

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 地球與行星科學科

團隊合作獎

051902

養灘親「離」----不同離岸堤對養灘面積大小的
影響

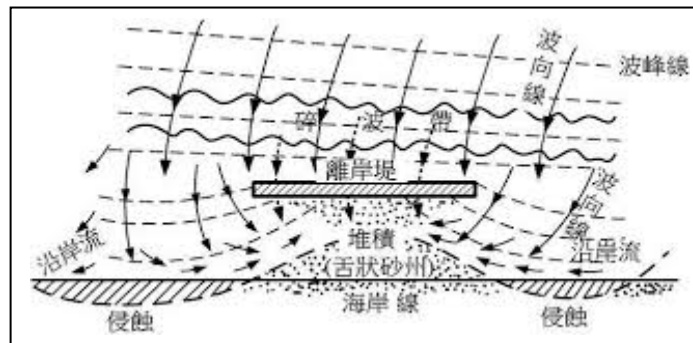
學校名稱：新北市私立格致高級中學

作者： 高一 陳定毅 高一 陳昱達 高一 潘昭廷	指導老師： 林郡君 楊萬凡
---	-----------------------------

關鍵詞：離岸堤、消波塊、沿岸流

摘要

近年來台灣的海灘面臨被嚴重侵蝕之難題，護岸措施不斷推陳出新。而目前台灣除了突堤之外，也有近幾年來發展興盛的「離岸堤」。一般而言，在離岸堤背後形成的砂舌或繫陸砂洲具有防治海岸侵蝕的功效。於是我們想藉由實驗來大略推敲出最適合養灘的離岸堤，來解決現在台灣沙灘資源不斷減少之問題。本實驗以離岸堤的厚度、長度、高度、角度、離岸堤相對水深的高度、離岸堤離岸的距離、消波塊作為實驗操作變因，並以樂高機器人作為造浪機維持海浪的頻率、強度。結果發現，影響養灘效果前三名依序是：角度、離岸距離、高度，且波速會使離岸堤擺設的最佳角度有所不同。



(圖一)離岸堤養灘示意圖

壹、研究動機

在國三上時，我們上了有關潮汐與波浪的單元，其中老師提到：「近年來，台灣的海岸線面臨被嚴重侵蝕的問題，因此台灣使用了突堤、離岸堤等護岸措施……」而由於我們對於課本無細講的離岸堤頗感興趣，因而在上網查詢了有關離岸堤的資料後，發現離岸堤集中於西南部的海岸。原因大致上分成兩點：

- 一、建造許多水庫儲水，同時造成河川下游的沙源減少。
- 二、西部的沙岸坡度較為平緩，較適合以離岸堤養灘。






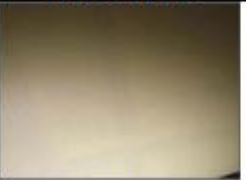


因此我們為了研究出如何使我們美麗的沙灘不要消失得這麼快的方法，所以我們展開了離岸堤的模擬實驗。藉由此實驗探究出效能最好的離岸堤幫助沿海地區養灘，來增加海灘面積。

貳、研究目的

1. 找出造成影響離岸堤養灘強弱的變因。
2. 找出如何建造離岸堤可以達到養灘面積最大化。
3. 直接以消波塊為離岸堤的話效果如何。

參、研究設備及器材

樂高機器人、水槽(50x40x20cm)、各式積木、波浪狀海綿x4、沙子、塑膠瓦楞板、泡棉膠和強力膠、絕緣膠帶

樂高機器人  (圖二)	水槽(50x40x20cm)  (圖三)	海綿×4  (圖四)	各式積木  (圖五)
沙子  (圖六)	塑膠瓦楞板  (圖七)	泡棉膠和強力膠  (圖八)	絕緣膠帶  (圖九)

肆、研究過程及方法

一、資料的觀察與發想

我們在實驗之初，我們在內政部營建署的網頁查詢到了有關全台灣海岸線的情形，而從（表一）中，我們發現，台灣西部的海岸為沙岸地形，受到海平面上升的衝擊較其他地區的海岸還要大得多。而東部是受到傷害最小的地方。

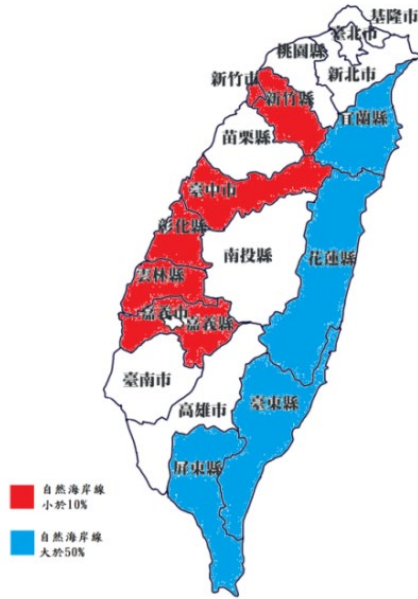
108 年度第 2 期各縣市自然及人工海岸線比例一覽表

項目 縣市 名稱	108 年度第 2 期				108 年第 1 期自然海 岸線長度 (m) (C)	97 年第 1 期(基準年) 自然海岸 線長度(m) (D)	自然海岸 線變化 (m) (A)-(C)	損失比率 (%) (A)-(C)/(D)
	總海岸線 長度(m) (A)+(B)	自然海岸 線長度(m) (A)	人工海岸 線長度(m) (B)	自然海岸 占海岸長 度比例(%) (A)/(A)+(B)				
	(A)+(B)	(A)	(B)	(A)/(A)+(B)				
基隆市	18,641	2,593	16,048	13.91%	2,593	2,593	0	0
臺北市	0	0	0	0	0	0	0	0
新北市	144,959	54,803	90,156	37.81%	54,803	56,849	0	0
桃園市	46,285	20,976	25,309	45.32%	20,976	20,840	0	0
新竹市	23,304	1,077	22,227	4.62%	1,077	1,283	0	0
新竹縣	12,450	1,169	11,281	9.39%	1,169	1,170	0	0
苗栗縣	52,033	12,628	39,405	24.27%	12,628	13,107	0	0
臺中市	50,003	6,194	43,809	12.39%	6,194	3,986	0	0
彰化縣	76,050	3,864	72,186	5.08%	3,864	3,862	0	0
南投縣	0	0	0	0	0	0	0	0
雲林縣	64,799	3,302	61,497	5.10%	3,302	3,304	0	0
嘉義市	0	0	0	0	0	0	0	0
嘉義縣	41,563	2,176	39,387	5.24%	2,176	2,176	0	0
臺南市	67,582	29,737	37,845	44.00%	29,737	25,158	0	0
高雄市	95,370	11,830	83,540	12.40%	11,830	13,186	0	0
屏東縣	171,922	126,792	45,130	73.75%	126,792	126,611	0	0
宜蘭縣	111,007	67,989	43,018	61.25%	67,989	67,981	0	0
花蓮縣	118,852	77,870	40,982	65.52%	77,870	78,013	0	0
臺東縣	243,539	168,891	74,648	69.35%	168,891	168,699	0	0
小計(1)	1,338,359	591,891	746,468	44.23%	591,891	588,818	0	0
澎湖縣	370,640	269,674	100,966	72.76%	269,674	268,422	0	0
小計(2)	1,708,999	861,565	847,434	50.41%	861,565	857,240	0	0
金門	134,202	114,373	19,829	85.22%	114,373	115,514	0	0
連江	137,668	122,365	15,303	88.88%	123,311	123,567	-946	-0.77%
東沙	7,208	6,284	924	87.18%	6,284	6,405	0	0
總計	1,988,077	1,104,587	883,490	55.56%	1,105,533	1,102,726	-946	-0.09%

註：1.由於數化影像品質不同、潮汐變化影響及海岸線重新數化，海岸線數化資

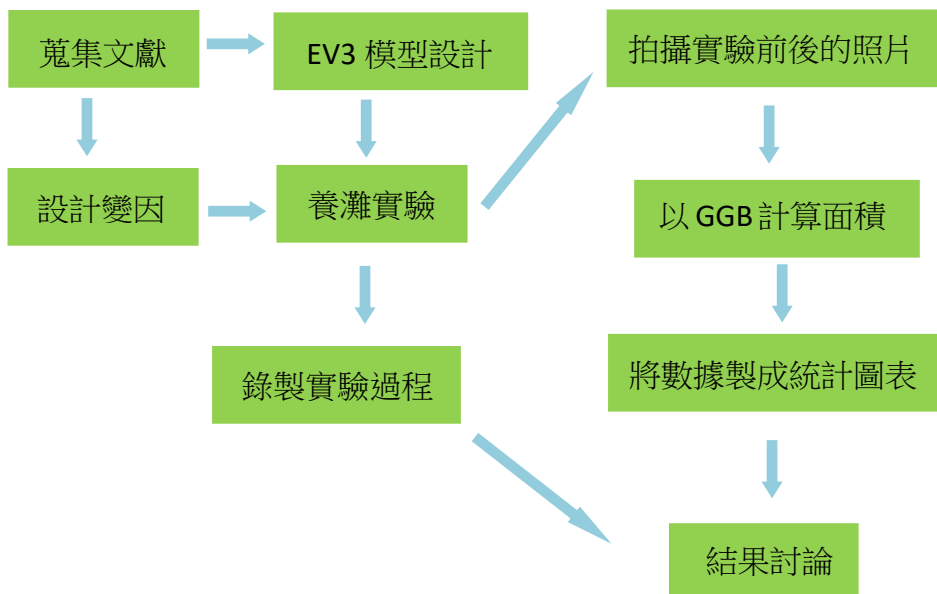
料結果有些許的誤差，但誤差應在 2% 範圍內。

2.本表數據小數點後之數值皆採四捨五入計算。





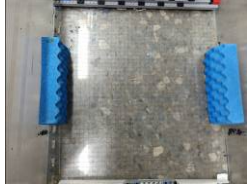


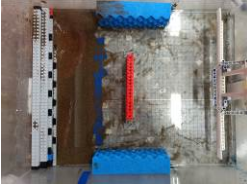
(圖十)、按照(表一)格所繪製之台灣地圖(表一內之藍色及紅色標記為自己所加註)由(圖十)可見，自然海岸線高度侵蝕之縣市大多分布於台灣西部，而東部多為懸崖峭壁，受侵蝕的程度並不大

二、研究步驟流程圖



▲ (圖十一)

三、模型設計步驟

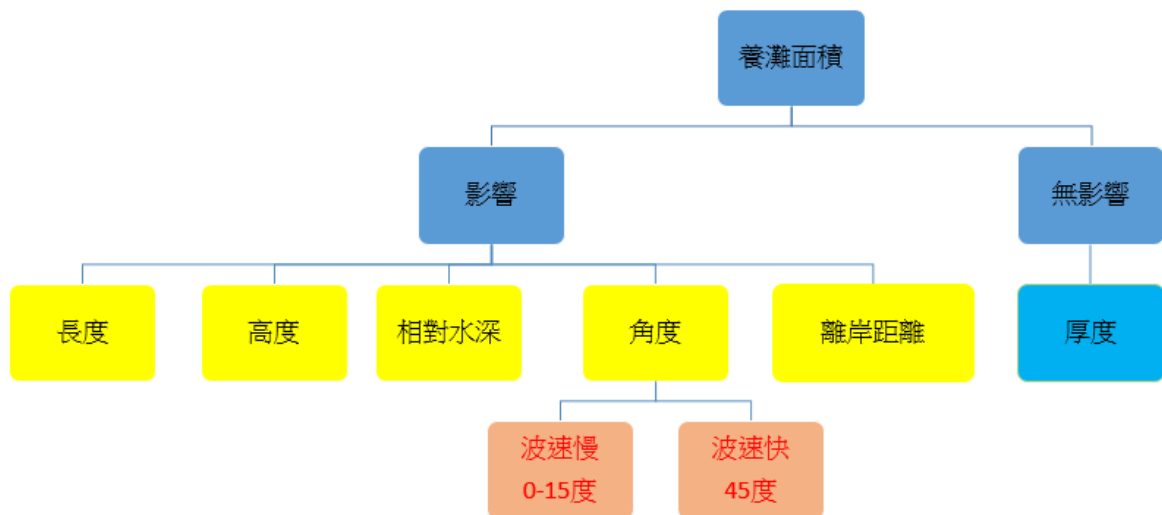
 <p>(步驟一) 貼上藍色紙膠帶作為離岸堤基準線，且貼上沙子基準線（黃線）</p>	 <p>(步驟二) 裁切適當長度之塑膠板做為造浪板，並使用樂高機器人當造浪機。</p>	 <p>(步驟三) 在側邊放上波浪狀海綿，吸收反射波以防止干擾實驗精準度。</p>
 <p>(步驟四) 用各式積木組出陸地模型。</p>	 <p>(步驟五) 用紅色積木組出離岸堤。</p>	 <p>(步驟六) 放入沙子</p>

