

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

第三名

081561

「岸」藏玄機～探討在不同條件下離岸堤的作用

學校名稱：高雄市三民區愛國國民小學

作者： 小六 陳宥睿 小六 楊于萱 小六 周冠伶 小六 吳宗懋 小六 吳昱儒	指導老師： 陳建良 王雅芬
-----------------------------------------------------------	-------------------------

關鍵詞：離岸堤、消波塊、波浪

「岸」藏玄機－探討在不同條件下離岸堤的作用

摘 要

經過實驗的設計探討，我們發現：無設置離岸堤打上岸的波明顯比任何一組有設置離岸堤的波痕高，說明了離岸堤確實能阻擋海浪侵蝕海岸。而離岸堤的設置，在海岸旁的距離、離岸堤間的間距、水中的高度、方位及消波塊的密合度等都會影響到對海浪的阻擋效果。

研究結果發現：設置離岸堤較佳的條件是離海岸愈近、離岸堤間距愈小、露出水面愈高、與海岸形成某種夾角、消波塊的密合度越大及增加離岸堤長度都能增加阻擋海浪的成效。但是消波塊使用的個數太多時，將造成成本過高及景觀的破壞，也是值得考量的。

建議在未來設置離岸堤時也應將當地海水流動的方向、海水潮汐高度變化等列入考量，以使「離岸堤」發揮最大的功效。

壹、研究動機

在一次的野外營隊，來到了海岸堤防上，看到許多矗立於海岸旁狀似「肉粽」的消波塊，不只堤防有，而且離岸邊一段距離也排列了許多堆成長條狀好像一座小島，讓我覺得很好奇。後來，在社會課程【福爾摩沙寫真】單元(南一版五上社會科第六單元)的討論中，剛好談到台灣的沿海『海岸水泥化』的問題，讓我了解到它稱做是「離岸堤」，心中許多的好奇，於是與幾位好朋友一起共同進行研究討論。

貳、研究目的

- 一、了解離岸堤的功能與現況。
- 二、探討在不同條件下離岸堤的作用。
- 三、探討離岸堤對海岸沙灘的影響。
- 四、提出設置離岸堤較佳的建議方式。

參、研究設備與器材

水槽、起波器、電源供應器、水平儀、千斤頂、自製消波塊、鐵絲網、吸水海棉、珍珠板、厚紙板。

肆、研究過程及方法

研究一、了解離岸堤的功能與現況。

從文獻資料中，我們得知：

離岸堤是屬於海岸保護工程的一種，通常建構於海中並平行於海岸線，用以消減波浪能量，以求得堤後遮蔽區之海面靜穩度良好的一種結構物。通常是由消波塊堆積而成的，因此，堤體具有透水性，離岸堤可藉由堤的遮蔽效應，使得大部份波浪被反射，一部份波浪經由繞射而向港內傳遞，其遮蔽區的波高會較無離岸堤時波浪長驅直入港內的波高為小。

而堤體的遮蔽作用與堤兩端的繞射作用影響，使堤後波浪高度產生不均勻分布而形成環流，此環流漂沙淤積於堤防後方，進而形成繫陸沙洲或沙舌的海岸地形，達到保護海岸免於被侵蝕之目的。

學者朱志誠(民 95)曾以航照圖來研究彌陀與茄萣地區之離岸堤，認為當離岸堤之離岸距離為堤寬的 0.2~0.75 倍時，可能發生繫陸沙洲之現象；但

是若離岸堤離岸太近，或是採用開口過大之離岸堤群，其保護海岸效果可能不完善。

學者岳景雲與曹登皓(民 94)也曾提出，採用半圓形離堤凹口向外海入射波浪方向，對於港池遮蔽效果相對於直線離岸堤更有功效。

學者溫志中與蔡立宏(民 95)以數學模式分析離岸堤體背後沙灘形狀的變化，認為「離岸堤與海岸距離」、「離岸堤長度」是影響的主要變數，而「波浪高度與週期」、「底床坡度」、「砂質粒徑」是次要的變數。

從參考資料中也得知離岸堤的興建具有一些優點與缺點，優點包括：

1. 早期消波塊的功能被認為保護海岸，可讓住在海邊的民眾覺得較安心。
2. 丟在海中的消波塊也具集魚效果，改變海邊生態環境。
3. 水利工程界認為各種消波塊造型，各具不同消波功能，比傳統護堤更具消波防災功能。
4. 可使海岸漸漸恢復原有沙灘環境，離岸堤的消波塊上可以釣魚、釣蟹。

雖然有其優點，但是卻也有許多缺點，包括：

1. 阻礙人類親近海洋，也讓許多種海洋遊憩活動無法進行。
2. 層層消波塊易造成海水渦流，當遊客溺水，也讓船難事件不易救人。
3. 改變海岸地形地貌，破壞原有安定的生態環境，使沙灘流失、走位、或改變堆積層、植被、潮間帶生物相等。
4. 水泥易吸熱，消波塊放在岸邊易造成潮間帶水溫上升及溫室效應。
5. 抵消波浪時易造成鹽霧，造成陸上植物枯萎及家電用品的鏽蝕。

以屏東海岸為例，由於海底坡降陡峻，受巨浪沖擊，侵蝕嚴重，在海岸退縮及嚴重地層下陷之交錯影響下，經常發生災害；經多年整建後在海堤前端廣建離岸堤，對於穩定海堤前灘功效顯著。從資料上得知，屏東海岸近年來設置離岸堤的情況如下：

海堤名稱	行政區域	座數	海堤名稱	行政區域	座數
南平里離岸堤	東港鎮	6 座	塹豐離岸堤	佳冬鄉	24 座
塗家厝離岸堤	東港鎮	13 座	下寮離岸堤	佳冬鄉	10 座
崎峰離岸堤	林邊鄉	12 座	大庄離岸堤	枋寮鄉	8 座
水利村離岸堤	林邊鄉	15 座	番子崙離岸堤	枋寮鄉	6 座

