中華民國第52屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組　土木科

佳作

091205

岸址「丁」攔

學校名稱：國立北門高級農工職業學校

作者：	指導老師：
職二 陳佩琦 職二 王俊為 職二 黃延玫	梁琮琪

關鍵詞：丁壩、保護工、淤積量

摘要

歷經 921 地震後，土石已明顯造成鬆動；在平原地區，高水位的暴雨(如莫拉克八八風災)使得岸邊的房子因地基流失而倒臥在河道中；若在山區，也常夾帶著巨型枯木或大型結構物(橋梁、巨石…等)堆積在堤岸邊，這與我們實驗條件(丁壩)相當酷似，值得我們去探討之。

經由老師的介紹，加上書本及網路豐富的資訊，令我們更有興趣去了解防砂壩及丁壩的主要功能，係讓高水位河水不直接衝擊堤岸(改變水流方向流向河道中心)，有保護堤岸和基腳不被損毀、減緩流速形成淤積土砂、使得淺灘有著生態活絡之作用。所以，我們設計實驗來探討河水流量、淤砂面積及防洪構造物開口大小對河川的微擾關係。

壹、研究動機

當老師於上課時，介紹到去年學長姐們作的專題製作-「丁壩的現象探討」引申到課本「工程概論 I 4-5 護岸和水土保持」以及莫拉克八八風災的重創。讓我們聯想到，在夏季時，常有颱風侵襲台灣，對於淹水、堤防沖毀、溪水暴漲的事件我們並不陌生，例如：重創台灣的 921 地震造成山區土石鬆動，再加上莫拉克颱風暴雨夾雜大量的土石流而導致人員傷亡，甚至淹滅了整個小林村，真的讓我們覺得大自然的力量不容忽視。而想要降低這些損害的防洪構造物，老師提供的意見，不外乎是在適當的位置建構足夠大的防砂壩和丁壩，但對於這些「保護工」如何降低岸側流速及沉澱土砂的原因，我們就一知半解了，所以我們三位想藉由本次的研究，來探討這些防洪構造物(防砂壩及丁壩)對於河道的交相作用及擾動現象。

貳、研究目的

本次的實驗研究，爲探討我們認爲的「防砂壩及丁壩保護工」不僅僅可以防止水流過急，而且可以減緩堤防基腳淘刷、形成淤積造成生態棲地之效，更近一步了解丁壩保護工如何產生漩渦、流線剝離及壩間水流上下左右震盪的波向。

就本實驗的研究目的，整理如下表示：

1. 探討山區和平原(即陡坡與緩坡)，在不同的流量下與淤積的相關性。
2. 探討山區和平原(即陡坡與緩坡)，在保護工在不同的開口下與底質面積的相關性。
3. 探討短、長丁壩與防砂壩三組保護工迴水位置的關係。
4. 探討長丁壩與堤防呈垂直(0 度)、15 度、30 度及 45 度，四組不同角度下的淤積關係。

參、研究設備及器材

本研究所使用的設備及器材，都是利用科上現有或簡單可得的材料來完成實驗，例如，烘箱(如圖 3-1)、防水塑膠墊(如圖 3-2) 、防水黏土(如圖 3-3)，還有#100 號篩過的水泥及攪拌工具、熱熔膠槍、水管、磚塊、木材、木板、砂石、砂紙、鑽孔機、珍珠奶茶吸管，來製作堤防、河道與丁壩及整流。實驗中爲求突顯流場的呈現，則利用「黃色的珍珠板」當河道底床、而「防水黏土」用來填補漏水空隙、及「珍珠奶茶吸管」用來製作整流器(如圖 3-4)穩定入流，最重要的材料則是可以使我們清楚看到丁壩保護工如何形成淤積造灘、產生渦漩和流線的「#200 號篩飛灰」(如圖 3-5)。

圖 3-1 烘箱

圖 3-2 防水塑膠墊

圖 3-3 防水黏土

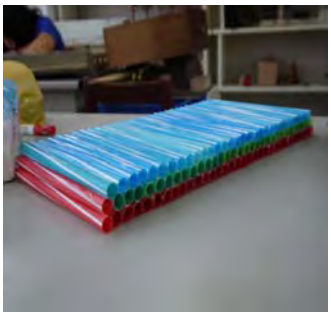


圖 3-4 入流整流器

圖 3-5 #200 篩號飛灰

肆、研究過程或方法

一、研究過程

(一)、模型製作

首先，製作堤防係利用珍珠板製作堤防模型後，灌入 1：3 之水和砂及#100 水泥(圖 4-1)，爲確保其不會因爲垮度太長造成斷裂，則將木條固定於模型中央增加支撐力；而製作丁壩時，使用同樣方法製作(圖 4-2)，但不加支撐。再者，製作河道係使用黃色的珍珠板黏貼於木材表面，一來降低木材表面的不平整，最重要的是能突顯飛灰流向，再加上一片透明防水塑膠墊，可使河道表面防水及易清洗之方便性(圖 4-3)。考慮靜水池時，係改造廢棄的講桌抽屜當作之(圖 4-3)，前方放置整流器(圖 4-4)穩定流況。最後，利用飛灰放置器(圖 4-5)能將飛灰均勻倒入河道中。若遇到漏水情況，係使用油性黏土填縫補之(圖 4-6)。

圖 4-1 堤防製作

圖 4-2 三組保護工之模具

圖 4-3 河道及靜水池

圖 4-4 整流器

圖 4-5 飛灰放置器

圖 4-6 油性黏土填縫

(二)、實驗設置

1. 靜水池前設置整流器穩定流況，且河道屬於直岸系。
2. 直岸河道有兩組不同坡度：緩坡坡度爲 0.003，流況定義爲亞臨界流、陡坡坡度爲 0.007，流況定義爲超臨界流。
3. 入流量的設定有三組不同流量，率定後分別爲：高流量爲 0.317cms、中流量爲 0.117cms、低流量爲 0.100cms。
4. 撒飛灰位置位於整流器出水口處，多次試驗後，決定以 5 克重飛灰作爲每次實驗倒下飛灰的量。
5. 長丁壩的擺放，設定爲四組不同方式：分別爲與堤防垂直(0 度)，以及朝上游之 15 度、30 度、45 度，最後，再加上一組封閉河道的防砂壩。

就本次實驗之佈置，如圖 4-7 至圖 4-13 所示，與構造物之數據可以整理如下列所述：

1. 堤防坡度約爲 1：3。河道總長約 120cm、寬約 40cm、堤防高約 6cm。(圖 4-14)
2. 短丁壩長約 10cm、寬約 3cm、高約 3cm。(圖 4-15)
3. 長丁壩長約 15cm、寬約 3cm、高約 3cm。(圖 4-16)
4. 防砂壩長約 40cm、寬約 3cm、高約 3cm。(圖 4-17)
5. 本實驗位置以桌面爲台，洗手水槽爲出水處。(圖 4-18)
6. 實驗過後的水用鐵盆接住後，澆入花圃以植生。(圖 4-19)

