中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯
國中組

地球科學科

科別：地球科學科

組別：國中組

作品名稱：海浪的力量—防波提的設計

關鍵詞：消波塊、振幅、反射率

編號：030505

學校名稱：

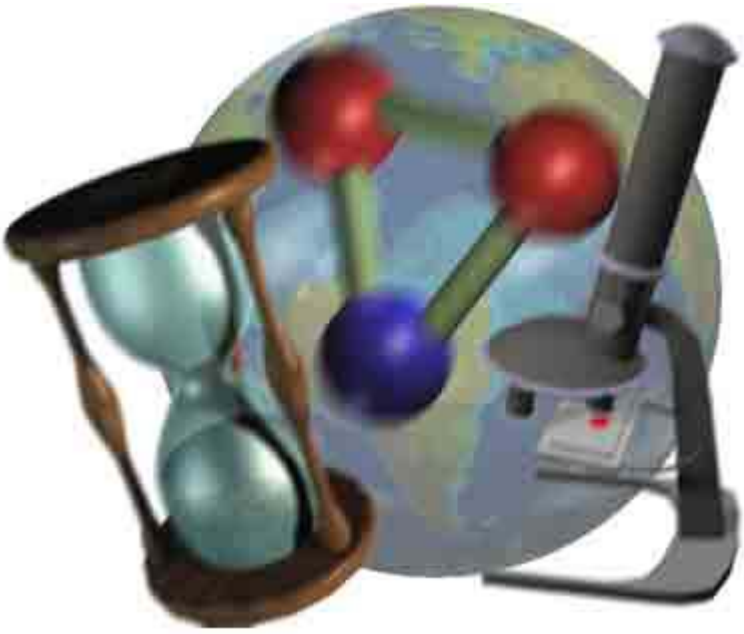
基隆市立中正國民中學

作者姓名：

林聖淵、黃仁郁、何逸群、鄭天霖

指導老師：

林恆毅、林明慧



摘要

一、消波塊與實驗簡介

本次實驗主題是防波堤的設計。在這次實驗中，我們實驗重點放在消波塊上，實驗的消波塊有四種造型：1.協克塊 2.安卡塊 3.天允塊 4.多十字塊(自創)；實驗採離岸堤形式，並固定振幅在 1cm，週期則在 1 秒或 0.5 秒，且不考慮沈箱和消波塊之間排列方式。

消波塊又稱防護塊，在第二次大戰的北非戰線上，法軍為了阻擋德軍坦克的行動，於是丟了菱形塊在戰場上；在戰爭完後，清理戰場將這些塊拋在防波堤周圍，以替代護堤方塊。原本是要廢物利用，不料其消波效果甚佳，隨即由水工試驗所研究證明這些東西的確有消波作用，因其安定性良好，於是取得世界專利；此為各種消波塊的前身，在此之後相繼有各種形式的消波塊推出。

消波塊最主要的目的是要防止海岸線被大海給侵蝕，台灣地區海岸線每年被大海侵蝕長達 2~3 公尺，政府為了保護人民的安全，每年在消波塊的花費上非常可觀。不過消波塊也有其他用途，有時候到南濱海岸附近，看到一排排的消波塊矗立在那裡，原來這些消波塊是要防止中共的登陸；又有一次到沒有海岸的田園附近時，也發現一些消波塊，赫然發現這些消波塊居然是要防止小偷的偷竊行為。消波塊其他的妙用還有很多，例如：增加海埔新生地、天然釣魚座椅……等。

基於好奇心的驅使，我們著手進行消波塊的實驗。我們模擬海岸的情形，觀察消波塊的造型、消波塊的排數、消波塊的排列方式、消波塊的高度、以及波的週期大小，對防波堤反射率、透過濾、孔隙率、安定性及防止地基掏空能力有何影響。

二、模型縮尺

由於消波塊必須實際應用至海岸邊，故我們的實驗的第一步就是計算模型縮尺；我們到海洋大學查到實際岸邊海浪及消波塊的條件，再考慮符合我們能力的條件，找出當模型縮尺為 1/50 時，適合我們的能力範圍。消波塊的長度方面，我們找到協克塊、安卡塊、天允塊實際長寬的資料；而消波塊重量，會視擺放處地理環境而定，我們採用較常使用的「15 噸重/個」。波浪方面，波高會因季節及地點有不同數值，我們採用台灣東北角平均值 1m；至於海浪的週期以北台灣而言，約在 3~9 秒（不考慮颱風時段），我們採 7 秒作為長週期波、3.53 秒作為短週期波。以下是消波塊與波浪經過換算後，所產生的值：（p 代表實際值；m 代表模型值）

（一）消波塊部分

長度→ $L_p \times \frac{1}{50} = L_m$ 實際邊長$\times \frac{1}{50}$ ＝模型邊長	重量→ $W_p \times \frac{1}{50^3} = W_m$ 15 噸 $\times \frac{1}{50^3}$ ＝120g

（二）波浪部分

波高→$L_p \times \frac{1}{50} = L_m$ 1m$\times \frac{1}{50}$ ＝2cm	週期→ $T_p \times \frac{1}{\sqrt{50}} = T_m$ 長週期波→ 7sec.× $\frac{1}{\sqrt{50}}$ 1sec. 短週期波→ 3.53sec.× $\frac{1}{\sqrt{50}}$ 0.5sec.

三、消波塊照片

※以下是我們在網路上找到的一些實際消波塊照片及其作用：

▲南濱海岸消波用消波塊。

▲田園中，用來防止小偷入侵的消波塊。

▲在南濱海邊，有著冒著生命危險去攀越這些消波塊，真令人替他們捏一把冷汗，要是一個瘋狗浪來了，該怎麼躲？

▲位在花東海岸，原先為了保護海灘而丟的消波塊，卻攔截東北季風帶來的大量海沙，變成堆積海岸，增加了許多「消波塊海埔新生地」。（**圖中凸起的東西便是消波塊**）

壹、研究動機

前陣子，我們去海洋大學的操場打球，在海邊看到了一排排的水泥塊；平常經過海邊時，也常看見形狀特別的「肉粽」。令我們好奇的是為什麼那些排列特別的消波塊結構，能有阻擋垃圾保護水源，及消波阻浪保護海邊的效果，所以我們想藉由實驗，來瞭解那些消波塊的造型、排列方式、排數等，對防波的效果有什麼不同的影響，進而研究及探討。

台灣島四面環海，海岸線長，又地處太平洋西岸，海邊時常受洋流與潮汐之衝擊，三年級地球科學中第四章第三節中曾提及「台灣各地的海邊，總會看到美麗的浪花，海面少有靜止不動的時刻，尤其颱風逼近時，附近往往有驚人的巨浪。」這些狂風巨浪，常對海邊居民生命財產造成威脅，也使海岸線不斷向後退。而在第三章第五節亦曾提到「台灣地區地狹人稠，修築堤防成為與河爭地的方式。」同樣地，相對於河邊的堤防，面對海邊的強風巨浪，同樣也必須有良好效果的防波堤，來維護人類安全。所以，防波堤的研究，與地球上海岸線的維護有著密不可分的關係。

貳、研究目的

明瞭消波塊阻浪的效果，因此模擬岸邊的情形來進行實驗。我們的實驗為離岸堤形式，且以消波塊為主要研究對象，探討的目的有以下五種：

一、消波塊的造型和消波效果的關係
二、消波塊的排數和消波效果的關係
三、消波塊的排列方式和消波效果的關係
四、消波塊的層數和消波效果的關係
五、波浪週期長短和消波效果的關係

參、研究設備與器材

我們實驗時所用的設備器材及作用功能如下表：

種類	設備器材	尺寸大小	作用功能
基本裝置	木製水道	400cm(長)×52cm(寬)×21cm(高)	內上防水漆及矽橡膠，為實驗主要支架
	架高水道	100cm(長)×50cm(寬)×8cm(高)	架高以模擬海岸陸地
	造波片	13cm,13cm,9cm(等腰三角)×40cm(長)	鋁片製，以帶子帶動，用來造波用
	壓把	8cm×2cm×3cm	木製，用以帶動帶子、轉動渦片
	帶子	寬 1cm	封箱帶，連接軸及壓把
	不銹鋼棒	60cm，直徑 1cm	渦片轉動軸心
	彈簧	25cm	接不銹鋼棒，用以拉回指針
	海綿	50cm(長)×15cm(寬)×1.5cm(厚)，4 層	打散波浪，減少反射
	反射裝置	範圍約 20cm	改變水波方向，減少水波反射
	振幅指針	15cm 長	木製，控制渦片擺動幅度
實驗器具	消波塊	視各種消波塊而定，重 120g	實驗主要自變項，陶土製，外上防水漆，內填鐵釘加重
	H_i 振幅計	約 30cm×20cm×12cm；可測出 25mm 之內的波振幅	計算波浪振幅
	H_r 振幅計	同 H_i 振幅計	計算反射振幅，檢驗消波塊反射率
	H_t 振幅計	同 H_i 振幅計	計算經過消波塊後的振幅，檢驗消波塊透過率
	接沙盆	50cm×15cm	鋁製，接流失的沙
	濾網	25cm×20cm	過濾海砂用，以測海砂淨重
	秤	1.5kg 秤	秤海砂重，測穩固地基能力
	海砂	鋪 0.5cm 厚	模擬海岸並測流失量