※資料來源：經濟部水利署第七河川局網站（94 年 4 月止）

研究二、探討在不同條件下離岸堤的作用。

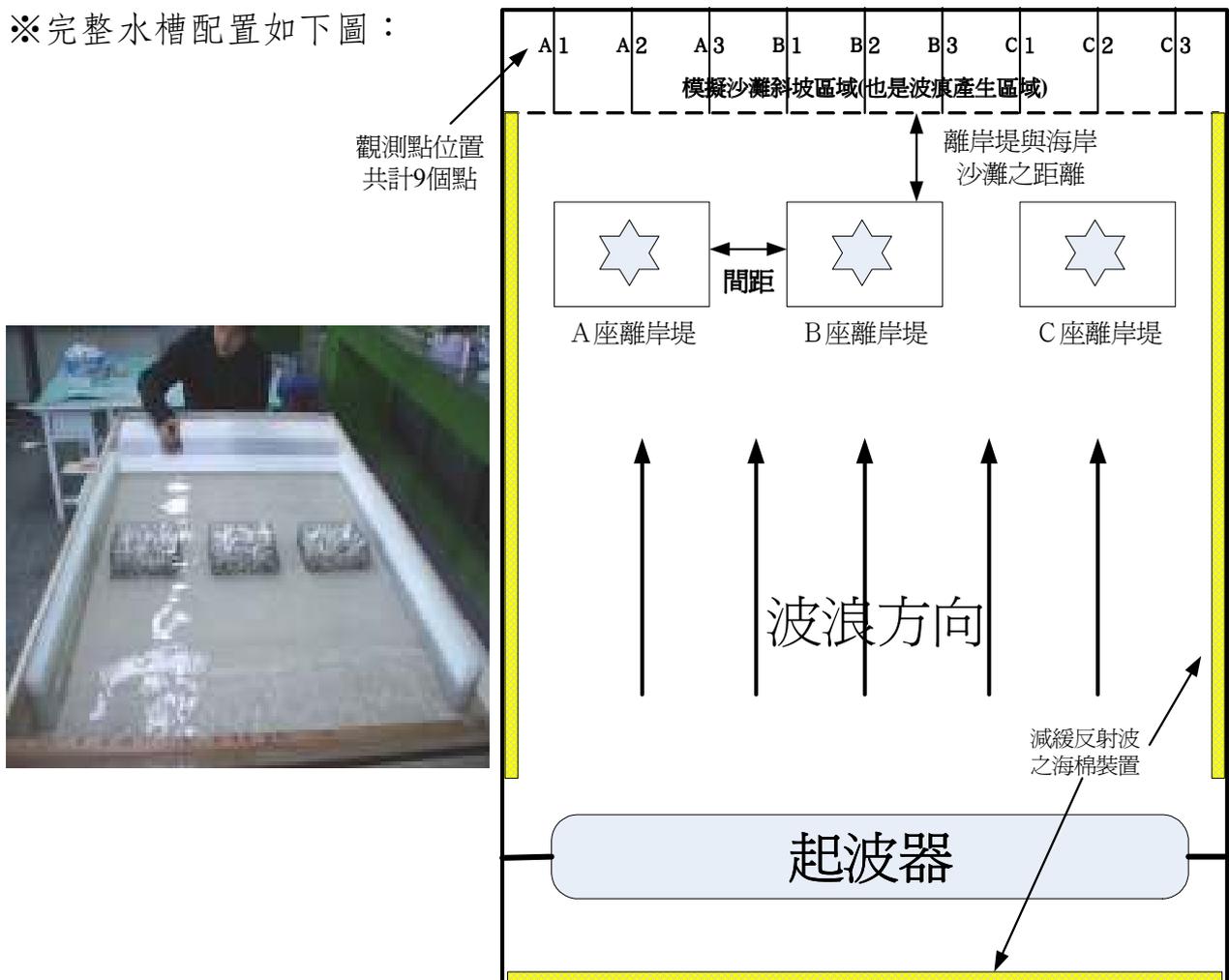
我們自行討論設計器材進行離岸堤實驗之觀測，主要器材包括如下：

1. 消波塊：以紙黏土自製成常見的協克塊型式(狀似肉粽)，並噴上多層亮光漆防水。
2. 離岸堤模型：由自製消波塊堆積成 4 個×3 個的底面、高五層。再以鐵絲網加以固定成一座，每座需要 43 個消波塊組成。

總長	總寬	總高	第一層	第二層	第三層	第四層	第五層
18cm	13.5cm	10cm	12 個	12 個	9 個	6 個	4 個

3. 水槽：長 180cm、寬 90cm、高 15cm，水槽底部墊高約成 5 度角，模擬實際海底，海水由深至淺流動；短邊單側裝置大約 10 度斜度之模擬沙灘斜坡，並繪製觀測用刻度；其餘三邊內側裝設有海棉，以利減少波浪前進後的反射波影響實驗結果。
4. 起波器：以馬達連接起波板之軸心，啟動電源由馬達帶動起波板轉動，產生波浪，實驗中以每分鐘轉動 12 圈的速度進行操作。
5. 基本間距：以過去實測離岸堤長度大約是兩個離岸堤間距的 2 倍左右為依據，設計基本間距 9cm。

※完整水槽配置如下圖：



實驗(一)離岸堤與海岸的距離對其阻擋海浪的影響。

- 步驟 1. 把 3 座高 10cm 的離岸堤放在距離海岸沙灘 0 cm、高度在水面上 2cm 處，且平行於海岸的位置，各座離岸堤間彼此相距 9cm。
2. 啟動起波器使之產生波浪，波浪的行進方向與離岸堤長軸成垂直，經過 2 分鐘，記錄波浪經過離岸堤後打在模擬沙灘斜坡各觀測點上的痕跡長度，重複實驗五次。
3. 依序改變離岸堤與海岸沙灘的距離，重複上述 1、2 步驟，觀測並記錄結果。

對照組：無離岸堤

單位：cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	5.2	5.6	5.3	5.6	5.6	5.7	5.6	5	5.3
第二次	4	4.7	5.5	5.1	5.5	5.4	4.8	5.1	5.4
第三次	4.5	4.1	4	4.3	4	4.3	4.7	4.5	4.3
第四次	4.5	4	4.2	4	4	3.9	4.2	4.1	3.9
第五次	4.5	4.3	4.7	4.9	4.7	4.5	4	4.4	4.1
平均	4.54	4.54	4.74	4.78	4.76	4.76	4.66	4.62	4.60

組別：距離 0cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1.5	2	1.7	1	2.4	0.8	1	1.6	1.1
第二次	0.9	2.1	1.9	1.6	1.9	1.7	2	2	1
第三次	2	2.6	1.8	1.9	2.3	2	1.9	2.4	1.9
第四次	2	2.2	1.9	1.4	2.4	1.7	2.8	2.7	2
第五次	0.9	1.9	1.6	1.8	2	1.5	1	1.9	1.1
平均	1.46	2.16	1.78	1.54	2.20	1.54	1.74	2.12	1.42

組別：距離 10cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	3.4	2.9	2.9	3	3.6	2.6	2.3	2.8	2
第二次	2.1	2.5	2.5	2.9	3	2.7	2.3	2.7	2.5

第三次	2	2.6	2.4	2.8	3.4	3	2.6	2.9	2
第四次	1.7	2.5	2.4	2.2	2.7	2.4	2.6	2.9	2
第五次	2.3	3	2.6	2.5	3.3	2.8	2.5	3	2.6
平均	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22