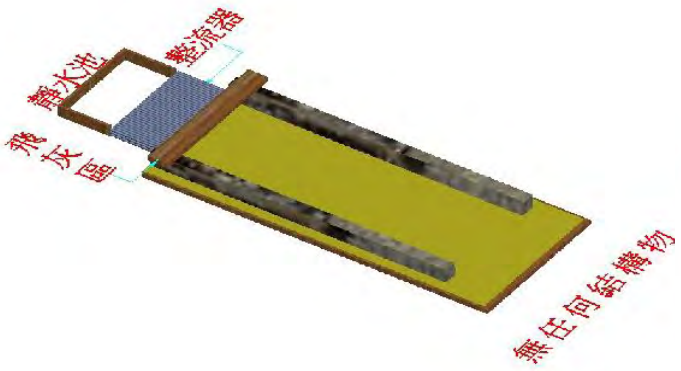


圖 4-7 無任何結構物實驗示意圖

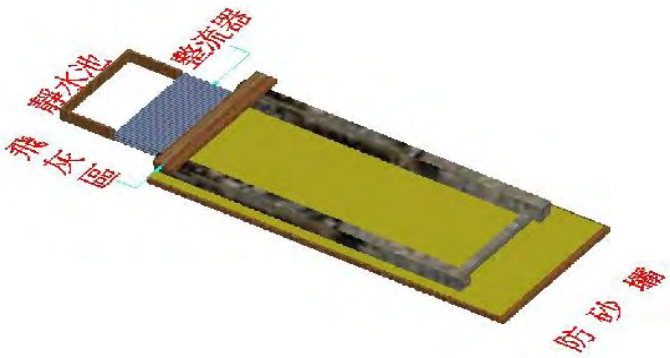


圖 4-8 防砂壩實驗示意圖

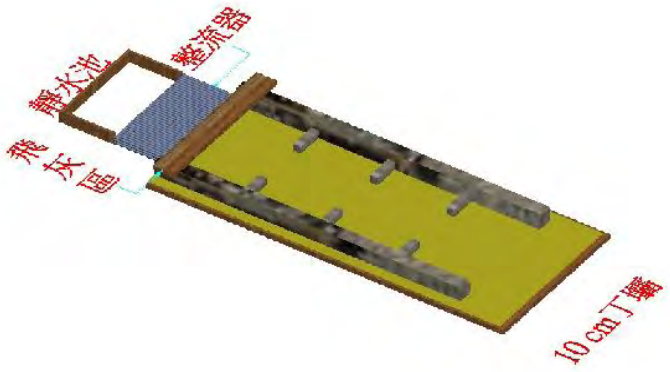


圖 4-9 短丁壩整齊排放實驗示意圖

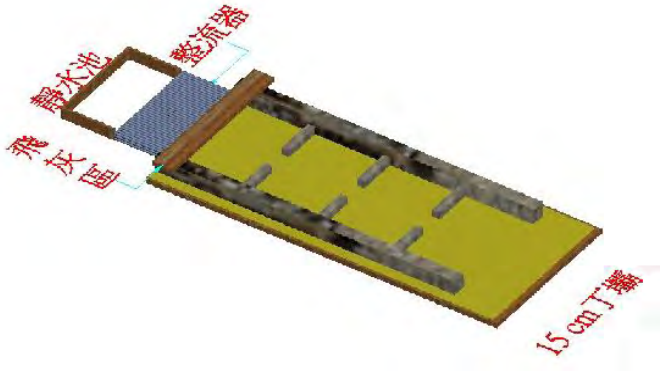


圖 4-10 長丁壩整齊排放實驗示意圖

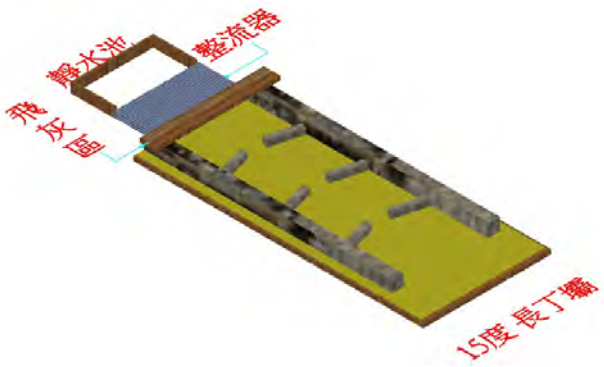


圖 4-11 長丁壩 15 度整齊排放實驗示意圖

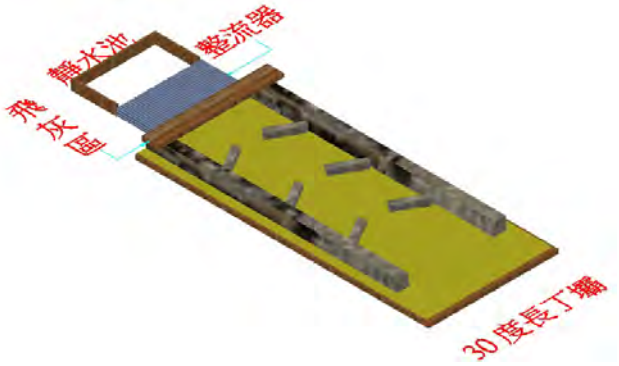


圖 4-12 長丁壩 30 度整齊排放實驗示意圖

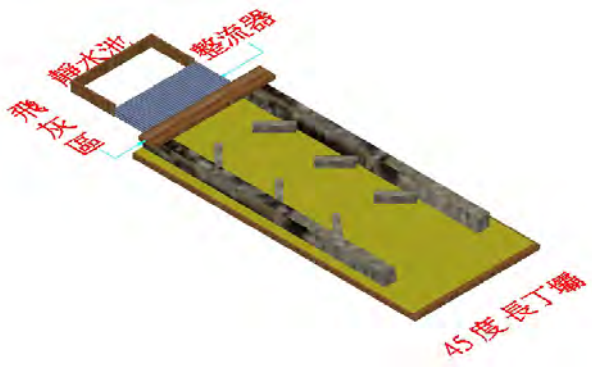


圖 4-13 長丁壩 45 度整齊排放實驗示意圖

圖 4-14 堤防長約 120cm

圖 4-15 短丁壩約 10cm

圖 4-16 長丁壩約 15cm

圖 4-17 防砂壩約 40cm

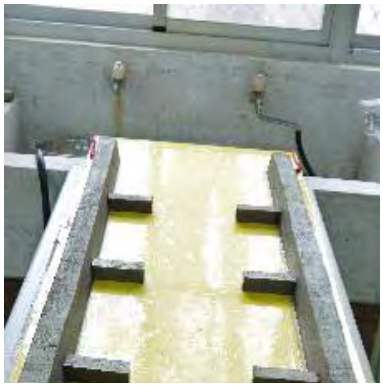


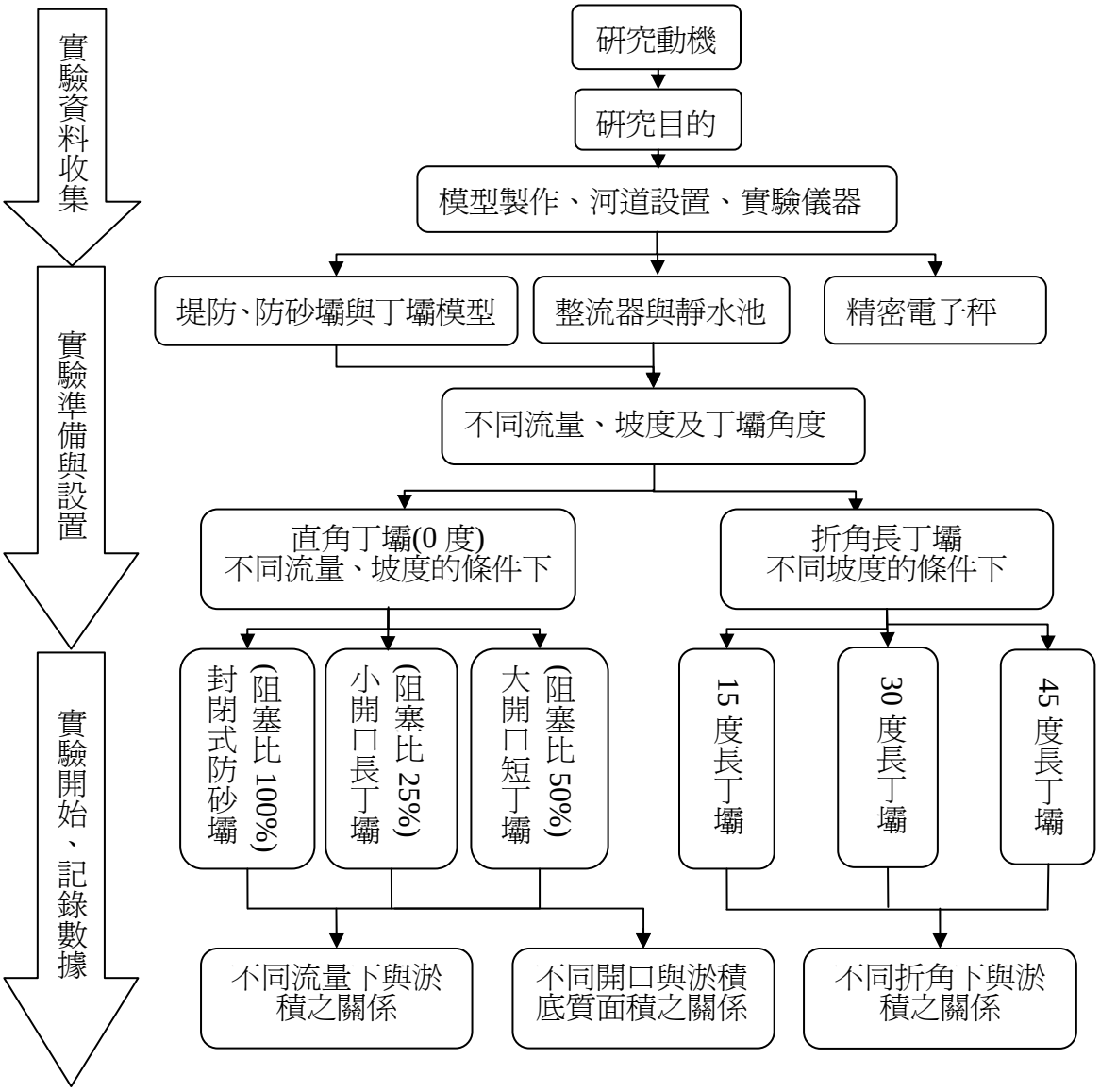
圖 4-18 實驗河道設置

圖 4-19 實驗水灌溉植生

(三)實驗流程與架構

1. 設定坡度(陡坡或緩坡)後，再開啓設定之流量(高、中、低水位)。
2. 此時，河道中的防洪構造物佈置方式有：無任何結構物、長丁壩和短丁壩之整齊排列（與堤防垂直）以及長丁壩之整齊排列（朝上游呈 15 度、30 度、45 度）。
3. 開始實驗，係將預先量好 5 克的飛灰倒入模型中，搖晃 1 分鐘後使之均勻分布，於整流器前倒入河道中，清楚地表現流線及淤積現象。每組重複性實驗三次。
4. 於 45 秒後關閉入流使飛灰沉澱，再用烘乾量測重量後之衛生紙採樣丁壩與丁壩之間的飛灰置於量杯內。
5. 實驗總共 62 組後，將樣本放入烘箱中用 105 度烘烤 24 小時後，再量測烘乾後的重量以求得與實驗前的重量差。
6. 綜括所有 62 組實驗，係由 0 度的 2 組丁壩，2 種坡度，3 種水位，每組實驗重複性三次，總共 36 組；加上，垂直擺放(0 度)的 2 種坡度，各配合 1 組防砂壩和 3 種水位的無任何結構物，總共 8 組；最後加上，2 種坡度，3 種角度，重複性實驗三次，總共 18 組。

其研究架構如下所示：



二、研究方法

(一)、丁壩的設計配置

依朱鏡清(民 92)之理論，如下所述：

1. 丁壩位於直岸時，其間距(L)爲寬度(B)之 2 倍至 3 倍。
2. 丁壩一般間距(L)爲高度(H)之 10 倍至 30 倍。

(二)、流量計算(Q)

依照質量守恆定律，當流量一定時(即固定水位高時)，通水面積變小時，流速反致增加；反之。

$$Q = A \times V$$

式中：Q=流量(m^3/s)、A=通水面積(m^2)、V=流速(m/s)

(三)、河道的流況以福祿數(F_r)來界定

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

式中：V = 流速(m/s)，g = 重力加速度(m/s^2)，h = 水深(m)

其中，Fr = 1.0 臨界流(Critical flow)

Fr < 1.0 亞臨界流(Sub-critical flow) ；流速緩慢，水深大的流況。

Fr > 1.0 超臨界流(Super-critical flow)；流速湍急，水深淺的流況。

所以我們實驗的條件假設，如下所示：

1. 河道流量有三種不同流量條件，分別以穩定的高、中、低水位來代表之。
2. 河流流況有兩種條件：平原(緩坡)屬亞臨界流況（Fr < 1.0）；
   山區(陡坡)屬超臨界流況（Fr > 1.0）。
3. 河道爲直線段、底床爲平滑面和定床情況。
4. 入流爲穩態定流(即流量不隨時間改變)。
5. 三組保護工(長、短丁壩與防砂壩)皆爲重力式不透水性構造物。
6. 模擬水流流況爲完全紊流狀態。

伍、研究結果

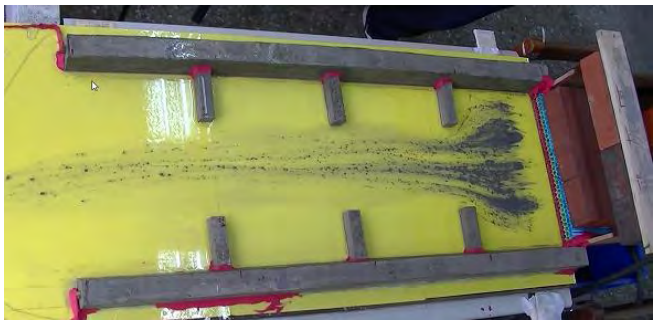
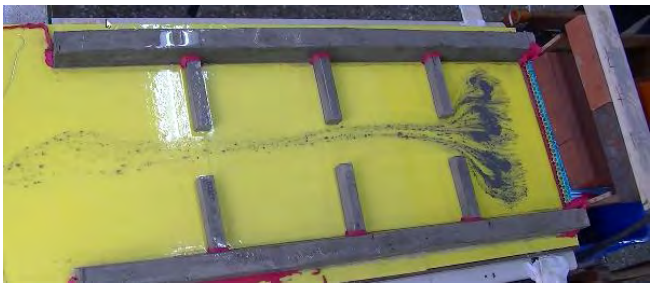
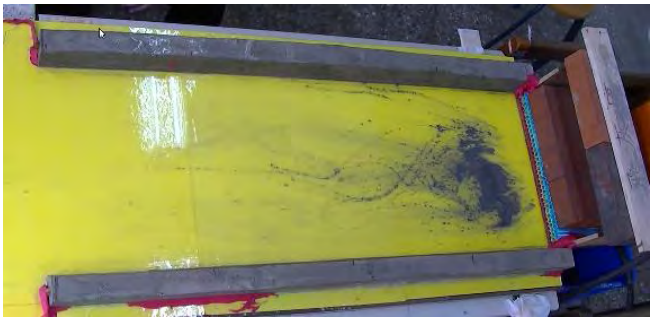
本次的實驗研究，我們設計兩組長、短丁壩(15cm 和 10cm)及一組封閉式的防砂壩，實驗組別總共 62 組，而實驗數據均採三次重複性實驗結果的平均值，我們發現下列幾種情況：

一、淤積情形

(一)、緩坡低流量情況(如表 5-1 所示)

1. 短丁壩：飛灰大部分都淤積在上游之入流處，其餘皆直流而下。(如圖 5-1)
2. 長丁壩：情形與短丁壩差不多，但直流而下飛灰量變少。(如圖 5-2)
3. 防砂壩： 幾乎沉積在原地不會移動。
4. 無結構物：飛灰淤積約在上游。(如圖 5-3)

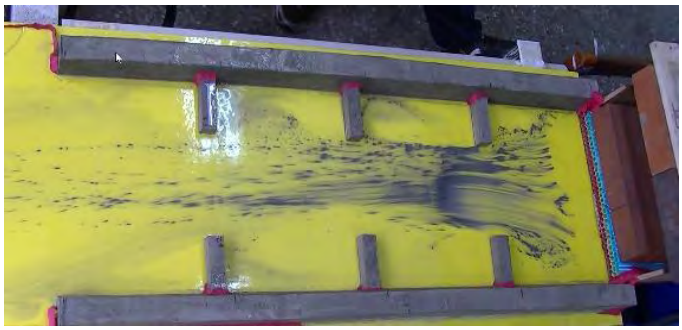
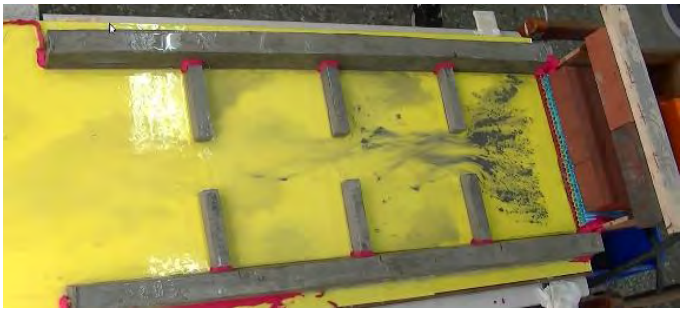
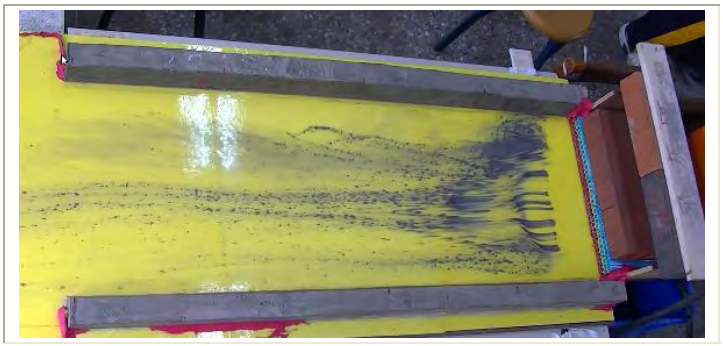
表 5-1 緩坡低流量整理表