肆、研究過程及方法

一、研究過程

我們的研究過程失敗了很多次，在各方面都只能不斷的試驗與改進，構想及改進過程如下：

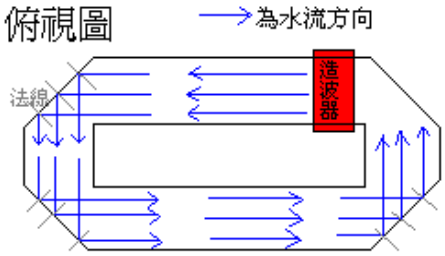
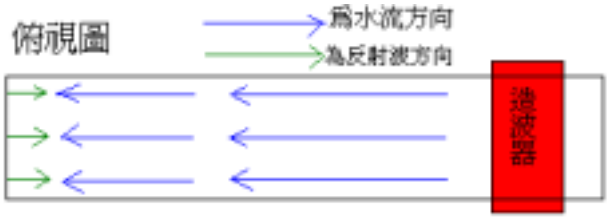
（一）消波塊材質

構想及改進	失敗原因
1.陶土烤硬外包保鮮膜	保鮮膜無法完全密封，水會從漏洞中進去
2.油土	其雖能防水，但無法固定形狀，且高溫容易變形，無法烤硬
3.陶土漆透明漆、填鐵釘	實驗證明，其能夠有效防水且夠硬、夠重

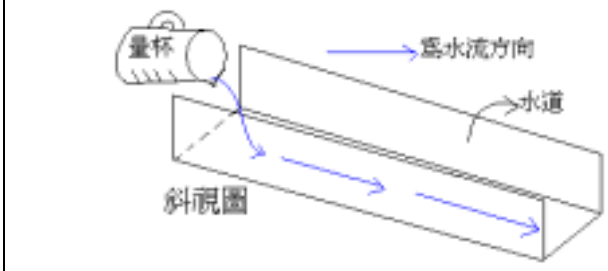
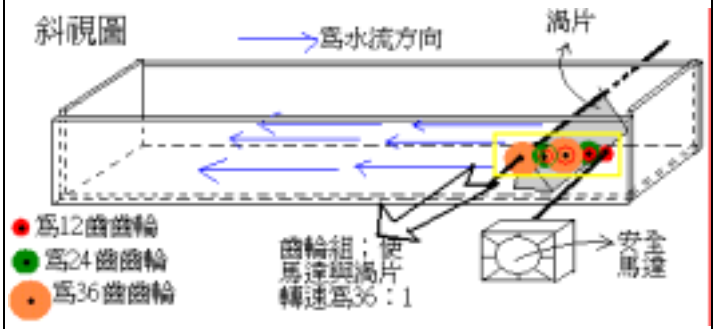
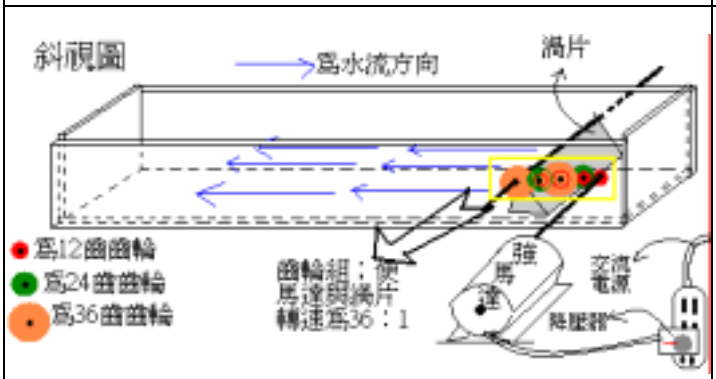
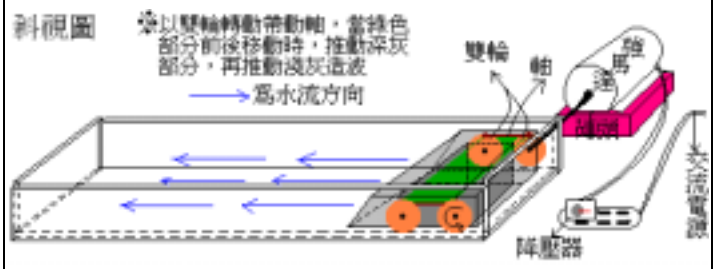
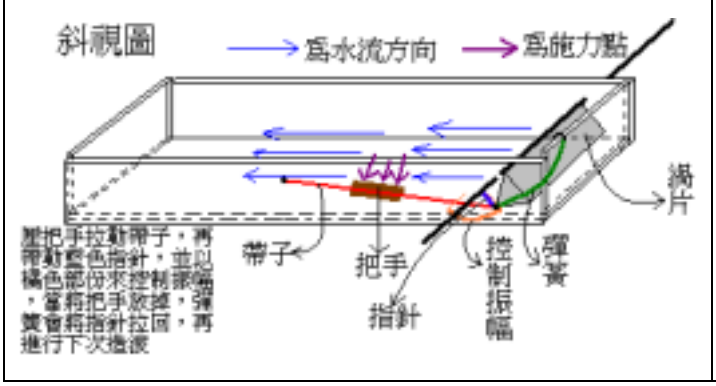
（二）水道材質

構想及改進	失敗原因
1 瓦愣板材質	其雖然防水，但材質太軟，承受不住水的重量，會被水壓扭曲
2.瓦楞板外加裝鋁片	雖然加裝在瓦愣板上，但展性太好，還是會被水的重量給扭曲
3.木板(1cm 厚)	其不會被水的重量扭曲，且內上防水漆，亦不會浸水

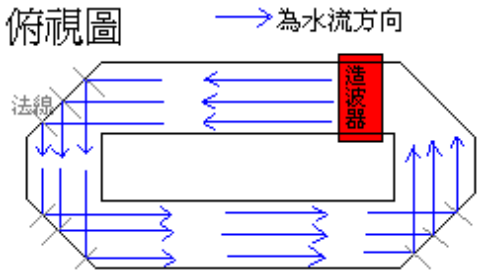
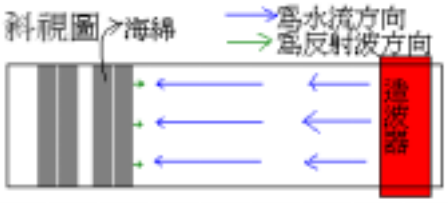
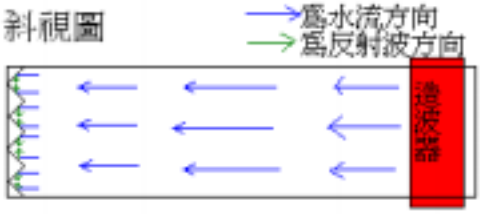
（三）水道形狀

構想意示圖	構想及改進	失敗原因
	1.環狀水道	面積過大，水壓過重,造成渦片無法動彈
	2.單道水道	面積較小，但須考慮反射波的問題

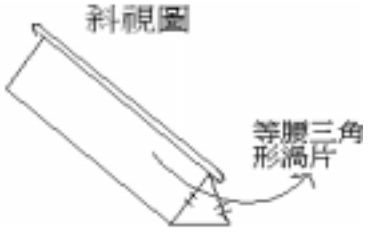
（四）動力部分

構想意示圖	構想及改進	失敗原因
	1.手動倒水+傾斜水道	浪的流速和振幅無法控制
	2.安全馬達+塑膠齒輪+降壓器	因手動無法控制，故採馬達；但馬達馬力不夠強，無法使齒輪轉動
	3.強馬達+塑膠齒輪+降壓器	塑膠齒輪不耐轉，加上馬達馬力太強，很容易造成齒輪空轉或卡住
	4.強馬達+雙輪接軸+降壓器	技術及材料不足，未經實驗證明；且馬達轉速過快(1760 轉/分)，實驗到一半很容易故障
	5.手動+固定範圍+加長施力臂	以指針裝置控制振幅，固定振幅範圍；並加長施力臂以省力

（五）避免反射波裝置裝置

構想意示圖	構想及改進	失敗原因
	1.環狀水道	面積過大，水壓過重，渦片無法打動
	2.海綿	海綿在水中效用相當於固體，雖然打散一些波，但效果不是很好
	3.反射裝置	利用反射原理讓水波互相抵消；但效用不佳，僅能減少一些反射波
	4.海棉+反射裝置+加長水道 2m	綜合前二項效果，且加長使波幾乎不反射

（六）渦片形狀

構想意示圖	構想及改進	失敗原因
	1.單片渦片	承受不住水壓,會被水壓扭曲變形，其造波不大
	2.等腰三角形渦片	使用三角形渦片，較牢固，不易變形

（七）漏水部份

構想及改進	失敗原因
1.油土填縫	無法填滿所有空隙，水會從空隙中進入，造成漏水
2.漆油漆	因油漆容易剝落，水從剝落處進入，其漏水更加嚴重
3.矽橡膠	在觀察玻璃後，發現矽橡膠的妙用，於是應用在裝置上，效果極佳

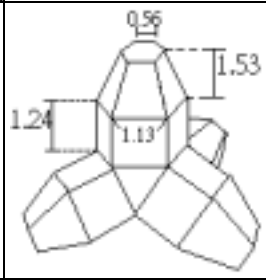
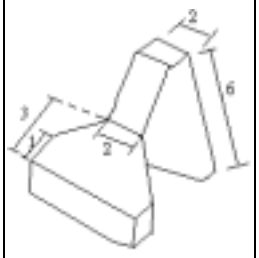
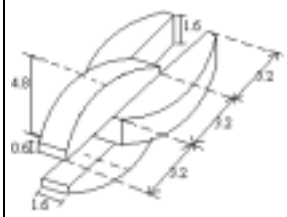
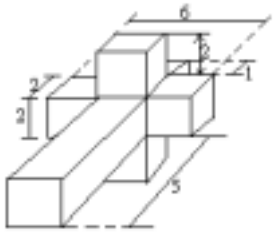
（八）計算振幅