組別：距離 20cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1.3	1.8	2.9	2.7	3.1	2.9	2.6	2.2	1.8
第二次	1.3	2.5	2.6	2.4	3.8	2.1	2	2.4	1
第三次	1.5	1.9	2.4	1.9	2.3	2	2.1	1.3	1.1
第四次	1.1	2	2.3	2.2	3.6	2.1	2.6	2	1
第五次	1.1	2.1	2	2	2.8	1.9	2.6	1.9	1.6
平均	1.26	2.06	2.44	2.24	3.12	2.20	2.38	1.96	1.30

組別：距離 30cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1.4	1.8	2.1	1.8	2.3	1.7	2.3	1.5	1.1
第二次	1.7	2	2.3	1.9	2.5	1.9	2.4	1.9	1.8
第三次	1.3	1.9	2.2	1.6	2.1	2	2.1	1.6	1.2
第四次	1	1.4	2	1.3	2	1.3	1.8	1.7	1.9
第五次	1	1.1	1.8	1.2	1.8	1.6	1.8	1	1
平均	1.28	1.64	2.08	1.56	2.14	1.70	2.08	1.54	1.40

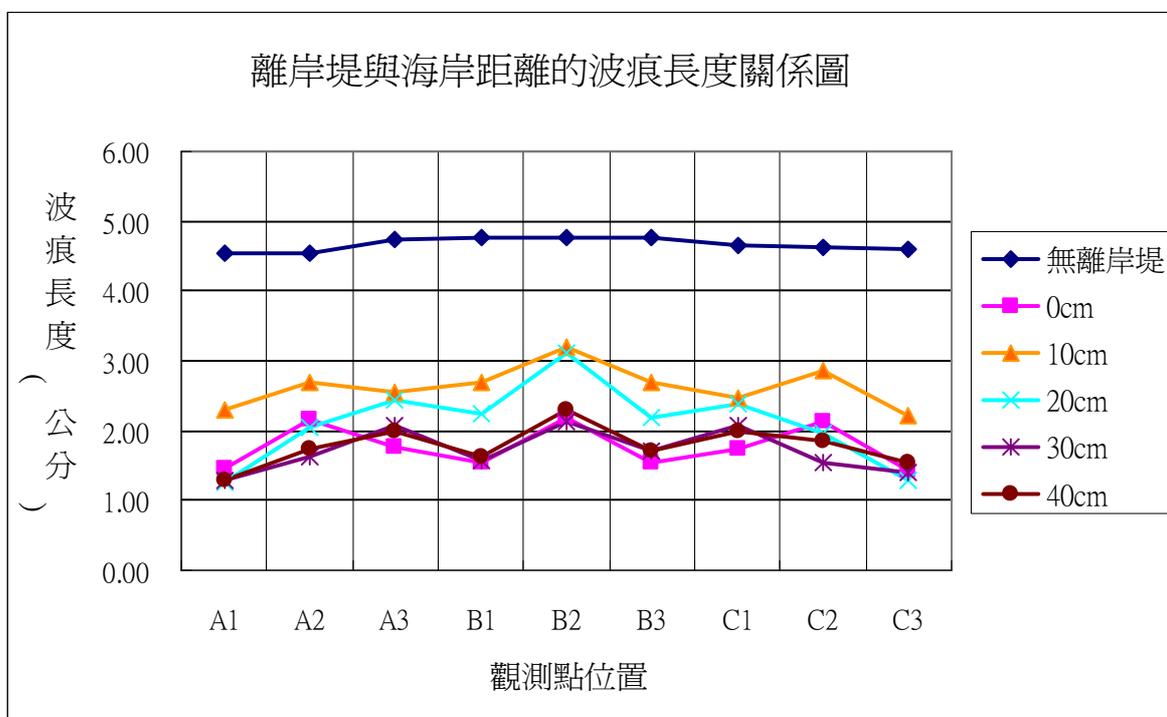
組別：距離 40cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1	1	1.3	1.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.5
第二次	1.3	1.9	2	1.3	2.7	1.1	1.7	1.9	2
第三次	1.7	1.9	1.9	1.9	2.4	1.9	2.3	1.7	1.7
第四次	1.5	2	2.4	2	2.1	1.9	1.8	1.8	1.5
第五次	1	1.9	2.3	1.8	1.8	1.6	2.3	2.2	1
平均	1.30	1.74	1.98	1.62	2.30	1.72	1.98	1.84	1.54

※離岸堤與不同海岸距離的波痕長度總平均比較表

單位：cm

觀測點 距離	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
無離岸堤	4.54	4.54	4.74	4.78	4.76	4.76	4.66	4.62	4.60
0cm	1.46	2.16	1.78	1.54	2.20	1.54	1.74	2.12	1.42
10cm	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22
20cm	1.26	2.06	2.44	2.24	3.12	2.20	2.38	1.96	1.30
30cm	1.28	1.64	2.08	1.56	2.14	1.70	2.08	1.54	1.40
40cm	1.30	1.74	1.98	1.62	2.30	1.72	1.98	1.84	1.54



結果與討論：

1. 沒有設置離岸堤時，記錄到波痕的位置是最高的，代表波浪對海岸的侵蝕力量最大。
2. 當離岸堤從緊接海岸到逐漸慢慢遠離海岸 10 至 20 公分時，侵蝕力量漸漸增強，波痕較長；但在離岸 30 公分以後，侵蝕力量似乎又變小，波痕變短。
3. 發現 0cm-10cm 的組別，三組波痕的高點分別為 A2、B2、C2 點位置；20cm-40cm 的組別，三組波痕的高點分別為 A3、B2、C1 點位置。

實驗(二)離岸堤與離岸堤的間距對其阻擋海浪的影響。

- 步驟 1. 把 3 座高 10cm 的離岸堤放在距離海岸沙灘 10 cm、高度在水面上 2cm 處，且平行於海岸的位置，各座離岸堤間彼此相距 3cm。
2. 啟動起波器使之產生波浪，波浪的行進方向與離岸堤長軸成垂直，經過 2 分鐘，記錄波浪經過離岸堤後打在模擬沙灘斜坡各觀測點上的痕跡長度，重複實驗五次。
3. 依序改變離岸堤與離岸堤的間距，重複上述 1、2 步驟，觀測並記錄結果。

組別：間距 3cm

單位：cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1.3	2.1	2	1.6	1.7	1.9	1.4	2	1.5
第二次	1.2	1.9	1.3	1.3	1	1.8	1.5	2	1.2
第三次	1.6	2.1	1.4	1.7	1.8	2	1.4	1.7	1.1
第四次	1.2	1.8	1.5	1.9	1.5	1.6	1.4	2	1.2
第五次	1.1	2	1.9	1.4	1	1.3	1.8	1.8	0.9
平均	1.28	1.98	1.62	1.58	1.40	1.72	1.50	1.90	1.18