坡度	流量	直角之保護工	圖 片 (水流方向)	說 明
緩坡	低流量	短丁壩		(圖 5-1) 飛灰大部分都淤積在上游迴水處，其餘皆直流而下。
		長丁壩		(圖 5-2) 情形與短丁壩差不多，但大多數比短丁壩直流而下的多，使得飛灰量變少。
		無結構物		(圖 5-3) 因屬於迴水區內，飛灰幾乎留在原地。

(二)、緩坡中流量情況(如表 5-2 所示)

1. 短丁壩：飛灰大部分直流而下，少部分淤積在偏下游兩組丁壩，而且有漩渦形狀。(如圖 5-4)
2. 長丁壩：飛灰大部分淤積在偏下游兩組丁壩，有很明顯的漩渦形狀。(如圖 5-5)
3. 防砂壩：幾乎沉積在原地不會移動。
4. 無結構物：飛灰淤積約在 41cm 處。(如圖 5-6)

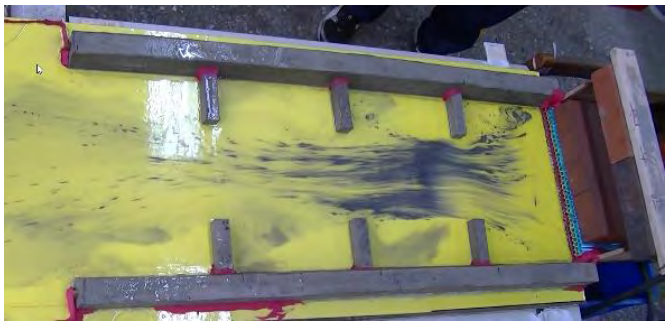
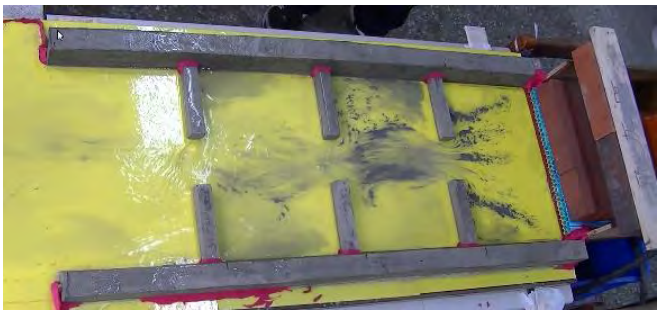
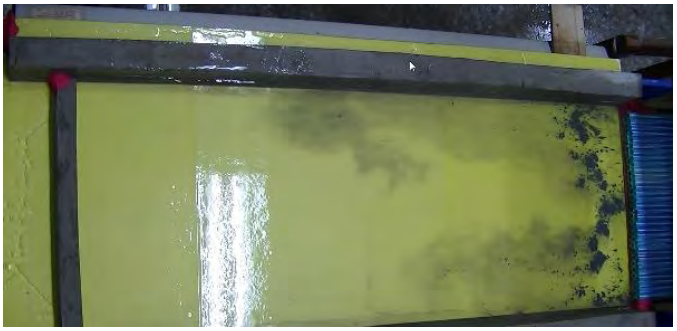
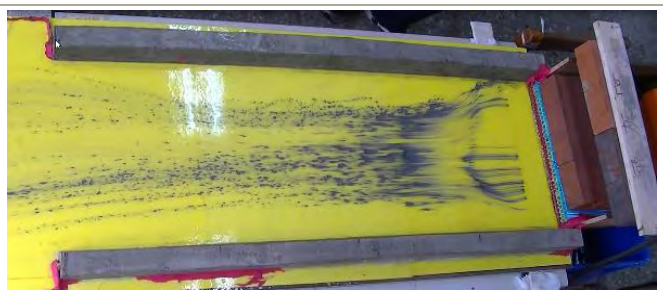
表 5-2 緩坡中流量整理表

坡度	流量	直角之保護工	圖 片 (水流方向)	說 明
緩坡	中流量	短丁壩		(圖 5-4) 飛灰大部分直流而下，少部分淤積在偏下游兩組丁壩，而且有漩渦形狀。
		長丁壩		(圖 5-5) 飛灰大部分淤積在偏下游兩組丁壩，有很明顯的漩渦形狀。
		無結構物		(圖 5-6) 飛灰淤積約在離入流口 41cm 處。

(三)、緩坡高流量情況(如表 5-3 所示)

1. 短丁壩：流速太快，導致飛灰無法淤積在丁壩。(圖 5-7)
2. 長丁壩：飛灰大部分淤積在上游，有明顯的分離流線。(圖 5-8)
3. 防砂壩：幾乎沉積在原地不會移動。(圖 5-9)
4. 無結構物：飛灰淤積大部分分布在約在離出口處 47cm 處。(圖 5-10)

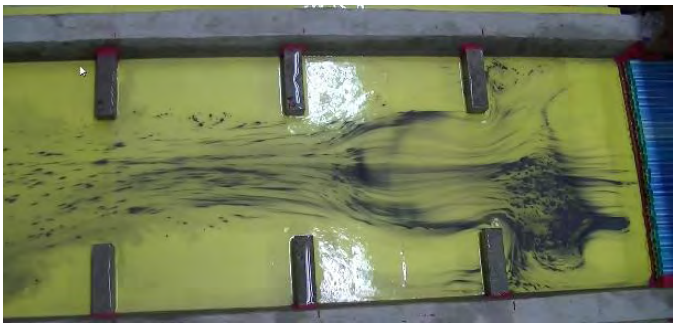
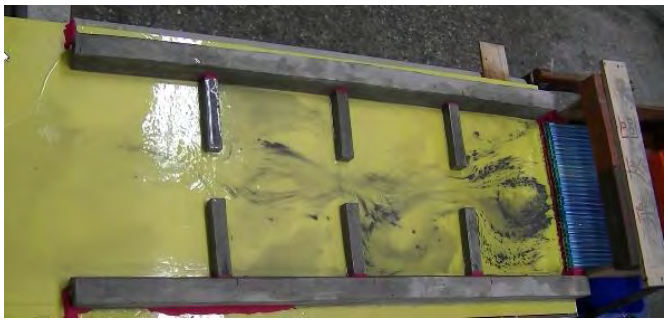
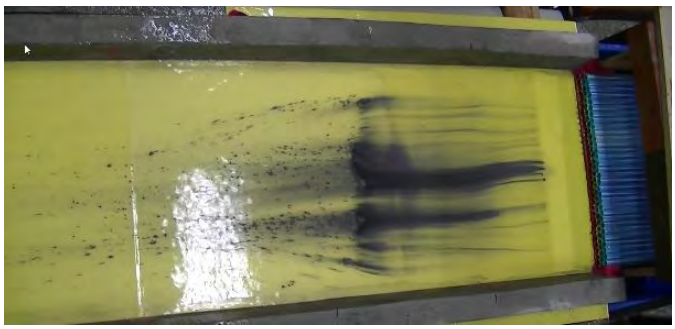
表 5-3 緩坡高流量整理表

坡度	流量	直角之保護工	圖 片 (水流方向)	說 明
緩坡	高流量	短丁壩		(圖 5-7) 流速太快，導致飛灰無法淤積在丁壩。
		長丁壩		(圖 5-8) 飛灰大部分淤積在上游，有明顯的分離流線。
		防砂壩		(圖 5-9) 飛灰幾乎在原地不會移動。
		無結構物		(圖 5-10) 飛灰淤積大部分分布在約在離入流口 47cm 處。

(四)、陡坡低流量情況(如表 5-4 所示)

1. 短丁壩：飛灰少部分淤積在偏下游兩組丁壩，無明顯漩渦形狀。(圖 5-11)
2. 長丁壩：飛灰大部分淤積在上游，且有很明顯漩渦形狀。(圖 5-12)
3. 防砂壩：均淤積在上游處。
4. 無結構物：飛灰淤積約在離出口處 50cm 處。(圖 5-13)

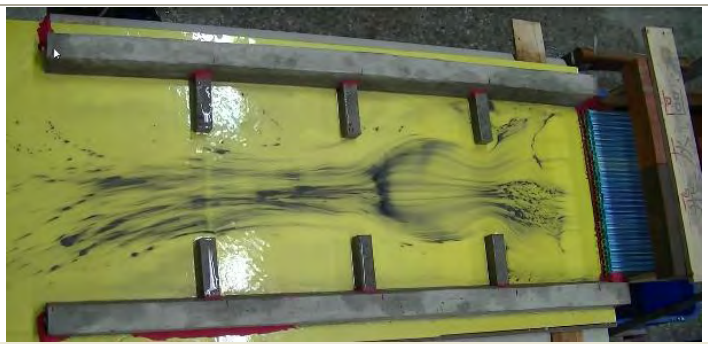
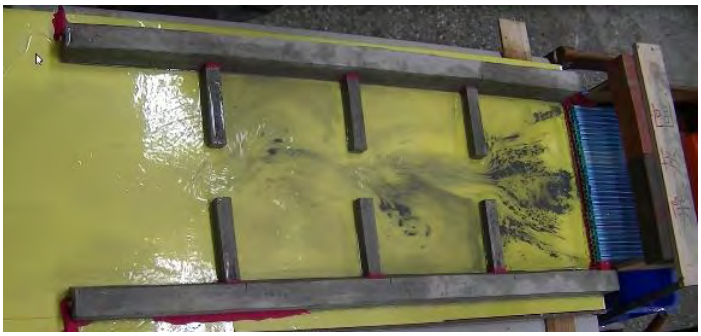
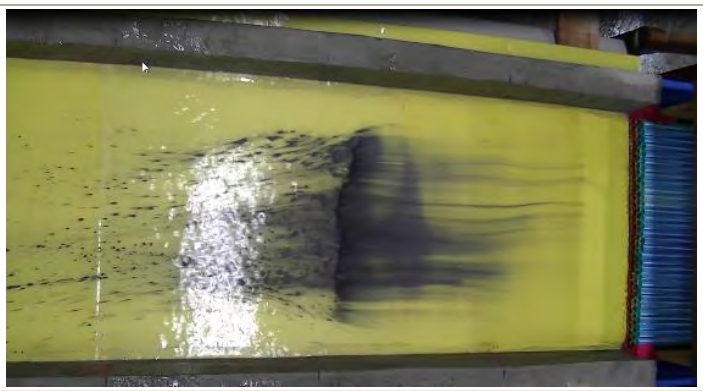
表 5-4 陡坡低流量整理表

坡度	流量	直角之保護工	圖 片 (水流方向)	說 明
陡坡	低流量	短丁壩		(圖 5-11) 飛灰少部分淤積在偏下游兩組丁壩，無明顯漩渦形狀。
		長丁壩		(圖 5-12) 飛灰大部分淤積在上游，且有很明顯漩渦形狀。
		無結構物		(圖 5-13) 飛灰淤積約在離入流口 50cm 處。

(五)、陡坡中流量情況(如表 5-5 所示)

1. 短丁壩：飛灰淤積量較少，大部分直流而下。(圖 5-14)
2. 長丁壩：淤積量明顯比短丁壩多，且有很明顯漩渦形狀。(圖 5-15)
3. 防砂壩：均淤積在上游處。
4. 無結構物：飛灰淤積約在離出口處 52cm 處。(圖 5-16)

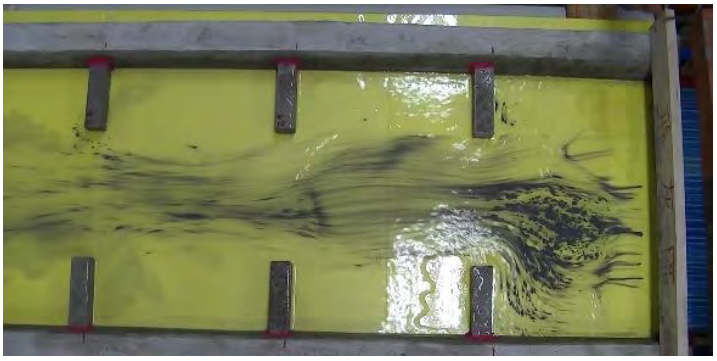
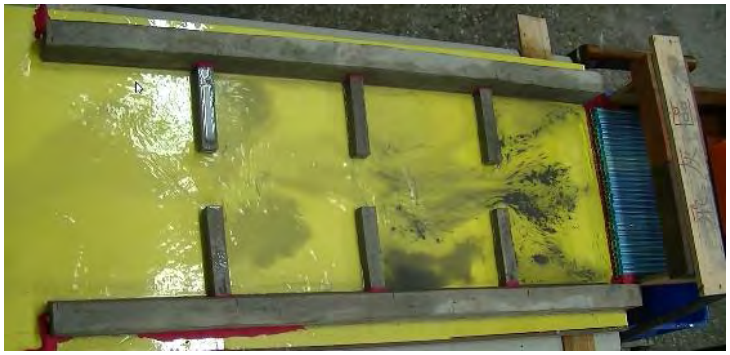
表 5-5 陡坡中流量整理表

