

# 2021 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 180010  
參展科別 地球與環境科學  
作品名稱 往事重「堤」看頭城—突堤效應  
得獎獎項 女性地質學家協會獎

就讀學校 宜蘭縣立頭城國民中學  
指導教師 黃正衛、吳瑞祥  
作者姓名 黃寶霈、林昶伸、張嘉慧

關鍵詞 突堤效應、頭城濱海森林公園、烏石港

## 作者簡介



大家好,我是林昶伸(左),能成為這次國際科展的參賽者,感到非常榮幸,對我有吸引力的東西很多,不過我對於科技,時事特別有興趣,常利用課業閒暇之餘,進行研究和創作,也常與同學們討論彼此的意見,在這個充滿挑戰和變化的時代,努力的成為一位不可或缺的公民,身為一個生活在不都市也不鄉村的孩子,面對流行與傳統的相互交融,希望能為地方盡一份力,讓問題能被更加重視。

我是黃寶霈(中),目前就讀宜蘭縣頭城國民中學三年級。

很榮幸能參加國際科學展覽會,和更多人分享我們的研究成果,甚至是和其他菁英切磋。從最一開始對這個項目感到陌生,到現在能跟越來越多人較勁,過程中是花了許多心力、勞力,但所有堅忍不拔的努力,總會得到報酬的。感謝一路上支持、幫助我們的人們也希望我們的研究成果能讓更多人注意有關環境的問題。

大家好,我是張嘉慧(右),很榮幸來到國際科展,在實驗的過程中,也培養了自主和思考的能力,而一路的付出終究是有回報的。感謝大會給我們這個機會和更多人交流,希望藉此機會,讓更多人注意到有關環境的問題。

## 摘要

突堤效應是指人工建構物突出於海岸，延伸而出，阻擋原先海流和海岸積沙的路徑，造成沙子在上游堆積，而下游原先有沙岸的地區則因為沙子量逐漸減少，侵蝕大於堆積，逐漸出現海岸遭受破壞。突堤效應會造成堤前堆積、堤後侵蝕的情況。因為突堤效應造成的結果，頭城濱海森林公園（原頭城海水浴場），在這十多年中，原本的沙灘現在已完全被海水覆蓋。

本校位於頭城濱海森林公園附近，看到頭城濱海森林公園的海沙在烏石港建後已經流失不見，藉由本實驗瞭解突堤效應確實存在，壩堤長短、角度和洋流速度皆會影響壩堤前後堆積與侵蝕的速度，在實驗後我們對頭城烏石港所造成的突堤效應提出三大改善方案：一、縮短烏石港壩堤的長度 100 公尺；二、在原壩堤北側加蓋 105 度的壩堤；三、綜合後的方案會是減緩突堤效應的最佳策略。

## Abstract

The jetty effect refers to the artificial structures protruding from the coast and extending out to block the original ocean current and the path of coastal sand accumulation, which has caused sand to deposit in the upstream, but result in the reduction of sand in the downstream. Thus the erosion is greater than accumulation, causing the coast being gradually destroyed. Moreover the jetty effect will cause accumulation in front of the dike and erosion behind the dam. As a result of the jetty effect, in the past ten years, the original beach of Toucheng Seaside Forest Park (formerly Toucheng Bathing Beach) is now completely covered by sea water.

Our school is located near Toucheng Seaside Forest Park. It is seen that the sea sand in Toucheng Seaside Forest Park has been lost after the construction of Wushi Harbor. Through this experiment, we understand that the jetty effect does exist. The length, angle and ocean speed of current of the dike will affect the speed of accumulation and erosion before and after the dike. After the experiment, we propose three major improvements to the jetty effect caused by Wushi Port in Toucheng: 1. Shorten the length of the dike of Wushi Port by 100 meters; 2. Add a 105 degrees dike on the north side of the original dike. 3. Both make the best strategy to reduce the jetty effect.

## 壹、研究動機

從雪山隧道開通以來，在週六日時常可見頭城街上熱鬧許多，尤其是夏天時，有許多車的車頂上多了一個配備——衝浪板，所有的車子全都往外澳灘區移動。

反觀曾是宜蘭縣唯一的海水浴場——頭城海水浴場，現已改為頭城濱海森林公園，似是走入停滯的歷史，除了斑駁的建築、空洞的浪潮聲，獨留清潔打掃的工作人員及替代役。

頭城海水浴場原為蘭陽地區唯一的海水浴場。民國六十九年時，因濱海公路的通車，為其帶來熱絡的商機！場內設施完善，有停車場、更衣室、休息室、餐廳、涼亭…等，全建在海岸沙丘高地上，鄰旁有片廣大的木麻黃防風林，可以容納四、五百人活動、露營，是蘭陽地區夏日渡假休閒的好去處。爸媽都說，他們小時候在夏天時最喜歡做的事，就是全家人一起到海水浴場享受涼爽的海風、用沙砌城堡、游泳逐浪、捉螃蟹、撿貝殼，海灘上非常多人，大家都開開心心的在沙灘上玩耍，好不快活。