組別：間距 6cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1	1	1	1.4	1.7	1	1.3	1.9	1
第二次	2.2	2.7	2.2	1.7	2.2	3.1	1.6	2.2	2
第三次	1.3	2.6	2.6	2.1	2.7	2.1	2.2	1.9	1.3
第四次	2.6	3	2.7	2.8	3.2	2.8	2	2	1.6
第五次	1.7	2.2	1.9	3.1	2.7	2.5	2.7	2.8	2
平均	1.76	2.30	2.08	2.22	2.50	2.30	1.96	2.16	1.58

組別：間距 9cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	3.4	2.9	2.9	3	3.6	2.6	2.3	2.8	2
第二次	2.1	2.5	2.5	2.9	3	2.7	2.3	2.7	2.5
第三次	2	2.6	2.4	2.8	3.4	3	2.6	2.9	2
第四次	1.7	2.5	2.4	2.2	2.7	2.4	2.6	2.9	2
第五次	2.3	3	2.6	2.5	3.3	2.8	2.5	3	2.6
平均	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22

組別：間距 12cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1.7	1.9	1.5	2	1.1	1	1	1.1	0
第二次	1.9	1.5	1.3	1.1	2.3	1.8	1.5	1.6	1.8
第三次	2.5	3.2	2.8	3	4	2.8	2.6	2.7	1.8
第四次	1	2.9	2.5	2	3.6	2.6	2.6	3.1	0
第五次	1	2.6	2.2	2.6	3.4	2.1	2.5	3	2.2
平均	1.62	2.42	2.06	2.14	2.88	2.06	2.04	2.30	1.16

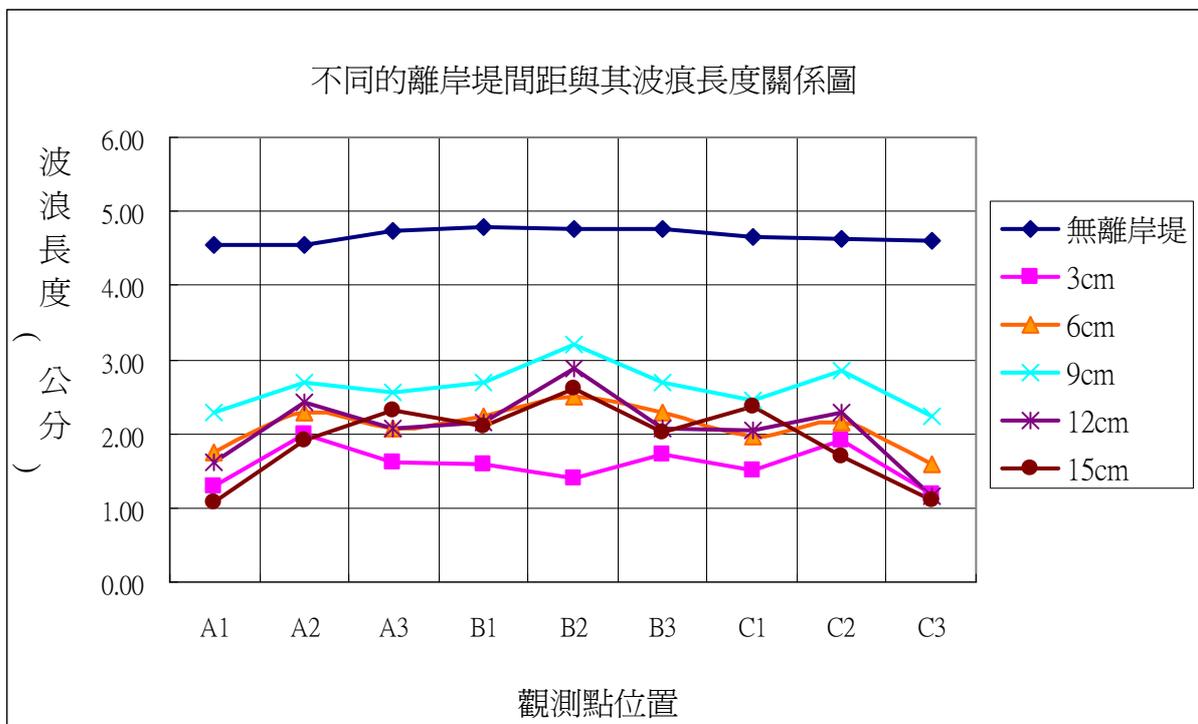
組別：間距 15cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1	1.9	1.3	2	2.7	2.4	2	1.5	0.8
第二次	1.4	1.2	1.6	1.5	1.8	1.5	2.5	1.9	1.7
第三次	1	2	2.8	2	2.7	2.1	3	1.2	1
第四次	1	2.3	3	2.6	3.1	2.1	2.6	2	1
第五次	1	2.2	2.9	2.4	2.8	2	1.8	1.9	1
平均	1.08	1.92	2.32	2.10	2.62	2.02	2.38	1.70	1.10

※離岸堤與離岸堤之間不同的距離其波痕長度總平均比較表

單位：cm

觀測點 間距	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
無離岸堤	4.54	4.54	4.74	4.78	4.76	4.76	4.66	4.62	4.60
3cm	1.28	1.98	1.62	1.58	1.40	1.72	1.50	1.90	1.18
6cm	1.76	2.30	2.08	2.22	2.50	2.30	1.96	2.16	1.58
9cm	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22
12cm	1.62	2.42	2.06	2.14	2.88	2.06	2.04	2.30	1.16
15cm	1.08	1.92	2.32	2.10	2.62	2.02	2.38	1.70	1.10



結果與討論：

1. 間距愈小，波痕較短，尤其以 3cm 組別波痕最短。
2. 在 B2 波痕位置所測得之波痕距離隨離岸堤間距改變所產生的變異性是最明顯的，B2 位置的記錄在間距 3cm 時所測得波痕為一**最低點**，推測當離岸堤間距愈小時，波浪接近離岸堤時，因間距小使得波浪行進受到阻擋，不易通過離岸堤間隙，因而波浪對海岸的侵蝕力量較小。
3. 發現 6cm-12cm 的組別，三組波痕的高點分別為 A2、B2、C2 點位置；15cm 的組別，三組波痕的高點為 A3、B2、C1 點位置。

實驗(三)離岸堤的高度對其阻擋海浪的影響。

- 步驟 1. 把 3 座高 10cm 的離岸堤放在距離海岸沙灘 10 cm、高度在水平面 0cm 處，且平行於海岸的位置，各座離岸堤間彼此相距 9cm。
2. 啟動起波器使之產生波浪，波浪的行進方向與離岸堤長軸成垂直，經過 2 分鐘，記錄波浪經過離岸堤後打在模擬沙灘斜坡各觀測點上的痕跡長度，重複實驗五次。
3. 依序改變離岸堤的高度，重複上述 1、2 步驟，觀測並記錄結果。