坡度	流量	直角之保護工	圖 片 (水流方向)	說明
陡坡	中流量	短丁壩		(圖 5-14) 飛灰淤積量較少，大部分直流而下。
		長丁壩		(圖 5-15) 淤積量明顯比短丁壩多，且有很明顯漩渦形狀。
		無結構物		(圖 5-16) 飛灰淤積約在離入流口 52cm 處。

(六)、陡坡高流量情況(如表 5-6 所示)

1. 短丁壩：飛灰淤積量較少，大部分直流而下。(圖 5-17)
2. 長丁壩：淤積量比短丁壩些許多一些，且有很明顯漩渦形狀。(圖 5-18)
3. 防砂壩：均淤積在上游處。
4. 無結構物：飛灰淤積約在 54cm 處。(圖 5-19)

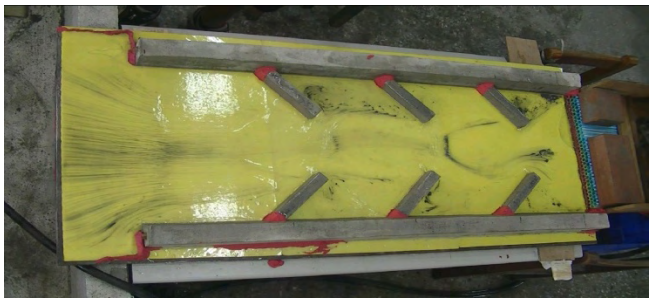
表 5-6 陡坡高流量整理表

坡度	流量	直角之保護工	圖　片 (水流方向)	說明
陡坡	高流量	短丁壩		(圖 5-17)飛灰淤積量較少，大部分直流而下。
		長丁壩		(圖 5-18)淤積量比短丁壩些許多一些，且有很明顯漩渦形狀。
		無結構物		(圖 5-19)飛灰淤積約在離入流口 54cm 處。

(七)、緩坡高流量折角情況(如表 5-7 所示)

1. 折角 15 度：飛灰可淤積於中、上游處，與同樣條件 0 度比較下，其淤積情形及渦漩更是明顯，但流線交會位置不明顯。 (如圖 5-20)
2. 折角 30 度：飛灰明顯淤積於中上游壩間，且銳緣往上游前移，使得流線交會位置隨之往上游移動。(如圖 5-21)
3. 折角 45 度：飛灰淤積量較 30 度者少，下游壩間已有明顯淤積情況出現，係因爲開口較大，使得左右方向振盪水波較爲明顯。(如圖 5-22)

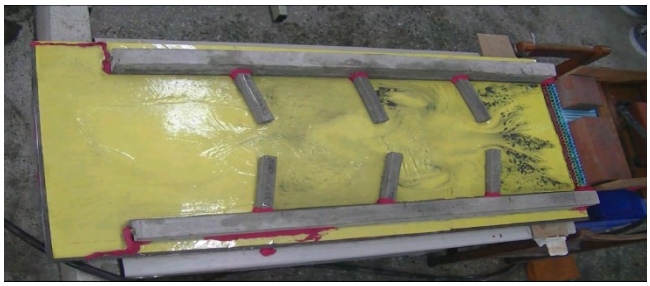
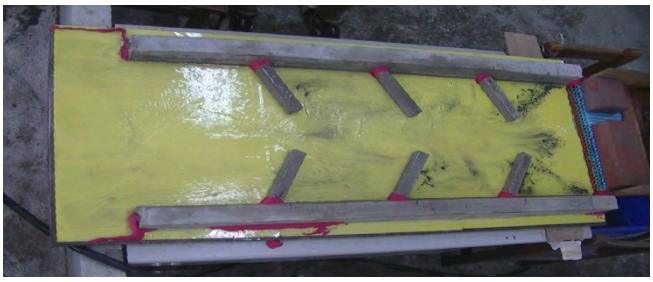
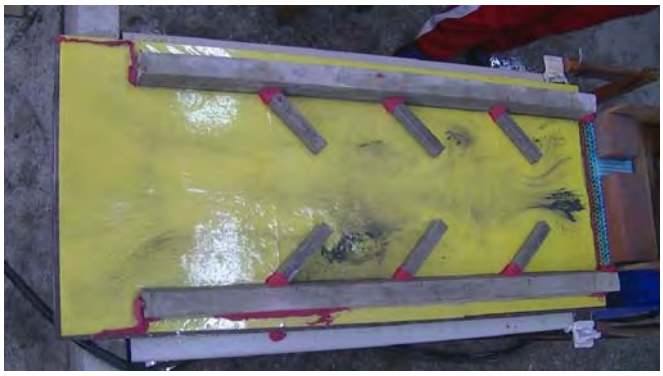
表 5-7 緩坡高流量折角整理表

坡度	流量	折角之長丁壩	圖 片 (水流方向)	說明
緩坡	高流量	15 度		(圖 5-20) 飛灰可淤積於中、上游處，與同樣條件 0 度比較下，其淤積情形及渦漩更是明顯，但流線交會位置不明顯。
		30 度		(圖 5-21) 飛灰明顯淤積於中上游壩間，且銳緣往上游前移，使得流線交會位置隨之往上游移動。
		45 度		(圖 5-22) 飛灰淤積量較 30 度者少，下游壩間已有明顯淤積情況出現。

(八)、陡坡高流量折角情況(如表 5-8 所示)

1. 折角 15 度：飛灰可淤積於上游壩間處，與同樣條件 0 度比較下，其淤積情形和渦漩較爲明顯，但比起緩坡，壩間渦漩和流線交會位置較不明顯。((如圖 5-23)
2. 折角 30 度：壩間淤積很明顯地少於 15 度者，但銳緣往上游前移，使得流線交會位置隨之往上游移動。(如圖 5-24)
3. 折角 45 度：壩間淤積又較 30 度者少，且下游壩間有淤積情況出現，係因爲開口較大，流速較快，使得左右振盪頻率恰將之帶入壩間。(如圖 5-25)

表 5-8 陡坡高流量折角整理表

坡度	流量	折角之長丁壩	圖 片 (水流方向)	說明
陡坡	高流量	15 度		(圖 5-23) 飛灰可淤積於上游壩間處，其淤積情形和渦漩較爲明顯，但壩間渦漩和流線交會位置較不明顯。
		30 度		(圖 5-24) 壩間淤積很明顯地較少，但銳緣往上游前移，使得流線交會位置隨之往上游移動。
		45 度		(圖 5-25) 壩間淤積又較 30 度者少，且下游壩間有淤積情況出現。

陸、討論

本實驗一開始時，因爲堤防與河道有空隙、堤防與丁壩斜度不合等問題，使得我們設計的實驗遲遲無法進行。起初我們用熱熔槍補強，但因熱熔槍過熱而導致塑膠墊有融化現象，所以不適合；之後用陶土補強，但陶土並不防水，且水的衝力過大而導致陶土被大量的沖走，所以我們也不採用；最後我們終於想到用填縫劑(如圖 6-1)及防水黏土(如圖 6-2)，用填縫劑解決堤防與河道有空隙的問題，再用防水黏土補堤防與丁壩斜度的不合，使水不從隙縫流出。

模型完成時，因坡度不大，導致試水流情況中，靜水池與河道接縫處出現漏水出現象，我們用重物把靜水池壓密(如圖 6-3)，再用油性黏土把縫補滿，就無漏水情況。出水情形穩定後，發現靜水池無法蓄水，所以我們拿一木板當作擋水板放在整流器前，在下方留小縫讓水通過，最後就能蓄水於靜水池。

圖 6-1 用填縫劑補填堤防

圖 6-2 防水黏土

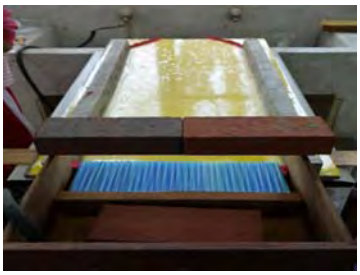


圖 6-3 用重物使靜水池與河道密合

由本次的實驗結果得知丁壩的長度與阻擋方式都會影響河流迴水位置、淤積造灘的多寡、水線交叉點位置、壩間的水波震盪以及降低流速。

一、當河道是緩坡、直角丁壩情況時

(一)、低流量：

1. 短丁壩：開口大小 50%的保護工，因爲兩邊壩之間的通透比與長丁壩比較更大，使得迴水現象更不如防砂壩明顯，且流速過慢讓飛灰大多淤積在中段、下游丁壩處；但水浪震盪顯以及水線交叉都不如長丁壩明顯。(如圖 6-5)

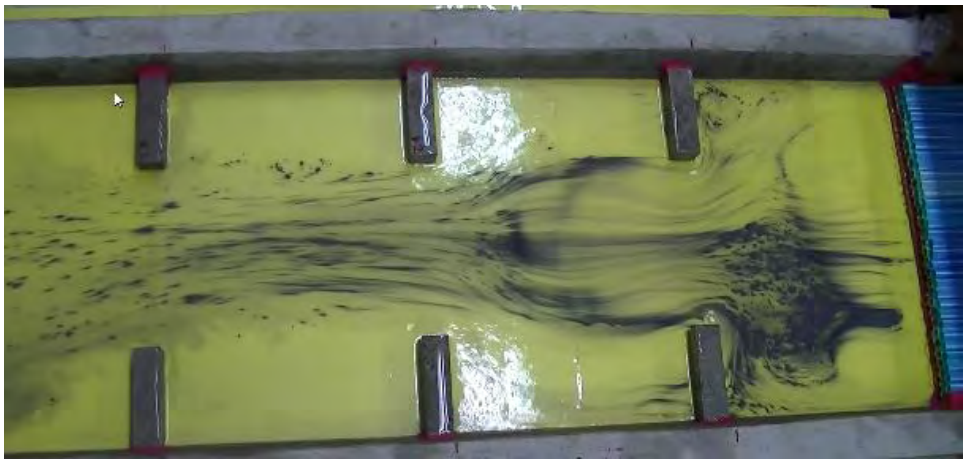


圖 6-5 緩坡低流量短丁壩情況

2. 長丁壩：開口大小 25%的防砂壩，因爲兩邊壩與壩之間是通透的，使得迴水現象不如防砂壩明顯，但流速太慢導致飛灰淤在上游處，所以無造攤現象，而飛灰大多淤積在上游丁壩處；而中央河道因爲水流變慢，使得水浪震盪顯得比高流量不明顯；而水線交叉因流速慢，所以不明顯。(如圖 6-6)

3. 防砂壩：由於高流量時，幾乎都淤積在原地，所以當流量較中流量更小時，飛灰亦大部分留在原地。

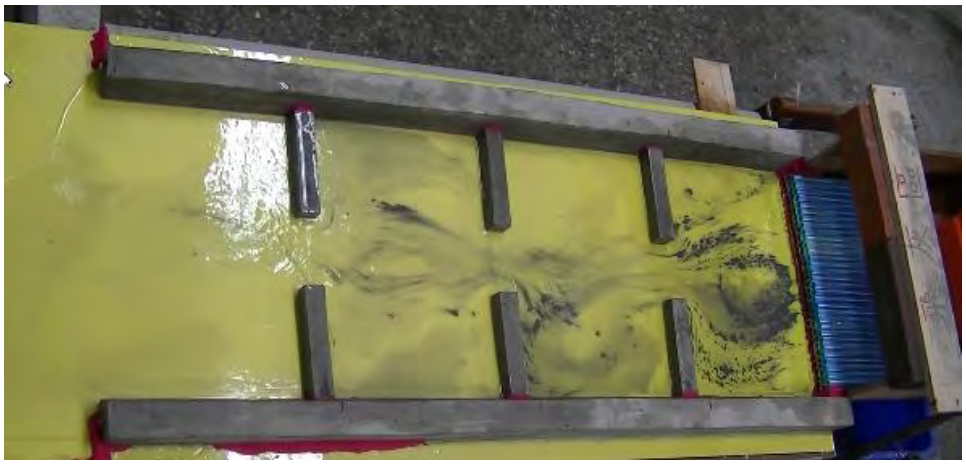


圖 6-6 緩坡低流量長丁壩情況

(二)、中流量：

1. 短丁壩：開口大小 50%的防砂壩，因爲兩邊壩之間的通透比與長丁壩比較更大，使得迴水現象更不如防砂壩明顯，且流速快動能大將漂砂帶入壩間使之沉澱，讓飛灰大多淤積在中段、下游丁壩處；但水浪震盪顯以及水線交叉都不如長丁壩明顯。(如圖 6-7)