樂高機器人的設定：

波速：72^{cm}/sec（馬達 Power 100）

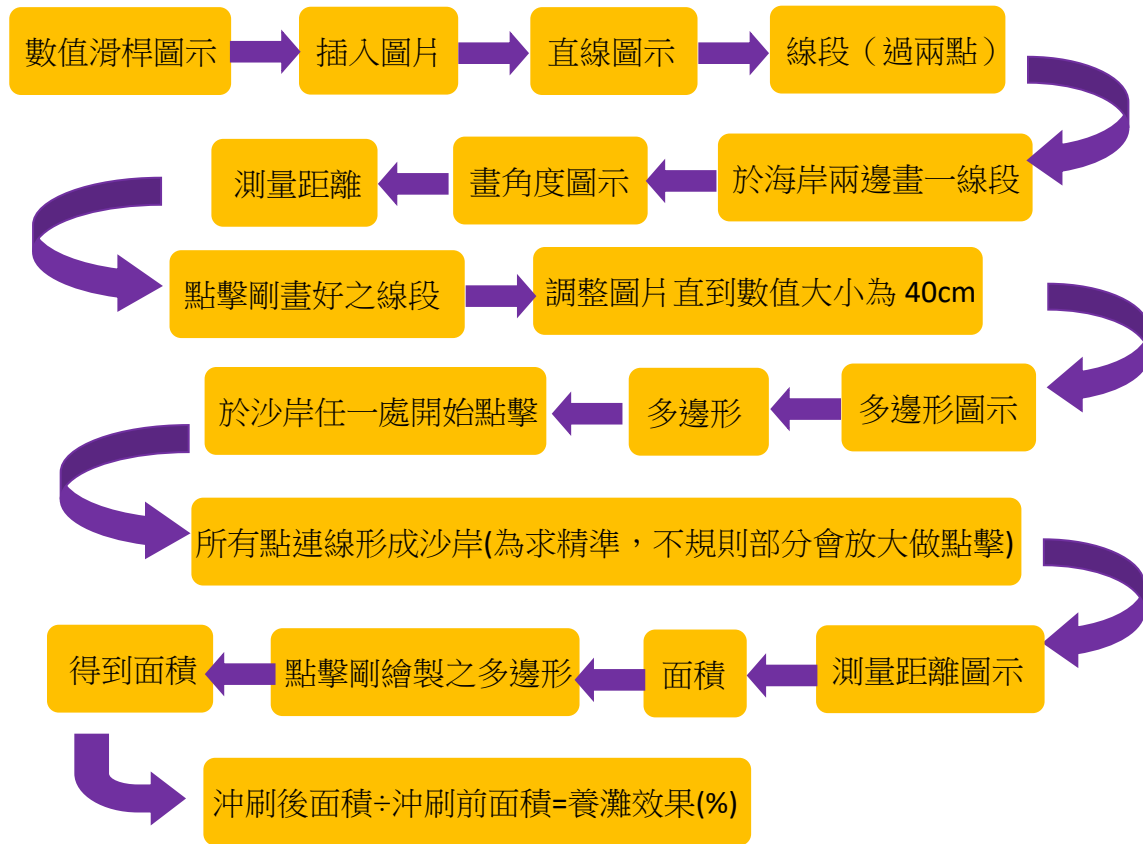
週期：4 sec

四、實驗假設

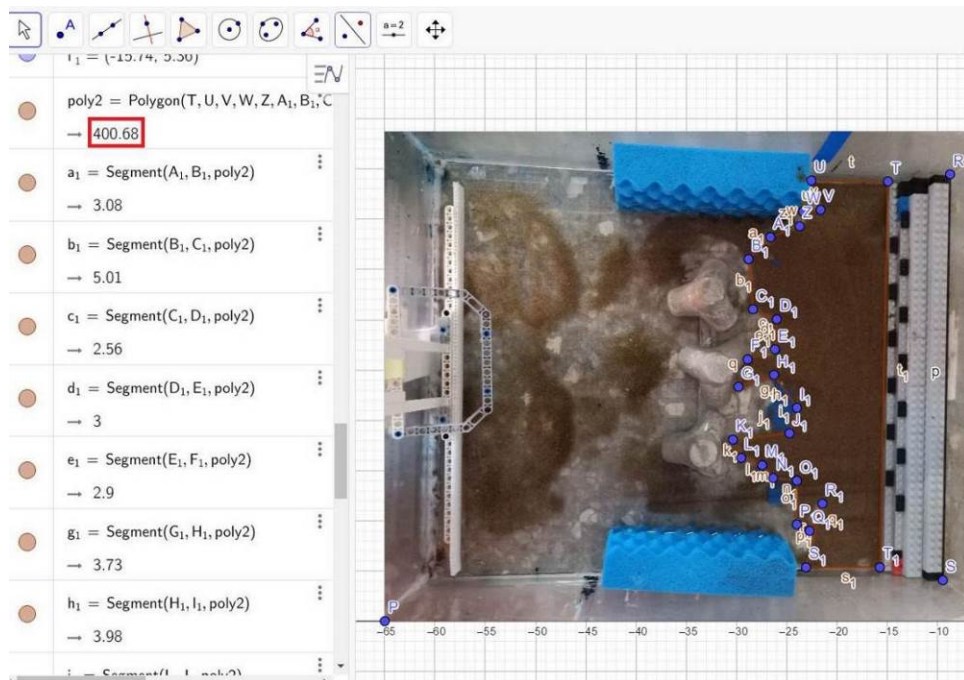


▲(圖十二)

五、計算面積方式——GGB作圖流程



▲(圖十三)



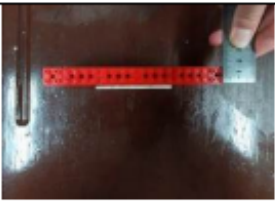
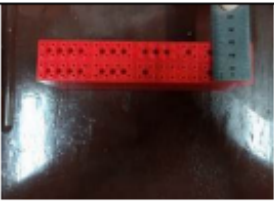
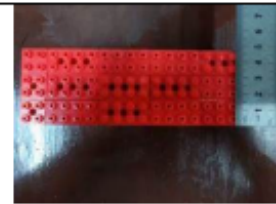
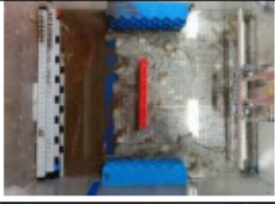


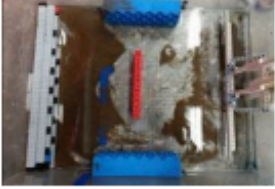


▲(圖十四)GGB作圖結果

六、實驗過程

【第一部分：不同離岸堤對養灘面積的影響】

1.離岸堤厚度是否會影響離岸堤養灘面積大小



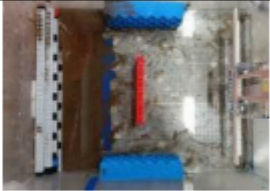



第一組實驗中，我們要測試離岸堤厚度會不會影響離岸堤養灘面積的大小，所以我們準備了三種厚度不同的離岸堤來做為對照。(水由右而左流)，三種厚度模型為：1.5cm、3.0cm、4.5cm

	厚度1.5cm	厚度3cm	厚度4.5cm
離岸堤模型			
沖刷前情況			
沖刷後情況			

▲(表二)

2.離岸堤長度是否會影響離岸堤養灘面積大小



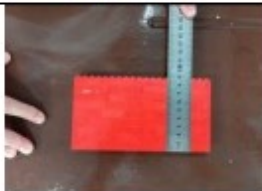






第二個實驗中，我們要測試離岸堤長度會不會影響離岸堤養灘面積的大小，我們準備了二種長度不同的離岸堤來做為對照。(水由右而左流)，二種模型長為：16cm、20cm

	長度16cm	長度20cm
離岸堤模型		
沖刷前情況		
沖刷後情況		

▲(表三)

3. 離岸堤高度是否會影響離岸堤養灘面積大小

第三個實驗中，我們要測試離岸堤高度會不會影響離岸堤養灘面積的大小，我們準備了三種高度不同的離岸堤來做為對照。(水由右而左流)，三種模型長高為：**5cm、7cm、9cm**







	高度5cm	高度7cm	高度9cm
離岸堤模型			
沖刷前情況			
沖刷後情況			

▲(表四)

4.離岸堤相對於水深的高度是否會影響離岸堤養灘面積大小

第五個實驗中，我們要測試離岸堤相對於水深的高度會不會影響離岸堤養灘面積的大小，我們放置了五種角度不同的離岸堤來做為對照。(水由右而左流)，下為(表五)，三種模型相對於水深的高度為：

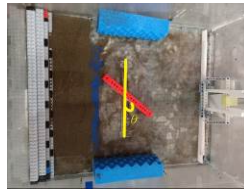
水平面上1cm(高4cm)、水平面(高3cm)、水平面下1cm(高2cm)

	水平面上1cm (高4cm)	水平面 (高3cm)	水平面下1cm (高2cm)
未經沖刷前			
經過沖刷後			





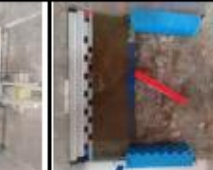





▲(表五)

5.離岸堤的設置角度是否會影響離岸堤養灘面積大小

第四個實驗中，我們要測試離岸堤的設置角度會不會影響離岸堤養灘面積的大小，我們放置了五種角度不同的離岸堤來做為對照。(16×8×3cm)(水由右而左流)，下為(表六)，五種模型角度為：0度、15度、30度、45度、60度



▲(圖十五)角度示意圖

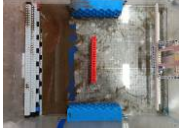
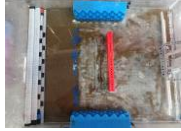



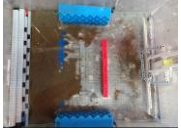
角度	0度	15度	30度	45度	60度
沖刷前					
沖刷後					

▲(表六)

6、離岸堤離岸的距離是否會影響離岸堤養灘面積大小

第6個實驗中，我們要測試離岸堤離岸的距離會不會影響離岸堤養灘面積的大小，我們設定了三種不同的離岸距離來做為對照。三種模型離岸的距離為：

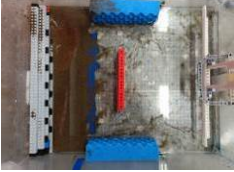

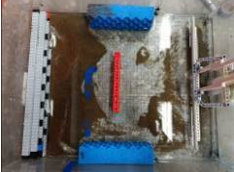

8cm、12cm、16cm

	離岸距離8cm	離岸距離12cm	離岸距離16cm
未經沖刷前			
經過沖刷後			

▲(表七)

7、以消波塊為離岸堤是否會影響離岸堤養灘面積大小

第7個實驗中，我們要測試以消波塊為離岸堤會不會影響離岸堤養灘面積的大小：

	積木離岸堤	消波塊離岸堤
未經沖刷前		
經過沖刷後		

▲(表八)

【第二部分：不同波速對離岸堤養灘面積的影響】

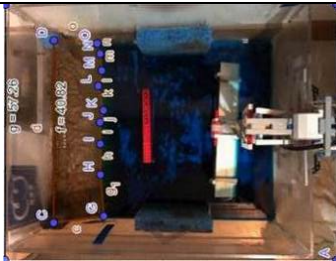
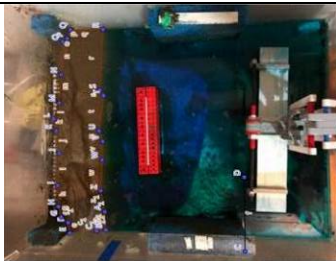
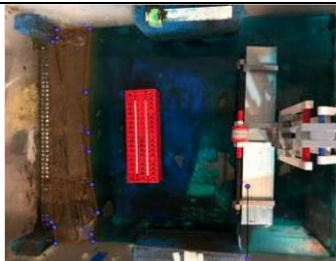

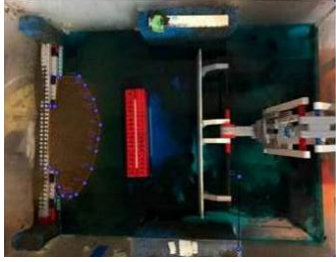
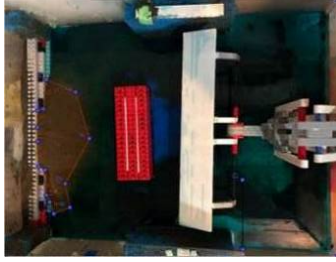
針對天氣改變我們模擬天氣現象改變海流的速度，一般海流的速度約20~130cm/s之間(港灣環境資訊網)，颱風海流的速度100~200cm/s。我們模擬實驗將水波等比例縮小，以Power100來做(72^{cm/sec})，以Power50來做(54^{cm/sec})，以Power25來做(36^{cm/sec})，實驗的結果分別如下：

1波速對離岸堤厚度的影響

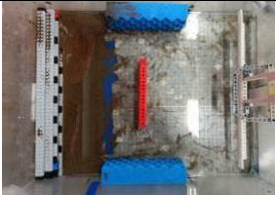

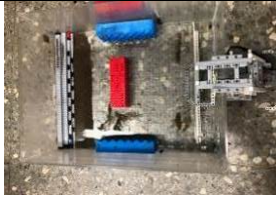
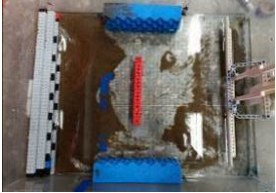

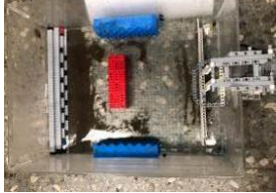
第一組實驗中，我們要測試速度是否改變離岸堤厚度對離岸堤養灘面積的大小，所以我們準備了二種不同波速。(水由右而左流)

☆二種波速模型為：54cm/s、170cm/s

☆三種厚度不同的離岸堤來做為對照，三種模型厚度為：1.5cm、3cm、4.5cm

波速	54cm/s		
厚度(cm)	1.5cm	3cm	4.5cm
未經沖刷前			
經過沖刷後			

▲(表九)

波速	170cm/s		
厚度(cm)	1.5cm	3cm	4.5cm
沖刷前情況			
沖刷後情況			


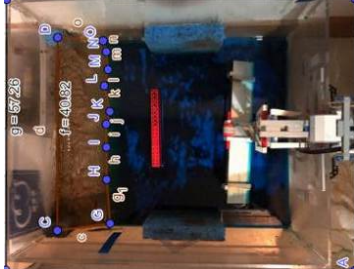



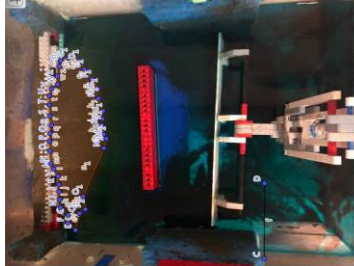
▲(表十)

2.波速對離岸堤長度的影響


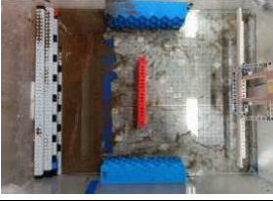

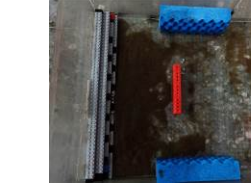


第二個實驗中，我們要測試速度是否改變離岸堤長度對離岸堤養灘面積的大小，所以我們準備了二種不同波速。(水由右而左流)

☆二種速度模型為：54cm/s、170cm/s

☆三種長度不同的離岸堤來做為對照，三模型長為：12cm、16cm、20cm

波速	54cm/s		
長度(cm)	12cm	16cm	20cm
未經沖刷前			
經過沖刷後			

▲(表十一)

波速	170cm/s		
長度(cm)	12cm	16cm	20cm
未經沖刷前			
經過沖刷後			

▲(表十二)

3.波速對離岸堤高度的影響


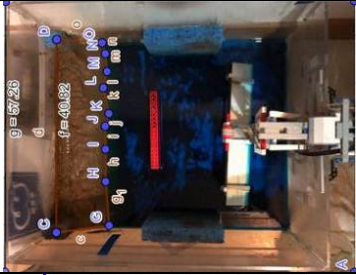
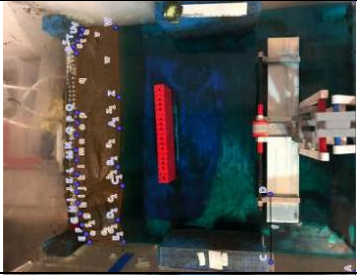
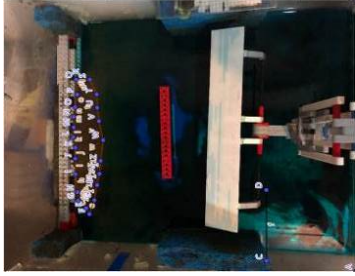
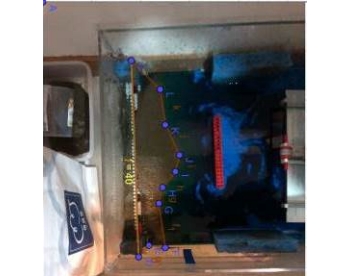
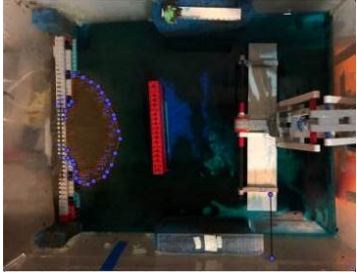
第三個實驗中，我們要測試速度是否改變離岸堤高度對離岸堤養灘面積的大小，所以我們準備了二種不同波速。(水由右而左流)

