

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

(鄉土)教材獎

080511

河川小「壩」王—「丁壩」對河川挑流、緩流
之影響探究

學校名稱：臺東縣臺東市東海國民小學

作者： 小六 林彥伯 小六 鄭皓擎 小六 蔡禾鈞 小五 賴雅慧 小五 王文熙	指導老師： 陳玉齡 陳昱儒
---	-------------------------

關鍵詞：丁壩、落差工

摘要

本研究是在探討丁壩對河川挑流、緩流之影響，而經過實驗和統整後，我們發現：河流在經過河道彎處時，會造成攻擊面。從實驗得知，若在攻擊面前、中、後設置丁壩群及護腳工，可以有效的挑流及減緩流速，因此，在模擬河道的實驗中，發現在不同彎度和寬度的河道，所使用的都是透水、平行丁壩，且丁壩長度是河道寬的三分之一，可以有效挑流及緩流。最後，我們用塊石工法模擬設計丁壩、護腳工和落差工發現，塊石工法可以有效的挑流及減緩流速，在丁壩前後形成的淺瀨和深潭可以讓魚類生存；又在沉積位置設置魚穴，形成另一種魚類生態和水草在此美化環境，讓環境與生物在此處共存。

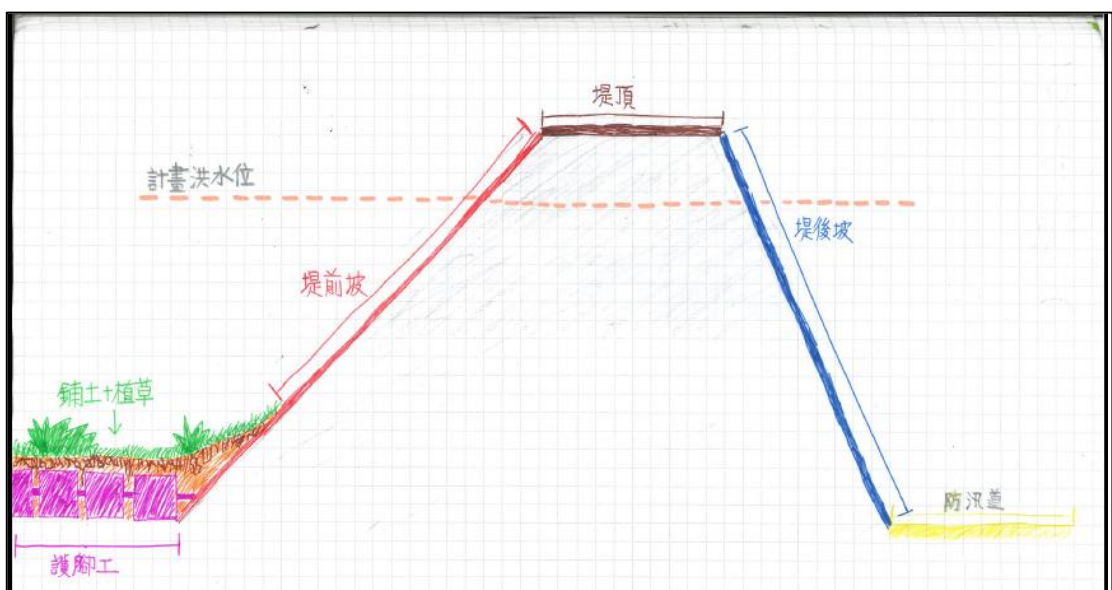
壹、研究動機

學校戶外教學活動，我們來到了第八河川局所設置的水利公園，其中，讓我們最好奇的便是丁壩了。在泥作模型河道中，解說員倒入食用色素，方便我們觀察流水的樣態。讓我們感到驚訝的是，當水流經丁壩時，水竟然沒有撞擊模型河道的河堤！這令我們很疑惑：丁壩是如何達到保護堤岸的效果？丁壩又必須設置在何處才能保護堤岸？而有什麼一舉兩得的方法，既可保護堤岸，又能保護生態、美化環境呢？

貳、文獻探討

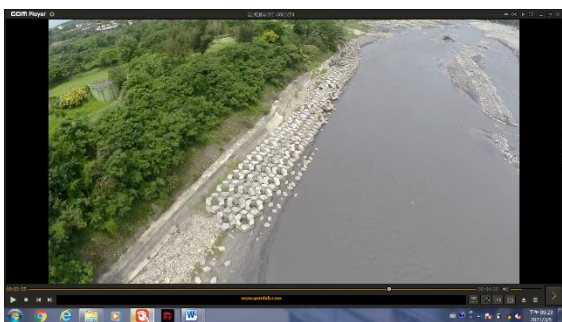
丁壩是廣泛使用的河道整治和維護建築物，其主要功能為保護河岸不受來流直接沖蝕而產生掏刷破壞。不論何種形式的丁壩，最大沖刷深度均發生於壩頭附近。

堤岸的結構分為堤頂、防汛道、堤前坡和堤後坡，護腳工設置於堤前坡，作用是保護堤岸，丁壩被設在護腳工前端，保護標的物，如下圖。

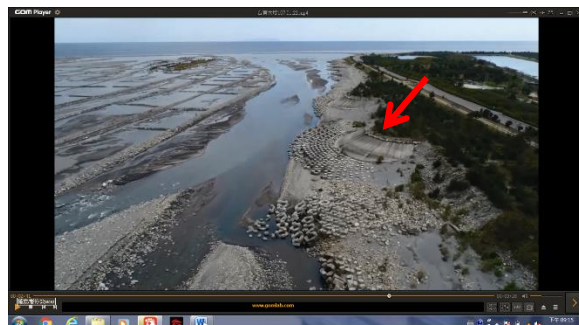


丁壩的結構有壩頭、壩身、壩根，種類分為透水、不透水，文獻指出，不透水丁壩挑流效果好，但容易損壞，透水丁壩，緩流效果較佳，不易損壞；上行丁壩不論是透水或不透水都較少使用，因使用後會使水文紊亂，因此基於保護生態之考量，故卑南溪未採用此丁壩；下行丁壩多用於近出海口部分，目的是將水快速導向海洋。

卑南溪下游的護堤方式是利用水泥丁壩和水泥固床工（圖一）保護堤岸，丁壩和固床工設置在河流的攻擊面。卑南溪的丁壩種類為環狀丁壩（圖二）、格框丁壩（圖三）和異型塊群（圖四），三者都以平行排列（圖五）的方式設置，能有效的挑流和緩流（圖六），保護河川攻擊面的堤岸。



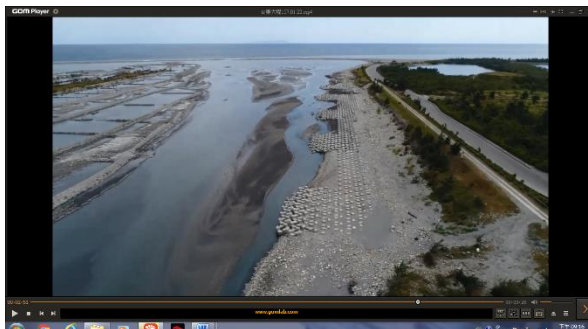
圖一：卑南溪下游堤岸護腳工
（107 年空拍圖，第八河川局提供）



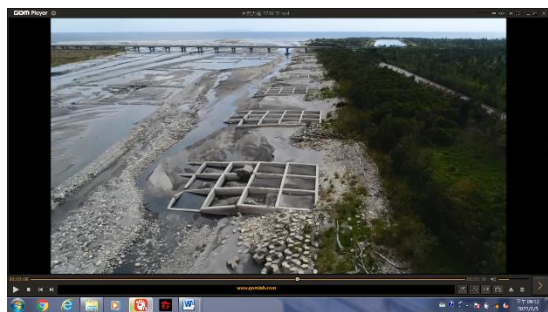
圖二：卑南溪下游堤岸的環狀丁壩和護腳工
（107 年空拍圖，第八河川局提供）



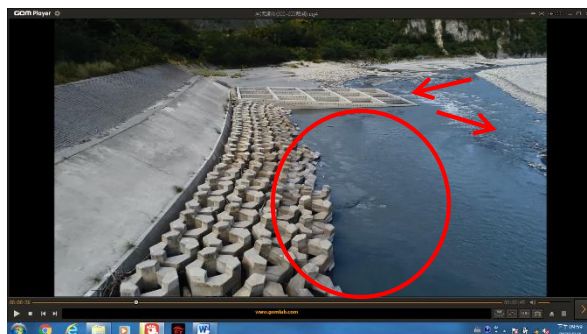
圖三：卑南溪下游格框丁壩和護腳工
（107 年空拍圖，第八河川局提供）



圖四：卑南溪下游堤岸異型塊群和護腳工
（107 年空拍圖，第八河川局提供）



圖五：卑南溪下游堤岸的丁壩和護腳工
（107 年空拍圖，第八河川局提供）



圖六：卑南溪下游格框丁壩和護腳工
（107 年空拍圖，第八河川局提供）

參、研究目的

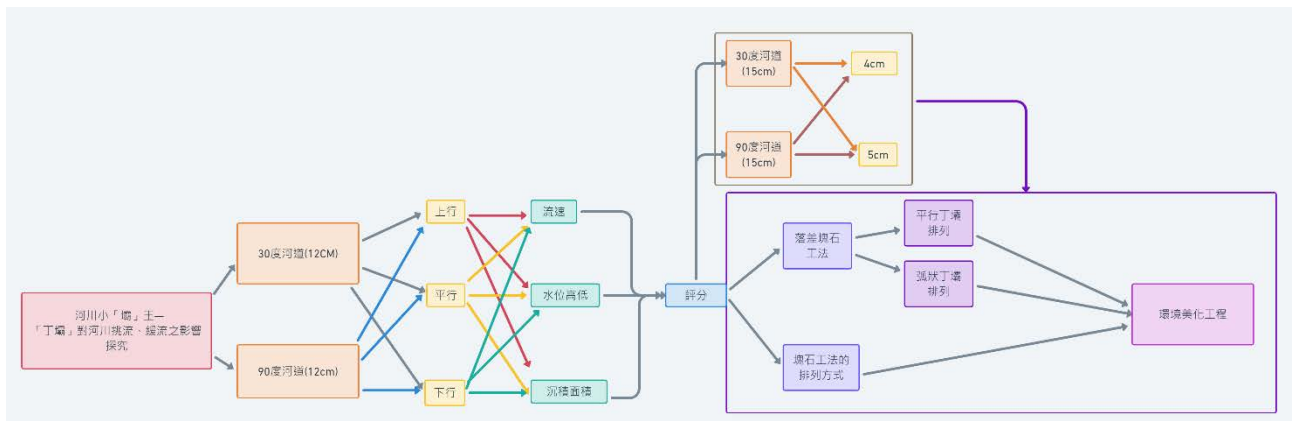
卑南溪和太平溪為流經市區主要河川，卑南溪溪水為辮狀溪，水流較湍急；太平溪溪水水流則較緩。因此我們設計了兩個河道，一個為 90 度河道模擬卑南溪，一個為 30 度河道模擬太平溪，探討不同類型丁壩種類及丁壩擺法對保護攻擊面堤岸的影響，進而探討是否以生態工法的方式也可以達到保護攻擊面堤岸的效果，更可以營造有利生物生存的生態環境。

因此我們的研究目的是：

- 一、了解丁壩的種類對河川挑流和緩流的影響
- 二、了解丁壩的排法對河川挑流和緩流的影響
- 三、設計生態工法保護堤岸，美化環境

肆、研究方法

一、實驗流程圖



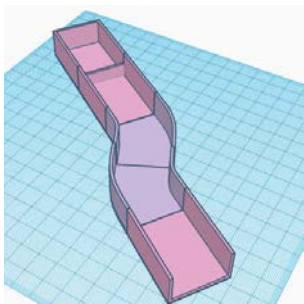
二、河道模型設計

我們一共設計了兩種彎度和兩種寬度的河道，彎道彎度分別為 90 度和 30 度，河道寬度分別為 12cm 和 15cm。河道彎度的部分，90 度河道彎道受水流攻擊較大，30 度河道彎道受水流攻擊較小。在河道斜度的部分，雖然我們河道的長度都不一樣，但是我們都是在儲水槽下方墊高 0.8cm，斜率約 0.01。

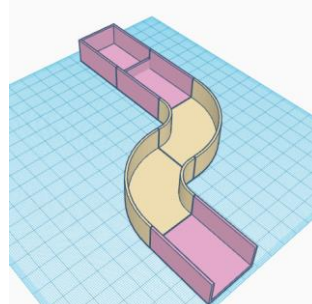
以下表格分別為河道模型的全長：

河道寬度 \ 河道彎度		30 度	90 度
		12cm	66cm
15cm		82.8cm	101.5cm

實驗設計中一個河道有兩個彎道，最後出海口是一個直線彎道。河道模型我們利用 3D 繪製並列印製作模型，繪製的彎道都是由兩個長方形所組成，90 度的彎道和 30 度的彎道分別都是指兩個長方形夾角的角度（如下圖）。



(30 度河道)



(90 度河道)

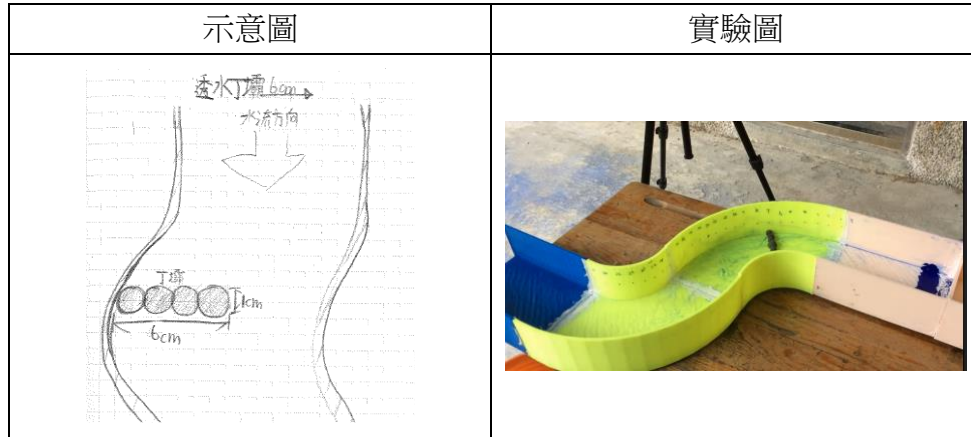
三、丁壩模型設計

我們利用輕質土來製作丁壩，丁壩種類分別為透水丁壩和不透水丁壩。

(一) 透水丁壩

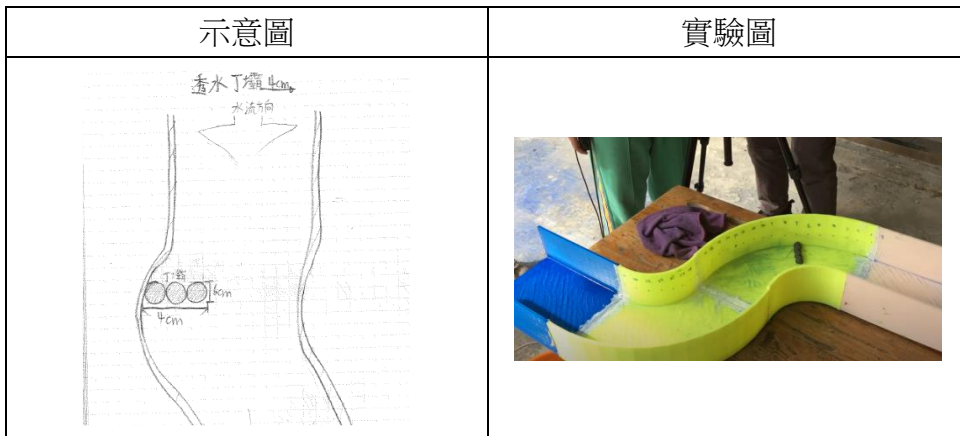
1、4 個黏土球組成的丁壩：

每顆黏土球直徑長 1.5cm，丁壩長 6cm，高 1cm（如下圖）。



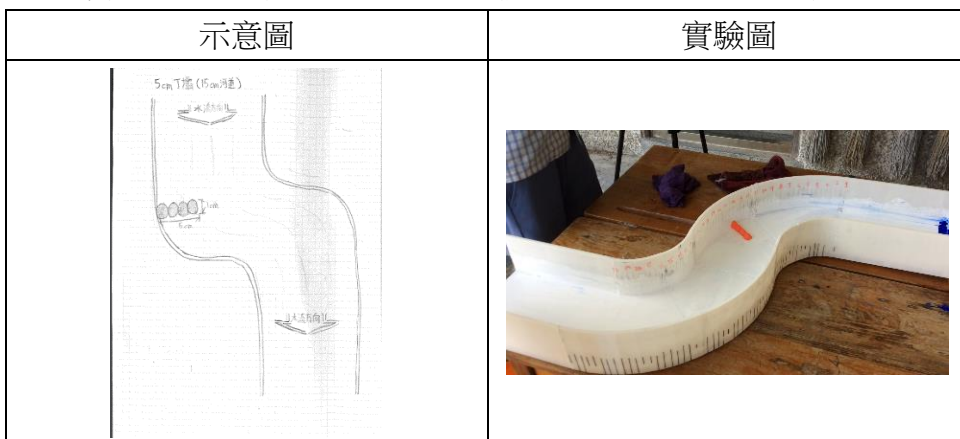
2、3 個黏土球組成的丁壩：

每顆黏土球直徑長 1.3cm，丁壩長 4cm，高 1cm（如下圖）。



3、4 個黏土球組成的丁壩：

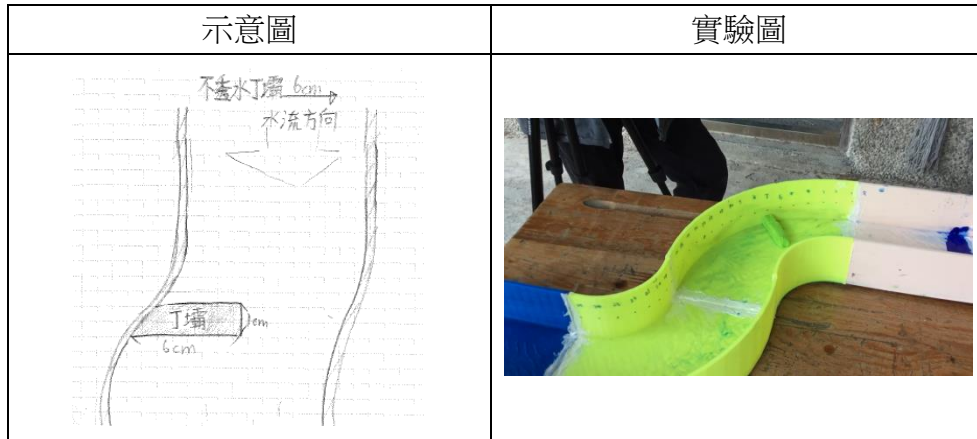
每顆黏土球直徑長 1.25cm，丁壩長 5cm，高 1cm（如下圖）。



(二) 不透水

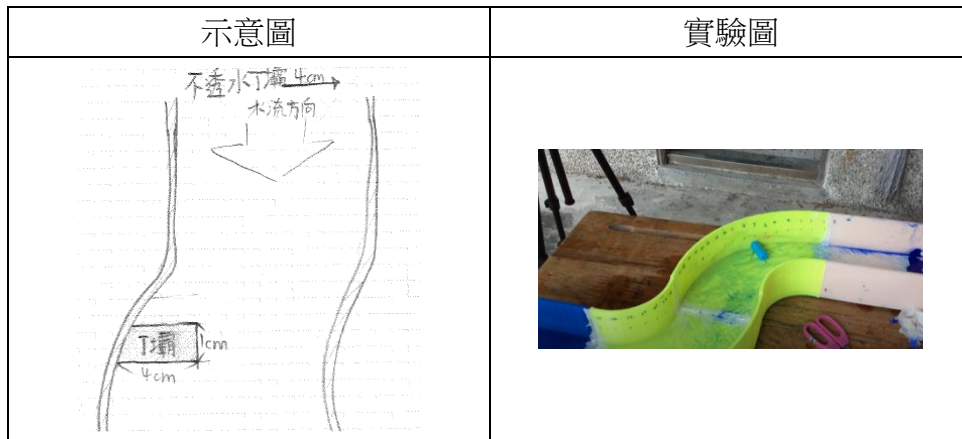
1、6cm 不透水丁壩：

使用長方形的黏土塊製作長 6cm 的丁壩，高 1cm。（如下圖）。



2、4cm 不透水丁壩：

使用長方形的黏土塊製作長 4cm 的丁壩，高 1cm。（如下圖）。



四、丁壩擺法

丁壩的擺法我們排成上行丁壩、平行丁壩和下行丁壩三種，三種丁壩說明如下：

丁壩的擺法	上行丁壩	平行丁壩	下行丁壩
圖片			
說明	丁壩的壩頭朝向儲水槽，並且和河岸成 45 度。	丁壩的壩頭朝向對岸，並且和河岸成 90 度。	丁壩的壩頭朝向出海口，並且和河岸成 45 度。