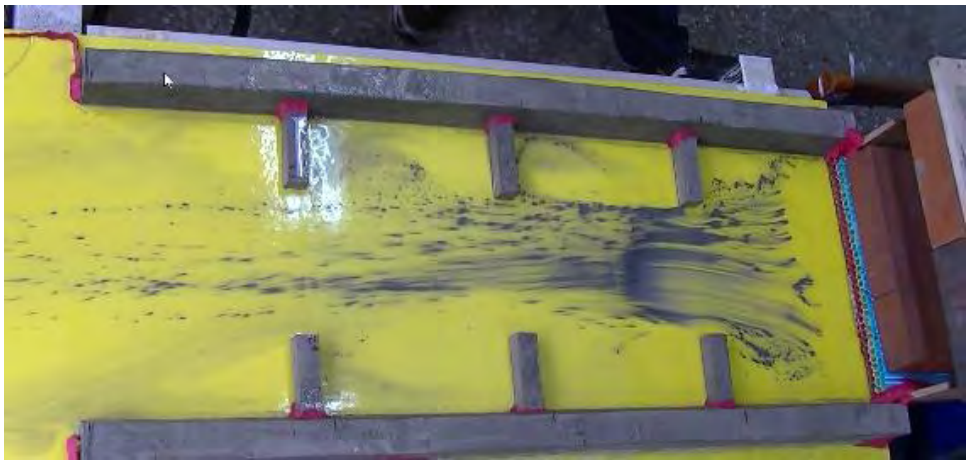


圖 6-7 緩坡中流量短丁壩情況

2. 長丁壩：開口大小 25%的防砂壩，因爲兩邊壩之間是通透的，使得迴水現象不如防砂壩明顯，且流速快動能大將漂砂帶入壩間使之沉澱，讓飛灰大多淤積在中段丁壩處；而中央河道因爲水流變慢，使得水浪震盪顯得比高流量不明顯；而水線交叉皆最靠近兩邊壩與壩之間的上游處。(如圖 6-8)

3. 防砂壩：由於高流量時，幾乎都淤積在原地，所以當流量較高流量小時，飛灰亦大部分留在原地。

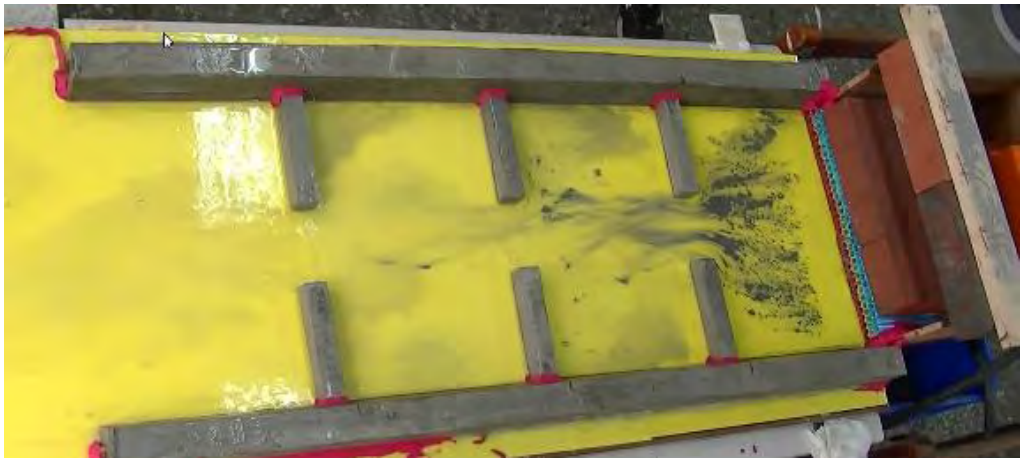


圖 6-8 緩坡中流量長丁壩情況

(三)、高流量：

1. 短丁壩：開口大小 50%的防砂壩，因爲兩邊壩之間的通透比與長丁壩比較更大，使得迴水現象更不如防砂壩明顯，加上流速快動能大將漂砂帶入壩間使之沉澱，讓飛灰大多淤積在中下游丁壩處；而中央河道因爲流速快帶動壩間的旋轉速度變快；但水浪震盪顯以及水線交叉都不如長丁壩明顯。(如圖 6-9)

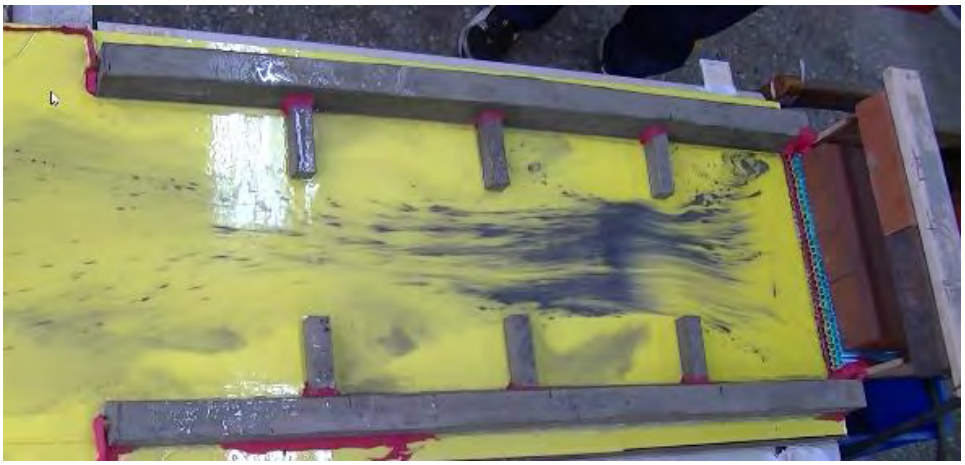


圖 6-9 緩坡高流量短丁壩情況

2. 長丁壩：開口大小 25%的防砂壩，因爲兩邊壩之間是通透的，使得迴水現象不如防砂壩明顯，且流速快動能大將漂砂帶入壩間使之沉澱，讓飛灰大多淤積在中段丁壩處；而中央河道因爲流速快帶動壩間的旋轉速度變快，使得水浪震盪顯得非常明顯；亦因爲流速加速使得水線交叉皆最靠近兩邊壩與壩之間的上游處。(如圖 6-10)

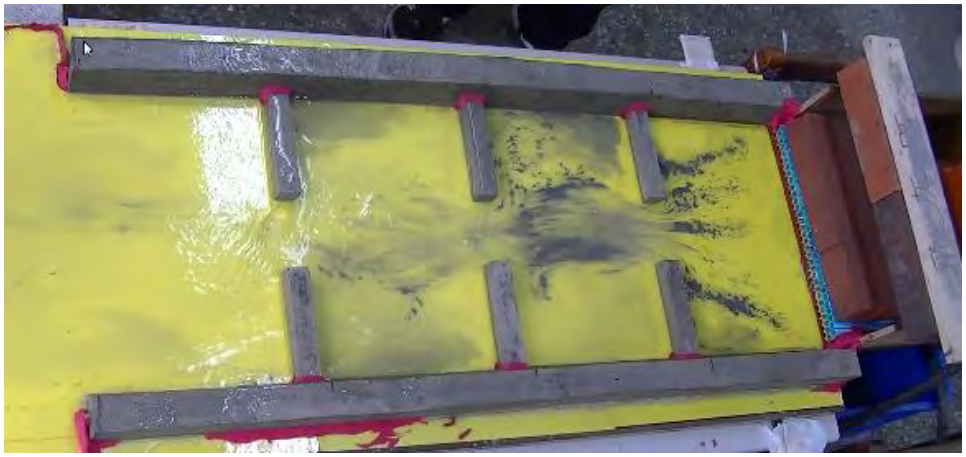


圖 6-10 緩坡高流量長丁壩情況

3. 防砂壩：把河道 100%的阻擋住，使得迴水現象非常明顯，甚至迴水到靜水區；但水面幾乎呈現靜止狀態，所以飛灰無法在壩前造攤，幾乎大部分淤積在上游處徘徊；沒有水浪震盪及水線交叉的現象。(如圖 6-11)

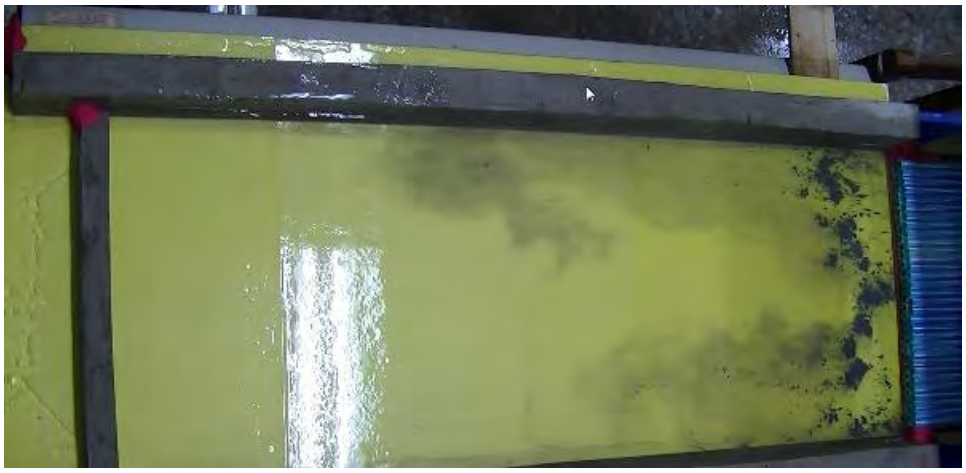


圖 6-11 緩坡高流量防砂壩淤積情況

二、當河道是陡坡、直角丁壩情況時

(一)、低流量：

1. 短丁壩：開口大小 50%的防砂壩，因爲兩邊壩之間的通透比與長丁壩比較更大，使得迴水現象更不如防砂壩明顯，且流速快動能大將漂砂帶入壩間使之沉澱，讓飛灰大多淤積在中段、下游丁壩處；而中央河道因爲水流變慢，使得水浪震盪顯得比高流量不明顯；而水線交叉因流速慢，所以不明顯。(如圖 6-12)

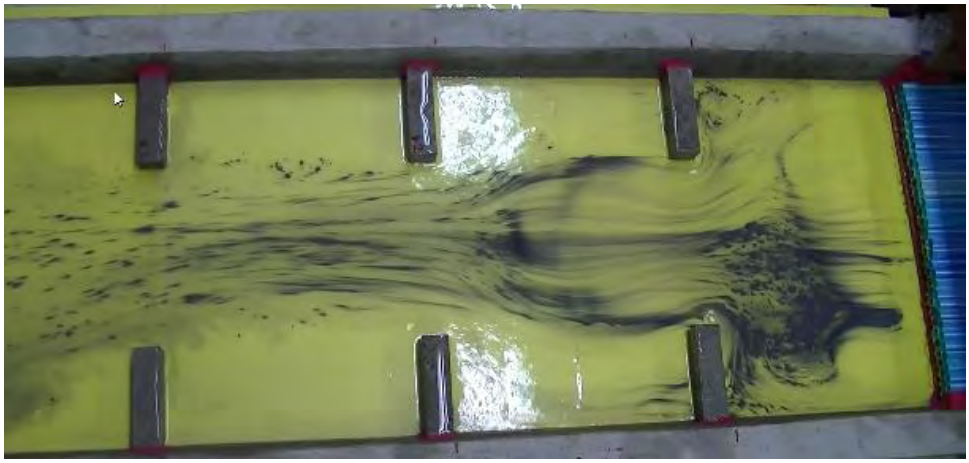


圖 6-12 陡坡低流量短丁壩情況

2. 長丁壩：開口大小 25%的防砂壩，因爲兩邊壩與壩之間是通透的，使得迴水現象不如防砂壩明顯，但流速太慢導致飛灰淤在上游處，所以無造攤現象，而飛灰大多淤積在上游丁壩處；而中央河道因爲水流變慢，使得水浪震盪顯得比高流量不明顯；而水線交叉因流速慢，所以不明顯。(如圖 6-13)