但因烏石港的興建，堤防外突，阻擋了海沙的補給，造成海浪嚴重向海岸線侵蝕，沙灘不斷流失，海岸線內移，二公里的沙灘，在 98 年五、六月之前，縱深緊縮剩一、二十幾公尺。但六月過後，海水浴場的沙灘在海浪的侵蝕作用力下，就算當局以投消波塊的方式來企圖挽救，還是無法阻止沙灘——全部消失！直至今日，連地基也都受到海浪的侵蝕，地基地部的基石已被淘空一部份，在公園旁的海岸就佈滿了原是海水浴場地基的大小石塊。

反觀目前北台灣最夯的衝浪新天堂，是十多年前沒有這麼一大片沙灘的外澳灘區，每當天氣晴朗的週六、日，外澳灘區人車擁塞，為的都是享受藍天下的白浪！這時讓我們感到疑惑的是：頭城海水浴場的沙灘為何會消失不見？而外澳沙灘的沙又是怎麼來的呢？



圖 1-1 八十年代的頭城海水浴場



圖 1-2 民國 109 年一月頭城濱海森林公園的海岸



圖 1-3 民國 109 年一月的外澳沙灘區

在國一的地理課堂上，地理老師在說明海岸線變化時，曾經提及海岸的變遷除了自然現象，人類的活動更是海岸線變化的主角，台灣的海岸線有 1316 公里長，其中，人工海岸的比例就高達 55.3%（內政部營建署，2009）；宜蘭是個幸福的地方，因為在宜蘭縣 119 公里的海岸線中，自然海岸保留了 74%，有 89 公里長；當然這也代表宜蘭還有 30 公里的人工海岸線，其中就包括了烏石港一帶（經濟部水利署，2002）。

民國八十四年，因為烏石港的重建，保護了港中的漁船（宜蘭縣政府，1996）；然而，烏石港海堤突出於海岸延伸而出，阻擋原先沿岸流、海岸漂沙之路徑，造成漂沙於上游側淤沙堆積，而下游側原先有漂沙供應的地區則因為漂沙量減少、短缺，平衡機制遭受破壞，輸出大於輸入，而逐漸出現海岸侵蝕（黃清河、蔡立宏、陳明宗，2002；邱筱嵐，2004）。換言之，突堤效應將會造成堤前堆積、堤後侵蝕的狀況。

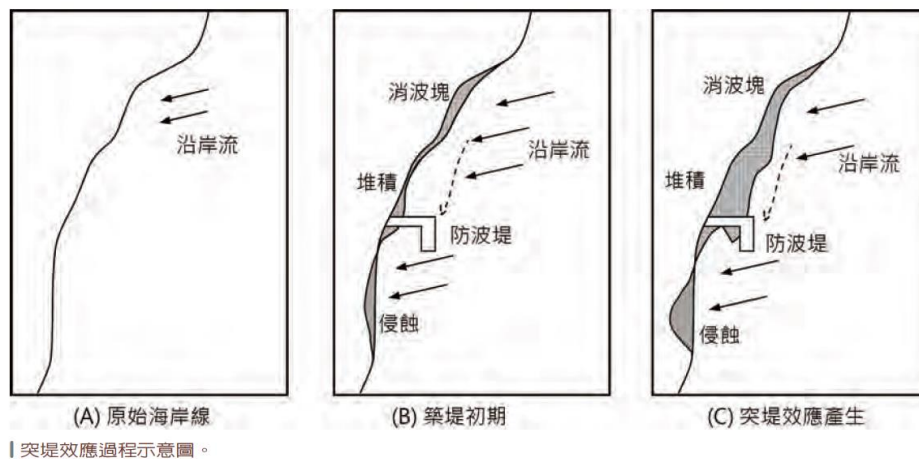


圖 1-4 突堤效應過程簡圖（許民陽，2013）

而突堤效應在課本是不曾出現的理論，經過老師的講解雖大致理解其中的現象，但對其形成因素、過程及結果，甚至解決之法都心存疑惑，因此就想利用實驗的方式來瞭解何謂突堤效應，烏石港的興建如何影響頭城海水浴場及外澳的海岸線，造成海沙的堆積及侵蝕之轉變。

## 貳、研究目的

但因為海水侵蝕的關係，海岸正一步一步的減少消退，曾經是北部地區重要消暑勝地的頭城海水浴場，現在已自台灣地圖消失，不再有昔日的風光，這都是因為突堤效應造成的結果。因此我們實驗設計理念以突堤效應為中心，藉此瞭解突堤效應發生的前因後果及影響。

在實驗的過程中，我們實驗目的是希望瞭解下列問題：

- 一、探討壩堤的興建是否會造成突堤效應（堤前堆積、堤後侵蝕）。
- 二、比較壩堤的長短是否會造成突堤效應更加明顯。
- 三、探討海水流速快慢是否會影響突堤效應侵蝕及堆積之速度。
- 四、比較不同角度之壩堤所造成的突堤效應之結果。
- 五、提出改善烏石港突堤效應的建議。

