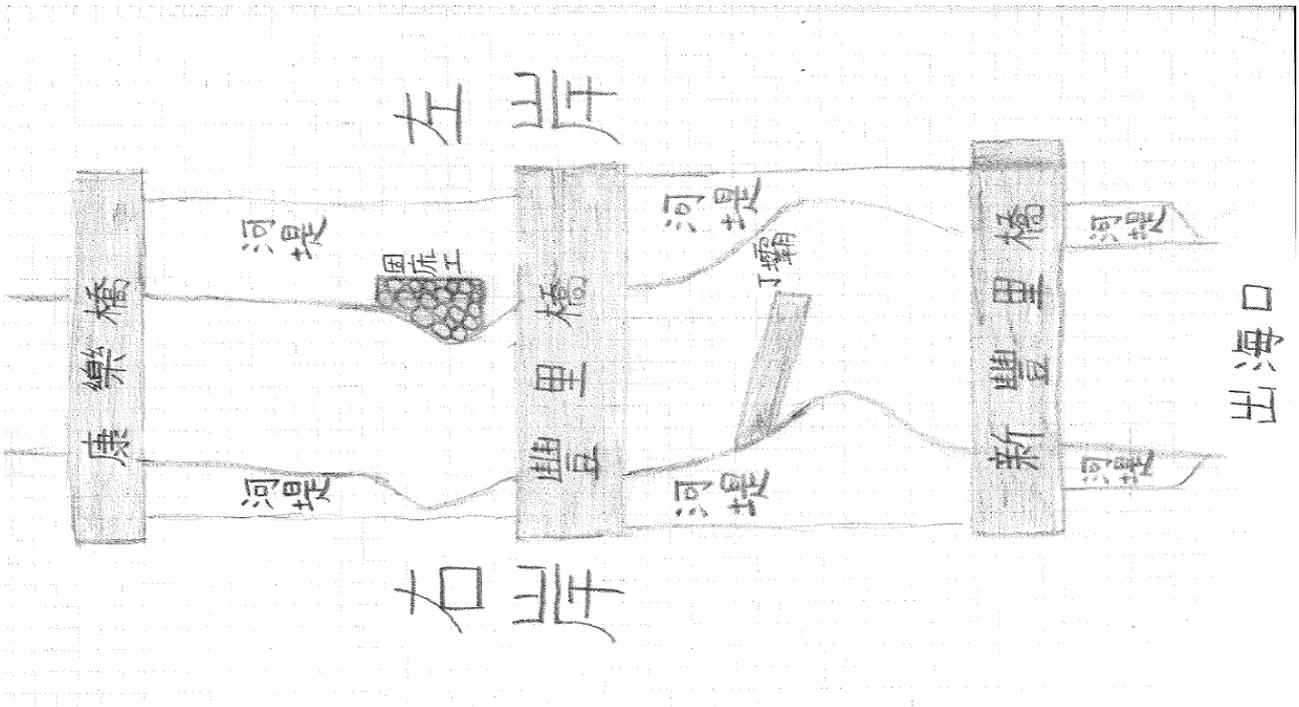
(一) 調查範圍：太平溪下游至出海口，如下圖

1、衛星圖：



資料來源：google earth 2021/9/21

2、示意圖



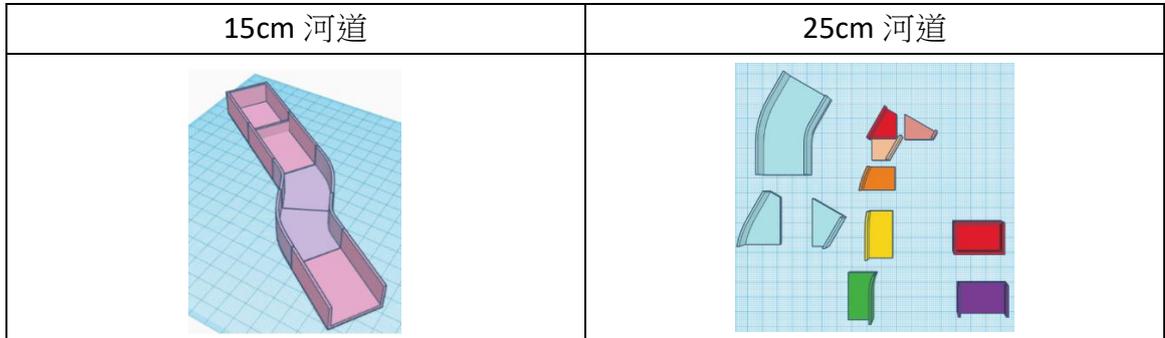
(二) 調查項目：

- 1、太平溪下游彎道分布
- 2、太平溪下游有無設置丁壩，有無挑流效果
- 3、太平溪下游水位落差的位置

二、河道模型設計

我們設計了兩種寬度不同的河道，一個是寬 15cm，一個是寬 25cm，兩個河道彎度都是 30 度。

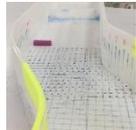
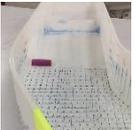
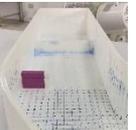
河道模型我們利用 3D 列印模型，繪製的彎道都是由兩個長方形所組成，30 度是指兩個長方形夾角的角度。(如下圖)



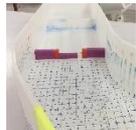
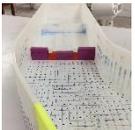
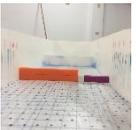
三、丁壩模型設計

文獻指出，不透水丁壩的結構挑流效果比透水丁壩佳，丁壩的排列方式以平行排列最能達到挑流和緩流的效果，因此我們丁壩模型結構及排列方式以不透水丁壩和平行排列為探討挑流效果的排列方式

我們利用 1 立方體古式積木做不同長度和高度的不透水丁壩

丁壩模型種類—單邊丁壩						
丁壩長(cm)	4	4	4	5	5	5
丁壩高(cm)	1	2	3	1	2	3
圖片						

丁壩長(cm)	6	6	8	10
丁壩高(cm)	2	3	2	2
圖片				

丁壩模型種類—落差工丁壩						
種類	雙邊			單邊		
丁壩高(cm)	212	313	323	21	31	32
圖片						

四、實驗操作

我們選用的儲水槽容量為 17360ml，出水口口徑為 2.5cm，1 口的每秒出水量為 327.3ml，2 口的每秒出水量為 654.6ml。

(一)對照組：15cm 河道和 25cm 河道都沒有設置丁壩

(二)實驗組

1、15cm 河道：分成單邊丁壩和落差工丁壩(單邊和雙邊)。

(1)1 個出水口：流速 60.07cm/sec，深度 0.36cm。

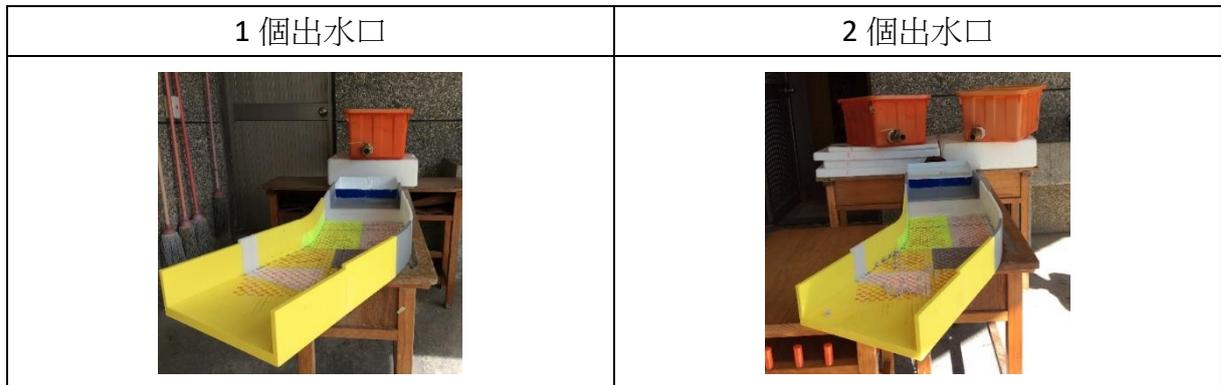
(2)2 個出水口：流速 78.85cm/sec，深度 0.55cm。



2、25cm 河道：分成單邊丁壩和落差工丁壩(單邊和雙邊)。

(1)1 個出水口：流速 47.52cm/sec，深度 0.28cm。

(2)2 個出水口：流速 62.50cm/sec，深度 0.42cm。



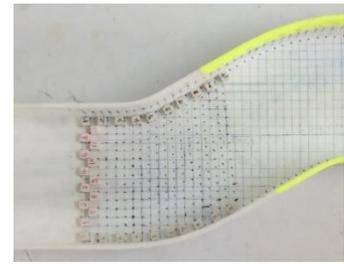
五、挑流實驗設計

我們先把古式積木設置在彎道兩旁和河道中並為其編號，放置在河道攻擊面的編號是①~⑩；放置在河道非攻擊面的編號是 1~10；而放置在河道中間的編號是(1)~(12)。

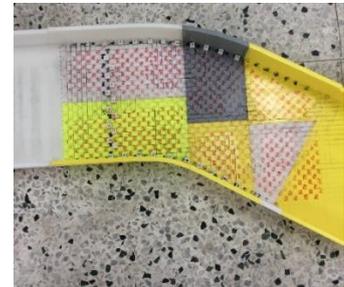
接著在彎道處放置積木編號 4 和④，接著將其他積木依序排列調整，河道中則用河道寬進行分配積木與積木間的距離。

同一個積木編號在 15cm 河道和 25cm 河道的相對位置要相同，比較同一個積木編號在不同河道相對位置的挑流效果

(一)15cm 河道：攻擊面、非攻擊面和河道中每個古式積木間隔 1cm，排列方式如右圖。



(二)25cm 河道：攻擊面、非攻擊面每個古式積木間隔 2cm，河道中每個古式積木間隔 2.5 cm，排列方式如右圖。



六、實驗方法及觀察項目

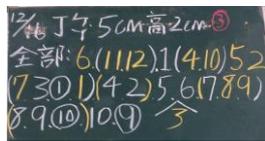
河流經過積木會對積木產生影響，因此，實驗中，我們在河道兩側的攻擊面和非攻擊面以及河道中間排列積木，觀察水流衝擊積木後，對積木的影響，利用觀察積木的移動先後順序，分析設置丁壩後水被挑流的效果。

(一)觀察時間：10 秒鐘

(二)積木移動的先後順序

我們運用平板中的 Imovie 程式，將攻擊面的編號①~⑩、非攻擊面 1~10 和河道中 (1)~(12)的積木依被水流衝擊的先後順序排列。

例如：



(三)積木移動計分方式

非攻擊面、攻擊面和河道中的積木數量加總為 32 個，第 1 個受水流影響移動的積木編號給 100 分，剩下的 31 個積木編號平均分配後，第 2 個移動得 93 分，第 3 個移動得 90 分，依此類推，而完全不受水流影響的積木編號得 0 分，積木移動計分方式如下表：

名次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
分數	100	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	60	57	54	51	48

名次	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	沒動
分數	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	0

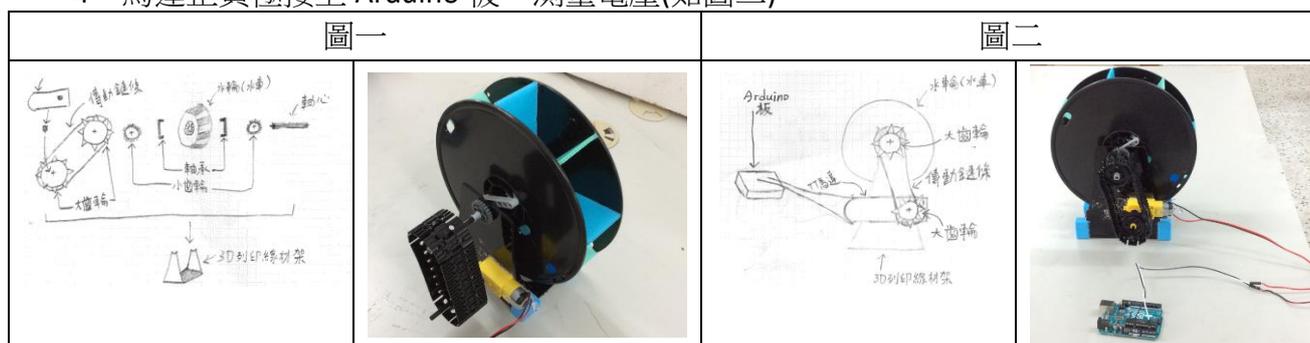
七、創意設計—微水力發電

(一)設計理念

河道彎道前設置丁壩除了可以緩流外，也可以挑流，所以，我們覺得在河道中挑流速度快的位置可以進行水資源再利用，而我們也想到自然與生活科技老師教過的「再生能源」課程，於是我們製作了「微水力發電」設備，並使用 Arduino 板測量電壓，接著根據方法(五)的實驗結果，將「微水力發電」設備放置在適當的位置，藉由設備產生的電力，提供太平溪河堤步道旁夜間照明設備電力來源，讓夜間來往的人們有一個安全的休憩環境，更希望能對自然環境發揮「淨零碳排」的效果。

(二)微水力發電模型設計

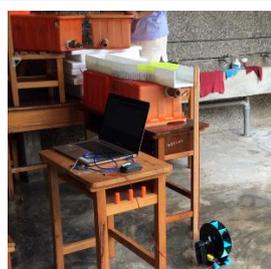
- 1、先在 3D 列印線材捲中插入 8 片 PP 板，並以保麗龍膠固定，製成水輪。
- 2、在水輪兩側各放入一個樂高軸承組件，並將軸心穿過樂高軸承組件並放置於 3D 列印線材架上，在軸心兩端各組裝上一個樂高小齒輪，並在其中一端再組裝上樂高大齒輪(如圖一)。
- 3、將單軸 TT 馬達組裝在樂高大齒輪下方以保麗龍膠固定於線材架上，在另一個樂高大齒輪上裝上「特製軸心」，然後卡進 TT 馬達軸心並以保麗龍膠固定住，最後使用履帶將兩個樂高大齒輪連起(如圖二)。
- 4、馬達正負極接上 Arduino 板，測量電壓(如圖二)。



(三)實驗方法及觀察項目

1、將儲水槽設置在水力發電後方並用桌子及保麗龍墊高，產生落差，打開儲水槽的開關，使水流下，推動水車葉片轉動，帶動 TT 馬達，產生電力，用 Arduino IDE 寫程式讀取電壓數值。

- (1) 觀察時間：30 秒鐘
- (2) 落差高度設為：約 30cm、約 60cm 及約 90cm

落差高度	約 30cm	約 60cm	約 90cm
圖片			

(3)觀察項目：馬達產生的伏特數(Arduino UNO)

- 2、到太平溪下游調查各個水流速度快的位置，並標示於地圖上。

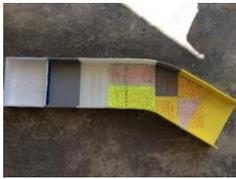
伍、研究設備及器材

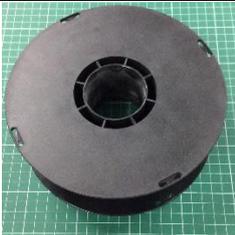
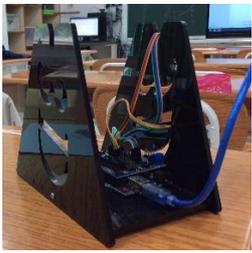
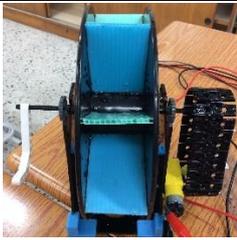
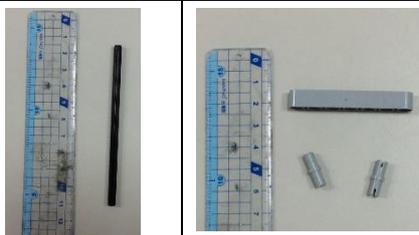
一、設備

3D 列印機	平板	碼表	TT 馬達 (減速比 1 : 120)	發光二極體 (電壓 3V 5mm 藍光：腳長約 17mm、不閃爍)
				

