

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

第二名

080509

蚵殼心、離岸堤

--探討蚵殼生態人工礁作為離岸堤之可行性研究

學校名稱：彰化縣彰化市民生國民小學

作者： 小四 王咸永	指導老師： 呂檸真 張麥寧
---------------	---------------------

關鍵詞：消波、消波塊、離岸堤

摘要

本研究實驗探討，海水經過各式消波塊及各種形狀蚵殼生態人工礁，用不同形式排法之離岸堤，來觀察沙灘流失變化及流失量最大值，進而了解離岸堤上消波塊與蚵殼人工礁應如何排列，**提高蚵殼生態人工礁來當離岸堤之可行性。**

首先自製起波器，波浪週期 5 秒、沙灘斜角 10 度來實驗，實驗過程發現，一字堆疊排法離岸堤以協克塊消波效果最好；天允塊一字形、弧形堆疊排法離岸堤效果差不多；分段堆疊離岸堤以協克塊圓形堆疊效果最佳。各式消波塊，離岸距離較近，消波效果較好。

最後協克塊與蚵殼人工礁消波比較，**蚵殼人工礁效果較佳**，若要以**一字排法來當離岸堤**，以**圓形蚵殼人工礁消波效果最佳**，若要以**分段排法來當離岸堤**，以**斜 45 度橢圓形排法消波效果最佳。**

壹、研究動機

去年暑假，爸爸帶我們全家去墾丁玩，在路途中的一個小漁港旁，我看到了養殖用的圓形定置漁場，讓我覺得好新奇呦！

後來又聽到媽媽在感嘆沙灘好像越來越短淺了，讓我萌發一個念頭...：**如果能用定置漁場的方式結合廢棄的牡蠣殼來做離岸堤**，或許能改善沙流的問題，不但能讓養殖漁業生生不息，而另一方面又能**改善廢棄蚵殼的問題**，可說是一舉數得！多年來政府企圖用水泥堤岸、消波塊築起海陸之間的高牆，但綿延的消坡塊真的能保護海岸嗎？如果能用最自然而不傷害海岸的方式來保護跟留住沙子，也許才是真正對海岸線友善的方式。

貳、研究目的

- 一、探討不同排法離岸堤，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形及影響最大值。
- 二、探討不同離岸堤距離，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形及影響最大值。
- 三、探討蚵殼人工礁與消波塊之離岸堤，其對沙灘流失量的變化及影響最大值之比較情形。
- 四、探討不同形狀蚵殼人工礁之離岸堤，其堤前與堤內水波高最大值及變化情形之比較。

參、設備器材

一、研究器材

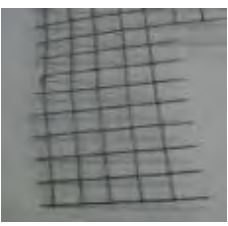

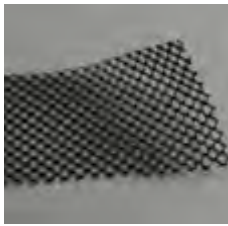

















				
(1)鐵絲網	(2)電流調整器	(3)孔洞膠網	(4)木板	(5)蚵殼
				
(6)怠速馬達	(7)幫浦與水管	(8)陶土	(9)圓柱體容器	(10)游標卡尺
				
(11)老虎鉗	(12)十字螺絲起子	(13)剪刀	(14)鑽孔機	(15)熱熔膠槍
				
(16)釘子	(17)銅線	(18)警報器	(19)收束帶	(20)電流感應器

圖 1 設備器材圖

二、自製海浪模擬器



圖 2 自製海浪模擬器流程圖

三、實驗裝置



圖 3 波浪測試實驗裝置說明圖

肆、研究過程與方法

一、實驗流程

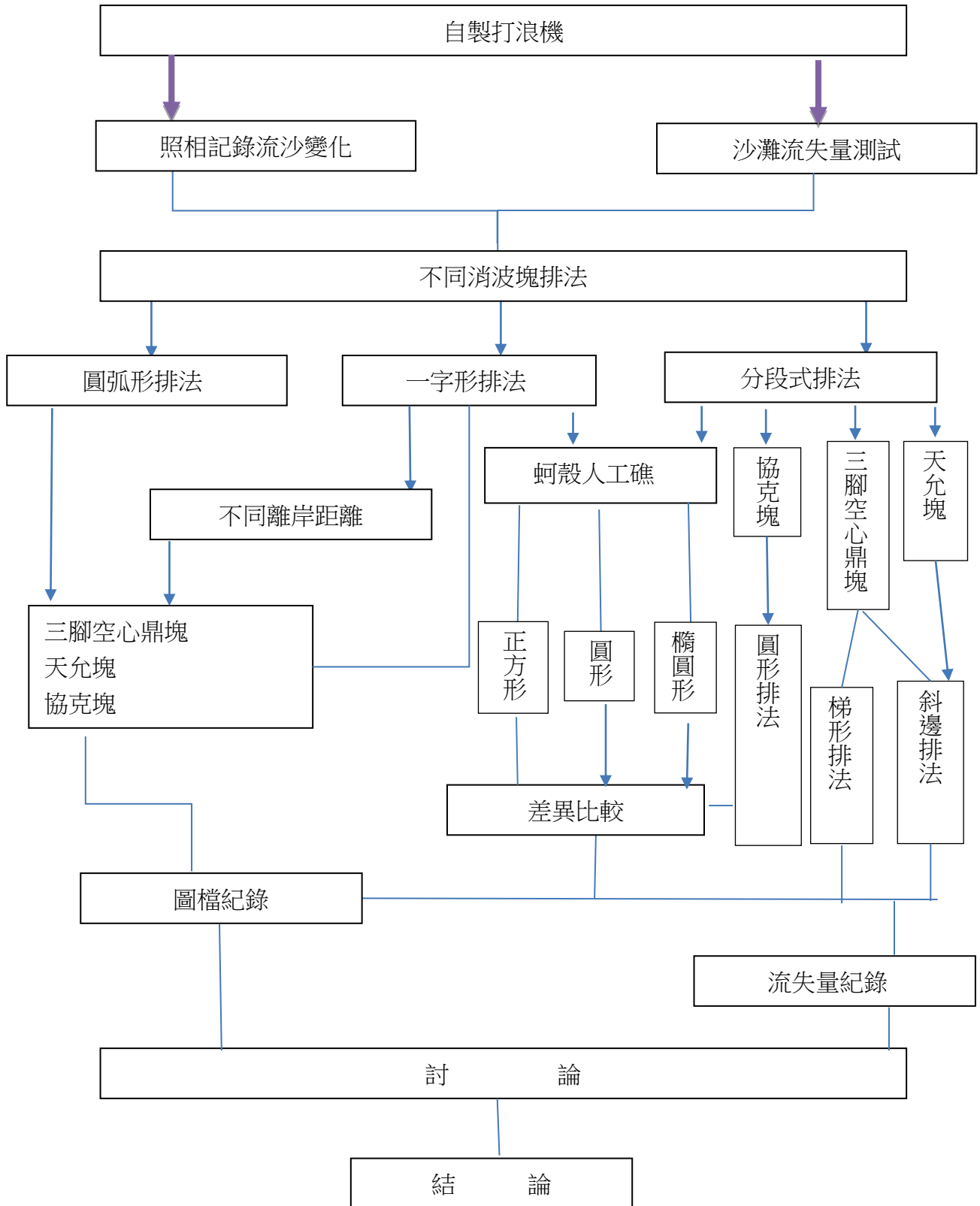


圖 4 實驗流程

二、研究方法

(一)海浪週期模擬

海浪造浪器設備將海浪設定為週期 5.0(秒)，是對照中華民國交通部中央氣象局，新竹市香山區，新竹浮標每月波高統計表。

表 1 新竹浮標每月波高統計表 (1997-2017)

測站資訊：新竹市香山區 經度：120.843900 緯度：24.760800

月份	觀測次數	最大示性波高				平均示性波高(m)	平均週期(秒)	示性波高分佈百分比			
		波高(m)	尖峰週期(秒)	波向(度)	發生時間(年月日)			小於0.6公尺	0.6~1.5小浪	1.5~2.5中浪	大於2.5大浪
1	11228	4.62		22	20160123	1.22	5.0	12.2	60.1	25.5	2.1
2	9605	4.35	10.4	11	20130208	1.14	4.9	22.2	53.4	20.6	3.5
3	10786	5.18	11.6	225	20060312	0.92	4.7	31.7	55.7	11.2	1.35
4	10024	4.18	8.4	0	19980425	0.72	4.5	45.6	51	3.31	0
5	10528	2.93	8.9	33	20160516	0.63	4.4	55.2	43.3	1.55	0.1
6	10506	3.49	10.4	247	20090622	0.66	4.3	52.2	45.6	1.95	0.09
7	9579	5.78	9.8	0	20130713	0.63	4.4	62.1	33.3	3.94	0.36
8	10365	6.79	18.9	33	20150808	0.62	4.5	62.5	33.8	2.68	0.57
9	10496	12.45	13.1	348	20080928	0.83	4.8	44	44.7	9.63	1.57
10	11199	8.94	10.4	0	20071006	1.17	4.8	17.7	56.7	22.7	2.94
11	11540	6.40	8.5	0	20001101	1.13	4.9	17.8	59.4	20.9	1.75
12	11876	4.95	13.1	11	20101216	1.30	5.0	10.4	58.2	27.4	3.90

(二)研究器材

1. 不同形狀消波塊

我們實驗所做的消波塊，是以陶土製作，因陶土重量較重，方便捏塑。為了確保消波塊大小一樣，我們先把陶土分割成每塊重量 290 克至 305 克後再進行捏塑，其消波塊種類如圖 5。等捏塑好之消波塊陰乾後，再利用噴漆進行三乾三噴的程序，以確保油漆能保消波塊不會進水。



圖 5 不同形狀消波塊

2. 模擬沙灘

- (1) 訂製一個木箱 150 公分×80 公分×20 公分做為裝水容器。
- (2) 沙灘基座是用 60 公分×50 公分×5 公分的中空波板製作，其中一邊用木條墊高，讓沙灘有 10 度的斜角，模擬沙灘與器壁間隔 5 公分以避免第二次波。
- (3) 水面未接觸中空波板的地方，用細沙平均鋪平 2 公分高。

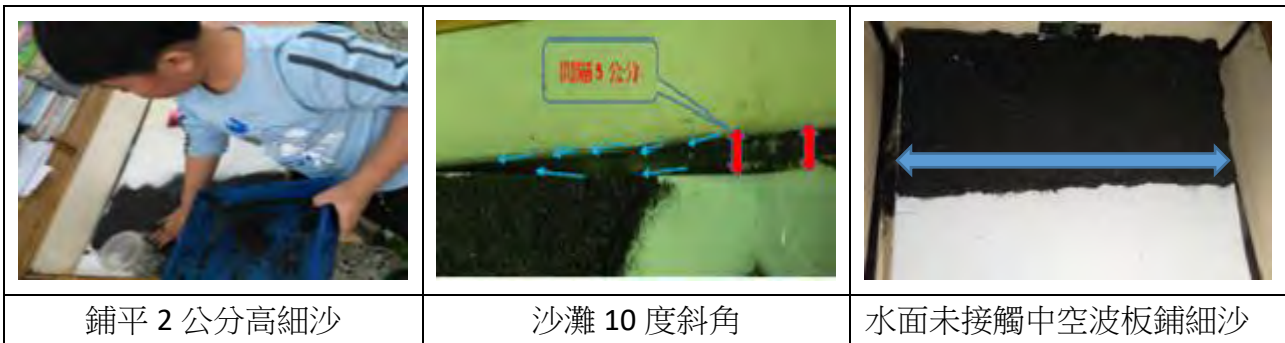


圖 6 模擬沙灘平台解說圖

3. 離岸堤堆疊

- (1) 為了確保實驗誤差值，消波塊基座以中空波板製作，其尺寸為 10 公分×30 公分×0.5 公分，消波塊堆疊尺寸為寬 10 公分×長 30 公分×高 8 公分。
- (2) 為何消波塊要堆疊 8 公分高？其原因，本實驗水位高設定 5 公分，波高約 1.5 公分至 2 公分，這樣消波塊完全發揮作用。

(三) 沙灘流失量的變化情形實驗方法

1. 攝影實驗方法

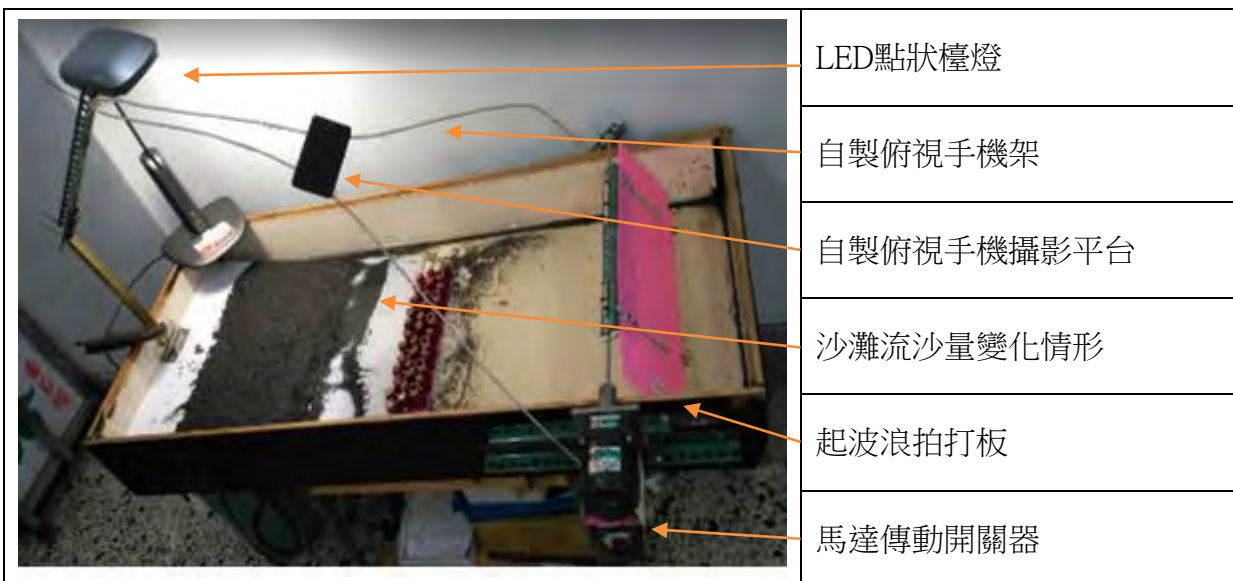


圖 7 攝影實驗平台解說圖

- (1) 在水面未接觸中空浪板地方鋪上 2 公分的細沙。
- (2) 消波塊緊密堆疊，長 30 公分×寬 10 公分×高 8 公分的離岸。
- (3) 打開馬達電流，進行第一階段 30 分鐘起波拍打，經 30 分鐘拍打後再拍照紀錄。第二階段是接著第一階段繼續再做 30 分鐘起波拍打，這樣循環 3 次，分別 30、60、90 分鐘各拍一次做為紀錄。
- (4) 利用手機上傳雲端後，再編輯整合成圖表。

2. 不同排法離岸堤實驗方法

我在海邊觀察離岸堤排法的方法，大部份為一字形排法、圓弧形排法以及分段式排法，因此我做如圖8 的排法。



圖 8 不同排法離岸堤解說圖

3. 不同離岸距離實驗方法

我想知道離岸堤距離長短會有什麼變化，因此我設計離岸堤距離 15、25、30 公分來實驗，如圖 9，其離岸距離是從水面未接觸中空浪板的觸點算起。

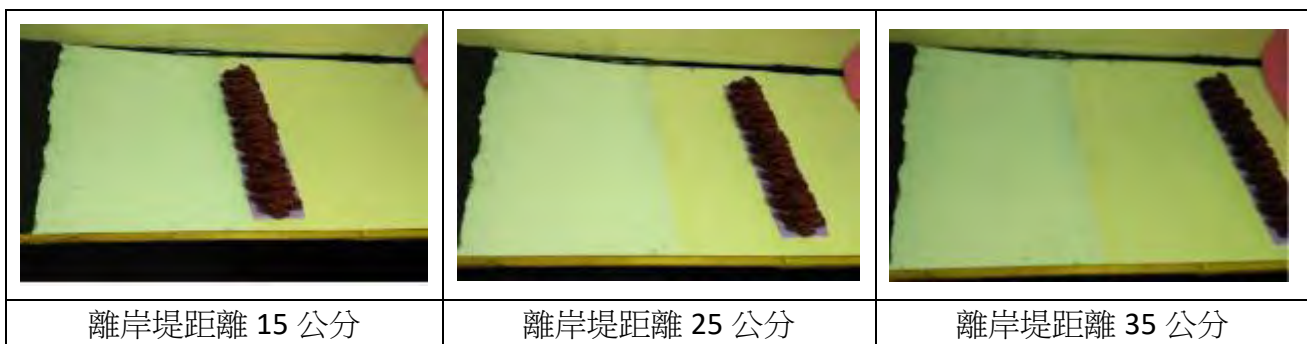


圖 9 不同離岸距離實驗解說圖

4. 分段式排法實驗方法

因為消波塊形狀不同，消波塊能組合堆疊形狀如圖 10，消波塊分段間距為 3 公分，斜面排法其角度為 45 度角。



圖 10 分段排法實驗解說圖

(四) 沙灘流失量之影響最大值實驗方法

1. 沙灘流失量最大值實驗方法

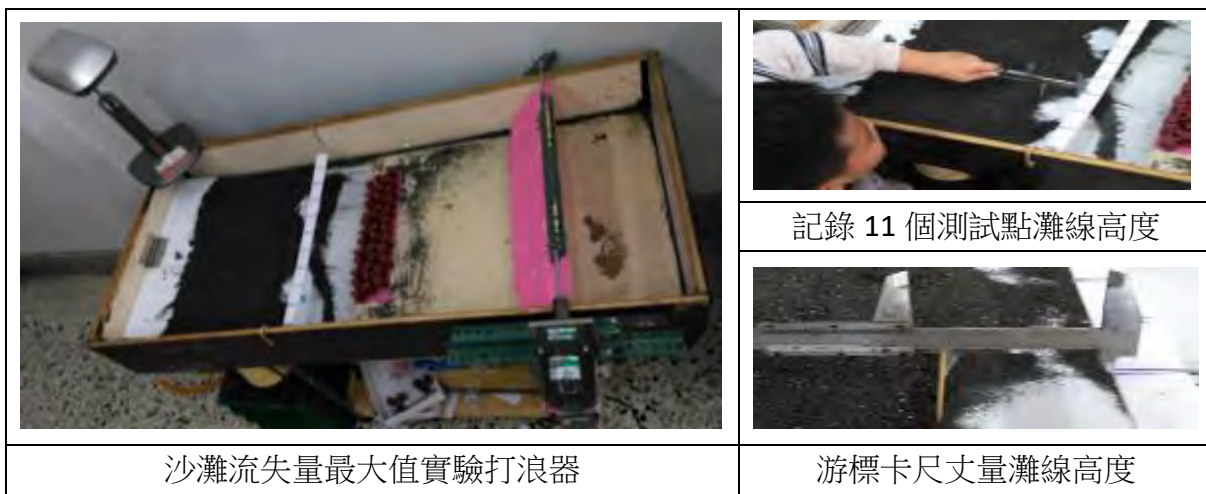


圖 11 沙灘流失量最大值實驗解說圖

- (1) 在水面未接觸中空浪板地方鋪上 2 公分的細沙。
- (2) 消波塊緊密堆疊，長 30 公分、寬 10 公分、高 8 公分的離岸。
- (3) 打開馬達電流，進行 90 分鐘起波拍打，停止後測量，其座標有 X1、X2、X3、X4、X5、X6、X7、X8、X9、X10、X11 等 11 個點，並利用游標卡尺丈量灘線高度，記錄測試點位置高度。以上測試，每一個測試點，尋找出最高灘線高，以上程序重覆測試 6 次，記錄 6 次灘線最高公分數，再計算出平均值。