## 參、研究設備及器材

### 一、實驗器材：

- (一) 水管
- (二) 抽水馬達
- (三) 電動鑽孔機
- (四) 壓克力板水箱及壩堤
  - 1、水箱：長:120cm、寬:60cm、高:30cm
  - 2、壩堤：(1) 大：40cm  
(2) 小：20cm
- (五) 量角器
- (六) 接著劑
- (七) 海沙
- (八) 乒乓球
- (九) 計時器
- (十) 相機及手機

### 二、研究設備

實驗設備	
海岸模擬水箱	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 水箱：購買符合尺寸之壓克力板，並請商家用黏著劑黏成實驗需要之水箱（如圖 3-1）。且在壓克力水箱底，利用量角器量出 50 度、70 度、90 度、105 度、120 度等五種角度黏著小壓克力塊，來控制壩堤角度實驗（如圖 3-2）。</li><li>2. 壩堤：購買二片（20*25cm、40*25cm）之壓克力板以模擬壩堤（如圖 3-3）。</li><li>3. 海灘：為求實驗之準確度，模擬水箱內沙灘取自外澳灘區（如圖 3-4）。</li><li>4. 海岸突堤模擬：將海沙置入水箱（如圖 3-5），再模擬海岸未產生突堤效應前之平整狀態（如圖 3-6），最後置入壩堤。</li></ol>



循環水設備	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.將抽水馬達及水管連接（如圖 3-7～圖 3-8）。</li> <li>2.在水管連接處裝置水閘，用以控制水流速度。（如圖 3-9）</li> <li>3.在水管末端利用生活科技教室內的電動鑽洞器將水管鑽一排洞，以模擬海水平行海岸流動（如圖 3-10）。</li> </ol>
攝影設備	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 數位相機，拍攝、錄取實驗過程，放置於水箱旁拍攝。</li> </ol>



圖 3-1 海岸模擬水箱



圖 3-2 控制壩堤角度小壓克力塊



圖 3-3 模擬壩堤之壓克力板



圖 3-4 外澳灘區的海沙



圖 3-5 將海沙置入水箱



圖 3-6 完成模擬沙灘

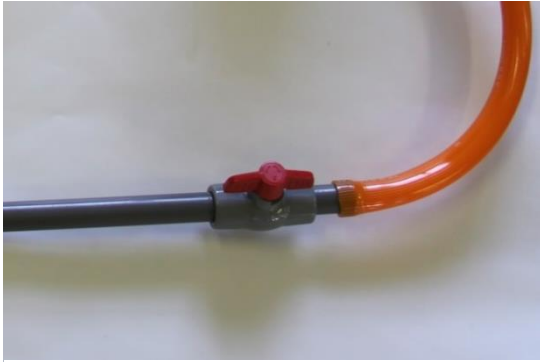


圖 3-9 水閘



圖 3-10 模擬海水平行流動之出水口



圖 3-7 抽水馬達及水管連接



圖 3-8 循環水設備

## 肆、研究方法或過程

實驗一：探討壩堤的興建是否會造成突堤效應（堤前堆積、堤後侵蝕）。

一、方法：

（一）將壓克力板置於水箱中央，模擬壩堤，並模擬海岸未產生突堤效應前之平整狀態（如圖 4-1）。

二、過程：

（一）實驗時間：30 分鐘。

（二）放置好突出岸邊 10 公分壩堤後（如圖 4-2）開啟循環水系統（如圖 4-3），讓水開始流動，觀察模擬沙灘是否產生突堤效應（如圖 4-4）。

三、結果：

（一）實驗結果：經過 30 分鐘，在壩堤前有堆積現象（向外堆積約 3cm），壩堤後

有侵蝕現象（向內侵蝕約 5cm），證實了壩堤的興建會造成突堤效應（如圖 4-5、圖 4-6）。



圖 4-1 模擬海岸



圖 4-2 突出 10cm 壩堤



圖 4-3 打開循環水系統



圖 4-4 觀察水流與沙灘之改變



圖 4-5 10 公分壩堤實驗前



圖 4-6 10 公分壩堤實驗後

實驗二：比較壩堤的長短是否會造成突堤效應更加明顯。

一、方法：

(一) 模擬壩堤共分二種長度，分別為突出沙岸 10cm、20cm(如圖 4-2、圖 4-7)。

(二) 觀察在不同長度壩堤，沙灘的突堤效應是否有所變化。

二、過程：

(一) 實驗時間：各 30 分鐘

(二) 在實驗(一)中採用突出岸邊 10 公分壩堤，故在實驗(二)直接採用實驗

(一)中突出岸邊 10 公分壩堤之短壩數據，再增加突出岸邊 20 公分壩堤之長壩實驗。

(三) 放置好突出岸邊 20 公分壩堤後開啟循環水系統，讓水開始流動(如圖 4-8)。

三、結果：

(一) 經過 30 分鐘，在壩堤前有堆積現象(向外堆積約 20cm)，(如圖 4-9~圖 4-11) 壩堤後沒有侵蝕現象(向內侵蝕 0 cm)(如圖 4-12)。經觀察與討論，應是受限於本實驗水箱之體積不足，在使用較長壩堤時會造成水流不易流過有限空間，使得壩前有迴流現象，故堆積較明顯，而壩後水流流速過慢，無法產生侵蝕現象。