五、實驗操作

(一) 對照組：30 度河道和 90 度河道都沒有設置丁壩。

(二) 實驗組

1、12cm 寬的 90 度河道：分成透水丁壩和不透水丁壩，丁壩長度又分成 4cm 和 6cm。

2、12cm 寬的 30 度河道：分成透水丁壩和不透水丁壩，丁壩長度又分成 4cm 和 6cm。

3、15cm 寬的 90 度河道：使用透水丁壩，丁壩長度分別為 4cm 和 5cm。




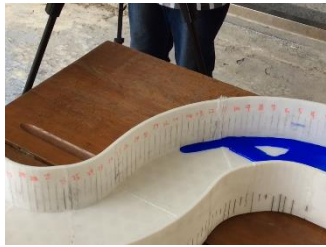
4、15cm 寬的 30 度河道：使用透水丁壩，丁壩長度分別為 4cm 和 5cm。

六、實驗觀察方法及項目

在實驗中，我們在河道上游塗廣告顏料，水流過顏料時帶動顏料，以便觀察丁壩設置後影響的水流速度、水位的高低和水流經丁壩後泥沙的沉積面積。

(一) 攻擊點：

在河道上每 1cm 就會做一個標記，為方便觀察在入水口的地方塗上廣告顏料，當水流過顏料時帶動顏料，只要在彎道處撞到河道，就是攻擊點，找到攻擊點位置，在攻擊點前設置丁壩。（如下圖）

12cm 寬 30 度彎道 攻擊點	12 公分寬 90 度彎道 攻擊點	15cm 寬 30 度彎道 攻擊點	15 公分寬 90 度彎道 攻擊點
			
30 度彎道的攻擊點 位於 R-8	90 度彎道的攻擊點 位於 R-8	30 度彎道無攻擊點	90 度彎道的攻擊點 位於 R-15

(二) 水流速度：水流速度=距離/時間

1、時間：水流至壩頭到出海口

2、河道距離：從壩頭到出海口的距離

(1) 丁壩 6cm

河道寬度和彎度 長度	12cm 寬 90 度河道			12cm 寬 30 度		
	上行	平行	下行	上行	平行	下行
從壩頭到出海口的距離 (cm)	57	49.5	47	41	35.5	32.5

(2) 丁壩 4cm

河道寬度和彎度 長度	12cm 寬 90 度			12cm 寬 30 度		
	上行	平行	下行	上行	平行	下行
從壩頭到出海口的距離 (cm)	54	49.5	48	39.5	35.5	34

(3) 丁壩 5cm

河道寬度和彎度	15cm 寬 90 度	15cm 寬 30 度
從儲水槽到出海口的距離 (cm)	82.8	101.5

(三) 水位高低：我們將丁壩前後的水位分成 4 種高度，分別如下：

1、10mm：與丁壩一樣高

2、5mm：是丁壩的 1/2

3、2mm：是丁壩的 1/5

4、0mm：沒水

伍、研究設備及器材

一、設備：

3 D列印機	平板	碼表
		

二、器材：

90 度河道	30 度河道	輕質土	平方公分板	廣告顏料
				

陸、研究結果與討論

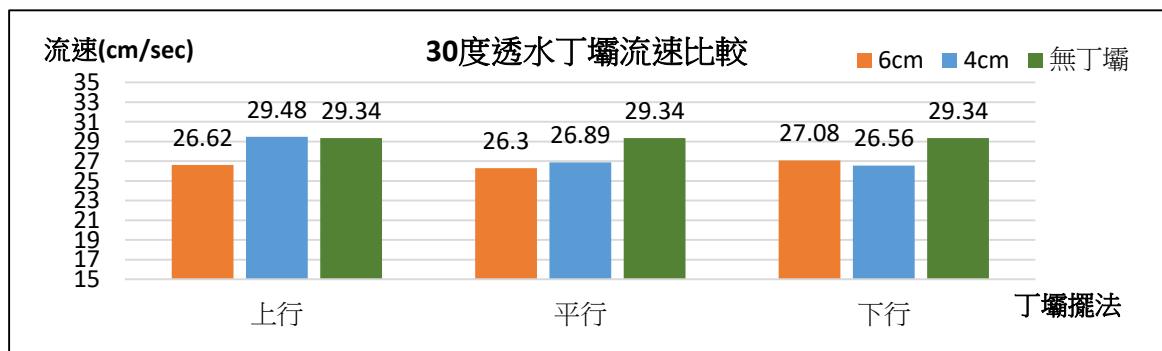
一、30 度河道實驗

我們的 30 度河道分成 12cm 寬和 15cm 寬，由於 30 度角度較小，因為在 15cm 寬河道的部分，並沒發現攻擊面，所以在 15cm 的河道就不需要設置丁壩。

因此，以下實驗是 12cm 河道的實驗結果。

(一) 流速比較

1、透水 4cm 跟透水 6cm 流速比較

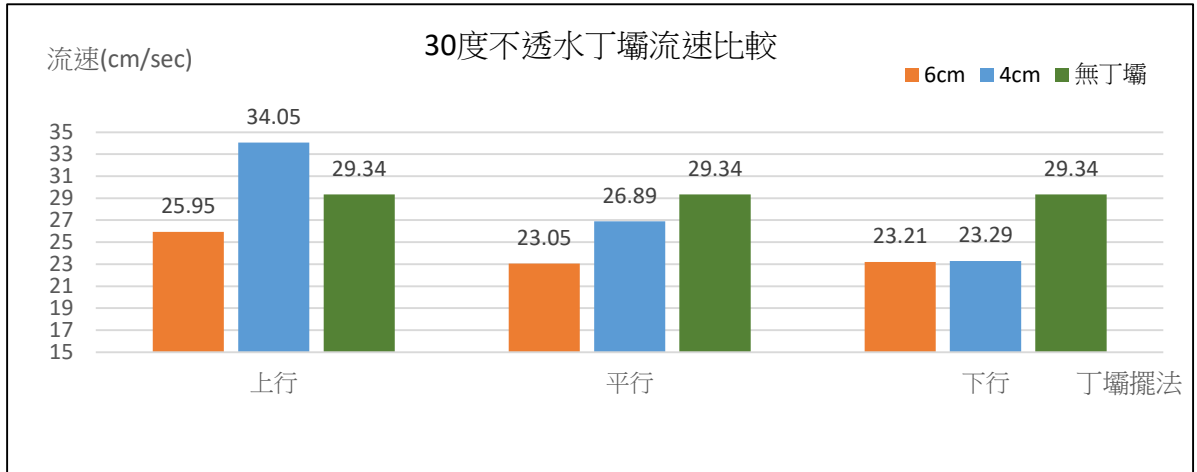


- (1) 6cm 平行丁壩的流速 < 4cm 平行丁壩的流速。
- (2) 6cm 上行丁壩的流速 < 4cm 上行丁壩的流速。
- (3) 6cm 下行丁壩的流速 > 4cm 下行丁壩的流速。
- (4) 4cm 上行丁壩的流速比無丁壩快，其他都比無丁壩慢；6cm 不管使用哪種擺法都比無丁壩慢。

討論：

- (1) 當丁壩的擺法是平行或下行時，都可以有效減緩流速。
- (2) 根據以上實驗可知除了上行 4cm 外，丁壩的長度都可以有效減緩流速。

2、不透水 4cm 跟不透水 6cm 的流速比較

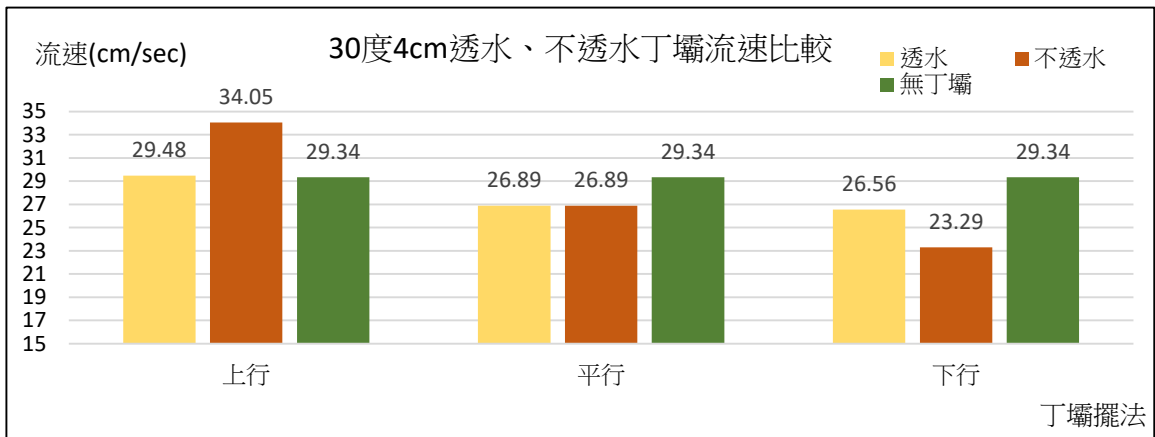


- (1) 6cm 平行丁壩的流速 < 4cm 平行丁壩的流速
- (2) 6cm 上行丁壩的流速 < 4cm 上行丁壩的流速
- (3) 6cm 下行丁壩的流速和 4cm 下行丁壩的流速差異不大
- (4) 4cm 上行丁壩的流速比無丁壩快，其他都比無丁壩慢；6cm 不管使用哪種擺法都比無丁壩慢。

討論：

- (1) 當丁壩的擺法是平行或下行時，都可以有效減緩流速。
- (2) 根據以上實驗可知除了上行 4cm 外，丁壩的長度都可以有效減緩流速。

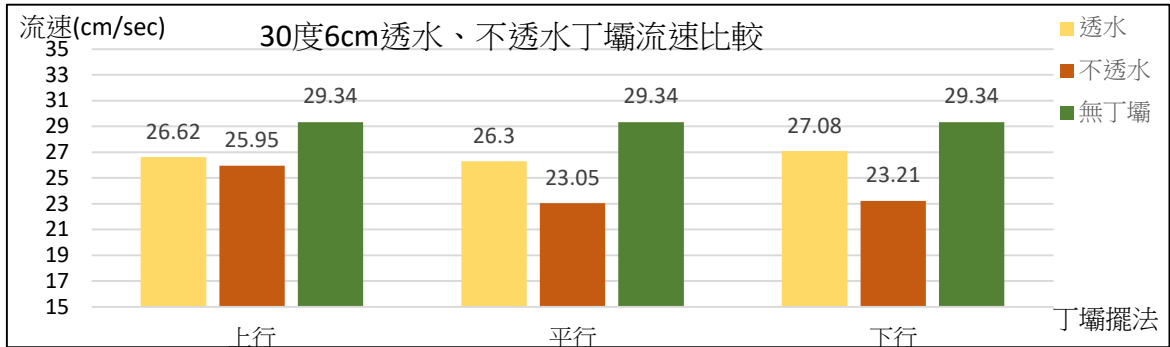
3、不透水 4cm 跟透水 4cm 的流速比較



- (1) 透水平行的流速 = 不透水的流速
- (2) 透水上行的流速 < 不透水上行的流速
- (3) 透水下行的流速 > 不透水下行的流速

討論： 透水丁壩都可以減緩流速；不透水丁壩除了上行，其他都可以減緩流速。

4、不透水 6cm 跟透水 6cm 的流速比較

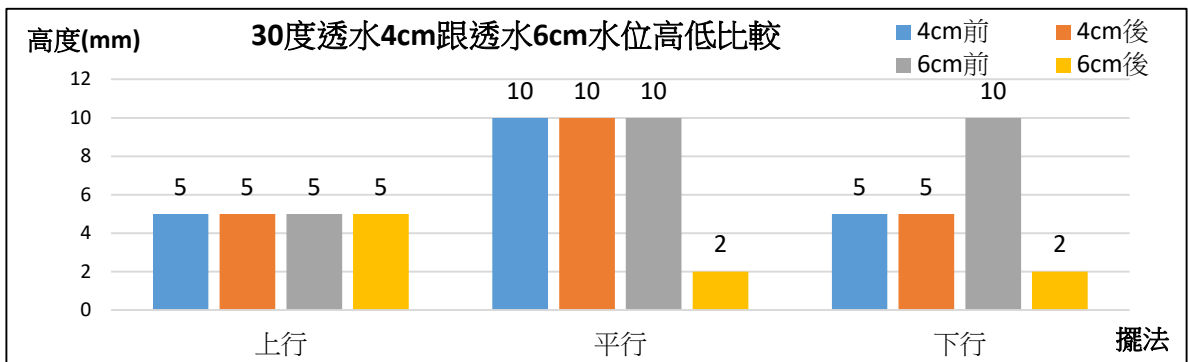


- (1) 透水平行的流速 > 不透水的流速。
- (2) 透水上行的流速 > 不透水上行的流速。
- (3) 透水下行的流速 > 不透水下行的流速。

討論：不透水丁壩緩流效果都比透水丁壩好。

(二) 水位高低比較

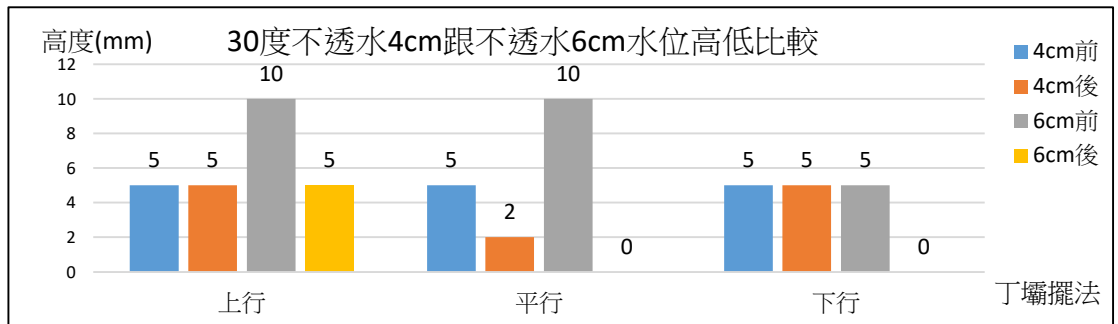
1、透水 4cm 跟透水 6cm 水位高低比較



- (1) 上行 6cm 或是 4cm 前後水位高度都一致。
- (2) 4cm 平行和下行前後水位高低一致，但是平行的水位會高於下行的水位
- (3) 6cm 平行和下行前後水位高低落差大。

