

花蓮縣第 61 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書



科 別：地球科學科

組 別：國中組

作品名稱：Gici Bay SOS -磯崎灣離岸堤養灘效果之探討

關 鍵 詞：突堤效應、離岸潛堤、突堤養灘

摘要

受到颱風的影響，花蓮磯崎海灣的海沙在四年前大量消失，當地遊客大量減少，聽當地救生員說海砂都被捲到外海去了。本研究以等比例縮小磯崎海岸鄰近區進行實驗，針對磯崎養灘現象進行測試。我們發現放置離岸堤對養灘效果有顯著的提升。本研究另外改變離岸堤的擺設方式，試圖找出離岸堤對於恢復海岸最佳的方法。我們的初步實驗結果顯示，當離岸潛堤以 135 度擺放至 140 公尺外海時，具有良好的養灘效果。

壹、研究動機

在升國中的暑假，老師帶著我們去海岸山脈段石梯坪一帶地質考察，我們發現沿著「花東海岸公路」台 11 線上的地質十分多變，有火成岩、沉積岩、深海碎屑及泥岩層等，因為長年的風化、沉積作用及海蝕作用，使海岸地形變化更為豐富，但是我們也發現在東海岸少見的砂岸地形「磯崎海岸」和我們小時候的樣貌不同了！以前的磯崎海岸，坐落在大山大海的交界處，我們可以在砂灘上堆玩砂，甚至進行砂療活動，但在四年前的一場颱風，砂灘不見了！只剩下雞蛋大小的鵝卵石，成為礫石海灘，那麼這些砂子到底是去哪裡了？是受到防波堤影響？或是被風吹到鹽寮漁港了嗎？亦或是被牛山阻隔在南邊了呢？為了找出磯崎海砂的去向，我們決定著手進行探討，希望找出美麗砂岸消失的原因，並能設計海灣模型，嘗試仿效花蓮南濱海岸，放置離岸潛堤達到養灘的效果。

貳、研究目的

- 一、探討磯崎砂灘的今昔。
- 二、分析海砂的粒徑。
- 三、分析鐵砂的含量及來源。
- 四、模擬磯崎離岸堤與海岸距離，探討其對養灘效果的影響。
- 五、改變磯崎離岸堤與海岸交角，探討其對養灘效果的影響。

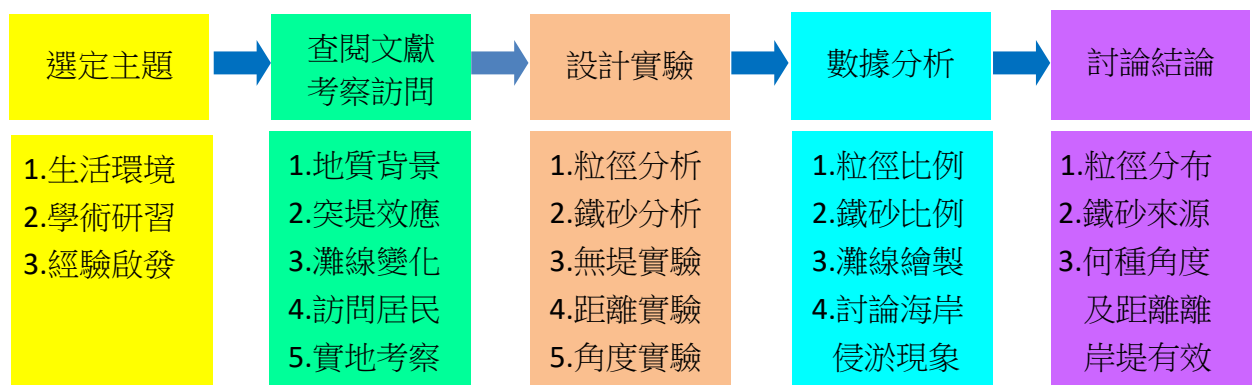
參、研究設備及器材

- 一、程式軟體：Microsoft Excel、Microsoft Word、Google Earth、Corel draw12、小畫家。
- 二、實驗器材：如表 1

充氣泳池 110*70	工業電扇(270 瓦)	鉛塊(1.5cm)	油性黏土
			
保麗龍及瓦楞板	手機	沉積物	篩網
			

表 1：實驗器材

肆、研究流程與方法



一、文獻探討：

(一)磯崎簡介：

磯崎昔稱加路蘭(Kaluluwan)，意思為「曬鹽之地」。清光緒四年(1878年)加禮宛事件後，許多阿美族人與隱身在阿美族裡的撒奇萊雅族人遷徙到磯崎捕魚維生，並利用磯崎的天然地勢曬鹽，於是用「加路蘭」稱呼磯崎。磯崎位於豐濱鄉，在山與海的交界處，為花蓮唯一的海水浴場。磯崎灣在夏天時海灣布滿了砂子，冬天時砂子會被帶走，海灘上就會布滿了黑色的礫石，隔年夏天又會再回到磯崎。但磯崎在四年前的颱風後，砂子就被帶走，消失無蹤，現今海水浴場已堆滿了礫石。

(二)八里灣層：

為八里灣流域裡的岩層，也就是八里灣層，都是 300-70 萬年以前的深海沖積扇堆積的濁流岩(turbidites)，是弧陸碰撞後，由大陸邊緣侵蝕下來的沉積物所組成的「沉積岩」。為礫岩與砂頁岩互層，且岩相變化很大。濁流岩為重力流搬運堆積的岩類，在深海堆積的都屬於濁流岩。八里灣層的岩相南細北粗，在海岸山脈北段主要是礫岩與砂岩，在南段主要是頁岩與砂頁岩。而磯崎也屬於八里灣層，兩側的大石鼻山與牛山為堅硬的都巒山層，因八里灣層較軟，都巒山層較硬，所以造成差異侵蝕，形成磯崎灣，如圖 1。



圖 1：磯崎附近地質圖

(三)沿岸流：

當波浪受到地形深度、障礙物影響及海岸線並非完全平直時，導致波浪破碎後於海岸平行移動。在靠近岸處，會形成一個和海岸線平行的分量沿著海岸流動，此流動即為沿岸流。而沿岸流有著強大的帶砂力量，會造成砂子堆積，有可能會海埔新生地，也可能造成侵蝕作用，如圖 2，(劉聰桂...等，2018)。

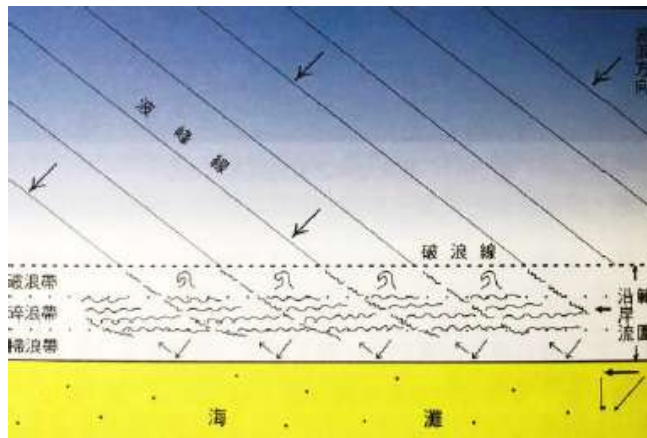


圖 2：沿岸流形成圖

(四)突堤效應：

突堤效應與沿岸流有著極大的關係，沿岸流會帶著從侵蝕來的沿岸漂砂移動，當帶著沿岸漂砂的沿岸流受到障礙物阻擋，會使得沿岸漂砂在障礙物前堆積，而障礙物後因為砂源的供給較少，而易產生侵蝕的現象，此現象即為「突堤效應」，圖3為花蓮鹽寮海堤的突堤效應，花蓮冬季盛行東北季風，在鹽寮海堤出現北淤積南侵蝕的現象。而在本研究磯崎海水浴場的南側龜庵岬灣處，東北季風侵蝕八里灣層後，在龜庵岬頭北段出現沉積現象，這也是磯崎海水浴場的砂子來源。

近年來磯崎海岸砂灘流失嚴重，每每颱風侵襲或強勁冬季東北季風作用時，較大波浪常可拍打至高灘，造成灘台崩塌，又因長年之波浪與潮流作用，海岸砂灘逐漸流失，磯崎海岸急遽後退且多處可見礫石裸露，其中2001年迄今磯崎海水浴場海岸線後退竟達約50公尺。由於海水浴場之命脈－砂灘，流失嚴重礫石裸露、灘台破壞崩塌及海岸線後退近至景觀台設施(如圖3)，以致磯崎海灣往昔風華衰退，海水浴場水上及休閒活動之人潮盛況不再。