☆二種速度模型為：54cm/s、170cm/s


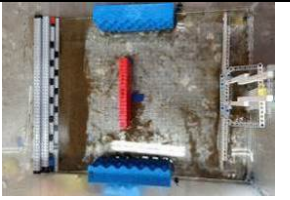
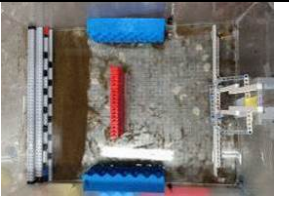
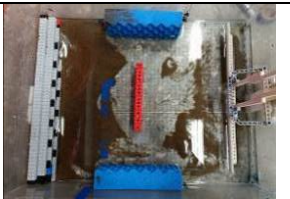
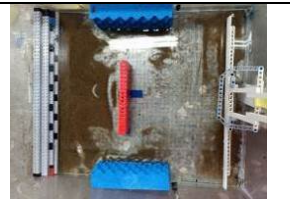

☆數種高度不同的離岸堤來做為對照：

波速54cm/s，高度為：3cm、5cm、7cm

波速170cm/s，高度為：5cm、7cm、9cm

波速	54cm/s		
高度(cm)	3cm	5cm	7cm
未經沖刷前			
經過沖刷後			

▲(表十三)

波速	170cm/s		
高度cm	5cm	7cm	9cm
沖刷前情況			
沖刷後情況			

▲(表十四)

4.波速對離岸堤角度的影響

第四個實驗中，我們要測試速度是否改變離岸堤角度對離岸堤養灘面積的大小，所以我們準備了四種不同波速。(水由右而左流)

☆四種速度模型為：36cm/s、54cm/s、72cm/s、170cm/s


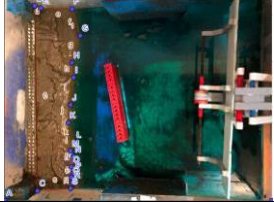
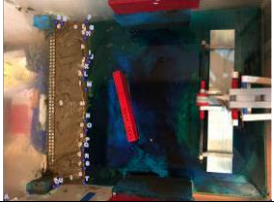

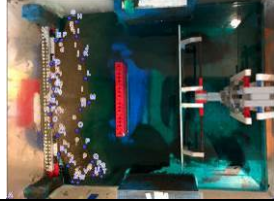
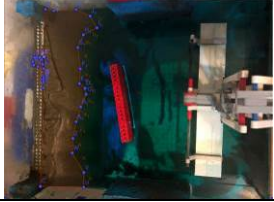


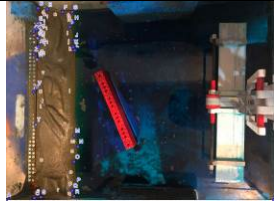





☆數種角度不同的離岸堤來做為對照：

波速36cm/s，角度為：0°~ 45°

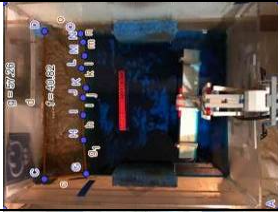
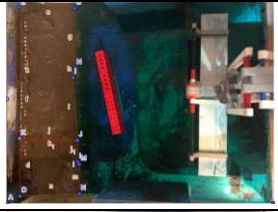
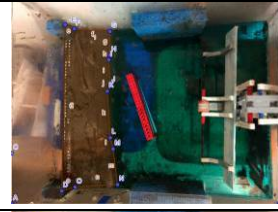
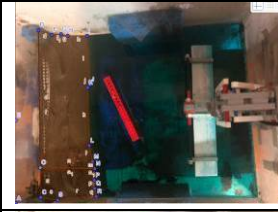
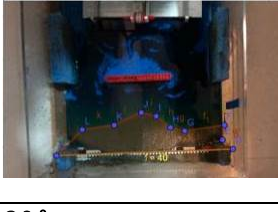
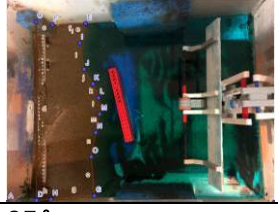
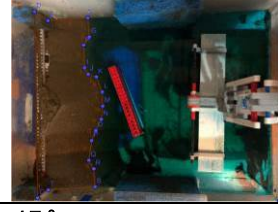
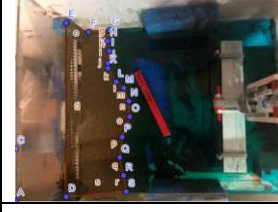
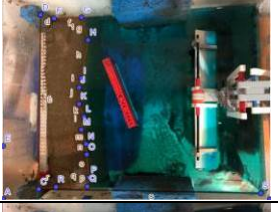

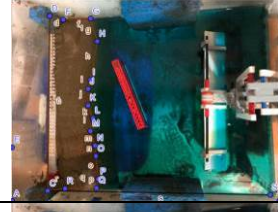
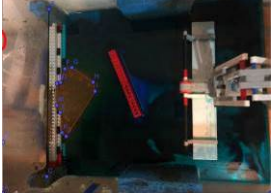

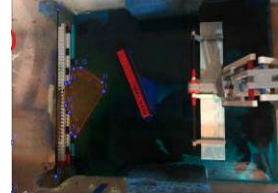
波速54cm/s，角度為：0°~ 45°

波速72cm/s，角度為：0°~ 45°

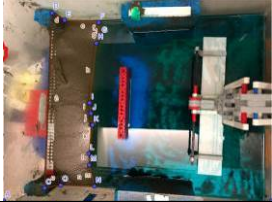

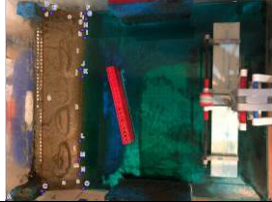

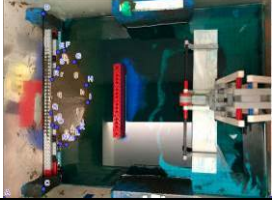
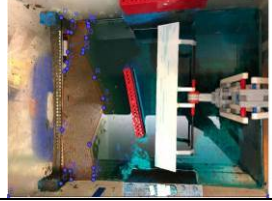
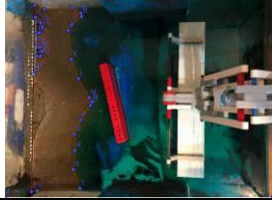

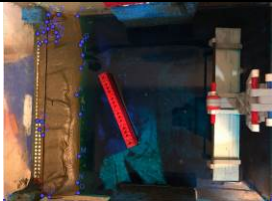


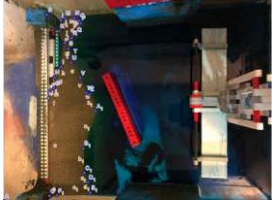
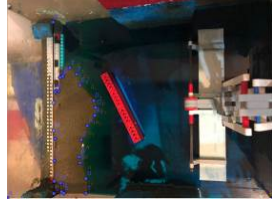
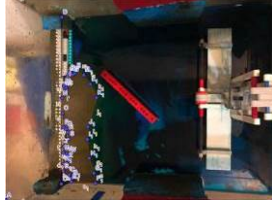
波速170cm/s，角度為：0°~ 60°

波速	36cm/s			
角度	0°	5°	10°	15°
未經沖刷前				
經過沖刷後				
角度	20°	25°	45°	
未經沖刷前				
經過沖刷後				

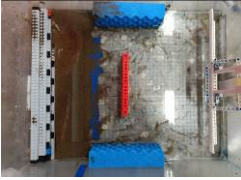
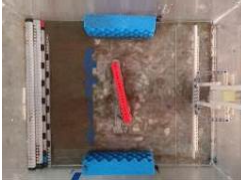
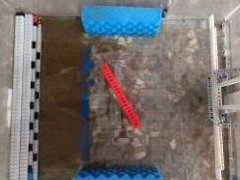
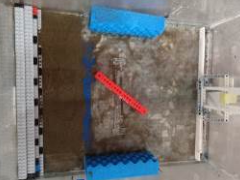
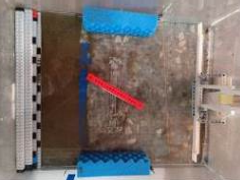


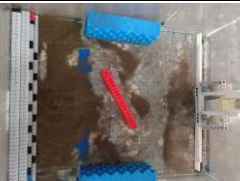

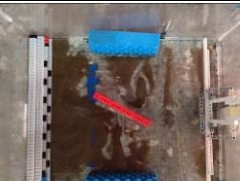
▲ (表十五) (36^{cm}/sec)

波速	54cm/s			
角度	0°	5°	10°	15°
未經沖刷前				
經過沖刷後				
角度	20°	25°	45°	
未經沖刷前				
經過沖刷後				

▲ (表十六) (54^{cm}/sec)

波速	72cm/s			
角度	0°	5°	10°	15°
未經沖刷前				
經過沖刷後				
角度	20°	25°	45°	
未經沖刷前				
經過沖刷後				

▲ (表十七) (72^{cm}/sec)

波速	170cm/s				
角度	0度	15度	30度	45度	60度
沖刷前					
沖刷後					

▲(表十八)

伍、研究結果與討論

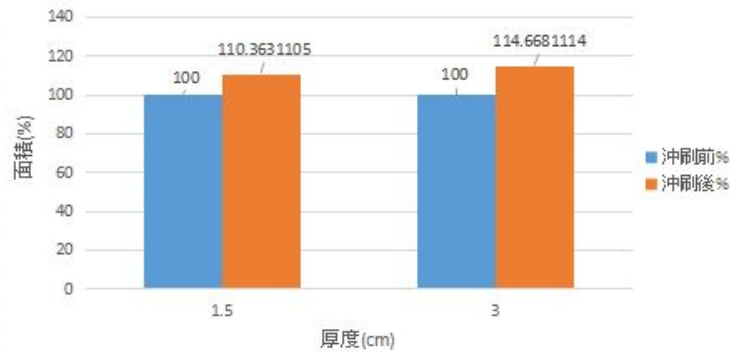
【第一部分：不同離岸堤對養灘面積的影響】

一、離岸堤厚度不會影響離岸堤養灘面積大小

由實驗過程之(表二)之{經過沖刷後}部分討論所繪製出的(圖十六)，可以發現厚度1.5cm和3cm的離岸堤，養灘效果是差不多的。這和我們的假設一樣，厚度的差異並不影響養灘面積的大小。

雖然文獻（吳朝輝，民109）指出離岸堤的厚度越厚，養灘效果越好，不過這是因為其研究是針對消波塊離岸堤，因為消波塊的增加，對於消波率有正向影響。我們使用的積木型離岸堤，不具備此特性，因此厚度的增加，不會影響養灘面積的大小。

離岸堤厚度對離岸堤養灘面積大小的影響

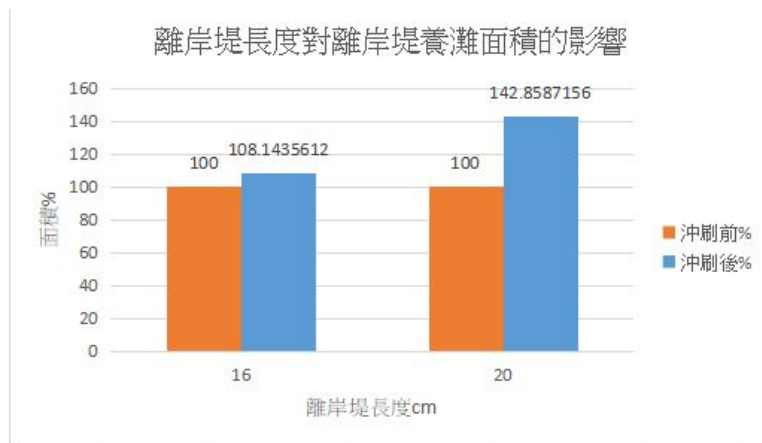


▲(圖十六)

二、離岸堤長度越長養灘面積越大

(離岸堤長度範圍16-20cm)

由實驗過程之(表三)之{經過沖刷後}部分討論所繪製出的(圖十七)，可以發現離岸堤長度越長，養灘效果就越好。和我們的假設是一樣的，長度越長，養灘面積越大。根據文獻（吳政忠，民94），離岸堤的最佳長度落在60~120公尺之間。我們認為未來可以使用更寬的水缸，以便對最佳長度進行更精準的分析。



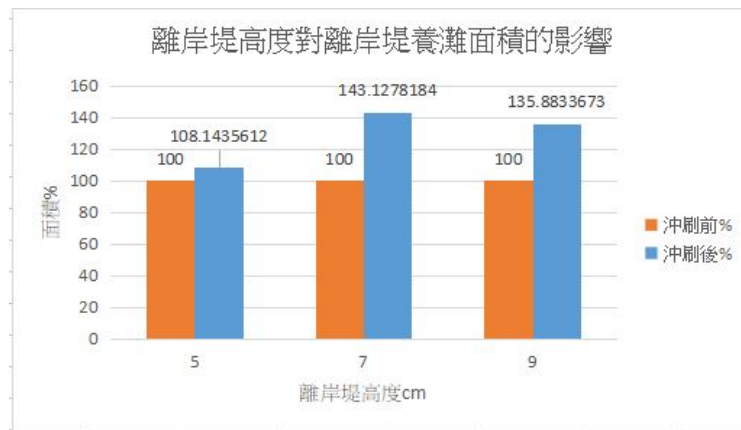
▲(圖十七)

三、離岸堤高度越高養灘面積越大

(離岸堤高度範圍5-7公分)

由實驗過程之(表四)之{經過沖刷後}討論所繪製出的(圖十八)，可以發現離岸堤的高度為5的時候，養灘面積是最少的，在5以上的兩種高度時，養灘面積並無太大差異。與原先的假設：高度對於離岸堤養灘面積不會有影響有所差異。

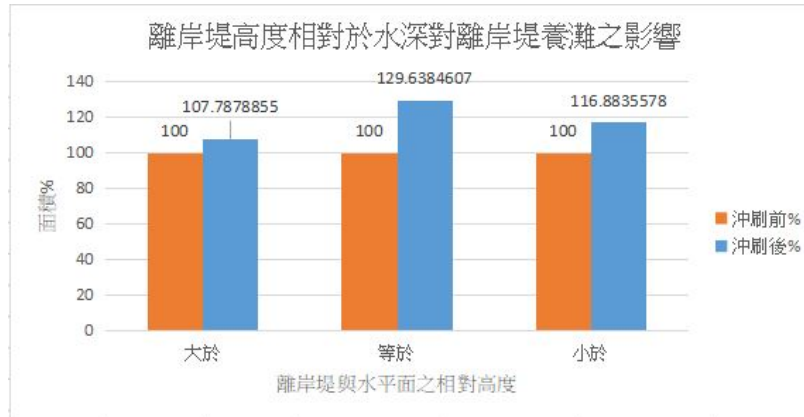
根據文獻 (陳宥睿等人，民104) (郭金棟，民93)，離岸堤的高度越高，養灘效果越好，他們皆有探討到爆潮等現象，此項變因的實驗並未將爆潮考慮進來。因此，我們推測是因為高度為7和9的離岸堤的越堤水量差異不大，而高度5cm的離岸堤在此實驗中的越堤水流較多，以致於在堤後可養出比5還多這麼多的沙灘面積。所以只要越堤海流量只要差異不大，應不會對養灘面積影響太大。