討論：平行和下行丁壩越長，落差的效果越明顯。

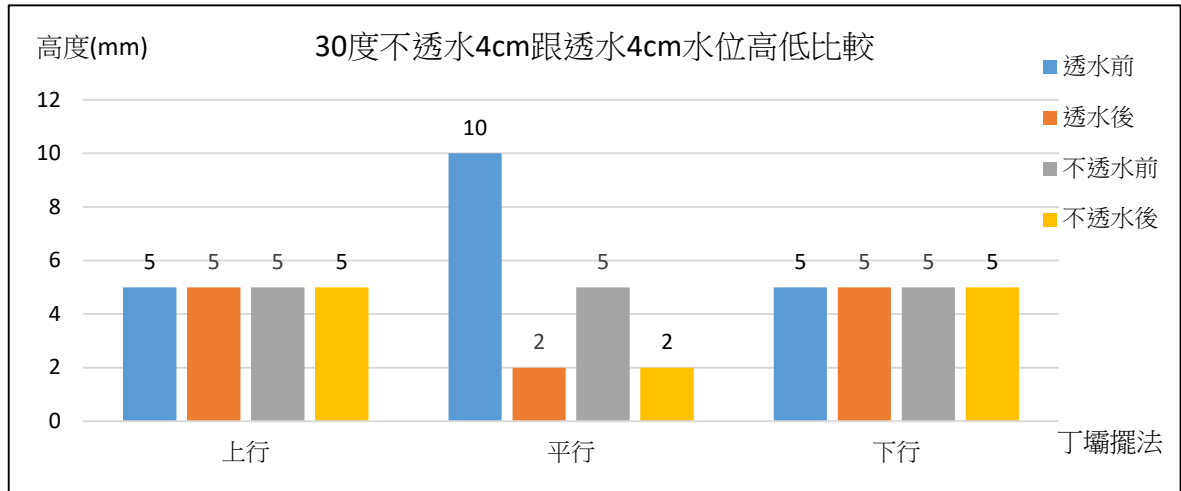
2、不透水 4cm 跟不透水 6cm 水位高低比較



- (1) 4cm 上行和下行前後水位高低一致，但是平行的水位有落差。
- (2) 6cm 不管哪種擺法都有達到落差的效果，平行效果最佳。

討論：上行、平行和下行丁壩越長，落差的效果越明顯。

3、不透水 4cm 跟透水 4cm 水位高低比較

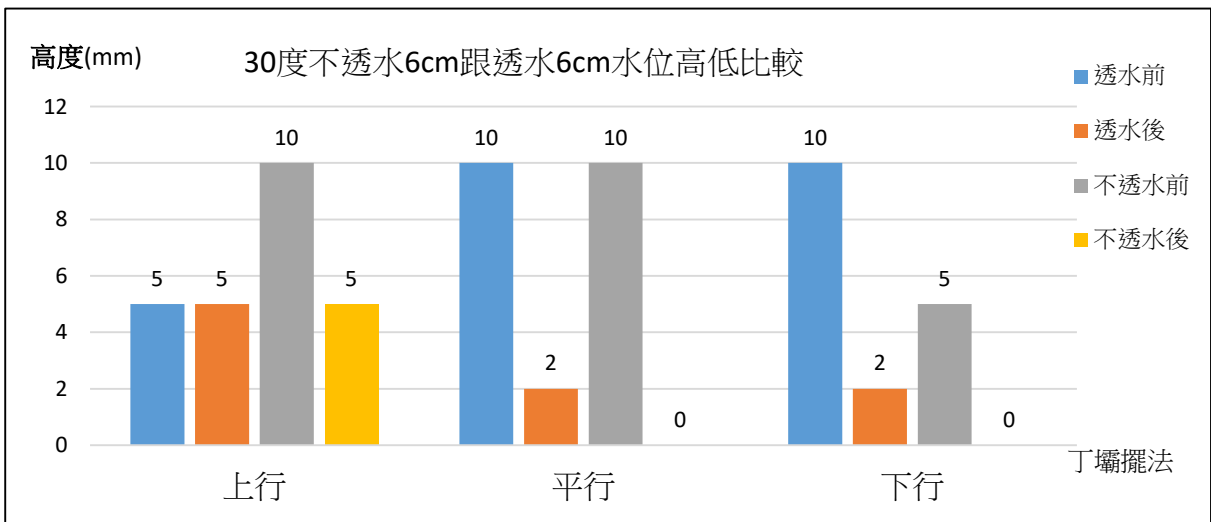


(1) 透水和不透水上行與下行的水位高低一致

(2) 透水和不透水的平行水位都有落差，以透水的落差最大

討論：平行的透水水位落差效果最好。

4、不透水 6cm 跟透水 6cm 水位高低比較

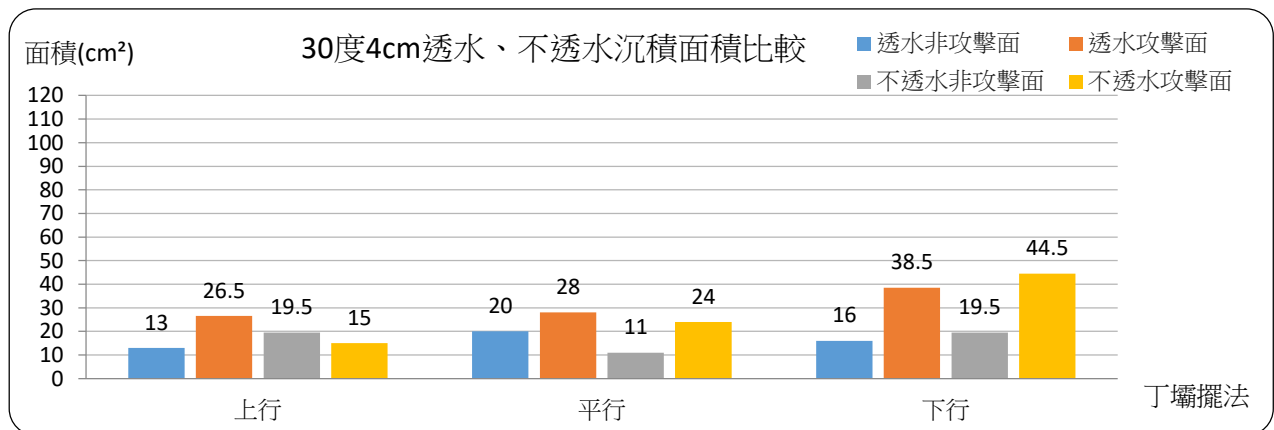
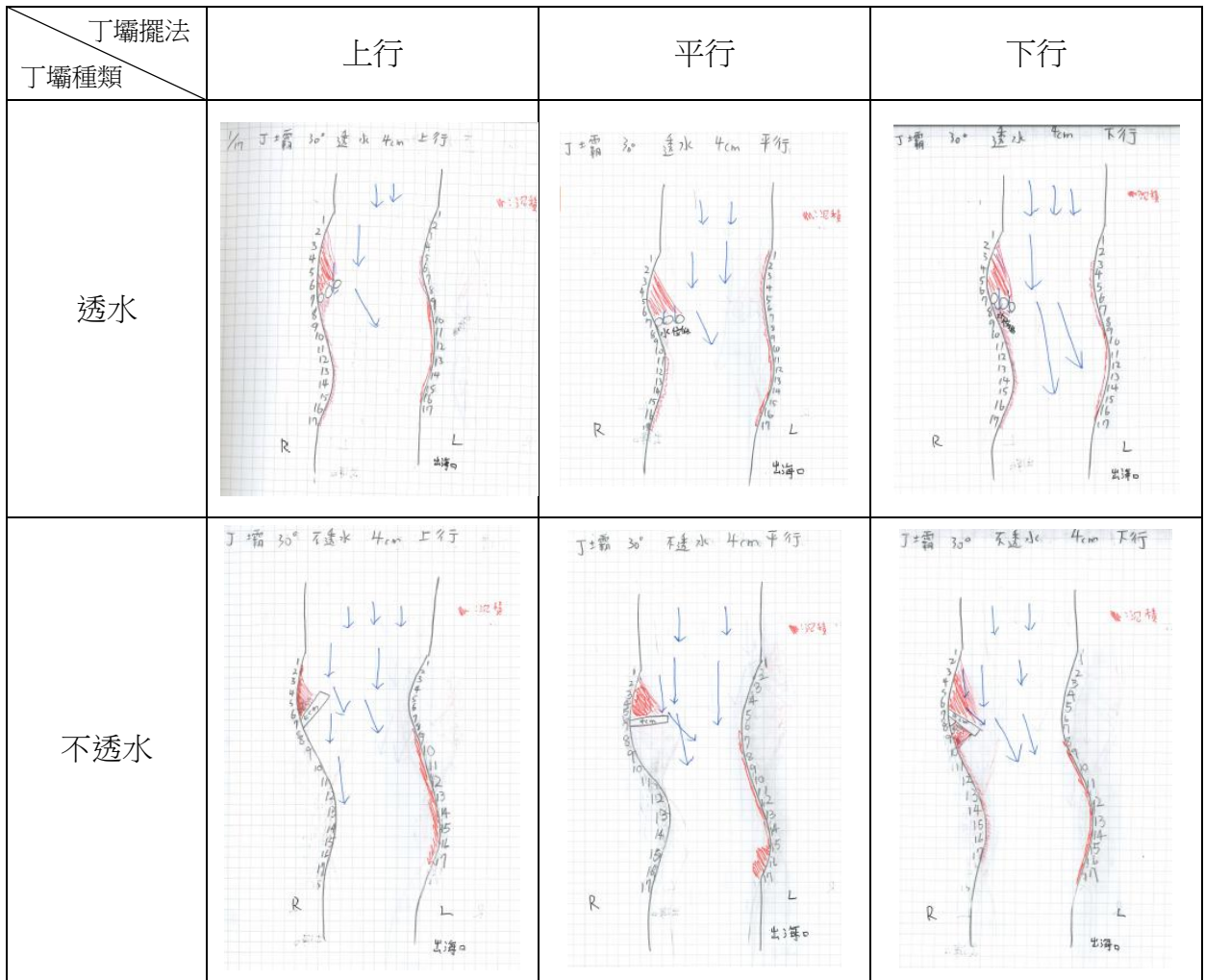


上行、平行和下行的丁壩都有明顯的水位落差，但是透水上行的丁壩，前後水位一致。

討論：不透水和透水平行的水位落差效果最佳

(三) 沉積範圍比較

1、30度 4cm 透水、不透水沉積面積比較



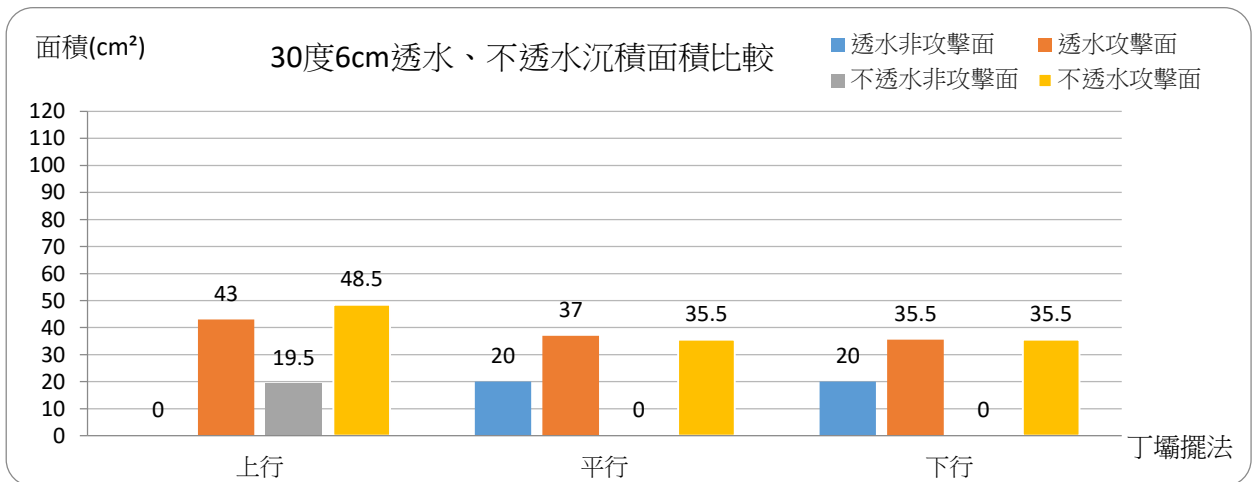
- (1) 在上行和平行的透水攻擊面的沉積面積都比不透水攻擊面多，但下行反之。
- (2) 在上行和下行的不透水非攻擊面的沉積面積都比透水非攻擊面多，但平行反之。

討論：

- (1) 無論是哪種丁壩種類或是丁壩的擺法，都可以有效的產生沉積現象。
- (2) 在攻擊面的丁壩沉積範圍幾乎比非攻擊面的沉積範圍多。

2、30度 6cm 透水、不透水沉積面積比較

丁壩擺法 丁壩種類	上行	平行	下行
透水	<p>丁壩 30° 透水 6cm 上行</p>	<p>丁壩 30° 透水 6cm 平行 -2</p>	<p>丁壩 30° 透水 6cm 下行</p>
不透水	<p>丁壩 30° 不透水 6cm 上行</p>	<p>丁壩 30° 不透水 6cm 平行</p>	<p>丁壩 30° 不透水 6cm 下行</p>

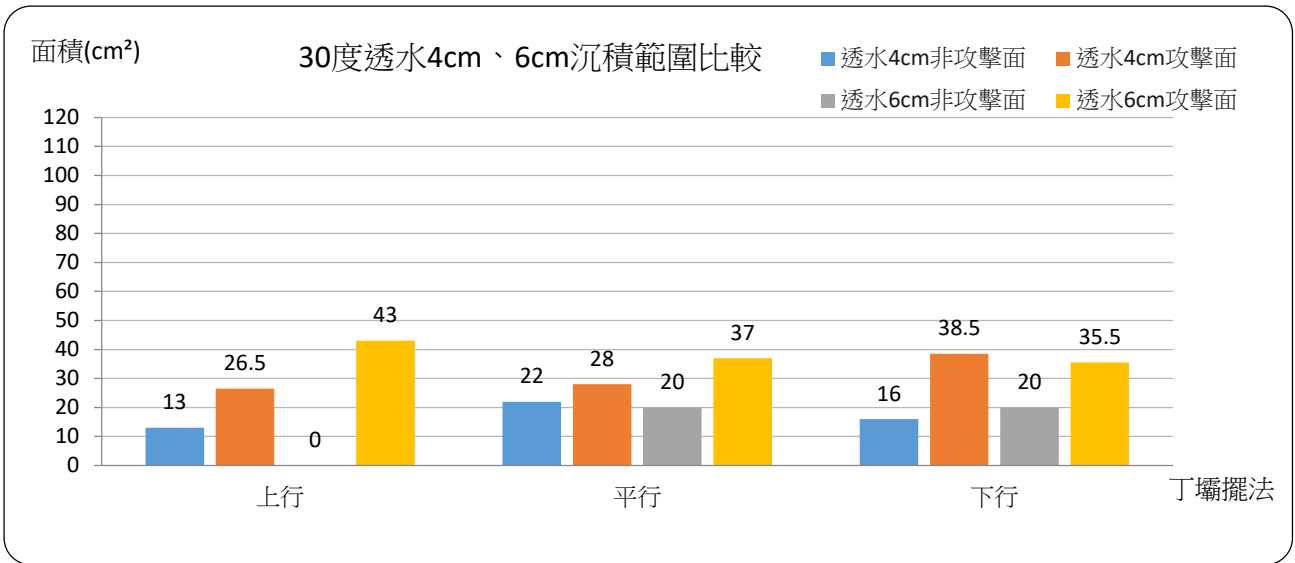


- (1) 在每一種擺法中透水攻擊面和不透水攻擊面的沉積面積差異都不大。
- (2) 不透水非攻擊面在平行和下行都沒有沉積。

討論：

- (1) 無論是哪種丁壩種類或是丁壩的擺法，都可以有效的產生沉積現象。
- (2) 在攻擊面設置丁壩的沉積範圍幾乎比非攻擊面的沉積範圍多。

3、30度透水 4cm、6cm 沉積範圍比較

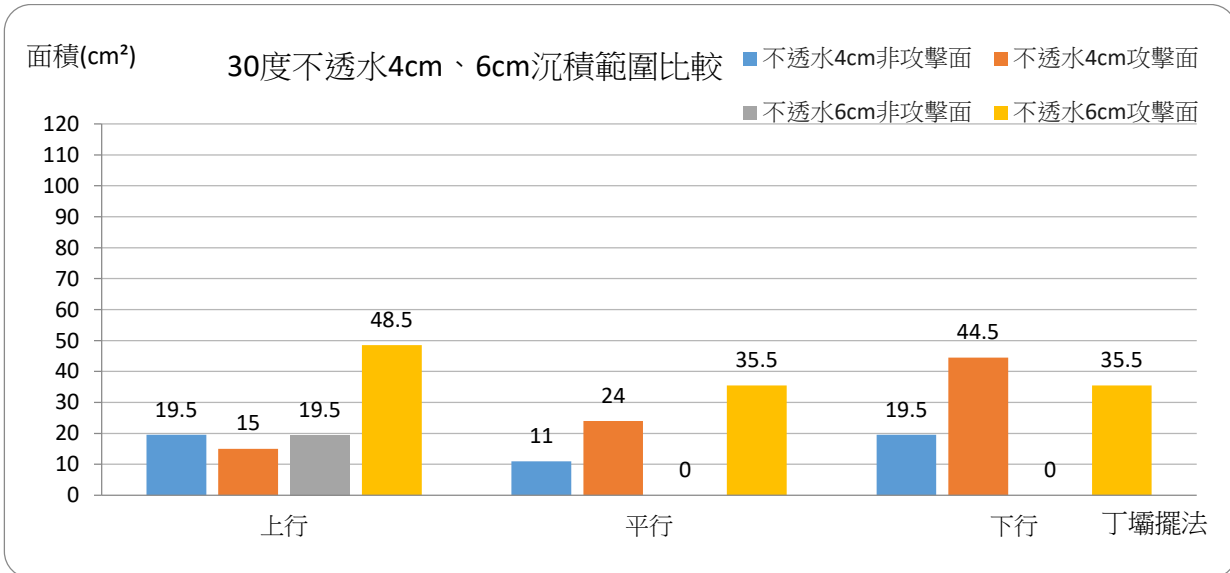


- (1) 6cm 丁壩攻擊面在上行和平行都比 4cm 丁壩攻擊面的沉積面積多，但下行的沉積面積差異卻不大。
- (2) 4cm 丁壩非攻擊面在上行比 6cm 丁壩非攻擊面的沉積面積多，但平行和下行的沉積面積差異卻不大。

討論：

- (1) 無論是哪種丁壩種類或是丁壩的擺法，都可以有效的產生沉積現象。
- (2) 在攻擊面設置丁壩的沉積範圍幾乎比非攻擊面的沉積範圍多。

4、30度不透水 4cm、6cm 沉積範圍比較



- (1) 6cm 攻擊面在上行和平行都比 4cm 攻擊面的沉積面積多，而下行反之。
- (2) 在平行和下行 4cm 非攻擊面的沉積範圍都比 6cm 的沉積範圍多，上行則是一樣。