(五) 自製蚵殼人工礁實驗方法

1. 自製蚵殼人工礁方法

		
2 公分 X2 公分鐵絲網	做出直徑 6 公分圓柱體	中間放置剪碎的蚵殼

圖 12 自製蚵殼人工礁方法解說圖

(1)利用 2 公分x2 公分鐵絲網，做出直徑 6 公分與直徑 9.5 公分高 8 公分的圓柱體，基座用陶土包覆陰乾後噴上三層油漆，以確保陶土能防水。在鐵絲網外，用熱熔槍把 0.5 公分孔洞膠網固定，內圓與外圓 1.6 公分空間放置剪碎的蚵殼，來進行實驗。

2. 一字形排法、分段排法蚵殼人工礁實驗方法







一字緊密排法	分段式排法
	
圓形蚵殼人工礁	圓形蚵殼人工礁
	
橢圓形蚵殼人工礁	橢圓形蚵殼人工礁
	
正方形蚵殼人工礁	正方形蚵殼人工礁

圖 13 一字形排法、分段排法蚵殼人工礁排法解說圖

(六) 不同形狀蚵殼生態人工礁，堤前、堤內水波高測量實驗方法

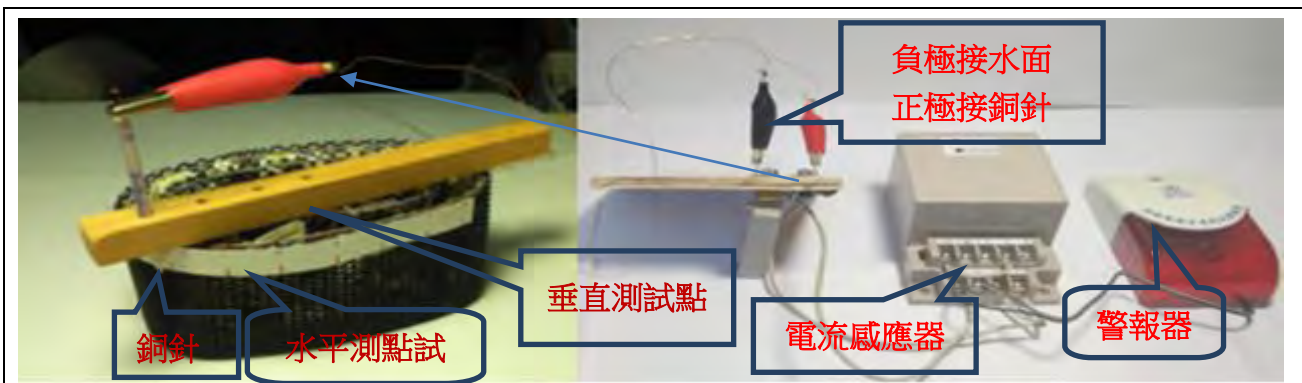


圖 14 利用電流感應水波導電原理，測試堤前、堤內水波高度方法解說圖

1. 圓形蚵殼人工礁，堤前水平與堤內垂直測試點



圖 15 圓形蚵殼人工礁堤前水平與堤內垂直測試點解說圖

2. 正方形蚵殼人工礁，堤前水平與堤內垂直測試點

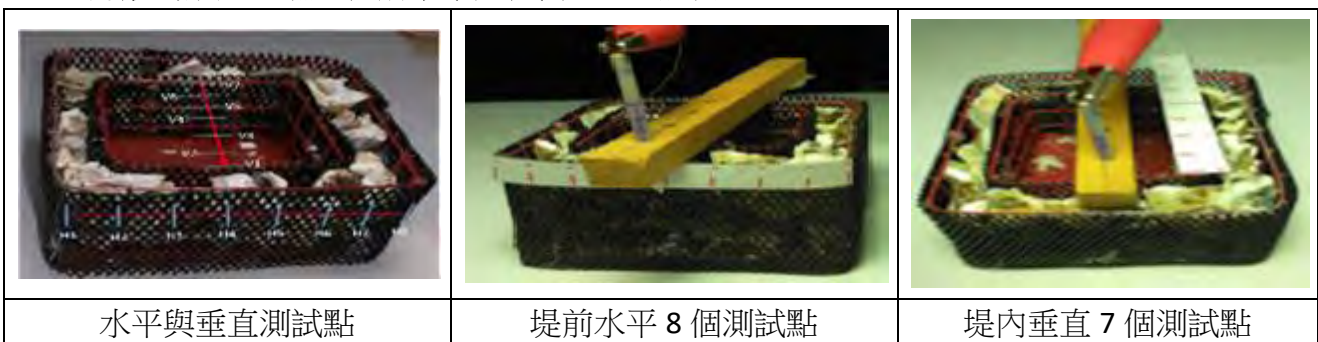


圖 16 正方形蚵殼人工礁堤前水平與堤內垂直測試點解說圖

- (1) 本組利用電流感應水波導電原理，測試蚵殼人工礁堤前水平水波高度及堤內垂直水波高度。將負極導電線置入水波內，正極連接銅線測試針插入一字測試點架構，銅線測試針點慢慢接觸水平面，然後在一字測試點架構與測試針接觸處，畫出一條藍色線條，作為水位歸零點。
- (2) 木製一字測試點架構放置蚵殼人工礁上，以堤前水平蚵殼人工礁邊緣寬度距離算起平均畫

出 8 個測試點，為 H1、H2、H3、H4、H5、H6、H7、H8；以堤內垂直內徑上下距離平均畫出 7 個測試點，為 V1、V2、V3、V4、V5、V6、V7。

- (3) 把不同形狀蚶殼人工礁，放置離岸堤測試基座，開啟打浪器，銅線測試針由高往下，找出水波最高點，並利用游標卡尺丈量水位高度。以上測試，每一個測試點，尋找出最高水波高，以上程序重覆測試 6 次，記錄 6 次水波最高公分數，再計算出平均值。

伍、研究結果與討論

一、探討不同排法離岸堤，海浪經各形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形及影響最大值。

(一) 探討不同排法離岸堤，海浪經各形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形。

1. 一字形排法，不同時間沙灘流失量的變化情形






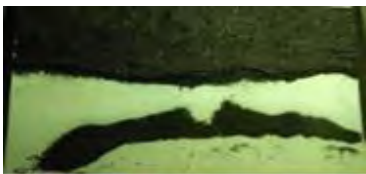



三腳空心鼎形	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15 公分 浪高 1.5-2 公分		
	起波器拍打 30 分鐘	起波器拍打 60 分鐘	起波器拍打 90 分鐘
			
			
			

圖 17 一字形排法，不同時間沙灘流失量的變化實況

(1) 從圖 17，一字形排法，不同時間沙灘流失量實況圖觀察發現，三腳空心鼎形塊沙灘流失量較大，協克塊沙灘流失量最少。起波器拍打 30 分鐘流沙量為扁長形，起波器拍打 60 分鐘三腳空心鼎形塊、天允塊中間會有雙沙舌的現象。

2. 圓弧形排法，不同時間沙灘流失量的變化情形



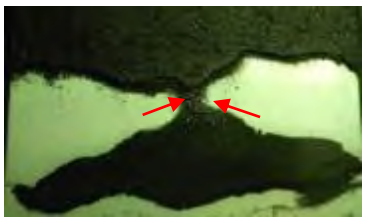



三腳空心鼎形塊	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15 公分 浪高 1.5-2 公分		
	起波器拍打 30 分鐘	起波器拍打 60 分鐘	起波器拍打 90 分鐘
			
			



圖 18 圓弧形排法，不同時間沙灘流失量的變化實況

- (1) 從圖 18，圓弧形排法，不同時間沙灘流失量實況圖觀察發現，三腳空心鼎形塊沙灘流失量較大，協克塊沙灘流失量最少。起波器拍打 30 分鐘流沙形狀為扁長形，起波器拍打 60 分鐘中間沙舌會有斜邊的現象，起波器拍打 90 分鐘中間沙舌細長形，下緣沉積流沙較多。

3. 分段式排法，不同時間沙灘流失量的變化情形

		海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15 公分 浪高 1.5-2 公分		
		起波器拍打 30 分鐘	起波器拍打 60 分鐘	起波器拍打 90 分鐘
三腳空心鼎形塊	梯形排法			
	斜邊排法			
協克塊	圓形排法			
天允塊	斜形排法			

圖 19 分段式排法，不同時間沙灘流失量的變化實況

- (1) 從圖 19，分段式排法，不同時間沙灘流失量實況圖觀察發現，三腳空心鼎形塊沙灘流失量較大，中間沙舌較細，下緣沉積流沙較多；協克塊、天允塊沙灘流失量最少，中間沙舌較寬，下緣沉積流沙呈現八字形。

討論: 由以上實驗整理各式消波塊特點

1. 三腳空心鼎形塊特點


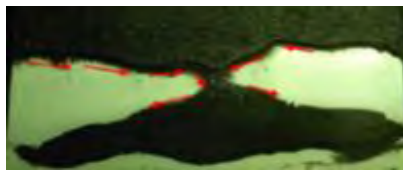
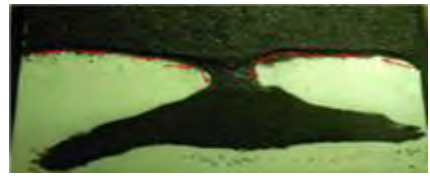
三腳空心鼎形塊		
一字形排法特點	圓弧形排法特點	分段式排法特點
		
中間會有雙沙舌	灘線較尖沙舌細長	灘線較平沙舌寬長

圖 20 三腳空心鼎形塊，不同排法沙灘流失量特點實況圖

(1) 從圖 20，三腳空心鼎形塊，不同排法沙灘流失量特點實況圖觀察發現，一字形排法中間會有雙沙舌；圓弧形排法灘線較尖、沙舌細長；分段式排法則灘線較平、沙舌寬長。

2. 協克塊特點




協克塊		
一字形排法特點	圓弧形排法特點	分段排法特點
		
星月形沉積沒有沙舌	中間會有斜邊沙舌	灘線較圓沙舌寬長八字沉積

圖 21 協克塊，不同排法沙灘流失量特點實況圖

(1) 從圖 21 觀察發現，一字形排法中間沒有沙舌，流沙為星月形沉積；圓弧形排法中間會有斜邊沙舌；分段式排法則灘線較圓、沙舌寬長，流沙為八字沉積。

3. 天允塊特點


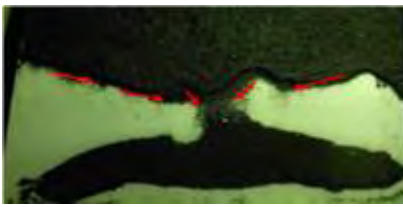
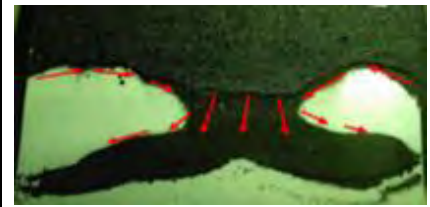
天允塊		
一字形排法特點	圓弧形排法特點	分段式排法特點
		
中間沙舌流沙較厚	中間沙舌流沙較稀薄	灘線較圓滑沙舌寬長

圖 22 天允塊，不同排法沙灘流失量特點實況圖

(1) 從圖 22，天允塊不同排法沙灘流失量特點實況圖觀察發現，一字形排法中間沙舌流沙較

厚；圓弧形排法中間沙舌流沙較稀薄；分段式排法則灘線較圓滑、沙舌寬長。

(二)探討不同排法離岸堤，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量之影響最大值。

1. 一字形排法，沙灘流失量之影響最大值

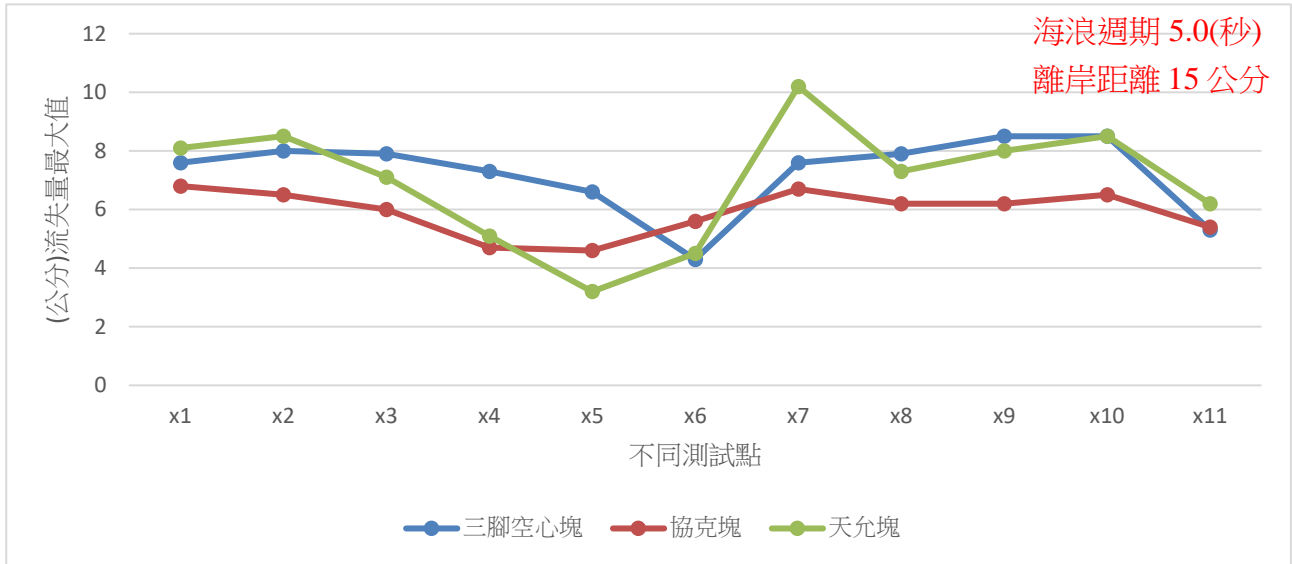


圖 23 一字形排法離岸堤，不同位置與沙灘流失量最大值關係圖

(1) 從圖 23，一字形排法離岸堤，不同位置與沙灘流失量最大值關係圖觀察發現，協克塊的灘線較平，灘線最低，其次為三腳空心鼎形塊、天允塊；灘線最高點與最低點都在天允塊，因此，天允塊灘線高低弧度較大。

2. 圓弧形排法，沙灘流失量之影響最大值

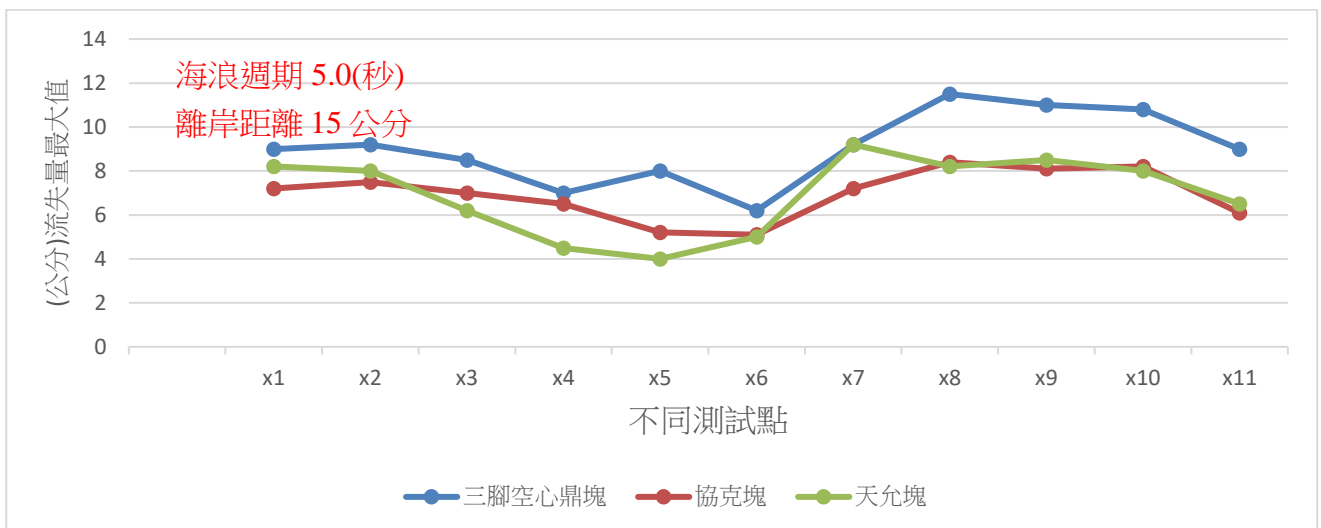


圖 24 圓弧形排法離岸堤，不同位置與沙灘流失量最大值關係圖

(1) 從圖 24，圓弧形排法離岸堤，不同位置與沙灘流失量最大值關係圖觀察發現，協克塊的

灘線較平，三腳空心鼎形塊灘線最高，天允塊灘線最低。

3. 分段式排法，沙灘流失量之影響最大值

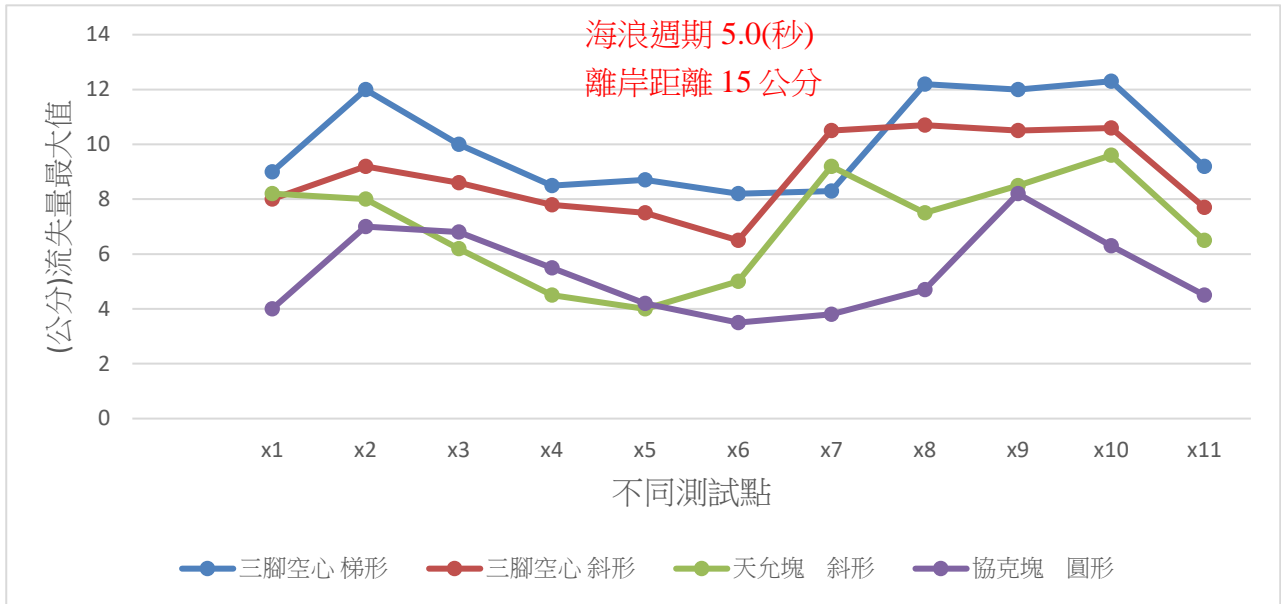


圖 25 分段排法離岸堤，不同位置與沙灘流失量最大值關係圖

- (1) 從圖 25，分段排法離岸堤，不同位置與沙灘流失量最大值關係圖觀察發現，協克塊圓形排法的灘線最低，其次是天允塊斜邊形排法，三腳空心鼎形塊分段排法效果最差。