Ⓢ：減速比為「輸入轉速：輸出轉速」

二、器材

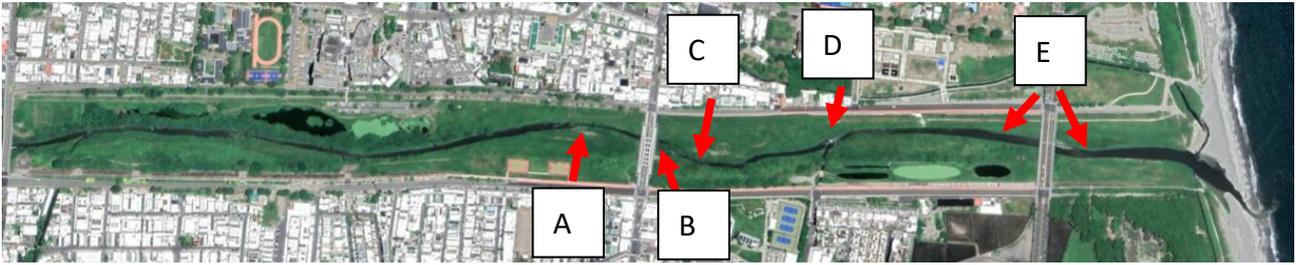
古式積木 (1cmx1cmx1cm)	寬 15 公分河道	寬 25 公分河道	儲水槽 (40cmx28cmx22cm)
			

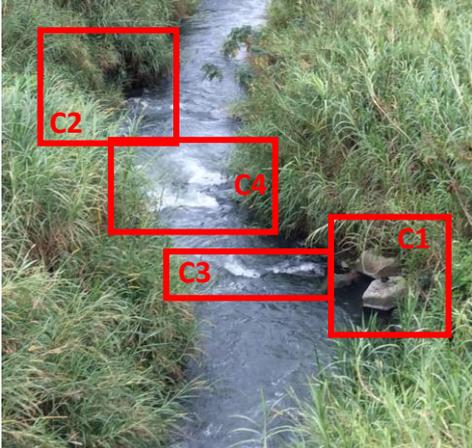
3D 列印線材 x1 (外圓直徑 21cm，外圓周長約 65.94cm)	3D 列印線材架 x1	PP 板 (6.2cm x .2cm)x8	樂高組件
			

樂高齒輪(大)x2	樂高齒輪(小)x2	樂高履帶 x1(條)	特製軸心(TT 馬達軸心轉接樂高大齒輪)
			

陸、研究結果與討論

一、太平溪下游調查水流速度快的位置，並標示於地圖上。



位置	圖片	說明
A		因為彎道處左岸為河道攻擊面，且為靠近住宅區，所以在此處河岸設置護腳工來保護堤岸。
B		此處的河道因地形而產生水位落差，造成水流湍急。
C		此處有兩個河道攻擊面 C1 及 C2，所以設置大石頭(丁壩)將水流挑到河道中，並在 C3 和 C4 使用落差工排列的方式，產生水位落差。

<p>D</p>		<p>此處的河道是一個彎道，彎道處右岸為住宅區，因此為了保護有住宅區的攻擊面 D3，所以設置超過河道三分之二的不透水落差工丁壩 D1，將水流挑流至河道非攻擊面 D4，形成湍急的水流。</p> <p>D2 是個彎道，所以在攻擊面設置大石頭(丁壩)，減緩流速，形成挑流現象。</p>
<p>E</p>		<p>此處靠近出海口，河道較直，水流平緩，河道兩側也沒有需要保護的標的物，所以沒有大石頭(丁壩)或護腳工的設置。</p>

根據野外調查得知，太平溪下游會在彎道處設置護腳工或丁壩保護標的物，避免民眾的財產受到威脅；越接近出海口，水流越平緩且河道較直，所以沒有設置丁壩或護腳工的必要性。

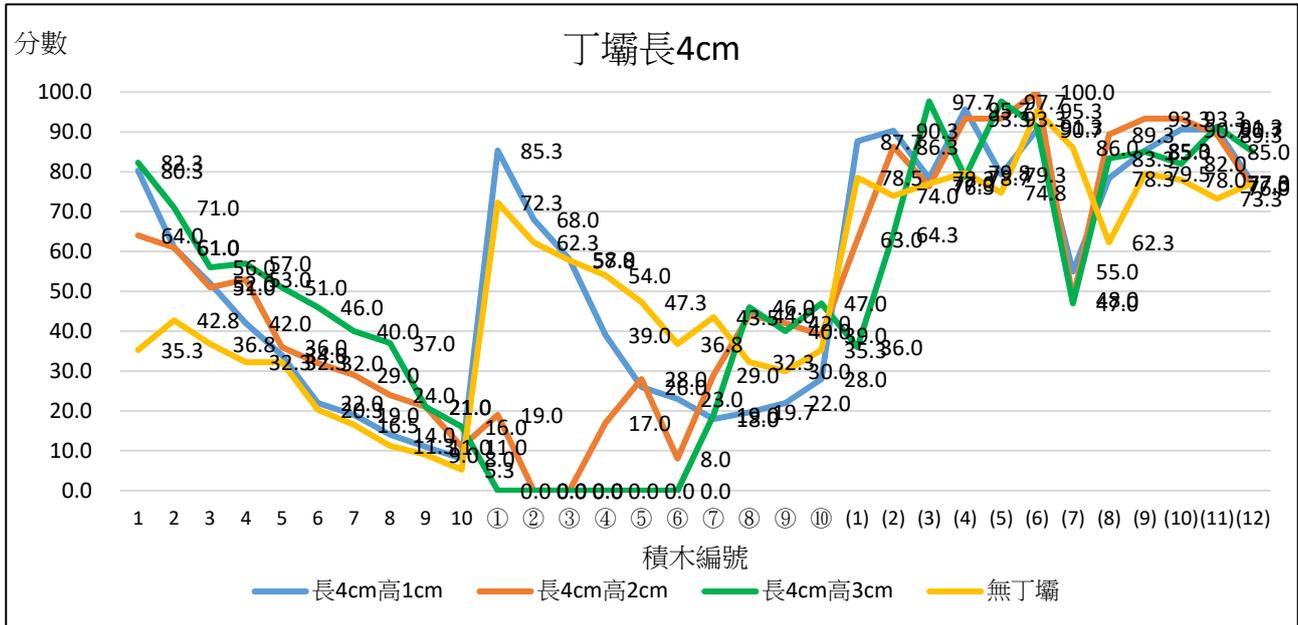
我們調查發現，太平溪下游彎道處設置丁壩，會使水流湍急及形成挑流現象；設置大石頭的位置，會使用落差工排列方式，形成水位落差。

二、15cm 河道

(一)單邊丁壩一個出水口

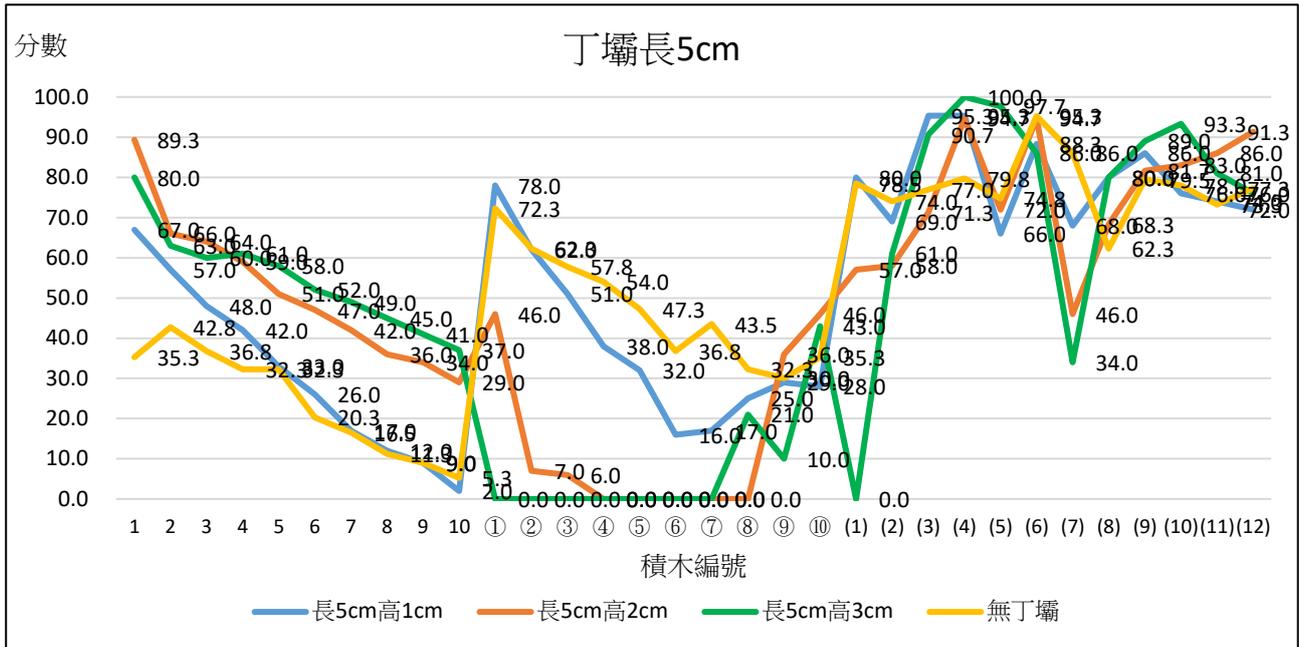
1、當丁壩長度相同，高度不同對河道挑流的影響

(1)丁壩長度 4cm



- ①長 4cm 高 1cm 和無丁壩在非攻擊面的積木受水流影響大致相同；在攻擊面從積木編號④開始發揮丁壩的保護作用；在河道中只有積木編號(7)受到水流影響有明顯降低。
- ②長 4cm 高 2cm 比無丁壩在非攻擊面的積木受水流影響較大；在攻擊面從積木編號①~⑦開始發揮丁壩的保護作用；在河道中只有積木編號(7)受到水流影響有明顯降低。
- ③長 4cm 高 3cm 比無丁壩在非攻擊面的積木受水流影響較大；在攻擊面從積木編號①~⑥開始發揮丁壩的保護作用，但積木編號⑧~⑩受水流影響比無丁壩還要大；在河道中的積木編號(1)和(7)因為在丁壩後，所以受到水流影響有明顯降低。
- ④在非攻擊面長 4cm 高 3cm 的丁壩受水流影響最大；在攻擊面丁壩長 4cm 高 3cm 時積木編號①~⑥完全沒有受到水流影響；在河道中不論哪一種高度的丁壩都可以保護到積木編號(7)，積木編號(6)不論哪一種高度的丁壩受水流影響最大。

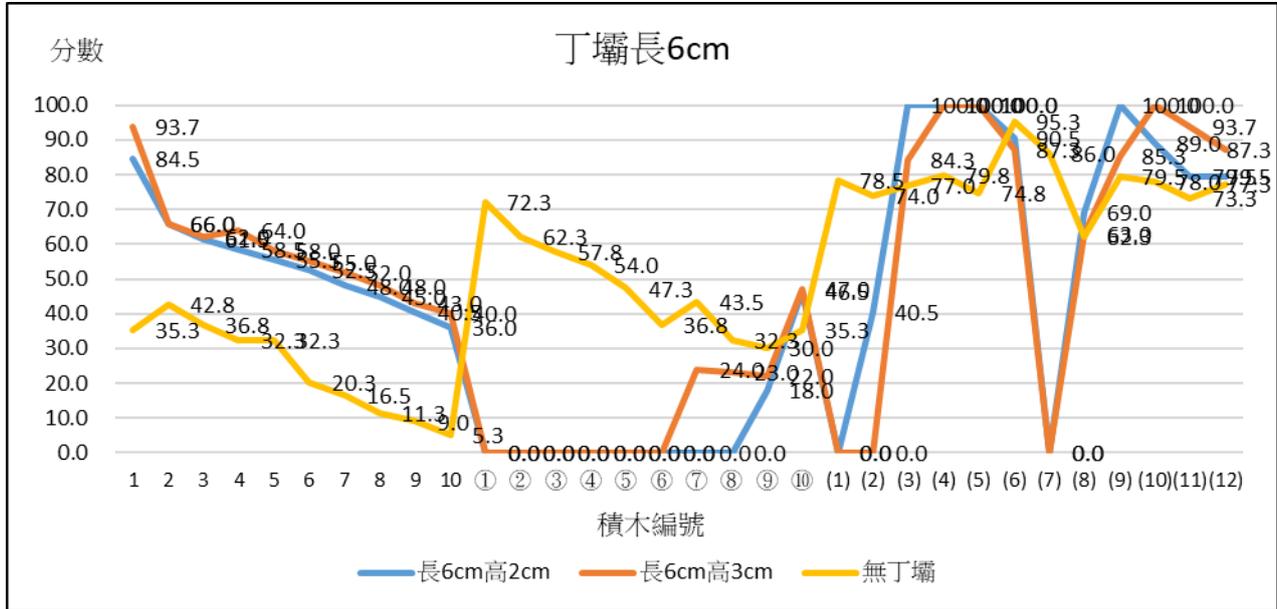
(2) 丁壩長度 5cm



- ①長 5cm 高 1cm 和無丁壩在非攻擊面的積木受水流影響大致相同；在攻擊面從積木編號②開始發揮丁壩的保護作用；在河道中的積木受水流影響大致相同，除了積木編號(7)受水流影響較小。
- ②長 5cm 高 2cm 比無丁壩在非攻擊面的積木受水流影響較大；在攻擊面從積木編號①~④開始發揮丁壩的保護作用，積木編號④~⑧完全不受水流影響；在河道中只有積木編號(7)受到水流影響有明顯降低。
- ③長 5cm 高 3cm 比無丁壩在非攻擊面的積木受水流影響較大；在攻擊面從積木編號①~⑦完全不受水流影響，但積木編號⑩受水流影響比無丁壩還要大；在河道中的積木編號(1)和(7)因為在丁壩後，所以受到水流影響有明顯降低。
- ④在非攻擊面長 5cm 高 3cm 的丁壩受水流影響最大，除了積木編號 1~4 是以長 5cm 高 2cm 的丁壩受水流影響最大；在攻擊面丁壩長 5cm 高 3cm 時積木編號①~⑦完全沒有受到水流影響，而 5cm 高 2cm 的丁壩積木編號④~⑧完全沒有受到水流影響；在河道中不論哪一種高度的丁壩都可以保護到積木編號(7)，積木編號(4)不論哪一種高度的丁壩受水流影響最大，但以高 3cm 的丁壩積木編號(1)完全沒有受到水流影響。

(3) 丁壩長度 6cm

根據 15cm 河道丁壩長 4 cm 及 5 cm 的實驗得知，高 1 cm 的丁壩會讓水直接漫過丁壩，無法有效保護攻擊面和產生挑流效果，所以我們在丁壩長 6 cm 的實驗就沒有操作高 1cm 的比較。



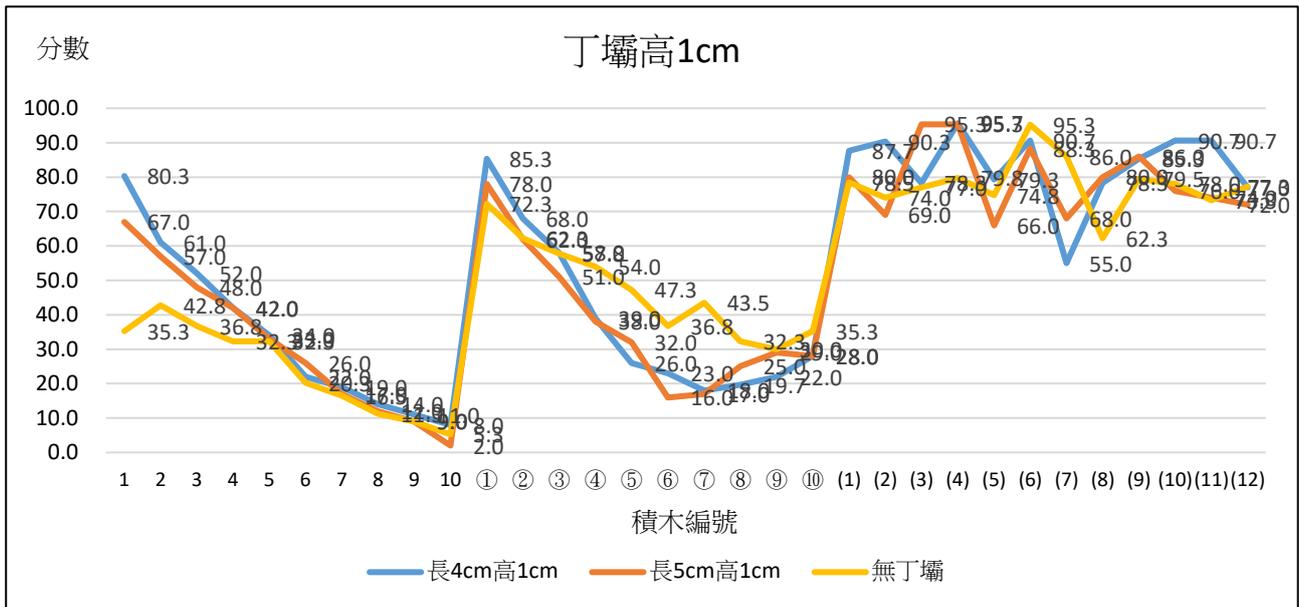
- ①長 6cm 高 2cm 比無丁壩在非攻擊面的積木受水流影響較大；在攻擊面積木編號①~⑧完全不受水流影響，但積木編號⑩受水流影響比無丁壩還要大；在河道中只有積木編號(1)和(7)因為在丁壩後面，所以完全不受水流影響，但積木編號(3)~(5)和(8)~(12) 受水流影響比無丁壩還要大。
- ②丁壩長 6cm 高 3cm 時在非攻擊面的積木受水流影響比無丁壩大；在攻擊面積木編號①~⑥完全不受水流影響，但積木編號⑩受水流影響比無丁壩還要大；在河道中的積木編號(1)、(2)和(7)因為在丁壩後，所以完全不受水流影響，但積木編號(3)~(5)和(8)~(12)受水流影響比無丁壩還要大。
- ③在非攻擊面長 6cm 高 3cm 和長 6cm 高 2cm 的丁壩對積木的影響差異不大，但以長 6cm 高 3cm 的丁壩影響較大；在攻擊面長 6cm 高 3cm 的丁壩積木編號①~⑥完全沒有受到水流影響，而長 6cm 高 2cm 的丁壩積木編號①~⑧完全沒有受到水流影響；在河道中不論哪一種高度的丁壩都可以保護到積木編號(1)和(7)。