▲(圖十八)

四、離岸堤相對於水深的高度會影響離岸堤養灘面積大小

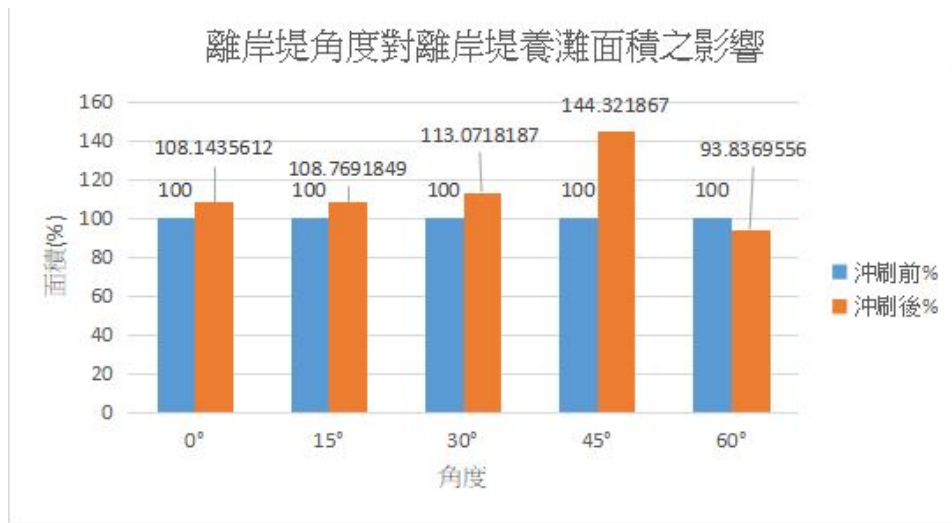
由實驗過程之(表五)之{經過沖刷後}部分討論所繪製出的(圖十九)，可以發現離岸堤在等於水深時，養灘面積是最大的，大於水深時，養灘面積是最小的。和我們原先的預測有很大的差距，原先假設是：大於水深高度應該是養灘面積最大的，而小於水深的養灘面積應該是最小。會有這樣的實驗結果，我們認為是因為我們實驗的時間還無法使其成型所導致。因為這組實驗的目的，起初就是為了證明高度實驗已經證實的「越堤水波有很大差異，會對養灘面積造成影響」的這個預想。



▲(圖十九)

五、離岸堤的設置角度(0-45度)越大離岸堤養灘面積越大

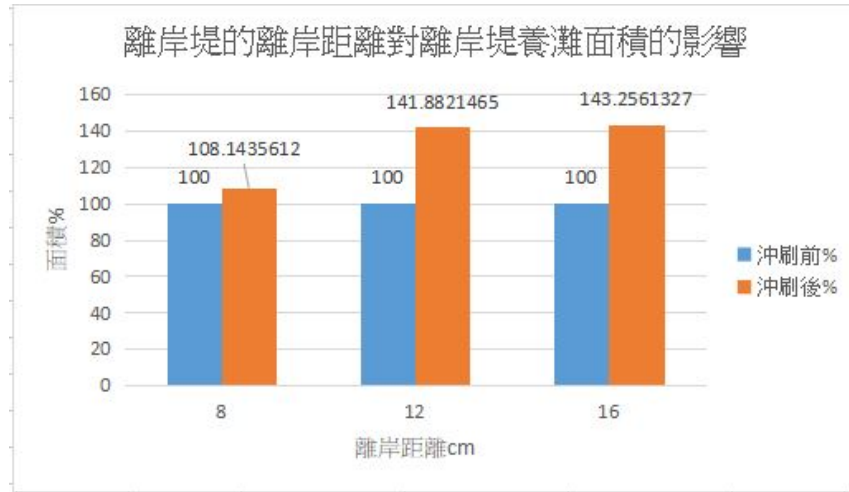
由實驗過程之(表六)之{經過沖刷後}部分討論所繪製出的(圖二十)，可以發現離岸堤的角度，在45度之前，角度愈增，養灘面積愈增；在45度之後，角度愈增，則養灘面積急遽減少。與我們的假設：0度左右養灘面積最大有所差異。起初，根據研究（吳政忠，民94）的波向角實驗的運作方法與我們的角度實驗的概念很像，其實驗結果是0~45度的時候，波向角越增，堤後的最大堆積距離與最大侵蝕距離皆增加。主要原因是波向角漸增時，離岸堤後方形成的環流系統較完整，舌狀沙洲會較明顯。但是，我們利用Google Earth觀看全台各地的離岸堤，看似每一個都是平行於海面的，因此我們認為應該是0度左右養灘面積會最大。到底為甚麼結果會是45°時養灘面積最大呢？我們在報告的第二部分結果探討不同流速對不同角度離岸堤的影響。



▲(圖二十)

六、離岸堤離岸的距離越遠養灘面積會越大

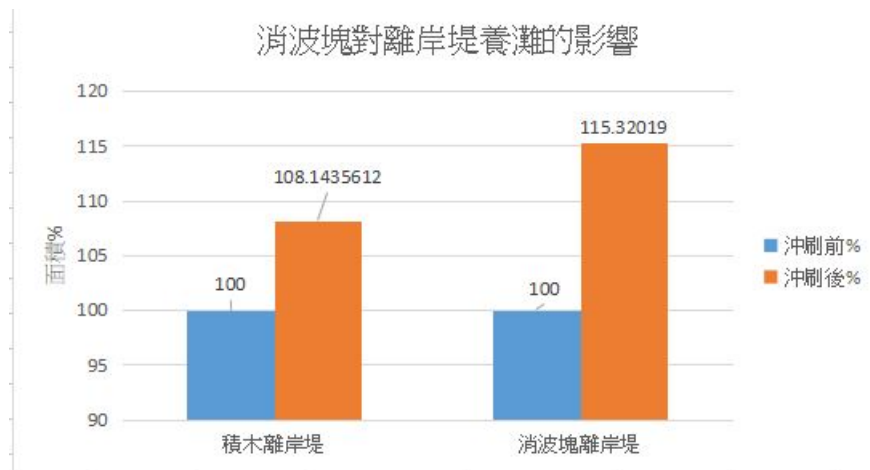
由實驗過程之(表七)之{經過沖刷後}部分討論所繪製出的(圖二十一)，離岸距離越遠的話，養灘面積漸漸增加，這也剛好是我們預測的結果。不過，這在現實中未必會成立，從相關文獻(吳政忠，民94)(陳宥睿等人，民104)，離岸距離增加到某值時，之後養灘面積便不會持續增加，還會因此減少。這是因為水波做能量傳遞時，會有能量耗損，因此離岸堤的離岸距離也不能太遠。此實驗所設定的值，只能呈現出「離岸距離越遠，養灘面積會越大」的現象，希望之後可以設定更多組數值，以便觀測和計算出最佳離岸距離。



▲(圖二十一)

七、以消波塊為離岸堤養灘面積較大

由實驗過程之(表八)之{經過沖刷後}部分討論所繪製出的(圖二十二)，可以發現離岸堤如果以消波塊來做的話，效果確實會比以積木離岸堤還要更佳，與我們預期的結果相符合。這是因為消波塊可以使堤後的反射波干擾減小，當然同時也對於一旁流過的水波具有破壞性。



▲(圖二十二)

八、【實驗結果整理】

測試項目	預期結果	最終結果	結論
厚度	厚度與養灘面積無關。	符合預期。	積木型離岸堤的厚度增加，對養灘面積沒有影響。
長度	長度越長，養灘面積越大。	符合預期。	長度越長的離岸堤，養灘面積大。
高度	高度與養灘面積無關。	離岸堤的高度為5的時候，養灘面積是最少的。在5以上的兩種高度時，養灘面積並無太大差異。	越堤水波差異不大的話，高度對養灘面積無影響。然而，考慮到暴潮等等的影響，高度越高的離岸堤，養灘面積越大。
離岸堤相對於水深的高度	養灘大小依序為： 1. 大於水深 2. 等於水深 3. 小於水深	離岸堤在等於水深時，養灘面積是最大的，大於水深時，養灘面積是最小的。	實驗結果會有如此差異，推測是因測量時間不夠長，使養灘效果未呈現出預期的結果。照常理來看，大於水深的養灘效果最佳。
角度	角度 $<45^\circ$ 時，角度越增，養灘面積越大。角度 $>45^\circ$ 時，則反之。	符合預期。	擺設角度 45° 的離岸堤，養灘效果最好。
離岸距離	離岸距離越大，養灘面積越大。	符合預期。	離岸距離應會在超過某值後，養灘面積開始減小。此實驗未出現這樣的離岸距離。
積木離岸堤與消波塊	消波塊離岸堤養灘面積會較積木離岸堤的大一些。	符合預期。	消波塊離岸堤的養灘面積較大。

(表十九)

九、【變因影響程度——離岸堤角度 45 度角時養灘面積最大】

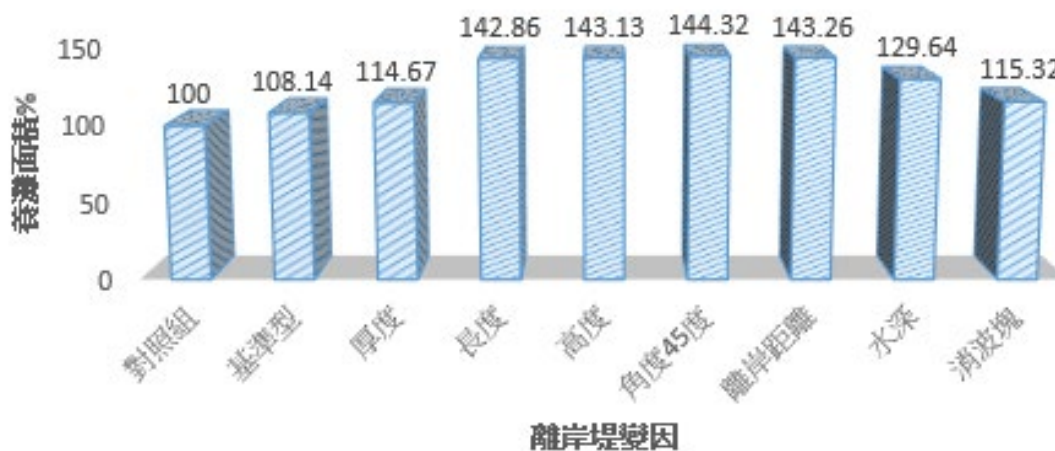
各種離岸堤養灘面積比較：

- 離岸堤基準型 (16cm × 1.5cm × 5cm, 0 度)： 108.14%
- 離岸堤厚度：3cm 114.67%
- 離岸堤長度：20cm 142.86%
- 離岸堤高度：7cm 143.13%
- 離岸堤角度：45 度 144.32%
- 離岸堤離岸距離：16cm 143.26%
- 離岸堤等於水深的高度 129.64%
- 以消波塊為離岸堤： 115.32%

由此比較可知，能使養灘面積最大的變因是：

角度 > 長度 > 離岸距離 > 高度 > 等於水深 > 消波塊離岸堤 > 厚度

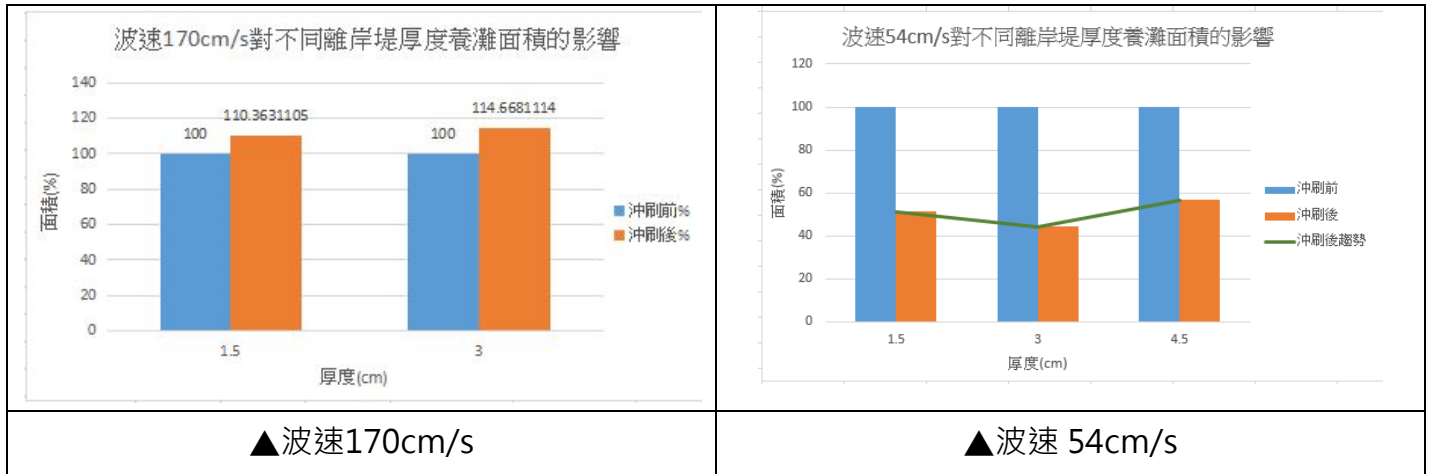
改變離岸堤角度養灘面積最大



▲(圖二十三)

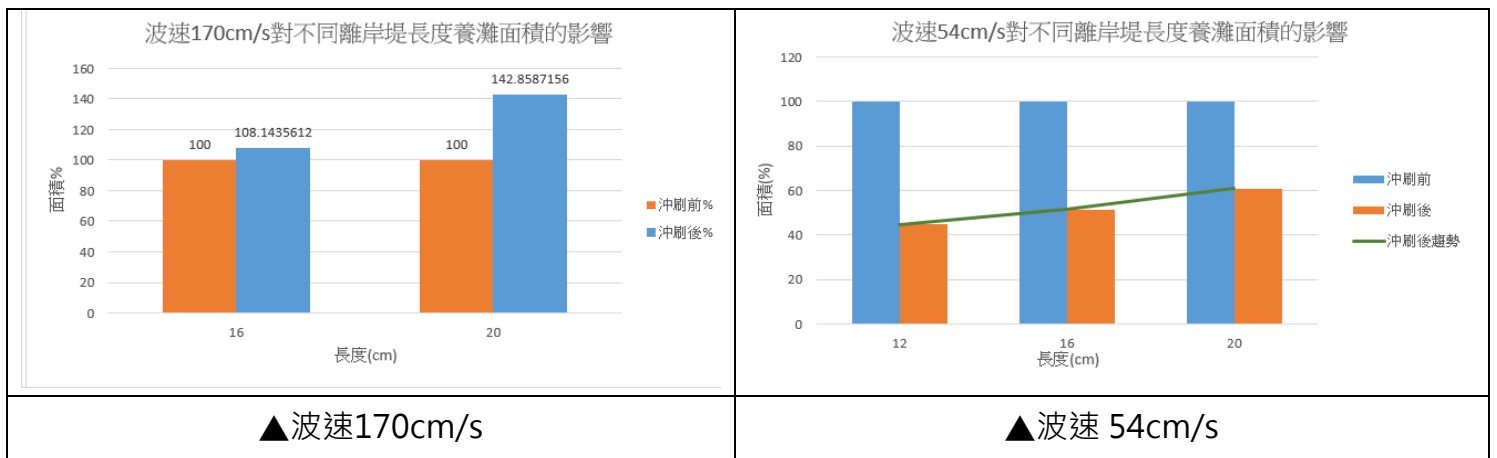
【第二部分：不同波速對離岸堤養灘面積的影響】

一、波速的改變對離岸堤的厚度實驗結果的趨勢沒有太大影響。
 (離岸堤厚度不會影響離岸堤養灘面積大小)