4. 不同排法，沙灘流失量之影響平均最大值

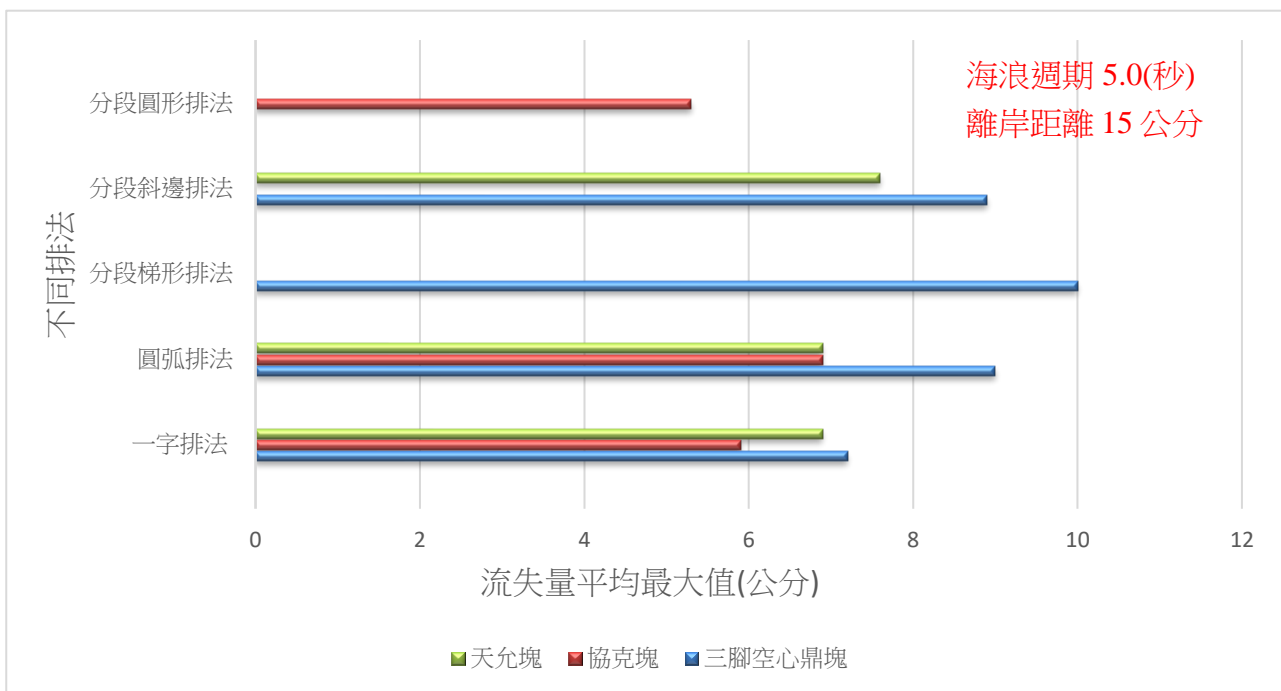


圖 26 不同排法離岸堤與沙灘流失量平均最大值關係圖

(1)從圖 26，不同排法離岸堤與沙灘流失量最大值關係圖觀察發現，協克塊圓形分段排法流失量最少，其次是一字形排法協克塊；天允塊一字形排法與弧形排法比較，其消波效果差不多；三腳空心鼎形塊流沙量最大，消波效果最差。

討論:由本實驗得知

1. 一字形排法，協克塊的沙灘流失量平均最大值最低，其次為天允塊，三腳空心鼎形塊流失量最大，消波效果最差；圓弧形排法，天允塊與協克塊比較消波效果差不多，三腳空心鼎形塊沙灘流失量最大，消波效果最差；分段式排法，協克塊圓形排法的灘線最低，對於預防沙灘侵蝕效果較佳，其次是天允塊斜邊形排法，三腳空心鼎形塊分段式排法對於預防沙灘侵蝕效果最差。
2. 協克塊之一字形排法及分段式圓形排法，對於預防沙灘侵蝕效果較佳；天允塊之一字形排法及弧形排法，預防沙灘侵蝕效果差不多；三腳空心鼎形塊對於預防沙灘侵蝕效果最差。

二、探討不同離岸堤距離，海浪經各形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形及影響最大值。

(一)探討不同離岸堤距離，海浪經各形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形。

1. 一字形排法，三腳空心鼎形塊不同離岸距離，沙灘流失量的變化情形



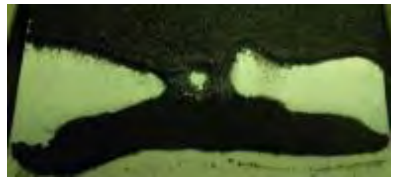






離岸 15 公分	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15 公分 浪高 1.5-2 公分		
	起波器拍打 30 分鐘	起波器拍打 60 分鐘	起波器拍打 90 分鐘
15 公分			
25 公分			
35 公分			

圖 27 一字形排法，三腳空心鼎形塊不同離岸距離，沙灘流失量的變化實況

(1) 由圖 27 一字形排法，三腳空心鼎形塊不同離岸距離，沙灘流失量的變化實況觀察發現，

離岸距離 15 公分，流沙沉積為扁長形雙沙舌；離岸距離 25 公分，流沙沉積為短扁形沙舌變厚；離岸距離 35 公分，流沙沉積為短厚魚尾形沙舌變寬。

2. 一字形排法，協克塊不同離岸距離，沙灘流失量的變化情形


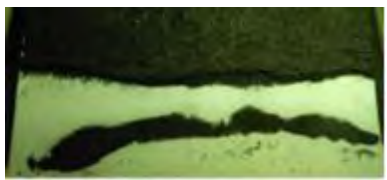
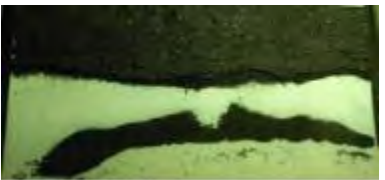



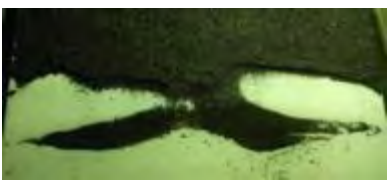


離岸距離	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15 公分 浪高 1.5-2 公分		
	起波器拍打 30 分鐘	起波器拍打 60 分鐘	起波器拍打 90 分鐘
15 公分			
25 公分			
35 公分			

圖 28 一字形排法，協克塊不同離岸距離，沙灘流失量的變化實況

- (1) 由圖 28 一字形排法，協克塊不同離岸距離，沙灘流失量的變化實況觀察發現，離岸距離 15 公分，流沙沉積為星月扁長形沒有沙舌；離岸距離 25 公分，流沙沉積為短扁形沙舌細；離岸距離 35 公分，流沙沉積為短厚魚尾形、沙舌變寬。

3. 一字形排法，天允塊不同離岸距離，沙灘流失量的變化情形










離岸距離	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15 公分 浪高 1.5-2 公分		
	起波器拍打 30 分鐘	起波器拍打 60 分鐘	起波器拍打 90 分鐘
15 公分			
25 公分			
35 公分			

圖 29 一字形排法，天允塊不同離岸距離，沙灘流失量的變化實況

(1) 由圖 29 一字形排法，天允塊不同離岸距離，沙灘流失量的變化實況觀察發現，離岸距離 15 公分，流沙沉積為扁長形；離岸距離 25 公分，流沙沉積為短扁形沙舌細；離岸距離 35 公分，流沙沉積為短厚魚尾形沙舌變寬。

討論:

1. 由以上實驗，整理出不同離岸距離各式消波塊特點

表 2 不同離岸距離各式消波塊特點表

流 沙 特 性			
離岸距離	離岸 15 公分	離岸 25 公分	離岸 35 公分
三腳空心鼎形塊	流沙沉積為扁長形 雙沙舌	流沙沉積為短扁形 沙舌變厚	流沙沉積為短厚魚尾形 沙舌變寬
協克塊	流沙沉積為星月扁長形 沒有沙舌	流沙沉積為短扁形 沙舌細	流沙沉積為短厚魚尾形 沙舌變寬
天允塊	流沙沉積為扁長形	流沙沉積為短扁形 沙舌細	流沙沉積為短厚魚尾形 沙舌變寬

2. 由表 2 可以得知，離岸距離越近，沙灘流失量越少，流沙沉積越扁細長形；離岸距離越遠，沙灘流失越多，流沙沉積越厚短形，沙舌由細變寬。

(二) 探討不同離岸堤距離，海浪經各形狀消波塊，對沙灘流失量之影響最大值。

1. 一字形排法，三腳空心鼎形塊不同離岸距離，沙灘流失量之影響最大值

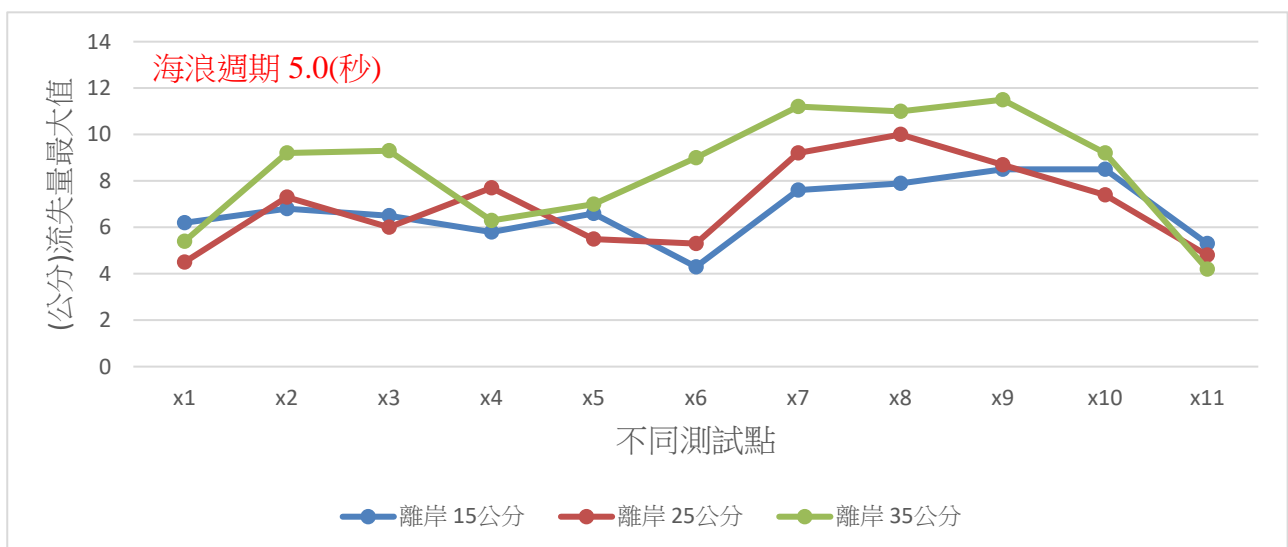


圖 30 三腳空心鼎形塊不同離岸距離、不同位置與沙灘流失量最大值關係圖

(1) 由圖 30 三腳空心鼎形塊不同離岸距離，不同位置與沙灘流失量最大值關係圖，觀察發現離岸距離 15 公分灘線最低，其次離岸距離 25 公分，離岸距離 35 公分灘線最高。

2. 一字形排法，協克塊不同離岸距離，沙灘流失量之影響最大值

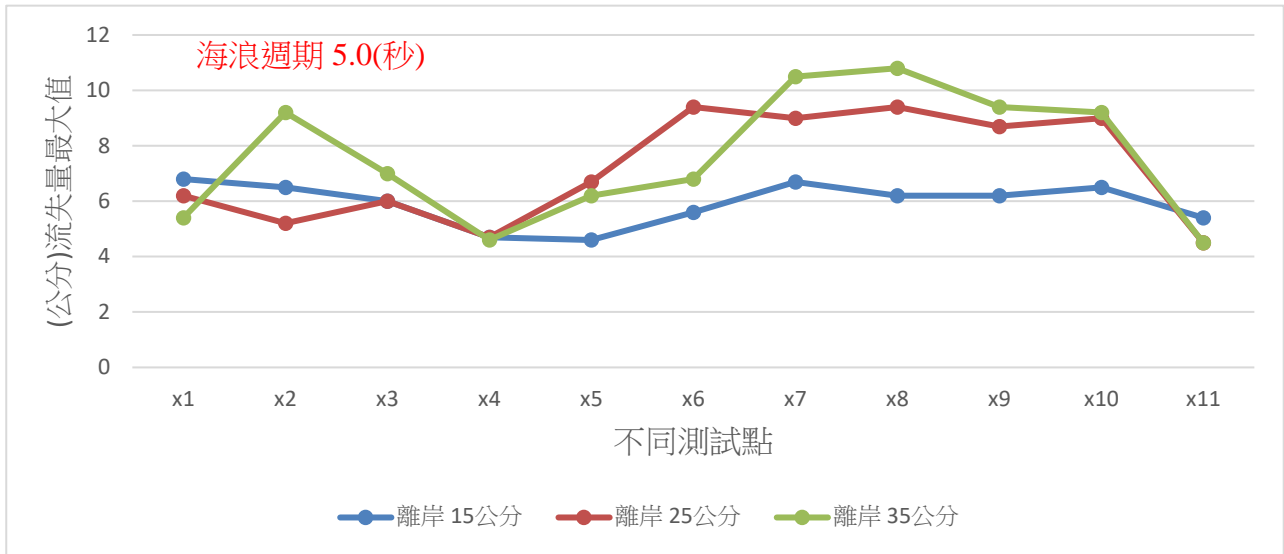


圖 31 一字形排法，協克塊不同離岸距離、不同位置與沙灘流失量最大值關係圖

(1) 由圖 31 一字形排法，協克塊不同離岸距離、不同位置與沙灘流失量最大值關係圖，觀察發現離岸距離 15 公分灘線最低，其次離岸距離 25 公分，離岸距離 35 公分灘線最高。

3. 一字形排法天允塊不同離岸距離沙灘流失量之影響最大值

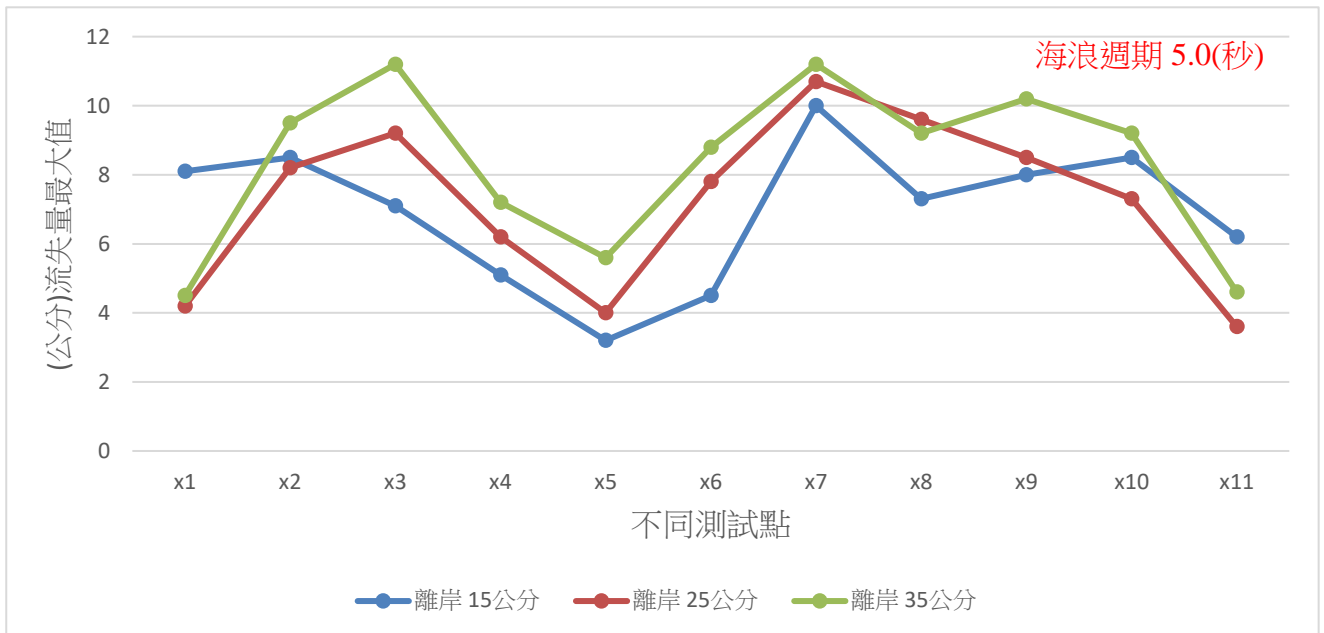


圖 32 一字形排法，天允塊不同離岸距離、不同位置與沙灘流失量最大值關係圖

1. 由圖 32 一字形排法，天允塊不同離岸距離、不同位置與沙灘流失量最大值關係圖，觀察發

現離岸距離 15 公分灘線最低，其次離岸距離 25 公分，離岸距離 35 公分灘線最高。

討論:

1. 由不同離岸提距離，海浪經各形狀消波塊實驗發現，離岸距離較近灘線較低，離岸距離較遠灘線較高。
2. 經本實驗可以得知，消波塊離岸堤距離較近，預防沙灘侵蝕效果越好；消波塊離岸堤距離較遠，預防沙灘侵蝕效果較差。

三、探討蚵殼人工礁與消波塊之離岸堤，其對沙灘流失量的變化及影響最大値之比較情形。

(一)探討蚵殼人工礁與消波塊來當離岸堤，其對沙灘流失量的變化比較情形。

1. 一字排法蚵殼人工礁，對沙灘流失量的變化情形

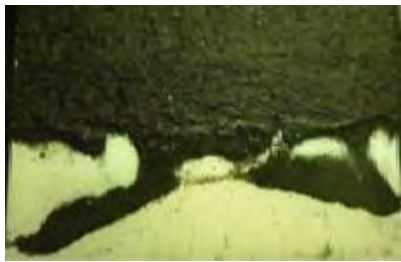



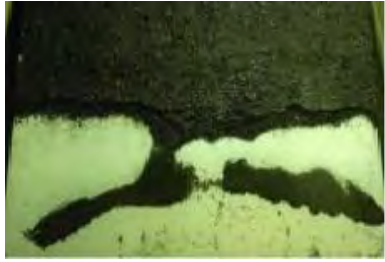



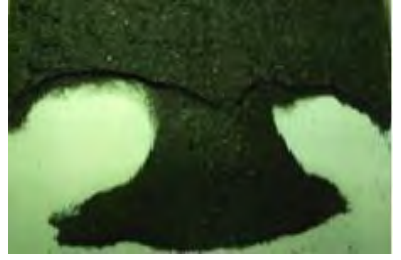
橢圓形蚵殼人工礁	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15 公分 浪高 1.5-2 公分		
	起波器拍打 30 分鐘	起波器拍打 60 分鐘	起波器拍打 90 分鐘
橢圓形蚵殼人工礁			
圓形人工礁			
正方形人工礁			

圖 33 一字形排法蚵殼人工礁，沙灘流失量的變化實況圖

1. 從圖 33，一字形排法蚵殼人工礁與消波塊，沙灘流失量的變化實況圖觀察發現，橢圓形蚵殼人工礁沙灘流失量較大，流沙形狀為八字扁長形；圓形蚵殼人工礁流沙形狀為斷裂八字扁長形；正方形蚵殼人工礁灘線較平、沙舌寬長。

2. 分段式排法蚵殼人工礁，對沙灘流失量的變化情形


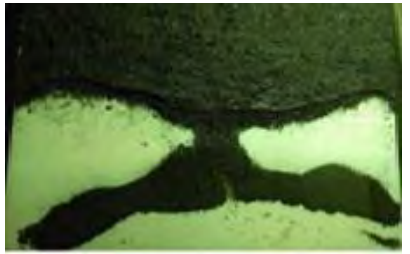
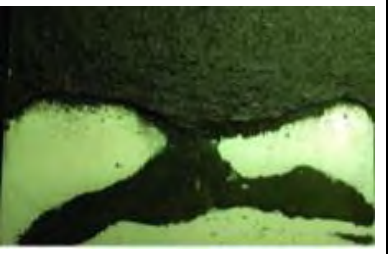

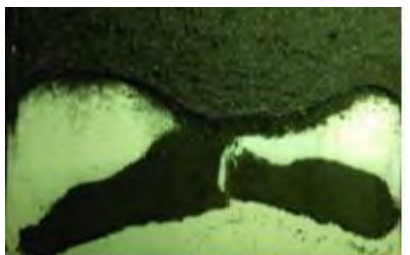
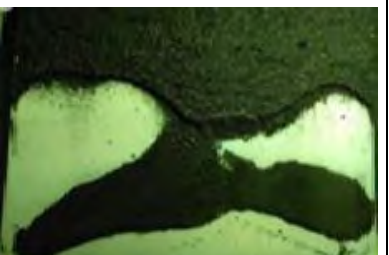
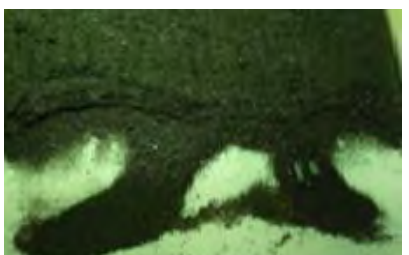
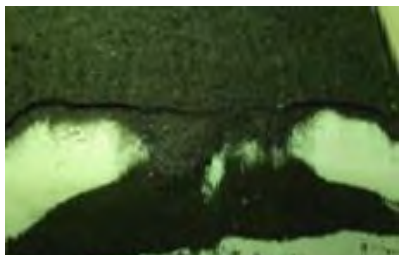
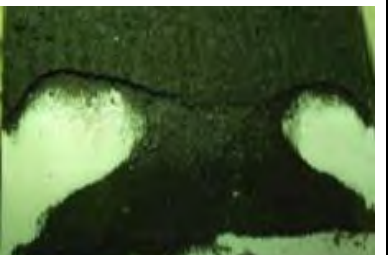
橢圓形蚵殼人工礁	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15 公分 浪高 1.5-2 公分		
	起波器拍打 30 分鐘	起波器拍打 60 分鐘	起波器拍打 90 分鐘
橢圓形蚵殼人工礁			
圓形人工礁			
正方形人工礁			

圖 34 分段式排法蚵殼人工礁，沙灘流失量的變化實況

- (1) 從圖 34，分段式排法蚵殼人工礁與消波塊，沙灘流失量的變化實況圖觀察發現，橢圓形蚵殼人工礁沙灘流失量較少，流沙形狀為八字扁長形；圓形蚵殼人工礁流沙形狀為微裂八字扁長弧形；正方形蚵殼人工礁灘線較平、沙舌寬厚。

討論:

1. 由以上實驗整理，蚵殼人工礁與消波塊，一字排法對沙灘流失量的變化特點


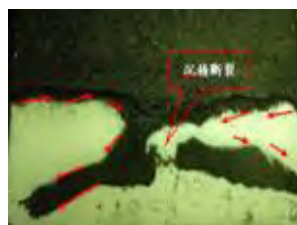

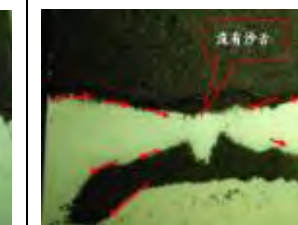
橢圓形蚵殼人工礁	圓形蚵殼人工礁	正方形蚵殼人工礁	協克塊消波塊
			
中間沙舌流沙較厚	中間斜邊沙舌	灘線較平沙舌寬長	灘線較平滑星月形沉積

圖 35 一字形排法蚵殼人工礁與消波塊，沙灘流失量的變化特點圖

(1) 從圖 35，一字形排法蚵殼人工礁與消波塊，沙灘流失量的變化實況圖觀察發現，橢圓形蚵殼人工礁沙灘流失量較大，流沙形狀為八字扁長形；圓形蚵殼人工礁流沙形狀為斷裂八字扁長形；正方形蚵殼人工礁灘線較平、沙舌寬長；協克塊沙灘流失量最少，沒有出現沙舌的現象。

2. 由以上實驗整理，蚵殼人工礁與消波塊，分段排法對沙灘流失量的變化特點

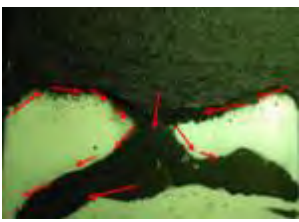
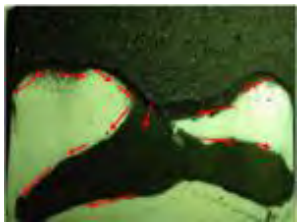
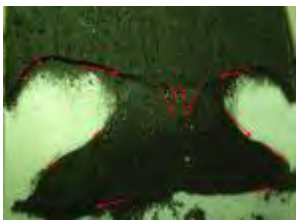

橢圓形蚵殼人工礁	圓形蚵殼人工礁	正方形蚵殼人工礁	協克塊消波塊
			
中間沙舌流沙較稀薄	中間沙舌流沙較厚	灘線較平沙舌寬厚	灘線較圓滑沙舌寬長

圖 36 分段排法蚵殼人工礁與消波塊，沙灘流失量的變化特點圖

(1) 從圖 36，分段式排法蚵殼人工礁與消波塊，沙灘流失量的變化實況圖觀察發現，橢圓形蚵殼人工礁沙灘流失量較少，流沙形狀為八字扁長形；圓形蚵殼人工礁流沙形狀為微裂八字扁長弧形；正方形蚵殼人工礁灘線較平、沙舌寬厚；協克塊沙灘流失量最大，有沙舌寬厚的現象。

(二) 探討蚵殼人工礁與消波塊，來當離岸堤其對沙灘流失量影響最大値之比較。

1. 一字排法，蚵殼人工礁與消波塊，對沙灘流失量影響最大値之比較

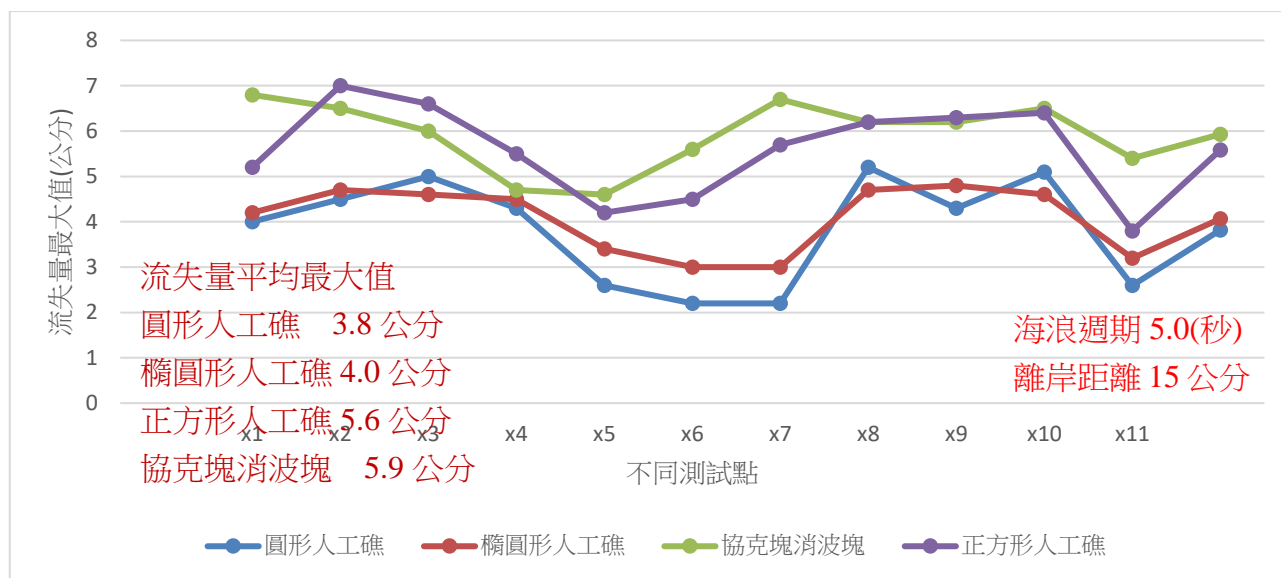


圖 37 一字排法，蚵殼人工礁與消波塊，不同位置與沙灘流失量最大値關係圖

(1) 由圖 37 一字排法，蚵殼人工礁與消波塊，不同位置與沙灘流失量最大值關係圖，觀察發現圓形人工礁灘線最低，其次為橢圓形蚵殼人工礁，正方形蚵殼人工礁與協克塊消波塊灘線最高。

2. 分段式排法，蚵殼人工礁與消波塊，對沙灘流失量影響最大値之比較

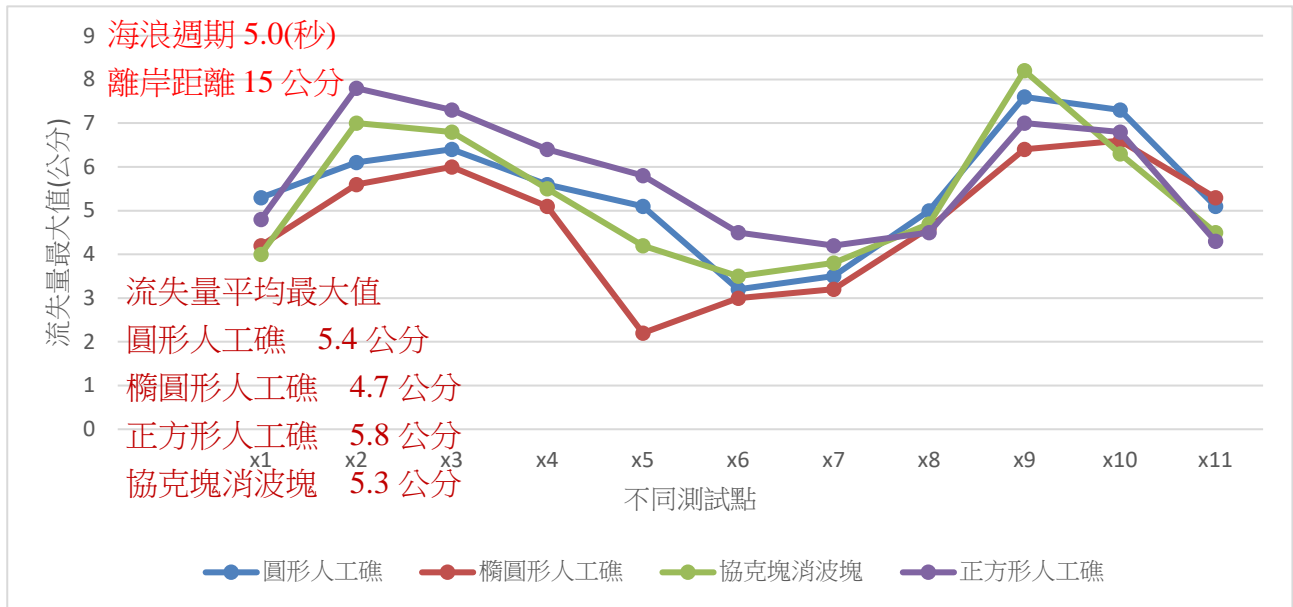


圖 38 分段式排法，蚵殼人工礁與消波塊，不同位置與沙灘流失量最大値關係圖

(1) 由圖 38 分段式排法，蚵殼人工礁與消波塊，不同位置與沙灘流失量最大値關係圖，觀察發現橢圓形蚵殼人工礁灘線最低，圓形人工礁和協克塊消波塊灘線高度差不多，正方形蚵殼人工礁灘線最高。

討論:

- 由一字形排法，蚵殼人工礁與消波塊對沙灘流失量影響最大値之比較實驗發現，**圓形蚵殼人工礁灘線最低，沙灘流失量最小，預防沙灘侵蝕效果最佳**。協克塊消波塊灘線最高，沙灘流失量最大，預防沙灘侵蝕效果最差。
- 由分段式排法，蚵殼人工礁與消波塊對沙灘流失量影響最大値之比較實驗發現，**橢圓形蚵殼人工礁 45 度斜邊排法，灘線最低、沙灘流失量最小，預防沙灘侵蝕效果最佳**。推論，45 度斜邊排法，能有更大面積孔洞讓海浪，經由海水產生更多的阻尼效果。
- 探討為何一字形排法圓形蚵殼人工礁，預防沙灘侵蝕效果最佳，其原故(如下圖 39)，圓形蚵殼人工礁孔洞最小，加上孔洞膠網中間還有蚵殼，增加海水產生更多的阻尼效果；反觀協克塊消波塊孔洞較大，海水的阻尼效果較差。
- 探討為何分段式橢圓形蚵殼人工礁 45 度斜邊排法，預防沙灘侵蝕效果最佳，推論，**45 度**