構想及改進	失敗原因
1.目測	不夠準確，容易有誤差
2.振幅計	實驗證明其能夠有效計算振幅

二、研究方法

（一）　消波塊部分

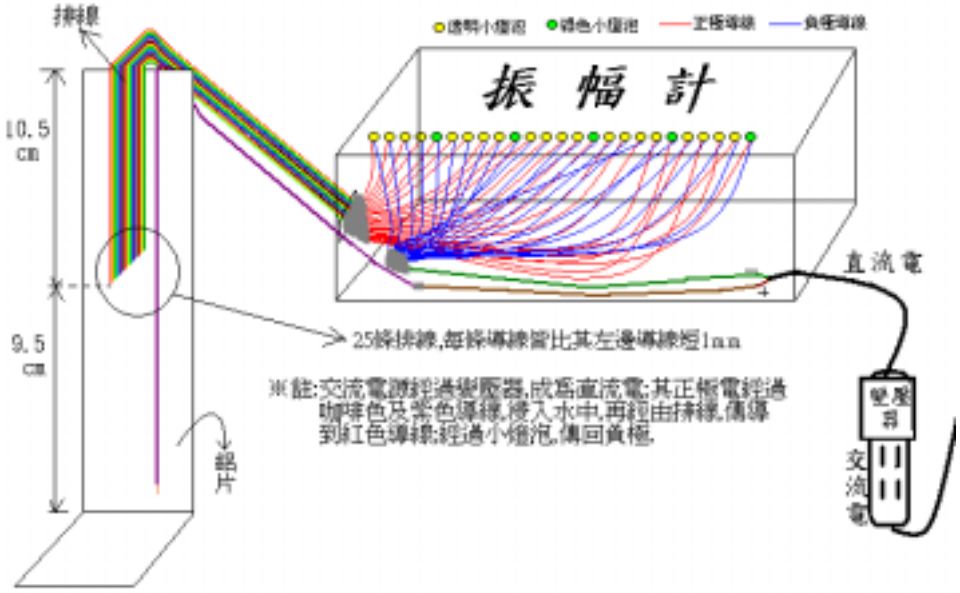
我們實驗所用的消波塊，是以陶土製作，因為其較好捏塑。先用水泥作模型，再以陶土製!作、接合，並填鐵釘，以確保每塊大小、形狀、重量皆相同；最後再放在陰涼處，使其變硬。消波塊形狀主要分四種：1.協克塊 2.安卡塊 3.天允塊 4.多十字塊，四種消波塊比較如下表：

名稱 / 項目	①協克塊	②安卡塊	③天允塊	④多十字塊
造型、大小（單位：cm）				
體積(排水法)	30 立方公分	40 立方公分	60 立方公分	60 立方公分
重量(秤重)	120 公克	120 公克	120 公克	120 公克

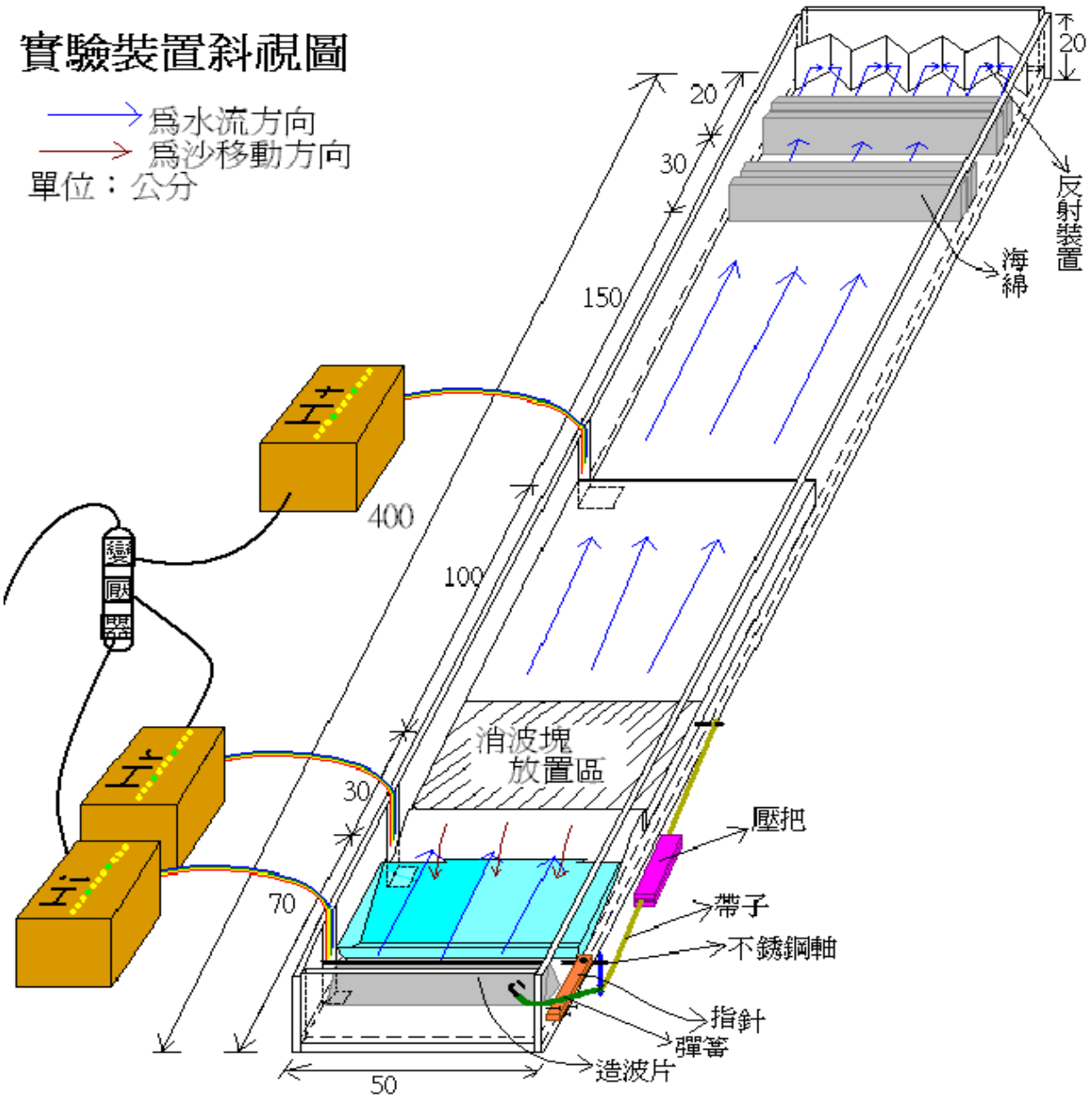
※ 各種消波塊所填鐵釘不同，密度自然不一樣

（二）振幅計

我們在水中加入食鹽，使水到達濃食鹽水程度程度，因食鹽水可導電。接著利用食鹽水可導電特性，裝置振幅計，觀察其亮的小燈泡個數，當波振幅增加 1 公釐，小燈泡亮的個數即多增加 1 個。振幅計裝置圖如下：



（三）實驗方法



1. 上頁圖為實驗裝置斜視圖。當壓把被壓下時，將拉動帶子及不銹鋼軸，使造波片向前；放開壓把時，軸將被彈簧拉回，使造波片向後。再利用木製指針(橘色部分)來控制把手所能壓的範圍，使每次造波片所造的波振幅皆相同（1cm）；在造波速度（週期）方面，長週期波每 1 秒造波一次、短週期波每 0.5 秒造波一次。在水道中注食鹽水 9.5cm，使架高水道低於水面 1.5cm，再鋪沙 0.5cm 於架高水道上。(即當放消波塊至架高水道上時，消波塊入水 1cm)
2. 基本裝置備齊後，開始實驗步驟：
   （1）步驟一：放消波塊於放置區上（每次排法、形狀、層數及排數皆不同），並將接沙盆就定位。
   （2）步驟二：開始造波（實驗五中有長週期波及短週期波，實驗一~四皆造長週期波）。一人觀察 H_i 振幅計的振幅（mm）；一人觀察 H_r 振幅計的振幅（mm）；一人觀察 H_t 振幅計的振幅（mm）；同時並觀察消波塊搖動程度；連續造波 30 秒，停止後，將接沙盆中的沙和水倒在濾網上，使濾網只殘留沙，再將濾

網秤重。

（3）步驟三：實驗的依變項有五項→反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)及安定性。

反射率以「$\frac{H_r}{H_i}$ ×100％」計算，數值愈大效果愈差，代表反射波所造成、激起的波較強，即反射率較強。**透過率**以「$\frac{H_t}{H_i}$ ×100％」計算，數字愈大效果愈差，即能透過消波塊的波振幅愈大。（註：*Hi* 值＝*Hi* 振幅計測出的值；*Hr* 值＝*Hr* 振幅計測出的值－10mm；*Ht* 值＝*Ht* 振幅計測出的值。）**孔隙率**以「$\frac{\text{消波塊所堆成的長方體 積}-\text{消波塊總體積}}{\text{消波塊所堆成的長方形 體積}}$ ×100％」計算，值愈大代表孔隙率愈大，即孔隙所佔的比例較大，例如在一定範圍內，孔隙率為 0％時，代表為完全實心物體；孔隙率與波長有直接關係，當波長愈長，所需要的孔隙率就愈大，以打散波能。**沙的實際流失量**以「所秤重量(g)－濾網重(190g)」來計算，所秤的結果愈重，效果愈差，代表地基流失量愈多，即消波塊防止地基掏空能力較差。**安定性**以消波塊在實驗中「搖動個數的和」來考慮，搖動數愈多即安定性愈差；若在實驗中有消波塊滾落，代表安定性極差。將五項依變項紀錄於紙表上。