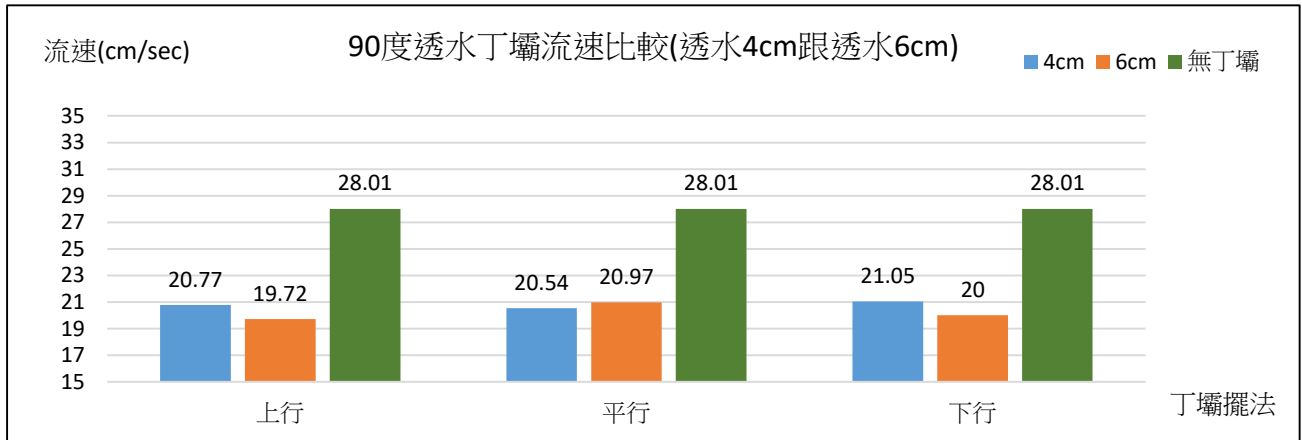
討論：無論是哪種丁壩種類或是丁壩的擺法，都可以有效的產生沉積現象。

二、90度河道實驗

(一) 12cm 河道

1、流速比較

(1) 透水 4cm 跟透水 6cm 的流速比較

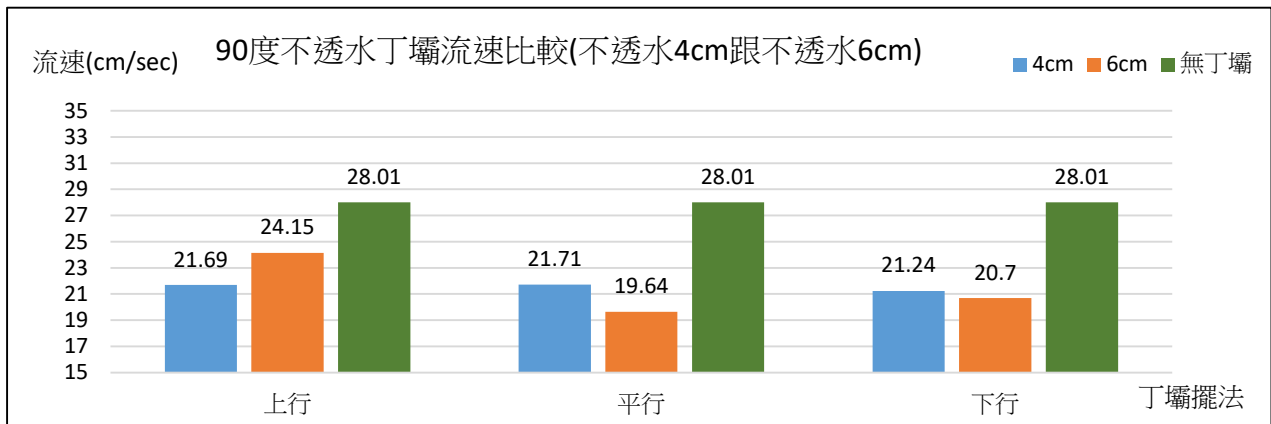


- ① 6cm 平行丁壩的流速 $>$ 4cm 平行丁壩的流速。
- ② 6cm 上行丁壩的流速 $<$ 4cm 上行丁壩的流速。
- ③ 6cm 下行丁壩的流速 $<$ 4cm 下行丁壩的流速。
- ④ 4cm 丁壩和 6cm 丁壩不管使用哪一種丁壩的擺法，水流流速都比無丁壩的慢。

討論：

- ①當丁壩的擺法是上行、平行或下行時，都可以有效減緩流速。
- ②根據以上實驗可知，丁壩可以有效減緩流速，也可以保護標的堤岸。

(2) 不透水 4cm 跟不透水 6cm 的流速比較

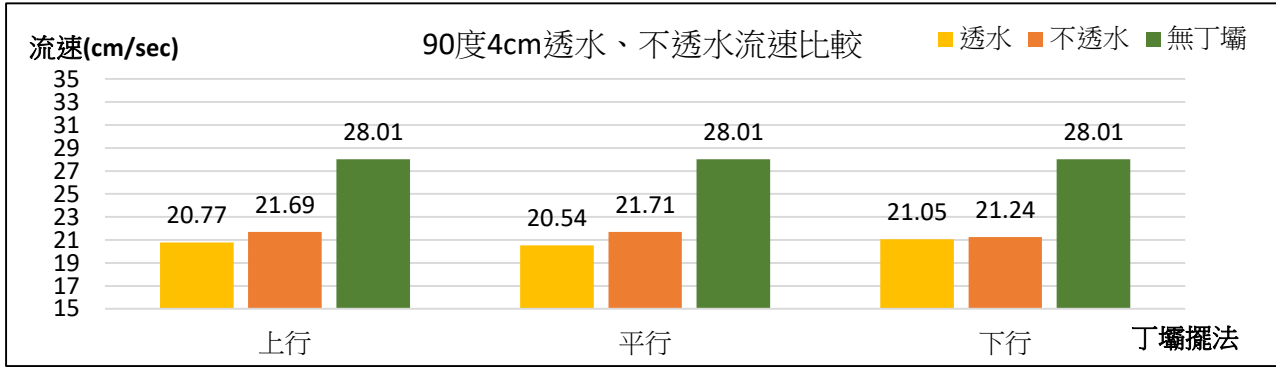


- ① 6cm 平行丁壩的流速 $<$ 4cm 平行丁壩的流速。
- ② 6cm 上行丁壩的流速 $>$ 4cm 上行丁壩的流速。
- ③ 6cm 下行丁壩的流速 $<$ 4cm 下行丁壩的流速。
- ④ 6cm 和 4cm 的丁壩不管使用哪種擺法都比無丁壩慢。