圖 3：鹽寮海堤的人工突堤效應

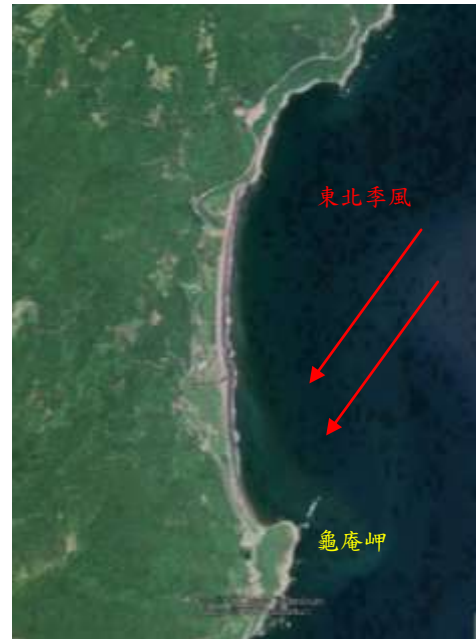


圖 4：磯崎海灣的自然突堤效應

(五)海岸防護的對策：

黃昱翔(2019) 探討南濱海岸離岸潛堤養灘效果研究中，根據交通部中央氣象局的觀測數據，花蓮外海有意義波浪的平均示性週期為 6.05 秒，花蓮港東堤附近的水深大約是 30 公尺。將觀測資料帶入淺水波公式(式 1-1)與波速公式(式 1-2)， 可得花蓮外海波浪的波長大約是 110 公尺。而我們的風場所造成的水波波長大約是 2 公分，兩者相差 5500 倍，為了提高實驗的真實性，將實驗模型與真實情況進行 1：5500 的比例縮小，如圖 5 及圖 6，本研究同屬花蓮海域，磯崎灣附近的水深大約是 30 公尺，故採相同比例製作模型。

$$v = \sqrt{gd} \quad \text{--- 式 1-1}$$

$$v = f\lambda \quad \text{--- 式 1-2}$$

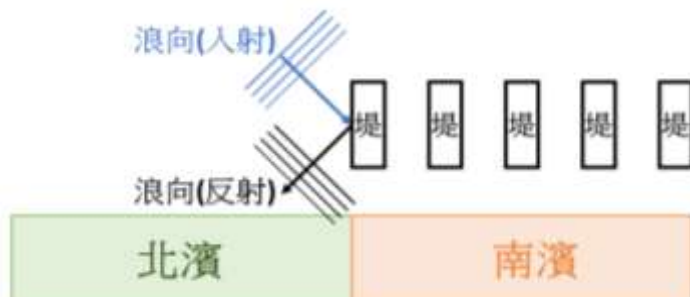


圖 5：離南濱岸 210m 放垂直方向離岸堤



圖 6：風場實驗模型

交通部觀光局東部海岸國家風景區管理處「花蓮縣磯崎海岸防護對策研究計畫」(2010)中提到，磯崎海岸侵淤現象主要受東北季風及颱風影響，1987至2010的灘線變化如圖7及圖8，可見磯崎海岸的灘線變化逐年後退；依據海底地形及盛行風場模擬波浪及沿岸流的流向得到磯崎海岸冬季輸砂趨勢圖，如圖9，圖中東北季風造成沿岸流和龜庵岬灣處由東向西之沿岸流在灣澳處會合，產生明顯的離岸輸砂，將磯崎海水浴場砂灘帶至外海，最後建議以長突堤在龜庵岬及短突堤在磯崎沿岸作防護對策，如圖10。

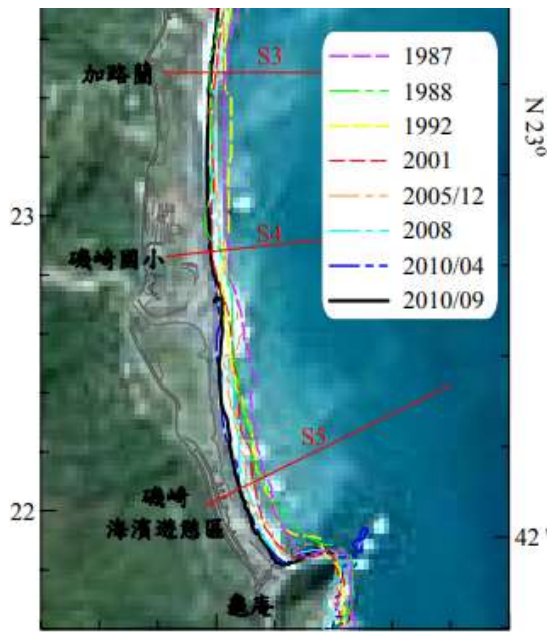


圖 7：1987 至 2010 年逐年灘線變化

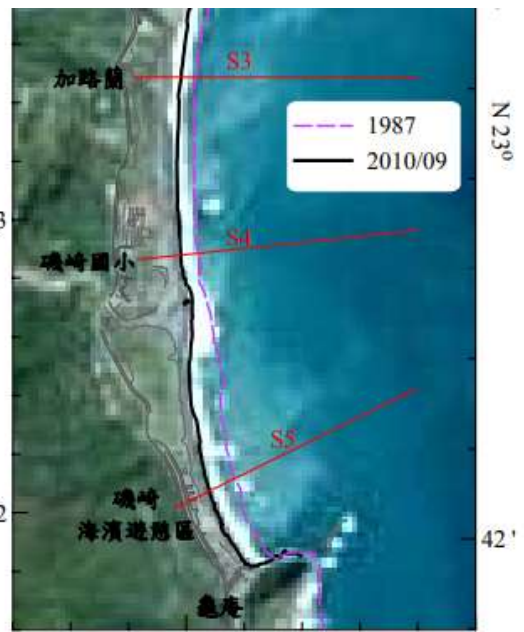


圖 8：1987、2010 年灘線變化圖

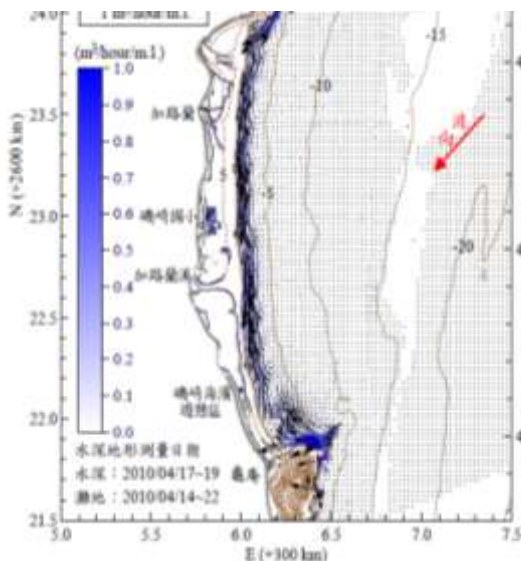


圖 9：磯崎海岸冬季輸砂趨勢圖

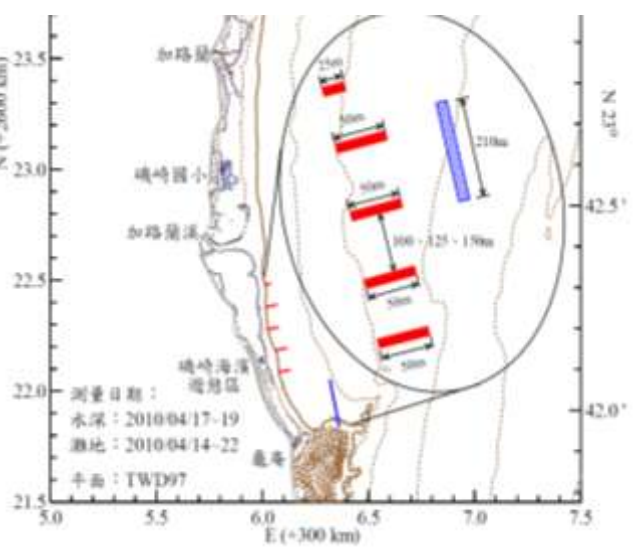


圖 10：龜庵岬長突堤及磯崎沿岸短突堤

二、考察與訪問：

(一)磯崎海灣不同季節的比較：

我們分別 2020/7/6、2020/10/22、2021/4/3 三次造訪磯崎灣，圖片如下列，圖 11、12、13，圖片 11 為去年夏天 7 月考察照片，磯崎灣的砂灘嚴重流失，八里灣層裸露，第二次選擇在東北季風期考察海砂沉積狀況，可見風浪較強，而磯崎灣在海水浴場處已有砂子沉積，蓋住部分砂頁互層的石板，今年四月份第三次考察，風向依舊盛行東北風，已明顯漸弱，而磯崎灣在海水浴場及磯崎灣澳中，砂灘已回流，完全蓋住石板，圖片 14、15、16 為磯崎灣澳區砂子沉積情況的近照，時至今年四月磯崎砂灘已漸漸回復。