▲(圖二十四)

二、波速的改變對離岸堤的長度實驗結果的趨勢沒有太大影響。
 (離岸堤長度越長養灘面積越大)
 (離岸堤長度範圍16-20cm)

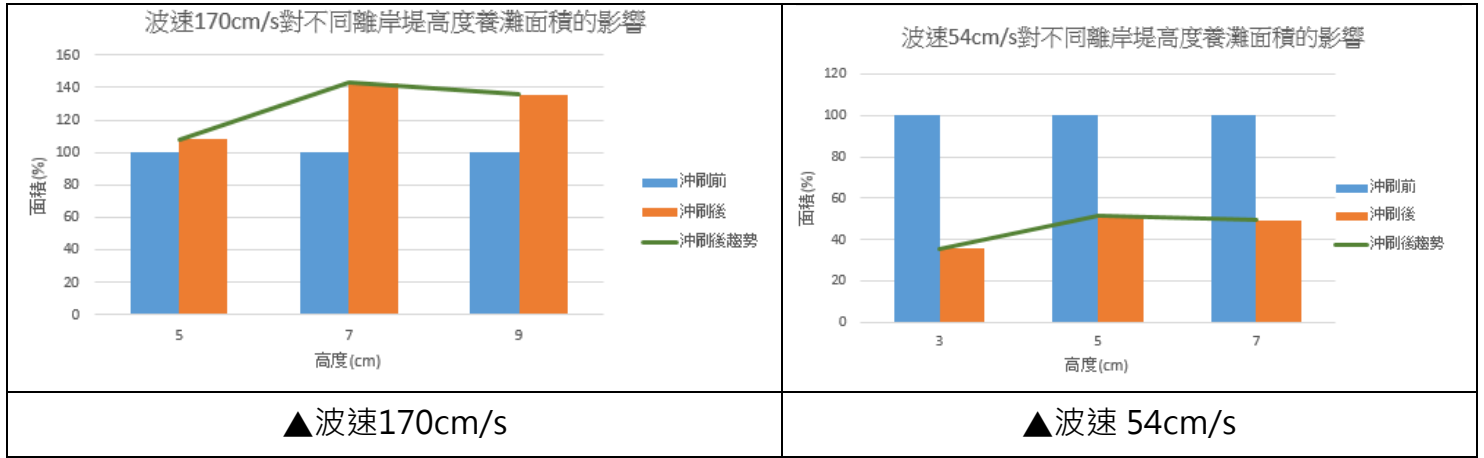


▲(圖二十五)

三、波速的改變對離岸堤的高度實驗結果的趨勢沒有太大影響。

(離岸堤高度越高養灘面積越大)

【離岸堤高度範圍5-7公分】



▲(圖二十六)

根據(圖二十四)、(圖二十五)、(圖二十六)可以看出，波速的改變對離岸堤的厚度、長度、高度實驗結果的趨勢沒有太大影響。

四、波速的改變會影響離岸堤的角度實驗結果的趨勢。

(波速越慢，離岸堤角度小，養灘面積越大)

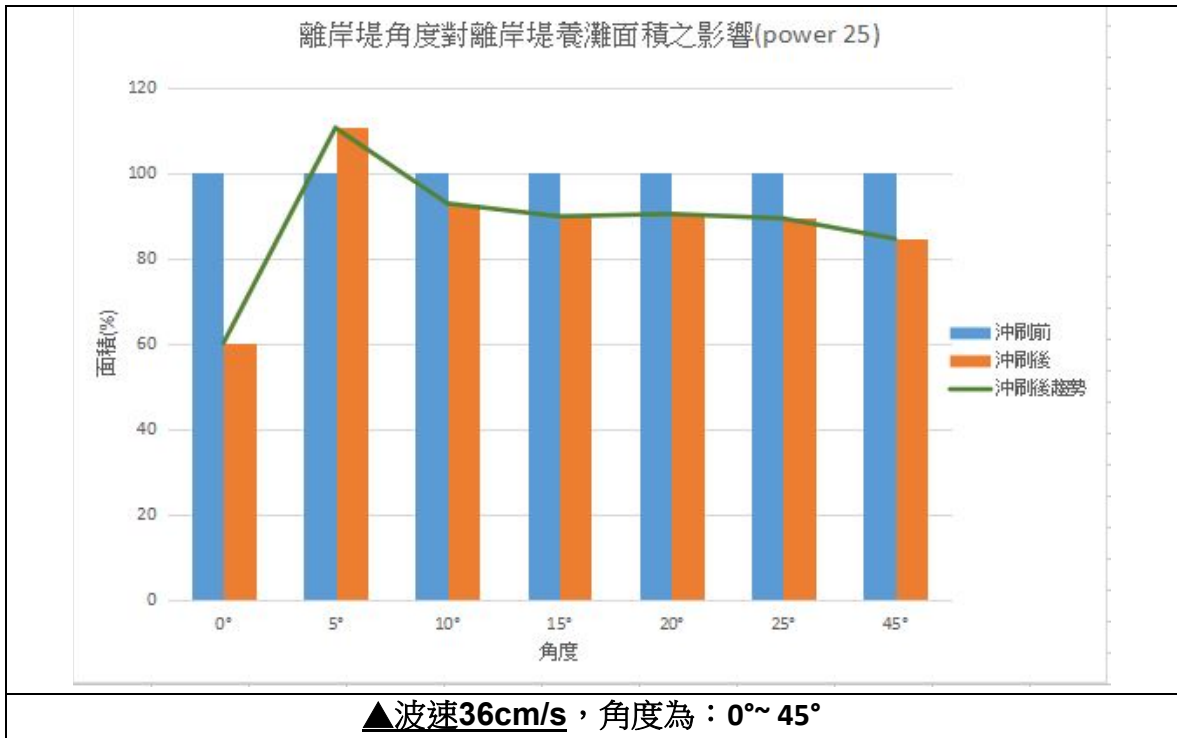
波速慢，波速 $36^{cm}/sec \sim 54^{cm}/sec$ (模擬台灣西部海流波速)，離岸堤角度 5° 養灘面積最大。

波速中等，波速 $72^{cm}/sec$ ，離岸堤角度 10° 養灘面積最大。

波速快，波速 $170^{cm}/sec$ (模擬台灣颱風海流波速)，離岸堤角度 45° 養灘面積最大。

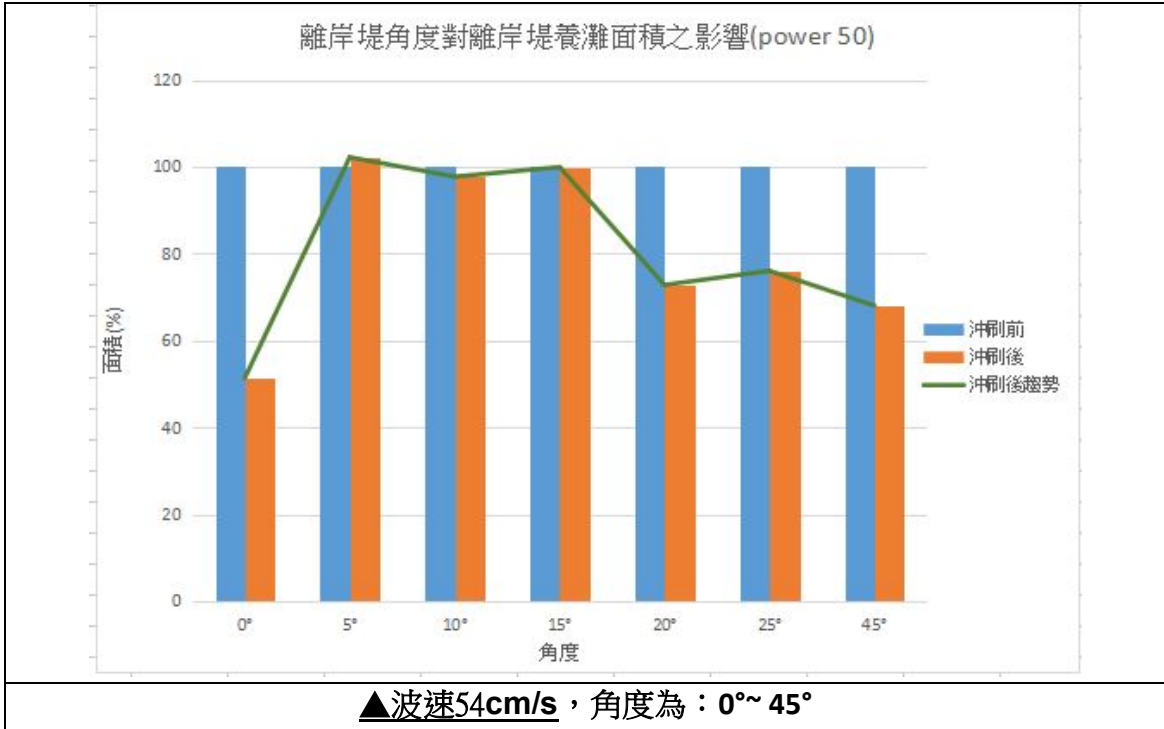
就如先前所提到，在全台各地的離岸堤，沒有任何一個離岸堤是和海岸呈現 45° 的，幾乎都是平行於海岸。後來訪問北教大林教授跟我們說，除非是海浪很大，否則不會出現 45° 養灘面積最大的情況。於是，我們將水波等比例縮小。

1.波速 $36^{cm}/sec$ (模擬台灣西部海流波速)，離岸堤角度 5° 養灘面積最大。



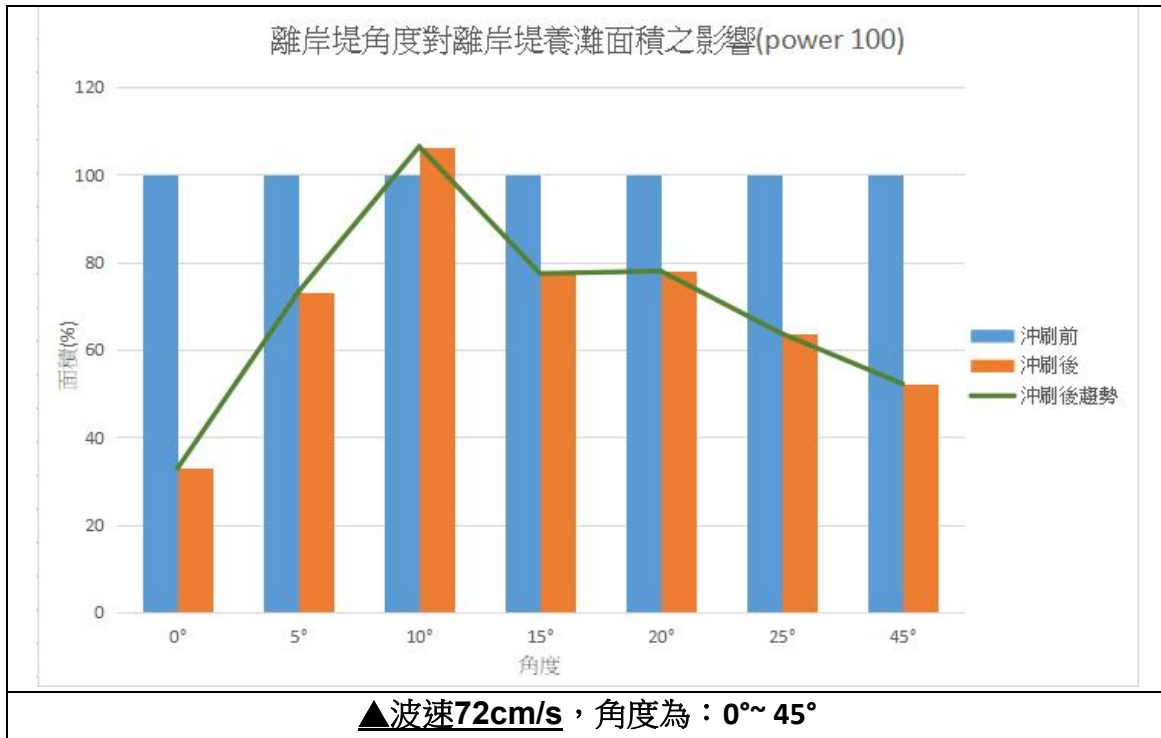
▲(圖二十七)

2.波速54^{cm}/sec (模擬台灣西部海流波速)，離岸堤角度5°養灘面積最大。



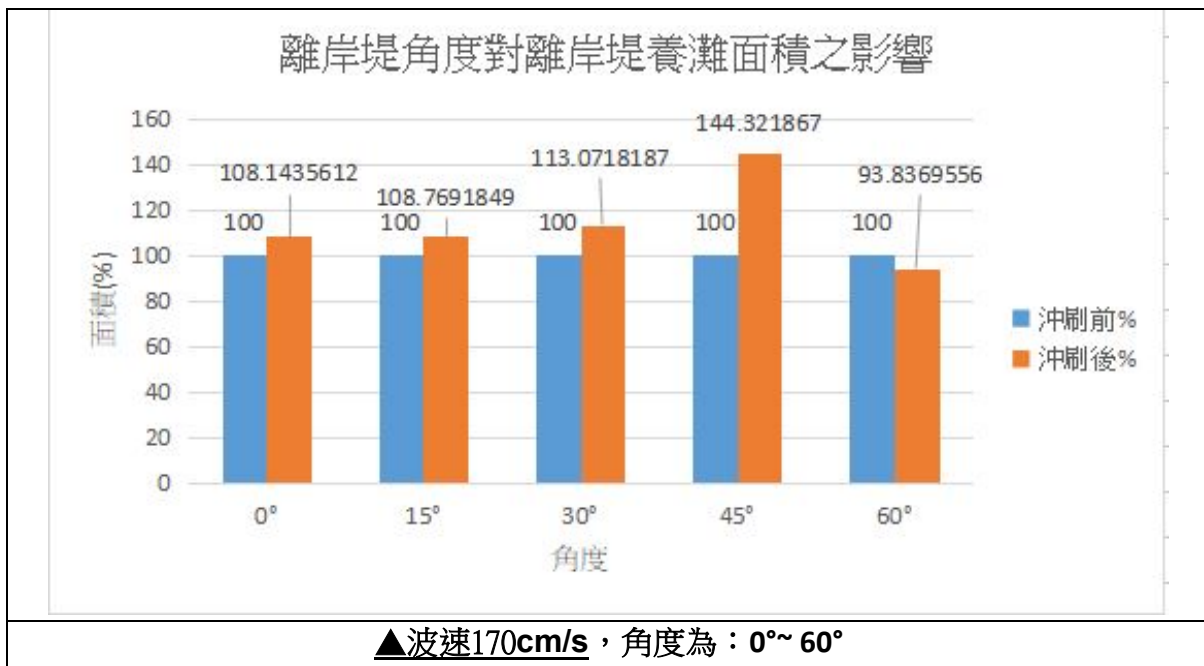
▲(圖二十八)