討論：

- ①當丁壩的擺法是平行或下行時，都可以有效減緩流速。
- ②根據以上實驗可知不管是 6cm 丁壩或 4cm 丁壩，都可以有效減緩流速。

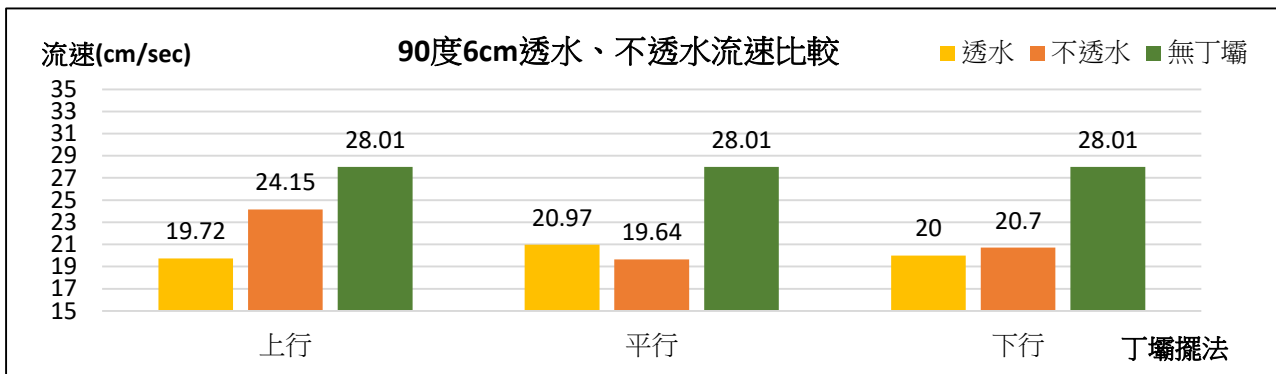
(3) 不透水 4cm 跟透水 4cm 的流速比較



- ①透水平行的流速<不透水的流速。
- ②透水上行的流速<不透水上行的流速。
- ③透水下行的流速<不透水下行的流速。

討論：透水丁壩緩流效果都比不透水丁壩好。

(4) 不透水 6cm 跟透水 6cm 的流速比較

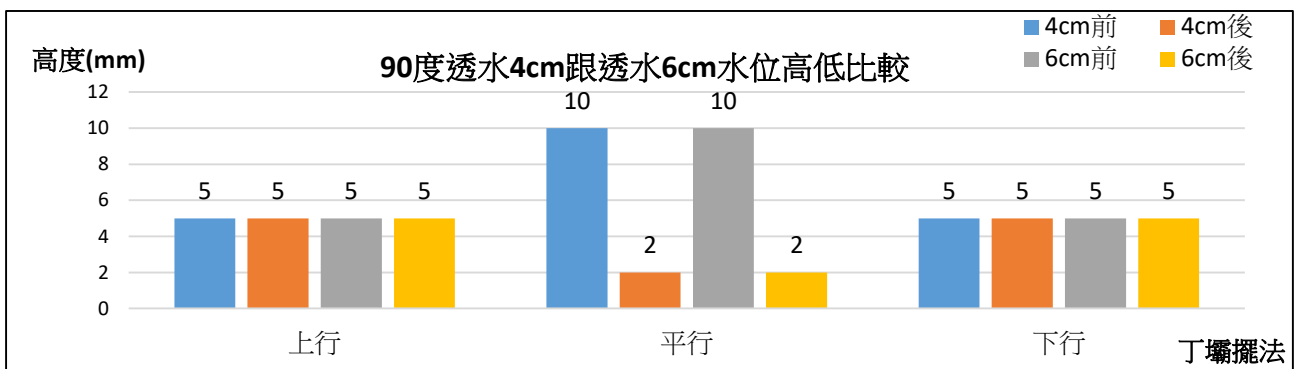


- ①透水平行的流速>不透水的流速。
- ②透水上行的流速<不透水上行的流速。
- ③透水下行的流速<不透水下行的流速。

討論：透水丁壩在上行和下行的緩流效果都比不透水好；不透水平行的緩流效果比透水好。

2、水位高低的比較

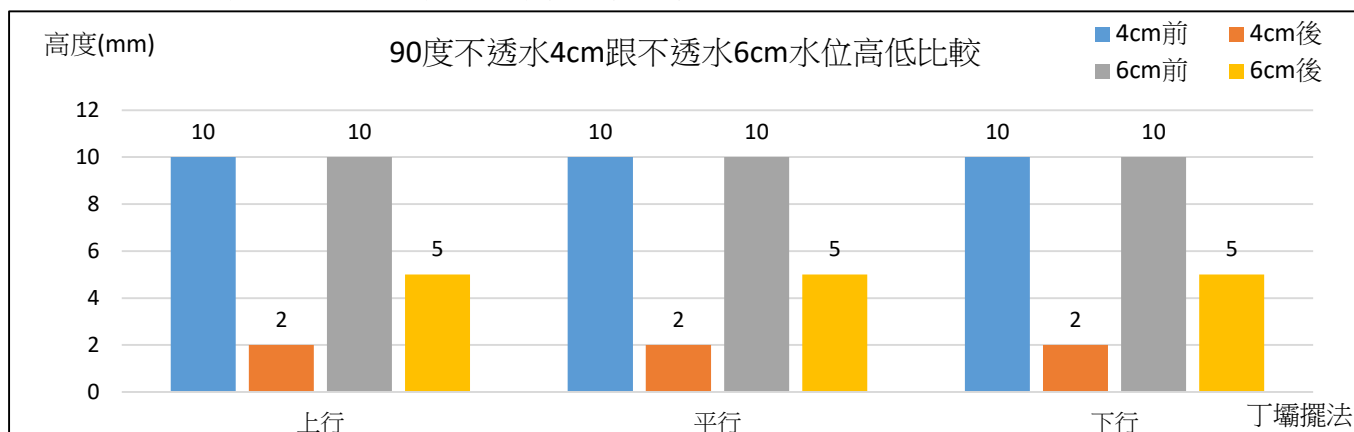
(1) 透水 4cm 跟透水 6cm 水位高低比較



- ①上行和下行 6cm 丁壩或是 4cm 丁壩前後水位高度都一致。
- ② 6cm 丁壩、4cm 丁壩平行前後水位高低落差大（丁壩堤高 1cm 計算）。

討論：不管平行丁壩的長度多長，水位落差效果都很好。

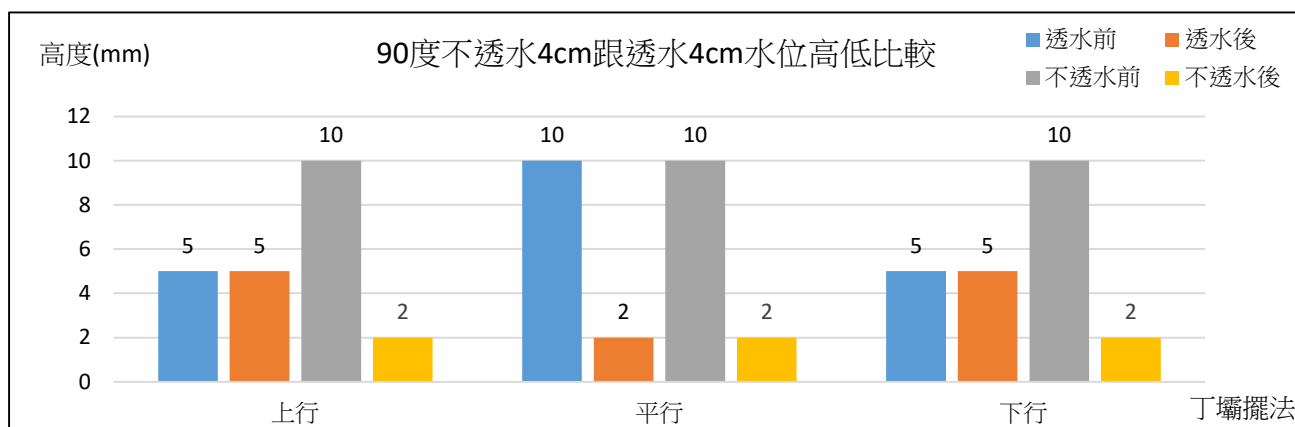
(2) 不透水 4cm 跟不透水 6cm 水位高低比較



- ① 不管哪一種擺法，前後水位高低落差明顯。
- ② 不管哪種擺法，4cm 的水位落差效果比 6cm 佳。

討論：不管丁壩的長度或者是丁壩的擺法，水位落差的效果都極佳。

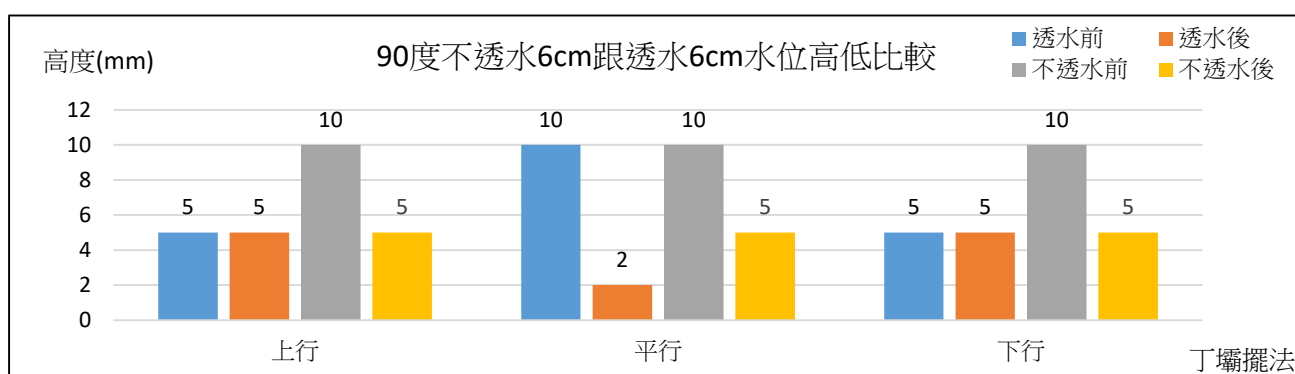
(3) 不透水 4cm 跟透水 4cm 水位高低比較



- ① 上行和下行的透水丁壩前後水位高低一致。
- ② 無論哪種擺法的不透水丁壩前後水位高低有落差。

討論：不管是透水或不透水丁壩都以平行的落差效果較佳。

(4) 不透水 6cm 跟透水 6cm 水位高低比較

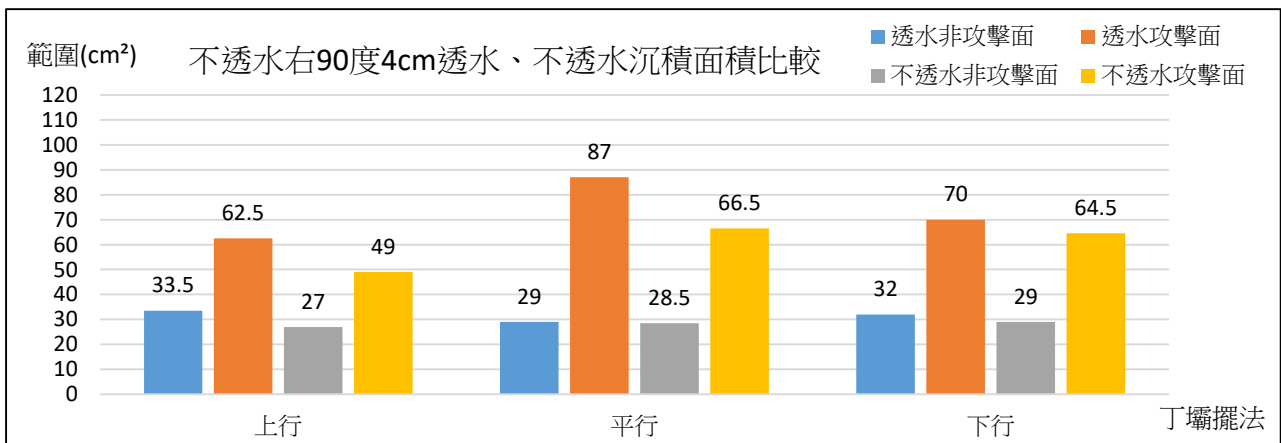
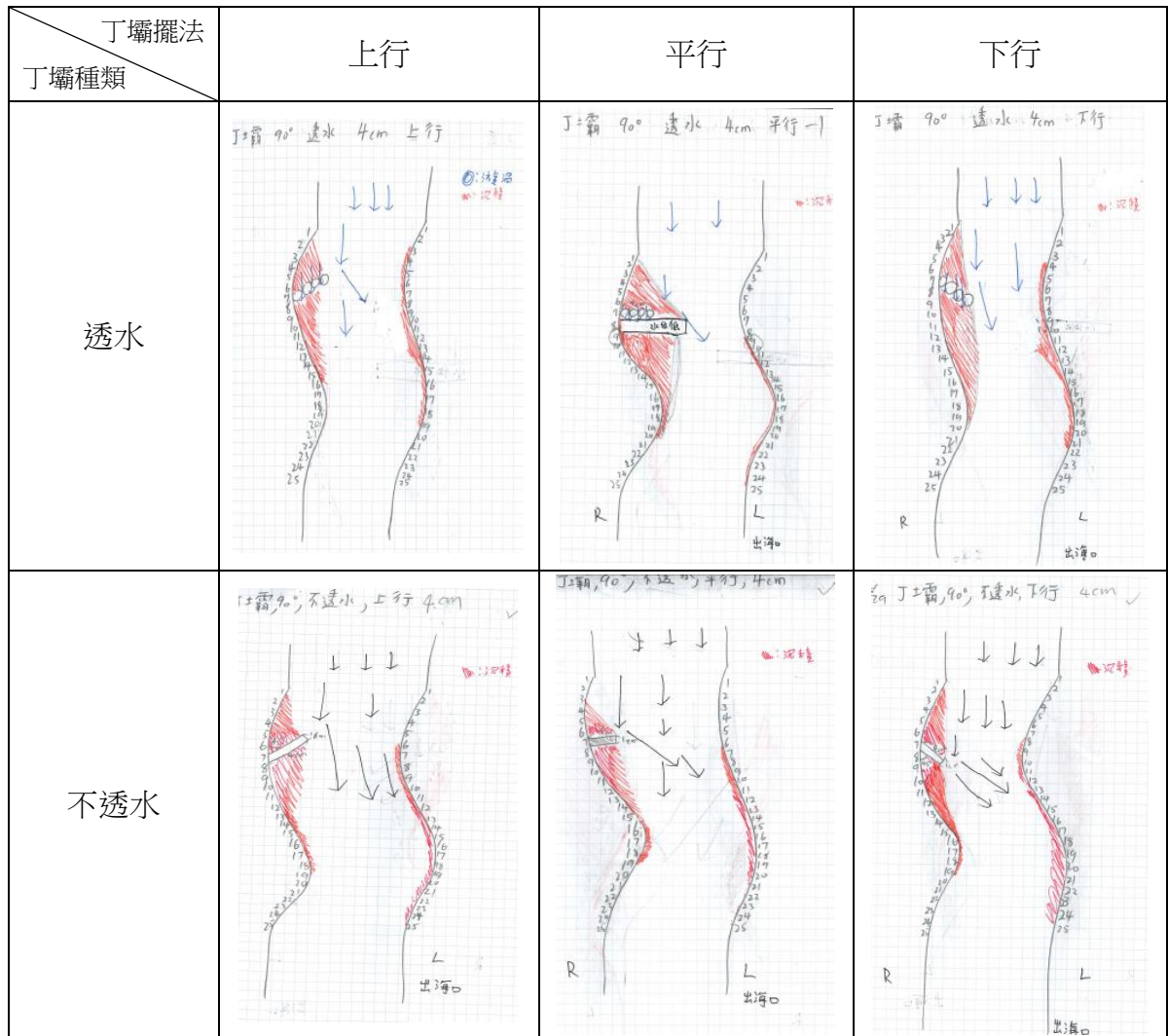


- ① 上行和下行的透水丁壩前後水位高低一致。
- ② 無論哪種擺法的不透水丁壩前後水位高低有落差。

討論：不管是透水或不透水丁壩都以平行的落差效果較佳，但是又以透水的最好。

3、沉積範圍比較

(1) 90度 4cm 透水、不透水沉積面積比較



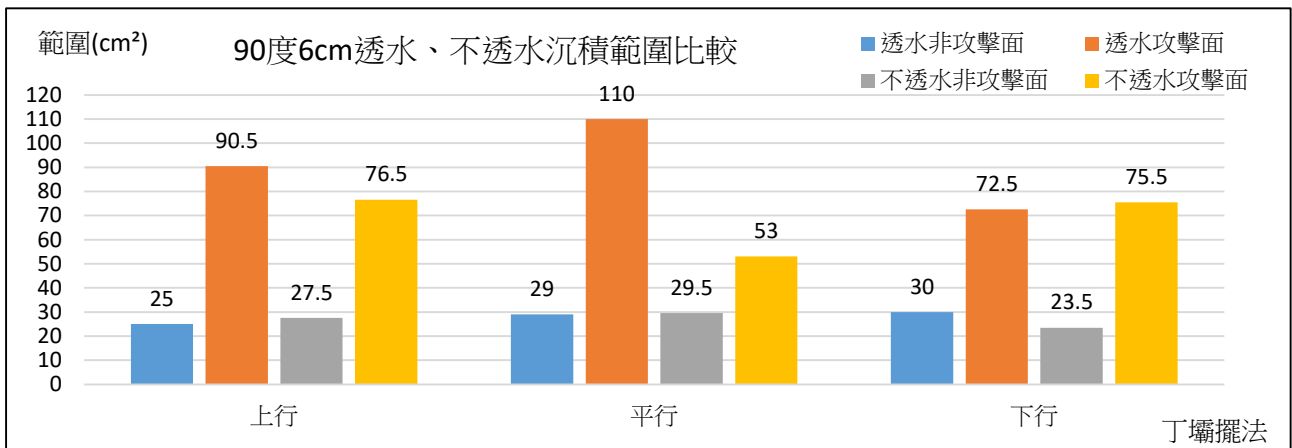
- ① 透水攻擊面的沉積面積都比不透水的攻擊面多。
- ② 平行和下行透水非攻擊面跟不透水非攻擊面的沉面積差異都不大。

討論：

- ① 不管是透水攻擊面還是透水非攻擊面沉積面積都比不透水多。
- ② 在攻擊面設置丁壩的沉積範圍幾乎比非攻擊面的沉積範圍多。

(2) 90度 6cm 透水、不透水沉積面積比較

丁壩擺法 丁壩種類	上行	平行	下行
透水	<p>丁壩 90° 透水 6cm 上行</p>	<p>丁壩 90° 透水 6cm -2 平行</p>	<p>丁壩 90° 6cm 透水 下行</p>
不透水	<p>丁壩 90° 不透水 上行 6cm 0.1</p>	<p>丁壩 90° 不透水 平行 6cm</p>	<p>丁壩 90° 不透水 下行 6cm</p>

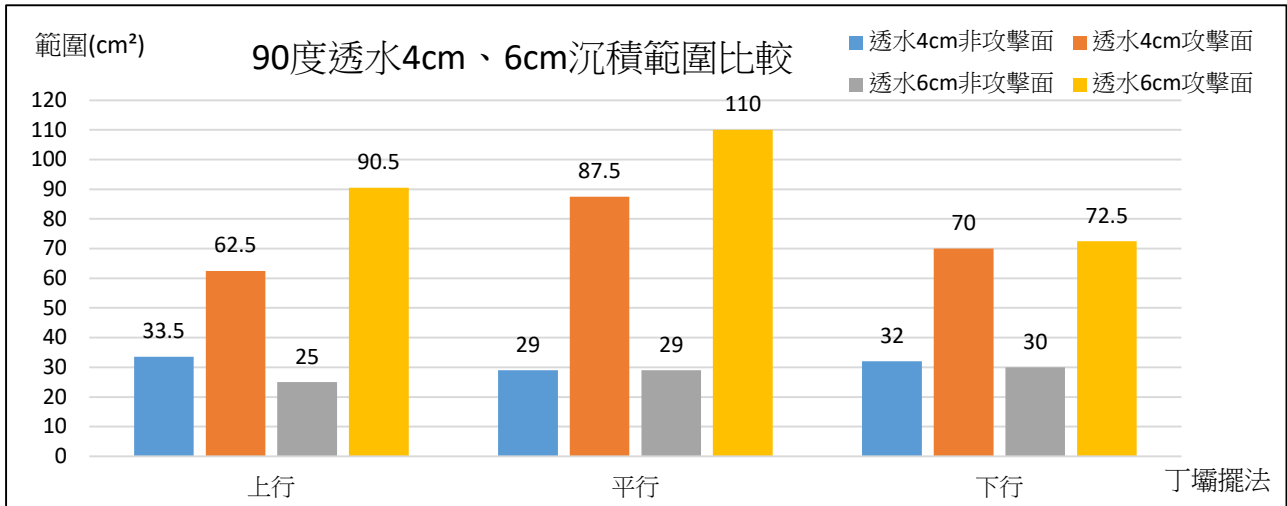


- ① 上行和平行透水攻擊面的沉積面積比不透水的攻擊面大，下行則是差異不大。
- ② 不管哪一種擺法，透水非攻擊面和不透水非攻擊面的沉面積差異都不大。

討論：

- ① 透水丁壩沉積的面積都比不透水大，其中平行的效果最佳。
- ② 在攻擊面設置丁壩的沉積範圍幾乎比非攻擊面的沉積範圍多。

(3) 90度透水 4cm、6cm 沉積範圍比較

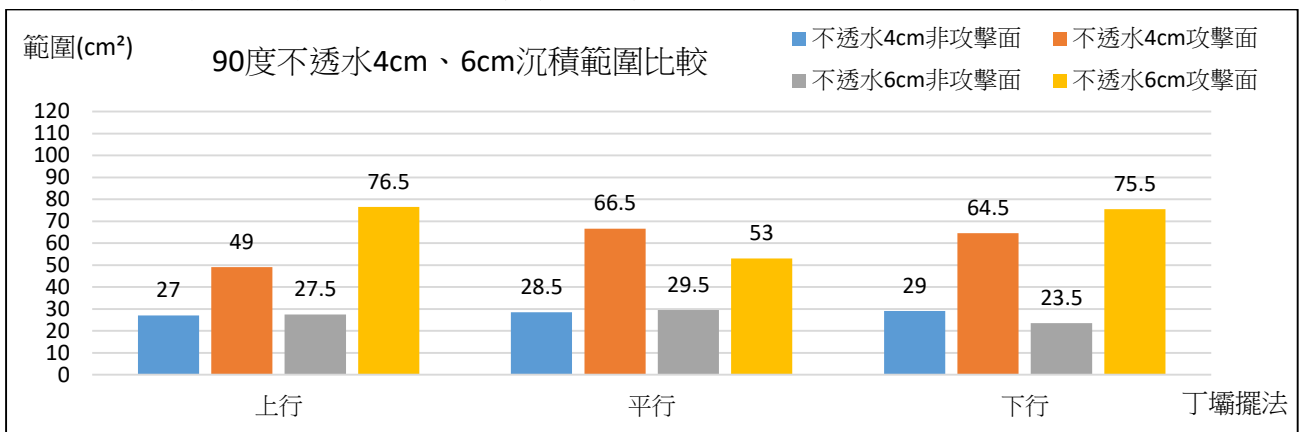


①6cm 攻擊面的上行和平行的沉積面積範圍都比 4cm 攻擊面多，而下行則差異不大。

②非攻擊面的沉積範圍差異不大。

討論：6cm 丁壩的沉積效果都比 4cm 丁壩好。

(4) 90度不透水 4cm、6cm 沉積範圍比較



①6cm 攻擊面的上行和下行的沉積面積範圍都比 4cm 攻擊面多，而平行反之

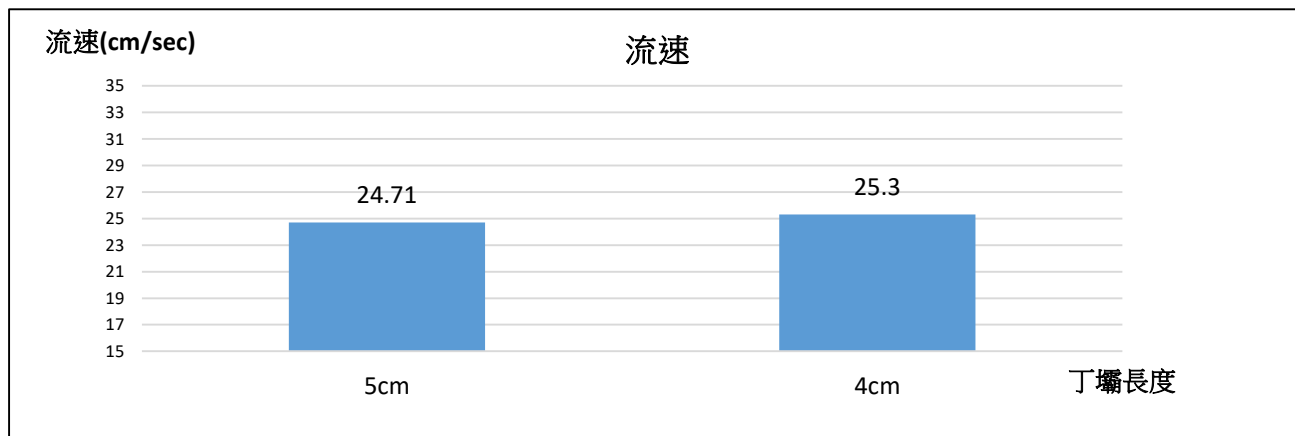
②非攻擊面的沉積範圍差異不大

討論：6cm 丁壩的沉積效果都比 4cm 丁壩好，平行例外。

(二) 15cm 河道

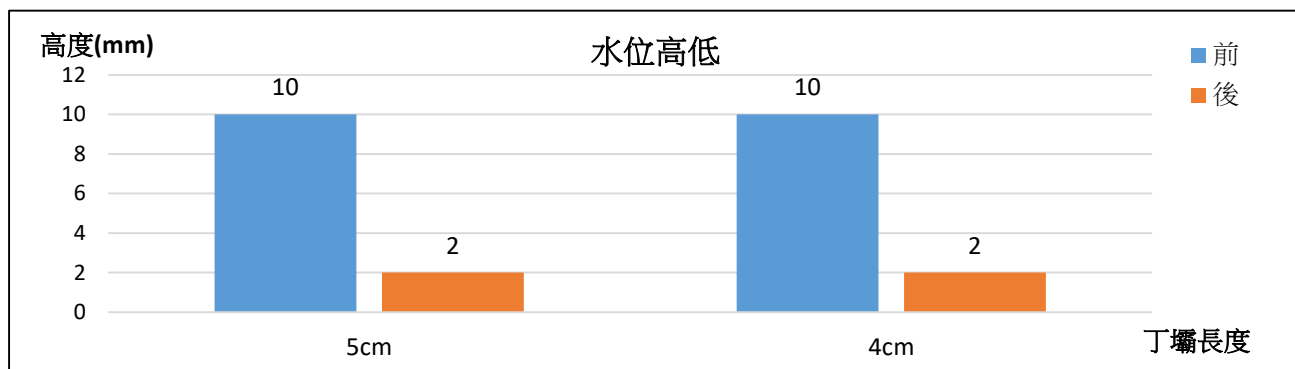
根據 12cm 河道實驗，我們發現透水平行 4cm 的丁壩效果較佳，所以我們將 12cm 寬的 4cm 丁壩放置在 15cm 河道，還有 15cm 河道的 1/3 的丁壩（5cm），比較 4cm 和 5cm 丁壩在不同河道寬度環境下的結果。

1、流速比較



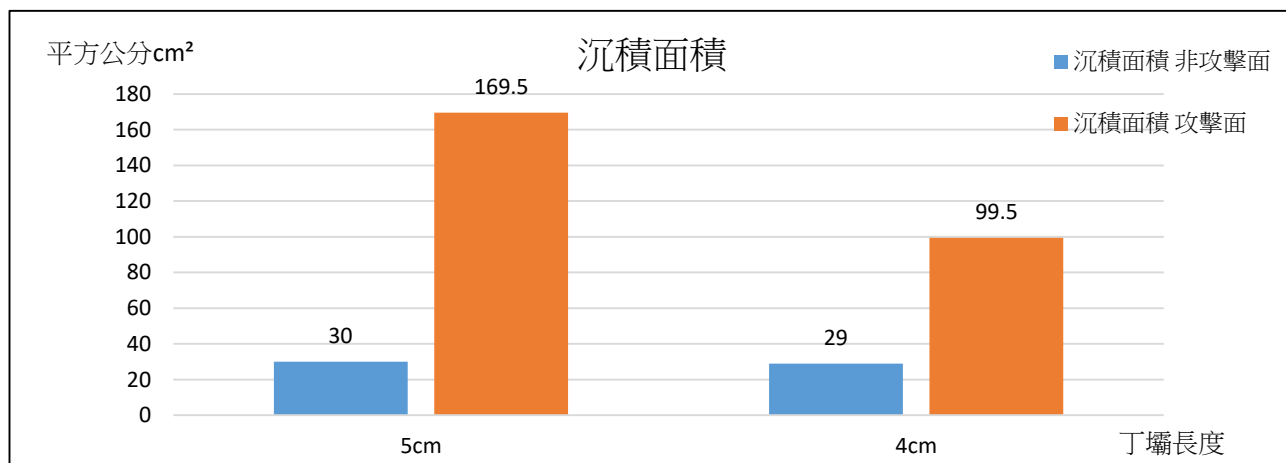
4cm 丁壩和 5cm 丁壩都能減緩流速，但是以 5cm 丁壩效果較佳。

2、水位高低比較



4cm 丁壩和 5cm 丁壩都能有效形成水位落差。

3、沉積面積比較



(1) 5cm 丁壩攻擊面的沉積面積範圍都比 4cm 丁壩多。

(2) 非攻擊面的沉積範圍差異不大。

討論：根據以上實驗結果得知，5cm 丁壩在流速和沉積面積都比 4cm 丁壩佳，水位高低的部分則無差異。

三、設計生態工法保護堤岸，美化環境

(一) 實驗分數統計

根據以上實驗結果，我們將所有的實驗結果依照水流速度、水位高低和沉積面積的得分，統計如下：

1、河道 30 度彎道，丁壩長度 4cm

實驗項目		丁壩種類及擺法			透水			不透水		
		上行	平行	下行	上行	平行	下行			
流速 (cm/sec)	透水 4cm 跟透水 6cm	0	1	3						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				0	0	2			
	不透水 4cm 跟透水 4cm	1	2	3	0	2	5			
	不透水 6cm 跟透水 6cm									
水位高低 (mm)	透水 4cm 跟透水 6cm	0	0	0						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				0	2	0			
	不透水 4cm 跟透水 4cm	0	5	0	0	3	0			
	不透水 6cm 跟透水 6cm									
沉積面積 (cm ²)	透水 4cm 跟透水 6cm	0	1	2						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				0	1	3			
	不透水 4cm 跟透水 4cm	1	2	3	0	0	5			
	不透水 6cm 跟透水 6cm									
總分		2	11	11	0	8	15			