	
圖 11:2020/7/6 磯崎灣	圖 12:2020/10/22 磯崎灣
	
圖 13:2021/4/3 磯崎灣	圖 14: 2021/4/3 磯崎灣澳砂灘回復
	
圖 15: 2020/7/6 砂頁互層的石板	圖 16: 2021/4/3 磯崎海水浴場砂灘回復

(二)訪問當地居民：

1.被訪者(1)：吳光明(頭目的兒子)

訪：以前的海岸是什麼樣子？

吳：前幾年砂子蠻多，現在幾乎沒有砂子了。而且以前砂子有蓋到階梯，大概有 80 公尺，以後海灘上就不會有砂子了啦。

訪：以前海岸有什麼生物會在海岸上嗎？

吳：以前會有海龜去產卵，還會有螃蟹。然後因為有海龜，所以以前這裡叫龜庵。這個名稱在 80 幾年前才有，更早叫大鼓卵(音譯)。

訪：那這個砂子是哪裡來的？

吳：像那個砂子都在海邊啊，然後就那個洋流大潮、中潮、小潮，還有長潮，大潮如果洋流是往外的話，它就會把砂子帶走。不過不會是每天把砂子帶走，然後我記得我們那邊底下是石板，差不多 4 年一次石板會跑出來。然後砂灘就會被拉到海中間，然後岸邊就會有很多石板，除非說颱風，會帶走一些砂子還有石板，現在算石板跑出來了，而那個在海邊一片一片的就是石板，也就是砂頁岩互層的石頭。

訪：您覺得砂子主要是受哪種自然現象影響？

吳：洋流，還有東北季風。

2.被訪者(2)：張嘉偉(海水浴場救生員)

訪：請問砂子減少對海水浴場有什麼影響？

張：砂子減少客人就不會想來，其實還是有砂子的，只是埋在海水裡了，我們潛水到外海，看到砂子是被沖到外海處，砂子沒有不見。

訪：颱風會帶走砂子嗎？

張：可以說「有颱風就有砂，有砂就有颱風」，而砂淤的差不多時，颱風就把砂帶走了。

張：其實以前牛山那裡沒有砂子，是從南邊帶過去的，可能跟夏季海流有關。

訪：了解了，謝謝您的協助。

三、實驗設計：

(一)粒徑分析實驗：

1.將四處的砂礫以過篩法分離各種粒徑的砂石，如圖 17、18。

2.以三種篩號來分離，如下表 2： 表 2：三種篩號

篩號	35 目	120 目	230 目
孔徑	0.5 mm	0.125 mm	0.0625mm

3.分析各採砂地點粒徑比

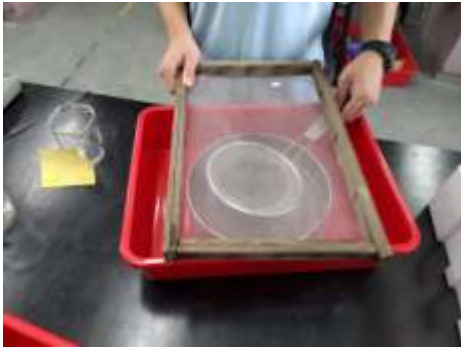


圖 17：三種篩號 35、120、230 目



圖 18：過篩法分離各種粒徑的砂石

(二)鐵砂分析實驗：圖 19-23

- 1.確定採砂地點，如圖 19。
- 2.分兩次採砂，2020/10/22 及 2021/4/3 兩日
- 3.將採砂點的砂送至烤箱烘乾
- 4.秤取 50g 乾砂。
- 5.以強力磁鐵隔塑膠袋吸取鐵砂後分離。
- 6.分析各採砂地點含鐵砂比例。
- 7.鐵砂分析實驗步驟如圖 20-23

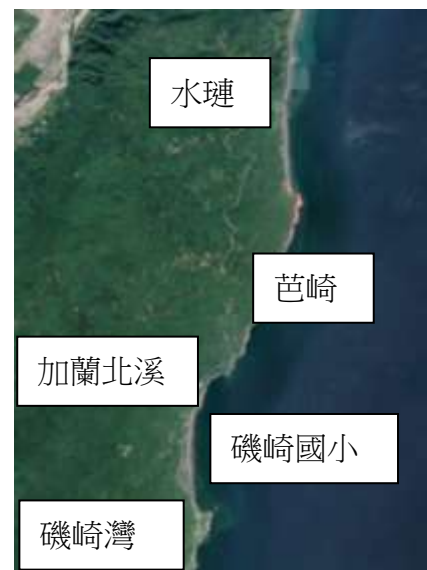


圖 19：採砂地點分布圖



圖 20：烘乾沙子



圖 21：50g 乾砂



圖 22：磁鐵吸鐵砂



圖 23：分析鐵砂比例

(三) 製作海灣模型：水槽模型

- 1.我們依照黃昱翔(2019)所研究花蓮南濱海堤的基本資料製作模型，模擬磯崎海灣，如圖 24，砂源為磯崎海水浴場的細砂。
- 2.以強力電風扇模擬東北季風，風扇下方斜放木板，較可模擬海風。
- 3.每次強風吹 15 分鐘，觀看海岸侵蝕情況與砂子的侵淤情況。
- 4.經電風扇模擬海風吹拂下，磯崎