（4）步驟四：每次實驗做 30 秒即停止，且每次實驗後皆需重新鋪沙，使沙維持 0.5cm 厚，結果才不會偏差。

4.重覆步驟一到四，逐次紀錄（但每次排法、形狀、層數、排數及波的週期不同）。

5.為求實驗精準，減少人為誤差，相同的實驗皆做 5 次求平均值。

6.實驗裝置照片：

伍、研究結果

◎ 實驗一：消波塊的造型和消波效果的關係

△自變項：消波塊的造型（協克塊、安卡塊、天允塊、多十字塊）

△控制變因：消波塊的排數（3 排）、排列方式（整齊排列）、波的週期（長週期波）、消波塊層數（1 層高）、水位高（9.5cm）、消波塊大小及重量（固定）

△ 依變項：反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性

△ 假設：假設消波塊造型和反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性有直接關係，本實驗假設改變消波塊造型將會導致此五種依變項的變化。

△ 結果製表：

形狀 / 次數	協克塊	安卡塊	天允塊	多十字塊	無消波塊
依變項	*Hr* 振幅計測出的值－10（mm）				
第一次	2	1	6	6	0
第二次	3	2	5	7	0
第三次	3	3	7	7	0
第四次	3	2	6	7	0
第五次	2	3	7	7	0
平均值	2.6	2.2	6.2	6.8	0
反射率	**26％**	**22％**	**62％**	**68％**	**0％**
依變項	*Ht* 振幅計測出的值（mm）				
第一次	3	6	6	3	10
第二次	2	7	7	4	10
第三次	3	5	7	4	10
第四次	4	6	6	5	10
第五次	4	7	6	4	10
平均值	3.2	6.2	6.4	4	10
透過率	**32％**	**62％**	**64％**	**40％**	**100％**
依變項	消波塊所堆城長方體積（cm^3 ）及消波塊總體積（cm^3 ）				
長方體積	4537.5	5445	7344	4510	0
消波塊總體積	900	1440	1800	2160	0
孔隙率	**80.2％**	**73.6％**	**75.5％**	**52.1％**	**無**
依變項	流失的沙量（g）				
第一次	275	242	245	207	401
第二次	270	251	243	210	421
第三次	266	230	247	213	400
第四次	283	233	240	211	420
第五次	259	229	251	210	430
平均值	270.6	237	245.2	210.2	414.4
穩地基能力	**80.6**	**47**	**55.2**	**20.2**	**224.4**
依變項	消波塊搖動個數（個）				
第一次	0	0	6	5	0
第二次	1	0	5	4	0
第三次	0	2	3	4	0
第四次	0	1	5	2	0
第五次	0	1	3	5	0
安定性	**1**	**4**	**22**	**20**	**無**

伍、研究結果

◎ 實驗一：消波塊的造型和消波效果的關係

△自變項：消波塊的造型（協克塊、安卡塊、天允塊、多十字塊）

△控制變因：消波塊的排數（3 排）、排列方式（整齊排列）、波的週期（長週期波）、消波塊層數（1 層高）、水位高（9.5cm）、消波塊大小及重量（固定）

△ 依變項：反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性

△ 假設：假設消波塊造型和反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性有直接關係，本實驗假設改變消波塊造型將會導致此五種依變項的變化。

△ 結果製表：

形狀 / 次數	協克塊	安卡塊	天允塊	多十字塊	無消波塊
依變項	*Hr* 振幅計測出的值－10（mm）				
第一次	2	1	6	6	0
第二次	3	2	5	7	0
第三次	3	3	7	7	0
第四次	3	2	6	7	0
第五次	2	3	7	7	0
平均值	2.6	2.2	6.2	6.8	0
反射率	**26%**	**22%**	**62%**	**68%**	**0%**
依變項	*Ht* 振幅計測出的值（mm）				
第一次	3	6	6	3	10
第二次	2	7	7	4	10
第三次	3	5	7	4	10
第四次	4	6	6	5	10

△ 依變項：反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性

△ 假設：假設消波塊排數和反射率（mm）、透過率(mm)、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性有直接關係，本實驗假設改變消波塊排數將會導致此五種依變項的變化。

△結果表：

排數 / 次數	協克塊				安卡塊			
	1 排	2 排	3 排	4 排	1 排	2 排	3 排	4 排
依變項	*Hr* 振幅計測出的值－10（mm）							
第一次	0	1	4	0	2	2	3	3
第二次	1	2	3	2	2	3	2	1
第三次	1	2	3	0	3	3	2	2
第四次	1	3	2	1	3	3	3	2
第五次	1	2	2	1	2	2	4	2
平均值	0.8	2	2.8	0.8	2.4	2.6	2.8	2
反射率	**8％**	**20％**	**28％**	**8％**	**24％**	**26％**	**28％**	**20％**
依變項	*Ht* 振幅計測出的值（mm）							
第一次	6	4	4	1	10	8	6	2
第二次	5	5	4	2	9	9	5	1
第三次	6	5	3	1	10	7	6	0
第四次	7	4	3	1	9	8	6	2
第五次	8	3	2	0	10	8	7	2
平均值	6.4	4.2	3.2	1	9.6	8	6	1.4
透過率	**64％**	**42％**	**32％**	**10％**	**96％**	**80％**	**60％**	**14％**
依變項	消波塊所堆城長方體積（cm^3 ）及消波塊總體積（cm^3 ）							
長方體積	1512.5	3025	4537.5	6050	1815	3630	5445	7260
消波塊總體積	300	600	900	1200	480	960	1440	1920
孔隙率	**80.2％**	**80.2％**	**80.2％**	**80.2％**	**73.6％**	**73.6％**	**73.6％**	**73.6％**
依變項	流失的沙量（g）							
第一次	384	297	265	267	310	260	240	240
第二次	370	302	275	271	315	268	238	235
第三次	381	300	280	272	308	271	244	233
第四次	356	307	292	257	303	252	235	229
第五次	377	294	255	285	299	263	236	237
平均值	373.6	300	273.4	270.4	307	262.8	238.6	234.8
穩地基能力	**183.6**	**110**	**83.4**	**80.4**	**117**	**72.8**	**48.6**	**44.8**
依變項	消波塊搖動個數（個）							
第一次	1	1	0	0	1	1	1	2
第二次	0	0	1	0	0	2	1	1
第三次	0	0	1	0	0	0	1	1
第四次	0	0	0	0	1	0	0	0
第五次	1	0	0	0	1	0	1	1
安定性	**2**	**1**	**2**	**0**	**3**	**3**	**4**	**5**
排數 / 次數	天允塊				多十字塊			
	1 排	2 排	3 排	4 排	1 排	2 排	3 排	4 排

依變項	*Hr* 振幅計測出的值－10（mm）							
第一次	0	2	5	4	4	5	8	6
第二次	1	3	5	3	4	5	7	5
第三次	1	2	6	2	3	6	6	5
第四次	2	2	6	4	4	4	6	5
第五次	1	2	7	3	3	5	7	5
平均值	1	2.2	5.8	3.2	3.6	5	6.8	5.2
反射率	**10％**	**22％**	**58％**	**32％**	**36％**	**50％**	**68％**	**52％**
依變項	*Ht* 振幅計測出的值（mm）							
第一次	9	7	5	3	6	5	4	2
第二次	10	8	6	4	7	4	3	2
第三次	8	7	6	4	7	5	3	1
第四次	10	9	7	5	7	6	4	1
第五次	8	7	7	4	6	5	5	2
平均值	9	7.6	6.2	4	6.6	5	3.8	1.6
透過率	**90％**	**76％**	**62％**	**40％**	**66％**	**50％**	**38％**	**16％**
依變項	消波塊所堆城長方體積（cm^3 ）及消波塊總體積（cm^3 ）							
長方體積	2448	4896	7344	10302	1517	3013.5	4510	5986
消波塊總體積	600	1200	1800	2400	720	1440	2160	2880
孔隙率	**75.5％**	**75.5％**	**75.5％**	**76.7％**	**52.5％**	**52.2％**	**52.1％**	**51.9％**
依變項	流失的沙量（g）							
第一次	385	350	250	238	225	215	211	210
第二次	386	347	240	240	220	215	210	210
第三次	390	348	247	236	223	213	210	209
第四次	377	347	237	232	223	218	215	211
第五次	381	383	247	236	228	220	209	205
平均值	383.8	355	244.2	236.4	223.8	216.2	211	209
穩地基能力	**193.8**	**165**	**54.2**	**46.4**	**33.8**	**26.2**	**21**	**19**
依變項	消波塊搖動個數（個）							
第一次	6	3	3	5	3	6	2	4
第二次	5	5	7	7	4	4	5	4
第三次	3	4	3	5	4	1	5	4
第四次	5	7	4	2	2	3	4	6
第五次	5	4	6	6	3	6	4	4
安定性	**24**	**23**	**23**	**25**	**16**	**20**	**20**	**22**