斜邊排法，能有更大面積孔洞，讓海浪經由海水產生更多的阻尼效果。

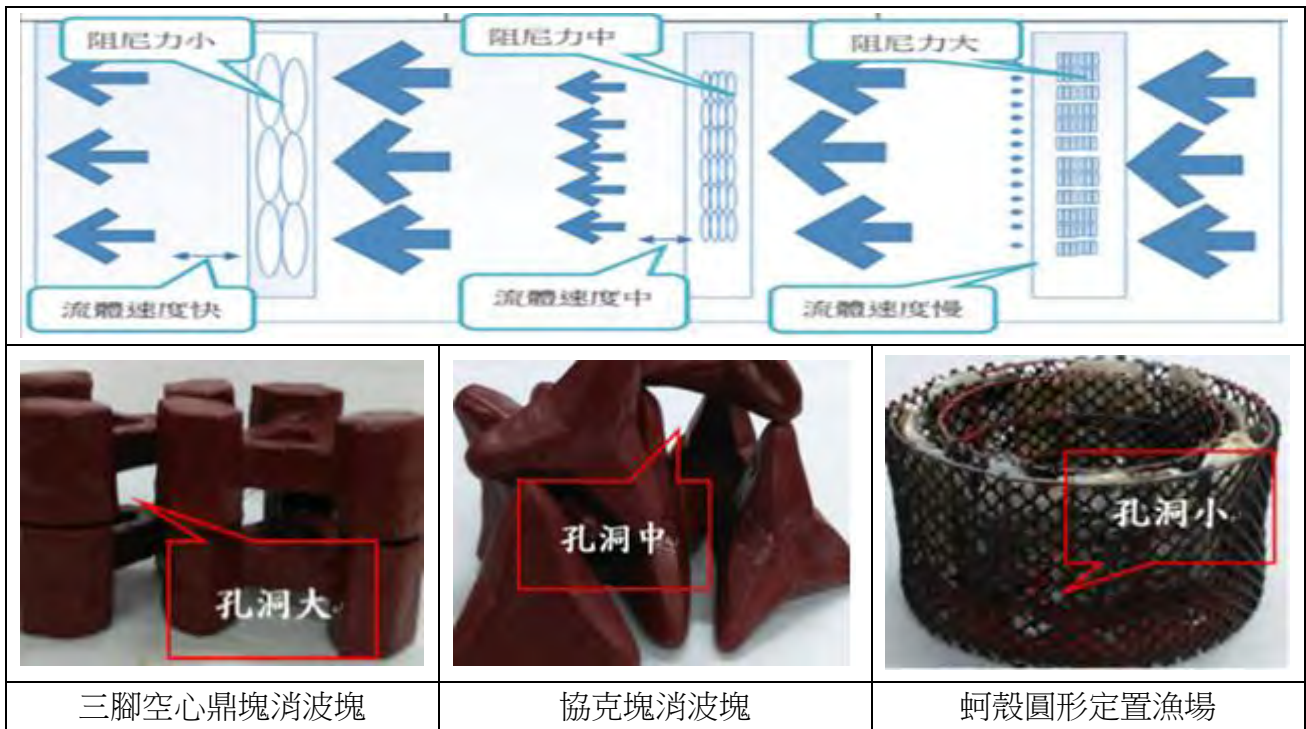


圖 39 蚵殼人工礁與消波塊海水阻尼效果差異圖

四、探討不同形狀蚵殼人工礁之離岸堤，其堤前與堤內水波高最大值及變化情形之比較。

(一) 不同形狀蚵殼人工礁，堤前水平水波高最大值

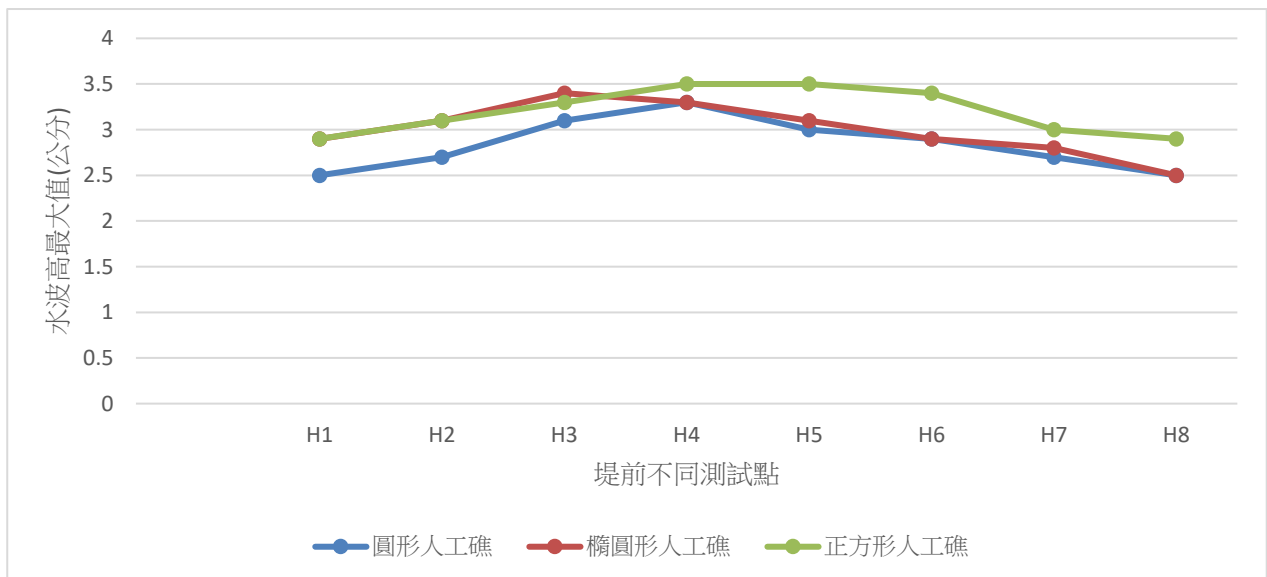


圖 40 蚵殼人工礁之堤前，不同水平位置與水波高最大值關係圖

1. 由圖 40 蚵殼人工礁之堤前，不同水平位置與水波高最大值關係圖，觀察發現正方形蚵殼人工礁水波高度最高，圓形蚵殼人工礁水波高度最低。

(二) 不同形狀蚵殼人工礁，堤內垂直水波高最大值

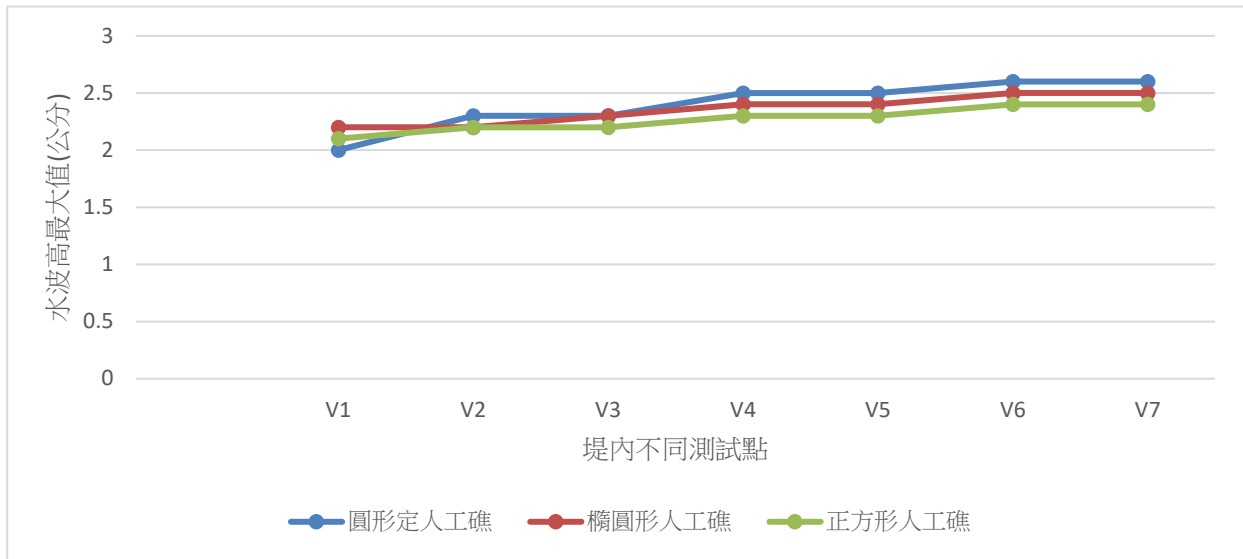


圖 41 蚵殼人工礁之堤內，不同垂直位置與水波高最大值關係圖

1. 由圖 41 蚵殼人工礁之堤內，不同垂直位置與水波高最大值關係圖，觀察發現正方形蚵殼人工礁水波高度最低，圓形蚵殼人工礁水波高度最高。

討論:

1. 由圖 40 與圖 41 堤前與堤內蚵殼人工礁水波高，觀察發現正方形蚵殼人工礁堤前水波高最高，堤內水波高最低；圓形蚵殼人工礁堤前水波高最低，堤內水波高最高等現象。
2. 為了得知這個現象，我們利用錄影截取圖檔方式來深入探討。

(1) 不同形狀蚵殼人工礁堤前水波高變化實況



圖 42 不同形狀蚵殼人工礁，堤前水波高變化實況圖

(2)不同形狀蚵殼人工礁，堤內水波變化概況圖

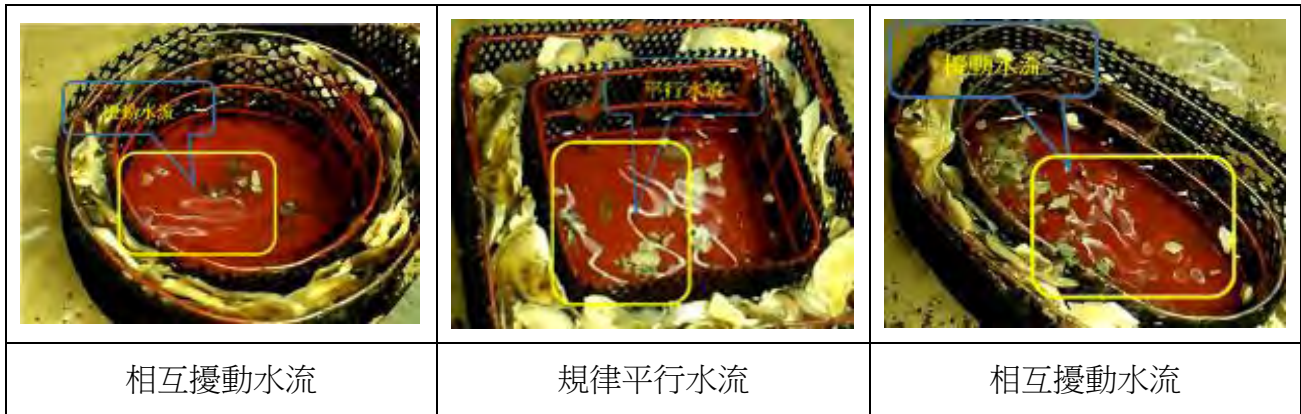


圖 43 不同形狀蚵殼人工礁，堤內水波變化概況圖

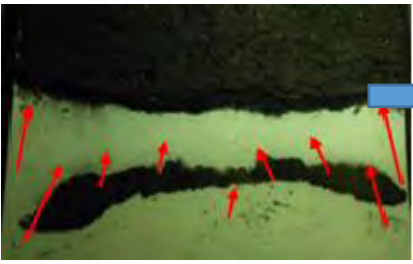
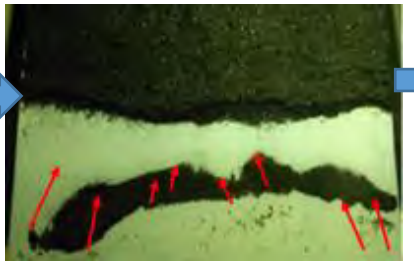
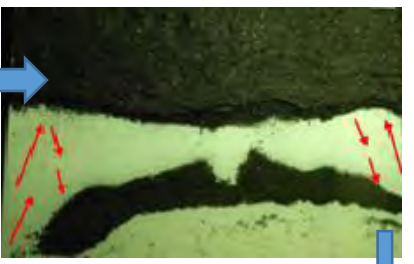
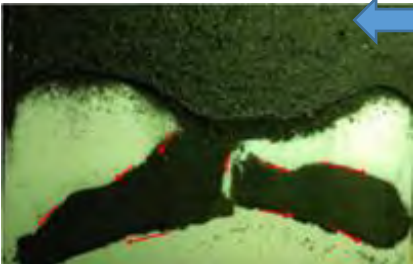
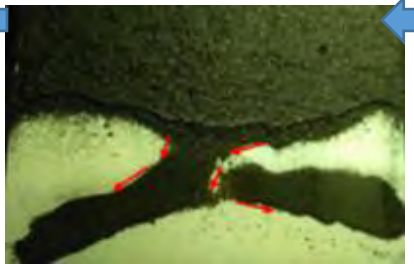
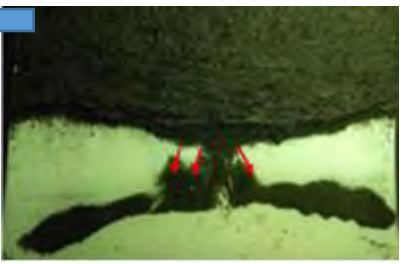
3. 由本實驗，我們觀察現象可以推論，當向岸流接觸圓形及橢圓形蚵殼人工礁之堤前，會左右分流，部分會繞射流入堤內(如圖 42)，此時因不同方向匯入堤內之水流，會產生擾動水流，水體內部相互擾動，水流速度變慢，堤內的水波變高(如圖 43)，所以圓形及橢圓形蚵殼人工礁水阻尼效果較佳。反觀，當向岸流接觸正方形蚵殼人工礁之堤前，會一直線中間堆高後再左右分流，部分會繞射流入堤內(如圖 42)，此時因方向相同水流匯入堤內，會產生規律平行水流，水體內部沒有相互擾動，水流速度較快，堤內的水波較低(如圖 43)，所以正方形蚵殼人工礁海水阻尼效果較差。

陸、結論

綜合以上實驗，我們得到以下之結論：

一、經觀察離岸堤消波塊，留沙護堤過程如下表：

表 3 離岸堤消波塊留沙護堤過程表

第一階段	第二階段	第三階段
		
左右側流速快	中間流速慢沉積線高	左右流速快沉積線低
第六階段	第五階段	第四階段
		
灘角變緩流速更慢積沙變大	中間出現沙舌沙灘角度變緩	沉積線與灘線結合

二、以不同排法離岸堤來實驗，沙灘流沙變化特點及護灘效果如下表：

表 4 沙灘流沙變化特點及護灘效果對照表

三腳空心塊		一字形排法	圓弧形排法	分段排法
	護灘效果		效果最差	效果最差
流沙量特點		中間會有雙沙舌	灘線較尖沙舌細長	灘線較平沙舌寬長
協克塊	護灘效果	效果較好	協克塊與天允塊效果差不多	效果較好
流沙量特點		星月形沉積沒有沙舌	中間會有斜邊沙舌	灘線較圓滑沙舌寬長八字沉積
天允塊	護灘效果	效果其次協克塊	協克塊與天允塊效果差不多	效果其次協克塊
流沙量特點		中間沙舌流沙較厚	中間沙舌流沙較稀薄	灘線較圓滑沙舌寬長

- 三、以不同離岸堤距離來實驗，離岸距離越近流沙量越少、流沙沉積越薄，其形狀為扁細長形；離岸距離越遠流沙越多、流沙沉積越厚，其形狀為短寬形，沙舌由細變寬；消波塊離岸堤距離較近，預防沙灘侵蝕效果較好，消波塊離岸堤距離較遠，預防沙灘侵蝕效果較差。
- 四、協克塊消波塊與不同形狀蚵殼人工礁來比較，協克塊消波塊孔洞較大，海水阻尼效果最差；圓形蚵殼人工礁孔洞最小，堤前水波較低且堤內有擾動水流，海水阻尼效果最佳。一字形排法，以圓形蚵殼人工礁預防沙灘侵蝕效果最佳；分段式排法，以橢圓形蚵殼人工礁預防沙灘侵蝕效果最佳；正方形蚵殼人工礁海水阻尼效果較差。
- 五、由本實驗得知，協克塊消波效果最佳，天允塊一字堆疊、圓弧形堆疊消波效果差不多，三腳空心鼎形塊消波效果最差。各式消波塊，離岸距離較近，消波效果較好。若要以緊密堆疊方式來當離岸堤，以圓形蚵殼人工礁效果最佳；若要以分段堆疊方式來當離岸堤，以 45 度斜邊排法橢圓形蚵殼人工礁效果最佳。

柒、參考資料

- 一、中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 國中組 地球科學科 岸與浪－探討波浪對海岸地形的影響
- 二、中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 國小組 地球科學科 HOLD 住洄瀾灣～化仁海岸段離岸堤改善可行性之探究
- 三、海浪週期表取自 中央氣象局全球資訊網 <http://www.cwb.gov.tw>
- 四、科技大觀園 水波物語 2002/12/18 盛博納 | 自由撰稿人 <https://scitechvista.nat.gov.tw>
- 五、中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 國小組 物理學科 水塔超人震得住-液體阻尼器的防震研究。
- 六、中華民國第 48 屆中小學科學展覽會 國小組 自然科 「岸」藏玄機～探討在不同條件下離岸堤的作用

【評語】 080509

1. 系統性地利用不同型態與蚶殼的成分探討消坡塊的應用，了解沙灘流失量與預防沙灘侵蝕效果。
2. 可考慮如何將模型所做出的結果實際應用，針對可能會遇到的問題、變因加以討論。
3. 研究以自製模型來實驗各類消波塊對海浪侵蝕的問題，學生可以自行操作，實驗結果可以一一呈現、記錄並說明，以小學生而言此研究議題適合。

壹、研究動機

去年暑假，爸爸帶我們全家去墾丁玩，在路途中的一個小漁港旁，讓我看見了養殖用的圓形定置漁場，讓我覺得好奇！

此時讓我萌發一個念頭...:如果能用定置漁場的方式結合廢棄的牡蠣殼來做離岸堤，或許能改善沙灘流失以及廢棄蚵殼的問題，可說是一舉數得! 能以這樣最自然而不傷害海岸的方式來保護跟留住沙子，或許才是真正對海岸線友善的方式。

貳、研究目的

- 一. 探討不同排法離岸堤，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形及影響最大值。
- 二. 探討不同離岸堤距離，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形及影響最大值。
- 三. 探討蚵殼人工礁與消波塊之離岸堤，其對沙灘流失量的變化及影響最大值之比較情形。
- 四. 探討不同形狀蚵殼人工礁之離岸堤，其堤前與堤內水波高最大值及變化情形之比較。

參、研究器材



圖1 測試實驗裝置說明圖

肆、研究過程與方法

一、實驗流程

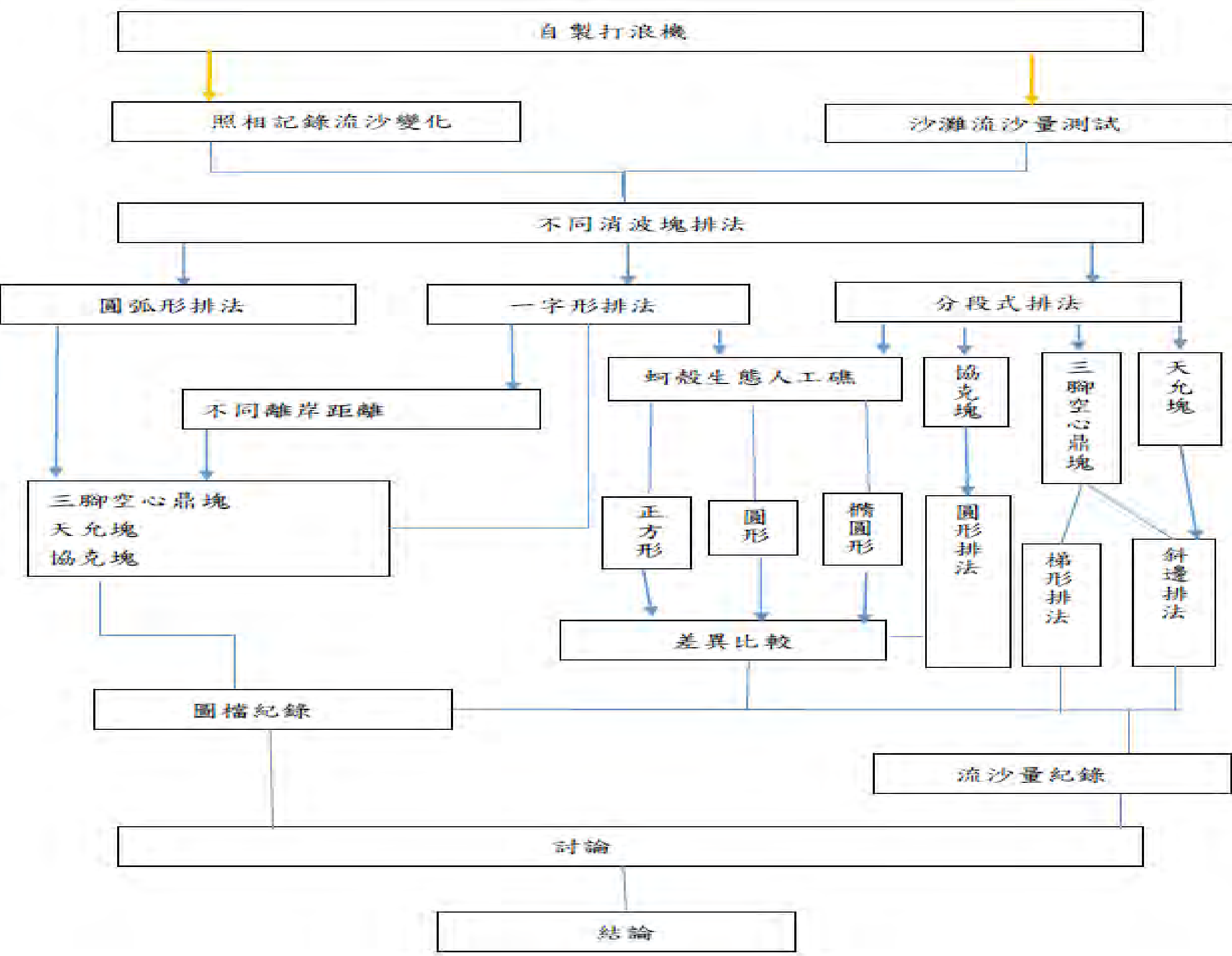


圖2 實驗流程圖

二、研究方法

(一) 海浪週期模擬

表1 新竹浮標每月波高統計表 (1997-2017)