組別：離岸堤高度～水平面 0cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1.5	2.2	2.7	2.9	3.5	2.8	2.7	2.2	2
第二次	1.9	2.1	2.5	2.9	3.5	2.5	2.6	2.2	2
第三次	1.4	2.1	1.4	2.6	2.8	2.3	2.1	2	1.9
第四次	1	1.5	2	2.1	2.7	2.3	2.1	1.2	1
第五次	1.9	2.6	3.3	3	3.3	2.9	3	2.4	2
平均	1.54	2.10	2.38	2.70	3.16	2.56	2.50	2.00	1.78

組別：離岸堤高度～水面上 2cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	3.4	2.9	2.9	3	3.6	2.6	2.3	2.8	2
第二次	2.1	2.5	2.5	2.9	3	2.7	2.3	2.7	2.5
第三次	2	2.6	2.4	2.8	3.4	3	2.6	2.9	2
第四次	1.7	2.5	2.4	2.2	2.7	2.4	2.6	2.9	2
第五次	2.3	3	2.6	2.5	3.3	2.8	2.5	3	2.6
平均	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22

組別：離岸堤高度～水面上 4cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1.2	2	1.6	1.9	2.8	2.2	2.1	2.1	1
第二次	1	2.2	1.8	1.8	2.5	1.6	1.8	1	1.1
第三次	1	1.4	2.1	1.9	2.2	1.9	1.7	2	1.2
第四次	1.3	2.1	1.7	1.5	3.5	1	1.8	2.2	1

第五次	1	1.5	1.6	1.4	2.6	1.5	1.5	1.9	1
平均	1.10	1.84	1.76	1.70	2.72	1.64	1.78	1.84	1.06

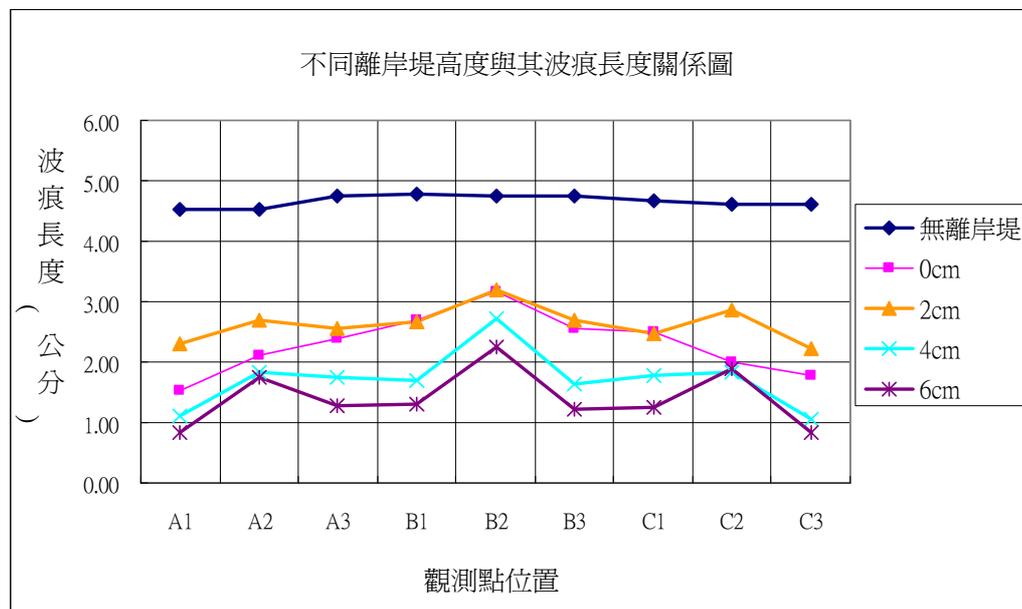
組別：離岸堤高度～水面上 6cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	0.6	1.4	1	1	1.9	1	1	1.7	0.5
第二次	0.9	1.6	1	1	2.3	1	1.5	2.2	1
第三次	0.9	2	1.9	1.8	2.4	2.1	1.7	2	1
第四次	0.8	1.7	1	1	2	1	1	1.6	0.8
第五次	1	2.1	1.5	1.7	2.6	1	1	1.9	0.9
平均	0.84	1.76	1.28	1.30	2.24	1.22	1.24	1.88	0.84

※離岸堤在水中不同高度位置的波痕長度總平均比較表

單位：cm

觀測點 高度	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
無離岸堤	4.54	4.54	4.74	4.78	4.76	4.76	4.66	4.62	4.60
水平面 0cm	1.54	2.10	2.38	2.70	3.16	2.56	2.50	2.00	1.78
水面上 2cm	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22
水面上 4cm	1.10	1.84	1.76	1.70	2.72	1.64	1.78	1.84	1.06
水面上 6cm	0.84	1.76	1.28	1.30	2.24	1.22	1.24	1.88	0.84



結果與討論：

1. 不論是 A 組、B 組或是 C 組波痕位置的記錄來看，當離岸堤高度在水面上 4 公分或 6 公分時，波浪對海岸的侵蝕力量較弱，因此，離岸堤高度愈高，消滅波浪的能力應該會愈好。
2. 發現在水平面 0cm 的組別，三組波痕的高點為 A3、B2、C1 點位置；水面上 2cm-6cm 的組別，三組波痕的高點分別為 A2、B2、C2 點位置。

實驗(四)離岸堤與海岸線方向夾角大小對其阻擋海浪的影響。

- 步驟 1. 把 3 座高 10cm 的離岸堤放在距離海岸沙灘 10 cm、高度在水面上 2cm 處，且平行於海岸(呈 0 度角)的位置，各座離岸堤間彼此相距 9cm。
2. 啟動起波器使之產生波浪，波浪的行進方向與離岸堤長軸成垂直，經過 2 分鐘，記錄波浪經過離岸堤後打在模擬沙灘斜坡各觀測點上的痕跡長度，重複實驗五次。
 3. 依序改變離岸堤與海岸夾角的大小，重複上述 1、2 步驟，觀測並記錄結果。

組別：角度 0 度(與海岸成平行方向)

單位：cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	3.4	2.9	2.9	3	3.6	2.6	2.3	2.8	2
第二次	2.1	2.5	2.5	2.9	3	2.7	2.3	2.7	2.5
第三次	2	2.6	2.4	2.8	3.4	3	2.6	2.9	2
第四次	1.7	2.5	2.4	2.2	2.7	2.4	2.6	2.9	2
第五次	2.3	3	2.6	2.5	3.3	2.8	2.5	3	2.6
平均	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22