(二) 根據實驗所整理的數據(如表 4-1)，可知道突出的壩堤愈長，在壩堤前堆積的現象愈明顯。由上數據可推論，壩堤長短會影響到突堤效應的結果。

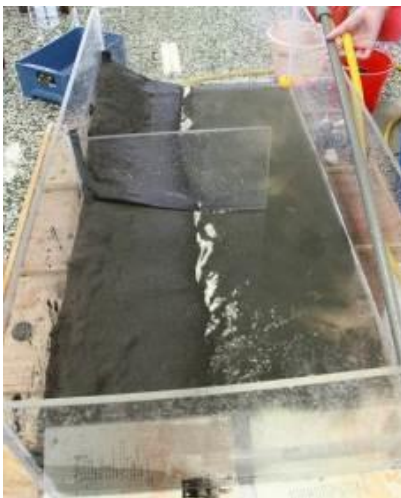


圖 4-7 突出 20cm 壩堤



圖 4-8 20 公分壩堤實驗前



圖 4-9 20 公分壩堤實驗後



圖 4-10 20 公分壩堤堤前堆積測量

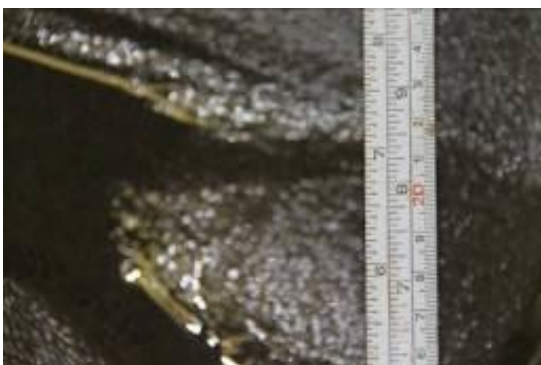


圖 4-11 20 公分壩堤堤前堆積 20 公分



圖 4-12 20 公分壩堤堤後侵蝕 0 公分

#### 四、實驗變因及數據：

表 4-1

壩堤長短之實驗數據

變因	突出沙岸距離 (cm)	堆積時間 (分鐘)	堤前堆積 (cm)	堤後侵蝕 (cm)
長壩	20 (cm)	30 (分鐘)	20 (cm)	0 (cm)
短壩	10 (cm)	30 (分鐘)	3 (cm)	5 (cm)

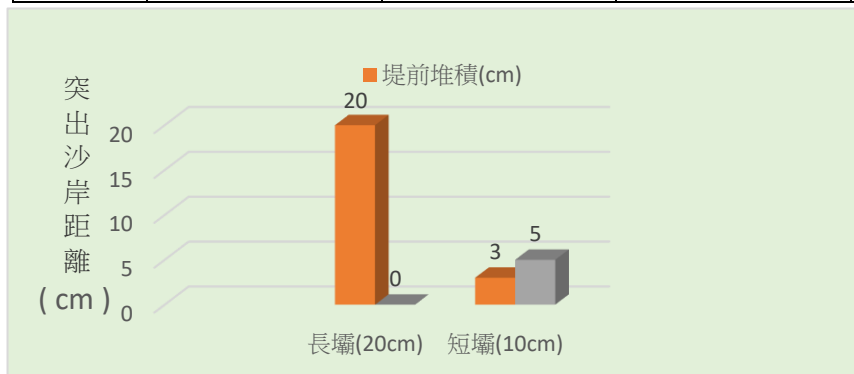


圖 4-13 實驗（二）的長短壩堤之堆積、侵蝕情形

實驗三：探討海水流速快慢是否會影響突堤效應侵蝕及堆積之速度。

一、方法：

- (一) 利用循環水系統的流速控制閘來控制流水速度。
- (二) 利用乒乓球較輕的特性，進行流速測試實驗（如圖 4-14、圖 4-15）。
- (三) 觀察在不同流速的水流，沙灘的突堤效應是否有所變化。

二、過程：

- (一) 實驗時間：每組流速實驗 30 分鐘。
- (二) 流速實驗：將乒乓球置於水箱右側，使其漂流至左側（總長度為 80cm），計時器測量出漂流的時間（以 80cm 所需秒數來測量，再推算流速，單位 cm/s，以下簡稱流速），測出流速。每組流速實驗測量十二次，除去最快及最慢二次，剩餘十次求出平均值。最後取得 22.3 cm/s、13.2 cm/s、11.6 cm/s 三種流速為實驗流速（如表 4-2）。