2、河道 30 度彎道，丁壩長度 6cm

實驗項目		丁壩種類及擺法			透水			不透水		
		上行	平行	下行	上行	平行	下行			
流速 (cm/sec)	透水 4cm 跟透水 6cm	2	5	0						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				1	5	3			
	不透水 4cm 跟透水 4cm									
	不透水 6cm 跟透水 6cm	0	1	0	2	5	3			
水位高低 (mm)	透水 4cm 跟透水 6cm	0	5	5						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				3	5	3			
	不透水 4cm 跟透水 4cm									
	不透水 6cm 跟透水 6cm	0	3	3	2	5	2			
沉積面積 (cm ²)	透水 4cm 跟透水 6cm	0	5	3						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				5	2	2			
	不透水 4cm 跟透水 4cm									
	不透水 6cm 跟透水 6cm	1	3	2	5	0	0			
總分		3	22	13	18	22	13			

根據以上的實驗結果得知，河道彎道 30 度，丁壩長度 6cm，丁壩的擺法為平行的方式最能達到減緩流速、在丁壩的後端形成深潭和淤積泥沙的範圍最廣。

3、河道 90 度彎道，丁壩長度 4cm

實驗項目		丁壩種類及擺法			透水			不透水		
		上行	平行	下行	上行	平行	下行			
流速 (cm/sec)	透水 4cm 跟透水 6cm	1	2	0						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				1	0	2			
	不透水 4cm 跟透水 4cm	3	5	2	0	0	1			
	不透水 6cm 跟透水 6cm									
水位高低 (mm)	透水 4cm 跟透水 6cm	0	5	0						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				5	5	5			
	不透水 4cm 跟透水 4cm	0	5	0	5	5	5			
	不透水 6cm 跟透水 6cm									
沉積面積 (cm ²)	透水 4cm 跟透水 6cm	0	3	0						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				0	2	1			
	不透水 4cm 跟透水 4cm	2	5	3	0	1	0			
	不透水 6cm 跟透水 6cm									
總分		6	25	5	11	13	14			

4、河道 90 度彎道，丁壩長度 6cm

實驗項目		丁壩種類及擺法			透水			不透水		
		上行	平行	下行	上行	平行	下行			
流速 (cm/sec)	透水 4cm 跟透水 6cm	5	0	3						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				0	5	3			
	不透水 4cm 跟透水 4cm									
	不透水 6cm 跟透水 6cm	3	0	2	0	5	1			
水位高低 (mm)	透水 4cm 跟透水 6cm	0	5	0						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				3	3	3			
	不透水 4cm 跟透水 4cm									
	不透水 6cm 跟透水 6cm	0	5	0	3	3	3			
沉積面積 (cm ²)	透水 4cm 跟透水 6cm	2	5	1						
	不透水 4cm 跟不透水 6cm				5	0	3			
	不透水 4cm 跟透水 4cm									
	不透水 6cm 跟透水 6cm	3	5	1	2	0	0			
總分		13	20	7	13	16	13			

根據以上的實驗結果得知，河道彎道 90 度，丁壩長度 4cm，丁壩的擺法為平行的方式最能達到減緩流速、在丁壩的後端形成深潭和淤積泥沙的範圍最廣。




討論

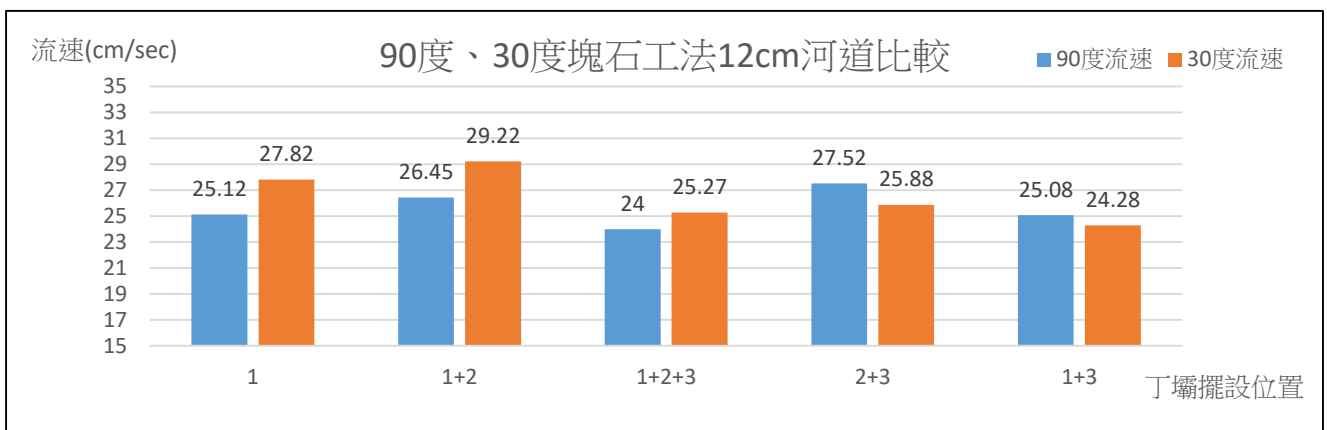
- (1) 從以上結果得知，90 度河道的丁壩長度為 4cm 和 30 度河道的丁壩長度為 6cm，都是以平行擺法和透水式丁壩的方式挑流和緩流效果最佳，同時也能營造較佳的沉積效果和水位落差。但是，30 度河道的丁壩長度 6cm，為河道寬的二分之一，雖然挑流和緩流效果佳，但是根據文獻指出，丁壩長度過長，反而會將攻擊面的水流挑流至對面堤岸，造成堤岸受損。因此，在丁壩長度上，我們以 4cm 的丁壩長度來做為生態工法的設計。
- (2) 太平溪是緩流河川，它的上游是由萬萬溪和大巴六九溪匯集而成太平溪，溪水由鹿野溪透過卑南上圳引流從初鹿國中附近出來灌溉大台東地區，因此，我們以卑南溪的護堤方式為發想，以討論 (1) 的結果為主，再就地取材設計落差工法，營造生態基地。

(二) 塊石工法擺設位置和丁壩數量

我們找到不同的丁壩數量以及擺設位置，是否可以保護到堤岸，因此我們做了以下實驗。

丁壩擺設方法有五種：

擺法	第一種排法	第二種排法	第三種排法	第四種排法	第五種排法
圖例					
說明	在 R-0 的地方設置丁壩	在 R-0 和 R-7 的地方設置丁壩	在 R-0、R-7 和 R-14 的地方設置丁壩	在 R-7 和 R-14 的地方設置丁壩	在 R-0 和 R-14 的地方設置丁壩



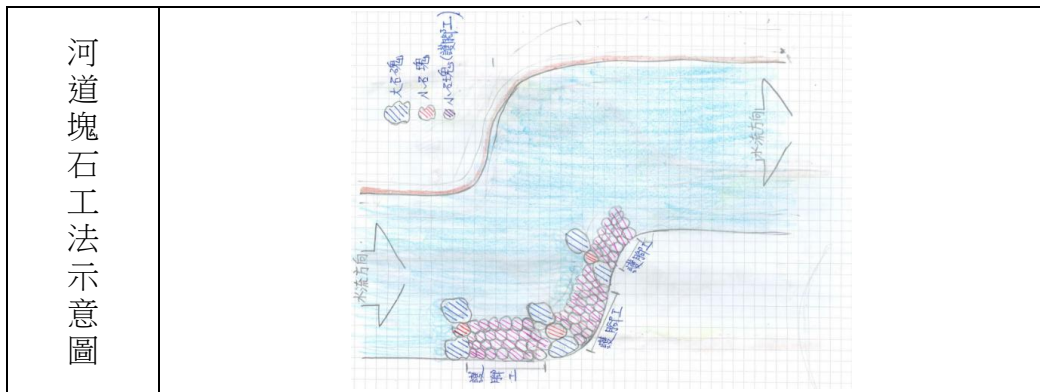
註：第一種排法：1；第 2 種排法：1+2；第 3 種排法：1+2+3；第 4 種排法：2+3；第 5 種排法：1+3

- (1) 丁壩排法第 1 種、第 2 種和第 3 種 90 度河道的流速都比 30 度河道的流速慢。
- (2) 丁壩排法第 4 種和第 5 種 90 度河道的流速都比 30 度河道的流速快。
- (3) 丁壩排法在 90 度河道在第 3 種丁壩排法的流速是這 5 種最慢的，30 度河道在第 5 種丁壩排法的流速是這 5 種最慢的。

討論：90 度河道適合使用第 3 種丁壩排法，而 30 度河道適合使用第 5 種排法，可以有效地減緩流速。

(三) 河道塊石工法—卑南溪

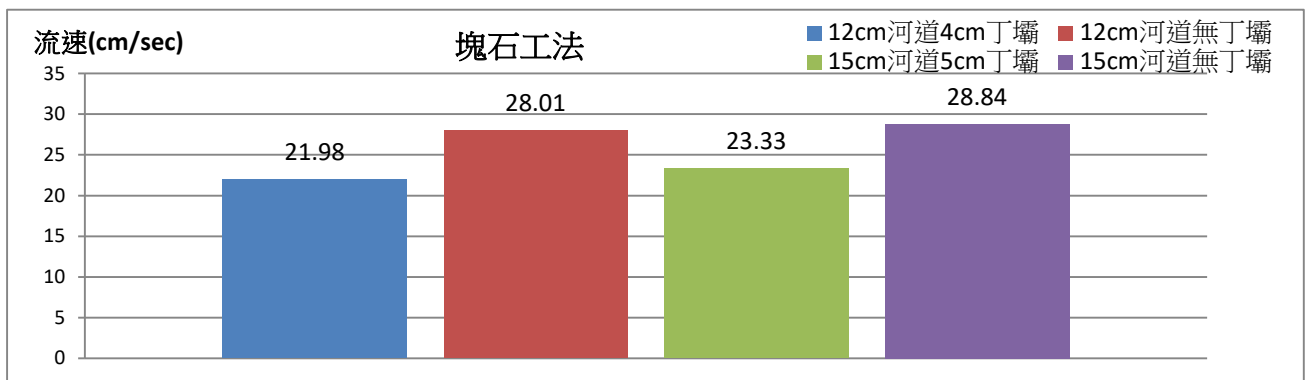
我們以 90 度河道模擬卑南溪進行塊石工法，設計了 2 種寬度的河道，一個寬 12cm，一個寬 15cm，所以根據以上的實驗數據，我們在河道攻擊面前、中、後三處分別設置 4cm 和 5cm 的透水平行丁壩，丁壩與丁壩間再進行護腳工的方式（如下圖）來達到挑流和緩流的效果。



在河道攻擊面前、中、後使用塊石設置平行丁壩，在丁壩和丁壩間也利用塊石設置護腳工。

當水流至攻擊面時，丁壩可以有效的挑流和緩流。

1、流速

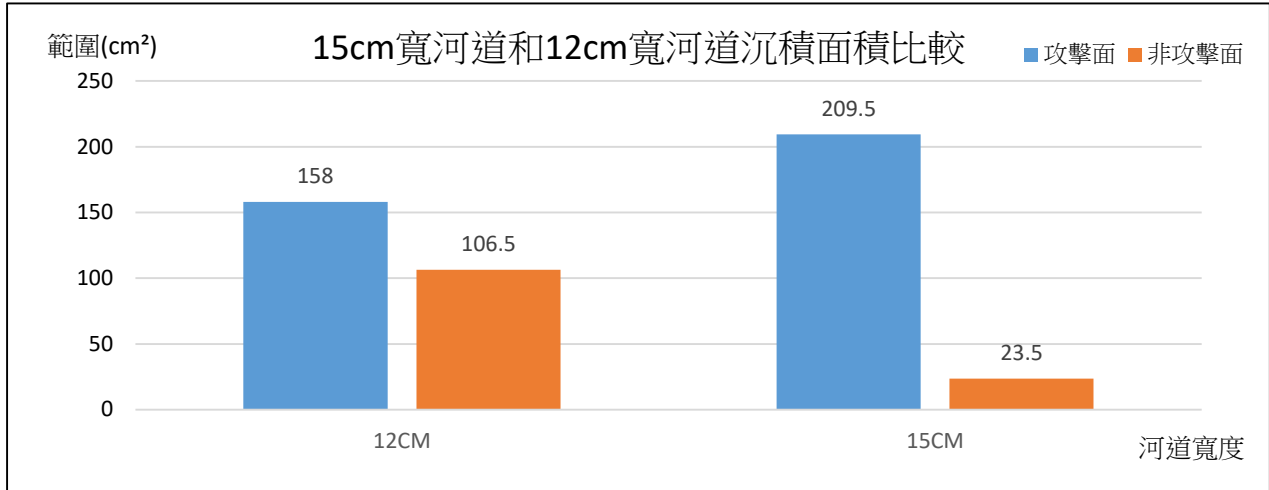


(1)12cm 河道水流流速為比 12cm 無丁壩的河道的流速減緩。

(2)15cm 河道水流流速為比 15cm 無丁壩的河道的流速減緩。

討論：根據以上實驗結果不論是 12cm 寬河道或 15cm 寬的河道使用塊石工法除了挑流能保護河道攻擊面，也能減緩流速，去水泥化，同時也可以在丁壩前後形成的淺瀨和深潭，營造魚類生存的環境。

2、沉積面積

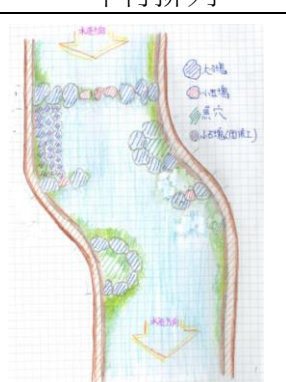
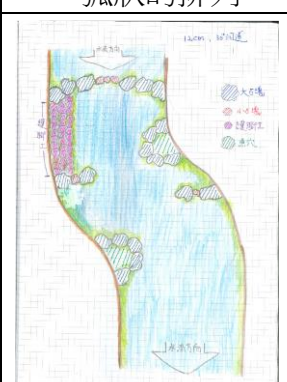


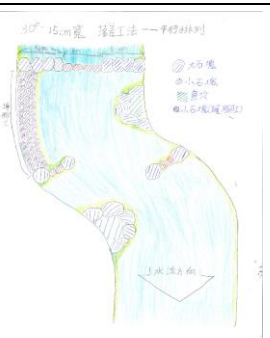
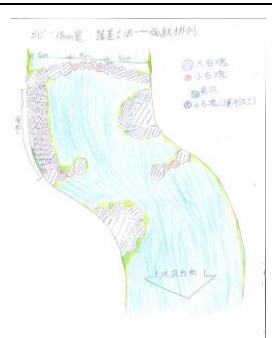
- (1) 12cm 寬河道的沉積面積會比 15cm 寬河道的沉積面積還要大。
- (2) 15cm 寬河道攻擊面的沉積面積比 12cm 寬河道攻擊面的沉積面積還要大。
- (3) 15cm 寬河道非攻擊面的沉積面積比 12cm 寬河道非攻擊面的沉積面積還要小。

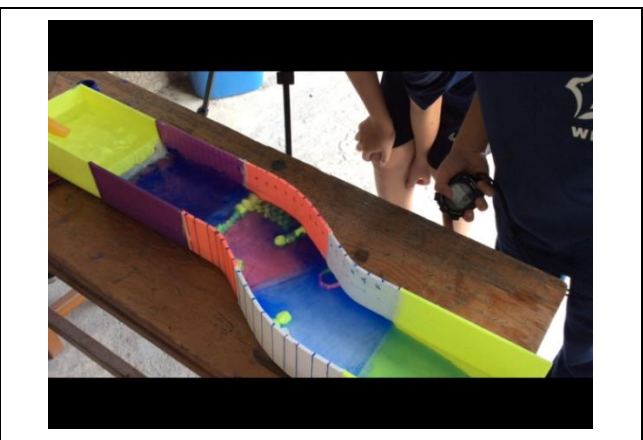
討論：根據以上實驗結果，不論 12cm 河道或是 15cm 河道都能在攻擊面後形成淺瀨和深潭，可以營造適合魚類生存的環境。

(四) 河道落差塊石工法—太平溪

根據文獻水流流經直線型固床工，會呈均勻分布；流經上拱型會趨向渠道中心；流經下拱型會往兩岸偏折(林彥慈，2020)，因此我們以 30 度河道模擬太平溪進行落差塊石工法，我們在河道攻擊面前端設置塊石落差工，並且使用了平行排列的方式和弧狀的排列方式，如下圖：

12cm 河道示意圖			
平行排列	落差工工法的平行排列	弧狀的排列	落差工工法的弧狀排列
	落差工工法的平行排列方式為 4cm 透水丁壩、4cm 透水丁壩和 4cm 透水丁壩，接著在攻擊面中間和後面的位置再分別設置 2 個小型落差工，最後分別在非攻擊面設置 2 個魚穴。		落差工工法的弧狀排列方式為 4cm 透水丁壩、4cm 透水丁壩和 4cm 透水丁壩，接著在攻擊面中間和後面的位置再分別設置 2 個小型落差工，最後分別在非攻擊面設置 2 個魚穴。