△控制變因：消波塊的形狀、排列方式（整齊排列）、波的週期（長週期波）、消波塊層數（1 層高）、水位高（9.5cm）、消波塊大小及重量（固定）

△ 依變項：反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性

△ 假設：假設消波塊排數和反射率（mm）、透過率(mm)、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性有直接關係，本實驗假設改變消波塊排數將會導致此五種依變項的變化。

△結果表：

排數 / 次數	協克塊				安卡塊			
	1 排	2 排	3 排	4 排	1 排	2 排	3 排	4 排
依變項	*Hr* 振幅計測出的值－10（mm）							
第一次	0	1	4	0	2	2	3	3
第二次	1	2	3	2	2	3	2	1
第三次	1	2	3	0	3	3	2	2
第四次	1	3	2	1	3	3	3	2
第五次	1	2	2	1	2	2	4	2
平均值	0.8	2	2.8	0.8	2.4	2.6	2.8	2
反射率	**8%**	**20%**	**28%**	**8%**	**24%**	**26%**	**28%**	**20%**
依變項	*Ht* 振幅計測出的值（mm）							
第一次	6	4	4	1	10	8	6	2
第二次	5	5	4	2	9	9	5	1
第三次	6	5	3	1	10	7	6	0
第四次	7	4	3	1	9	8	6	2
第五次	8	3	2	0	10	8	7	2
平均值	6.4	4.2	3.2	1	9.6	8	6	1.4
透過率	**64%**	**42%**	**32%**	**10%**	**96%**	**80%**	**60%**	**14%**
依變項	消波塊所堆城長方體積（cm^3 ）及消波塊總體積（cm^3 ）							
長方體積	1512.5	3025	4537.5	6050	1815	3630	5445	7260
消波塊總體積	300	600	900	1200	480	960	1440	1920
孔隙率	**80.2%**	**80.2%**	**80.2%**	**80.2%**	**73.6%**	**73.6%**	**73.6%**	**73.6%**
依變項	流失的沙量（g）							
第一次	384	297	265	267	310	260	240	240
第二次	370	302	275	271	315	268	238	235
第三次	381	300	280	272	308	271	244	233
第四次	356	307	292	257	303	252	235	229
第五次	377	294	255	285	299	263	236	237
平均值	373.6	300	273.4	270.4	307	262.8	238.6	234.8
穩地基能力	**183.6**	**110**	**83.4**	**80.4**	**117**	**72.8**	**48.6**	**44.8**
依變項	消波塊搖動個數（個）							
第一次	1	1	0	0	1	1	1	2
第二次	0	0	1	0	0	2	1	1
第三次	0	0	1	0	0	0	1	1
第四次	0	0	0	0	1	0	0	0

△自變項：消波塊的排列方式（整齊 or 亂堆）

△控制變因：消波塊形狀、消波塊的排數（3 排）、波的週期（長週期波）、消波塊層數（1 層高）、水位高（9.5cm）、消波塊大小及重量（固定）

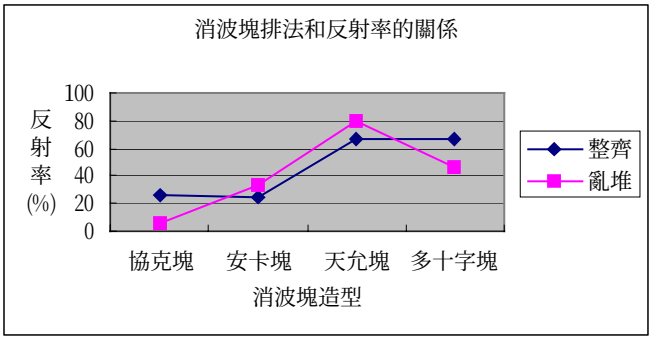
△ 依變項：反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性

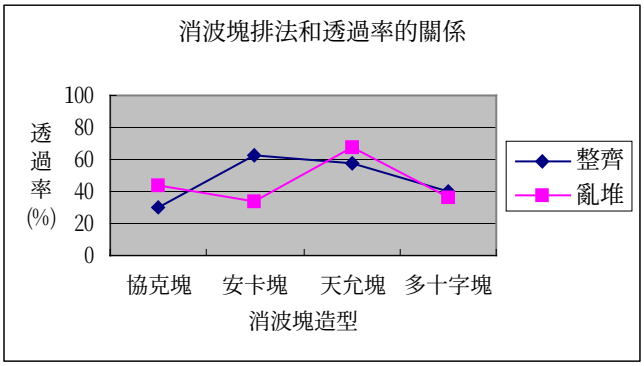
△ 假設：假設消波塊排列方式和反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性有直接關係，本實驗假設改變消波塊排列方式將會導致此五種依變項的變化。

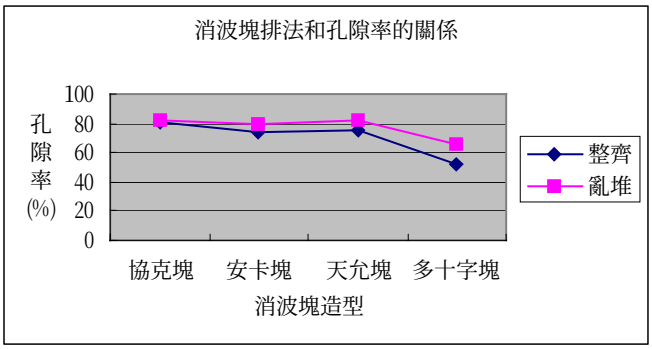
△結果表：

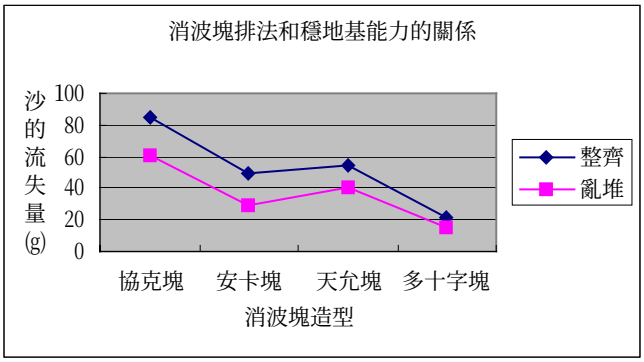
排列方式 / 次數	協克塊		安卡塊		天允塊		多十字塊	
	整齊	亂堆	整齊	亂堆	整齊	亂堆	整齊	亂堆
依變項	*Hr* 振幅計測出的值－10（mm）							
第一次	2	1	3	1	7	6	8	5
第二次	3	1	2	3	8	9	6	4
第三次	3	0	2	5	5	8	6	5
第四次	2	1	3	4	6	8	7	5
第五次	3	0	2	4	7	9	6	4
平均值	2.6	0.6	2.4	3.4	6.6	8	6.6	4.6
反射率	**26％**	**6％**	**24％**	**34％**	**66％**	**80％**	**66％**	**46％**
依變項	*Ht* 振幅計測出的值（mm）							
第一次	4	5	7	3	7	6	3	3
第二次	3	4	5	3	6	8	4	4
第三次	3	4	6	4	6	7	3	4
第四次	2	5	6	3	5	6	5	4
第五次	3	4	7	4	5	7	5	3
平均值	3	4.4	6.2	3.4	5.8	6.8	4	3.6
透過率	**30％**	**44％**	**62％**	**34％**	**58％**	**68％**	**40％**	**36％**
依變項	消波塊所堆城長方體積（cm^3 ）及消波塊總體積（cm^3 ）							
長方體積	4537.5	5115	5445	5940	7344	9792	4510	5720
消波塊總體積	900	900	1440	1240	1800	1800	2160	1980
孔隙率	**80.2％**	**82.4％**	**73.6％**	**79.1％**	**75.5％**	**81.6％**	**52.1％**	**65.4％**
依變項	流失的沙量（g）							
第一次	271	255	241	220	247	225	213	205
第二次	270	248	239	223	245	230	212	206
第三次	271	249	241	218	245	232	212	206
第四次	282	253	236	210	238	228	211	205
第五次	280	250	238	222	247	235	208	205
平均值	274.8	251	239	218.6	244.4	230	211.2	205.4
穩地基能力	**84.8**	**61**	**49**	**28.6**	**54.4**	**40**	**21.2**	**15.4**
依變項	消波塊搖動個數（個）							
第一次	0	0	1	2	6	4	5	8
第二次	0	0	0	0	4	3	2	6
第三次	0	0	3	2	4	8	3	6
第四次	0	0	1	2	3	7	3	2
第五次	0	0	0	0	6	4	5	4