組別：角度 30 度

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1.8	2.6	2.8	2.4	2.7	2.4	2.5	1.7	1.6
第二次	2.5	2.1	2.3	2.7	3.3	3	2.6	3.1	2.6
第三次	2.8	2	2.7	3	3.5	2.2	2.5	2.4	2
第四次	2.1	2.3	2	2.6	2.6	2.7	2.6	1.7	2.2
第五次	1.2	2.1	2.4	2.5	2.8	2.2	2.4	1.5	1.4
平均	2.08	2.22	2.44	2.64	2.98	2.50	2.52	2.08	1.96

組別：角度 60 度

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1	1	1.8	2	2.4	2.4	2.3	2	1.9
第二次	2.3	2.2	2.5	2.3	3	2.2	2.3	1.9	1.3
第三次	2.2	2	2.6	2.7	2.7	2.6	2.9	2.4	1.7
第四次	2.2	2.3	2.9	2.4	2.8	1.9	2.1	2.1	2.1
第五次	1	1.4	2.1	2.1	2.5	2.1	2	1.1	1.8
平均	1.74	1.78	2.38	2.30	2.68	2.24	2.32	1.90	1.76

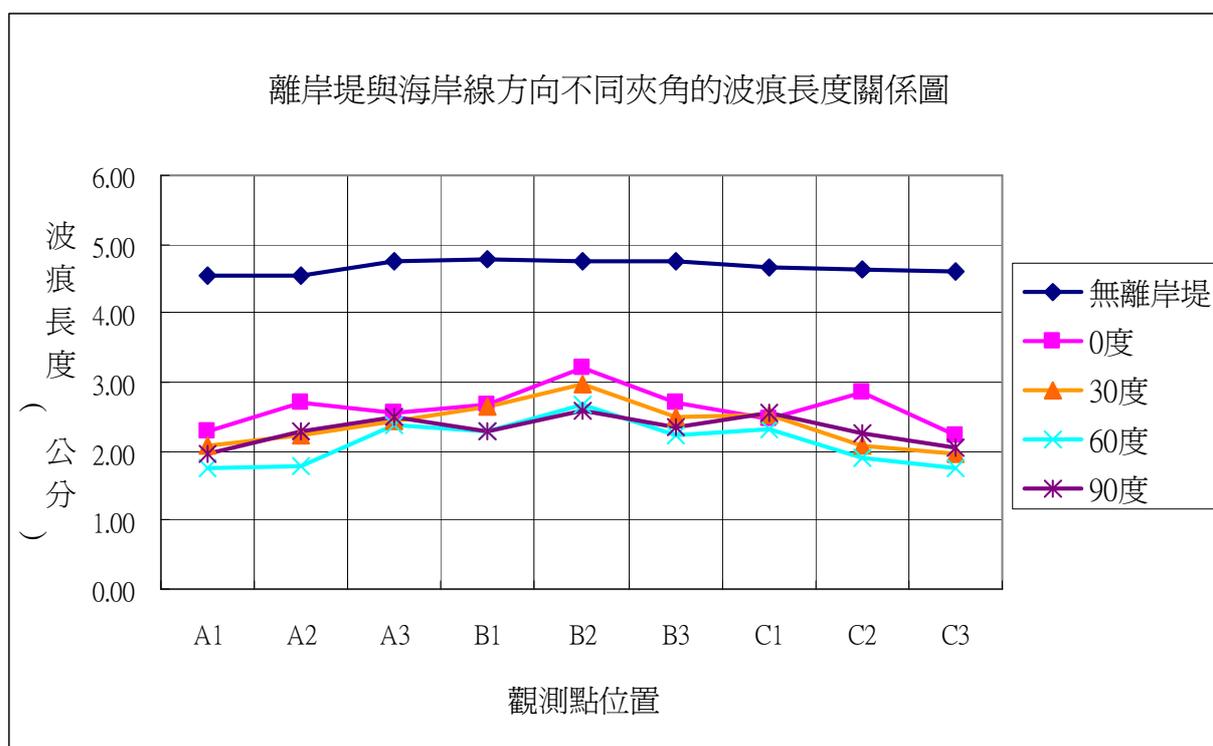
組別：角度 90 度(與海岸成垂直方向)

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	2.7	2.7	2.8	2.6	2.9	2.7	3.1	3.2	3
第二次	1.9	2.3	2.8	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1
第三次	1.7	2.1	2.3	1.8	2.5	1.8	2.3	1.6	1.5
第四次	2	2.2	2.4	2.5	2.7	2.7	2.7	2.3	2
第五次	1.5	2.2	2.2	2.3	2.6	2.4	2.5	2	1.6
平均	1.96	2.30	2.50	2.30	2.58	2.36	2.56	2.26	2.04

※離岸堤與海岸線的夾角其波痕長度總平均比較表

單位：cm

觀測點 夾角	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
無離岸堤	4.54	4.54	4.74	4.78	4.76	4.76	4.66	4.62	4.60
0 度	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22
30 度	2.08	2.22	2.44	2.64	2.98	2.50	2.52	2.08	1.96
60 度	1.74	1.78	2.38	2.30	2.68	2.24	2.32	1.90	1.76
90 度	1.96	2.30	2.50	2.30	2.58	2.36	2.56	2.26	2.04



結果與討論：

1. 當改變波前方向與離岸堤間夾角大小，從互為平行到 30 度、60 度時，發現大多數的觀測位置，離岸堤平行時波浪造成之波痕距離較大，表示對海岸的侵蝕力量較強；但夾角所造成的差異性並不非常明顯。
2. 推測當波前與離岸堤之間具有夾角時，波浪受阻擋而產生一平行海岸的流動力量，此為沿岸流，故波浪往前直接拍打海岸的力量可能減弱，離岸堤對波浪的阻擋效果可能較佳。
3. 發現在夾角 0 度的組別，三組波痕的高點為 A2、B2、C2 點位置；夾角 30 度-90 度的組別，三組波痕的高點分別為 A3、B2、C1 點位置。

實驗(五)離岸堤的消波塊密合度大小對其阻擋海浪的影響。

- 步驟 1. 把 3 座高 10cm 密合度較小的離岸堤放在距離海岸沙灘 10 cm、高度在水面上 2cm 處，且平行於海岸的位置，各座離岸堤間彼此相距 9cm。
2. 啟動起波器使之產生波浪，波浪的行進方向與離岸堤長軸成垂直，經過 2 分鐘，記錄波浪經過離岸堤後打在模擬沙灘斜坡各觀測點上的痕跡長度，重複實驗五次。
3. 依序改變離岸堤消波塊的密合度大小，重複上述 1、2 步驟，觀測並記錄結果。