3.波速72^{cm}/sec，離岸堤角度10°養灘面積最大。



▲(圖二十九)

4.波速170^{cm}/_{sec} (模擬台灣颱風海流波速)，離岸堤角度45°養灘面積最大。



▲(圖三十)

五、實驗結果討論

在波速 $36\text{cm}/\text{sec}$ 時候，可以發現離岸堤最佳的擺設角度約在 $5^\circ\sim 15^\circ$ 之間。

在波速 $54\text{cm}/\text{sec}$ 時候，可以發現離岸堤最佳的擺設角度約是 10° 。

在波速 $72\text{cm}/\text{sec}$ 時候，可以發現離岸堤最佳的擺設角度約在 5° 和 15° 兩者左右。

以上三者的離岸堤最佳擺設角度都與原先的 45° 不同。而我們又觀察實驗結果得到三點結論：

- (1)角度在 $5^\circ\sim 20^\circ$ 之間，有最佳擺設角度。
- (2)波浪的流速和離岸堤擺設角度有著很大的關係。波速越大，最佳養灘角度會較大，波速越小，則最佳養灘角度會較小。
- (3)波速越大，則角度對離岸堤養灘面積影響的幅度也會越大。

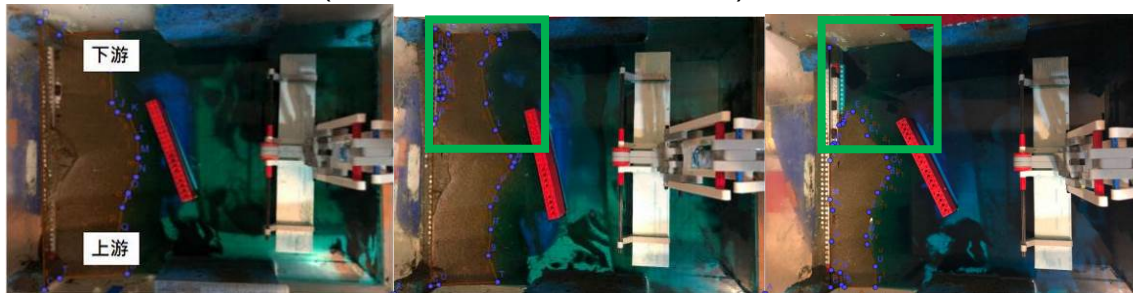
而我們也出現了未預期的結果：

在離岸堤擺設角度 0° 時，養灘面積較 5° 時小了許多。

首先，我們要探討為什麼離岸堤在相同的波速下，不同角度會出現不同的養灘面積，以及為什麼在不同波速下會有不一樣的離岸堤最佳擺設角度。

先來討論離岸堤下游處的養灘部分。我們從錄製的影片當中發現，當離岸堤的擺設角度較大時，我們的上游處，會因為離岸堤較早把水波破壞掉，而保留住較多的沙灘；同時，在下游處因為水波較晚被破壞，因而受到較明顯的侵蝕，從波速 $[72\text{cm}/\text{sec}]$ 的 10° 和 25° {經過沖刷後}就可較明顯地觀察到此情形。然而，當波速較慢時，這樣的情況要在擺設角度較大的時候才會更明顯，像波速 $[54\text{cm}/\text{sec}]$ 要到擺設角度 20° 以上會較明顯，而波速 $[36\text{cm}/\text{sec}]$ 要到擺設角度 25° 以上才會較明顯。

如下(圖三十二)、(圖三十三)分別是波速 $[72\text{cm}/\text{sec}]$ 的 10° 和 25° {經過沖刷後}的圖片。可以發現 10° 時，下游的養灘面積較大；而 25° 時，下游的沙灘面積較小，甚至幾乎都被侵蝕掉了。而兩者上游處的養灘面積是 10° 的略高一些，而發生此情形的原因會在下方進行探討。(綠色框框處即為下游養灘處)



▲(圖三十一) (上下游示意圖)

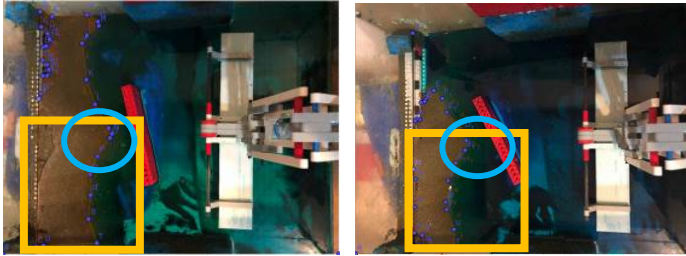
▲(圖三十二)

▲(圖三十三)

接下來要來討論離岸堤上游的部分。離岸堤上游處雖然會因為擺設角度的增加，使

水波較早被破壞掉，而讓養灘面積減少的幅度較小，但於此同時，也因為水波被破壞得較早，造成水波能量已先散開，而使離岸堤中間後方（藍色圈圈處）養灘面積增加的幅度不會太大。如果擺設角度處於「可以保留住最多沙灘」，又使得「水波的能量足以使養灘的幅度不要減小太多」兩者的平衡處，則這就會是使離岸堤上游養灘面積最佳的擺設角度。

如下圖(圖三十四)、(圖三十五)分別是波速 $[72\text{cm}/\text{sec}]$ 的 10° 和 25° {經過沖刷後}的圖片。可以發現在 10° 時，沙灘面積不僅沒有因為海浪而減少，同時離岸堤中間後方的養灘面積也增加很多。而我們也可以發現在 25° 時，沙灘的面積雖然減小的幅度不大，但是離岸堤中間後方養灘面積的增加幅度也較 10° 來得小。(黃色框框處即為上游養灘處)



▲(圖三十四)

▲(圖三十五)

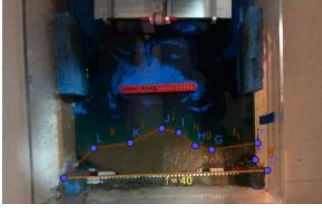
所以，當波速較大的時候，雖然擺設的角度很小時，可以防止下游被侵蝕得太過嚴重，但是上游也同時被侵蝕掉。當擺設的角度較大時，雖然可以保留住較多上游處的沙灘，但是會使下游處被侵蝕得更為嚴重，且離岸堤中間後方的養灘面積不會有太大幅度的增加。

而當波速較小的時候，因角度太小而造成上游被侵蝕嚴重的角度範圍會減小許多。(像是可能在波速 $[72\text{cm}/\text{sec}]$ 的時候， 7° 以下都會出現上下游處皆被侵蝕嚴重的情形，但是在波速 $[54\text{cm}/\text{sec}]$ 的時候， 3° 以下才會出現這樣的情形。)當擺設的角度太大時，雖然也一樣可以保留住較多上游處的沙灘，下游處被侵蝕的程度也不會像波速大的時候一樣因角度的增加而嚴重太多，但是離岸堤中間後方的養灘面積就會少掉許多。

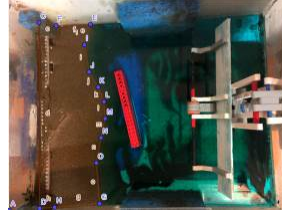
因此就得到了我們的第二點結論：「波速越大，最佳養灘角度會較大，波速越小，則最佳養灘角度會較小。」以及第三點結論：「波速越大，則角度對離岸堤養灘面積影響的幅度也會越大。」

我們將以上討論出來的結果，來探討我們所出現的未預期結果——「離岸堤擺設角度 0° 時，養灘面積較 5° 時小了許多。」。我們發現上游的結果確實是符合的，但是下游也一樣被侵蝕得比 5° 還要嚴重。對此，我們觀看錄影，並根據文獻來做推論。我們根據文獻(吳政忠，民 94)，其波向角為 15° 時，堤後的環流結構較不完整，因此對於下游侵蝕力較小。於是我們推測，在擺設角度為 0° 的時候，堤後的環流結構較為完整；而在擺設角度為 5° 的時候，堤後的環流結構較不完整。因此擺設角度為 0° 時，被侵蝕的程度比擺設角度為 5° 時，還要來得大。所以，擺設角度如果是 0° 的話，養灘的效果並不會較 5° 或 10° 等還要來得佳。

如下(圖三十六)、(圖三十七)分別是 $[54\text{cm}/\text{sec}]$ 的 0° 和 5° {經過沖刷後}的照片。



▲(圖三十六)



▲(圖三十七)

陸、未來展望

1. 我們將繼續朝著波速與角度之關係，進行探究，試著去找出其中隱含的關係。
2. 我們希望可以再多試幾種不同的計算方式，進一步的推算水波將如何影響整個離岸堤養灘的成果且加入其他設備，使我們的水流可以模擬得更接近自然海灣。
3. 我們希望可以再做出更多的數據，並想方設法增加沙灘厚度這項數據，以供我們更精確地對最佳離岸堤做進一步的預測，並再一次驗證此實驗的正確性。

柒、參考資料

- 一、周宗仁(民 100)。離岸堤工法。取自海洋工作站：<http://1.34.137.146/index.html>
- 二、吳政忠(民 94)。離岸堤背後灘線長期變遷之數值模擬 Numerical Simulations on Long-Term Shoreline Changes behind Detached Breakwaters。國立中山大學海洋物理研究所碩士論文。
- 三、汪韜、陳彥智(民 105)。「堤」心吊膽----突堤效應之強弱變因與減緩之方法。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。
- 四、張宜絢 陳愛 曾元媛 張宜越 陳逸帆(民 103)。HOLD 住洄瀾灣~化仁海岸段離岸堤改善可行性之 探究。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會。
- 五、基礎地球科學。第五章深邃迷人的海洋(P.190-P.211)。
- 六、基礎物理(全)。第 4-4 章光(P.121-P.135)。
- 七、郭少谷 賴彥廷 林螢俞 朱志誠(民 106.11)。旗津潛堤養灘工程之長期監測現象探討。弘光科技大學第 39 屆海洋工程研討會論文集。
- 八、第 50 屆科展小堤大作
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/080509.pdf>
- 九、內政部營建署
<http://www.cpami.gov.tw/chinese/filesys/file/chinese/dept/rp/rp10501081042.pdf>
- 十、陳宥睿、楊于萱、周冠伶、吳宗懋、吳昱儒(民 104)。「岸」藏玄機~探討在不同條件下離岸堤的作用。
- 十一、郭金棟 (民 93)。海岸保護。台北市：科技圖書。
- 十二、吳朝暉 (民 109)。雙層離岸堤工法之海岸防護效能分析-以林邊鄉海岸離岸堤為例 A study on Linbian coast protection efficiency of constructing double - layer detached breakwater。成功大學水利及海洋工程學系碩士在職專班學位論文。

【評語】 051902

實驗符合鄉土之探究精神以樂高機器人來進行實驗，頗有創意。唯欠缺相關文獻之參考分析與引用。實驗應交代與真實情境之差異與對解釋實際狀況之限制。離岸堤之所以能有養灘效果，主要是降低波浪能量，讓漂砂能沉積，影響養灘效果條件，除波浪外，主要為近岸海流，會不會帶走漂砂，本實驗缺乏外部供應砂源。波浪的反射、繞射等作用是造波水槽必須克服的事情，因此目前水槽的規格很難消除邊界效性，應該釐清是否為單純不同波浪造成的影響。而且離岸堤很少設置一支堤的效果，是一系列的離岸堤才會發揮效果。另外應交代下列疑問：

1. 請舉出你模擬的是以何處為案例？(海岸坡度，只有一個離岸堤)
2. 沙子的總量沒有改變，為什麼砂灘的面積會增加？
3. 波浪對對於沙灘的沙量的總效應是曾還是減？

作品簡報

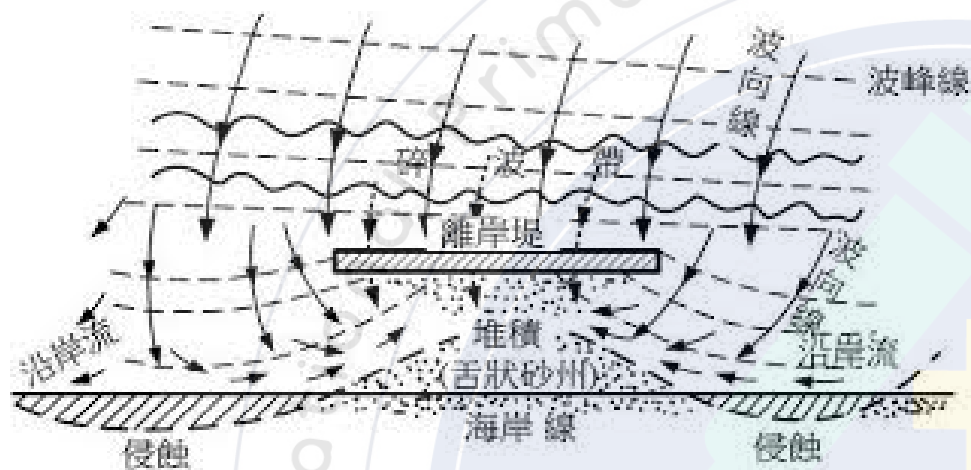
養灘親『離』

不同離岸堤對養灘面積大小的影響

組別：高中組

科別：地球與行星科學科

前言



研究目的

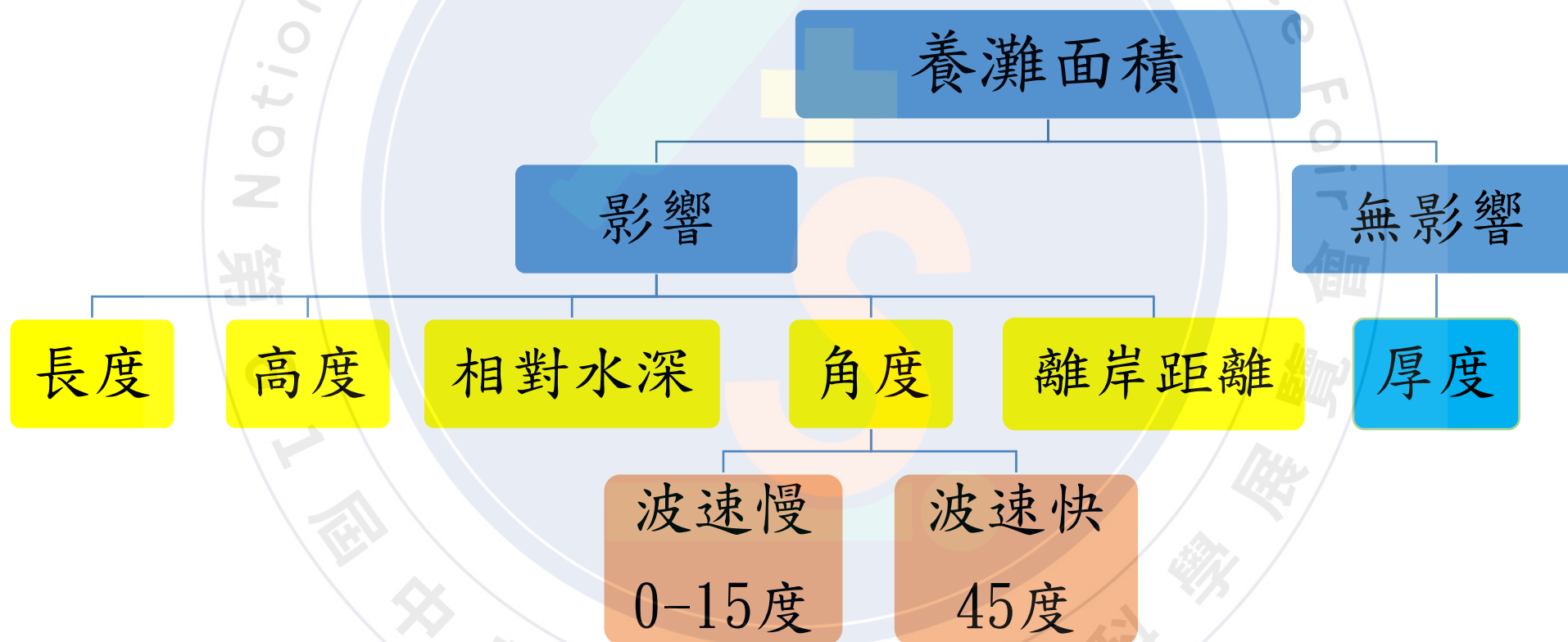
1. 影響離岸堤養灘的變因。
2. 養灘面積最大化。
3. 以消波塊為離岸堤的效果。