討論：

- (1) 長 5cm 高 2cm 丁壩長度增加為 6cm 時，高 3cm 並不會比高 2cm 對攻擊面的保護效果好，但長 4cm 高 2cm 丁壩高度增加為 3cm 時，對攻擊面的保護效果會越好。
- (2) 總而言之，當丁壩高度越高，水流對非攻擊面的影響越大，對攻擊面的保護效果越好，卻對河道的影響並無太大差異；但丁壩長度增加時丁壩的高度越高，對攻擊面並沒有產生更好的效果。

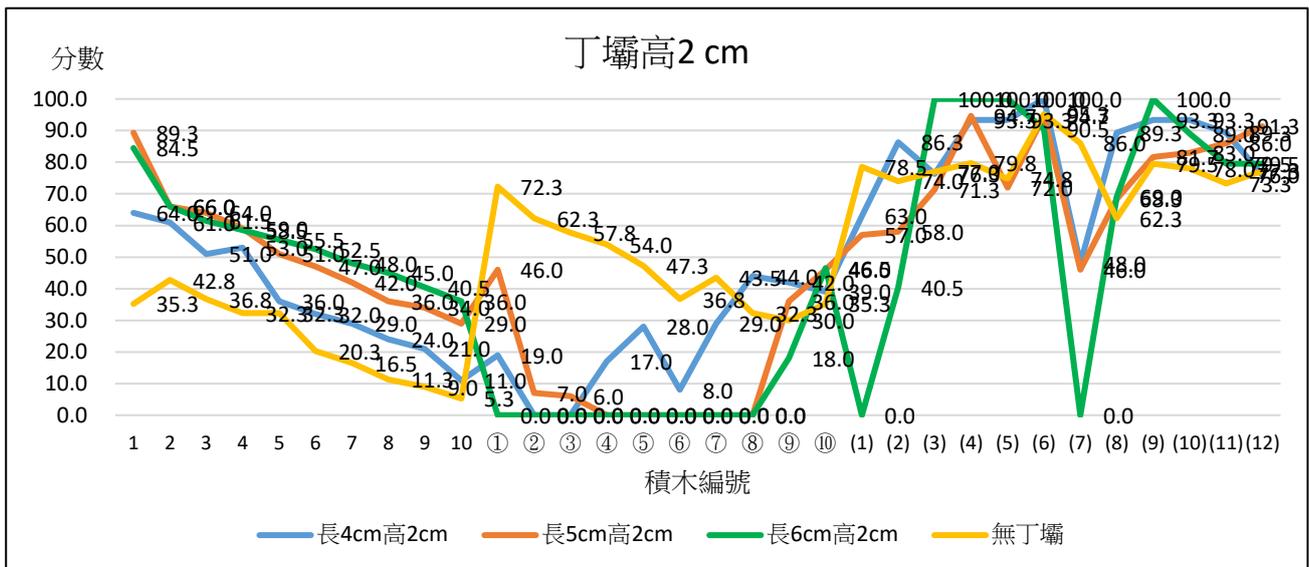
2、當丁壩長度不相同，高度相同對河道挑流的影響

(1)丁壩高 1cm



- ①長 4cm 高 1cm 的丁壩對非攻擊面的積木編號 1~4 的影響比無丁壩大；在攻擊面對積木編號④~⑩有保護效果；在河道中只有對積木編號(7)受到水流的影響比無丁壩小。
- ②長 5cm 高 1cm 的丁壩對非攻擊面的積木編號 1~4 的影響比無丁壩大；在攻擊面對積木編號③~⑩有保護效果；在河道中只有對積木編號(2)、(5)、(6)、(7)、(10)和(12)受到水流的影響比無丁壩小。
- ③水流不管在長 4cm 的丁壩或長 5cm 的丁壩在攻擊面、非攻擊面和河道中的影響差異不大。

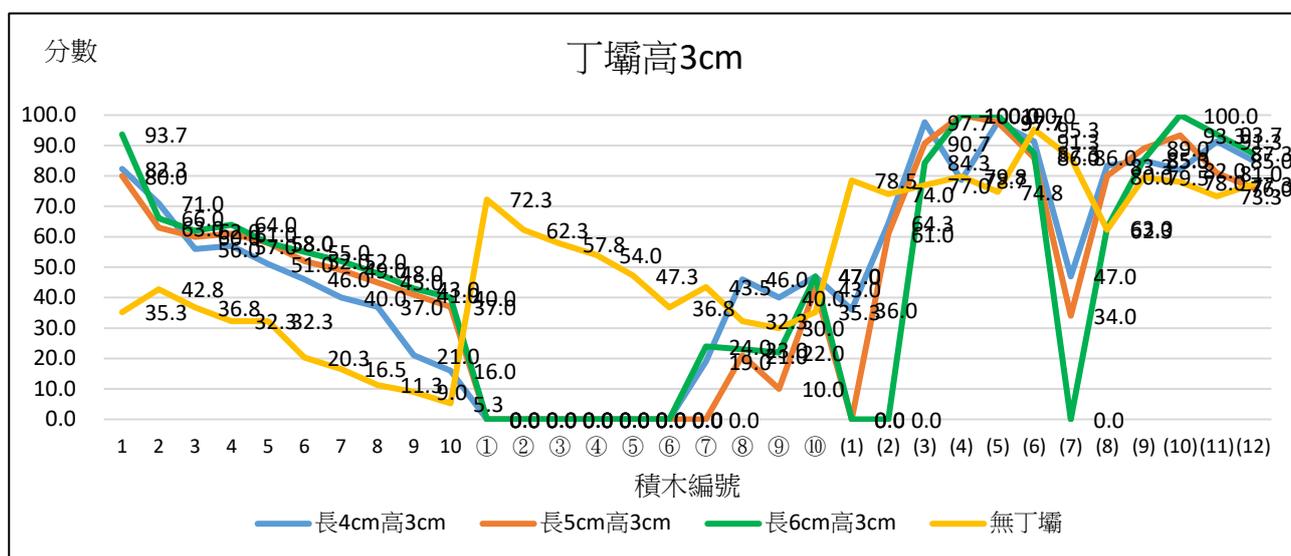
(2)丁壩高 2cm



- ①長 4cm 高 2cm 的丁壩在非攻擊面對積木的影響比無丁壩大；在攻擊面對積木編號②和③完全不受影響，對其他積木也有保護效果，但積木編號⑧~⑩例外；在河道中只有積木編號(7)受到水流的影響比無丁壩小。

- ②長 5cm 高 2cm 的丁壩在非攻擊面對積木的影響比無丁壩大；在攻擊面對積木編號④~⑧完全不受影響，對其他積木也有保護效果，但積木編號⑨和⑩例外；在河道中只有積木編號(1)、(2)、(3)、(5)、(6)和(7)受到水流的影響比無丁壩小。
- ③長 6cm 高 2cm 的丁壩在非攻擊面對積木的影響比無丁壩大；在攻擊面對積木編號①~⑧完全不受影響，對其他積木也有保護效果，但積木編號⑩例外；在河道中只有積木編號(1)、(2)、(6)、(7)和(8)受到水流的影響比無丁壩小。
- ④在非攻擊面長 5cm 丁壩和 6cm 丁壩對積木影響高於 4cm 丁壩，但 5cm 丁壩和 6cm 丁壩對積木的影響差異不大；可是在攻擊面受水流影響的保護程度 4cm 丁壩比 5cm 丁壩小，且受水流影響的保護程度 5cm 丁壩比 6cm 丁壩小；河道中 6cm 丁壩、5cm 丁壩和 4cm 丁壩對積木的影響程度大致相同，但 6cm 丁壩的積木編號(1)和(7)因在丁壩後，所以完全不受水流影響。

(3)丁壩高 3cm

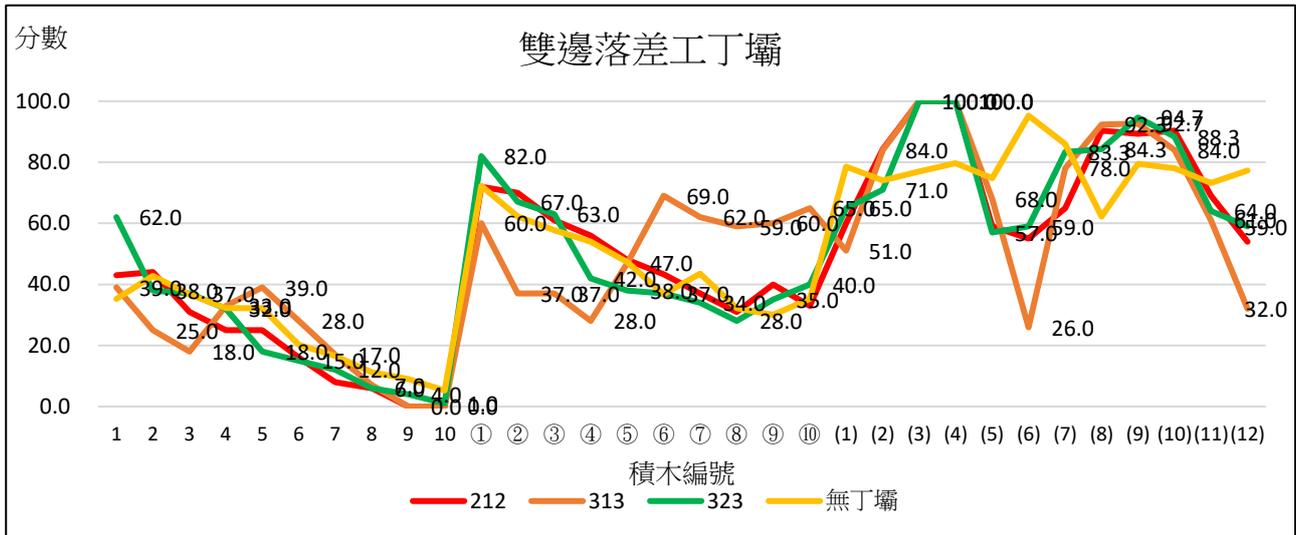


- ①長 4cm 高 3cm 的丁壩在非攻擊面對積木的影響比無丁壩大；在攻擊面對積木編號①~⑥完全不受影響，對其他積木也有保護效果，但積木編號⑧~⑩例外；在河道中只有積木編號(1)、(6)和(7)受到水流的影響比無丁壩小。
- ②長 5cm 高 3cm 的丁壩在非攻擊面對積木的影響比無丁壩大；在攻擊面對積木編號①~⑦完全不受影響，對其他積木也有保護效果，但只有積木編號⑩例外；在河道中只有積木編號(1)、(6)和(7)受到水流的影響比無丁壩小。
- ③長 6cm 高 3cm 的丁壩在非攻擊面對積木的影響比無丁壩大；在攻擊面對積木編號①~⑥完全不受影響，對其他積木也有保護效果，但只有積木編號⑩例外；在河道中只有積木編號(1)、(2)和(7)完全不受水流影響，積木編號(6)受水流影響比無丁壩小。
- ④在非攻擊面長 5cm 丁壩和 6cm 丁壩對積木影響高於 4cm 丁壩(積木編號 1、2 例外)，但 5cm 丁壩和 6cm 丁壩對積木影響差異不大；可是在攻擊面受水流影響的保護程度 4cm 丁壩及 6cm 丁壩比 5cm 丁壩小；河道中 6cm 丁壩、5cm 丁壩和 4cm 丁壩對積木的影響程度大致相同，但 6cm 丁壩的積木編號(1)、(2)和(7)因在丁壩後，所以完全不受水流影響。

討論：

- (1)長 5cm 高 2cm 丁壩長度增加為 6cm 時，長 6cm 並不會比長 5cm 對攻擊面的保護效果好，但長 4cm 高 2cm 丁壩長度增加為 5cm 時，對攻擊面的保護效果越好。
- (2)總而言之，當丁壩長度越長，水流對非攻擊面的影響越大，對攻擊面的保護效果越好，且在丁壩後的積木，可以有效受到保護，所以對河道中靠近攻擊面的積木保護效果越好；但丁壩高度增加時丁壩的長度越長，對攻擊面並沒有產生更好的保護效果。

(二)雙邊落差工排列丁壩一個出水口



1、當丁壩兩側高度相同，中間高度不同對河道挑流的影響

- ①313 的丁壩在非攻擊面的積木編號 1、4、5、6 和 7 受水流影響較大；在攻擊面積木編號①~⑤都有被保護，但積木編號⑥~⑩都受到水流的影響；在河道中被保護到的只有積木編號(1)、(5)、(6)、(7)、(11)、(12)。
- ②323 丁壩在非攻擊面受到保護的有積木編號 2、4、5、6、7、8、9、10；在攻擊面受水流影響與無丁壩大致相同；河道中被保護到的只有積木編號(1)、(2)、(5)、(6)、(7)、(11)、(12)。
- ③313 在非攻擊面受水流影響較大；323 在攻擊面被保護的積木比 313 多；河道中 313 丁壩和 323 丁壩對積木的影響大致相同。

2、當丁壩兩側高度不同，中間高度相同對河道挑流的影響

- ①212 丁壩不管在非攻擊面，還是在攻擊面，積木受到水流的影響和無丁壩差異不大；在河道中被保護到的只有積木編號(1)、(2)、(5)、(6)、(7)、(11)、(12)。
- ②313 的丁壩在非攻擊面的積木編號 4、5、6 和 7 受水流影響較大；在攻擊面積木編號①~⑤都有被保護，但積木編號⑥~⑩都受到水流的影響；在河道中被保護到的只有積木編號(1)、(5)、(6)、(7)、(11)、(12)。
- ③313 丁壩在非攻擊面的積木編號 1~3 被水流影響的程度比 212 丁壩的還要小；在攻擊面 313 丁壩只有保護到積木編號①~⑤，其他積木編號受水流影響比 212 丁壩大，甚至高於無丁壩；河道中 313 丁壩和 212 丁壩對積木的影響大致相同。

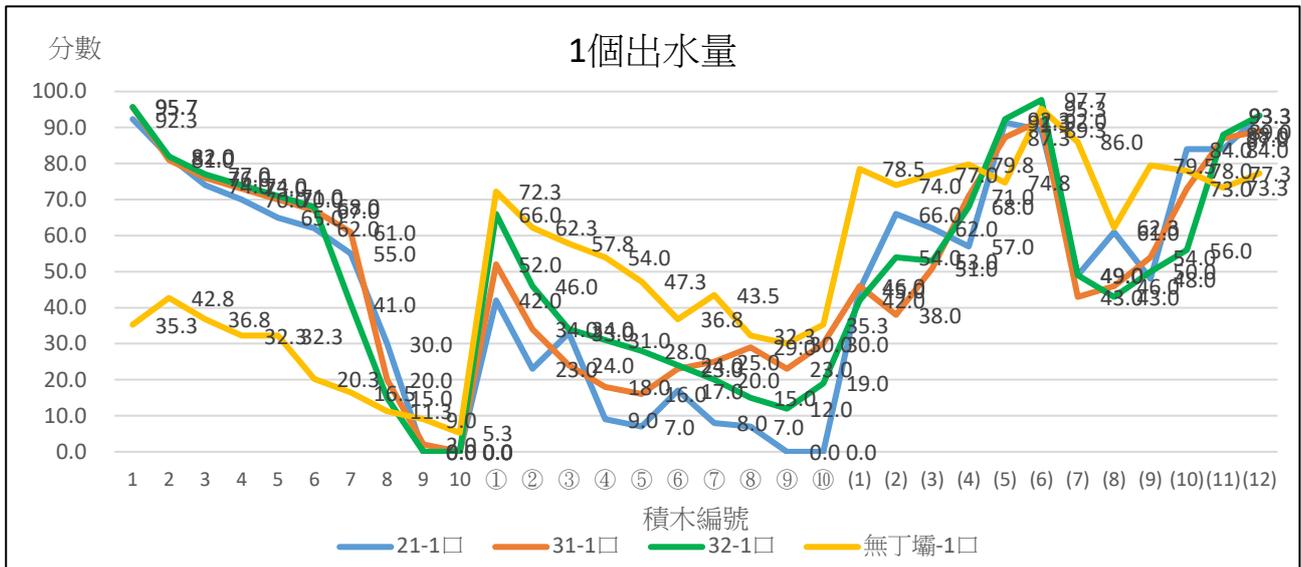
討論：

- (1)側邊高度與中央高度相差 1cm(212 丁壩、323 丁壩)兩者積木編號受水流影響程度幾乎一致。
- (2)當側邊高度與中間高度差異愈大，積木編號受水流影響越大。