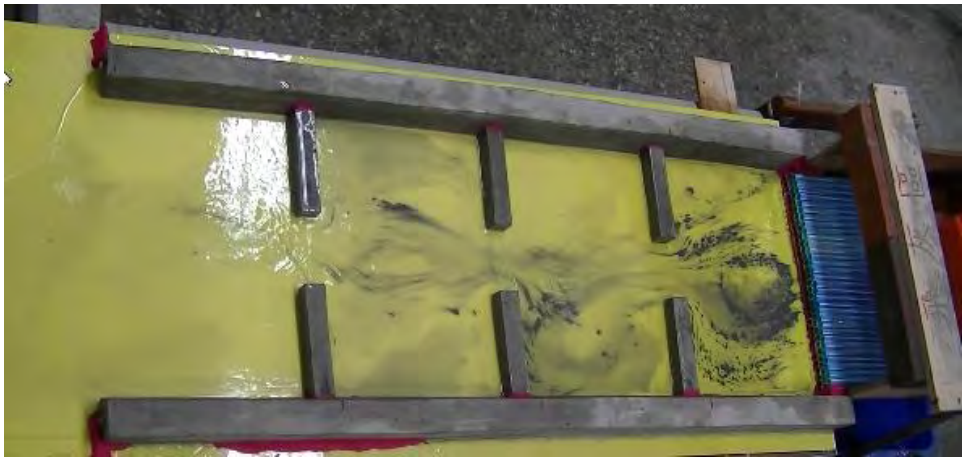


圖 6-13 陡坡低流量長丁壩情況

3. 防砂壩：把河道 100%的阻擋住，使得迴水現象非常明顯，甚至迴水到靜水區；但水面幾乎呈現靜止狀態，所以飛灰無法在壩前造攤，大部分積在上游處徘徊。沒有水浪震盪及水線交叉的現象。

(二)、中流量：

1. 短丁壩：開口大小 50%的防砂壩，因爲兩邊壩之間的通透比與長丁壩比較更大，使得迴水現象更不如防砂壩明顯，且流速快動能大將漂砂帶入壩間使之沉澱，讓飛灰大多淤積在中段、下游丁壩處，但淤積量並不多；而水浪震盪顯以及水線交叉都不如長丁壩明顯。(如圖 6-14)

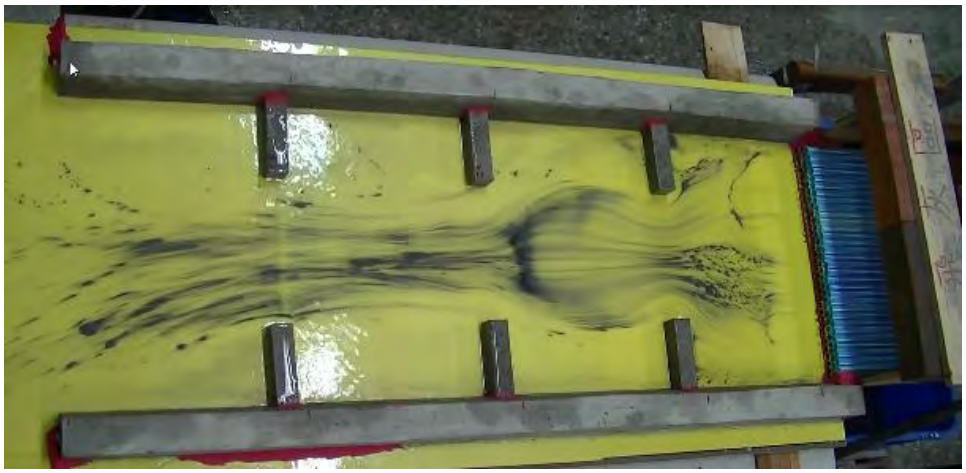


圖 6-14 陡坡中流量短丁壩情況

2. 長丁壩：開口大小 25%的防砂壩，因爲兩邊壩之間是通透的，使得迴水現象不如防砂壩明顯，且流速快動能大將漂砂帶入壩間使之沉澱，讓飛灰大多淤積在中段丁壩處；而中央河道因爲水流變慢，使得水浪震盪顯得比高流量不明顯；而水線交叉皆最靠近兩邊壩與壩之間的上游處。(如圖 6-15)

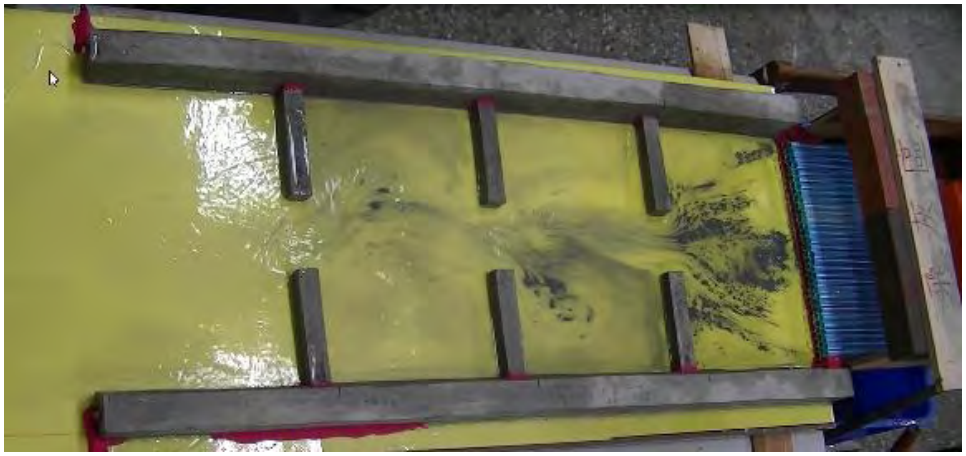


圖 6-15 陡坡中流量長丁壩情況

3. 防砂壩：把河道 100%的阻擋住，使得迴水現象非常明顯，最後停留在整流器前 0.5 公分處。

(三)、高流量：

1. 短丁壩：開口大小 50%的防砂壩，因爲兩邊壩之間的通透比與長丁壩比較更大，使得迴水現象更不如防砂壩明顯，加上流速快動能大將漂砂帶入壩間使之沉澱，讓飛灰大多淤積在中段、下游丁壩處；而中央河道因爲流速快帶動壩間的旋轉速度變快；但水浪震盪顯以及水線交叉都不如長丁壩明顯。(如圖 6-16)

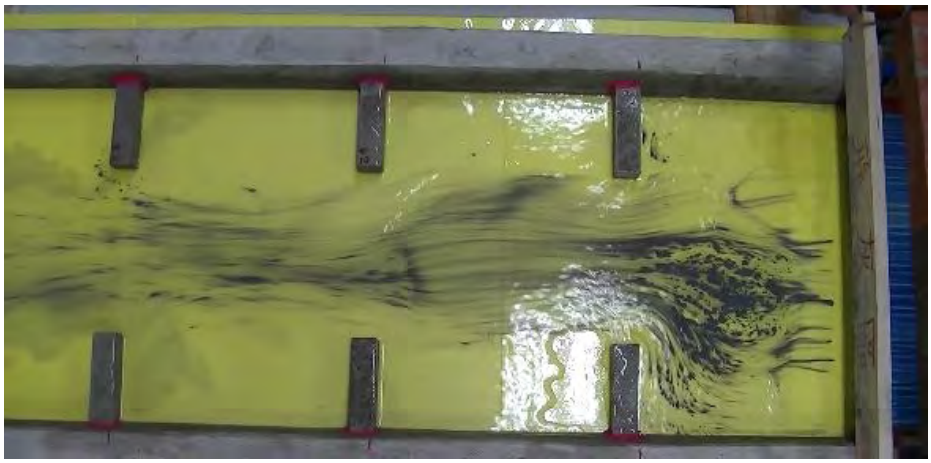


圖 6-16 陡坡高流量短丁壩情況

2. 長丁壩：開口大小 25%的防砂壩，因爲兩邊壩之間是通透的，使得迴水現象不如防砂壩明顯且流速快動能大將漂砂帶入壩間使之沉澱，讓飛灰大多淤積在上游、中段丁壩處；而中央河道因爲流速快帶動壩間的旋轉速度變快，使得水浪震盪顯得非常明顯；亦因爲流速加速使得水線交叉皆最靠近兩邊壩與壩之間的上游處。(如圖 6-17)

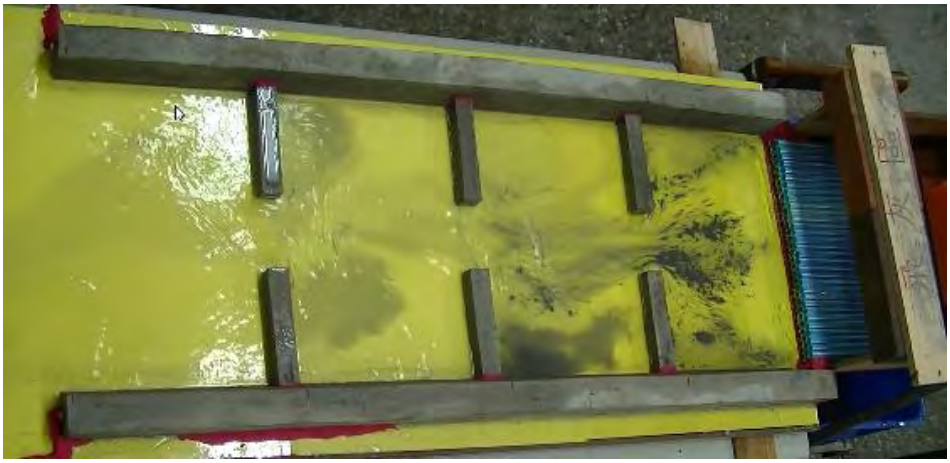


圖 6-17 陡坡高流量長丁壩情況

3. 防砂壩：把河道 100%的阻擋住，使得迴水現象非常明顯，最後停留在整流器前 1.0 公分處

三、當河道是陡坡、高流量、折角長丁壩情況時

(一)、折角 15 度：丁壩朝上游 15 度，兩岸壩之間的開口稍大，也因爲銳緣角度上移的緣故，當飛灰被水帶到丁壩與丁壩之間，將產生淤積且不易被沖出，且大部分都淤積在上游處，而水線的交叉處並不明顯。(如圖 6-18)

圖 6-18 陡坡高流量長丁壩 15 度情況

(二)、折角 30 度：丁壩朝上游轉 30 度，兩岸壩之間的通透處越來越大，淤積的範圍相對減少一些，少許的飛灰也淤積在水線的交叉處，且淤積處也屬上游較多。(如圖 6-19)

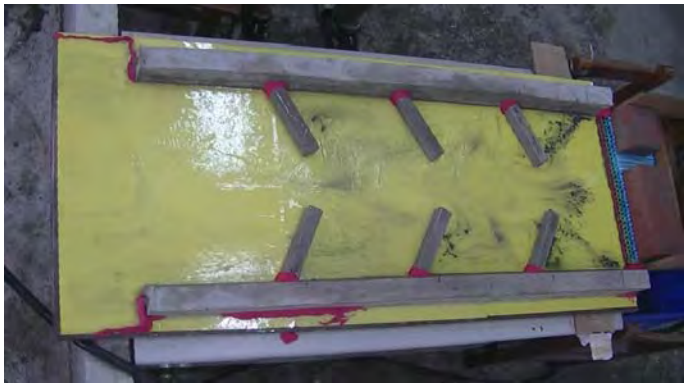


圖 6-19 陡坡高流量長丁壩 30 度情況

(三)、折角 45 度：因爲丁壩朝上游 45 度，兩岸壩之間的通透面積變得更大，淤積面積相對減少更多，且可明顯看出飛灰淤積在水的交線處，少部分淤積在中上游處。(如圖 6-20)

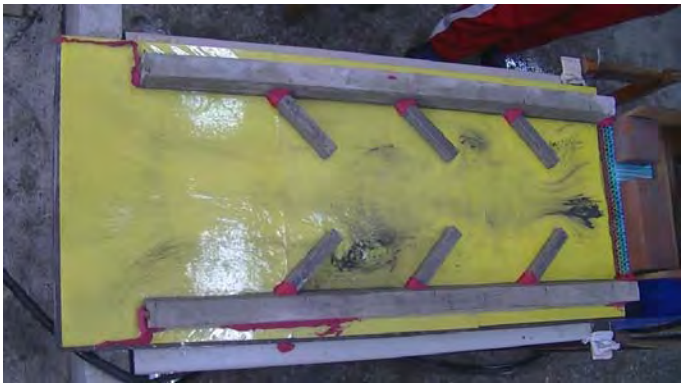


圖 6-20 陡坡高流量長丁壩 45 度情況

四、當河道是緩坡、高流量、折角長丁壩情況時

(一)、折角 15 度：丁壩朝上游 15 度後，水流速度因爲較陡坡慢，飛灰係經由左右震盪頻率易被帶入壩間，卻也因折角，變成不易脫離包絡的渦漩造成淤積在中上游較多。(如圖 6-21)

圖 6-21 緩坡高流量長丁壩 15 度情況

(二)、折角 30 度：丁壩的折角變得更大時，飛灰更容易淤積在中上游之壩間且水線的交叉明顯出現在中下游處。(如圖 6-22)