圖 4-14 乒乓球進行流速測試

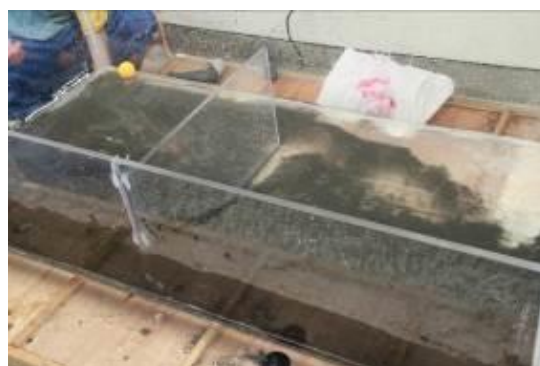


圖 4-15 乒乓球進行流速測試

表 4-2  
流速實驗之數據

流速 施測 80cm 秒數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均 秒 數	流速 (cm/s)	變 異 數
流速 A	4.61	3.60	3.71	4.26	3.41	2.88	3.00	3.22	4.24	2.84	3.58	22.3	0.53
流速 B	5.70	6.72	5.89	6.97	5.62	5.63	6.87	4.84	6.82	5.77	6.08	13.2	0.51
流速 C	5.39	6.45	7.07	8.87	8.31	6.10	7.90	5.27	5.08	8.80	6.92	11.6	2.18

### 三、結果：

(一) 實驗結果：根據以下三組流速測試數據，流速 A 與流速 B 之變異數為 0.53 及 0.51，代表實驗過程較無其他因素影響流速及實驗結果。而流速 C 之變異數為 2.18，推測在實驗過程中有較多其他因素影響水流速度，造成所測出之水流速度較不一致。加上流速 C 之平均流速為 11.6cm/s，與流速 B 之流速 13.2cm/s 差距較小，在本次實驗不與流速 A、B 一起討論。

流速 A 之實驗結果為堤前堆積 3cm，堤後侵蝕 5cm，流速 B 之實驗結果為堤前堆積 9cm，堤後侵蝕 4cm，由此可證，流速快堤前堆積較不明顯，但堤後較易產生侵蝕；流速慢堤前堆積較明顯，堤後較不易產生侵蝕。

1. 流速 A：沙灘產生變化（如圖 4-16~圖 4-18），堤前堆積 3cm，堤後侵蝕 5cm。



圖 4-16 流速 A 實驗前



圖 4-17 流速 A 實驗中



圖 4-18 流速 A 實驗後

2.流速 B：沙灘產生變化(如圖 4-19~圖 4-22)，堤前堆積 9cm，堤後侵蝕 4cm。



圖 4-19 流速 B 實驗前



圖 4-20 流速 B 實驗後



圖 4-21 流速 B 堤前堆積測量

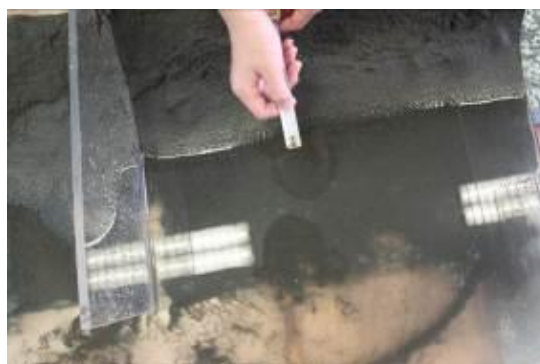


圖 4-22 流速 B 堤後侵蝕測量



3.流速 C：沙灘產生變化（如圖 4-23～圖 4-25），堤前堆積 5cm，堤後侵蝕 3cm。



圖 4-23 流速 C 實驗前



圖 4-24 流速 C 實驗後及堤後侵蝕測量



圖 4-25 流速 C 實驗後堤前堆積測量

#### 四、實驗變因及數據：

表 4-3

#### 流速實驗結果及數據

變因	流速(cm/s)	堤前堆積 (cm)	堤後侵蝕 (cm)
流速 A	22.3	3(cm)	5(cm)
流速 B	13.2	9(cm)	4(cm)
流速 C	11.6	5(cm)	3(cm)