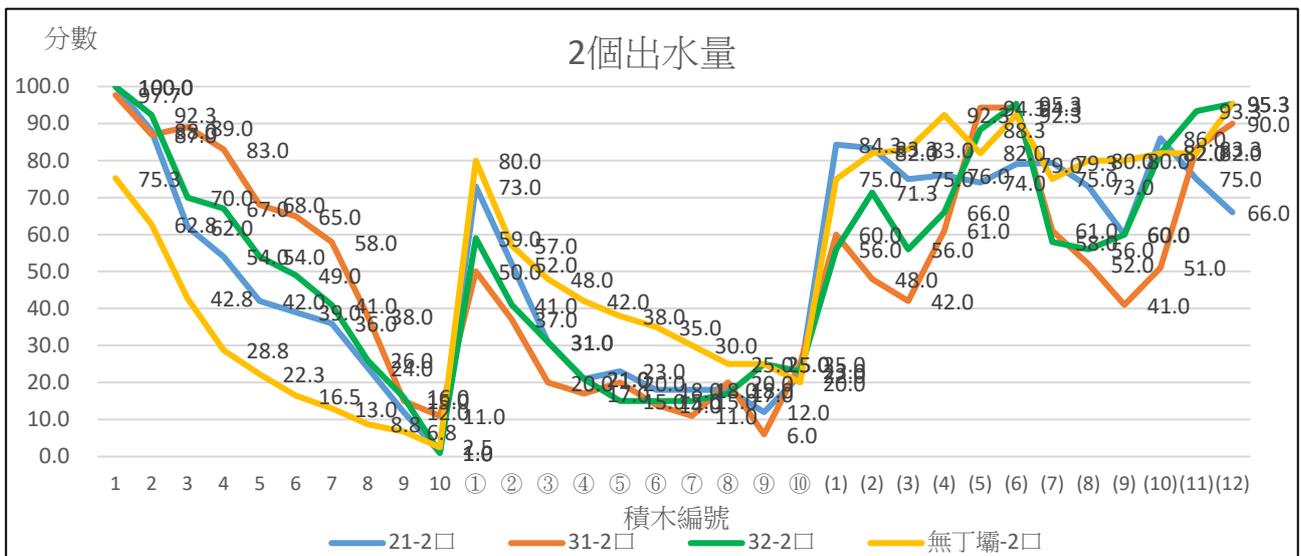
(三)單邊落差工排列丁壩

根據野外調查，我們發現太平溪下游有設置單邊落差工排列丁壩，因此我們也想知道此丁壩的挑流效果和對攻擊面的保護效果如何，

1、1 個出水量



2、2 個出水量



1.當出水量相同，丁壩高度不同對河道挑流的影響

- ①當丁壩高度為 21、31 和 32 且出水量為 1 口時，非攻擊面的積木編號 1~8 受水流影響比無丁壩還大，但積木編號 9 和 10 除外；攻擊面的積木編號都受到了丁壩的保護，尤其是丁壩高度 21 最好；在河道中被保護到的積木編號只有(1)~(4)和(7)~(10)。
- ②當丁壩高度為 21、31 和 32 且出水量為 2 口時，非攻擊面的積木編號 1~9 受水流影響比無丁壩還大，但積木編號 10 除外；攻擊面的積木編號都受到了丁壩的保護，尤其是丁壩高度 31 最好；在河道中被保護到的積木編號有(1)~(4)和(7)~(9)，但是丁壩高度 21 對河道中積木編號的影響和無丁壩差異不大。

2.當出水量不同，丁壩高度相同對河道挑流的影響

- ①當丁壩高度為 21 時，1 個出水量對攻擊面的保護效果比較好，對非攻擊面的影響也較大，而 2 個出水量則相反；2 個出水量在河道中的積木編號得分都比 1 個出水量還高，但積木編號(5)、(6)、(11)、(12)除外。
- ②當丁壩高度為 31 時，1 個出水量和 2 個出水量在非攻擊面、攻擊面及河道中的積木編號的得分都大致相同。
- ③當丁壩高度為 32 時，1 個出水量和 2 個出水量在非攻擊面、攻擊面及河道中的積木編號的得分都大致相同。

討論：

- (1)單邊落差工排列丁壩的左右兩側高度差距愈大，對攻擊面的保護效果越好，對非攻擊面的影響越大。
- (2)水流流速越慢，丁壩就能保護攻擊面的積木編號並且減少對非攻擊面的影響；水流流速越快，丁壩高度越高且兩側差距越大，對攻擊面的保護效果越好，對非攻擊面的影響越大。

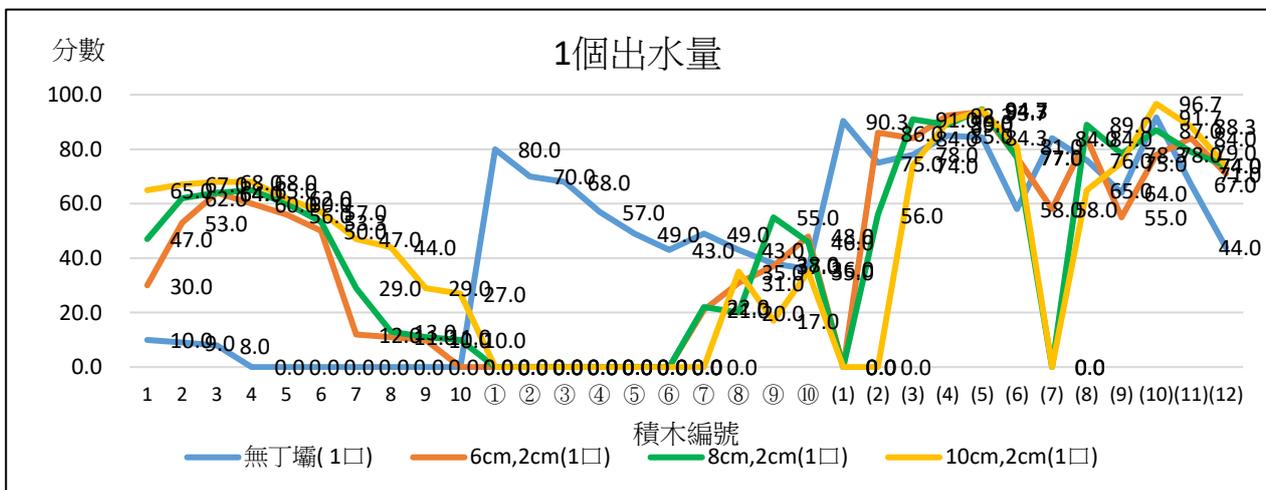
三、25cm 河道

根據 15cm 河道的實驗結果我們得知高 1cm 丁壩會被水漫過，無法有效保護攻擊面，所以在 25cm 河道的實驗就不做高 1cm 丁壩的實驗觀察，又因為水就已無法漫過高 2cm 丁壩，故在 25cm 河道的實驗也不做高 3cm 丁壩的實驗觀察。

(一)單邊丁壩

1、當注入水量相同，對丁壩長度不同，丁壩高度相同對河道挑流的影響

(1)1 個出水量

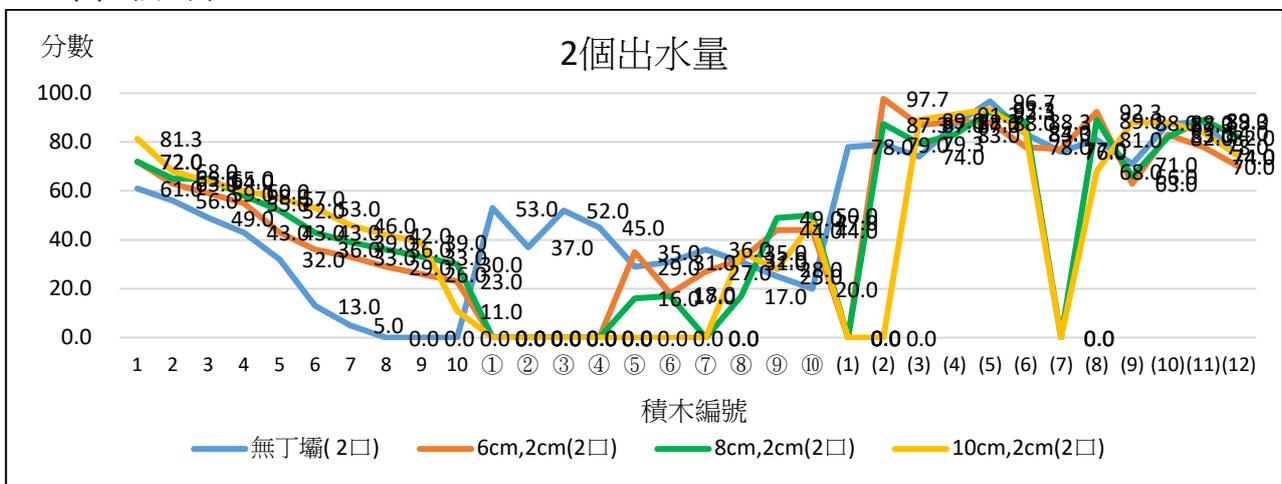


- ①長 6cm 高 2cm 丁壩在非攻擊面產生挑流造成積木編號 1~9 受水流影響比無丁壩還嚴重；在攻擊面積木編號①~⑥完全不受水流影響，但積木編號⑩受水流影響程度比無丁壩還嚴重；在河道中除了積木編號(1)完全不受水流影響，積木編號(7)、(9)和(10)也有被丁壩保護。
- ②長 8cm 高 2cm 丁壩在非攻擊面產生挑流造成所有積木編號受水流影響比無丁壩還嚴重；在攻擊面積木編號①~⑥完全不受水流影響，但積木編號⑨和⑩受水流影響程度比

無丁壩還嚴重；在河道中除了積木編號(1)和(7)完全不受水流影響，積木編號(10)也有被丁壩保護。

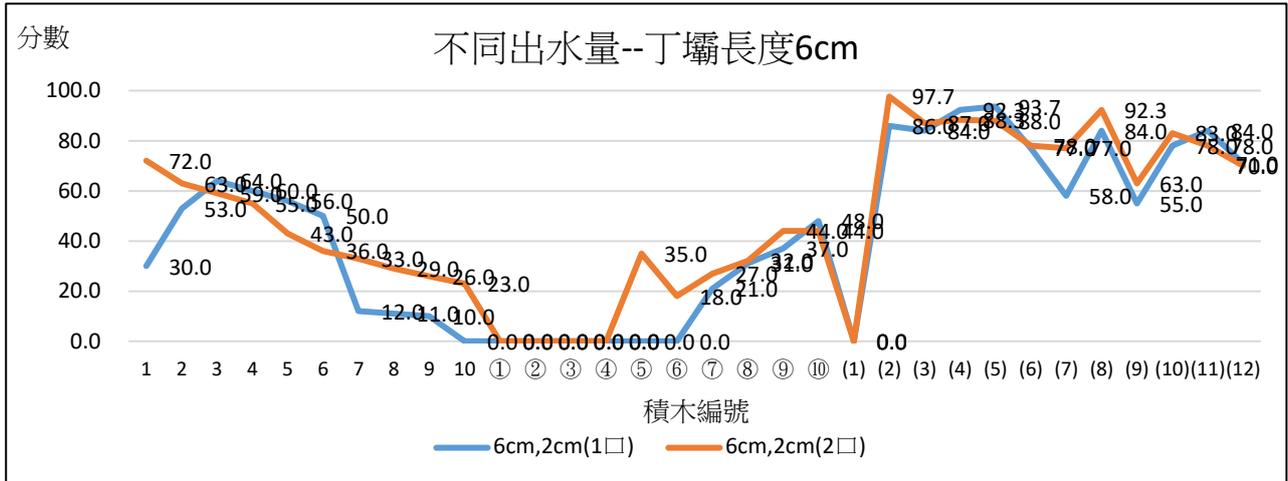
- ③長 10cm 高 2cm 丁壩在非攻擊面產生挑流造成所有積木編號受水流影響比無丁壩還嚴重；在攻擊面積木編號①~⑦完全不受水流影響；在河道中除了積木編號(1)、(2)和(7)完全不受水流影響，積木編號(3)和(8)也有被丁壩保護。
- ④在非攻擊面三種丁壩對積木編號受水流影響的程度大致相同，但以長 10cm 高 2cm 丁壩對積木編號受水流影響最大；在攻擊面三種丁壩對積木編號受水流影響的程度大致相同，但以長 10cm 高 2cm 丁壩對積木編號受水流影響最小；在河道中三種丁壩對積木編號受水流影響的程度大致相同，但以長 10cm 高 2cm 丁壩對積木編號受水流影響也最小。

(2)2 個出水量

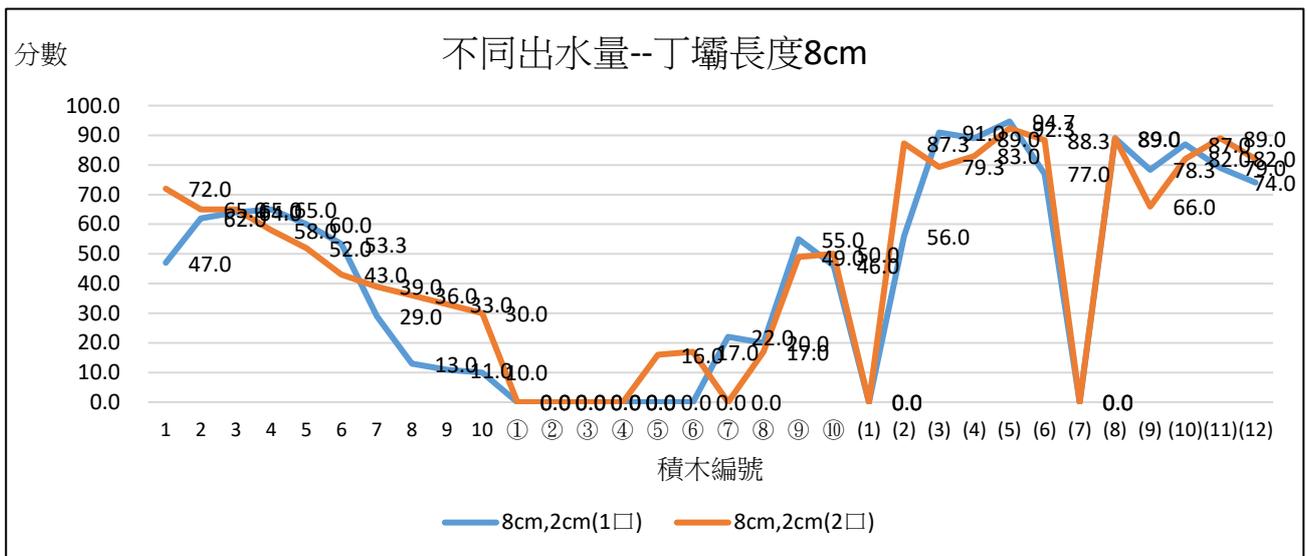


- ①長 6cm 高 2cm 丁壩在非攻擊面產生挑流造成所有積木編號受水流影響比無丁壩還嚴重；在攻擊面積木編號①~④完全不受水流影響，但積木編號⑧、⑨和⑩受水流影響程度比無丁壩還嚴重；在河道中除了積木編號(1)完全不受水流影響，積木編號(5)、(6)、(9)、(10)、(11)、和(12)也有被丁壩保護。
- ②長 8cm 高 2cm 丁壩在非攻擊面產生挑流造成所有積木編號受水流影響比無丁壩還嚴重；在攻擊面積木編號①~④和⑦完全不受水流影響，但積木編號⑨和⑩受水流影響程度比無丁壩還嚴重；在河道中除了積木編號(1)和(7)完全不受水流影響，積木編號(4)、(5)、(9)和(10)也有被丁壩保護。
- ③長 10cm 高 2cm 丁壩在非攻擊面產生挑流造成所有積木編號受水流影響比無丁壩還嚴重；在攻擊面積木編號①~⑦完全不受水流影響，但積木編號⑧、⑨和⑩受水流影響程度比無丁壩還嚴重；在河道中除了積木編號(1)、(2)和(7)完全不受水流影響，積木編號(5)、(8)和(11)也有被丁壩保護。
- ④在非攻擊面三種丁壩對積木編號受水流影響的程度大致相同，但以長 10cm 高 2cm 丁壩對積木編號受水流影響最大；在攻擊面三種丁壩對積木編號受水流影響的程度大致相同，但以長 10cm 高 2cm 丁壩對積木編號受水流影響最小；在河道中三種丁壩對積木編號受水流影響的程度也大致相同，但以長 10cm 高 2cm 丁壩對積木編號受水流影響也最小。