組別：密合度(小)—在同範圍內排 36 個消波塊

單位：cm

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	2.1	3.8	2.9	3.2	4.2	3.6	2.8	3	1.6
第二次	2.7	3	2.7	3.1	2.8	2.6	2.5	2.9	2.4
第三次	2	3.1	2.7	3.1	3.5	3	2.3	3.1	2
第四次	1.7	2.4	2	2.7	3.2	2	2	2.5	1.9
第五次	1.9	2.2	2.1	2	3.7	2.8	2.5	2.8	2.3
平均	2.08	2.90	2.48	2.82	3.48	2.80	2.42	2.86	2.04

組別：密合度(中)—在同範圍內排 43 個消波塊

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	3.4	2.9	2.9	3	3.6	2.6	2.3	2.8	2
第二次	2.1	2.5	2.5	2.9	3	2.7	2.3	2.7	2.5
第三次	2	2.6	2.4	2.8	3.4	3	2.6	2.9	2
第四次	1.7	2.5	2.4	2.2	2.7	2.4	2.6	2.9	2
第五次	2.3	3	2.6	2.5	3.3	2.8	2.5	3	2.6
平均	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22

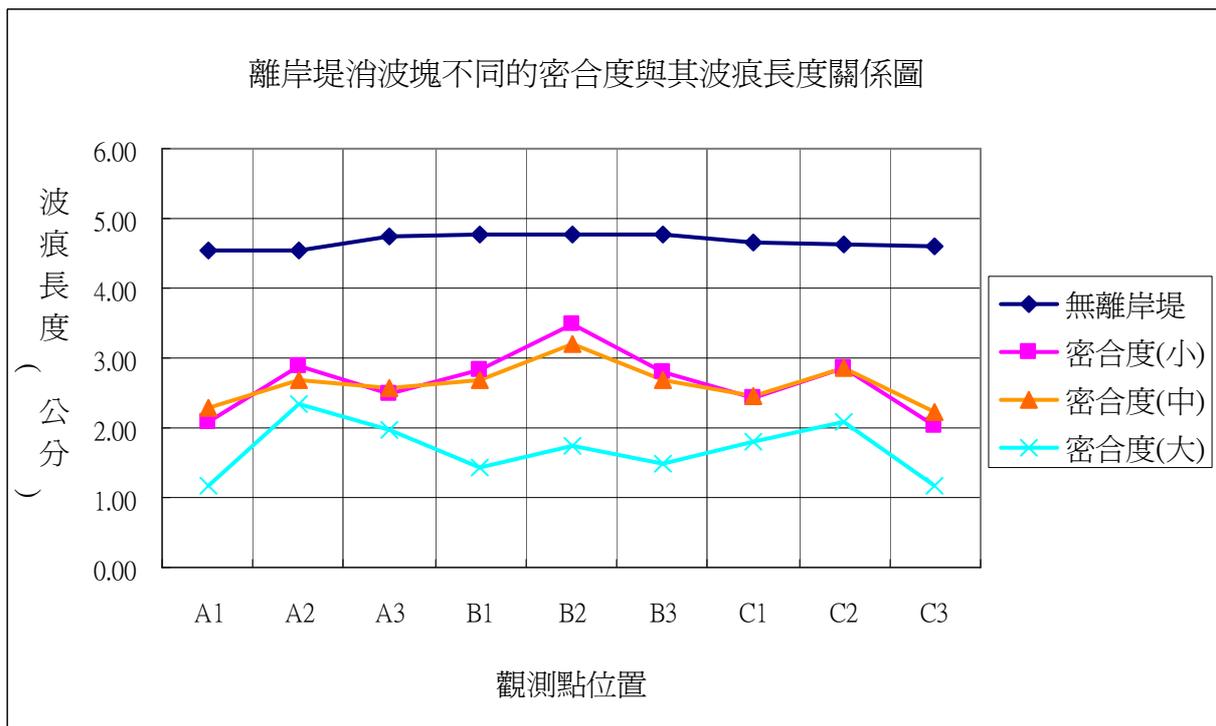
組別：密合度(大)—在同範圍內排 54 個消波塊

觀測點 次數	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
第一次	1	2.5	2	1.8	2	1.5	1.7	1.9	1
第二次	1.6	2.4	2.1	1.2	1.7	1.7	1.8	2	1
第三次	1	2.5	1.9	1	2	1.6	2.4	2.8	1.6
第四次	1.3	2.6	2.3	1.5	1.7	1.6	1.6	1.9	1
第五次	1	1.7	1.5	1.6	1.3	1	1.5	1.8	1.2
平均	1.18	2.34	1.96	1.42	1.74	1.48	1.80	2.08	1.16

※不同離岸堤密合度的波痕長度總平均比較表

單位：cm

觀測點 密合度	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
無離岸堤	4.54	4.54	4.74	4.78	4.76	4.76	4.66	4.62	4.60
密合度(小)	2.08	2.90	2.48	2.82	3.48	2.80	2.42	2.86	2.04
密合度(中)	2.30	2.70	2.56	2.68	3.20	2.70	2.46	2.86	2.22
密合度(大)	1.18	2.34	1.96	1.42	1.74	1.48	1.80	2.08	1.16



結果與討論：

1. 從實驗結果發現，當消波塊密合度愈大時，波痕明顯變小，阻浪效果愈佳。
2. 發現不同消波塊密合度的組別，三組波痕的高點都相同，分別為 A2、B2、C2 點位置。

※實測驗證，補充說明消波塊密合度與水流之關係：

以固定 8 公升的水分別流過不同密合度(小、中、中)之消波塊，多次測量水流完之時間，記錄如右：

消波塊密合度	小	中	大
水流完平均時間	5 秒	6 秒	7 秒

結果：發現通過密合度大的消波塊水流完的時間越久，表示水較不容易通過密合度較大的消波塊。

研究三、探討離岸堤對海岸沙灘的影響。

1. 將篩網濾過的沙和水以 3:1 的比例混合，均勻鋪在斜板上，厚度約 2cm。
2. 把單座高 10cm 的離岸堤放在離海岸 10cm 的地方，高度在水面上 2cm，且平行於海岸的位置，啟動起波板後開始實驗。
3. 以每次起波 5 分鐘休息 1 分鐘的方式進行實驗，連續反覆操作 10 次，觀察斜坡沙灘的波痕情形。