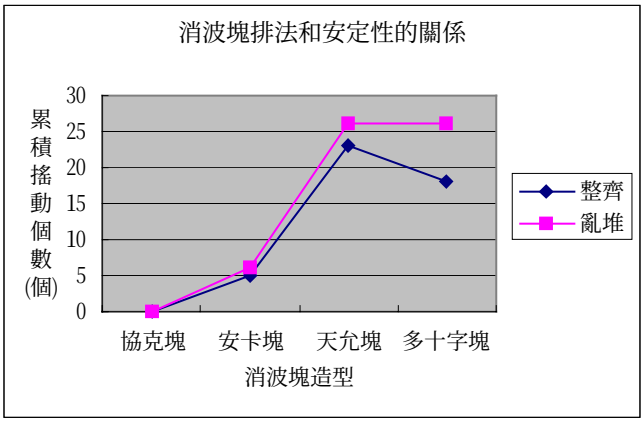
安定性	0	0	5	6	23	26	18	26











◎ 實驗四：消波塊的層數和消波效果的關係

△自變項：消波塊的層數（1 層、2 層）

△控制變因：消波塊形狀、消波塊的排數（2 排）、排列方式（整齊排列）、波的週期（長週期波）、、水位高（9.5cm）、消波塊大小及重量（固定）

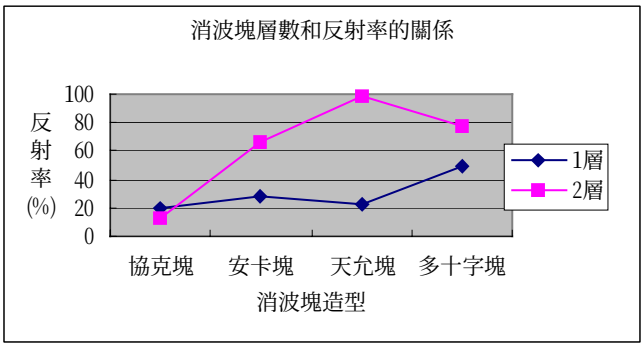
△ 依變項：反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性

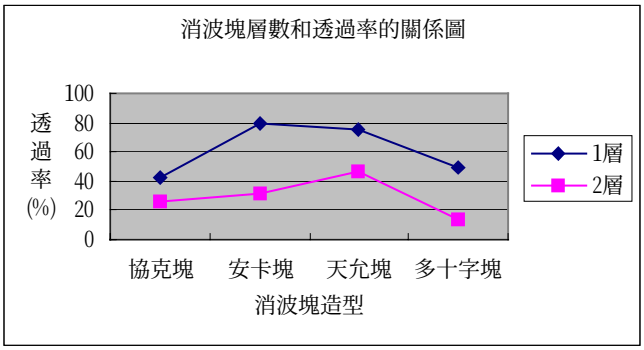
△ 假設：假設消波塊層數和反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性有直接關係，本實驗假設改變消波塊層數將會導致此五種依變項的變化。

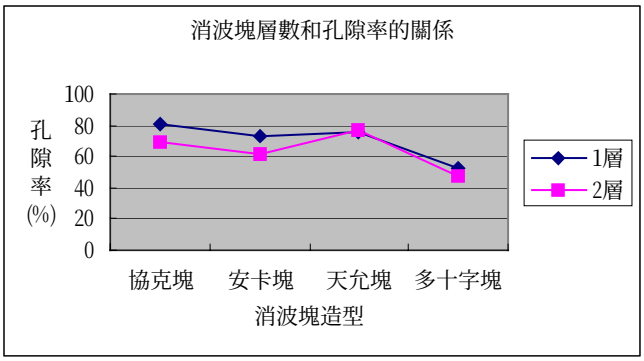
△ 結果表：

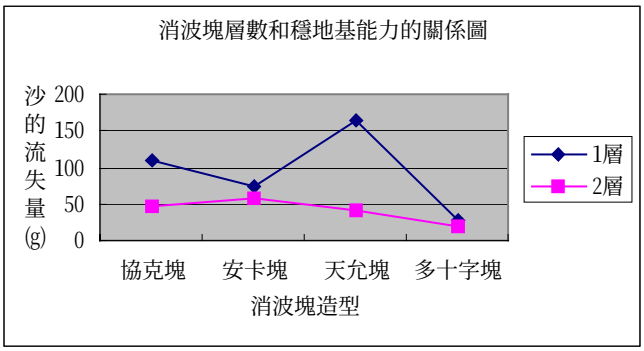
層數 / 次數	協克塊		安卡塊		天允塊		多十字塊	
	1 層	2 層	1 層	2 層	1 層	2 層	1 層	2 層
依變項	*Hr* 振幅計測出的值－10（mm）							
第一次	1	1	2	6	2	9	5	8
第二次	2	1	3	7	3	10	5	7
第三次	2	2	4	7	2	10	6	8
第四次	3	1	3	8	2	10	4	8
第五次	2	1	2	5	2	10	5	8
平均值	2	1.2	2.8	6.6	2.2	9.8	5	7.8
反射率	**20％**	**12％**	**28％**	**66％**	**22％**	**98％**	**50％**	**78％**
依變項	*Ht* 振幅計測出的值（mm）							
第一次	4	3	8	3	7	4	5	2
第二次	5	3	9	4	8	5	4	1
第三次	5	2	7	3	7	4	5	2
第四次	4	3	8	3	9	5	6	1

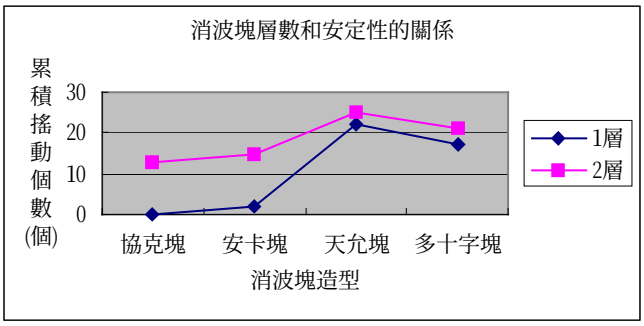
第五次	3	2	8	3	7	5	5	1
平均值	4.2	2.6	8	3.2	7.6	4.6	5	1.4
透過率	**42%**	**26%**	**80%**	**32%**	**76%**	**46%**	**50%**	**14%**
依變項	消波塊所堆城長方體積（cm^3）及消波塊總體積（cm^3）							
長方體積	3025	3960	3630	5016	4896	10368	3013.5	5512.5
消波塊總體積	600	1200	960	1920	1200	2400	1440	2880
孔隙率	**80.2%**	**69.7%**	**73.6%**	**61.7%**	**75.5%**	**76.9%**	**52.2%**	**47.7%**
依變項	流失的沙量（g）							
第一次	297	240	260	251	350	235	215	208
第二次	302	240	268	248	347	229	215	206
第三次	300	238	271	248	348	228	213	209
第四次	307	236	252	255	347	228	218	210
第五次	294	235	263	239	383	230	220	210
平均值	300	237.8	262.8	248.2	355	230	216.2	208.6
穩地基能力	**110**	**47.8**	**72.8**	**58.2**	**165**	**40**	**26.2**	**18.6**
依變項	消波塊搖動個數（個）							
第一次	0	5	1	2	7	5	4	2
第二次	0	1	0	4	5	5	5	6
第三次	0	3	1	3	3	3	2	6
第四次	0	2	0	2	4	5	2	3
第五次	0	2	0	4	3	7	4	4
安定性	**0**	**13**	**2**	**15**	**22**	**25**	**17**	**21**











◎ 實驗五：波的週期和消波效果的關係

△自變項：波的週期（長週期波 1s、短週期波 0.5s）

△控制變因：消波塊形狀、消波塊的排數（3 排）、排列方式（整齊排列）、消波塊層數（1 層高）、水位高（9.5cm）、消波塊大小及重量（固定）

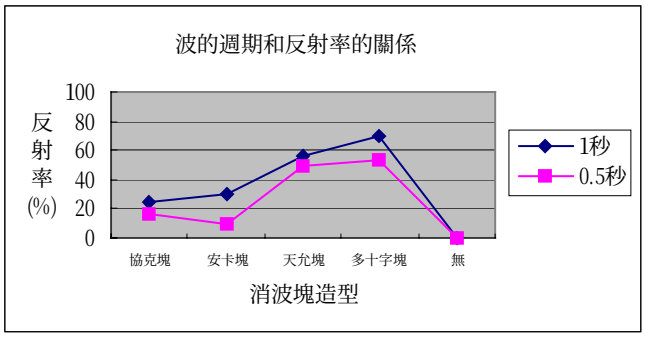
△ 依變項：反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性

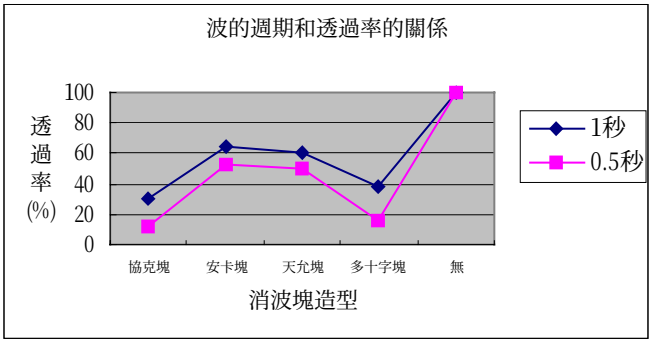
△ 假設：假設波的週期和反射率、透過率、孔隙率、流失的沙重(g)、安定性有直接關係，本實驗假設改變波的週期會導致此五種依變項的變化。