圖 24：模擬磯崎海灣



圖 25：模型試驗圖

海岸形成海灣，而模擬的沿岸流搬運細砂而造成沉積現象，如圖 25。

(四)製作第二代模型：泳池模型

我們考慮模型擬真，以充氣泳池做第二代模型，製作過程如下：



圖 26：以 1：5500 比例在珍珠板上畫出海底地形圖。



圖 27：切割海底地形，並以瓦楞板(紫色)及保麗龍模擬陸上模型。



圖 28：放置海砂測試，為增加模型重量，
底下黏鐵板



圖 29：固定電扇，電扇懸空不和充氣泳
池接觸，以防震動。



圖 30：風扇模擬東北季風，並固定相機，
以確定拍照能定位



圖 31：以黏土加鉛塊製作離岸潛堤。



圖 32：風場持續六十分鐘，每隔十分鐘
記錄一次



圖 33：復原模型：用瓦楞板製作 20 度斜
坡，將移動過的海岸線復原

(五)分析海岸線變化

1.我們將海岸線變化的情形，以 CorelDraw 向量繪圖軟體繪製海岸線，操作過程如下步驟：圖：34 至圖 39

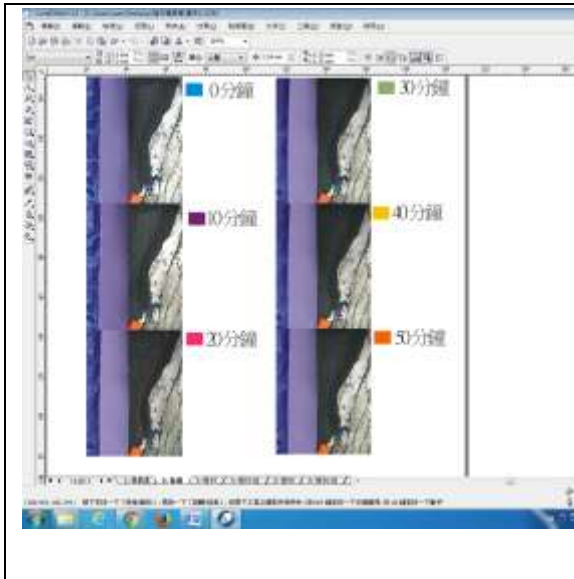


圖 34：將各個時段的照片依序輸入置 CorelDRW 排列整齊

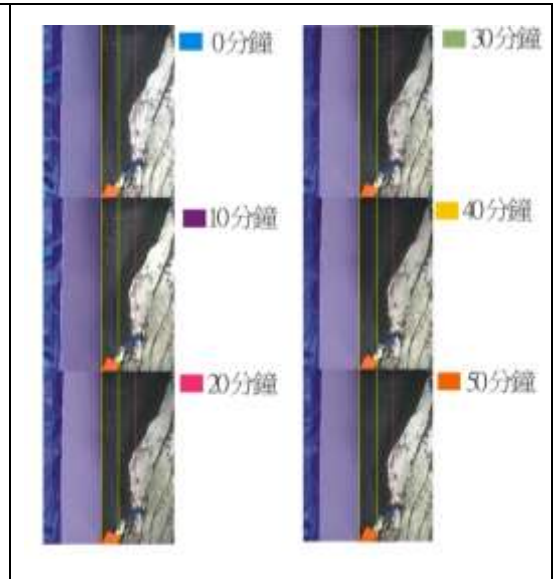


圖 35：繪製基準線，以利判斷海岸線變化的情形

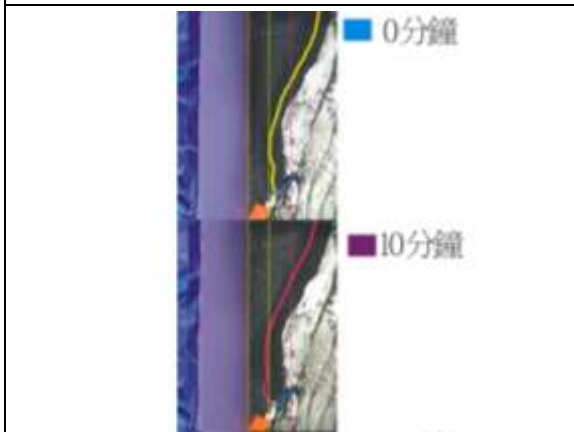


圖 36：依侵蝕後的海岸線，描繪每時段的海岸線走時圖

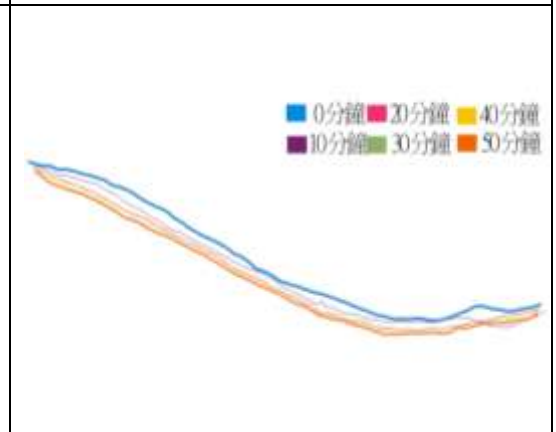


圖 37：將描繪的海岸線疊至相同座標後比較侵蝕狀況

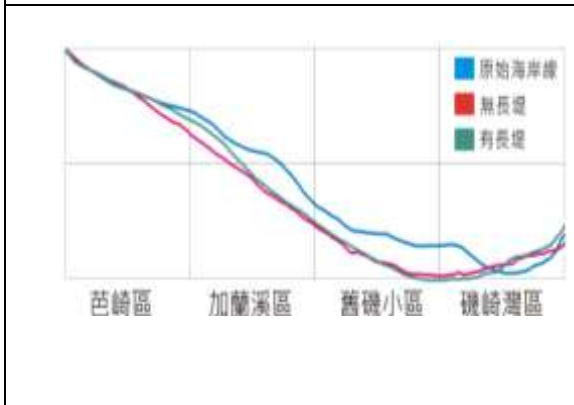


圖 38：製成圖表，分區討論

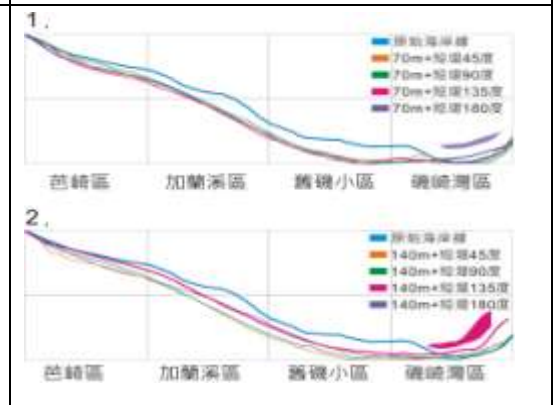

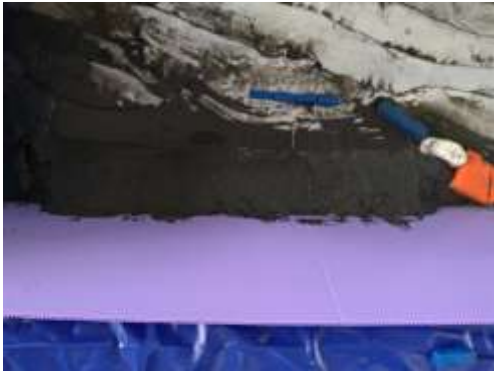







圖 39：綜合分析並討論

2.變因設計：(1)

	
圖 40：平行海岸無短堤	圖 41：平行海岸有短堤
	
圖 42：現行海岸，無短堤	圖 43：現行海岸有堤，短堤 45 度，放置 70m 處
	
圖 44：現行海岸，堤 90 度，70m 處	圖 45：現行海岸，堤 135 度，70m 處
	
圖 46：現行海岸，堤 180 度，70m 處	圖 47：現行海岸，各角度放置 140m 處

肆、實驗結果與討論

一、粒徑分析結果與討論：

(一)實驗結果：紀錄如表 3

表 3：各地方的砂石不同粒徑含量

	0.5 mm 以上	0.125 mm	0.0625mm	0.0625mm 以下
水璉	1.9	48.8	42.5	6.8
芭崎	0.0	2.3	58.6	39.1
加蘭北溪裡	0.2	55.4	26.1	18.3
加蘭北溪外	0.0	2.1	55.4	42.5
磯崎國小	0.0	9.6	70.9	19.5
磯崎灣	0.0	0.3	51.9	47.8
大石鼻	22.5	40.3	21.9	15.3

(二)分析圖：如圖 48

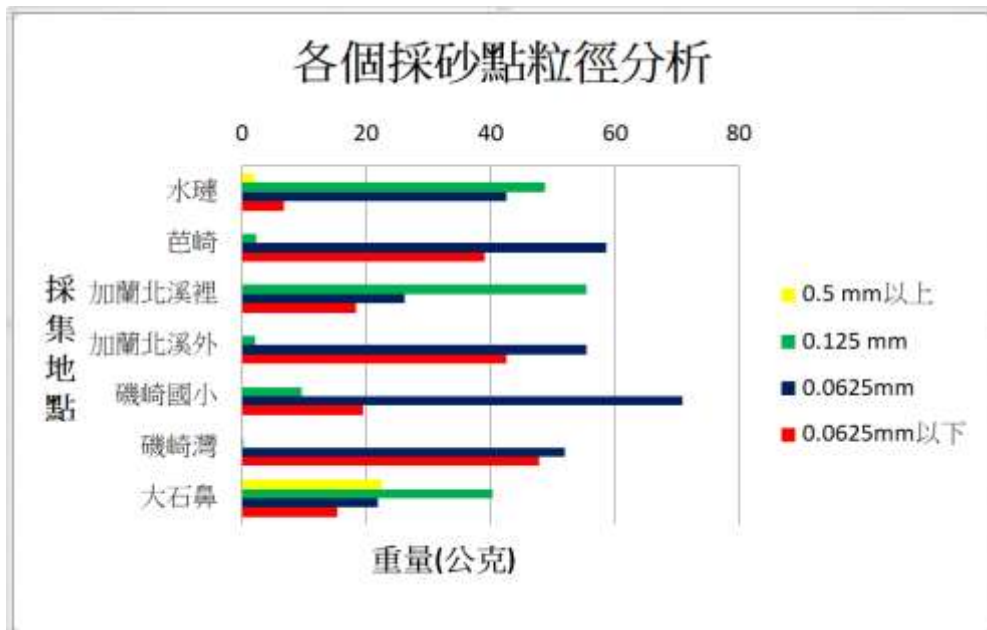


圖 48：各地粒徑分析圖表

(三)討論：

- 1.磯崎灣砂石粒徑小於 0.0625mm(含)以下者佔九成以上，相較於水璉砂石粒徑大於 0.125(含)以上佔九成以上、兩地差異甚多，可見沉積物來源應該不同。
- 2.磯崎灣細砂柔軟，觸感極佳，我們對比了當地的砂頁互層的頁岩觸感幾乎相同。
- 3.磯崎灣的砂子比較細的原因，應該是海浪侵蝕八里灣層而來，八里灣層為原為深海沉積物，沉積顆粒較細，受海浪侵蝕後沉積於磯崎灣。