實驗(六)波浪經不同座數離岸堤後對鋪沙斜坡的影響。

※改變變因：離岸堤一座、二座



無離岸堤經波浪沖蝕後的情形



單一座離岸堤經波浪沖蝕後，沒有設置離岸堤的後方出現了侵蝕的高點



二座離岸堤在波浪沖蝕中的情形



二座離岸堤經波浪沖蝕後的情形



波浪經三座離岸堤沖蝕沙灘的情形

結果與討論：

1. 斜板上的沙，經由水波衝擊後，留下明顯的淤痕，並開始掉落，淤沙處於斜板下側。
2. 一段時間後，我們發現波一直打在同樣的地方，而那個地方的沙也越來越少，就像被「侵蝕」的現象。
3. 經過一小時的打波後，設置一座及二座離岸堤的沙灘，經波浪沖蝕後，在沒有設置離岸堤的後方出現了侵蝕的高點，可以明顯看見離岸堤阻浪之成效；而三座離岸堤的設置出現與我們在研究二中觀測到的情形一致，在觀測點 A2、B2、C2 的位置觀察到較高點。

經過一段時間後，出現了高點，圖中以紅色線標示位置

實驗(七)波浪經不同長度的離岸堤後對鋪沙斜坡的影響。

※改變變因：離岸堤長度 18cm、36cm、54cm



長 18cm 離岸堤經波浪沖蝕後的情形



測量沙灘被沖蝕後退縮的距離



長 54cm 離岸堤經波浪沖蝕中的情形



長 54cm 離岸堤經波浪沖蝕後的情形

結果與討論：

1. 明顯發現離岸堤的長度越長，阻擋海浪的效果越好，使得沙灘被沖蝕的距離越短。
2. 相較 3 組數據中之 B2 點，很明顯地從長 18cm 離岸堤到 36cm 離岸堤時，沖蝕距離降了一半，但從長 36cm 離岸堤到 54cm 離岸堤時，沖蝕距離並無多大變化，說明了增加離岸堤長度可以減少沖蝕增加淤沙，但過長的離岸堤並沒有增加較多阻浪的效果。

伍、討 論

- 一、從實驗(一)發現當離岸堤從緊接海岸到逐漸慢慢遠離海岸 10 至 20 公分時，侵蝕力量漸漸增強，但在離岸 30 公分以後，侵蝕力量似乎漸漸變小，波痕變短，大家討論認為是否與水波的波長有所關聯，值得未來進一步探討。
- 二、實驗中發現當離岸堤間距愈小時，波浪造成的波痕位置愈低，表示波浪對海岸的侵蝕力量較小，但若在現實情況如此設置將耗費更多消波塊材料，形成一個完全連貫的海堤，將與原來設置的目的有所出入。
- 三、實驗中發現離岸堤愈高及密合度愈大時，都有較好的阻浪效果，但必須耗費較多消波塊，也可能造成景觀上的破壞，在設置上應多考量。
- 四、實驗中雖然發現離岸堤間夾角改變時，波痕距離數據有變小的趨勢，但差異性並不非常明顯。因此，我們只能提出「波前方向與離岸堤間形成某一夾角時，阻浪的效果可以增加」，可能尚無法直接推論「波前方向與離岸堤間夾角愈大時，阻浪的效果愈大」，應該可以再把海岸、離岸堤與水流方向三者間的角度做一深入討論，未來在設置離岸堤時可以把設置現場的水流方向列入考慮。

- 五、在實驗過程中發現，波浪在數波後會有一波打的特別高，經過查證，發現這叫做「助波」。
- 六、鋪沙實驗中，經過一小時的打波後，設置一座及二座離岸堤的沙灘，經波浪沖蝕後，在沒有設置離岸堤的後方出現了侵蝕的高點，可以明顯看見離岸堤阻浪之成效；而三座離岸堤的設置開始出現與我們在研究二觀測到的情形一致，在觀測點 A2、B2、C2 的位置觀察到侵蝕的高點。
- 七、從數據明顯發現增加離岸堤長度可以減少沖蝕增加淤沙，但過長的離岸堤並沒有增加較多阻浪的效果。

陸、結 論

- 一、離岸堤是一種離開陸地，平行海岸線之堤防，設計的構想是想藉此使波浪在堤前衰減，漂砂在堤後堆積，間接發揮安定海灘之功能，進而保護堤後的海岸。
- 二、無設置離岸堤打上岸的波明顯比任何一組有設置離岸堤的波痕高，相對的離岸堤確實能阻擋海浪侵蝕海岸。
- 三、離岸堤設置在海岸旁的距離、離岸堤間的間距、水中的高度、方位及消波塊的密合度都會影響到對海浪的阻擋效果。
- 四、離岸堤設置離海岸愈近、離岸堤間距愈小、露出水面愈高、與海岸形成某種夾角、消波塊的密合度越大及增加長度的離岸堤都能增加阻擋海浪的成效。但是消波塊使用的個數太多時，將造成成本過高及景觀的破壞，也是值得考量的。
- 五、波浪經離岸堤打向海岸沙灘後，將造成沙灘的沖蝕情形，隨著波浪變小以後出現淤沙堆積，長時間下來受到海浪的一來一往，將形成不同的淤沙或沖蝕情形。
- 六、建議未來設置離岸堤時應將當地海水流動的方向、海水潮汐高度變化等列入考量。

柒、未來研究展望

從這次研究的文獻及實際操作討論中，陸續發現一些可能的影響因素，希望以後可以再接再厲針對這些問題進行探討：

- 一、離岸堤與海岸的間距大小是否與海浪的波長存在某種關係為最佳？
- 二、一定要設置長條狀的離岸堤嗎？其他形狀的離岸堤設置是否也有不同的阻浪效果？

捌、參考資料

- 一、朱志誠(民 95)。人工岬灣應用---離岸堤群後側平衡灘線分析。港灣報導，74，41-50。
- 二、岳景雲、曹登皓(民 94)。不透水半圓形離岸堤對矩形港池水面波高分佈之研究，海洋工程學刊，第 5 卷，第 1 期，第 31-50 頁。
- 三、溫志中、蔡立宏(民 95)。離岸堤背後灘線變化模式之研究。港灣報導，73 期，頁 10-16。
- 四、楊雲龍主編(民 95)。南一版國民小學社會第五冊(五上)乙版-第六單元福爾摩沙寫真。台南：南一書局。
- 五、未來防護構想(無日期)。民 96 年 12 月 5 日，取自：
<http://www.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=12617&ctNode=4649&comefrom=1p>
- 六、經濟部水利署第七河川局。民 96 年 11 月 5 日，取自：
http://www.wra07.gov.tw/allpage.php?content_info_id=7
- 七、鄭明修(民 94)。台灣海岸還需要消波塊來保護嗎？民 96 年 11 月 5 日，取自：
<http://www.sinica.edu.tw/~tcrs/news/2005-09-13-3.htm>



實地觀察之離岸堤情況



我們實地走訪製作消波塊的工廠



親自動手製作消波塊及準備大水槽

【評語】 081561

仔細觀察離岸堤的功用，並加以製作比例模型，為求模擬波浪產生，自製波浪產生器，使實驗可在不同的模式下探討相對的形成機制，整個實驗嚴謹，能明確表達不同條件下離岸堤的作用。