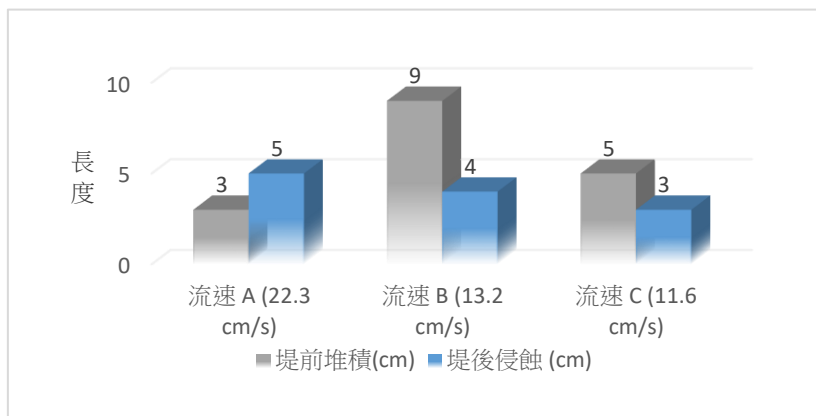


圖 4-26 實驗(三)的三種流速的堆積、侵蝕情形

實驗四：比較不同角度之壩堤所造成的突堤效應之結果。

#### 一、方法：

- (一) 將壩堤依設計之五種角度(50 度、70 度、90 度、105 度、120 度)進行實驗 (如圖 4-27~圖 4-31)。
- (二) 觀察不同角度之壩堤所造成的突堤效應之結果。



圖 4-27 50 度壩堤



圖 4-28 70 度壩堤



圖 4-29 90 度壩堤

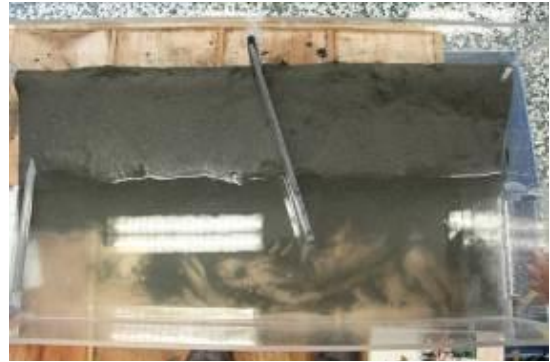


圖 4-30 105 度壩堤



圖 4-31 120 度壩堤

## 二、過程：

(一) 實驗時間：30 分鐘

(二) 依設計之五種角度（50 度、70 度、90 度、105 度及 120 度），打開循環水系統，每組各實驗 30 分鐘，再觀察其結果。

## 三、結果：

(一) 實驗結果：由下列實驗數據可知，不同角度壩堤會產生不同的堆積及侵蝕結果，其中以 70 度壩堤造成之堤前堆積最明顯（26cm），105 度壩堤壩前堆積最不明顯（4cm）；90 度壩堤造成之堤後侵蝕最明顯（7cm），105 度及 120 度壩堤堤後侵蝕最不明顯（2cm），如（表 4-4）。