二、鐵砂分析結果：

(一)實驗結果：紀錄如表 4

表 4：各地方的鐵砂比例

	總重	鐵砂重	鐵砂比
水璉 1	50	2.0	4.0%
水璉 2	50	1.5	3.0%
芭崎 1	50	8.5	17.0%
芭崎 2	50	12.0	24.0%
加蘭北溪裡	50	16.0	32.0%
加蘭北溪外	50	10.8	21.6%
國小 1	50	9.3	18.6%
國小 2	50	6.3	12.6%
磯崎灣 1	50	18.0	36.0%
磯崎灣 2	50	17.5	35.0%

(二)分析圖：如圖 49

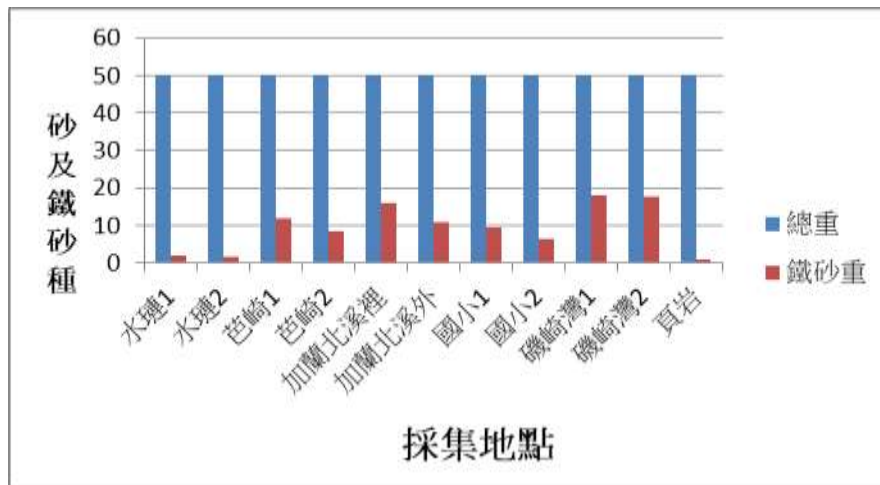


圖 49：各地鐵砂比例分析圖表

(三)討論：

- 1.第一次採砂，磯崎海水浴場砂灘含砂量 36.0%最高，其次為舊磯崎國小砂灘含砂量 12.6%，可見磯崎灣的砂灘都來自灣內八里灣層的砂頁岩被沿岸流侵蝕而來，此地北處的牛山和鹽寮漁港在地形上都屬突堤地形，因東北季風帶來的沿岸漂砂都被攔截在北岸，很少向南漂砂，第二次採砂，各點含鐵砂比例變化不大。
- 2.一般砂石以石英及長石為主，密度 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$ ，而鐵砂密度 $5\text{g}/\text{cm}^3$ ，受海水搬運時，容易有分離作用，所以在磯崎灣澳中，鐵砂很多。
- 3.第一次採集時發現磯崎國小的鐵砂含量很高，我們推測是來自於國小北邊的嘉蘭北溪，所以第二次採集時我們就前往加蘭北溪的中下游採集，發現那裡的鐵砂含量也不少，所以我們推測這個海灣的鐵砂也有來自這條溪。

三、水槽模型結果：

(一)無堤實驗結果與討論：

1.模擬東北風吹拂 45 分鐘，每 15 分鐘拍照記錄：如圖 50。

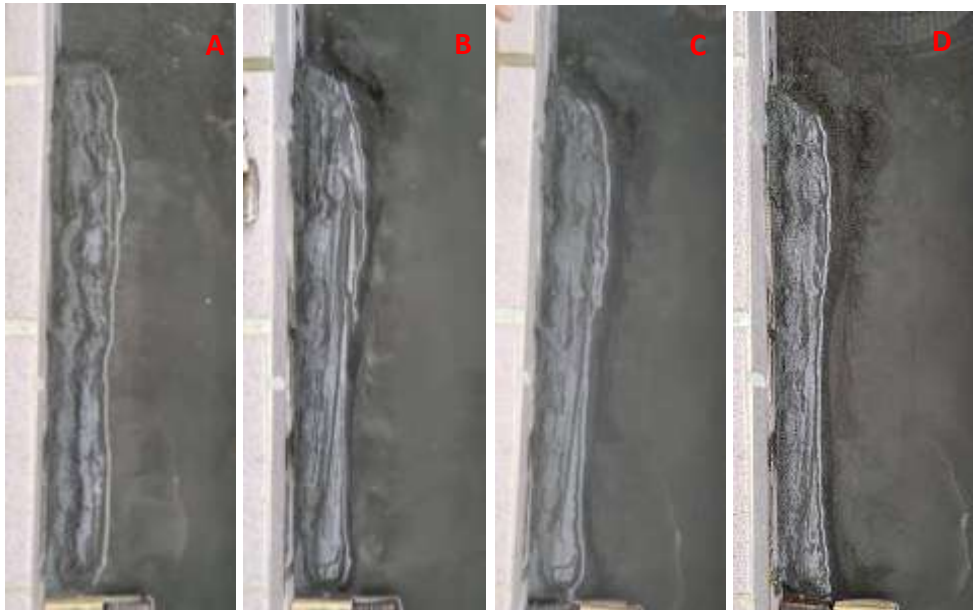


圖 50：海岸變遷走時圖，(A)0 分、(B)15 分、(C)30 分、(D)45 分



圖 51：灣澳沉積

圖 52：鐵砂

2. 討論：在磯崎灣北岸會有較明顯的侵蝕現象，在南側磯崎灣澳處，前 30 分鐘出現侵蝕，後來漸漸沉積，且出現黑色砂石沉積，圖 51，以磁鐵測試，可以吸附，應為鐵砂，如圖 52。