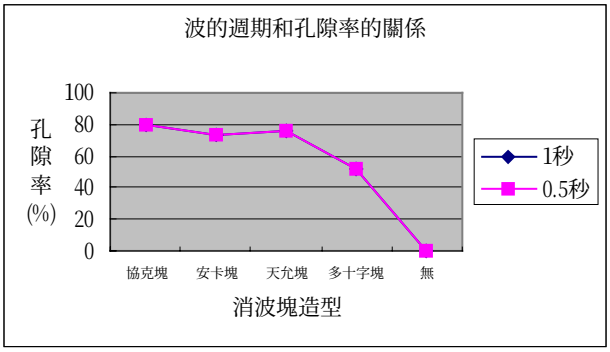
△ 結果表：

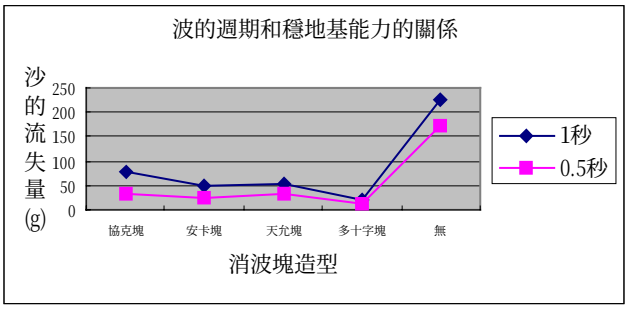
波的週期 / 次數	協克塊		安卡塊		天允塊		多十字塊		無消波塊	
	1 秒	0.5 秒	1 秒	0.5 秒	1 秒	0.5 秒	1 秒	0.5 秒	1 秒	0.5 秒
依變項	*Hr* 振幅計測出的值－10（mm）									
第一次	2	1	4	2	5	6	7	5	0	0
第二次	2	2	2	1	5	5	6	5	0	0
第三次	3	2	2	1	6	4	7	5	0	0
第四次	2	2	3	1	5	6	8	6	0	0
第五次	3	1	4	0	7	4	7	6	0	0
平均值	2.4	1.6	3	1	5.6	5	7	5.4	0	0
反射率	**24%**	**16%**	**30%**	**10%**	**56%**	**50%**	**70%**	**54%**	**0%**	**0%**

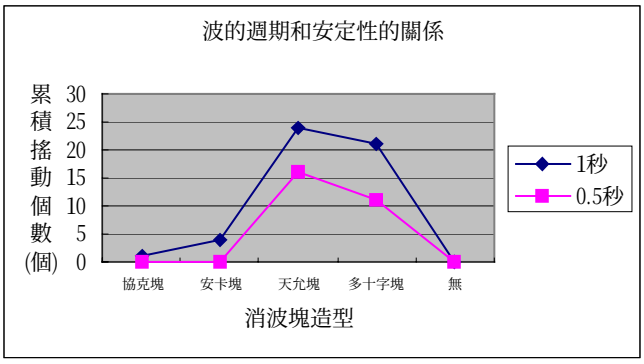
依變項	*Ht* 振幅計測出的值（mm）									
第一次	3	1	6	6	7	5	4	2	10	10
第二次	3	2	5	5	5	5	3	2	10	10
第三次	2	1	7	4	5	5	4	1	10	10
第四次	3	1	7	6	6	6	5	1	10	10
第五次	4	1	7	5	7	4	3	2	10	10
平均值	3	1.2	6.4	5.2	6	5	3.8	1.6	10	10
透過率	**30％**	**12％**	**64％**	**52％**	**60％**	**50％**	**38％**	**16％**	**100％**	**100％**
依變項	消波塊所堆城長方體積（cm^3 ）及消波塊總體積（cm^3 ）									
長方體積	4537.5	4537.5	5445	5445	7344	7344	4510	4510	0	0
消波塊總體積	900	900	1440	1440	1800	1800	2160	2160	0	0
孔隙率	**80.2％**	**80.2％**	**73.6％**	**73.6％**	**75.5％**	**75.5％**	**52.1％**	**52.1％**	**無**	**無**
依變項	流失的沙量（g）									
第一次	270	218	238	209	241	221	209	201	410	350
第二次	270	227	250	215	245	225	208	200	415	363
第三次	265	231	245	214	247	217	210	202	412	366
第四次	270	226	243	209	242	220	210	200	422	370
第五次	263	222	250	216	242	223	213	200	428	352
平均值	267.6	224.8	238.4	212.6	243.4	221.2	210	200.6	417.4	360.2
穩地基能力	77.6	34.8	48.4	22.6	53.4	31.2	20	10.6	227.4	170.2
依變項	消波塊搖動個數（個）									
第一次	0	0	2	0	7	4	6	1	0	0
第二次	0	0	0	0	3	3	5	3	0	0
第三次	0	0	2	0	5	5	2	4	0	0
第四次	0	0	0	0	3	3	4	1	0	0
第五次	1	0	0	0	6	1	4	2	0	0
安定性	**1**	**0**	**4**	**0**	**24**	**16**	**21**	**11**	**無**	**無**











陸、討論

一、由實驗一可得知，消波塊的有無，其影響是非常大的。如果沒有擺放消波塊，浪的沖刷力將會對岸邊造成極大的災害；且消波塊的有無對沙的流失量影響亦是非常大的，當岸邊無消波塊時，地基流失量將多達 3~9 倍。在本實驗中，綜合各方面表現能力最好的是協克塊，因其波的低透過率和低反射率都是其中效果最好的，這大概是岸邊常見此種消波塊的原因，而且此塊契合性較佳、穩定性也夠，故在安定性方面更是表現亮眼；不過這種類型的消波塊也因空隙較大，沙石容易從縫隙中流失，所以穩定地基的能力卻是當中最差的。安卡消波塊和協克塊的效果相當，其在各方面的能力雖不是極好，但平均來

說都相當不錯，唯有在波的透過率方面較大，此種消波塊是在網路上所找到的，實際海岸邊並不常見；不過其契合性及穩定性卻相當不錯，故安定性頗佳，且能夠防止沙石流失，穩定地基能力不錯。而天允塊在安定性方面是本實驗中最差的，透過率也是其中最大的，或許是此消波塊的穩定性最差，容易受到浪的影響而滾動，故在各方面的效果都不佳；在防止沙石流失上，天允塊的效果也較差，其原因大概是其結構雖牢固，但穩定性很差的緣故，故所能夠抓的沙石量自然有限。實驗之初，我們根據設計消波塊時應注意到它的工程性、經濟性、消波性等特點，所設計出的「多十字塊」，雖其符合了工程性與經濟性，但從實驗結果得知，應該是它的孔隙率是當中最小的，透過率雖較低，但接受長週期波的能力卻較差，故其反射率不如當初設計時預期的低，反而是實驗中最大的，且在實驗過程中蠻易滾動，所以安定性也不佳；不過也因其孔隙率低，沙石的流失量最少，穩定地基的能力是最好的。根據實驗結果得知，消波塊的造型會影響孔隙率的大小，孔隙率愈大，接受長週期波的能力愈強，其散波能力也愈好，較不易越波，反射率也愈小；但孔隙率愈大，沙石容易流失，故穩定地基能力也愈差。

二、根據實驗二的結果得知，排數多寡對各消波塊的孔隙率大小及其安定性影響極小，幾乎都沒有變化，只有多十字塊在排列 1 排時反而比 2.3.4 排時來的安定。而協克塊、安卡消波塊、天允塊及多十字塊在波的透過率方面，愈多排的效果都愈佳，透過率也愈小，其中尤其以安卡消波塊變化最為明顯。在反射率方面，各種消波塊的排數愈多，所造成的反射波也愈大，但在四排時反射率卻不增反減，可見各種消波塊的反射率在三排時均達到最高峰，綜合比較，天允塊消波效果與排數多寡有相當大的直接關係，而安卡消波塊的消波效果則與排數關係不大。另外由實驗中得知，消波塊的排數跟沙的流失量大有關係，消波塊在 1.2 排時的效果和在 3.4 排的效果，差異很大，各種消波塊在排列 3.4 排時沙的流失量都明顯變少許多，故排數愈多其穩定地基能力也較好；尤其是天允塊，沙的流失量在 3.4 排時減少很多，經我們仔細觀察後，發現此塊的密合度在 3.4 排時呈最佳的狀態，故沙石不易流失。協克塊、安卡消波塊排列 1 排時的效果很差，而在 2.3.4 排時因消波塊重覆排列，使空隙變小了，沙石流失量才明顯變少。最後我們設計的多十字塊，在各種排數上，沙的流失量變化都不大，可能因其本身的孔隙率就較低，所以排數多寡對其影響不大，沙的流失量都是最少，在減少沙的流失方面可說是效果顯著，應該是種很適合沙岸地形的消波塊。

三、實驗三結果顯示，消波塊在整齊、亂堆時差異很大。各消波塊的孔隙率在亂堆時都變得較大，尤其是多十字塊雖本身孔隙率最小，但亂堆時變化卻最大，故易受到浪的影響，連帶的使其安定性也明顯變差了。在散波及減少越波能力方面，則視各種消波塊而定；在實驗中，天允塊整齊排列時消波效果較好，但其反射率及透過率最大；多十字塊在亂堆時反射率及透過率反而變低，可見得亂堆時消波效果較好；協克塊、安卡消波塊則不一定，協克塊整齊排列時反射率較亂堆大，但透過率卻較亂堆小；安卡消波塊整齊排列時反射率較亂堆小，但透過率卻較亂堆大，可見安卡消波塊亂堆時散波能力較好。另外由實驗可得知，不管是協克塊、安卡消波塊、天允塊及多十字塊，整齊排列時底座的縫隙雖都不大，但亂堆時更可以互相補足整齊排列時的空隙，使空隙更少，故在亂堆時防止沙的流失效果都比整齊排列時還好，其中以協克塊、安卡塊效果差較多，但整體而言，協克塊在防止沙石流失方面效果最差，可能因造型關係，其底座的縫隙較大，故沙石流失的也最多，而安卡塊亂堆時則有明顯變好許多。