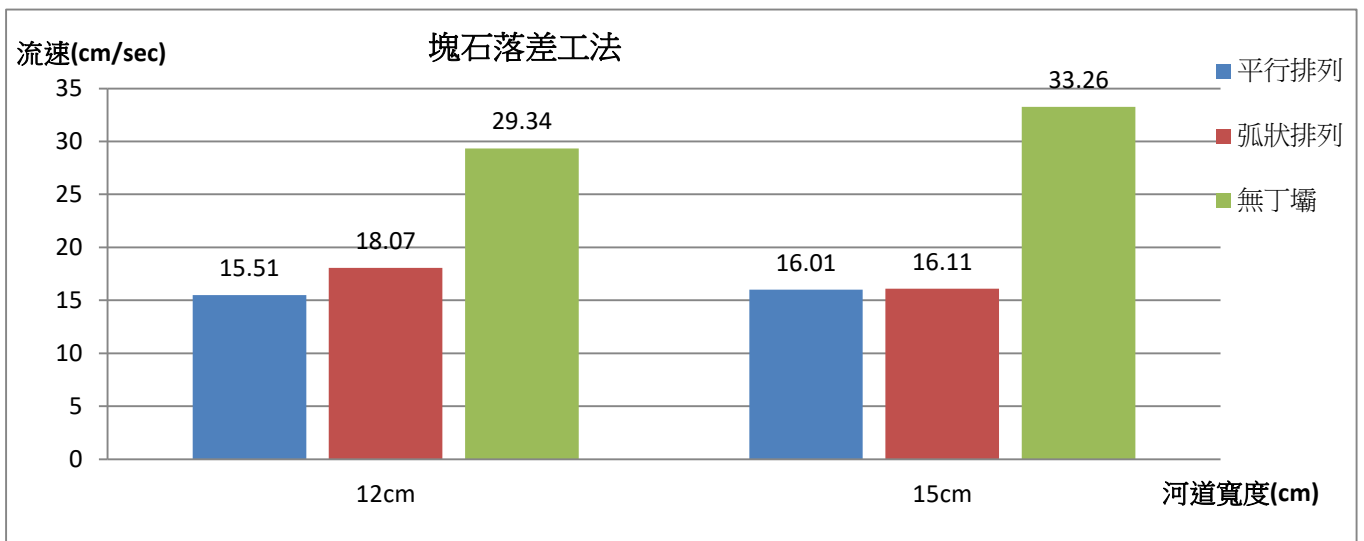
15cm 河道示意圖		
平行排列	落差工工法的平行排列方式為 5cm 透水丁壩、5cm 透水丁壩和 5cm 透水丁壩，接著在攻擊面中間和後面的位置再分別設置 2 個小型落差工，最後分別在非攻擊面設置 2 個魚穴。	弧狀的排列
		



在河道攻擊面前端使用塊石做平行落差工法，在 2 個河道攻擊面中間位置分別設置 2 個小型平行落差工，在非攻擊面設置魚穴。

當水流經落差工法時可以產生淺瀨和深潭，再加上 2 個魚穴的設置，除了可以有效挑流和疏流外，也可以營造魚類的生存環境。

1、流速



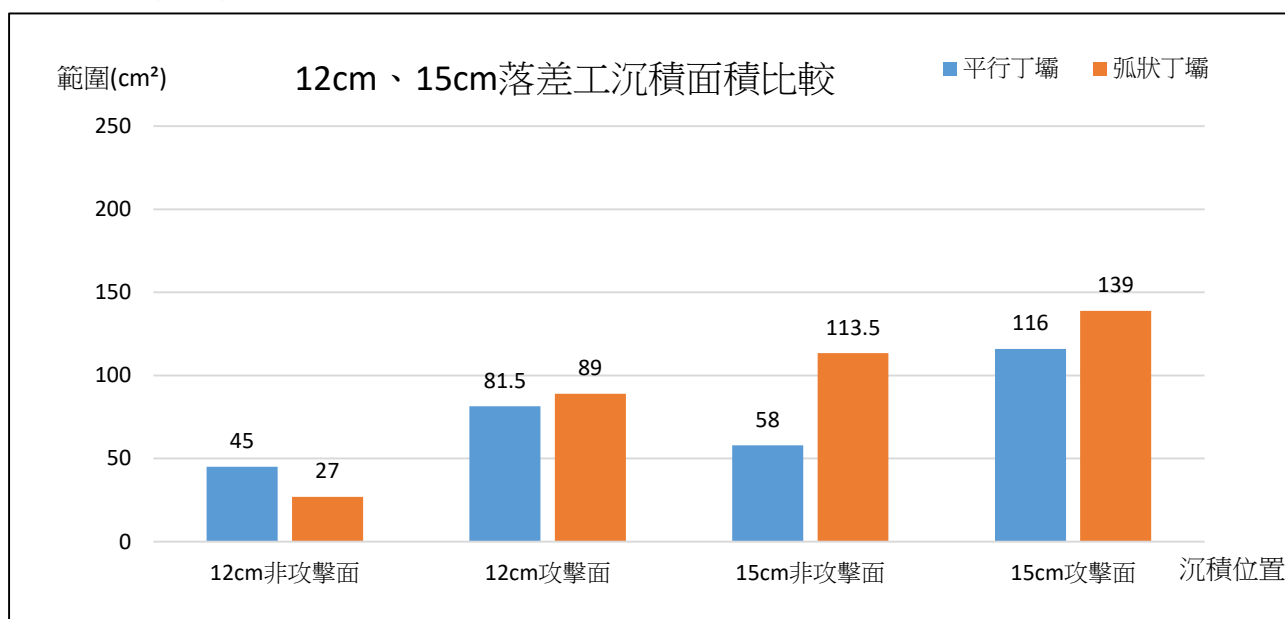
(1) 在 12cm 河道平行排列方式結果發現：落差工的水流流速為比無丁壩的河道的流速減緩。

- (2) 在 12cm 河道弧狀排列方式結果發現：落差工的水流流速為比無丁壩的河道的流速減緩。
- (3) 在 15cm 河道平行排列方式結果發現：落差工的水流流速比無丁壩的河道的流速減緩。
- (4) 在 15cm 河道弧狀排列方式結果發現：落差工的水流流速比無丁壩的河道的流速減緩。

討論：

- (1) 根據以上實驗結果，不論平行排列或是弧狀排列的塊石落差工法都能挑流保護河道攻擊面，也能減緩流速。
- (2) 不論在 12cm 河道或在 15cm 河道的塊石落差工法都能挑流保護河道攻擊面，也可以減緩流速，但是在 12cm 河道使用弧狀排列的效果是最不好的。

2、沉積面積



在 12cm 寬的河道，我們可以發現使用平行擺法的沉積效果較佳，但是在 15cm 寬河道的部分則以弧狀排列的方式則較佳。

討論：根據以上實驗結果，不論平行排列或是弧狀排列的塊石落差工法都能在不同寬度河道攻擊面後所形成的沉積位置設置魚穴，讓魚類生存，另外，在落差工法前後形成的淺瀨和深潭，也可以營造適合魚類生存的環境。

柒、結論

- 一、河流在經過河道彎處時，水流會在彎處攻擊造成攻擊點，從實驗得知，若在攻擊面前、中、後設置丁壩及護腳工，可以有效地挑流，以減緩水流的流速。
- 二、在模擬河道實驗發現，在不同彎度和寬度的河道，所使用的丁壩的種類、擺法及長度會不同：
 - (一) 在丁壩種類方面：不透水丁壩和透水丁壩都能達到挑流和緩流的效果，但是以透水丁壩效果最好。
 - (二) 在丁壩擺法方面：上行丁壩、平行丁壩和下行丁壩都能達到挑流和緩流的效果，但是以平行丁壩最好。
 - (三) 在丁壩長度方面：
 - 1、河道彎度大，使用的丁壩的長度較短，較能達到挑流、緩流的效果，反之則越長，但是丁壩的長度不可超過河道寬的 1/3。
 - 2、不論河道的寬度大小，使用 1/3 的丁壩效果都是最佳的，都能達到挑流、緩流的效果。
- 三、環境美化工程創意設計
 - (一) 模擬河道實驗發現，在彎道攻擊處前設置丁壩，可以挑流、緩流，也可以讓丁壩前形成淺瀨，丁壩後因為水位的高低落差形成深潭，淺瀨和深潭可以讓魚類生存。
 - (二) 模擬河道實驗發現，在彎道攻擊處前設置丁壩，可以讓水流速度在丁壩後挑流減緩，造成沉積現象，在沉積位置設置魚穴，形成另一種魚類生態和水草在此而美化環境，讓環境與生物在此處共存。
 - (三) 模擬落差工是營造環境生態最節省經費及最容易保育河川生態的一種工法，讓民眾能有護水、愛水、親水的一種生態工法，尤其是本市水環境生態被詬病是因為生態工法中去水泥化作的不足反而造成環境生態浩劫，若以生態工法就地取材，如塊石坡面工法或塊石落差工營造生態環境，不只節省經費，亦可作為生態環境教育。
- 四、預期效益

我們根據水利工程快速棲地生態評估表得分 42 分。在水的特性得分 22 分；在水陸域過渡帶及底質特性得分 10 分；在生態特性得分 10 分。（詳如附錄 1）

 - (一) 水的特性
 - 1、我們在水域型態多樣性項目可營造淺瀨、深潭及岸邊緩流。預期能增加水流型態多樣化、增加棲地水深、避免施作大量硬體設施和全斷面流速過快。
 - 2、在水域廊道連續性項目可營造主流河道型態維持水路蜿蜒呈穩定狀態。
 - 3、水質項目能維持水量充足、增加水深。
 - (二) 水陸域過渡帶及底質特性

在溪濱廊道連續性項目可維持自然狀態、增加生物通道和棲地營造。
 - (三) 生態特性
 - 1、在水生動物豐多度項目，我們可觀察到水棲昆蟲、螺貝類、蝦蟹類、魚類和兩棲類。
 - 2、在水域生產者項目，我們可觀察到水呈現黃色，避免施工方法及過程造成濁度升高。

【評語】 080511

本研究用簡化法進行丁壩緩流效果模擬，較著重工程的考量，作品能彙整觀察實驗成果，條理清晰。建議數據的展現可由直條圖改成折線圖，將同一研究目的資料整合，並以表格整理不同實驗變因，未來可考慮模型與真實環境的差異。

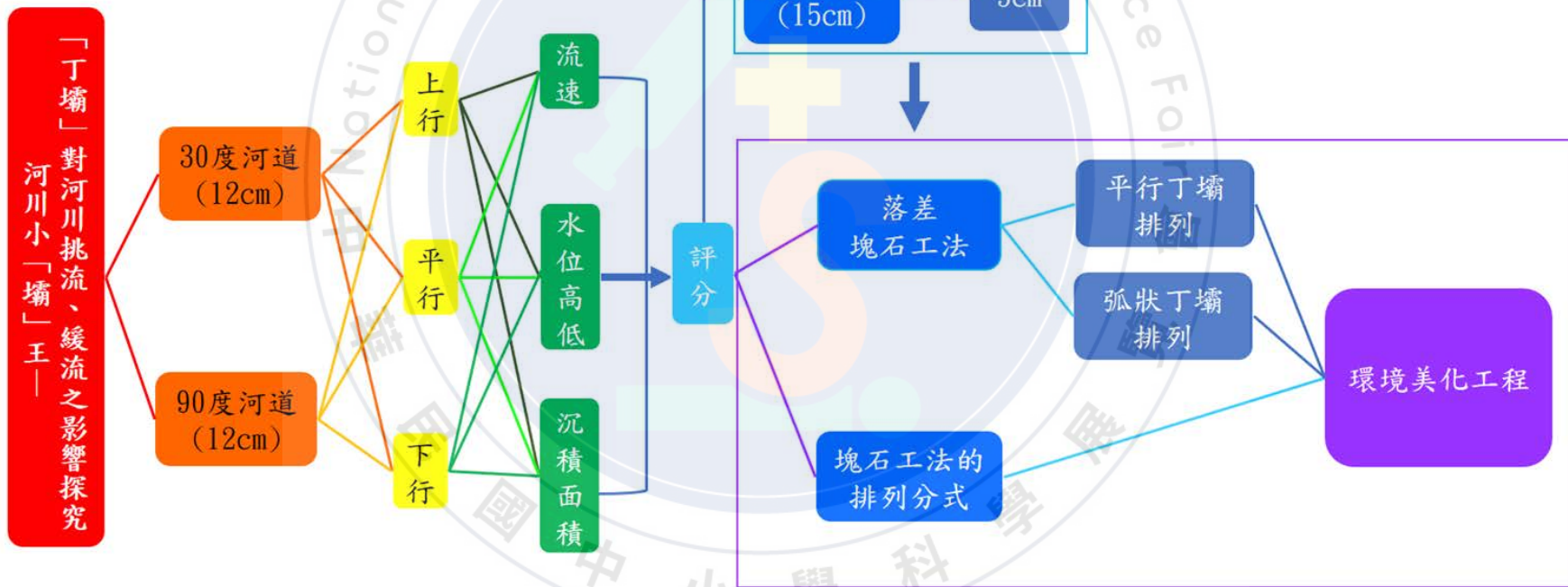
作品簡報

河川小「壩」王—— 「丁壩」對河川挑流、緩流之影響探究

研究目的

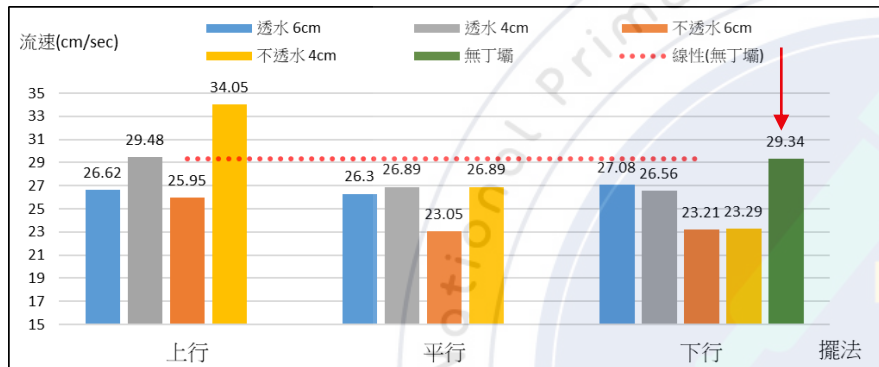
- 一、了解丁壩的種類對河川挑流和緩流的影響
- 二、了解丁壩的排法對河川挑流和緩流的影響
- 三、設計生態工法保護堤岸，美化環境

實驗流程圖

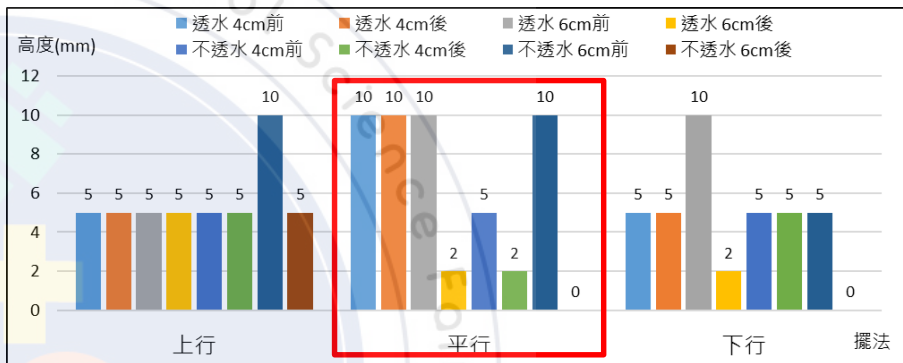


研究結果與討論(30度12cm河道)

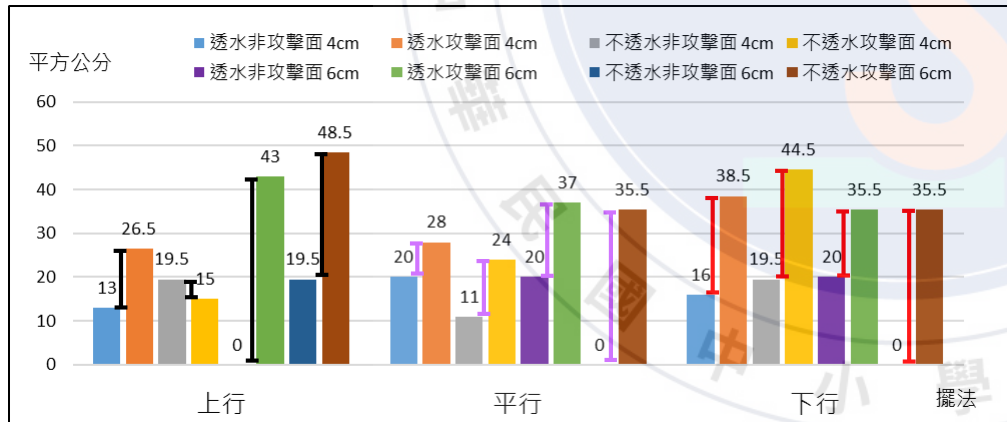
1、流速比較



2、水位高低比較



3、沉積面積



流速：

除了透水、不透水4cm，其餘丁壩都可以減緩流速。

水位高低：

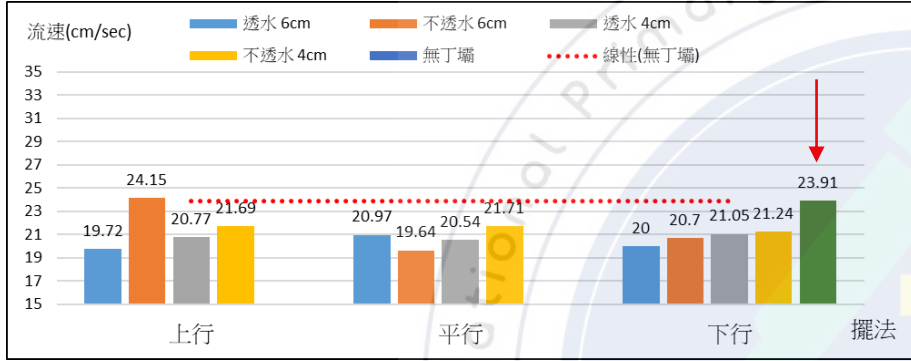
丁壩越長，落差效果越明顯，又以透水、不透水平行落差效果較佳。

沉積面積：

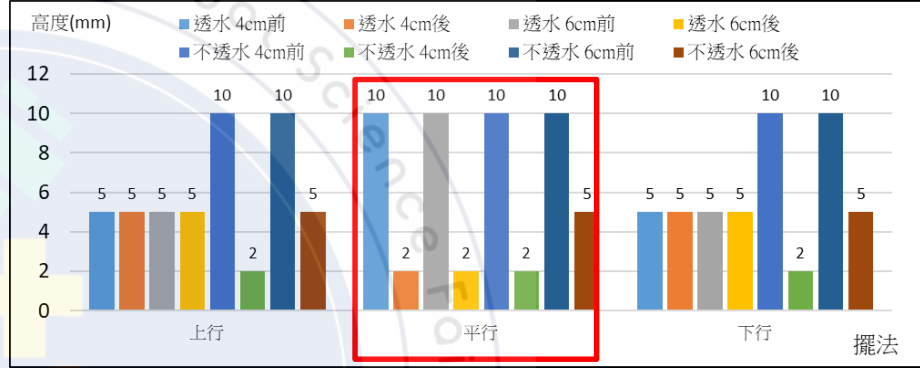
在攻擊面設置丁壩，沉積面積比非攻擊面多，無論丁壩種類及排法，都能產生沉積現象。

研究結果與討論(90度12cm河道)