(二)放置長堤實驗結果與討論：

1.依照磯崎海岸防護對策研究的建議模式，將龜庵岬處放置長堤。

2.觀察流砂效果及實驗結果與討論：

3.吹拂 60 分鐘，每 15 分鐘拍照記錄：如圖 53。

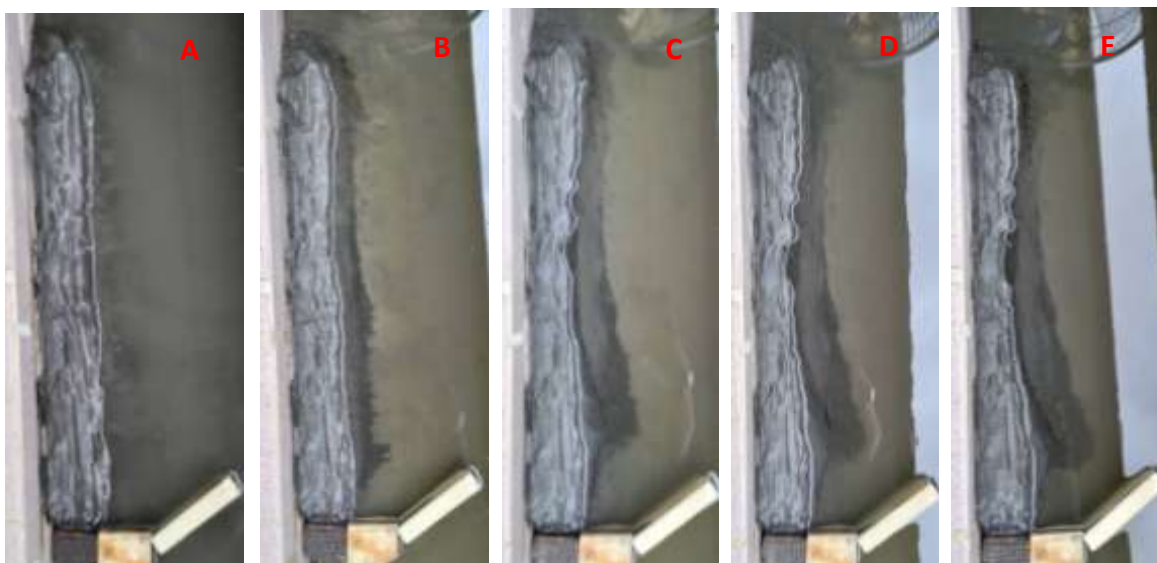


圖 53：海岸變遷走時圖，(A)0 分、(B)15 分、(C)30 分、(D)45 分、(E)60 分

4.討論：

(1)依海岸變遷走時圖可知(圖 53)，採用磯崎灣澳處延伸長堤，在海岸中段(舊磯崎國小)出現侵蝕現象，而在磯崎海水域場處出現明顯沉現象，長堤設計的確有攔砂效果。

(2)在磯崎灣澳處，靠南側近大石鼻山處幾乎無沉積物，如圖 54 紅框處，推測是因為由北向南的沿岸流受長堤阻擋產而生向東的海流(藍線)，以致無法產生沉積現象。



圖 54：流向討論

四、泳池模型結果

(一)模型測試平行海岸線：放置長堤在龜庵鼻岬處，每 7 分鐘拍照一次，共 11 次共計 77 分鐘，照片匯入 Corel Draw 軟體後製分析，圖 55。

1. 海岸線變遷走時圖：

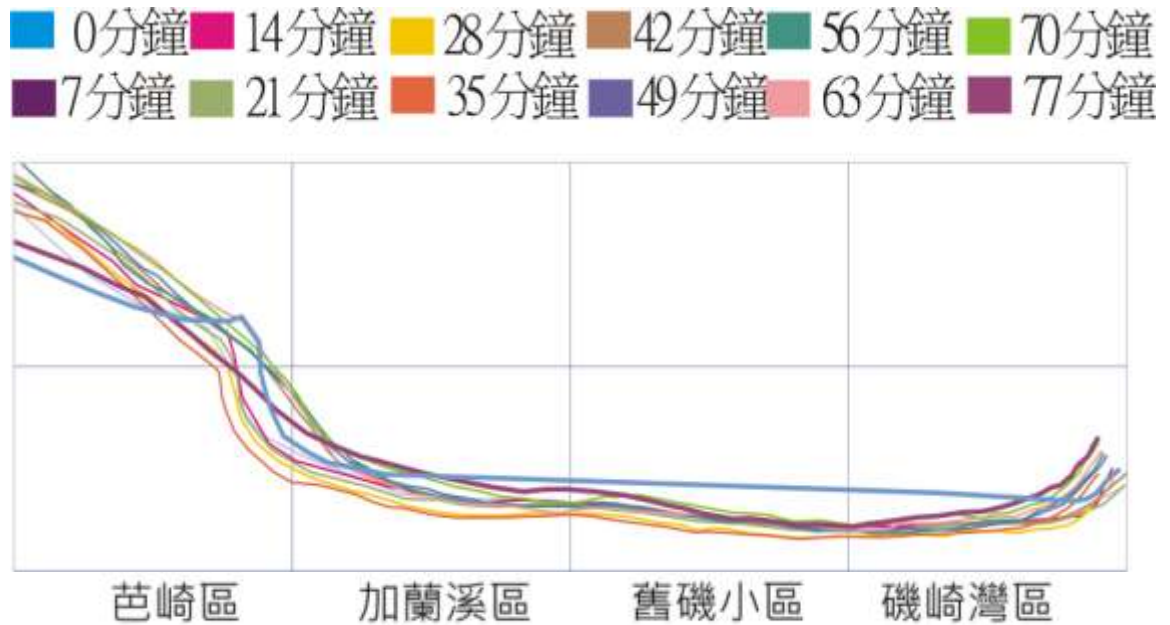


圖 55：平行海岸線+長堤走時圖

2. 討論：

- (1)加蘭溪區及舊磯崎國小區海岸線明顯後退，磯崎灣區侵蝕沉積互見。
- (2)在磯崎灣澳區間漸出現沉積現象，驗證突堤效應。
- (3)本次測試實驗在 50 分鐘以後，海岸線漸漸趨向穩定，後續實驗採用每 10 分鐘拍照一次，50 分鐘後，觀察海岸線變化情形。
- (4)東北季風以 45 度角吹拂磯崎海灣，故設計 4 個短堤，放置在外海 70m 及 140m 處測試海岸侵淤情形。
- (5)短堤計長 2cm 長度，是模擬花蓮南濱外海潛堤，本實驗設計短堤平行海岸線 45 度、90 度、135 度、180 度，以測試磯崎海灣養灘效果。

(二)模擬原始海岸線：測試在龜庵岬放置長堤 4cm 的養灘效果

1. 海岸線變遷走時圖：

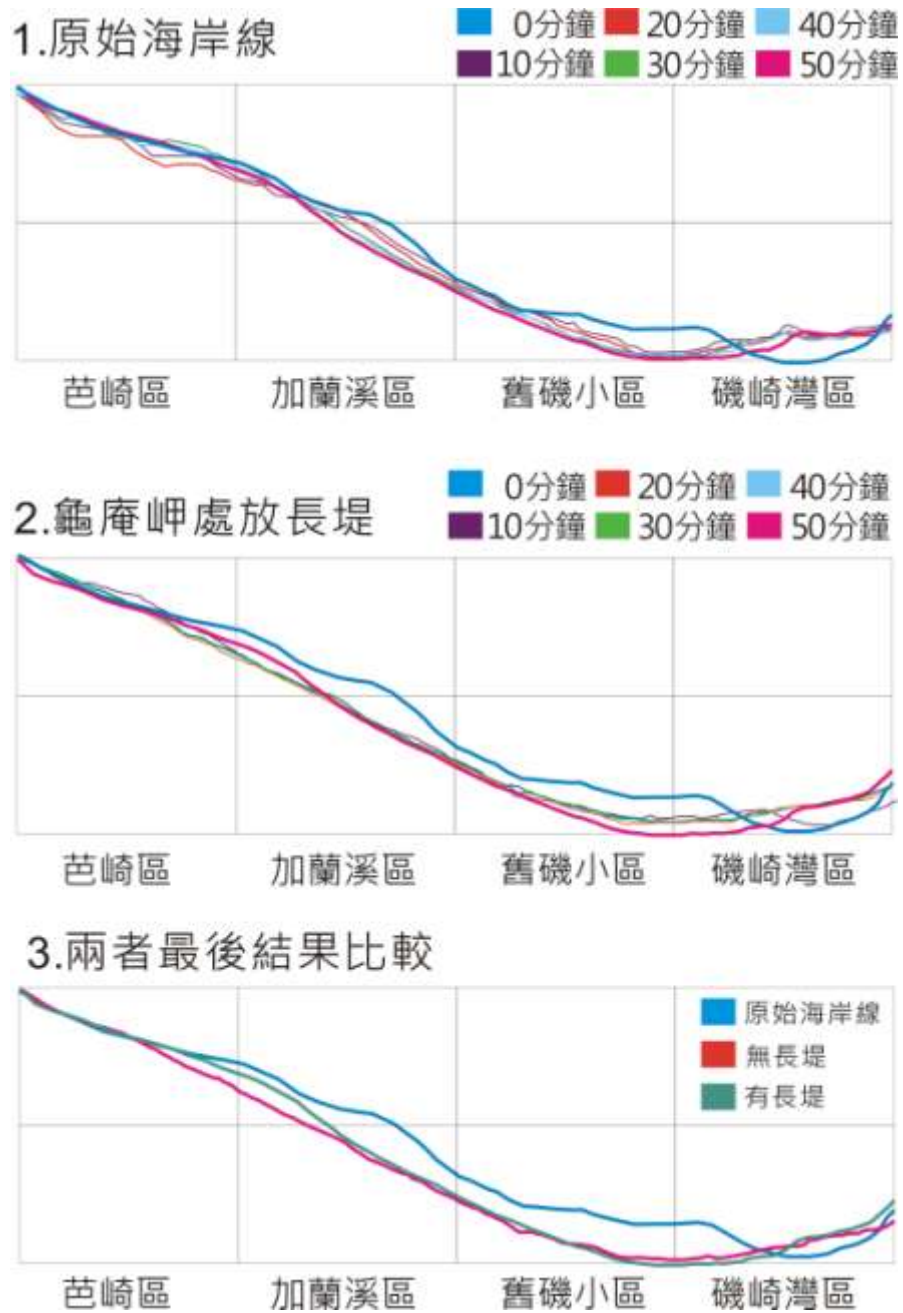


圖 56：原始海岸線和加長堤比較圖

2. 討論：

- (1) 龜庵岬是天然突堤，本來就有養灘效果，磯崎海灣原來的砂灘，是由此而來。
- (2) 在此處延長突堤，可以增加突堤效應，實驗顯示有其效果，但養灘量並不多。