離岸堤集中於西南部的海岸

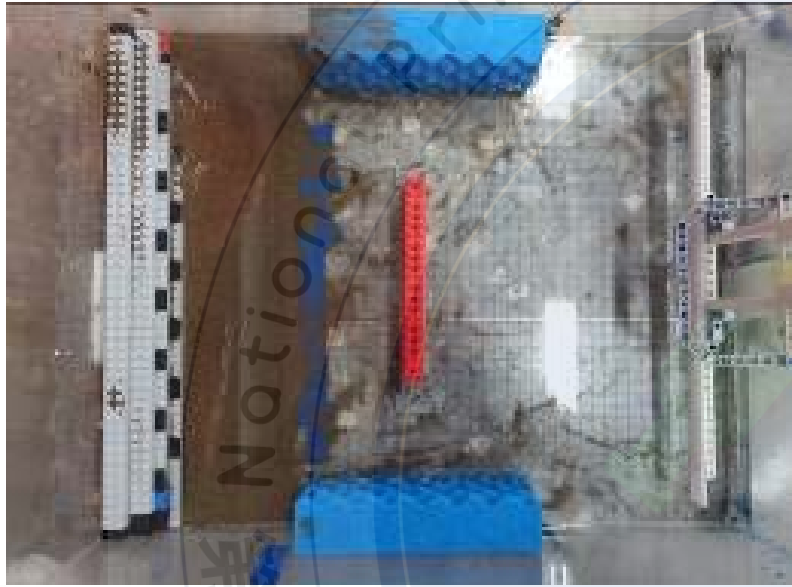
原因大致上分成兩點：

1. 水庫河川下游沙源減少。
2. 沙岸坡度較適合離岸堤。

實驗假設



材料與方法

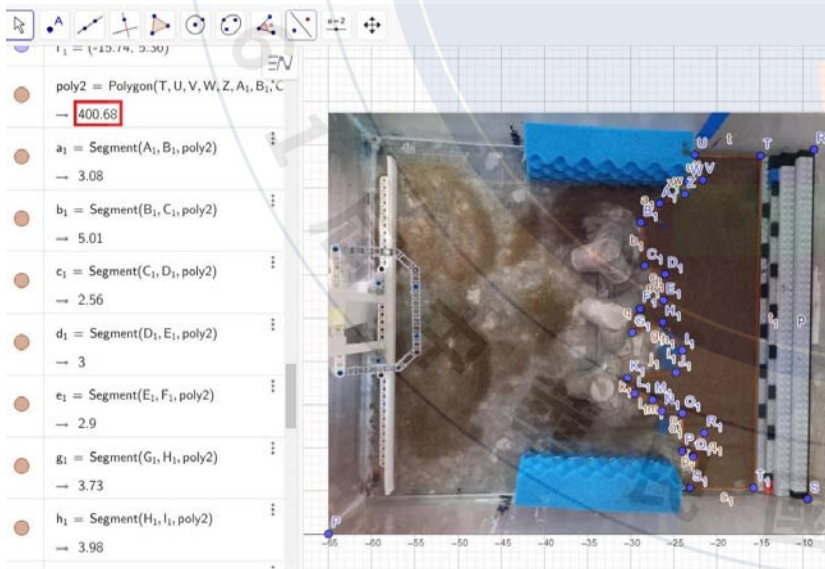


☆造浪養灘

樂高機器人的設定：

波速： $170\text{cm}/\text{sec}$

週期：4 sec



☆計算養灘面積

計算面積方式——GGB作圖

沖刷後面積 ÷ 沖刷前面積
= 養灘效果(%)

實驗結果

實驗結果(1):

離岸堤**厚度不會影響**離岸堤養灘面積大小

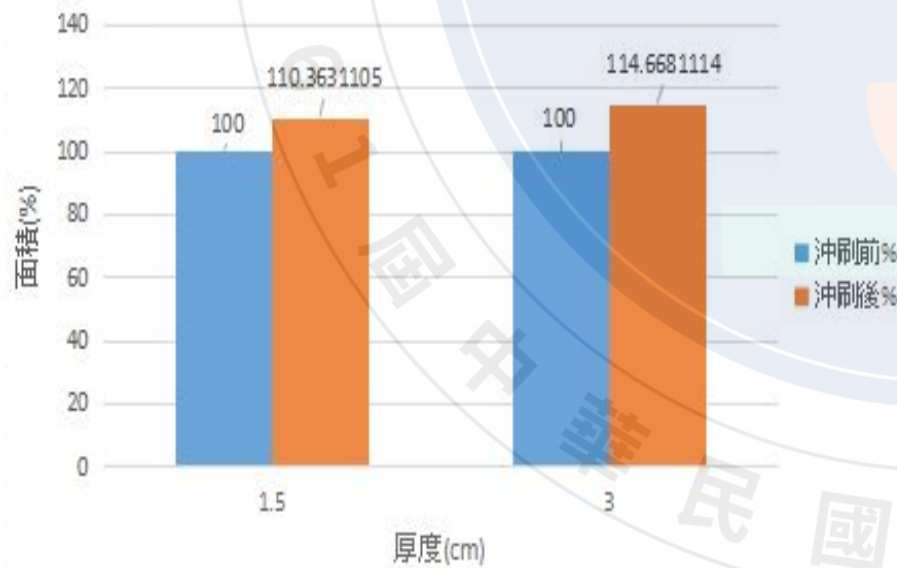
1.5cm



3cm



離岸堤厚度對離岸堤養灘面積大小的影響



實驗結果(2):

離岸堤**長度越長養灘面積越大**
(離岸堤長度範圍16-20cm)

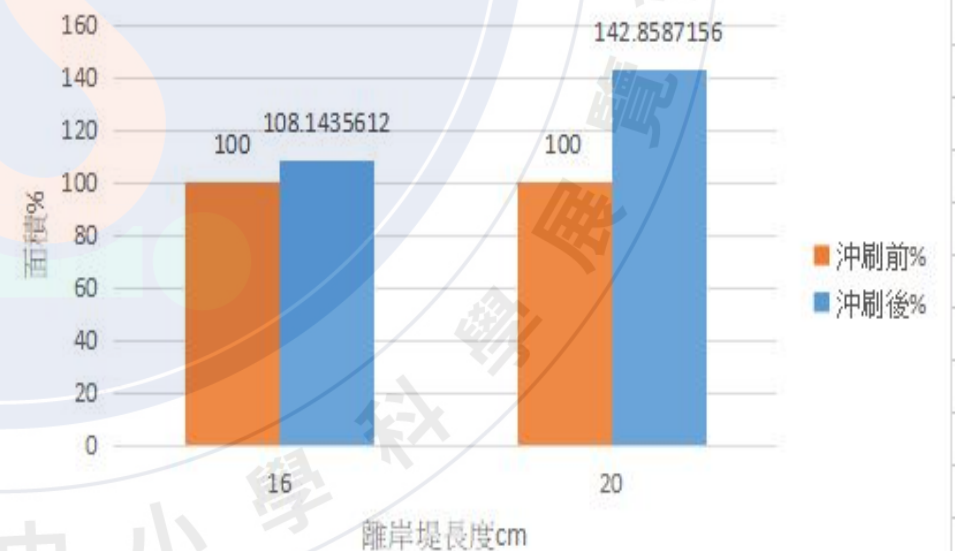
16cm



20cm



離岸堤長度對離岸堤養灘面積的影響



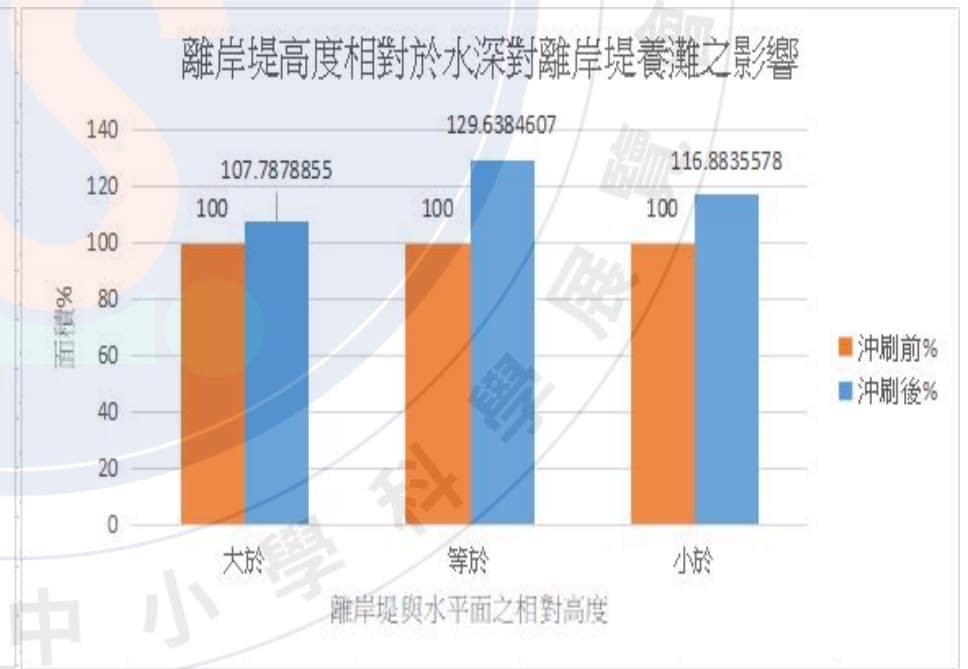
實驗結果(3):

離岸堤**高度越高**養灘面積**越大**
(離岸堤高度範圍5-7公分)



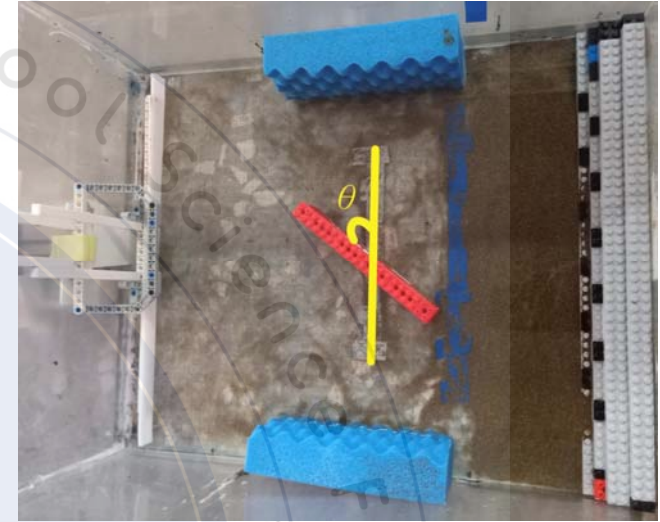
實驗結果(4):

離岸堤**相對於水深**的高度會影
響離岸堤養灘面積大小

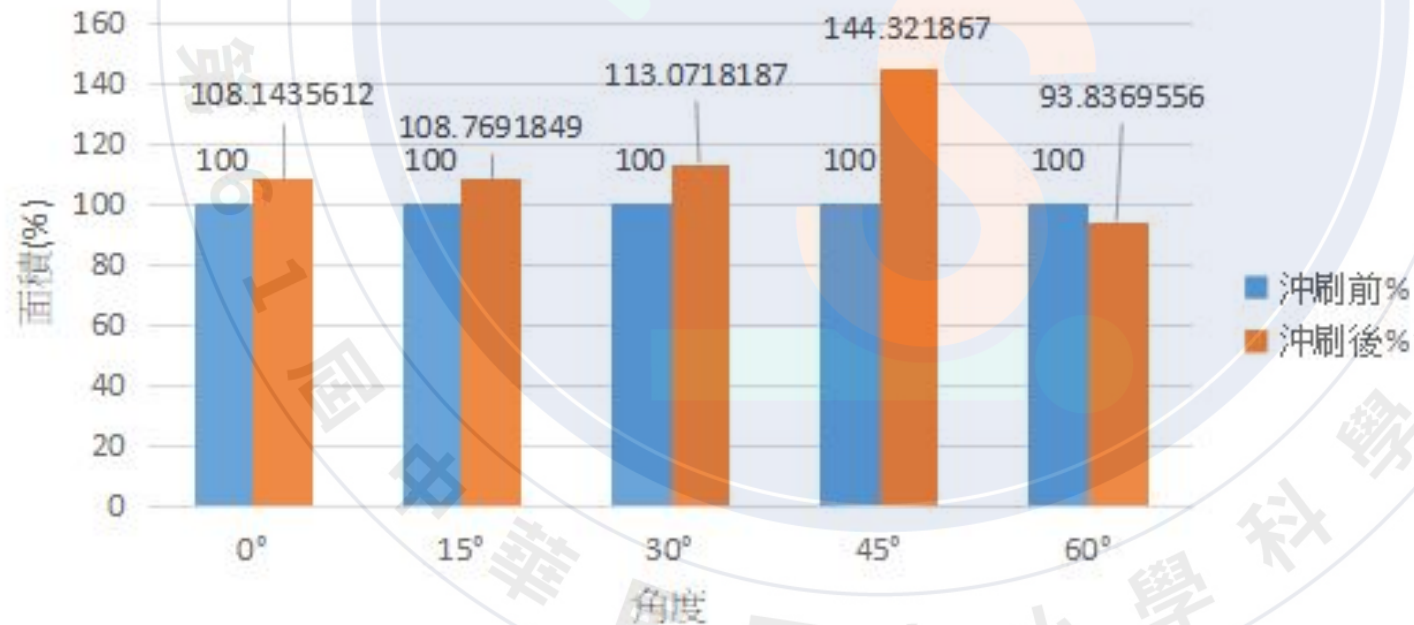


角度：0°、15°、30°、45°、60°

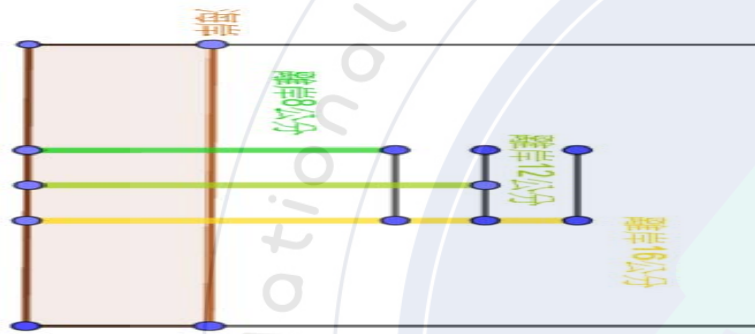
實驗結果(5):
離岸堤的設置**角度(0-45度)越大**
離岸堤養灘面積**越大**。