四、經由實驗四的實驗得知，消波塊的層數跟消波塊的消波效果有很大的差異，但卻沒有絕對的關係。層數越多消波塊的透過率就越小，但所造成的反射率卻越大，其中以安卡塊的透過濾小最多，天允塊在兩層時所造成的反射率卻明顯大很多；而在協克塊方面，在兩層時低透過率能力雖無明顯較好，但兩層時所造成的反射率卻比一層還少，仔細思考其原因，應該是此塊本身的散波能力較強，故與層數並無明顯關係。另由實驗四的圖表中得知，各種消波塊堆兩層時孔隙率雖有降低，但其安定性卻因堆高而變得不穩，故安定性也較差。而在減少沙的流失量方面，層數多寡各種消波塊的效果相差很多，安卡塊、多十字塊減少效果有限；但天允塊及協克塊在堆一層和兩層時的差異很大，兩層的效果比一層好太多了，可見得這兩種消波塊在堆積時，可利用其良好的契合性，來達到極佳的效果，或使其縫隙變小，或利用特殊的堆積方式，使其減少沙石的流失能力大為提升，所以很適合在波浪強大的岸邊使用。

五、實驗五結果顯示消波塊在長週期波和短週期波中，影響也很大。雖各消波塊在長週期波和短週期波中孔隙率都不變，但安定性卻有別，其中協克塊因三腳立地，穩定性較好，故安定性最佳；天允塊、多十字塊在長週期波時，因其密合性不夠，安定性也變差了。而在消波能力方面，各消波塊在長週期波所造成的反射率、透過率皆比短週期波所造成的大，顯示出波的週期長短會影響消波塊的消波能力，其中協克塊、多十字塊在長週期波時低透過率能力明顯變差，故一但遇到長週期波，就容易被影響；安卡消波塊在長週期波時，低反射率、低透過率能力也不是很好，原因大概是此塊碰到長週期波時，散波能力不佳之故；而天允塊在長週期波來時效果極佳，受到波週期長短的影響不大，應可利用至海浪週期較長的岸邊。所以由實驗中可以得知，浪的週期長短，對海岸的侵蝕力有很大的關係，有消波塊的岸邊，可以對陸地產生良好的保護效果。且就此四種消波塊來說，波週期的長短和沙的流失量也有一定的關係，根據關係圖來看，長週期波和短週期波的差異性非常的大，長週期波時沙石的流失量大很多。其中協克塊，在實驗中，對於防波的能力上，效果最差，大概是此塊孔隙率最大的關係，所以在長週期波來時，防止沙石被侵蝕的能力更是大打折扣。而安卡消波塊，在長週期波來時，被沖刷掉的沙石也很多，原因大概是排列時彼此之間的縫隙較大，沙石容易在空隙中流出，故防止沙石流失的能力並不是很好。天允塊因其本身穩定性較差，故造成的漏縫也不小，所以沙石流失也比較多一點。最後是多十字塊，此消波塊同樣因其本身的孔隙率最小，所以在實驗中，不管是長週期波或短週期波對其穩定地基能力影響不大，都是防止沙石流失效果最好的消波塊。

柒、結論

一、我們根據所查到的資料統整出，良好消波塊所應具備的性質有以下 6 點：

〈一〉安定性良好，重心穩，不易被移動或翻覆

〈二〉契合性良好

〈三〉具有較好打散波之能力

〈四〉避免越波情形產生

〈五〉形狀不複雜，節省工本費及施工過程

〈六〉反射率低

〈七〉吊放時具有適當施力點

二、我們所自創的消波塊－多十字塊在實驗中，是一種功能不錯的消波塊，但此塊的穩定性

不好，比較容易被海浪影響；且其反射率較大，且孔隙率太小，也不適合長週期波的海岸。而協克塊較常在海邊看到的原因應該是，此塊的穩定性及契合度較好，就算遇到大浪，也不易受到影響；且其透過率頗低，反射率也極低；唯一缺點就是穩地基能力較差。安卡消波塊雖然在網路上有看到，但在海岸邊極少看到，我們覺得是此塊的結構不穩固，容易被海浪影響、損壞；不過此塊效果平均，在各方面性能都還不錯，唯有透過率較大。而天允消波塊在南濱海邊有出現，原因大概是此塊結構較密實，契合性頗佳，減少地基被掏空的能力不差，能有效保護海岸線。

三、由實驗得知，海岸邊有無擺放消波塊，對海岸線的影響很大，和人類的生存空間、生命財產安全也有極大影響，由此可知海岸堆放的『肉粽』，其實是保護海岸的重要守護神。而在消波塊的層數上是屬兩層較好，尤其是協克塊在兩層時更發揮了較大的功能，這是消波塊堆放時所應具備的重要因素—避免越波，兩層消波塊比一層消波塊在此方面效果好很多；而天允塊則在兩層時無發揮太大效果。在消波塊排數方面，三排和四排效果都比一、二排還好，但在第四排時，功能和三排沒差多少，故若以節省工本費的前提而言，消波塊排數應採足夠就好，不必排太多的消波塊，以免浪費太多成本；而消波塊的安定性及孔隙率，則與排數無直接關係。在排列方式上，各種消波塊的排列方式和防波效果沒有一定的關係，是依各種消波塊而定：安卡消波塊在整齊時效果較好，天允塊則在亂堆時效果較好。

四、總結顯示，各種消波塊在各方面都有不同的效果，並無最好或最差的消波塊，應視其使用功能而定。例如在波浪振幅大的岸邊（例如北台灣海岸），適合使用協克塊亂堆多層；在海浪週期較大的岸邊，適合使用孔隙率較大的協克塊或天允塊亂堆；在沙岸地型，適合整齊堆放多十字塊，因沙岸地形地基較易流失，可利用其體積大的特點及良好的散波能力；安卡塊在各方面能力相當平均，適用於一般海岸。另外像在河口地區，必須接收海浪及河水的沖刷，故適合採協克塊，因其沒有一定方向性。

五、消波塊性質比較表（底色越淺代表效果越好）

消波塊 / 性質	協克塊	安卡塊	天允塊	多十字塊
1.安定性	因其三腳著地，結構穩固，所以協克塊在實驗中幾乎不被浪搖動。	此消波塊的結構較不容易因浪的力量移動，故其穩定性亦不錯。	其安定性最不好，在實驗中最容易被搖動，而被浪的力量衝擊而偏離原先的位置。	此塊在浪來時，會被浪打動，故就穩定性而言，是次差的消波塊。

2.契合性	因其在結合時空隙較少，所以此塊的契合性是最好的。	安卡消波塊空隙雖不大，但結合時彼此的契合性不是太好。	天允消波塊的結構可互相吻合，所以其契合性較好。	多十字塊的契合性是最差的，尤其是在兩層時。
4.透過率	此塊在浪來時，具散波功能，能將浪的振幅減到最低，故其透過率較低。	此塊在浪來時，並不能將浪的振幅減到最低，故透過率最大。	天允消波塊因結構密實，散波能力不佳，所以能透過率較大。	多十字塊有效打散波，能阻擋波能，透過率很低。
5.反射率	此塊結構較複雜，浪過去時不易一致反射，故反射率較小。	此消波塊的體積較小，加上形狀特殊，故反射率較小。	在浪來時，此塊因容易被浪引響，故其反射率普通。	此塊因體積較大，僅能有效檔波，波易被反射。
5.孔隙率	其有四腳，故堆積後。所造成的孔隙率較大。	安卡塊形狀也屬於較不密實，所造成孔隙率普通。	其體積較大所造成的孔隙率與安卡塊不相上下。	多十字塊有六腳，契合性又不佳，造成孔隙率大很多。
6.工程性	其吊放時有良好施力點，但形狀較為複雜。	其重心穩固，但接點面積較小，容易損壞。	形狀非常複雜，需要模板組合很多，為其最大敗筆。	形狀單純不複雜，但容易損壞。
7.減少地基被沖刷能力	此塊漏縫較大，所以在減少地基被沖刷能力上是最差的。	安卡消波塊因其形狀特殊，故沙石流失量不太多。	因此塊的密合度大，縫隙不大，故沙石流失量較少。	多十字塊堆積密集，穩地基能力明顯比他塊好許多。

捌、參考資料與其他

一、參考資料

1.網站資料：

〈1〉消波塊的由來

http://tw.websearch.yahoo.com/search/web_kimo?p=%ae%f8%aai%b6%f4%aa%ba%a5%d1%a8%d3&u=b&hc=0&hs=0

〈2〉消波塊妙用

http://tw.websearch.yahoo.com/search/web_kimo?p=%ae%f8%aai%b6%f4%a7%ae%a5%ce&u=b&hc=0&hs=0

〈3〉海邊消波塊研究

http://www.ntsec.gov.tw/Internation/7-2html/7-2html

2.參考書籍：

＊作者：國立編譯館 · 書名：國民中學選修理化教科書第二冊 · 版次：再版四刷 · 出版地：臺北 · 出版社：友景股份有限公司 · 頁數：104 頁 · 出版年次：民國 92 年

二、致謝

感謝海洋大學河海工程系教授及學生提供我們許多寶貴的意見，給予我們模型縮呎的換算公式，並帶我們參觀實際試驗消波塊性能的裝置，使我們的實驗大大改善。

評語

本作品利用不同型式之消波塊包括 1 協克塊 2 安卡塊 3 王允塊 4 多十字塊等進行實驗探討其消波能力，實驗採離岸堤形式並固定振幅在 1cm，週期在 1 秒或 0.5 秒且不考慮沉箱與消波塊之排列方式，本作品俱有實用價值但將來可考慮不同之排列方式所造成之消波能力，以期找出最佳的排列方式。