(三)模擬原始海岸線，短堤 45、90、135、180 度擺設，短堤離岸 70m 及 140m 實驗結果：

(1)海岸線變遷走時圖：

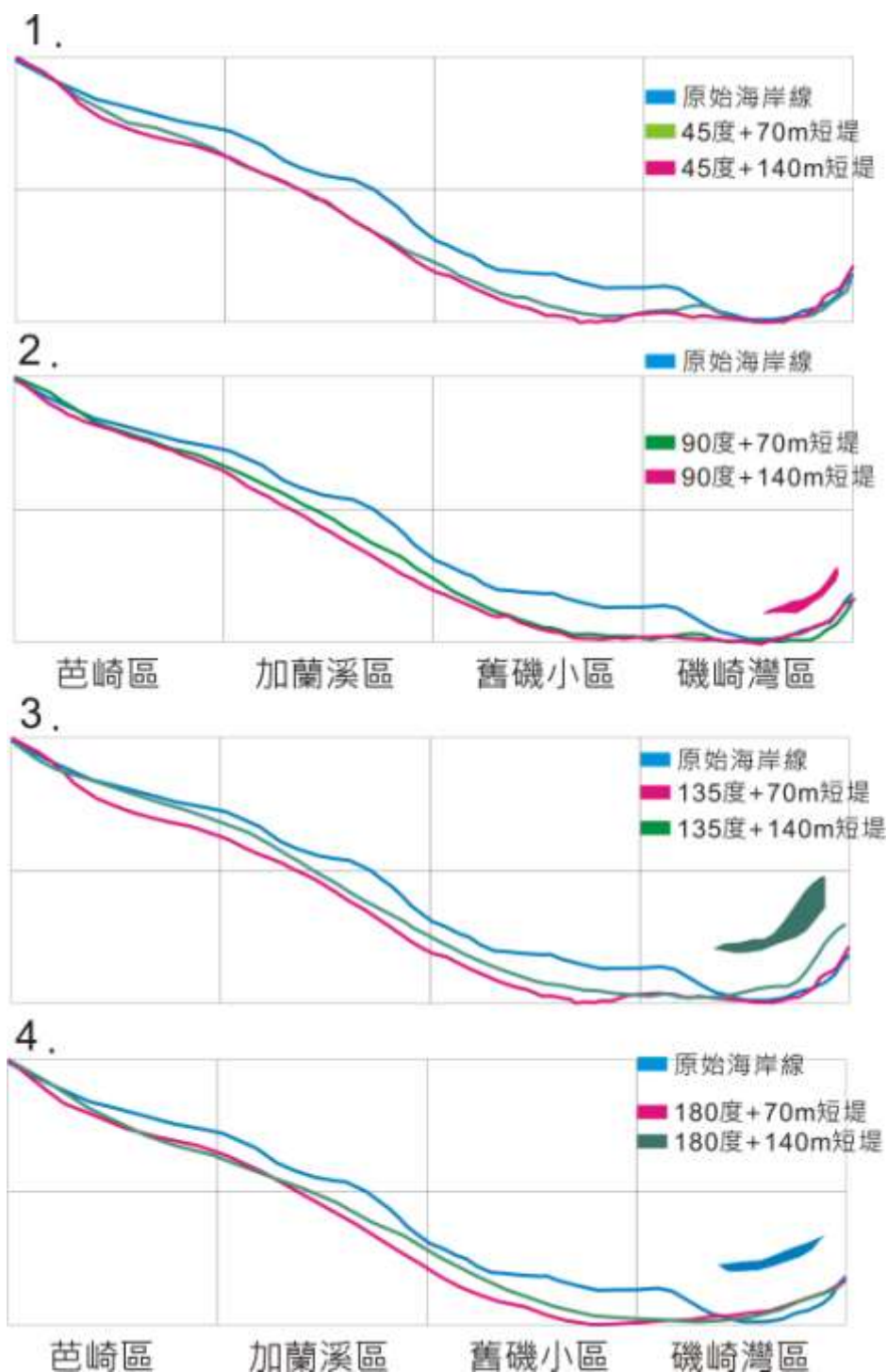


圖 57：各角度遠近比較圖

(2)討論：

- 1.短堤離岸 140m 在加蘭溪區、舊磯小區有較大的侵蝕量，較短堤離岸 70m 多。
- 2.如圖 2，短堤離岸 140m，短堤 45 度，在磯崎灣區竟有侵蝕現象，侵蝕量如紅