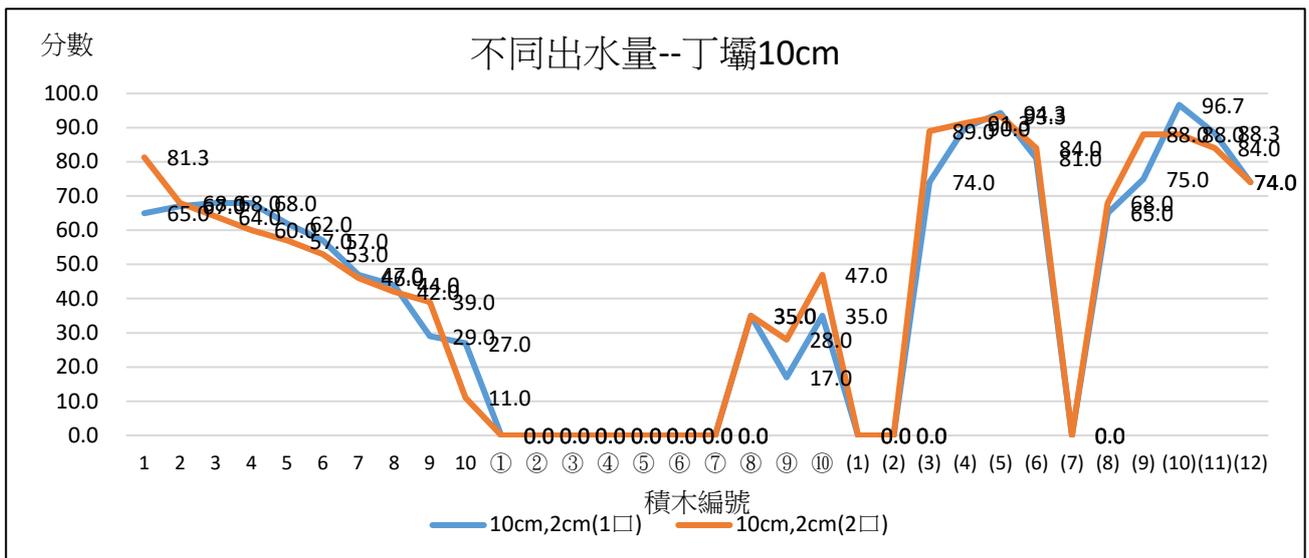
2、當出水量不同，丁壩長度不同，高度相同對河道挑流的影響



- ①在非攻擊面的方面，長 6cm 高 2cm 丁壩 2 個出水口對積木編號 1、2、7、8、9 和 10 的影響比 1 個出水口大。
- ②在攻擊面的方面，長 6cm 高 2cm 丁壩 1 個出水口完全保護積木編號①~⑥，而 2 個出水口只完全保護到積木編號①~④。
- ③在河道中，1 個出水口和 2 個出水口對積木編號的影響大致相同。



- ①在非攻擊面的方面，長 8cm 高 2cm 丁壩 2 個出水口對積木編號 1、2、7、8、9 和 10 的影響比 1 個出水口大。
- ②在攻擊面的方面，長 8cm 高 2cm 丁壩 1 個出水口完全保護積木編號①~⑥，而 2 個出水口只完全保護到積木編號①~④和⑦。
- ③在河道中，1 個出水口和 2 個出水口對積木編號的影響大致相同。



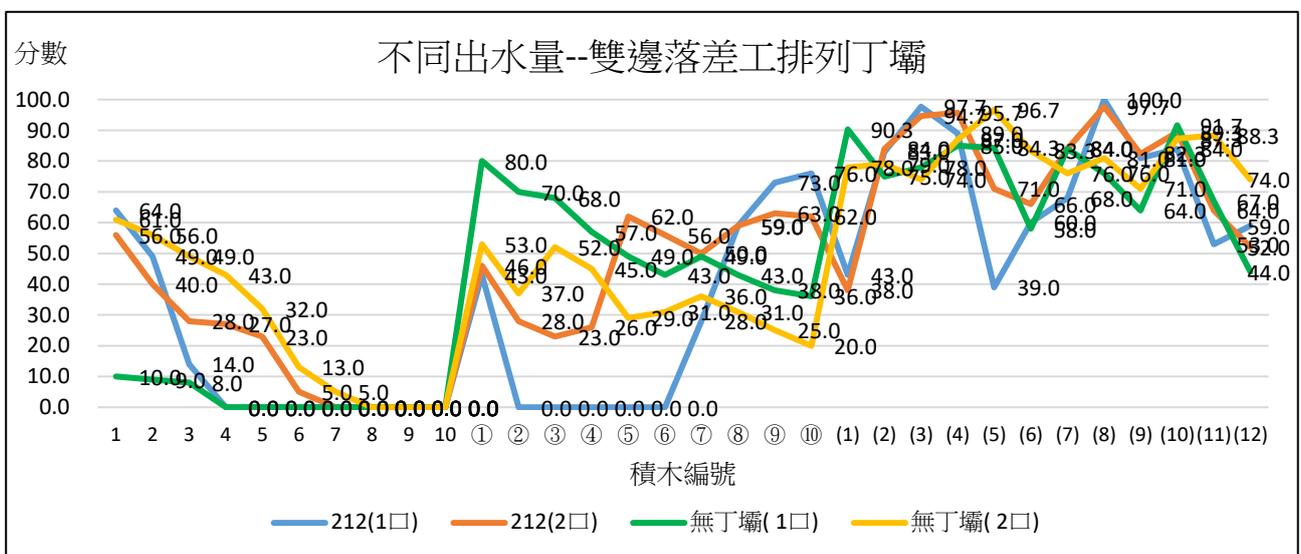
- ①在非攻擊面的方面，1個出水口和2個出水口對積木編號的影響大致相同。
- ②在攻擊面的方面，1個出水口和2個出水口對積木編號的影響大致相同。
- ③在河道中，1個出水口和2個出水口對積木編號的影響大致相同。

討論：

- (1)當丁壩長度大於三分之一，在攻擊面出水量的大小不會影響對攻擊面積木編號的保護效果。
- (2)當丁壩長度等於三分之一，在攻擊面出水量的大小會影響對攻擊面積木編號的保護效果。
- (3)當丁壩長度小於三分之一，在攻擊面出水量的大小會影響對攻擊面積木編號的保護效果，且影響最大。

(二)雙邊落差工排列丁壩

根據之前對 25cm 河道的實驗，我們發現因河道較寬，水會被分散，造成水流衝擊力較小，再加上高 3cm 丁壩無法讓水漫過，因此，雙邊落差工丁壩，就不做側邊高 3cm 的實驗觀察。



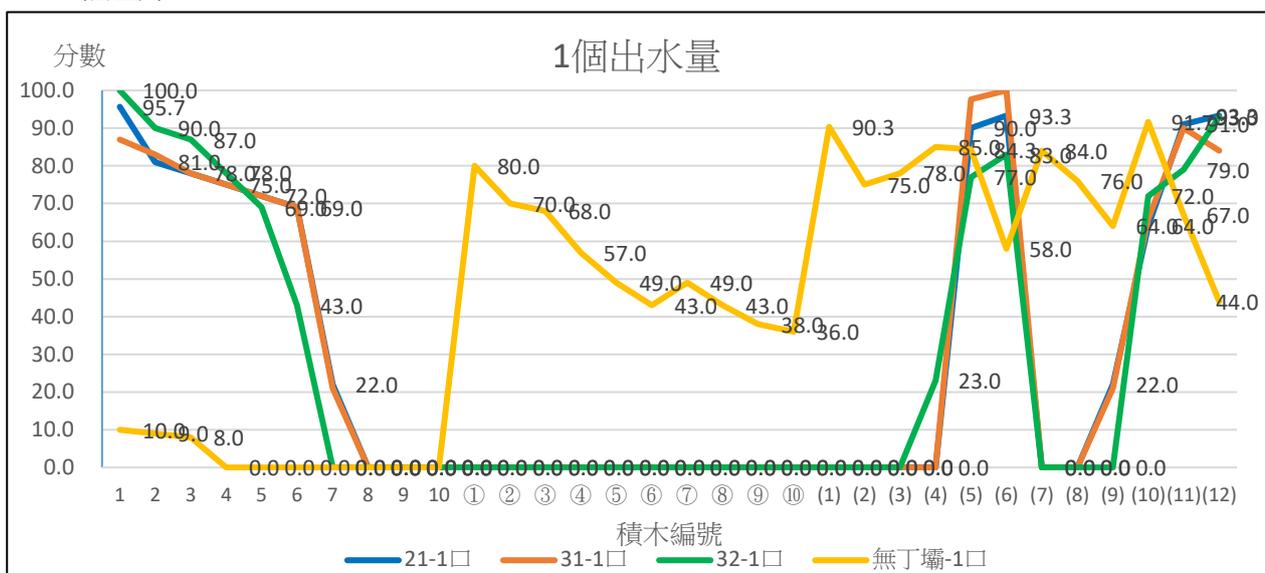
- ①212 丁壩 1 個出水口，對非攻擊面的影響比無丁壩 1 個出水口還要大；在攻擊面 212 丁壩 1 個出水口有保護到積木編號①~⑦；在河道中，212 丁壩 1 個出水口有保護到積木編號(1)、(5)、(6)、(7)、(10)和(11)。
- ②212 丁壩 2 個出水口，對非攻擊面的影響比無丁壩 2 個出水口還要小；在攻擊面 212 丁壩 2 個出水口只有保護到積木編號①~④；在河道中，212 丁壩 2 個出水口有保護到積木編號(1)、(5)、(6)、(11)和(12)。
- ③212 丁壩 2 個出水口，對非攻擊面的影響比 212 丁壩 1 個出水口還要大；在攻擊面 212 丁壩 2 個出水口對積木編號的影響比 212 丁壩 1 個出水口嚴重；在河道中，212 丁壩 2 個出水口保護到的積木編號比 212 丁壩 1 個出水口少。

討論：

- (1)水流流速越慢，丁壩就能保護到攻擊面的積木編號。
- (2)在丁壩中央部分的積木編號不管水流流速的快慢，都是受水流影響較大的。

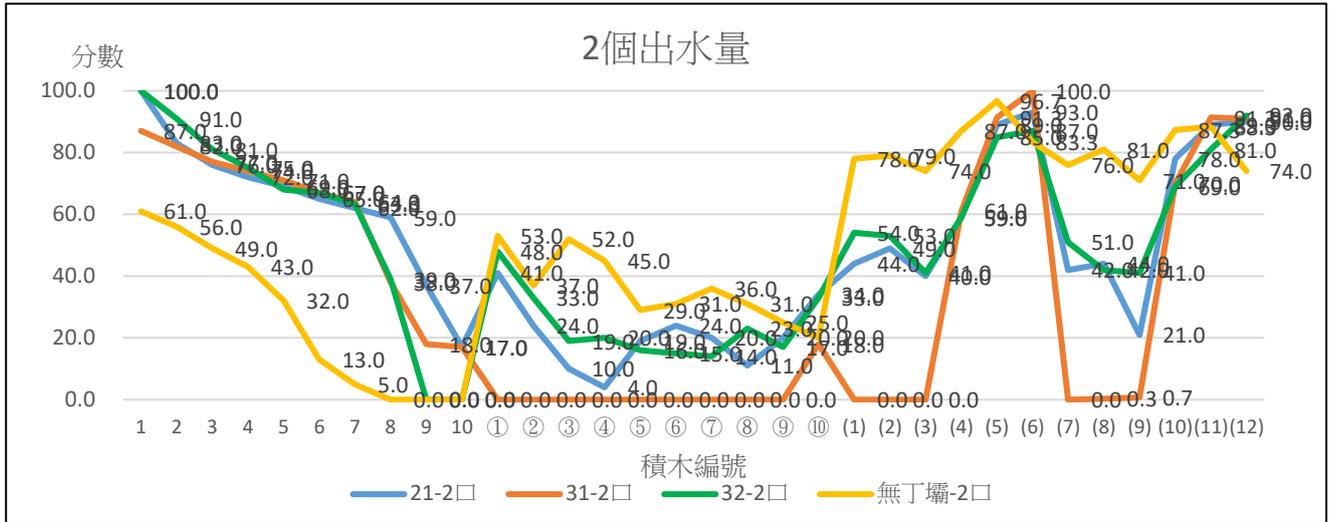
(三)單邊落差工排列丁壩

1、1 個出水口



- ①當丁壩的高度為 21、31、32 時，能夠完全保護到攻擊面的積木編號，但會影響非攻擊面的積木編號，且三種丁壩高度的影響程度差異不大。
- ②當丁壩的高度為 21、31、32 時，能保護到河道中積木編號(1)~(4)和(7)~(9)。

2、2 個出水口



- ①當丁壩高度為 31 時，攻擊面的積木編號①～⑨完全受到丁壩保護，而當丁壩高度為 21 及 32 時，積木編號受水流影響差異不大。
- ②當丁壩高度為 21、31 和 32 時，非攻擊面的積木編號受水流影響的差異不大。
- ③當丁壩的高度為 31 時，能完全保護到河道中積木編號(1)～(3)和(7)～(9)，而當丁壩高度為 21 及 32 時，積木編號受水流影響差異不大。

討論：

- (1)當丁壩兩邊高度差距越大，對攻擊面的保護效果愈好，但對非攻擊面的影響不會越大。
- (2)當丁壩兩邊高度差距越小，對攻擊面的保護效果愈不好。

四、挑流效果

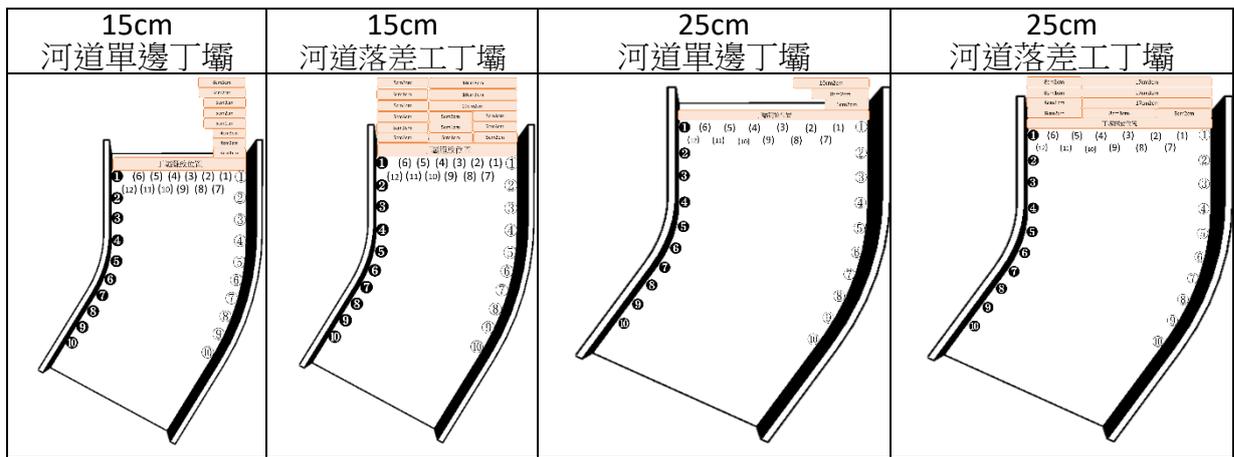
根據結果二和結果三，我們發現河道中 12 個積木受水流影響的得分平均值都是約 70 分以上，兩種河道無丁壩平均值如下表：

河道種類	得分平均值(分)
15cm(1 個出水口)	約 78.0
15cm(2 個出水口)	約 82.1
25cm(1 個出水口)	約 74.8
25cm(2 個出水口)	約 81.3

所以，我們將設置丁壩後，積木編號受水流影響的得分為 70 分以上，依照分數高低將積木編號標示不同顏色，紅色表示水流因丁壩設置後產生最大的挑流現象，藍色表示丁壩設置後積木編號完全不被水流影響，顏色分配如下表：