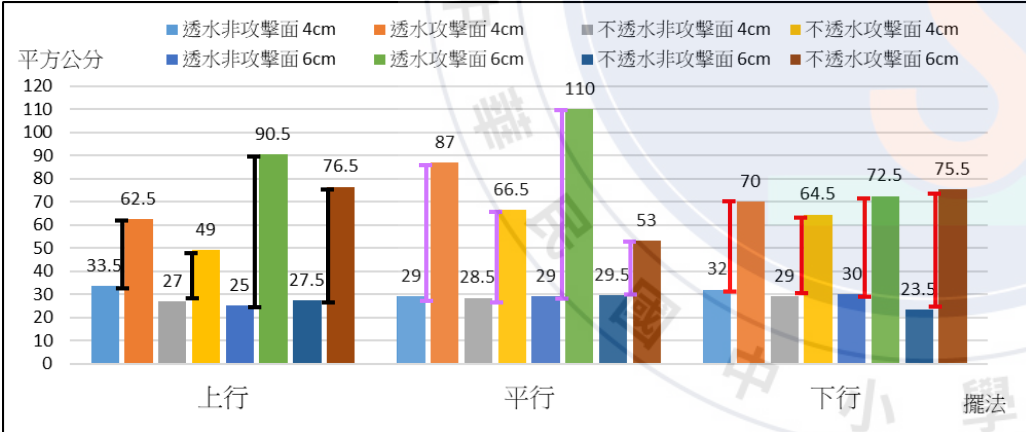
1、流速比較



2、水位高低



3、沉積面積



流速：

不論是6cm或4cm，透水丁壩的效果比不透水丁壩好。

水位高低：

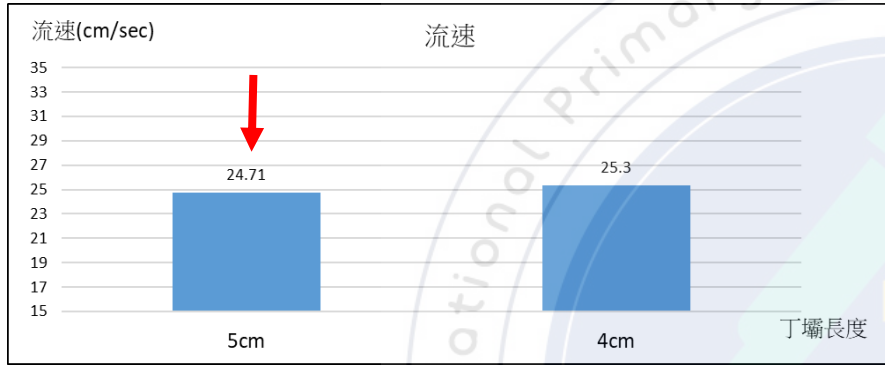
不論哪一種長度或種類，都以平行擺法的效果較好。

沉積面積：

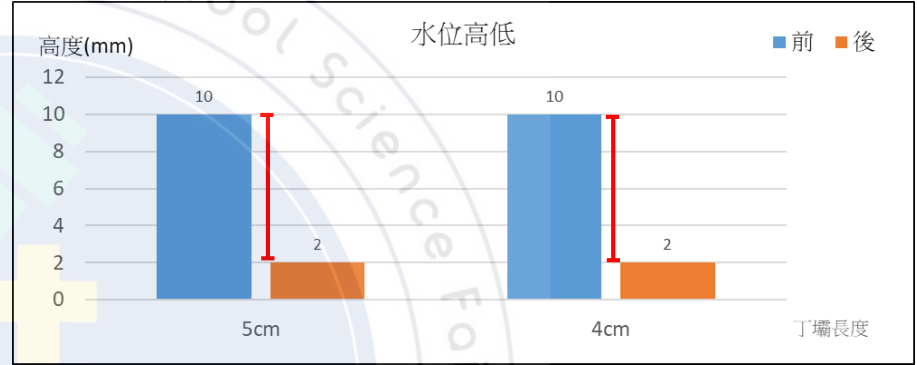
在攻擊面設置丁壩，沉積面積比非攻擊面多，不論丁壩種類或排法，都能產生沉積現象。

研究結果與討論(90度15cm河道)

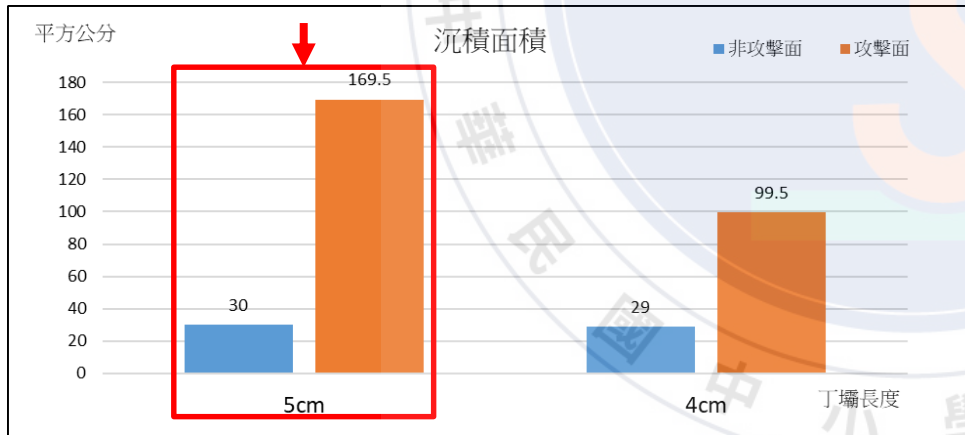
1、流速比較



2、水位高低



3、沉積面積



根據以上實驗結果得知：

1. 5cm丁壩在流速和沉積面積都比4cm丁壩佳。
2. 水位高低的部分則無差異。

設計生態工法保護堤岸 美化環境

(一) 實驗分數統計：

根據以上實驗結果，我們將所有的實驗結果依照水流速度、水位高低和沉積面積的得分，統計如下

1、河道30度彎道(完整圖表p. 23)

2、河道90度彎道(完整圖表p. 24)

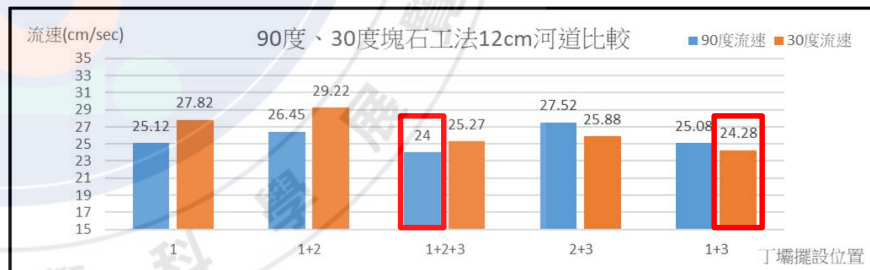
實驗項目		丁壩種類及擺法		4cm		6cm	
		透水	不透水	透水	不透水	透水	不透水
流速 (cm/sec)	透水4cm 跟透水6cm	1		5			
	不透水4cm 跟不透水6cm		0		5		
	不透水4cm 跟透水4cm	2	2				
	不透水6cm 跟透水6cm			1	5		
水位高低 (mm)	透水4cm 跟透水6cm	0		5			
	不透水4cm 跟不透水6cm		2		5		
	不透水4cm 跟透水4cm	5	3				
	不透水6cm 跟透水6cm			3	5		
沉積面積 (cm ²)	透水4cm 跟透水6cm	1		5			
	不透水4cm 跟不透水6cm		1		2		
	不透水4cm 跟透水4cm	2	0				
	不透水6cm 跟透水6cm			3	0		
總分		11	8	22	22		

實驗項目		丁壩種類、擺法及長度		4cm		6cm	
		透水	不透水	透水	不透水	透水	不透水
流速 (cm/sec)	透水4cm 跟透水6cm	2		0			
	不透水4cm 跟不透水6cm		0		3		
	不透水4cm 跟透水4cm	5	0				
	不透水6cm 跟透水6cm				0	1	
水位高低 (mm)	透水4cm 跟透水6cm	5		5			
	不透水4cm 跟不透水6cm		5		3		
	不透水4cm 跟透水4cm	5	5				
	不透水6cm 跟透水6cm			5	3		
沉積面積 (cm ²)	透水4cm 跟透水6cm	3		5			
	不透水4cm 跟不透水6cm		2		0		
	不透水4cm 跟透水4cm	5	1				
	不透水6cm 跟透水6cm			5	0		
總分		25	13	20	16		

- 90度河道的丁壩長度為4cm和30度河道的丁壩長度為6cm，都是以平行擺法和透水式丁壩的方式挑流和緩流效果最佳，同時也能營造較佳的沉積效果和um位落差。
- 太平溪是緩流河川，我們以卑南溪的護堤方式為發想，再就地取材設計落差工法，營造生態基地。

(二) 塊石工法擺設位置和丁壩數量

擺法	第一種排法	第二種排法	第三種排法	第四種排法	第五種排法
圖例					
說明	在R-0的地方設置丁壩	在R-0和R-7的地方設置丁壩	在R-0、R-7和R-14的地方設置丁壩	在R-7和R-14的地方設置丁壩	在R-0和R-14的地方設置丁壩

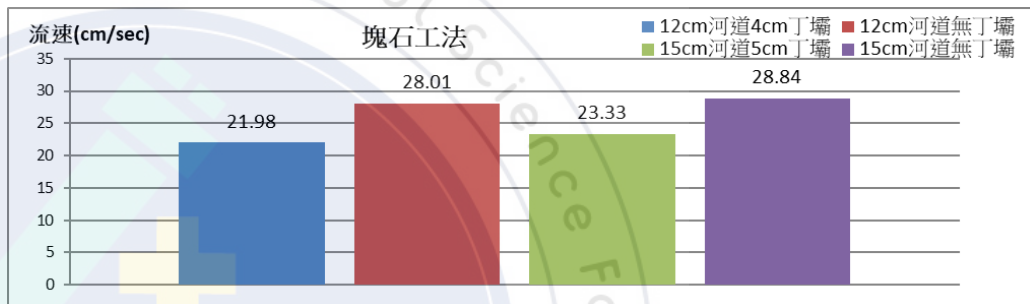
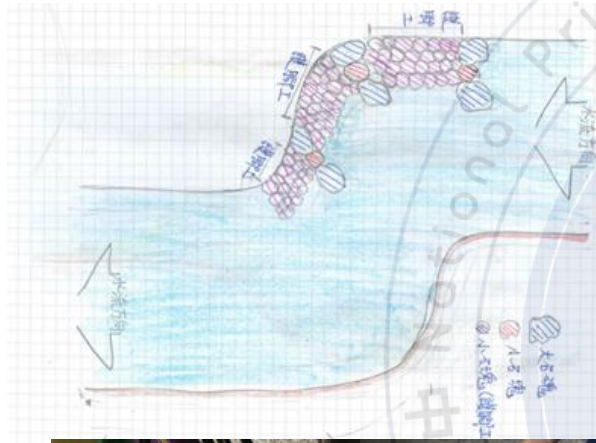


90度河道適合使用第3種丁壩排法，而30度河道適合使用第5種排法，可以有效地減緩流速。

設計生態工法保護堤岸 美化環境

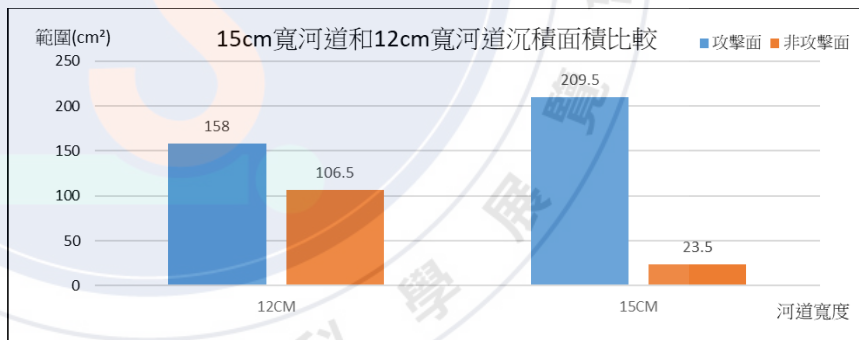
(三) 河道塊石工法——卑南溪

1、流速比較



不論12cm寬河道或15cm寬河道使用塊石工法，都能挑流、保護河道攻擊面，也能減緩流速。

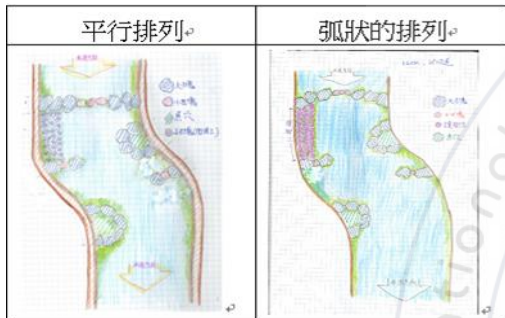
2、沉積面積



不論12cm寬河道或是15cm寬河道都能在攻擊面前後形成淺瀨和深潭，可以營造適合魚類生存的環境。

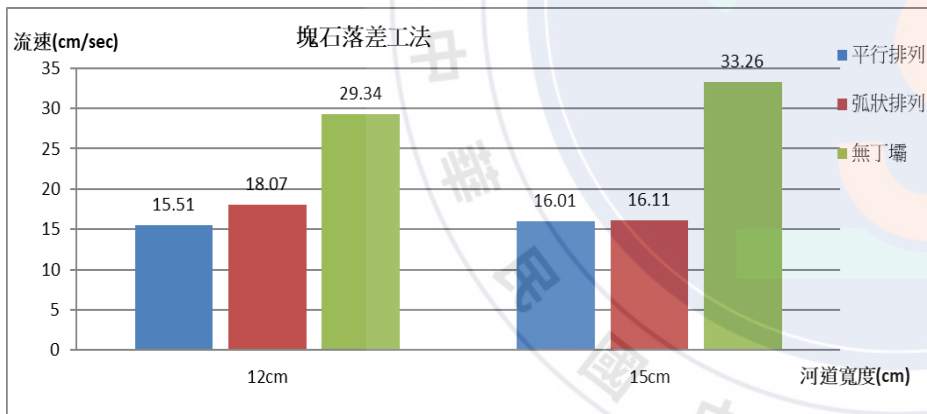
設計生態工法保護堤岸 美化環境

(四) 落差塊石工法——太平溪

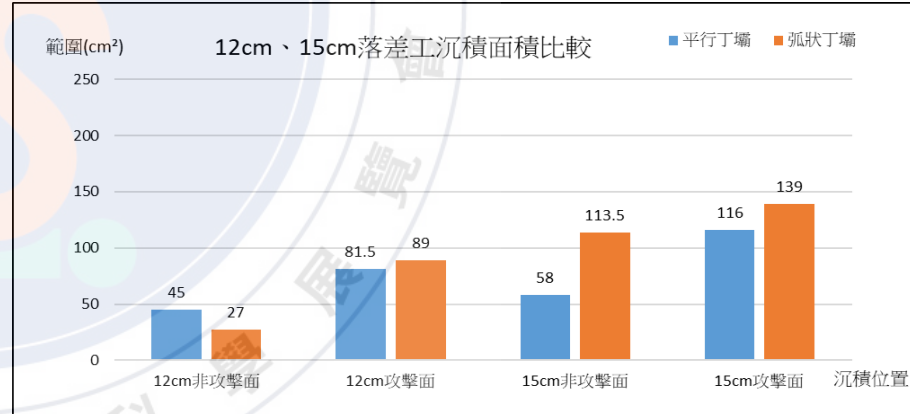


落差工工法分別有平行排列方式為4cm和5cm 透水丁壩，接著在攻擊面中間和後面的位置再設置兩個小型落差工，最後在非攻擊面設置兩個魚穴。弧狀排列亦同。

1、流速比較



2、沉積面積



不論平行排列或是弧狀排列，在不同寬度河道都可有效地挑流緩流並在攻擊面後方形成沉積現象，可以營造適合魚類生存的環境。

結論

- 一、水流在經過河道彎處時，會在彎處攻擊造成攻擊點，從實驗得知，若在攻擊面前、中、後設置丁壩及護腳工，可以有效地挑流，以減緩水流的流速。
- 二、在模擬河道實驗發現，無論是哪一種河道，使用透水平行丁壩，在長度方面則是使用河道寬的1/3長丁壩，都能達到挑流及緩流。
- 三、在環境美化工程創意設計：
 - (一) 模擬河道實驗發現，在彎道攻擊處前設置丁壩，可以挑流、緩流，也可以讓丁壩前形成淺瀨，丁壩後因為水位的高低落差形成深潭，淺瀨和深潭可以讓魚類生存。
 - (二) 模擬河道實驗發現，在彎道攻擊處前設置丁壩，可以讓水流速度在丁壩後挑流減緩，造成沉積現象，在沉積位置設置魚穴，形成另一種魚類生態和水草在此而美化環境，讓環境與生物在此處共存。
 - (三) 模擬落差工是營造環境生態最節省經費及最容易保育河川生態的一種工法，讓民眾能有護水、愛水、親水的一種生態工法，尤其是本市水環境生態被詬病是因為生態工法中去水泥化作的不足反而造成環境生態浩劫，若以生態工法就地取材，如塊石坡面工法或塊石落差工營造生態環境，不只節省經費，亦可作為生態環境教育。

未來效益

四、預期效益

我們根據水利工程快速棲地生態評估表得分42分。在水的特性得分22分；在水陸域過渡帶及底質特性得分10分；在生態特性得分10分。（詳如附錄1）

（一）水的特性

- 1、我們在水域型態多樣性項目可營造淺瀨、深潭及岸邊緩流。預期能增加水流型態多樣化、增加棲地水深、避免施作大量硬體設施和全斷面流速過快。
- 2、在水域廊道連續性項目可營造主流河道型態維持水路蜿蜒呈穩定狀態。
- 3、水質項目能維持水量充足、增加水深。

（二）水陸域過渡帶及底質特性

在溪濱廊道連續性項目可維持自然狀態、增加生物通道和棲地營造。

（三）生態特性

- 1、在水生動物豐多度項目，我們可觀察到水棲昆蟲、螺貝類、蝦蟹類、魚類和兩棲類。
- 2、在水域生產者項目，我們可觀察到水呈現黃色，避免施工方法及過程造成濁度升高。