色區塊表示。

3.如圖 3，短堤離岸 140m，短堤 135 度，在磯崎灣有最大的沉積量，沉積量如綠色區塊表示，養灘效果最好。

4.如圖 4，短堤離岸 140m，短堤 180 度，在磯崎灣有次大的沉積量，沉積量如藍色區塊表示，養灘效果次佳。

(四)模擬原始海岸線，短堤離岸 70m 及 140m，短堤 45、90、135、180 度擺設實驗結果：

(1) 海岸線變遷走時圖：

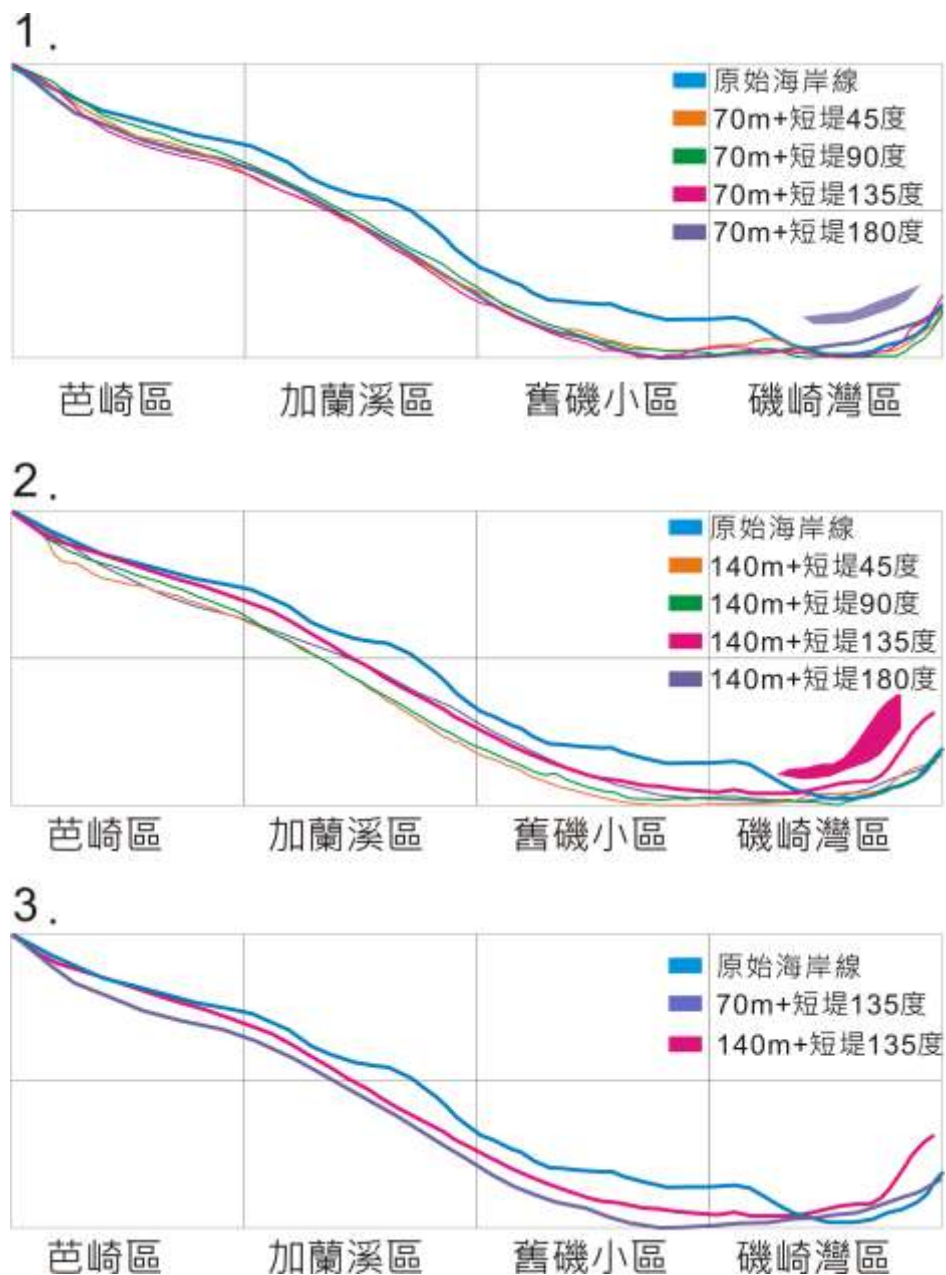


圖 58：各遠近距離角度比較圖

(2)討論：

- 1.如圖 3，短堤離岸 140m，短堤 135 度，在加蘭溪區磯舊磯小區侵蝕量少，在磯崎灣區沉積量大，沉積量如紅色區塊表示，養灘效果最好。
- 2.綜合比較短堤角度，養灘效果以 135 度最佳，180 度次之，90 度最差。
- 3.因為磯崎灣風場盛行東北季風，短堤擺放角度可影響波浪的方向，如下圖 59 所示，短堤 45 度東北季風帶來的波浪直接通過短堤，短堤 90 度反射後直接衝擊海岸，砂子反而向北堆積，以致減少磯崎灣沉積量。
- 4.短堤 135 度設計，波浪直接反射原方向，可降低磯崎灣的侵蝕衝擊，而北向來的沿岸流仍可繼續輸砂至磯崎灣。
- 5.短堤 180 度設計，波浪直接反射至東南方向，可降低磯崎灣的侵蝕衝擊，而北向來的沿岸流仍可繼續輸砂至磯崎灣，但沉積量較少於 135 度。

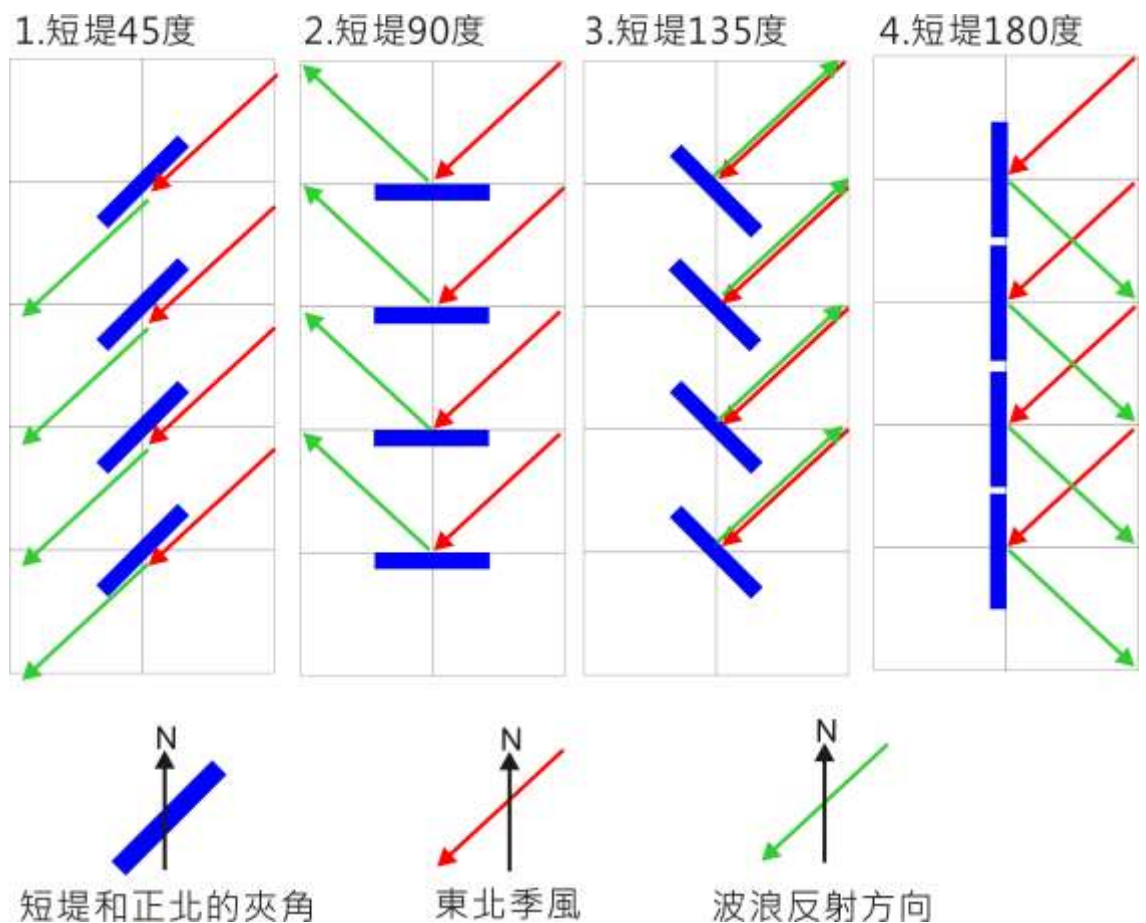


圖 59：磯崎灣風場與短堤角度及反射波浪之關係

肆、結論

- 一、依據訪談紀錄，由當地居民長期觀察經驗可知磯崎海灘砂石是受大石鼻山攔截成砂灘，但如果高能量的颱風，會將沉積的砂灘攜帶至外海，依訪談記錄所知，颱風導致砂灘流失，四年為一週期。
- 二、依磯崎海岸防護對策研究計畫報告，磯崎砂灘是受近年東北季風所帶來的沿岸流，在大石鼻山及磯崎灣澳處產生離岸流，將磯崎砂灘帶至外海。
- 三、由實驗一得知，磯崎砂灘中含鐵砂量最高，加蘭北溪次之，在加蘭北溪裡也有高含量鐵砂，可知磯崎砂灘沉積物除了來自八里灣層受海浪侵蝕沉積外，陸域的河流也可侵蝕八里灣層，再沉積於出海口。
- 四、由實驗二得知，磯崎海水浴場的砂灘粒徑較小，水璉砂灘粒徑較大，兩者來源應有不同，經過手摸觸感比較，磯崎砂灘細砂是來自八里灣層砂頁互層中的頁岩層。
- 五、在實驗三中，以水槽模型模擬地形、風場及波場，可知磯崎灣北岸會有較明顯的侵蝕現象，在南側磯崎灣澳處，會有沉積現象；另外，磯崎灣澳處沉積的黑色砂泥以磁鐵吸附，證實為鐵礦，與現實狀況相符，大石鼻山的凸堤效應可攔截鐵砂。
- 六、在實驗三中，採用龜庵鼻岬處延伸長堤，確有攔砂效果，但靠南側近大石鼻山處幾乎無沉積物，推測是因為由北向南的沿岸流受長堤阻擋產而生向東的海流，以致無法產生沉積現象。
- 七、由實驗三得知，大石鼻山應該是自然凸堤地形，也有北岸攔砂的自然效果，磯崎灣砂灘大量流失，可能是高能量的颱風所為。
- 八、實驗室四中，以充氣泳池模型模擬地形、風場及波場，在龜庵鼻岬處延伸長堤，有養灘效果，而在外海 70m 處放置 90 度的短堤，養灘效果不佳，甚至有侵蝕現象。
- 九、由實驗四中，在龜庵鼻岬處放置延伸長堤，外海 140m 放置 180 度的短堤，養灘效果次佳；而在外海 140m 處放置 135 度的短堤，養灘效果最佳。
- 十、本研究未來會將模型更精確化，更嚐試研究其他堤防擺放方式，期望能找出適切的攔砂養灘方式，供相關單位參考。

伍、參考資料

一、普通地質學(下)，2018，劉聰桂…等，台大出版中心。

二、海岸山脈－花東海岸豐濱。

<http://ashan.gl.ntu.edu.tw/chinese/GeoPark/SeacoastSierraGeology02/>

三、海岸山脈火山 - 市立北一女中。<https://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/>

四、黃昱翔(2019)。花蓮的「難」堤-南濱海岸離岸潛堤養灘效果之探討。

五、交通部觀光局東部海岸國家風景區管理處。花蓮縣磯崎海岸防護對策研究計畫 期末報告(定稿本)。