分數區間	100	99~90	89~80	79~70	69~1	0
顏色						

以下是積木編號和丁壩種類的相對位置，接著我們再將積木相對位置和分數顏色區間統計出河道攻擊面、非攻擊面和河道中受水流影響的結果：



(一)單邊丁壩河道中

積木編號		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm 河道	4cm1cm	Yellow	Pink	Green	Pink	Green	Pink	Black	Green	Yellow	Pink	Pink	Green
	4cm2cm	Black	Yellow	Green	Pink	Pink	Red	Black	Yellow	Pink	Pink	Yellow	Green
	4cm3cm	Black	Black	Pink	Green	Pink	Pink	Black	Yellow	Green	Pink	Yellow	Green
	5cm1cm	Yellow	Black	Pink	Pink	Black	Yellow	Black	Yellow	Green	Green	Green	Green
	5cm2cm	Black	Black	Green	Pink	Green	Pink	Black	Yellow	Yellow	Yellow	Pink	Pink
	5cm3cm	Blue	Black	Pink	Red	Pink	Yellow	Black	Yellow	Pink	Yellow	Green	Green
	6cm2cm	Blue	Black	Red	Red	Red	Pink	Blue	Black	Red	Green	Green	Green
	6cm3cm	Blue	Blue	Yellow	Red	Red	Green	Blue	Yellow	Yellow	Red	Pink	Yellow
25cm 河道	6cm2cm	Blue	Yellow	Yellow	Pink	Pink	Green	Black	Yellow	Black	Green	Yellow	Green
	8cm2cm	Blue	Black	Pink	Yellow	Pink	Green	Blue	Yellow	Green	Yellow	Green	Green
1 口	10cm2cm	Blue	Blue	Green	Pink	Pink	Yellow	Blue	Black	Green	Pink	Yellow	Green
	10cm2cm	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black
25cm 河道	6cm2cm	Black	Black	Black	Black	Yellow	Pink	Black	Yellow	Green	Yellow	Pink	Pink
	8cm2cm	Blue	Blue	Blue	Black	Pink	Red	Blue	Black	Green	Pink	Pink	Pink
	10cm2cm	Black	Black	Black	Black	Yellow	Yellow	Black	Black	Black	Black	Black	Black

(二)單邊丁壩非攻擊面

積木編號		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15cm 河道	4cm1cm	Yellow	Black								
	4cm2cm	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black
	4cm3cm	Yellow	Green	Black							
	5cm1cm	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black
	5cm2cm	Yellow	Black								
	5cm3cm	Yellow	Black								
	6cm2cm	Yellow	Black								
25cm 河道	6cm2cm	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Blue
	8cm2cm	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black
	10cm2cm	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black	Black
25cm 河道	6cm2cm	Green	Black								
	8cm2cm	Green	Black								
	10cm2cm	Yellow	Black								

(三)單邊丁壩攻擊面

積木編號		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
河道和丁壩種類											
15cm 河道	4cm1cm	黃									
	4cm2cm		藍	藍							
	4cm3cm		藍	藍	藍	藍	藍				
	5cm1cm	綠									
	5cm2cm				藍	藍	藍	藍	藍		
	5cm3cm		藍	藍	藍	藍	藍	藍			
	6cm2cm								藍	藍	
	6cm3cm										
25cm 河道	6cm2cm										
	8cm2cm										
1 □	10cm2cm							藍	藍		
25cm 河道	6cm2cm										
	8cm2cm							藍	藍		
2 □	10cm2cm						藍	藍	藍		

(四)雙邊落差工丁壩河道中

積木編號		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
河道和丁壩種類													
15cm 河道	212		黃	紅	紅				粉	黃	粉		
	313		黃	紅	紅			綠	粉	粉	黃		
	323		綠	紅	紅			黃	黃	粉	黃		
25cm 河道 1 □	212		黃	粉	黃				紅	黃	黃		
25cm 河道 2 □	212		黃	粉	粉	綠		黃	粉	黃	黃		

(五)雙邊落差工丁壩非攻擊面

積木編號		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
河道和丁壩種類												
15cm 河道	212										藍	藍
	313										藍	藍
	323											
25cm 河道 1 □	212				藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍
25cm 河道 2 □	212								藍	藍	藍	藍

(六)雙邊落差工丁壩攻擊面

積木編號		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
河道和丁壩種類											
15cm 河道	212	綠	綠								
	313										
	323	黃									
25cm 河道 1 □	212		藍	藍	藍	藍	藍			綠	綠
25cm 河道 2 □	212										

(七)單邊落差工丁壩河道中

積木編號 河道和丁壩種類		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm 河道 1 □	21					粉	黃				黃	黃	粉
	31				綠	粉	粉				綠		黃
	32					粉	粉						粉
15cm 河道 2 □	21	黃	黃	綠	綠	綠	綠	綠	綠		黃	綠	黑
	31					粉	粉					黃	粉
	32		綠			黃	粉				黃	粉	粉
25cm 河道 1 □	21	藍	藍	藍	藍	粉	粉	藍	藍			粉	粉
	31	藍	藍	藍	藍	粉	紅	藍	藍			粉	黃
	32	藍	藍	藍		綠	黃	藍	藍	藍	綠	綠	粉
25cm 河道 2 □	21					黃	粉				綠	黃	粉
	31	藍	藍	藍		粉	紅	藍			綠	粉	粉
	32					黃	黃					黃	粉

(八)單邊落差工丁壩非攻擊面

積木編號 河道和丁壩種類		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
15cm 河道 1 □	21	粉	黃	綠	綠						藍	藍
	31	粉	黃	綠	粉	綠						藍
	32	粉	黃	綠	綠	綠						藍
15cm 河道 2 □	21	紅	黃									
	31	粉	黃	黃	黃							
	32	紅	粉	綠								
25cm 河道 1 □	21	粉	黃	綠	綠	綠				藍	藍	藍
	31	黃	黃	綠	綠	綠				藍	藍	藍
	32	紅	粉	黃	綠				藍	藍	藍	藍
25cm 河道 2 □	21	紅	黃	綠	綠							
	31	黃	黃	綠	綠	綠						
	32	紅	粉	黃	綠						藍	藍

(九)單邊落差工丁壩攻擊面

積木編號 河道和丁壩種類		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	
15cm 河道 1 □	21										藍	藍
	31											
	32											
15cm 河道 2 □	21	綠										
	31											
	32											
25cm 河道 1 □	21	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍
	31	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍
	32	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍
25cm 河道 2 □	21											
	31	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍	藍
	32											

討論：

- (1)設置丁壩最主要的目的，就是要保護攻擊面，所以挑流效果影響最大的不會出現在河道攻擊面。
- (2)設置丁壩會產生挑流效果，但根據以上實驗統計，設置丁壩後，挑流效果在非攻擊面都會產生影響，但以丁壩長度越長、高度越高產生挑流的效果較明顯。

(3)設置丁壩會產生挑流效果，而根據以上實驗統計，設置丁壩後，挑流效果在河道中產生影響，影響統計如下表：

丁壩種類	分數	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm單邊丁壩	100	0	0	1	3	2	1	0	0	1	1	0	0
	99~90	0	1	3	4	3	4	0	0	1	3	3	1
	89~80	2	1	1	0	0	3	0	4	6	3	3	2
	79~70	0	0	3	1	2	0	0	1	0	1	2	5
25cm單邊丁壩	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	99~90	0	1	1	3	5	0	0	1	0	1	0	0
	89~80	0	2	3	3	1	3	0	3	1	4	4	1
	79~70	0	0	2	0	0	3	1	0	2	1	2	5
總分	169	442.5	1188.5	1289.5	1189.5	1208.5	74.5	760.5	935	1218.5	1173	1093	

④：總分=顏色區間中間值×次數，例如單邊丁壩的(4)， $100 \times (3+0) + 94.5 \times (4+3) + 84.5 \times (0+3) + 74.5 \times (1+0) = 1289.5$

丁壩種類	分數	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm雙邊落差丁壩	100	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	99~90	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0
	89~80	0	2	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0
	79~70	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
25cm雙邊落差丁壩	100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	99~90	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	89~80	0	2	0	1	0	0	1	0	2	2	0	0
	79~70	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
總分	0	412.5	489	479	74.5	0	243.5	468	442.5	432.5	0	0	

④：總分=顏色區間中間值×次數

丁壩種類	分數	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm單邊落差丁壩	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	99~90	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	1	4
	89~80	1	1	0	0	2	1	0	0	0	3	4	1
	79~70	0	1	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0
25cm單邊落差丁壩	100	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	99~90	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	3	5
	89~80	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	1
	79~70	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0
總分	84.5	159	74.5	149	1054	1095	74.5	74.5	0	551.5	1034	1019.5	

④：總分=顏色區間中間值×次數

由上表可知：

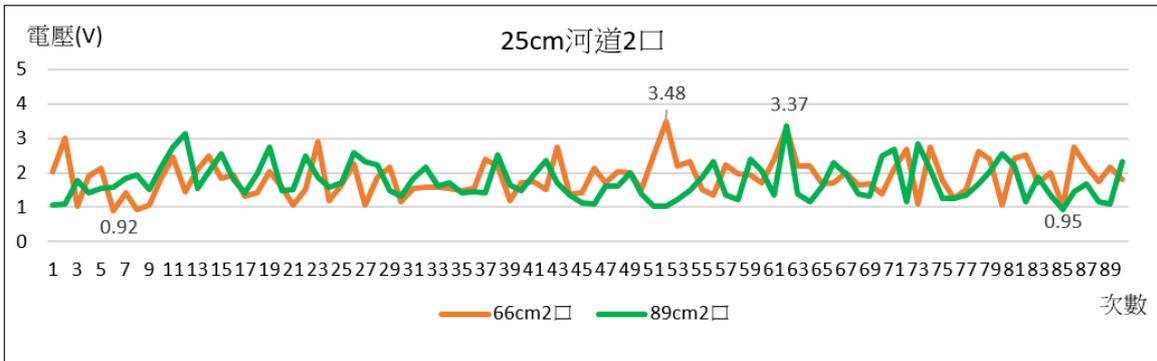
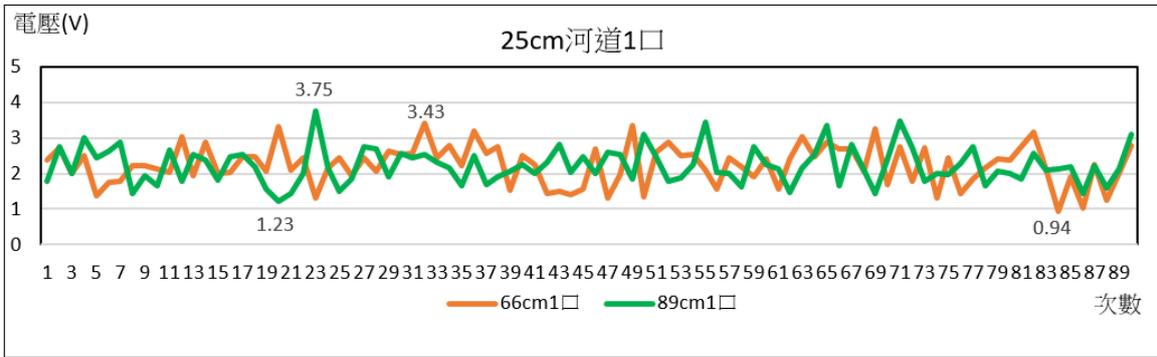
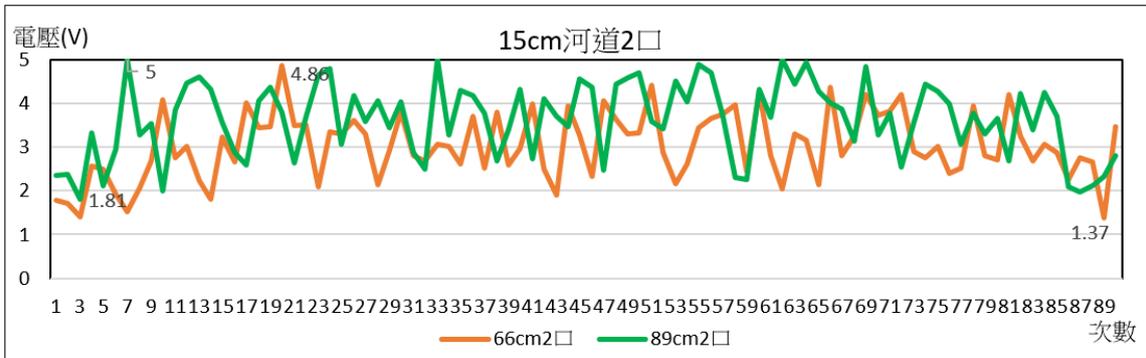
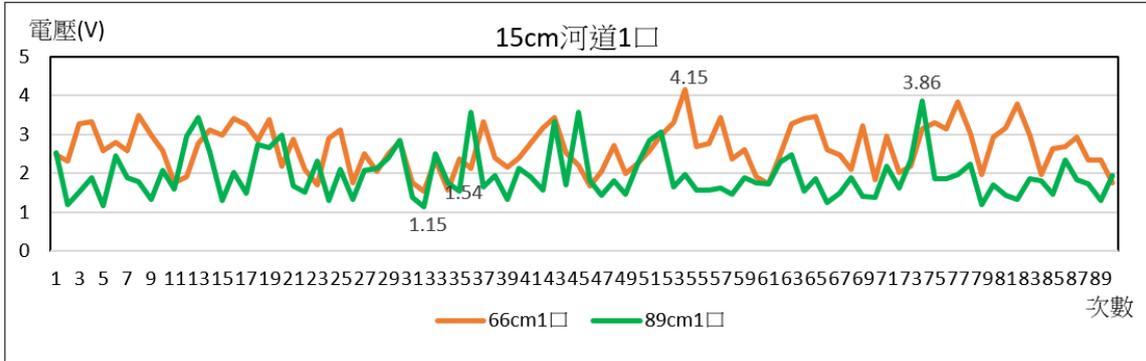
- ①在單邊丁壩中，受水挑流影響總分最高為(4)，接著依序為(10)和(6)。
- ②在雙邊落差工丁壩中，受水挑流影響總分最高為(3)，接著依序為(4)和(8)。
- ③在單邊落差工丁壩中，受水挑流影響總分最高為(6)，接著依序為(5)和(11)。