1.50 度壩堤：堤前堆積 15cm，堤後侵蝕 5cm（如圖 4-32~圖 4-35）。



圖 4-32 50 度壩堤實驗前



圖 4-33 50 度壩堤實驗中



圖 4-34 50 度壩堤實驗後堤前堆積測量



圖 4-35 50 度壩堤實驗後堤後侵蝕測量

2.70 度壩堤：堤前堆積 26cm，堤後侵蝕 6cm（如圖 4-36～圖 4-39）。



圖 4-36 70 度壩堤實驗前



圖 4-37 70 度壩堤實驗中



圖 4-38 70 度壩堤實驗後堤前堆積測量



圖 4-39 70 度壩堤實驗後堤後侵蝕測量

3.90 度壩堤：堤前堆積 20cm，堤後侵蝕 7cm（如圖 4-40～圖 4-43）。



圖 4-40 90 度壩堤實驗前



圖 4-41 90 度壩堤實驗中



圖 4-42 90 度壩堤實驗後堤前堆積測量

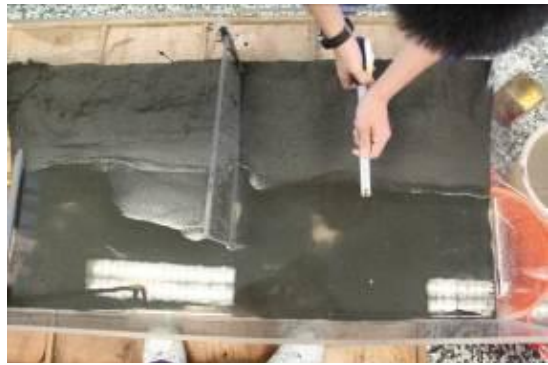


圖 4-43 90 度壩堤實驗後堤後侵蝕測量

4.105 度壩堤：堤前堆積 4cm，堤後侵蝕 2cm（如圖 4-44～圖 4-47）。



圖 4-44 105 度壩堤實驗前



圖 4-45 105 度壩堤實驗後



圖 4-46 105 度壩堤實驗後堤前堆積測量

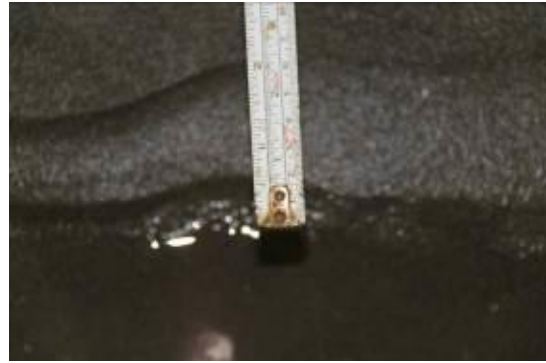


圖 4-47 105 度壩堤實驗後堤後侵蝕測量

5.120 度壩堤：堤前堆積 10cm，堤後侵蝕 2cm（如圖 4-48～圖 4-51）。



圖 4-48 120 度壩堤實驗前



圖 4-49 120 度壩堤實驗中



圖 4-50 120 度壩堤實驗後堤前堆積測量



圖 4-51 120 度壩堤實驗後堤後侵蝕測量

四、實驗變因及數據：

表 4-4

不同角度之壩堤實驗數據

變因	50 度壩堤	70 度壩堤	90 度壩堤	105 度壩堤	120 度壩堤
堤前堆積 (cm)	15 (cm)	26 (cm)	20 (cm)	4 (cm)	10 (cm)
堤後侵蝕 (cm)	5 (cm)	6 (cm)	7 (cm)	2 (cm)	2 (cm)

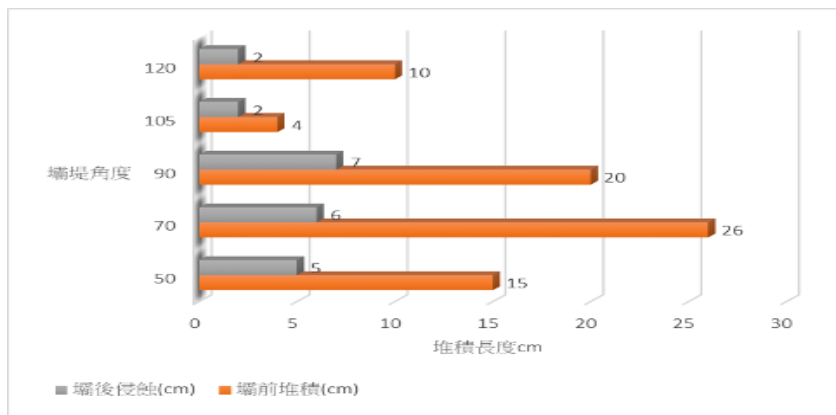


圖 4-52 實驗(四)中的不同角度壩堤之堆積、侵蝕情形



## 伍、討論

一、因為沙實地採自於外澳灘區，在實驗之初將海沙置入水中時，因沙中雜質多，而讓水呈混濁狀態（如圖 5-1~圖 5-2），導致實驗無法順利進行，所以我們洗沙洗了 7 次，才讓水呈較清澈狀態，方得進行實驗！由此可證明頭城海水浴場及外澳灘區的海水污染程度，這也是本次實驗的意外發現，此亦告知大眾應該更加重視海洋污染問題。



圖 5-1 混濁的海沙 (一)



圖 5-2 混濁的海沙 (二)

二、在實際海岸線的突堤效應範圍是非常廣且經過日積月累才形成，因此本次實驗的水箱在比例上有改進空間，因壓克力板水箱太小，水箱內水循環系統無法讓水順利形成類似海流之流動現象，而在水箱內形成迴流的狀態。為了克服此問題，經小組多次討論及實驗，最後將左側打洞，讓水能以最快速度流出，再利用抽水機將水抽回水箱右側，在水箱內形成類似海流之流動現象。但因抽水機馬力太小，無法快速抽水，造成流出水量過大，須在實驗過程以人力補充水箱內水量。原本設計之水箱為長 120cm、寬 60cm、高 30cm，可加長長度及加寬寬度（以利突堤效應形成），降低高度（方便實驗過程進行）。

三、因時間限制，每組實驗我們都以 30 分鐘為實驗時間，若以更長的時間來進行實驗，相信會有貼近真實現況的實驗結果。

四、在實驗（二）中，長壩堤前有堆積現象（向外堆積約 20cm），壩堤後沒有侵蝕現象（向內侵蝕 0 cm）。經觀察與討論，應是受限於本實驗水箱之體積不足，在使用較長壩堤時會造成水流不易流過有限空間，使得堤前有迴流現象，故堆積較明顯，而堤後水流流速過慢，無法產生侵蝕現象。若要改善此現象，需待改進實驗水箱及解決迴流問題。

五、在實驗（三）中，由於流速測量使用乒乓球，因其仍有重量，加上流動時會因迴流而造成流水方向不易固定而非直線流動，而且是使用碼錶測量，誤差較大。故所求得之流速只能作流速快慢之依據，亦無法推估實際流速。而流速 C 之變異數較大，推測在實驗過程中有較多其他因素影響水流速度，造成所測出之水流速度較不一致，故不列入此次研究結果討論。

六、本次實驗只實驗到壩堤長短、水流速度及壩堤角度的影響，其實影響突堤效應的因素不只這些，例如還有壩堤形狀、壩堤透水性、風力影響、雙壩堤等，都是有趣而且值得去探討的變因。