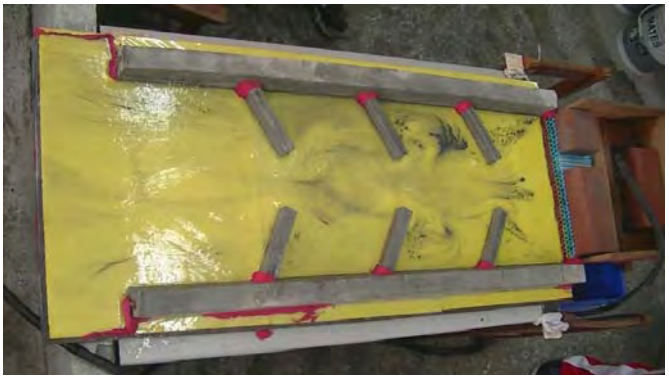


圖 6-22 緩坡高流量長丁壩 30 度情況

(三)、折角 45 度：但是當丁壩呈 45 度時，兩岸霸間的通透比最大，備註：由於緩坡屬於亞臨界流，所以當飛灰被沖到下游，又會洄游到中段處，再次產生淤積，使得淤積量無法像陡坡有個度定值，這也可以驗證我們設計的緩坡是亞臨界流的狀態。(如圖 6-23)

圖 6-23 緩坡高流量長丁壩 45 度情況

五、當不同保護工攔砂淤積時

(一)、在緩坡中，相關係數（淤積量）相較之下長丁壩比短丁壩較高，故代表前者淤積量相較爲大(如圖 6-1 及圖 6-2)。

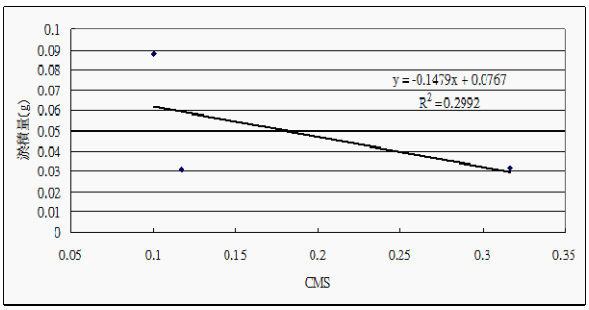


圖 6-1 緩坡短丁壩淤積量

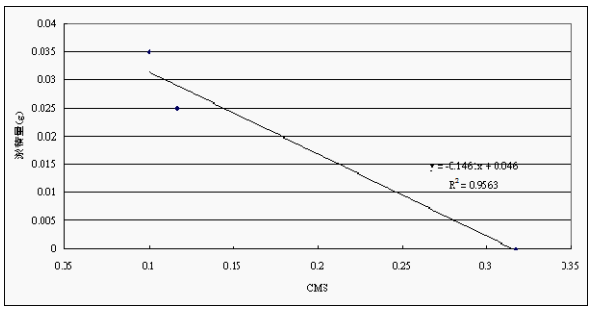


圖 6-2 緩坡長丁壩淤積量

(二)、在陡坡中，相關係數（淤積量）相較之下長丁壩比短丁壩較高，故代表前者淤積量相較爲大。(如圖 6-3 及圖 6-4)。

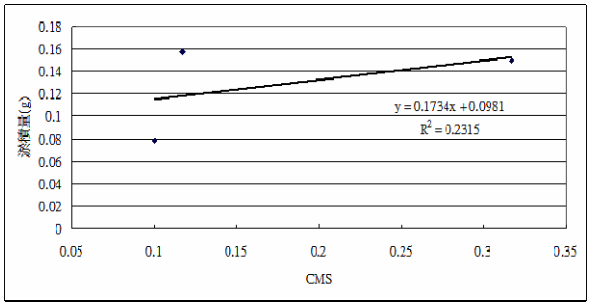


圖 6-3 陡坡短丁壩淤積量

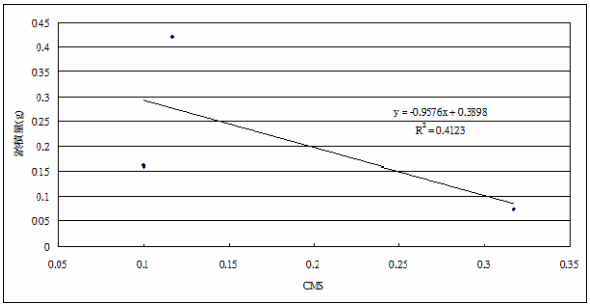


圖 6-4 陡坡長丁壩淤積量

六、當不同保護工攔砂淤積時，淤積底質的最大長度

(一)、在緩坡中，相關係數相較下，長丁壩比短丁壩較高，故代表前者淤積面積較大(如圖 6-5 及圖 6-6)。

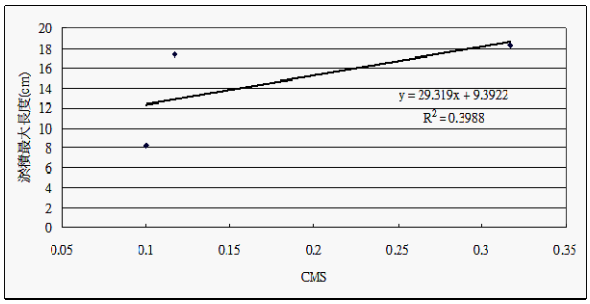


圖 6-5 緩坡短丁壩淤積底質最大長度

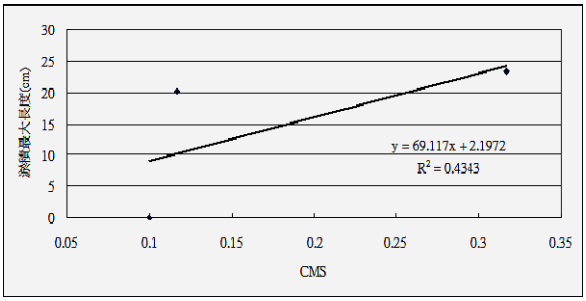


圖 6-6 緩坡長丁壩淤積底質最大長度

(二)、在陡坡中，長丁壩的相關係數比短丁壩較高，故代表前者淤積面積較大(如圖 6-7 及圖 6-8)。

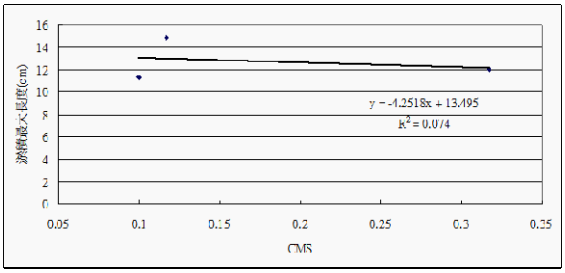


圖 6-7 陡坡短丁壩淤積底質最大長度

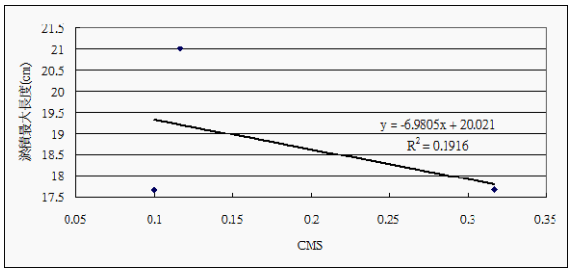


圖 6-8 陡坡長丁壩淤積底質最大長度

七、當不同開口大小時，其淤積底質的最大長度

(一)、就緩坡的高流量和中流量而言，比較其開口大小，開口小的淤積最大長度較大，故開口小的淤積能力較好。(如圖 6-9 及圖 6-10)

(二)、在緩坡的低流量中，因爲開口小的河道中央會速度加快，使得河道中央的水流帶動壩間的動能不夠強勁，無法將漂砂帶入壩間使之沉澱；而開口大的河道坡度緩，流速慢，使得河道中央的水流被帶入壩間，使之將漂砂帶入壩間沉澱，故開口大比較開口小，開口大的淤積能力較好。(如圖 6-11)

(三)、在陡坡的高流量、中流量、低流量中，中流量的相關係數值較高、高流量的相關係數值次之、低流量的相關係數最小，且係數相差程度非常接近。(如圖 6-12、圖 6-13 及圖 6-14)；而緩坡的三組實驗之淤積大小有著明顯區別，甚至呈現淤積極少的情況；另外，陡坡皆有淤積且最大長度都比緩坡短些。

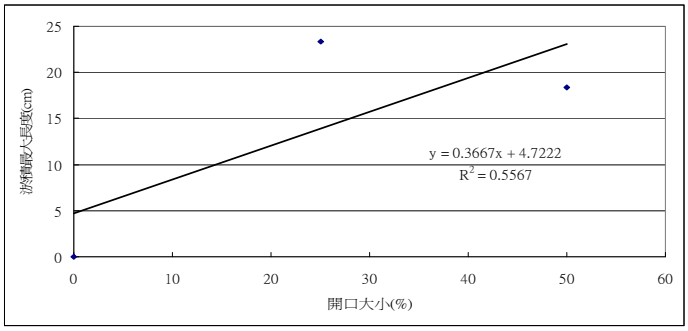


圖 6-9 緩坡高流量淤積底質最大長度

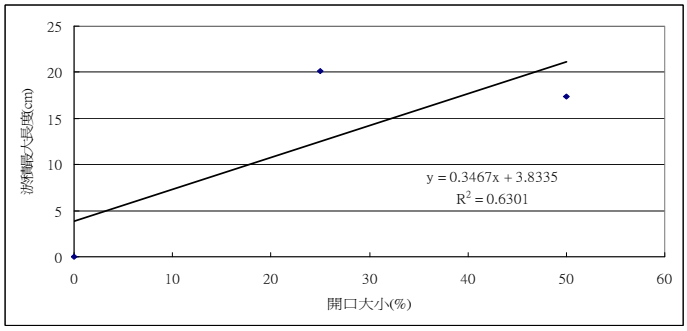


圖 6-10 緩坡中流量淤積底質最大長度

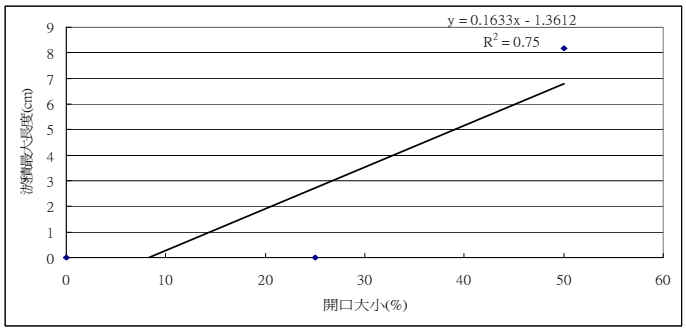


圖 6-11 緩坡低流量淤積底質最大長度

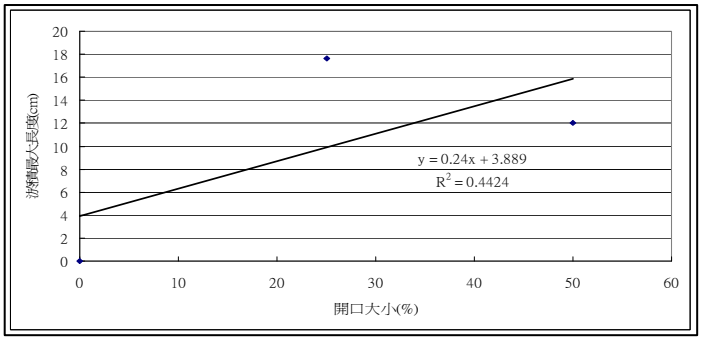


圖 6-12 陡坡高流量淤積底質最大長度

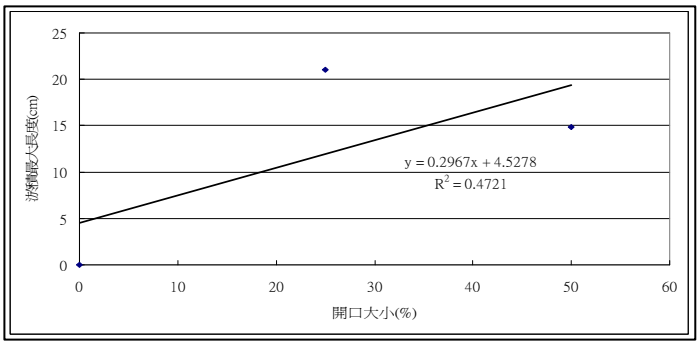


圖 6-13 陡坡中流量淤積底質最大長度

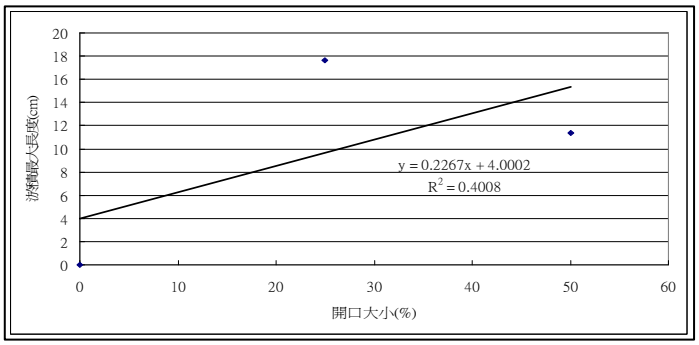


圖 6-14 陡坡低流量淤積底質最大長度

八、當不同開口大小時，其迴水位置

(一)、在緩坡的高流量、中流量、低流量中，因爲開口小的迴水情況非常像封閉式的防砂壩一樣，一直往上游迴朔，所以迴水位置非常靠近整流器；而開口大的迴水情況，水大多從河道中央流走，所以迴水位置離整流器較遠。(如圖 6-15、圖 6-16 及圖 6-17)