五、淨零碳排

我們製造水位落差和控制出水量大小來探討微水力發電設備所產生的電力，結果如下：

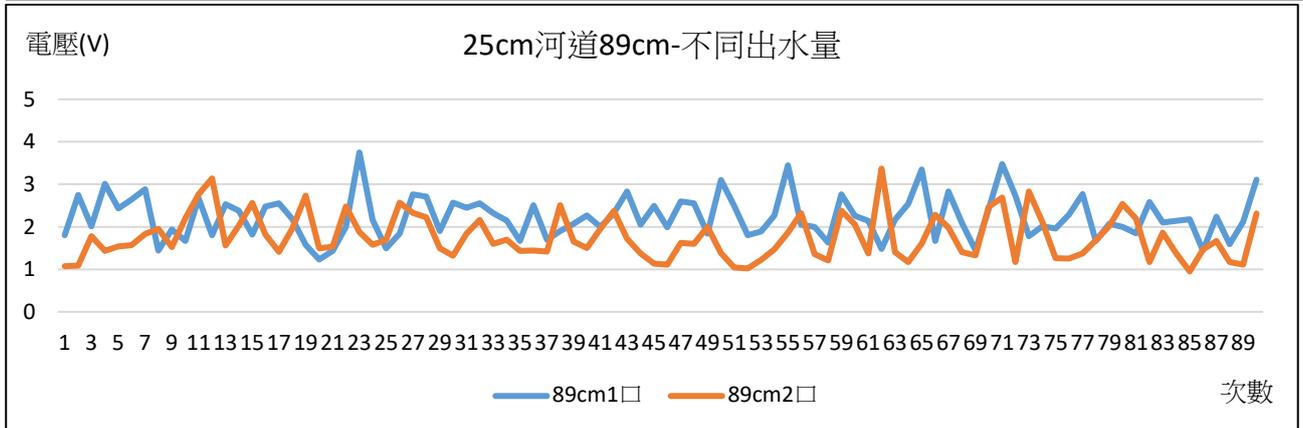
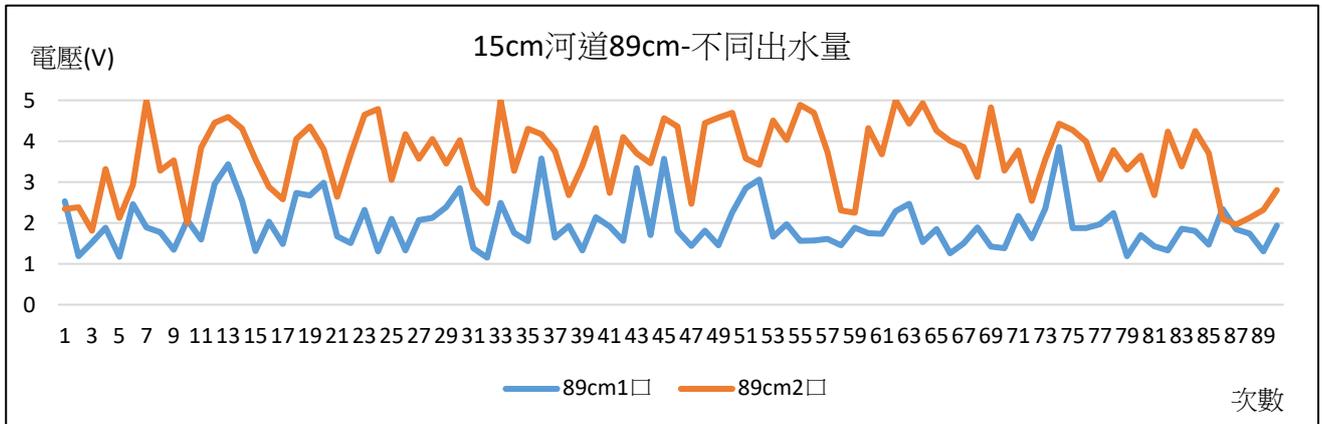
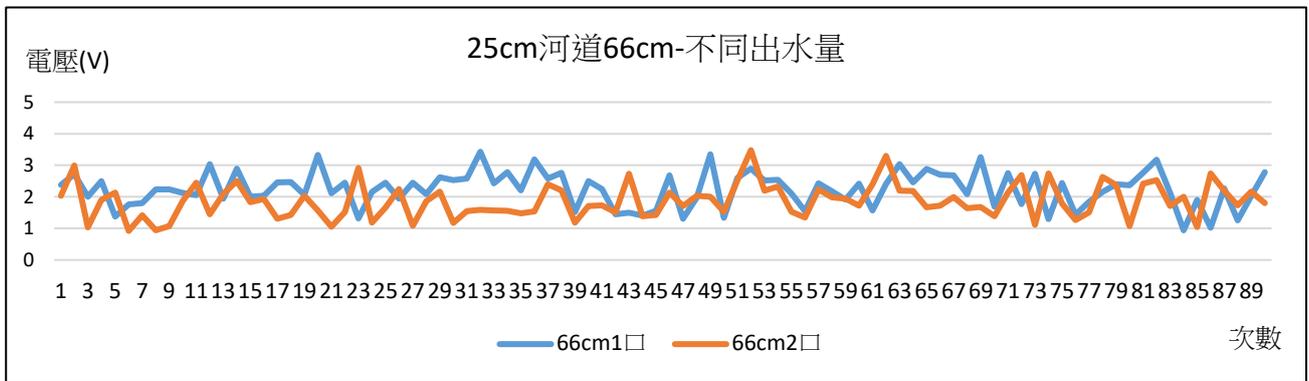
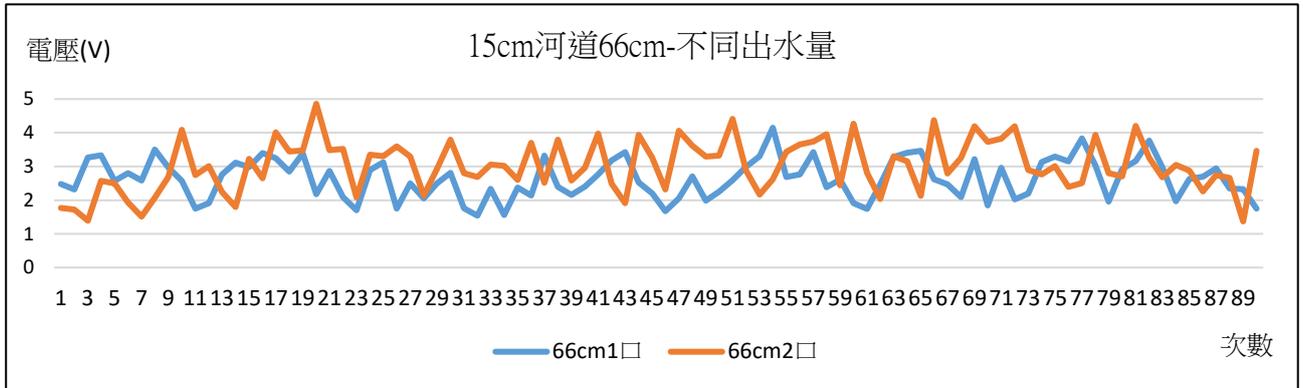
河道	15cm 河道						25cm 河道					
水量	1 口			2 口			1 口			2 口		
高度	34cm	66cm	89cm	34cm	66cm	89cm	34cm	66cm	89cm	34cm	66cm	89cm
最小電力(V)	0	1.54	1.15	0	1.37	1.81	0	0.94	1.23	0	0.92	0.95
最大電力(V)	0	4.15	3.86	0	4.86	5	0	3.43	3.75	0	3.48	3.37

(一) 水位落差高度對 TT 馬達的影響



- 1、水位落差高度約 30cm 無法產生任何電力，所以無法在圖表中呈現。
- 2、水位落差高度約 60cm 產生的電力介於 0.92V~4.86V。
- 3、水位落差高度約 90cm 產生的電力介於 0.95V~5V。

(二)水量大小對 TT 馬達的影響



1、水量大小為 1 口時產生的電力介於 0.94V~4.15V。

2、水量大小為 2 口時產生的電力介於 0.92V~5V。

(三)河道寬度和深度對 TT 馬達的影響

1、河道寬度為 15cm 時產生的電力介於 1.15V~5V。

2、河道寬度為 25cm 時產生的電力介於 0.92V~3.75V。

討論：

1、水位落差高度越高，所產生的電力越大，反之則越小。

2、出水量越大，所產生的電力越大，反之則越小。

3、河道寬度越窄，出水量越大，深度就越深，所產生的電力也越大，反之則越小。

柒、結論

一、在模擬河道中發現，當出水量相同且丁壩的高度相同，丁壩長度越長，對河道的攻擊面的保護效果越好，對河道非攻擊面的影響越大，挑流效果越好

二、當丁壩的長度小於、等於或大於河道三分之一時，丁壩的高度越高對攻擊面的保護效果越好，對非攻擊面的影響越大，挑流效果也越好。也就是說，丁壩越長，挑流效果越好，丁壩越高，挑流效果也很好；對非攻擊面的影響會因丁壩長度而增加。

三、在河道較窄的模擬河道中發現，丁壩對攻擊面的保護效果取決於丁壩的長度和高度，當丁壩長度小於河道三分之一時，高度越高對攻擊面的保護效果越好；當丁壩長度等於三分之一，丁壩的高度也會影響對攻擊面的保護效果；當丁壩長度大於三分之一，丁壩高度越高，對攻擊面的保護效果並不會更好。

四、無論丁壩長度的長短，丁壩高度差距越大，對攻擊面保護效果愈顯著；反之，丁壩高度差距越小，對攻擊面的保護效果越不明顯。

五、微水力發電所產生的電力會受到河道寬度、出水量大小和水位落差高度的影響，在相同出水量下，河道寬度愈窄，水流流速愈快，深度愈深，所產生的電力也愈大。

六、預期效益

在河道彎道處設置單邊丁壩或落差工排列丁壩都會產生挑流效果，也會讓水流更湍急及產生水位落差，在湍急處或水位落差的位置設置微水力發電設備，產生的電力可以提供河岸兩側的照明用電，除了可以讓夜間外出的民眾有安全的休閒環境，也可以達到淨零碳排的永續發展目標。

捌、參考資料

一、淺談混凝土塊丁壩佈設。第 1381 期技師報 <https://reurl.cc/nD77Yn>。

二、環圈式丁壩於河道沖刷防治之研究。王傳益等。

三、淺談挑流推手~丁壩(Groin) 洪照男。

四、第 62 屆全國科學展覽國小組地球科學河川小「壩」王一「丁壩」對河川挑流、緩流之影響探究

【評語】 080509

本研究用室內模型進行丁壩緩流效果模擬，並且還導入微水力發電的概念，呼應永續綠能特色，值得鼓勵。作品能彙整觀察實驗成果，條理清晰。該團隊海報呈現詳實，也瞭解清楚實驗的基本原理與限制，建議未來可考慮模型與真實環境的差異。

作品海報

壹、研究動機

永續發展課程(SDGs)老師在課程中提過，地球能源的有限，因此使用再生能源，如生質能發電、太陽能發電等是目前全球共同目標。還有，自然與生活科技老師在愛護環境課程也提到「淨零碳排」的重要。再加上，我們在校外教學時參加了第八河川局舉辦的活動，活動中了解河道中丁壩對保護河道、挑流和緩流的效果，我們詢問老師後，老師說在河道中，河道彎道處因河水流過，造成彎道處河岸被侵蝕，形成攻擊面，水利工程師因此在河道受侵蝕的部分加裝丁壩，由此保護彎道處的河岸，但也造成河道中有些地方水流較湍急，也就是說如果丁壩設置沒有適當，反而會衝擊到沒有設置丁壩的河岸。所以我們想知道不同丁壩的長度、高度設置後產生的挑流效果對河道的影響，並且探究裝設丁壩後產生的挑流現象及設置微水力發電設備，達到「淨零碳排」永續發展的目標。

貳、文獻探討(略)

參、研究目的

太平溪為流經市區主要河川，溪水水流較緩，因此我們設計了30度河道來模擬，探討不同類型丁壩擺法、丁壩高度、丁壩長度對保護攻擊面堤岸的影響，進而探討當河流彎道處設置丁壩後，是否可以利用丁壩造成的挑流現象以微水力發電的發想來達成「淨零碳排」的效果。

- 一、觀察並記錄太平溪下游彎道分布及挑流情形。
- 二、找出並了解丁壩不同長度產生挑流效果對河道的影響。
- 三、找出並了解丁壩不同高度產生挑流效果對河道的影響。
- 四、利用水流產生的落差和挑流現象設置微水力發電，讓水資源再利用。

肆、研究方法

一、野外踏查—太平溪

太平溪為一條緩流河川，位於臺灣東南部，舊名大巴六九溪，幹流長度20.50公里，流域面積88.00平方公里。

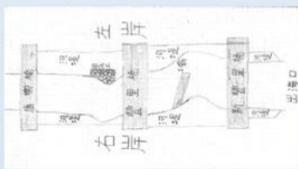
(一)調查範圍：太平溪下游至出海口，如下圖

1、衛星圖：



資料來源：google earth 2021/9/21

2、示意圖



(二)調查項目：

- 1、太平溪下游彎道分布
- 2、太平溪下游有無設置丁壩，有無挑流效果
- 3、太平溪下游水位落差的位置

二、河道模型設計

我們設計了兩種寬度不同的河道，一個是寬15cm，一個是寬25cm，兩個河道彎度都是30度。河道模型我們利用3D列印模型，繪製的彎道都是由兩個長方形所組成，30度是指兩個長方形夾角的角度。



三、丁壩模型設計

文獻指出，不透水丁壩的結構挑流效果比透水丁壩佳，丁壩的排列方式以平行排列最能達到挑流和緩流的效果，因此我們丁壩模型結構及排列方式以不透水丁壩和平行排列為探討挑流效果的排列方式。

我們利用1立方體古式積木做不同長度和高度的不透水丁壩

丁壩長(cm)	4	4	4	5	5	5
丁壩高(cm)	1	2	3	1	2	3
圖片						

丁壩長(cm)	6	6	8	10
丁壩高(cm)	2	3	2	2
圖片				

四、實驗操作

我們選用的儲水槽容量為17360ml，出水口口徑為2.5cm，1口的每秒出水量為327.3ml，2口的每秒出水量為654.6ml。

(一)對照組：15cm河道和25cm河道都沒有設置丁壩

(二)實驗組

- 1、15cm河道：分成單邊丁壩和落差工丁壩(單邊和雙邊)。
 - (1)1個出水口：流速60.07cm/sec，深度0.36cm。
 - (2)2個出水口：流速78.85cm/sec，深度0.55cm。
- 2、25cm河道：分成單邊丁壩和落差工丁壩(單邊和雙邊)。
 - (1)1個出水口：流速47.52cm/sec，深度0.28cm。
 - (2)2個出水口：流速62.50cm/sec，深度0.42cm。



種類	雙邊	單邊
丁壩長(cm)	212	313
丁壩高(cm)	323	21
圖片		

五、挑流實驗設計

我們先把古式積木設置在彎道兩旁和河道中並為其編號，放置在河道攻擊面的編號是①~⑩；放置在河道非攻擊面的編號是1~10；而放置在河道中間的編號是(1)~(12)。

接著在彎道處放置積木編號4和④，接著將其他積木依序排列調整，河道中則用河道寬進行分配積木與積木間的距離。

同一個積木編號在15cm河道和25cm河道的相對位置要相同，比較同一個積木編號在不同河道相對位置的挑流效果：

- (一)15cm河道：攻擊面、非攻擊面和河道中每個古式積木間隔1cm，排列方式如右圖。
- (二)25cm河道：攻擊面、非攻擊面每個古式積木間隔2cm，河道中每個古式積木間隔2.5cm，排列方式如右圖。



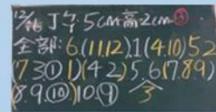
六、實驗方法及觀察項目

河流經過積木會對積木產生影響，因此，實驗中，我們在河道兩側的攻擊面和非攻擊面以及河道中間排列積木，觀察水流衝擊積木後，對積木的影響，利用觀察積木的移動先後順序，分析設置丁壩後水被挑流的效果。

(一)觀察時間：10秒鐘

(二)積木移動的先後順序

我們運用平板中的Imovie程式，將攻擊面的編號是①~⑩、非攻擊面1~10和河道中(1)~(12)的積木依被水流衝擊的先後順序排列。



(三)積木移動計分方式

非攻擊面、攻擊面和河道中的積木數量加總為32個，第1個受水流影響移動的積木編號給100分，剩下的31個積木編號平均分配後，第2個移動得93分，第3個移動得90分，依此類推，而完全不受水流影響的積木編號得0分，積木移動計分方式如下表：

名次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
分數	100	93	90	87	84	81	78	75	72	69	66	63	60	57	54	51	48

七、創意設計—微水力發電

(一)設計理念

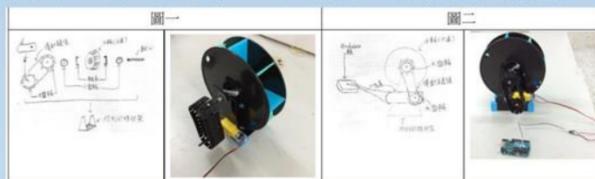
河道彎道前設置丁壩除了可以緩流外，也可以挑流，所以，我們覺得在河道中挑流速度快的位置可以進行水資源再利用，而我們也想到自然與生活科技老師教過的「再生能源」課程，於是我們製作了「微水力發電」設備，並使用Arduino板測量電壓，接著根據方法(五)的實驗結果，將「微水力發電」設備放置在適當的位置，藉由設備產生的電力，提供太平溪河堤步道旁夜間照明設備電力來源，讓夜間來往的人們有一個安全的休憩環境，更希望能對自然環境發揮「淨零碳排」的效果。

(二)微水力發電模型設計(略)

(三)實驗方法及觀察項目

將儲水槽設置在水力發電後方並用桌子及保麗龍墊高，產生落差，打開儲水槽的開關，使水流下，推動水車葉片轉動，帶動TT馬達，產生電力，用Arduino IDE寫程式讀取電壓數值。

- (1)觀察時間：30秒鐘
- (2)落差高度設為：約30cm、約60cm及約90cm
- (3)觀察項目：馬達產生的伏特數(Arduino UNO)



落差高度	約30cm	約60cm	約90cm
圖片			

伍、研究設備及器材(略)

陸、研究結果與討論

一、太平溪下游調查水流速度快的位置，並標示於地圖上。



位置	圖片	說明
A		因為彎道處左岸為河道攻擊面，且為靠近住宅區，所以在左岸設置護欄工來保護堤岸。
B		此處的河道因地形而產生水位落差，造成水流湍急。
C		此處有兩個河道攻擊面 C1 及 C2，所以設置大石頭(丁壩)將水流挑到河道中，並在 C3 和 C4 使用落差工排列的方式，產生水位落差。
D		此處的河道是一個彎道，彎道處右岸為住宅區，因此為了保護住宅區的攻擊面 D3，所以設置超過河道三分之二的不透水丁壩 D1，將水流挑至河道非攻擊面 D4，形成湍急的水流。 D2 是個彎道，所以在攻擊面設置大石頭(丁壩)，減緩流速，形成挑流現象。
E		此處靠近出口，河道較直，水流平緩，河道兩側也沒有需要保護的標的物，所以沒有大石頭(丁壩)或固床工的设置。

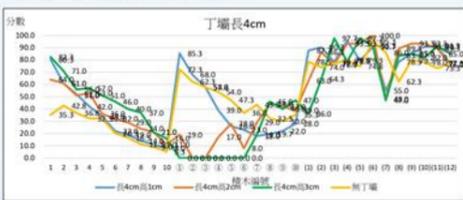
我們調查發現，太平溪下游彎道處設置丁壩，會使水流湍急及形成挑流現象；設置大石頭的位置，會使用落差工排列方式，形成水位落差。