七、烏石港並不是單一壩堤，而是一座港口泊地面積 12.5 公頃、壩堤 405 公尺的港口。烏石港雖設有離岸堤，但其壩堤與海岸線垂直，根據此次實驗的結果，有壩堤就會產生突堤效應，我們無法改變海流的流速，但我們可以改變壩堤的長度及角度。在經研究小組討論後，對於烏石港的突堤效應，我們大膽提出三大方案建議：



(一) 根據實驗(二)結論，可縮短烏石港壩堤的長度 100 公尺（原 405 公尺，縮短為 305 公尺），減短壩堤以減緩突堤效應。



(二) 根據實驗（三）結論，可在原壩堤北側加蓋 105 度的壩堤（如下圖所示）減緩堤前堆積堤後侵蝕的現象。



(三) 縮短烏石港壩堤 100 公尺後在原壩堤北側加蓋 105 度的壩堤，可雙重減少堤前堆積，堤後侵蝕。



## 陸、結論

- 一、經過置放壩堤並開啟循環水系統，30 分鐘後在壩堤前有向外堆積現象，壩堤後有向海岸侵蝕現象，證實了壩堤的興建會造成突堤效應。
- 二、
  - (一) 由實驗 (二) 可知道突出的壩堤愈長，在壩堤前堆積的現象愈明顯。
  - (二) 但因受限於本實驗水箱之體積不足，在使用較長壩堤時會造成水流不易流過有限空間，使得堤前有迴流現象，故堆積較明顯，而堤後水流流速過慢，無法產生侵蝕現象；而使用短壩時就明顯有堤前堆積、堤後侵蝕現象。
  - (三) 由數據可推論，壩堤愈長，突堤效應愈明顯。
- 三、由實驗 (三) 可知，流速會影響突堤效應侵蝕及堆積現象，流速快堤前堆積較不明顯，但堤後較易產生侵蝕；流速慢堤前堆積較明顯，堤後較不易產生侵蝕。
- 四、由實驗 (四) 可知，不同角度壩堤會產生不同的堆積及侵蝕結果，其中以 70 度壩堤造成之堤前堆積最明顯(26cm)，120 度壩堤堤前堆積最不明顯(10cm)；90 度壩堤造成之堤後侵蝕最明顯(7cm)，105 度及 120 度壩堤堤後侵蝕最不明顯(2cm)。
- 五、實驗後我們對頭城烏石港所造成的突堤效應提出三大改善方案：一、縮短烏石港壩堤的長度 100 公尺；二、在原壩堤北側加蓋 105 度的壩堤；三、綜合後的方案會是減緩突堤效應的最佳策略。
- 六、所建議之方案，為在未考慮烏石港原有之離岸堤及港口法規為前提，為研究小組在依實驗成果所提出可減緩突堤效應之方案。
- 七、經由此研究可知在海岸建造一個工程的影響甚巨。烏石港的建造，令頭城海水浴場消失，而且侵蝕還在進行當中，本研究的結果可供證實突堤的影響，希望相關單位在修建任何海岸工程前，能在工程建設及海岸環境及生態中取得平衡點，以永續經營的態度來面對。

## 柒、文獻參考

- 一、內政部營建署（2009）。**永續海岸整體發展方案**。2010年11月31日，取自：  
[http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10185&catid=36&Itemid=53](http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=10185&catid=36&Itemid=53)
- 二、邱筱嵐（2004）。**以人工岬灣與養灘綜合工法應用於花蓮南、北濱海岸**國立中山大學海洋環境及工程學系碩士論文，未出版，高雄市。
- 三、宜蘭縣政府（1996）。**變更頭城都市計畫（開闢烏石港漁港）說明書**。宜蘭縣，宜蘭縣政府。
- 四、洪照南（2003）。淺談突堤（groins）之設計與配置（上）。**技師報**。2010年12月7日取自：  
<http://www.twce.org.tw/info/%E6%8A%80%E5%B8%AB%E5%A0%B1/454-4-1.htm>
- 五、許民陽（2013）。**地質 32 卷第 4 期\_海岸變遷的自然與人文因素**。臺北市。
- 六、黃清和、蔡立宏、陳明宗（2002）。**港口突堤效應保護對策之研究（I）**。臺北市：交通部運輸研究所。
- 七、經濟部水利署（2002）。**臺灣海岸防護對策研究**。國立中山大學海洋科技研究中心。

## 【評語】 180010

針對鄉土的環境變化議題。設計小型水工實驗進行影響因子之探討，經由此研究作者對突堤效應有更深入的了解，本研究有助突堤效應的實作與探究分析，但創見性較弱。關懷鄉土環境變遷值得鼓勵，但應針對可能之影響因子再深入實驗與分析，期能提供較創新的研究結果。例如不同季節海流方向變動或颱風等極端天氣事件之影響值得再深入分析。