離岸堤角度對離岸堤養灘面積之影響



實驗結果(6):
離岸堤離岸距離越遠，養灘面積會越大。



實驗結果(7):
以消波塊為離岸堤養灘面積較大。

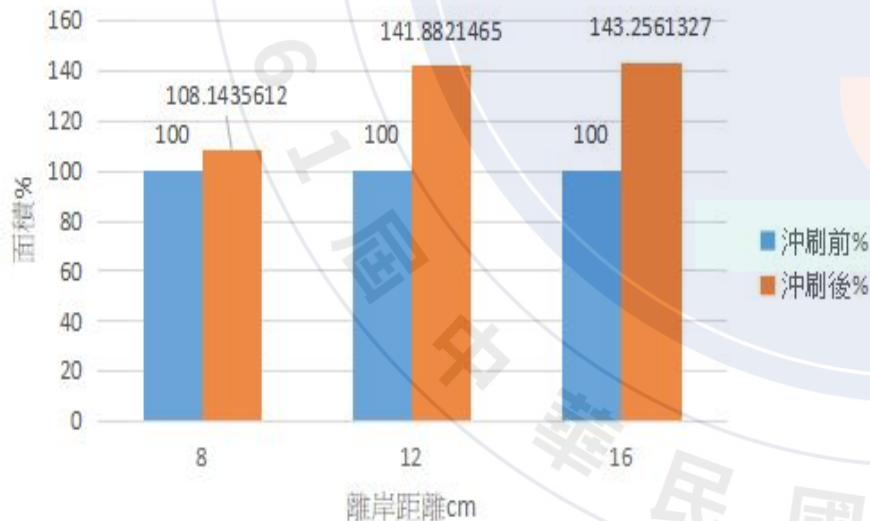
積木離岸堤



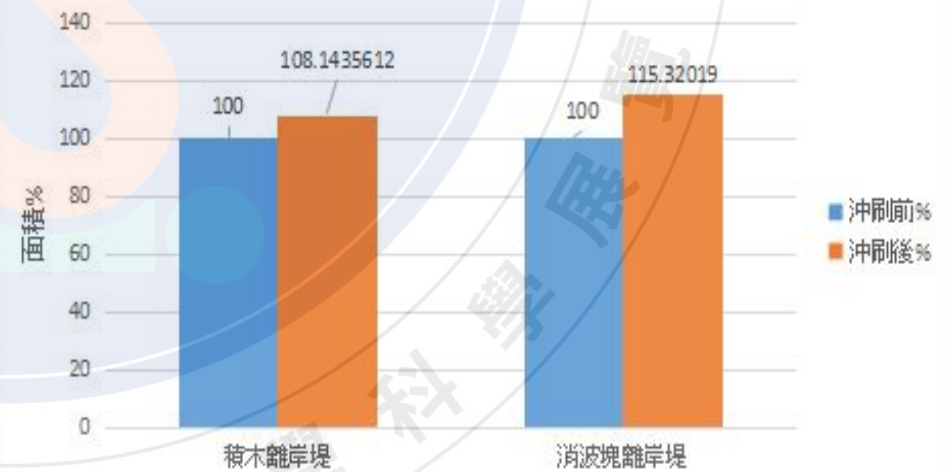
消波塊離岸堤



離岸堤的離岸距離對離岸堤養灘面積的影響



消波塊對離岸堤養灘的影響

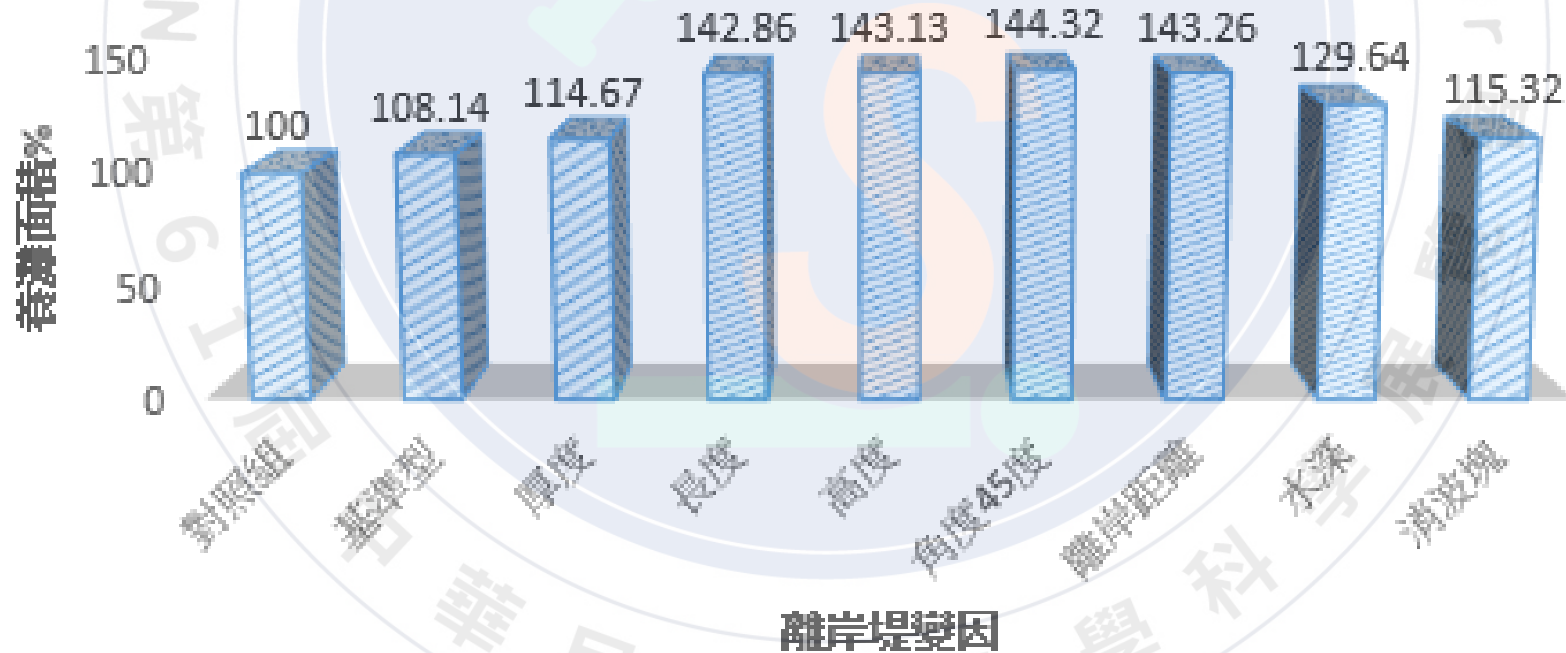


結論 (1)

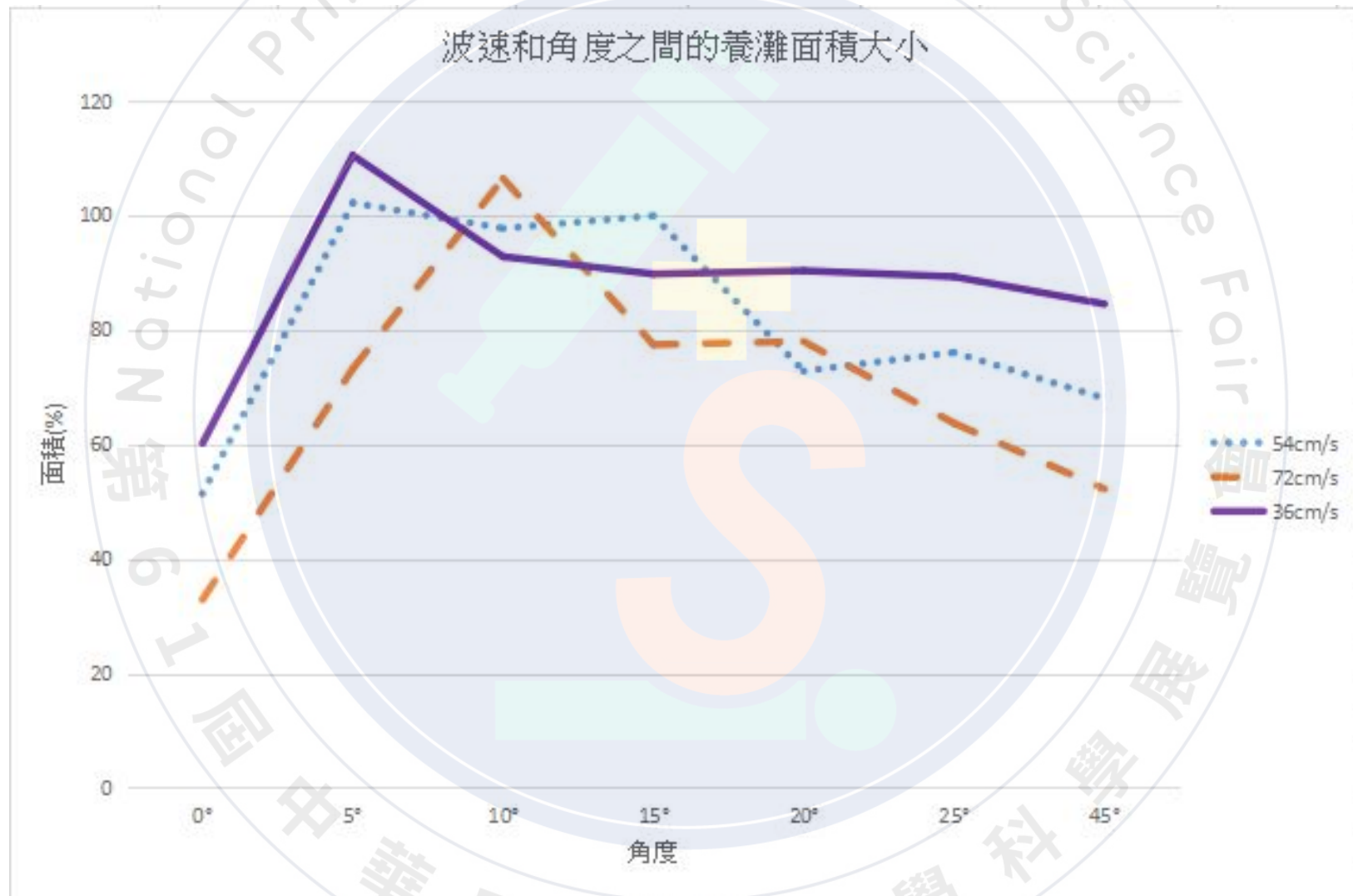
影響養灘面積的變因效果：

角度 > 長度 > 離岸距離 > 高度 > 相對水深 > 消波塊離岸堤 > 厚度

改變離岸堤角度養灘面積最大



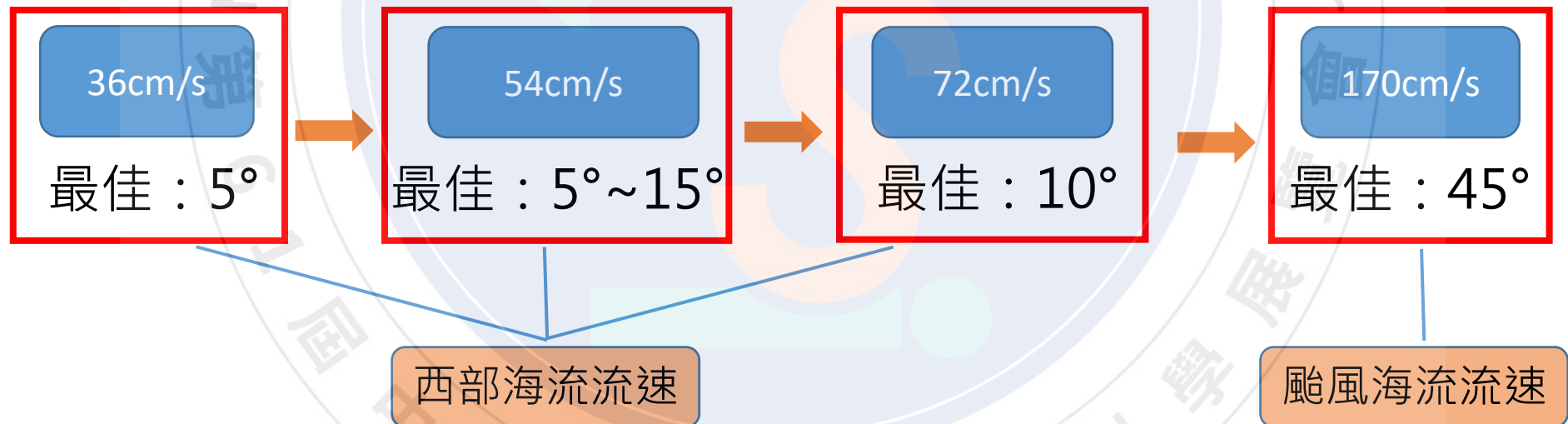
實驗結果(8)： 波速的改變會影響離岸堤最佳擺設角度



(以上為模擬台灣西部海流流速)

結論 (2)

- (1) 模擬西部海流流速的最佳擺設角度在 5° ~ 15° 之間。
- (2) 波速越大，最佳養灘角度會較大；波速越小，則最佳養灘角度會較小。
- (3) 波速越大，角度對養灘面積影響的幅度也會越大。



未來展望

1. 波速與離岸堤角度之關係。
2. 使水流模擬得更接近台灣西部海灣。

參考文獻

- 一、周宗仁(民100)。離岸堤工法。取自海洋工作站：<http://1.34.137.146/index.html>
- 二、吳政忠(民94)。離岸堤背後灘線長期變遷之數值模擬Numerical Simulations on Long-Term Shoreline Changes behind Detached Breakwaters。國立中山大學海洋物理研究所碩士論文。
- 三、郭少谷 賴彥廷 林螢俞 朱志誠(民106.11)。旗津潛堤養灘工程之長期監測現象探討。弘光科技大學第39屆海洋工程研討會論文集。
- 四、陳宥睿、楊于萱、周冠伶、吳宗懋、吳昱儒(民104)。「岸」藏玄機~探討在不同條件下離岸堤的作用。
- 五、郭金棟(民93)。海岸保護。台北市：科技圖書。
- 六、內政部營建署
<http://www.cpami.gov.tw/chinese/filesys/file/chinese/dept/rp/rp10501081042.pdf>