(二)、在陡坡的高流量、中流量、低流量中，低流量的相關係數值較高、中流量的相關係數值次之、高流量的相關係數較小 。而陡坡的迴水位置，因流速較快、動能較大，大部分都會比緩坡較遠離整流器。(如圖 6-18、圖 6-19 及圖 6-20)

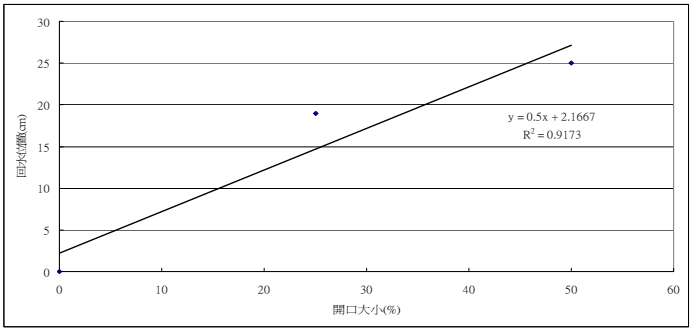


圖 6-15 緩坡高流量迴水位置

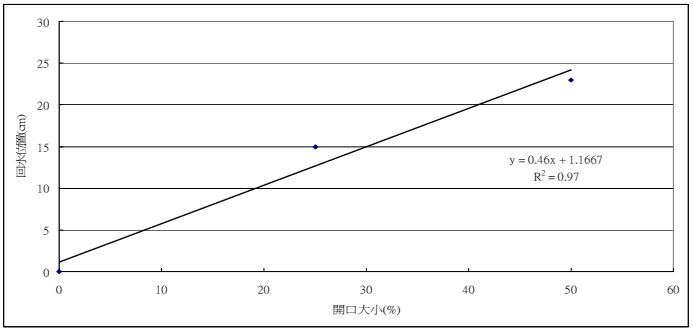


圖 6-16 緩坡中流量迴水位置

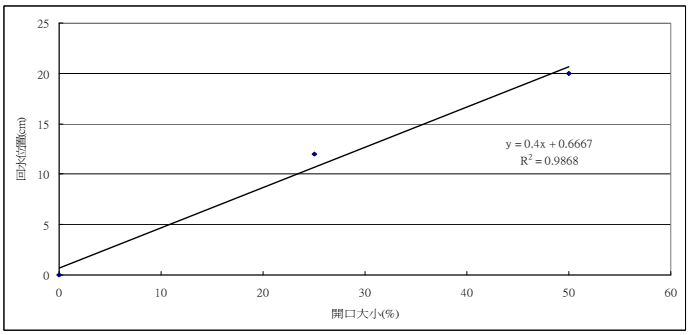


圖 6-17 緩坡低流量迴水位置

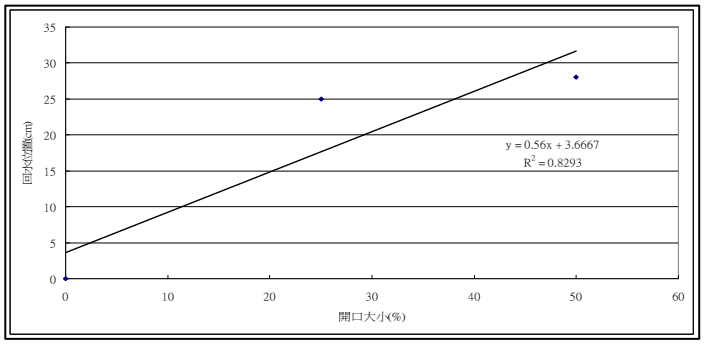


圖 6-18 陡坡高流量迴水位置

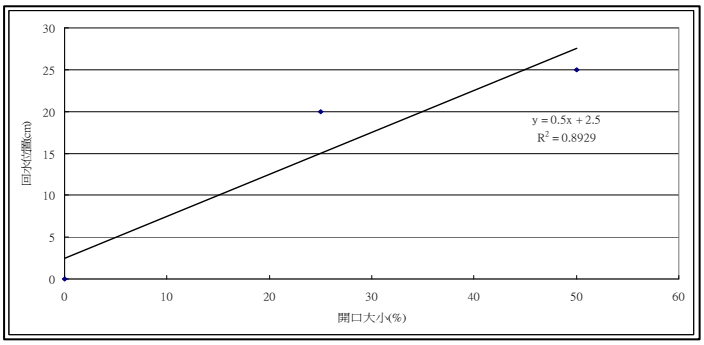


圖 6-19 陡坡中流量迴水位置

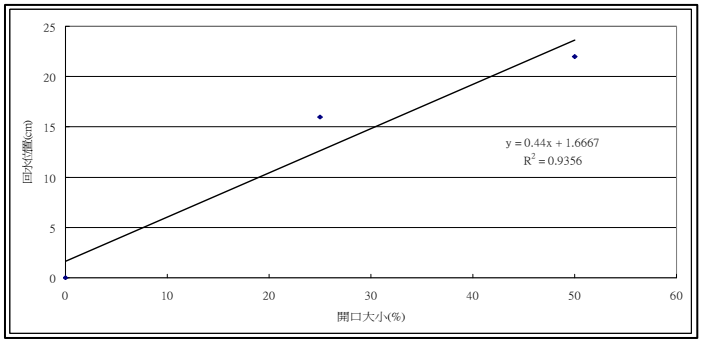


圖 6-20 陡坡低流量迴水位置

九、當河道為不同坡度、不同折角長丁壩時

(一)、在高流量陡坡中，屬超臨界流狀態，流速大於水波的速度，係將所有水中的介質一一往下游帶走。淤積量以 15 度最大，隨著折角變大而變小，但卻以直角丁壩(0 度)為最小。(如圖 6-21)

(二)、而高流量緩坡中，屬亞臨界流狀態，水波大於流速的速度，係將所有水中的介質往四方傳遞。卻沒有一固定趨勢，以 30 度淤積量為最大，而 15 度為最小。(如圖 6-22)

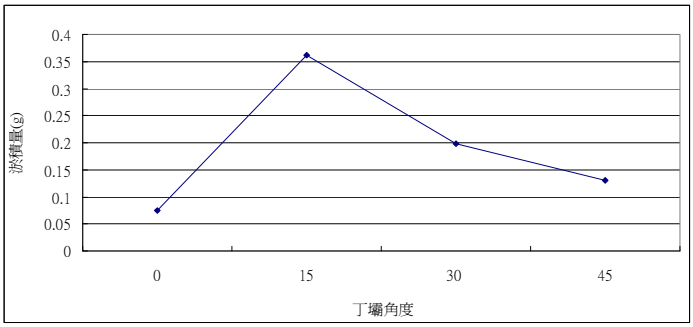


圖 6-21 陡坡高流量折角長丁壩淤積情況

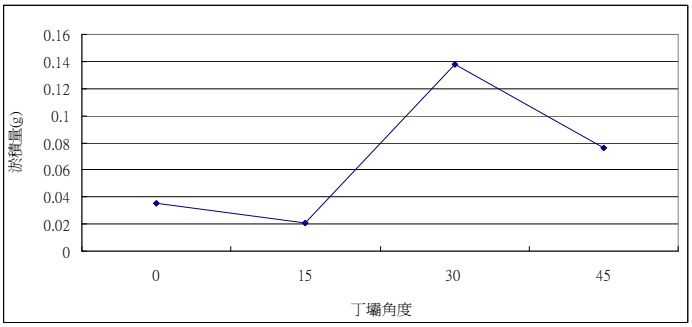


圖 6-22 緩坡高流量折角長丁壩淤積情況

柒、結論

本次研究目的最主要是要探求丁壩如何降低流速達到保護河岸，致使河砂淤積以及河水挑向河心的現象，而實驗的丁壩，儼如大型結構物(如橋梁、巨型枯木或樓房)倒臥在河道上形成一道障礙物，其對於河川的擾動，經由本次實驗得到的結果，讓我們深刻了解丁壩對於保護堤岸是相當有貢獻的，而且利用本實驗，只要利用小型實驗室，就能模擬真實河道情況。

當著手實驗開始之前，我們跟自己說一定要秉持著探究新知的精神，全心投入這個實驗中。當我們靠自己動手做河道、做實驗時，除了想著如何讓別人能看懂我們這次的實驗結果，更重要的是讓自己了解這保護工的用途、應用及貢獻。

本次研究也讓我們了解到，不論是在山區或平原的河道，長度較長的保護工總是有比較有效的攔砂能力，本實驗的長丁壩正是如此；然而，完全封閉的保護工雖然有著更好的攔截能力，但是對於下游的生態平衡和工程經費都是很大的考驗。

當丁壩面臨低水位的河水，可以由實驗看出，河水幾乎只有集中到河道中心，壩間不會有淤積，可見本次實驗證明河水是有經過轉向的；而面臨高水位時，可見溢過丁壩的砂石因為被包覆在折角的漩渦中而被減速致使沉積下來。

此外，又增加設計了 15 度、30 度和 45 度的折角實驗，與直角丁壩做比較。由實驗得知，因折角關係使得飛灰一旦被包絡在壩間，飛灰將不易被帶出。就折角及坡度而論，陡坡淤積量以 15 度最大，隨著折角變大而變小，但卻以直角丁壩為最小；緩坡因設定為亞臨界流且流速較慢，水波會帶著飛灰各處傳遞，因此沒有一固定趨勢。

本次實驗是以矩形直角丁壩及 15 度 30 度 45 度丁壩作為實驗研究，就讓我們做了 62 組數據，若是讓矩形丁壩變化形狀(如梯形…等)，甚至設計不同形狀的防砂壩有著曲度或折角，想必會有著不同於直角的結果，相當令人期待。

捌、參考文獻

1. 吳化祥、葉昭憲、游政翰 (民 95)。透水導流設施對河道棲地改善之試驗研究。臺灣水利第 54 卷第 2 期。
2. 朱鏡清 (民 92)。丁壩設計。水利技師公會。取自：http：//www.hydraulic.org.tw/
3. 易任、王如意 (民 68)。應用水文學。台北：國立編譯館
4. 徐義人 (民 84)。應用水文學。台北：大中國圖書公司
5. 趙時樑 (民 91)。蛇籠丁壩群對溪流流況多樣化影響之研究。私立逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文，台中市。
6. 黃怡仁 (民 98)。直排筐網群樁於渠道中之沖淤現象。國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，台南市。
7. 吳嘉俊 (民91)。開口式帶工對整治後溪流水生棲息環境恢復之研究。國立屏東科技大學水土保持系報告 (計畫編號：91農科-1.3.1-保-S1(09))。
8. 經濟部水利署 (民92)。「永續公共工程專屬網站」。台中市、台北市：水利署。取自： http：//eem.wra.gov.tw/
9. 洪熙男 (民94)。淺談挑流推手「丁壩 Groyne」。台灣省土木技師公會。取自： http：//www.twce.org.tw/info/%E6%8A%80%E5%B8%AB%E5%A0%B1/466-4-1.htm
10. 謝博任、程有睿、謝佳頤、何育慧、李昱萱(民98)。水來土「淹」。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會。
11. 段紀湘 (民99)。防砂壩壩體移除之模型試驗。逢甲大學水利工程與資源保育學系碩士班碩士論文
12. 梁文盛 (民97)。水域生態及水利工程規劃設計原則與個案探討。97年度公共建設相關專業人員生態工程講習。

【評語】091205

1. 丁壩為傳統水工結構物，用以保護堤防基腳，卻也易造成泥沙淤積，研究團隊設計不同形式丁壩與流速控制，探討對流場之擾動與淤積情形，雖有多組數據呈現，然受限於樣本數仍少，未能有滿意之迴歸分析結果。

2. 研究成果大多在探討泥沙淤積量，對流場之擾動較少探討。

3. 洪水時期流量水深較深，大多溢淹丁壩，而在實驗設計中，水深資料未能呈現且似多過淺，縱使坡度較陡，與實際洪水流況並不相符。

4. 各組試驗之投入飛灰總重雖相同，然若流量不同則泥沙濃度將有不同，而不同泥沙濃度將是影響沉積分布之重要控制因子之一。

5. 書面資料雖提及以福祿數來判定流況，但後續結果呈現未能以實際觀測數據估算福祿數進而判斷流況，並進一步驗證分析所設計試驗。