二、15cm河道一個出水口

(一)單邊丁壩1個出水口

1、當丁壩長度相同，高度不同對河道挑流的影響

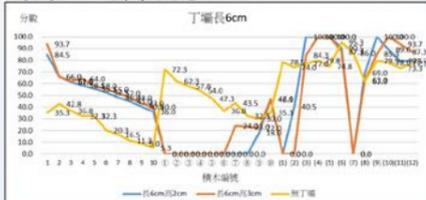
(1)丁壩長度4cm



(2)丁壩長度5cm



(3)丁壩長度6cm

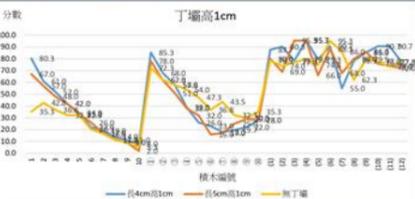


討論：

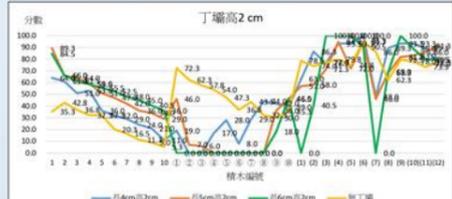
- (1)長5cm高2cm丁壩長度增加為6cm時，高3cm並不會比高2cm對攻擊面的保護效果好，但長4cm高2cm丁壩高度增加為3cm時，對攻擊面的保護效果越好。
- (2)總而言之，當丁壩高度越高，水流對非攻擊面的影響越大，對攻擊面的保護效果越好，卻對河道的影響並無太大差異；但丁壩長度增加時丁壩的高度越高，對攻擊面並沒有產生更好的效果。

2、當丁壩長度不相同，高度相同對河道挑流的影響

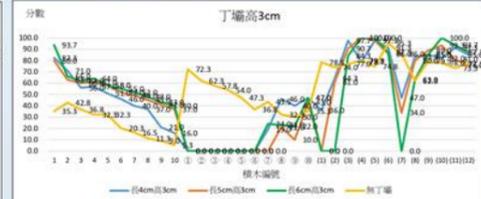
(1)丁壩高1cm



(2)丁壩高2cm



(3)丁壩高3cm



討論：

- (1)長5cm高2cm丁壩長度增加為6cm時，長6cm並不會比長5cm對攻擊面的保護效果好，但長4cm高2cm丁壩長度增加為5cm時，對攻擊面的保護效果越好。
- (2)總而言之，當丁壩長度越長，水流對非攻擊面的影響越大，對攻擊面的保護效果越好，且在丁壩後的積木，可以有效受到保護，所以對河道靠近攻擊面的積木保護效果越好；但丁壩高度增加時丁壩的長度越長，對攻擊面並沒有產生更好的效果。

(二)雙邊落差工排列丁壩一個出水口 (三)單邊落差工排列丁壩

1、1個出水量



2、2個出水量



討論：

- (1)單邊落差工排列丁壩的左右兩側高度差距愈大，對攻擊面的保護效果越好，對非攻擊面的影響越大。
- (2)水流流速越慢，丁壩就能保護攻擊面的積木編號並且減少對非攻擊面的影響；水流流速越快，丁壩高度越高且兩側差距越大，對攻擊面的保護效果越好，對非攻擊面的影響越大。

三、25cm河道

(一)單邊丁壩

1、當注入水量相同，對丁壩長度不同，丁壩高度相同對河道挑流的影響

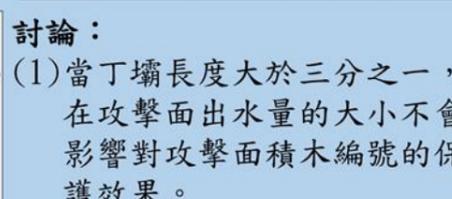
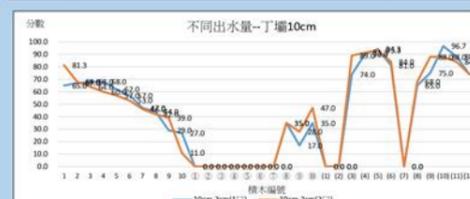
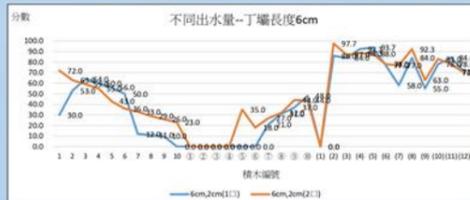
(1)1個出水量



(2)2個出水量



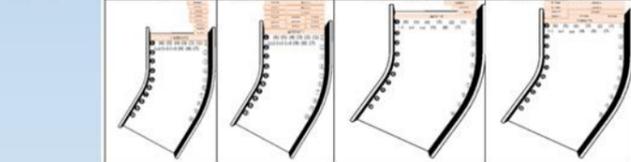
2、當出水量不同，丁壩長度不同，高度相同對河道挑流的影響



討論：

- (1)當丁壩長度大於三分之一，在攻擊面出水量的大小不會影響對攻擊面積木編號的保護效果。
- (2)當丁壩長度等於三分之一，在攻擊面出水量的大小會影響對攻擊面積木編號的保護效果。
- (3)當丁壩長度小於三分之一，在攻擊面出水量的大小會影響對攻擊面積木編號的保護效果，且影響最大。

以下是積木編號和丁壩種類的相對位置，接著我們將積木相對位置和分數顏色區間統計出河道攻擊面、非攻擊面和河道中受水流影響的結果：



(二)雙邊落差工排列丁壩



討論：

- (1)水流流速越慢，丁壩就能保護到攻擊面的積木編號。
- (2)在丁壩中央部分的積木編號不管水流流速的快慢，都是受水流影響較大的。

(三)單邊落差工排列丁壩

1、1個出水口



2、2個出水口



討論：

- (1)當丁壩兩邊高度差距越大，對攻擊面的保護效果愈好，但對非攻擊面的影響不會越大。
- (2)當丁壩兩邊高度差距越小，對攻擊面的保護效果愈不好。

四、挑流效果

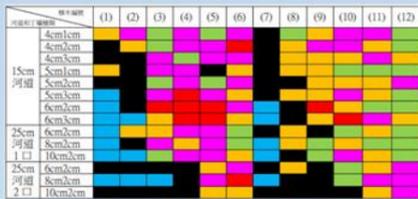
根據結果二和結果三，我們發現河道中12個積木受水流影響的得分平均值都是約在70分以上，兩種河道無丁壩平均值如右表：

河道種類	得分平均值(分)
15cm(1個出水口)	約 78.0
15cm(2個出水口)	約 82.1
25cm(1個出水口)	約 74.8
25cm(2個出水口)	約 81.3

所以，我們將設置丁壩後，積木編號受水流影響的得分為70分以上，依照分數高低將積木編號標示不同顏色，紅色表示水流因丁壩設置後產生最大的挑流現象，藍色表示丁壩設置後積木編號完全不被水流影響，顏色分配如下表：

分數區間	100	99~90	89~80	79~70	69~1	0
顏色						

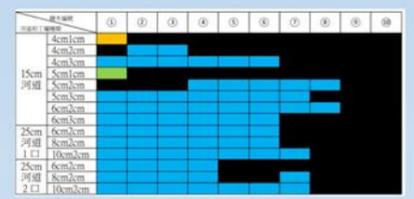
(一)單邊丁壩河道中



(二)單邊丁壩非攻擊面



(三)單邊丁壩攻擊面



(四)雙邊落差工丁壩河道中 (五)雙邊落差工丁壩非攻擊面 (六)雙邊落差工丁壩攻擊面 (七)單邊落差工丁壩河道中

河道丁壩類型	分數	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm河道	212												
	313												
	323												
25cm河道1口	212												
25cm河道2口	212												

河道丁壩類型	分數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15cm河道	212										
	313										
	323										
25cm河道1口	212										
25cm河道2口	212										

河道丁壩類型	分數	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
15cm河道	212										
	313										
	323										
25cm河道1口	212										
25cm河道2口	212										

河道丁壩類型	分數	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm河道1口	212												
	313												
	323												
15cm河道2口	212												
	313												
	323												
25cm河道1口	212												
	313												
	323												
25cm河道2口	212												
	313												
	323												

(八)單邊落差工丁壩非攻擊面

河道丁壩類型	分數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15cm河道1口	212										
	313										
	323										
15cm河道2口	212										
	313										
	323										
25cm河道1口	212										
	313										
	323										
25cm河道2口	212										
	313										
	323										

(九)單邊落差工丁壩攻擊面

河道丁壩類型	分數	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
15cm河道1口	212										
	313										
	323										
15cm河道2口	212										
	313										
	323										
25cm河道1口	212										
	313										
	323										
25cm河道2口	212										
	313										
	323										

討論：

(1)設置丁壩最主要的目的，就是要保護攻擊面，所以挑流效果影響最大的不會出現在河道攻擊面。

(2)設置丁壩會產生挑流效果，但根據以上實驗統計，設置丁壩後，挑流效果在非攻擊面都會產生影響，但以丁壩長度越長、高度越高產生挑流的效果較明顯。

(3)設置丁壩會產生挑流效果，而根據以上實驗統計，設置丁壩後，挑流效果在河道中產生影響，影響統計如下表：

丁壩類型	分數	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm單邊丁壩	100	0	0	1	3	2	1	0	0	1	1	0	0
	99-90	0	1	3	4	3	4	0	0	1	3	3	1
	89-80	2	1	1	0	0	3	0	4	6	3	3	2
	79-70	0	0	3	1	2	0	0	1	0	1	2	5
25cm單邊丁壩	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	99-90	0	1	1	3	5	0	0	1	0	1	0	0
	89-80	0	2	3	3	1	3	0	3	1	4	4	1
	79-70	0	0	2	0	0	3	1	0	2	1	2	5
總分	169	442.5	1188.5	1289.5	1189.5	1208.5	74.5	760.5	935	1218.5	1173	1093	

丁壩類型	分數	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm雙邊丁壩	100	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	99-90	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0
	89-80	0	2	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0
	79-70	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
25cm雙邊丁壩	100	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	99-90	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	89-80	0	2	0	1	0	0	1	0	2	2	0	0
	79-70	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
總分	0	412.5	489	479	74.5	0	243.5	468	442.5	432.5	0	0	

丁壩類型	分數	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
15cm單邊非丁壩	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	99-90	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	1	4
	89-80	1	1	0	0	2	1	0	0	0	3	4	1
	79-70	0	1	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0
25cm單邊非丁壩	100	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	99-90	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	3	5
	89-80	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	1
	79-70	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0
總分	84.5	159	74.5	149	1054	1095	74.5	74.5	0	551.5	1034	1019.5	

◎：總分=顏色區間中間值×次數，例如單邊丁壩(4)：100×3+99.5×4+94.5×4+84.5×0+74.5×1+0=1289.5

◎：總分=顏色區間中間值×次數

◎：總分=顏色區間中間值×次數

由上表可知：

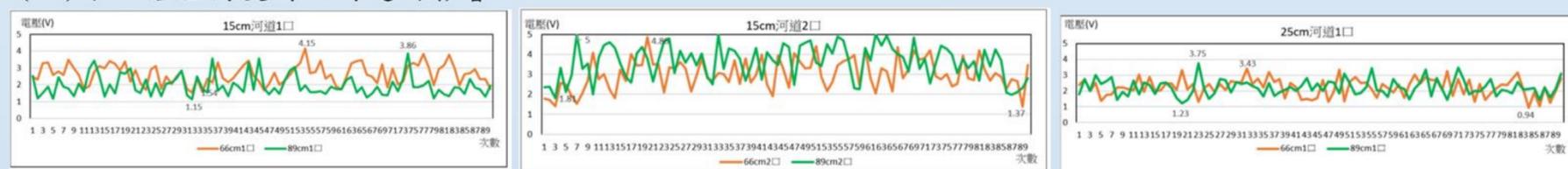
- ①在單邊丁壩中，受水挑流影響總分最高為(4)，接著依序為(10)和(6)。
- ②在雙邊落差工丁壩中，受水挑流影響總分最高為(3)，接著依序為(4)和(8)。
- ③在單邊落差工丁壩中，受水挑流影響總分最高為(6)，接著依序為(5)和(11)。

五、淨零碳排

我們製造水位落差和控制出水量大小來探討微水力發電設備所產生的電力，結果如右表：

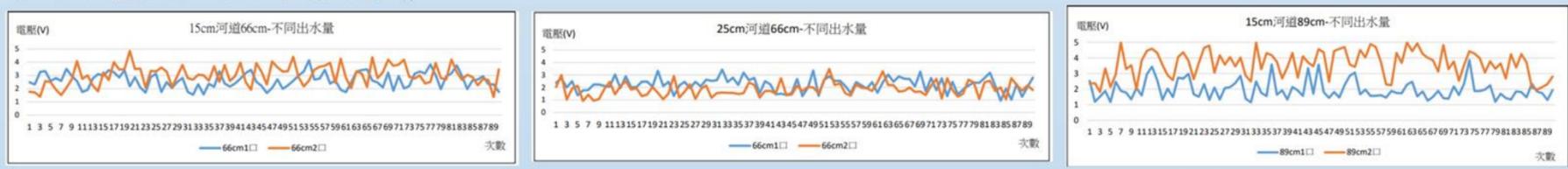
河道	水量	15cm河道			25cm河道				
		1口	2口	3口	1口	2口	3口		
高度	34cm	66cm	89cm	34cm	66cm	89cm	34cm	66cm	89cm
最小電力(V)	0	1.54	1.15	0	1.37	1.81	0	0.94	1.23
最大電力(V)	0	4.15	3.86	0	4.86	5	0	3.43	3.75

(一)水位落差高度對TT馬達的影響



- 1、水位落差高度約30cm無法產生任何電力，所以無法在圖表中呈現。
- 2、水位落差高度約60cm產生的電力介於0.92V~4.86V。
- 3、水位落差高度約90cm產生的電力介於0.95V~5V。

(二)水量大小對TT馬達的影響



- 1、水量大小為1口時產生的電力介於0.94V~4.15V。
- 2、水量大小為2口時產生的電力介於0.92V~5V。

討論：

- 1、水位落差高度越高，所產生的電力越大，反之則越小。
- 2、出水量越大，所產生的電力越大，反之則越小。
- 3、河道寬度越窄，出水量越大，深度就越深，所產生的電力也越大，反之則越小。

(三)河道寬度和深度對TT馬達的影響

- 1、河道寬度為15cm時產生的電力介於1.15V~5V。
- 2、河道寬度為25cm時產生的電力介於0.92V~3.75V。

柒、結論

- 一、在模擬河道中發現，當出水量相同且丁壩的高度相同，丁壩長度越長，對河道的攻擊面的保護效果越好，對河道非攻擊面的影響越大，挑流效果越好。
- 二、當丁壩的長度小於、等於或大於河道三分之一時，丁壩的高度越高對攻擊面的保護效果越好，對非攻擊面的影響越大，挑流效果也越好。也就是說，丁壩越長，挑流效果越好，丁壩越高，挑流效果也很好；對非攻擊面的影響會因丁壩長度而增加。
- 三、在河道較窄的模擬河道中發現，丁壩對攻擊面的保護效果取決於丁壩的長度和高度，當丁壩長度小於河道三分之一時，高度越高對攻擊面的保護效果越好；當丁壩長度等於三分之一，丁壩的高度也會影響對攻擊面的保護效果；當丁壩長度大於三分之一，丁壩高度越高，對攻擊面的保護效果並不會更好。
- 四、無論丁壩長度的長短，丁壩高度差距越大，對攻擊面保護效果愈顯著；反之，丁壩高度差距越小，對攻擊面的保護效果越不明顯。
- 五、微水力發電所產生的電力會受到河道寬度、出水量大小和水位落差高度的影響，在相同出水量下，河道寬度愈窄，水流流速愈快，深度愈深，所產生的電力也愈大。
- 六、預期效益

在河道彎道處設置單邊丁壩或落差工排列丁壩都會產生挑流效果，也會讓水流更湍急及產生水位落差，在湍急處或水位落差的位置設置微水力發電設備，產生的電力可以提供河岸兩側的照明用電，除了可以讓夜間外出的民眾有安全的休閒環境，也可以達到淨零碳排的永續發展目標。

捌、參考資料

- 一、淺談混凝土塊丁壩佈設。第1381期技師報<https://reurl.cc/nD77Yn>。
- 二、環圈式丁壩於河道冲刷防治之研究。王傳益等。
- 三、淺談挑流推手~丁壩(Groin) 洪照男。
- 四、第62屆全國科學展覽國小組地球科學河川小「壩」王—「丁壩」對河川挑流、緩流之影響探究