測站資訊：新竹市香山區 經度：120.843900 緯度：24.760800

月份	觀測次數	最大示性波高				平均示性波高(m)	平均週期(秒)	示性波高分布百分比			
		波高(m)	尖峰週期(秒)	波向(度)	發生時間(年月日)			小於0.6公尺	0.6-1.5小浪	1.5-2.5中浪	大於2.5大浪
1	11228	4.62		22	20160123	1.22	5.0	12.2	60.1	25.5	2.1
2	9605	4.35	10.4	11	20130208	1.14	4.9	22.2	53.4	20.6	3.5
3	10786	5.18	11.5	225	20060312	0.92	4.7	31.7	55.7	11.2	1.35
4	10024	4.18	8.4	0	19980425	0.72	4.5	45.6	51	3.31	0
5	10528	2.93	8.9	33	20160516	0.63	4.4	55.2	43.3	1.55	0.1
6	10506	3.49	10.4	247	20090622	0.66	4.3	52.2	45.6	1.95	0.09
7	9579	5.78	9.8	0	20130713	0.63	4.4	62.1	33.3	3.94	0.36
8	10365	6.79	18.9	33	20150808	0.62	4.5	62.5	33.8	2.68	0.57
9	10496	12.45	13.1	348	20080928	0.83	4.8	44	44.7	9.63	1.57
10	11199	8.94	10.4	0	20071006	1.17	4.8	17.7	56.7	22.7	2.94
11	11540	6.40	8.5	0	20001101	1.13	4.9	17.8	59.4	20.9	1.75
12	11876	4.95	13.1	11	20101216	1.30	5.0	10.4	58.2	27.4	3.90

(二) 研究器材

1. 不同形狀消波塊



圖3 不同形狀消波塊

2. 模擬沙灘

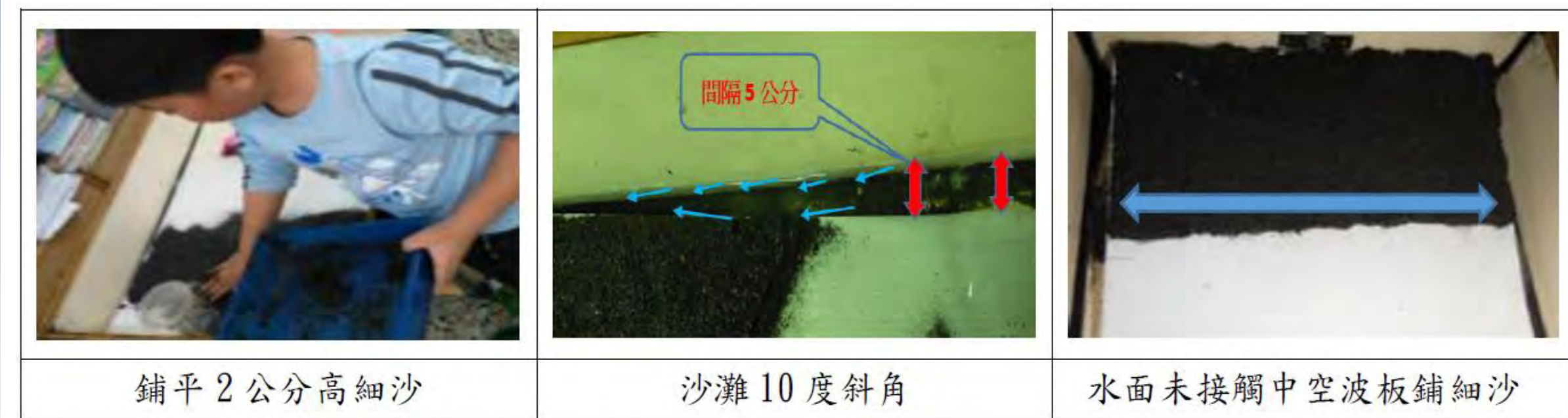


圖4 模擬沙灘平台解說圖

伍、研究結果與討論

一. 探討不同排法離岸堤，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形及影響最大值。

(一) 探討不同排法離岸堤，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形



圖5 不同排法離岸堤解說圖

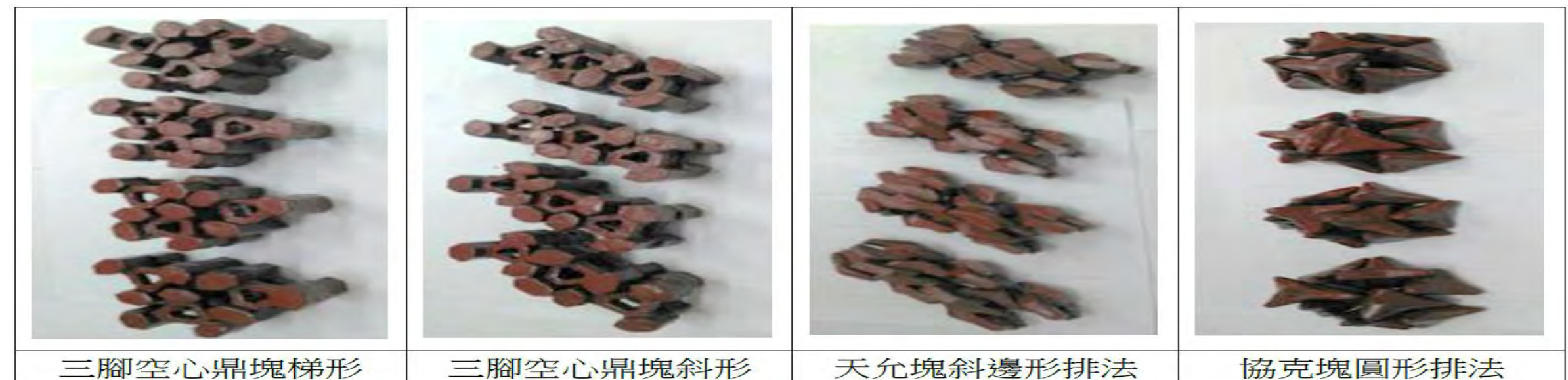


圖6 分段排法實驗解說圖

討論:

1. 一字形排法沙灘流失量的變化情形特點

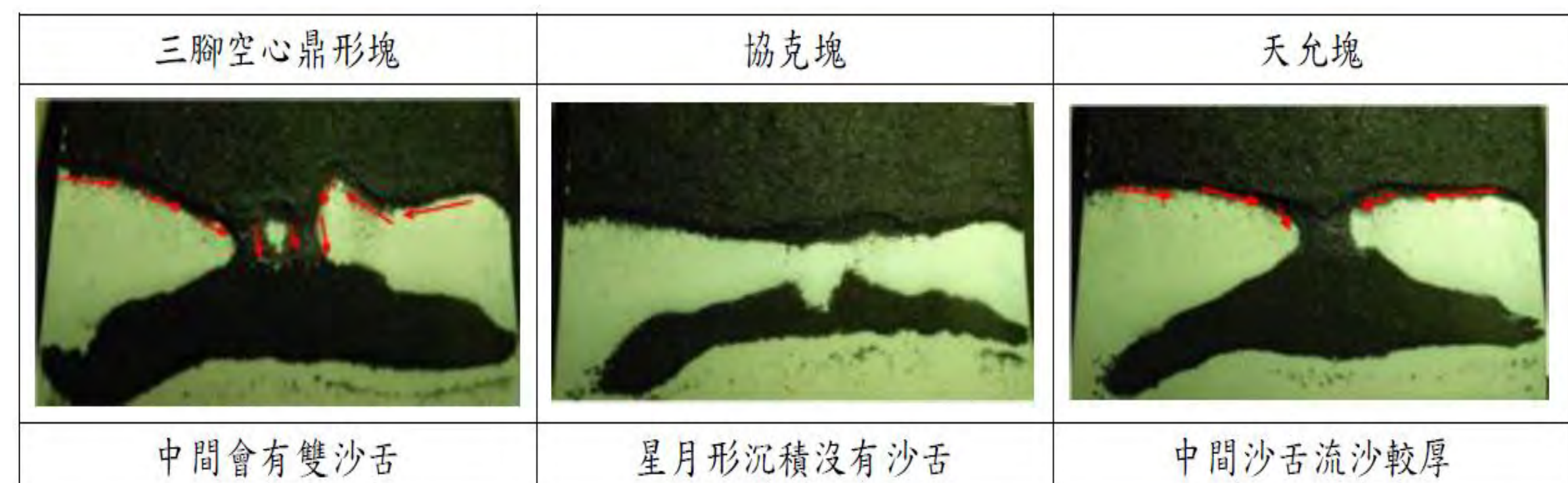


圖7 一字形排法沙灘流失量的變化特點實況

2. 圓弧形排法沙灘流失量的變化情形特點

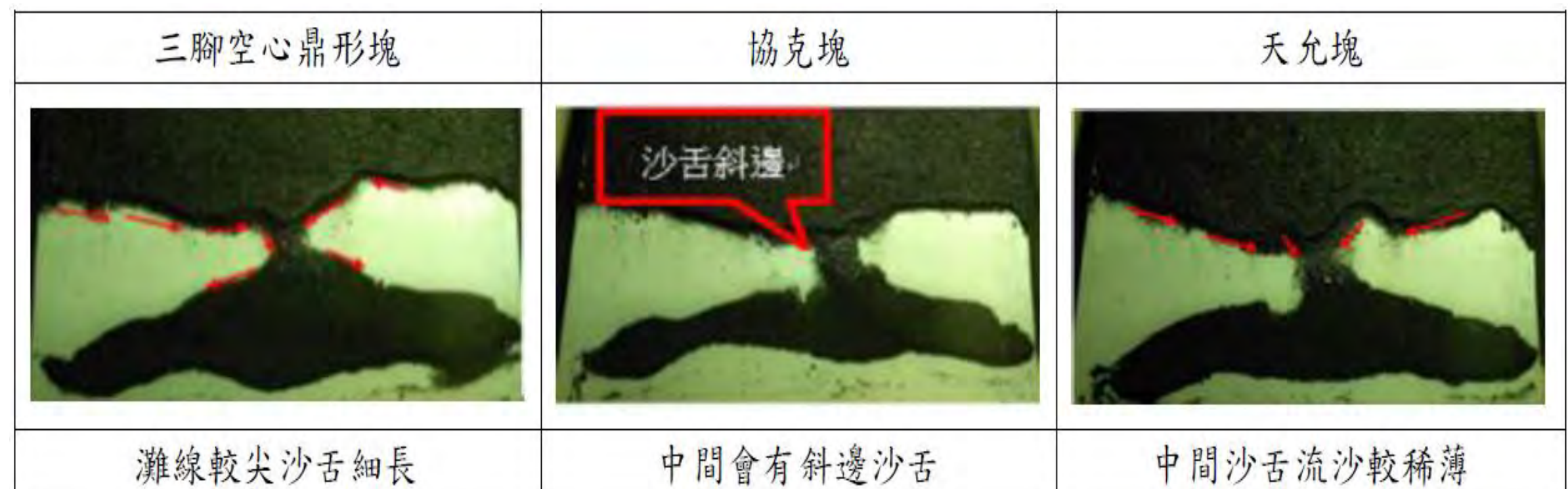


圖8 圓弧形排法沙灘流失量的變化特點實況

3. 分段式排法沙灘流失量的變化情形特點

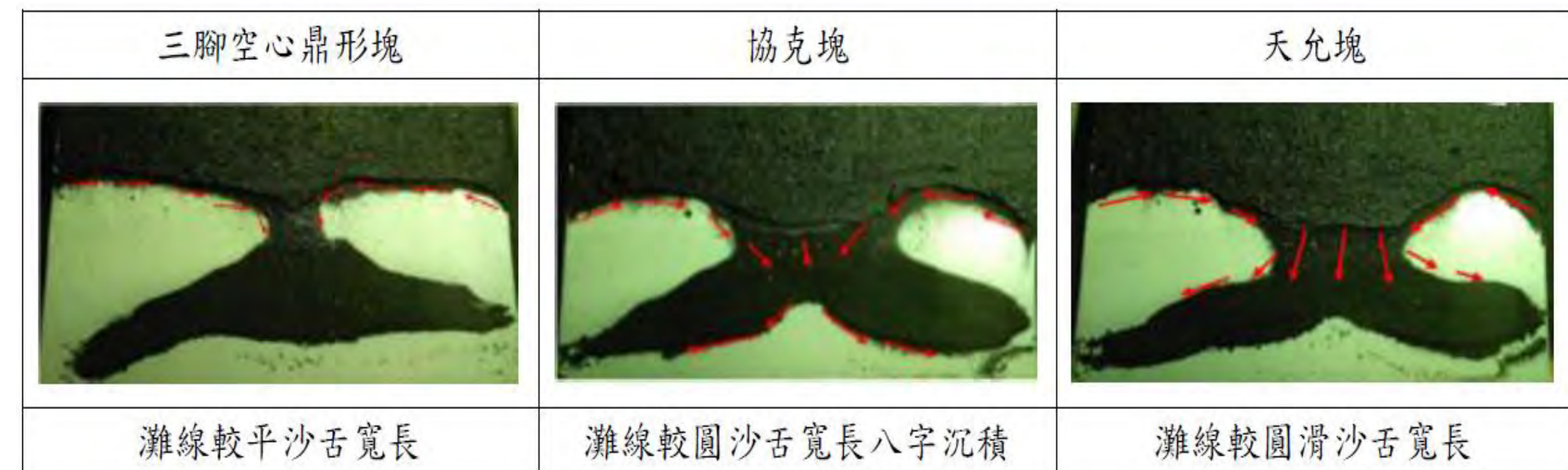


圖9 分段式排法沙灘流失量的變化特點實況

(二) 探討不同排法離岸堤，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量影響最大值



圖10 沙灘流失量最大值實驗解說圖

1. 不同排法沙灘流失量之影響平均最大值

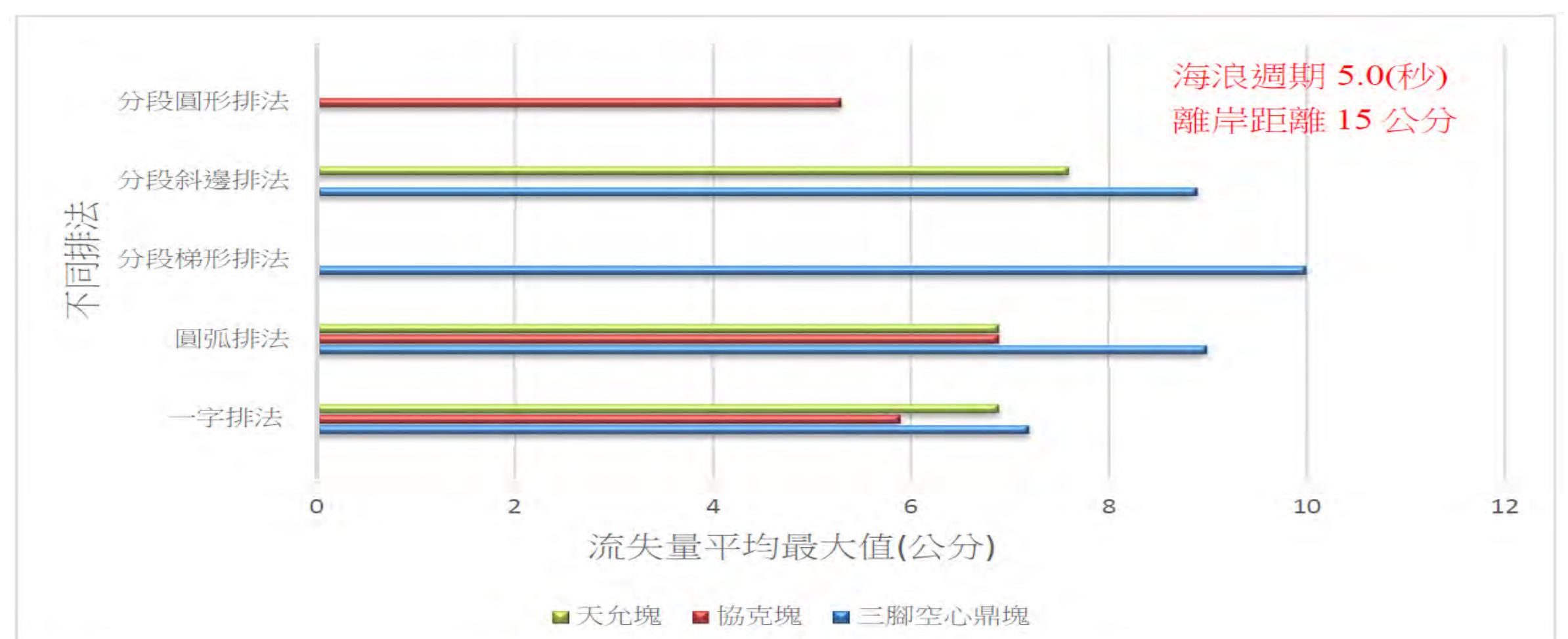


圖11 不同排法離岸堤與流失量平均最大值關係圖

討論:

1. 協克塊一字形排法、分段式圓形排法對於預防沙灘侵蝕效果較佳；天允塊一字形排法、弧形排法，預防沙灘侵蝕效果差不多；三腳空心鼎塊對於預防沙灘侵蝕效果最差。

二. 探討不同離岸堤距離，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形及影響最大值。

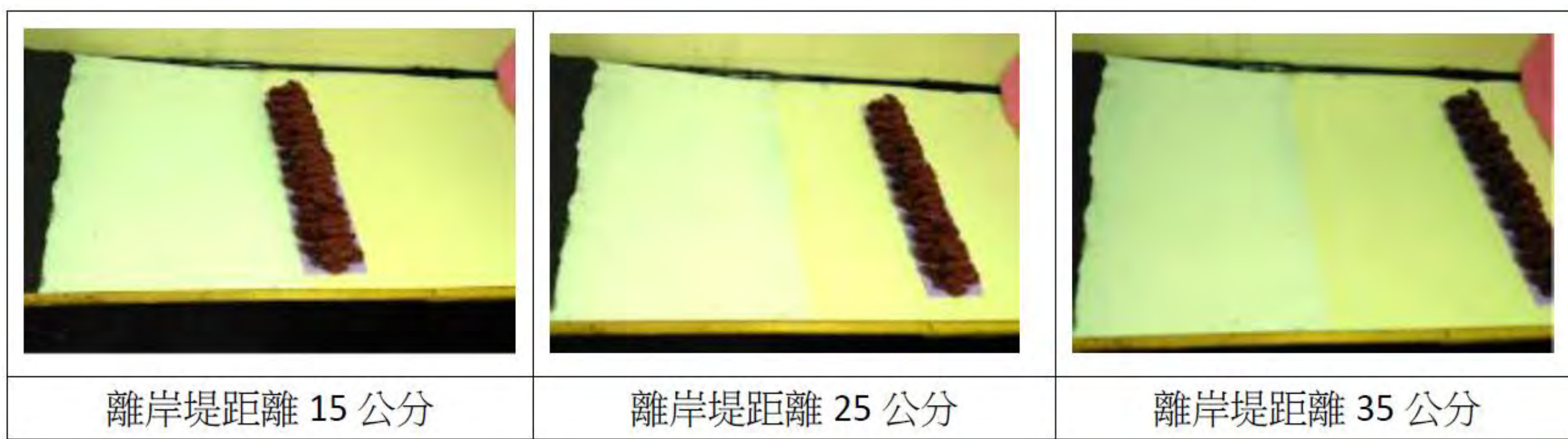


圖12不同離岸距離實驗解說圖

(一) 探討不同離岸堤距離，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量的變化情形。

1. 一字形排法三腳空心鼎形塊不同離岸距離沙灘流失量的變化情形

離岸距離	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15公分 浪高 1.5-2公分		
	起波器拍打 30分鐘	起波器拍打 60分鐘	起波器拍打 90分鐘
	15公分		
25公分			
35公分			

圖13一字形排法三腳空心鼎形塊，不同離岸距離沙灘流失量的變化實況

2. 一字形排法協克塊不同離岸距離沙灘流失量的變化情形

離岸距離	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15公分 浪高 1.5-2公分		
	起波器拍打 30分鐘	起波器拍打 60分鐘	起波器拍打 90分鐘
	15公分		
25公分			
35公分			

圖14一字形排法協克塊，不同離岸距離沙灘流失量的變化實況

3. 一字形排法天允塊不同離岸距離沙灘流失量的變化情形

離岸距離	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15公分 浪高 1.5-2公分		
	起波器拍打 30分鐘	起波器拍打 60分鐘	起波器拍打 90分鐘
	15公分		
25公分			
35公分			

圖15一字形排法天允塊不同離岸距離沙灘流失量的變化實況

討論:

1. 由以上實驗整理不同離岸距離各式消波塊特點

表2 不同離岸距離各式消波塊特點表

流 沙 特 性			
離岸距離	離岸 15公分	離岸 25公分	離岸 35公分
三腳空心鼎形塊	流沙沉積為扁長形 雙沙舌	流沙沉積為短扁形 沙舌變厚	流沙沉積為短厚魚尾形 沙舌變寬
協克塊	流沙沉積為星月扁長形 沒有沙舌	流沙沉積為短扁形 沙舌細	流沙沉積為短厚魚尾形 沙舌變寬
天允塊	流沙沉積為扁長形 有沙舌	流沙沉積為短扁形 沙舌細	流沙沉積為短厚魚尾形 沙舌變寬

(二) 探討不同離岸堤距離，海浪經各式形狀消波塊，對沙灘流失量之影響最大值。

1. 一字形排法三腳空心鼎形塊不同離岸距離沙灘流失量之影響最大值

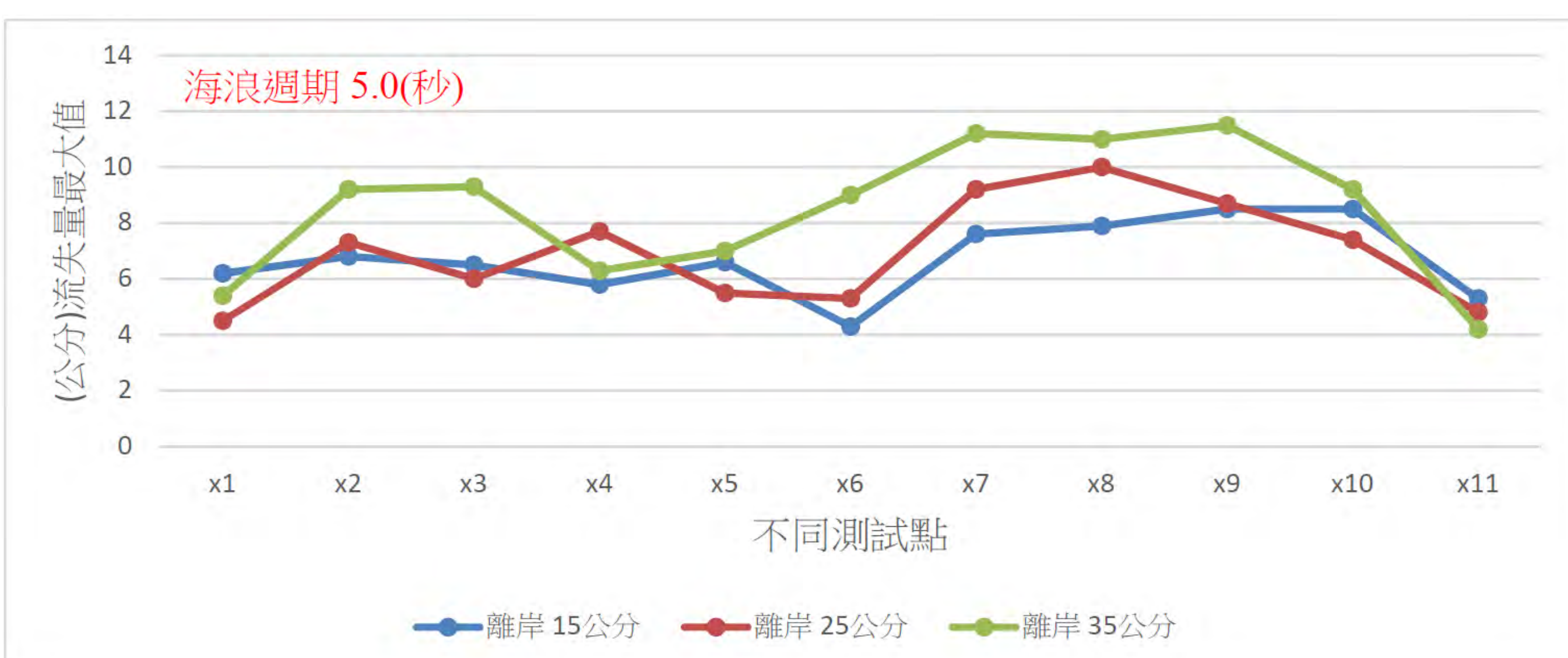


圖16三腳空心鼎形塊不同離岸距離，不同位置與流失量最大值關係圖

2. 一字形排法協克塊不同離岸距離沙灘流失量之影響最大值

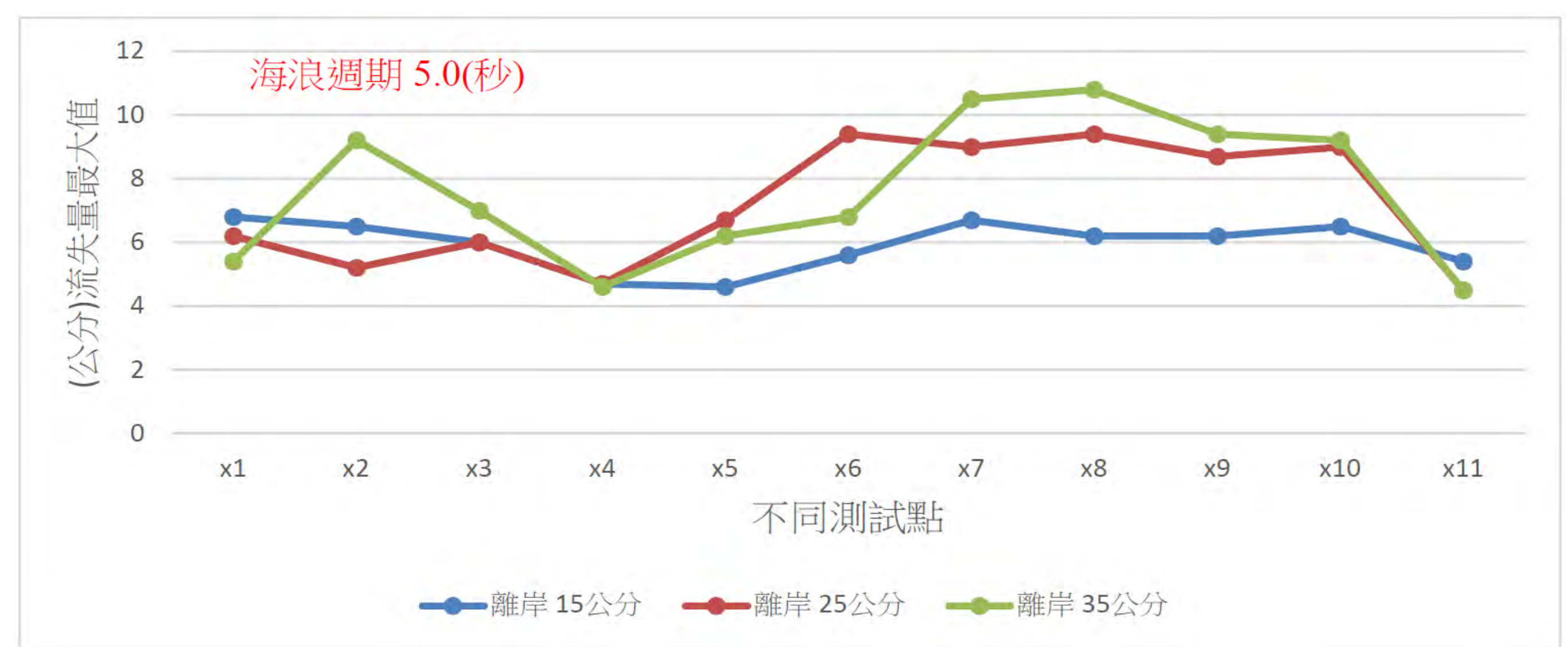


圖17一字形排法協克塊不同離岸距離，不同位置與流失量最大值關係圖

3. 一字形排法天允塊不同離岸距離沙灘流失量之影響最大值

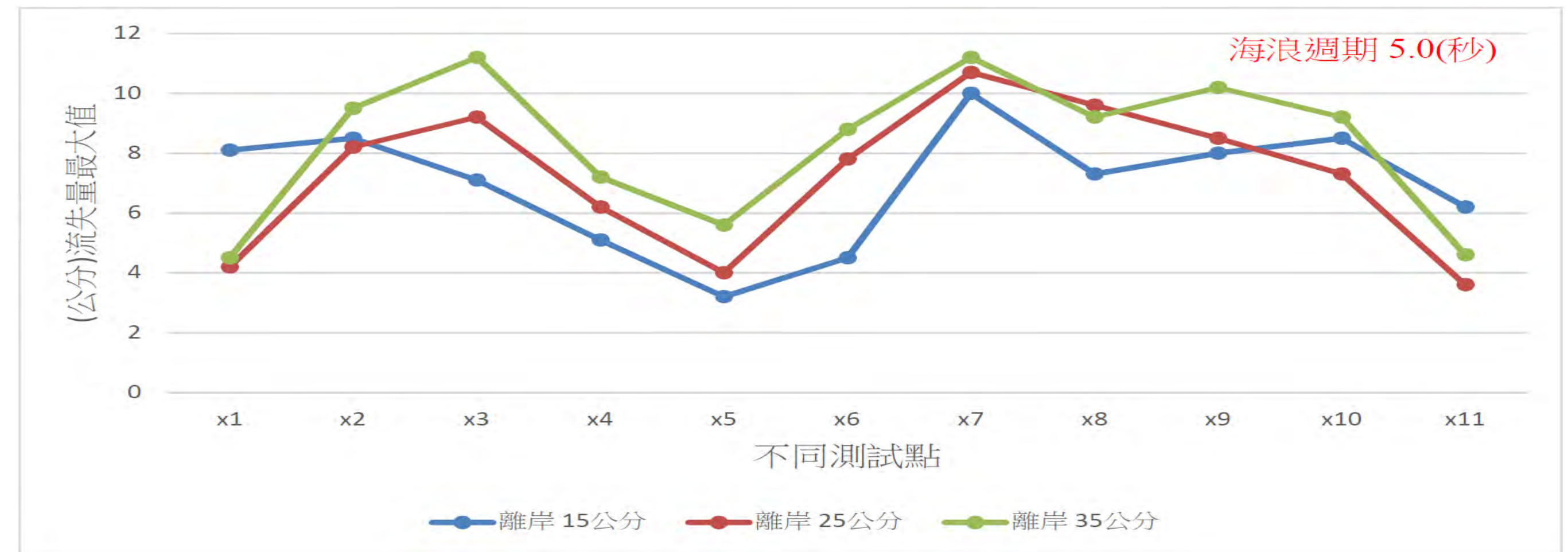


圖18一字形排法天允塊不同離岸距離，不同位置與流失量最大值關係圖

討論:

1. 經本實驗可以得知，消波塊離岸堤距離較近，預防沙灘侵蝕效果較好，消波塊離岸堤距離太遠，預防沙灘侵蝕效果較差。

三. 探討蚵殼人工礁與消波塊之離岸堤，其對沙灘流失量的變化及影響最大值之比較情形。

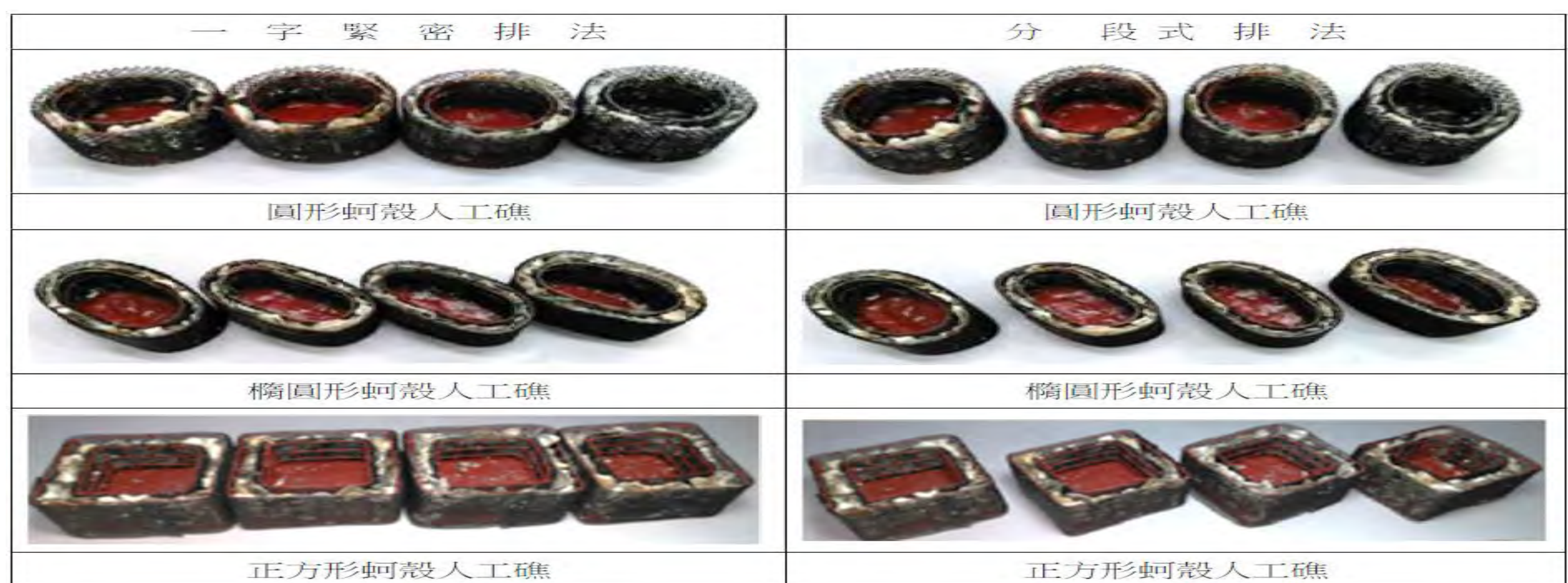


圖19一字形排法、分段排法蚵殼人工礁排法解說圖

(一) 探討蚵殼人工礁與消波塊來當離岸堤，其對沙灘流失量的變化比較情形。

1. 一字形排法蚵殼人工礁，對沙灘流失量的變化情形

離岸距離	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15公分 浪高 1.5-2公分		
	起波器拍打 30分鐘	起波器拍打 60分鐘	起波器拍打 90分鐘
	橢圓形蚵殼人工礁		
圓形人工礁			
正方形人工礁			

圖20一字形排法蚵殼人工礁，沙灘流失量的變化實況圖

2. 分段式排法蚵殼人工礁，對沙灘流失量的變化情形

離岸距離	海浪週期(5.0)秒 離岸距離 15公分 浪高 1.5-2公分		
	起波器拍打 30分鐘	起波器拍打 60分鐘	起波器拍打 90分鐘
	橢圓形蚵殼人工礁		
圓形人工礁			
正方形人工礁			

圖21分段式排法蚵殼人工礁，沙灘流失量的變化實況

討論:

1. 蚵殼人工礁與消波塊，一字形排法對沙灘流失量的變化特點

橢圓形蚵殼人工礁	圓形蚵殼人工礁	正方形蚵殼人工礁	協克塊消波塊
中間沙舌流沙較厚	中間斜邊沙舌	灘線較平沙舌寬長	灘線較平滑星月形沉積

圖22一字形排法蚵殼人工礁與消波塊，沙灘流失量的變化特點圖

2. 蚵殼人工礁與消波塊，分段式排法對沙灘流失量的變化特點

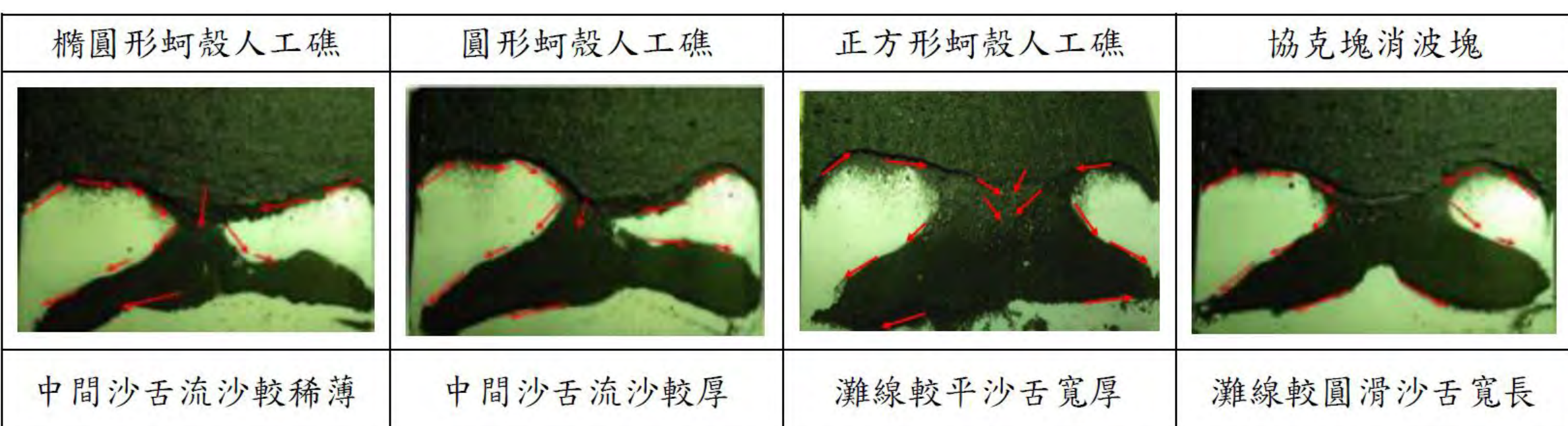


圖23分段排法蚵殼人工礁與消波塊，沙灘流失量的變化特點圖

(二) 探討蚵殼人工礁與消波塊，來當離岸堤其對沙灘流失量影響最大值之比較。

1. 一字形排法蚵殼人工礁與消波塊，對沙灘流失量影響最大值之比較

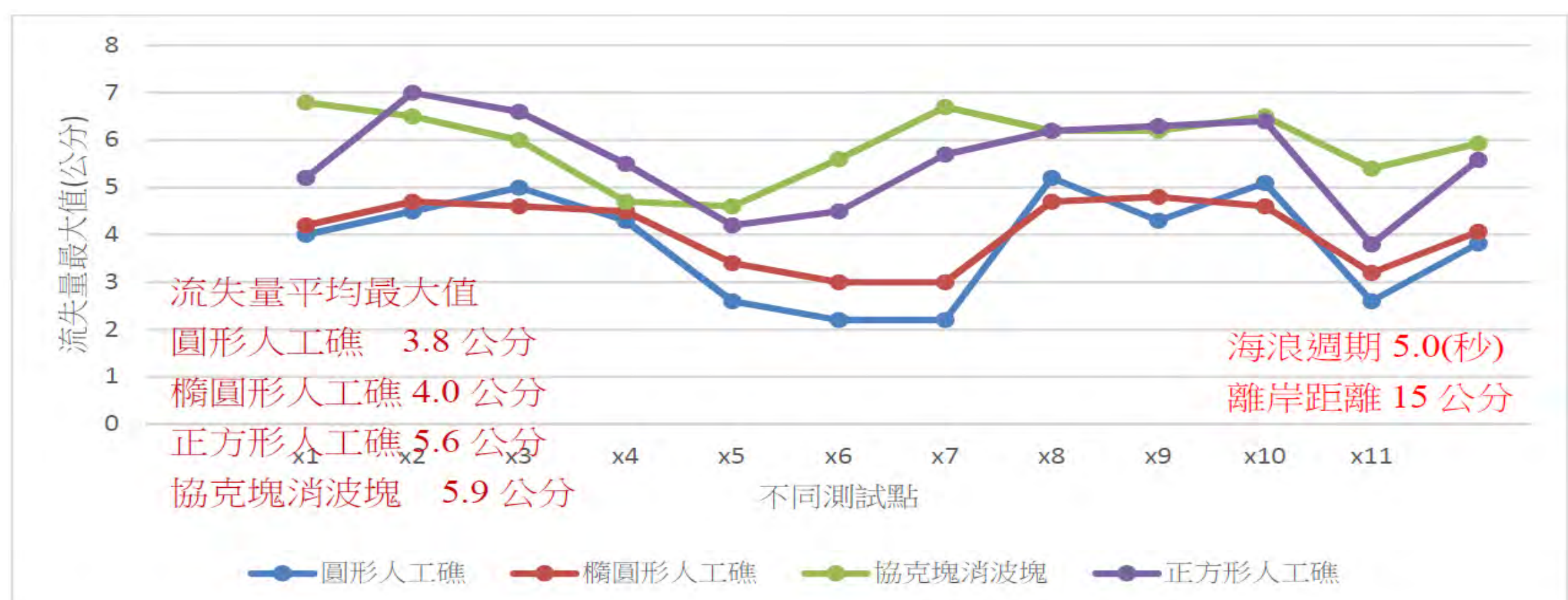


圖 24一字形排法，蚵殼人工礁與消波塊不同位置與流失量最大值關係圖

2. 分段式排法蚵殼人工礁與消波塊，對沙灘流失量影響最大值之比較

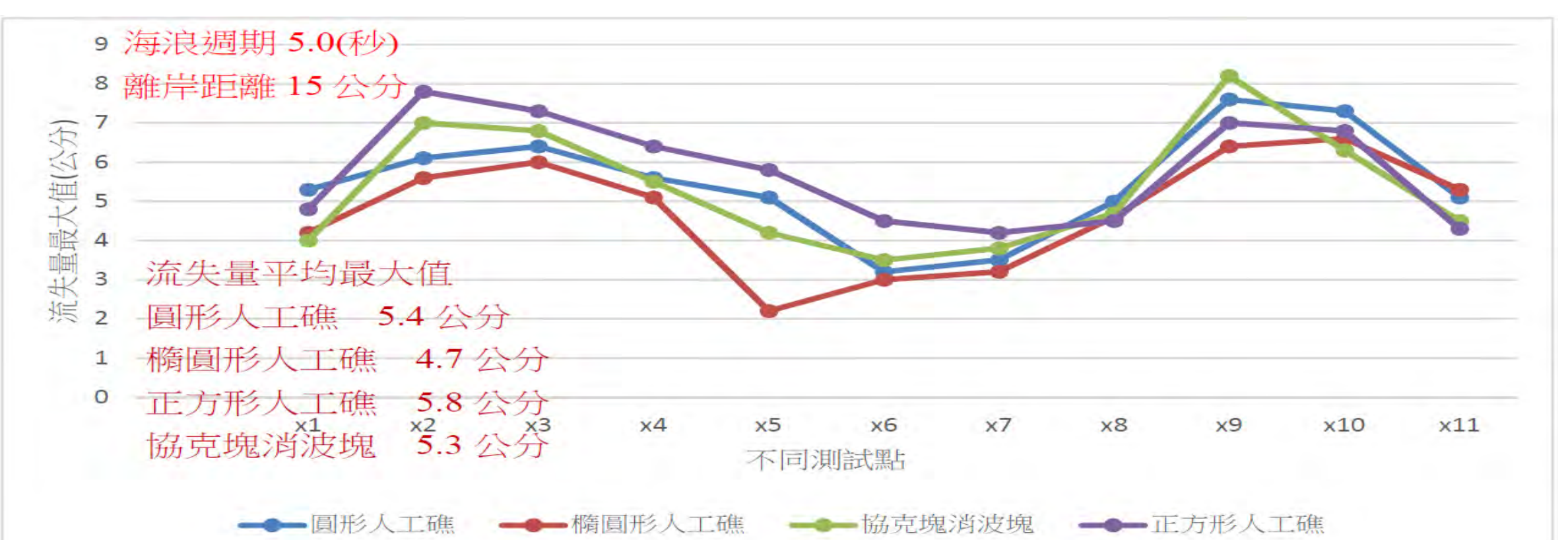


圖 25分段式排法，蚵殼人工礁與消波塊不同位置與流失量最大值關係圖

討論:

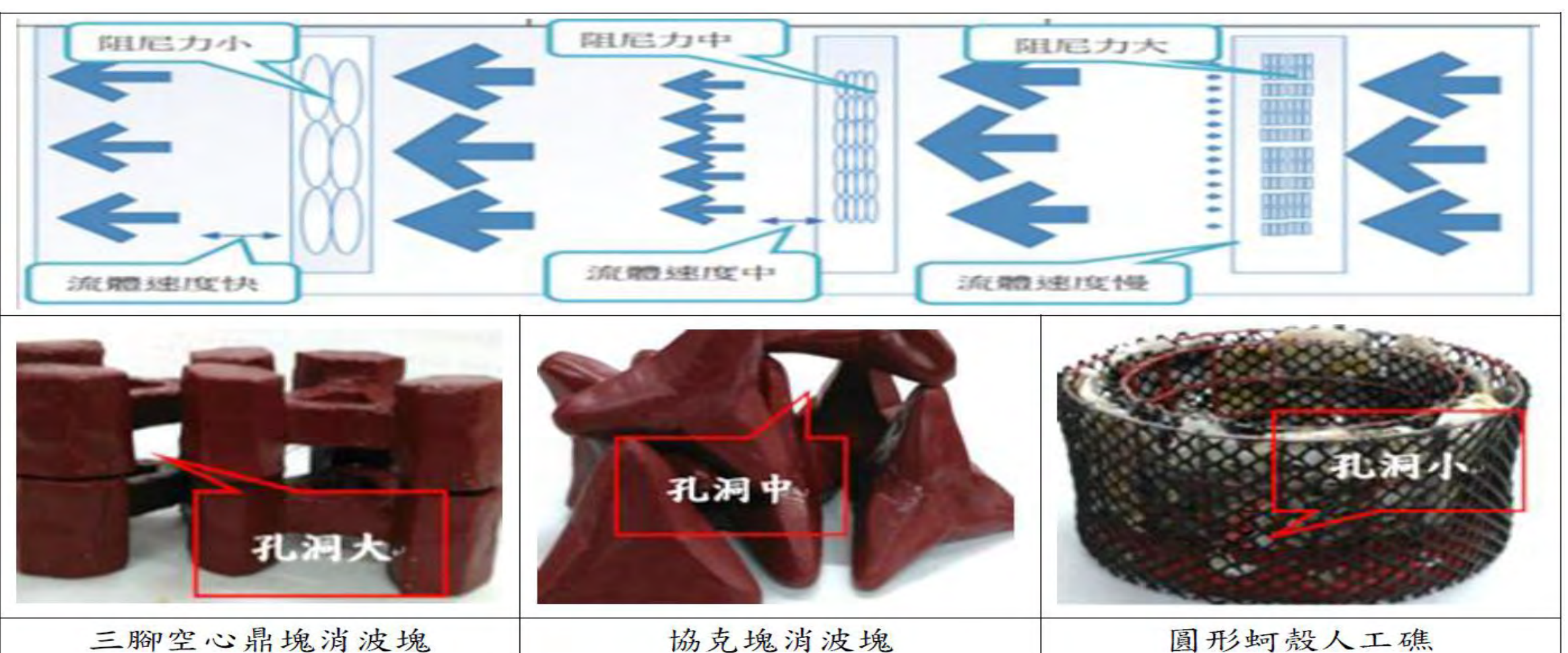


圖26蚵殼人工礁與消波塊海水阻尼效果差異圖

四. 探討不同形狀蚵殼人工礁之離岸堤，其堤前與堤內水波高最大值及變化情形之比較。

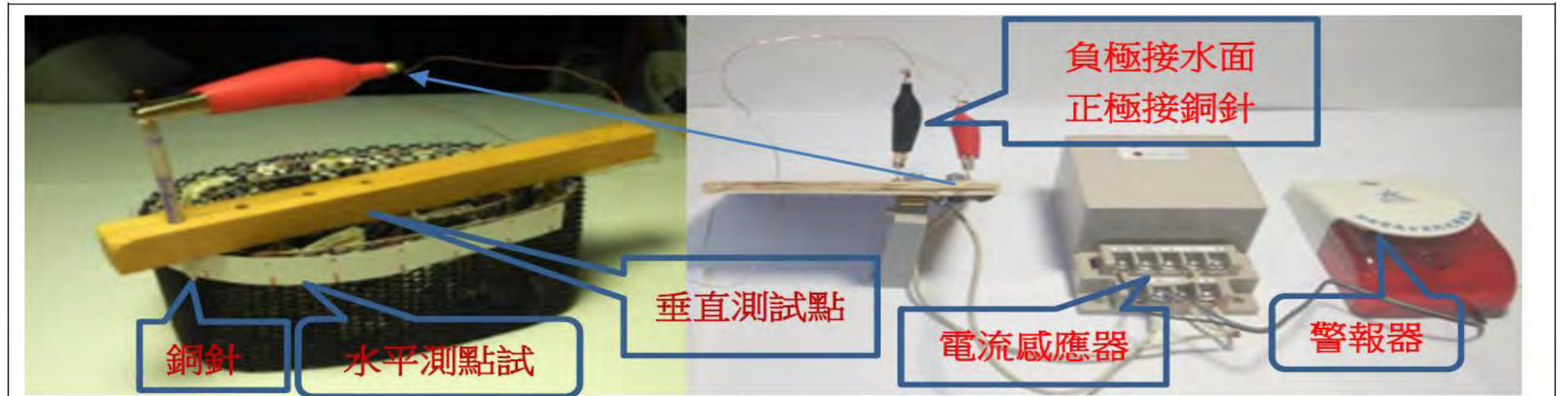


圖27測試堤前、堤內水波高低測試方法解說圖

(一) 不同形狀蚵殼人工礁，堤前水平水波高最大值

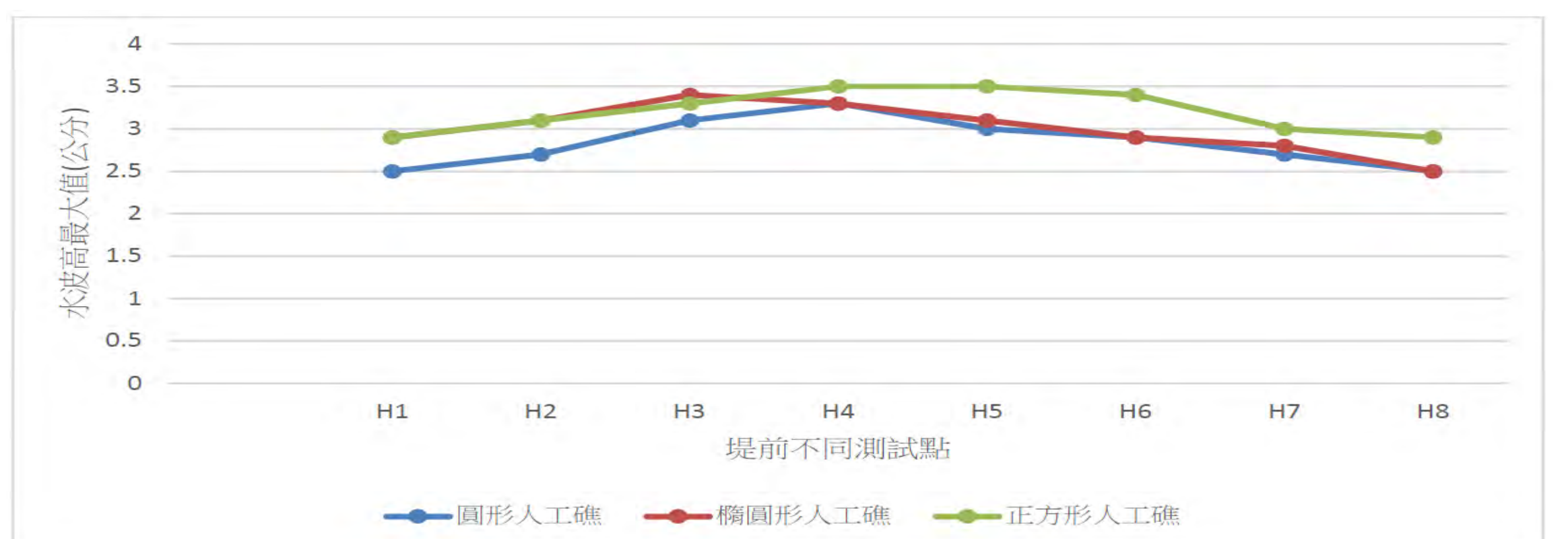


圖28 蚵殼人工礁之堤前，不同水平位置與水波高最大值關係圖

(二) 不同形狀蚵殼人工礁，堤內垂直水波高最大值

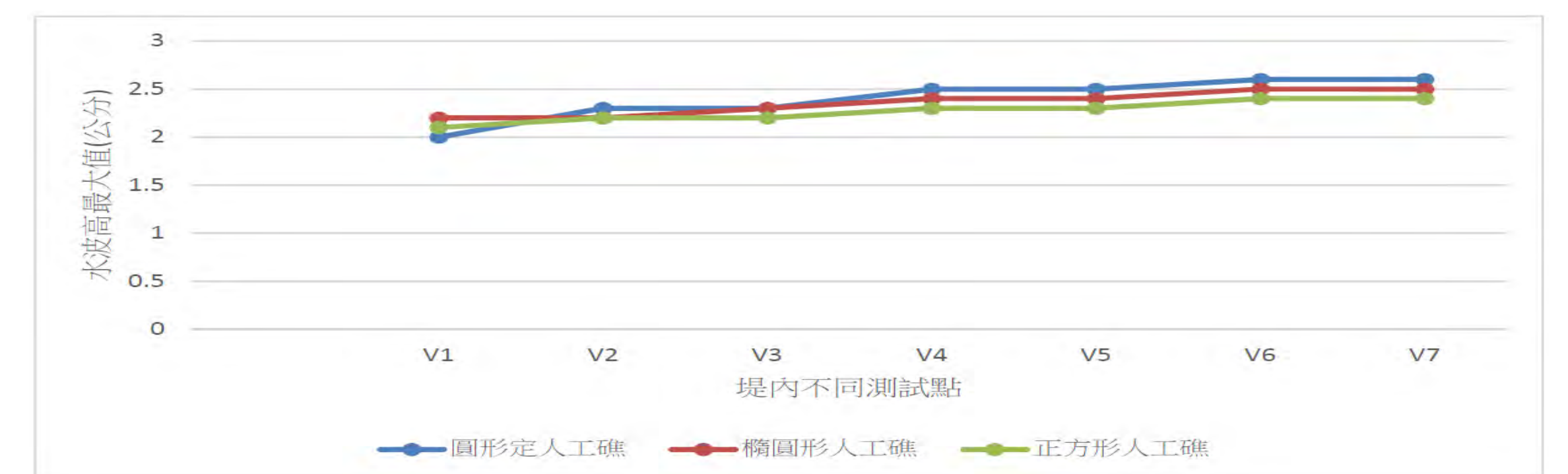


圖29蚵殼人工礁之堤內，不同垂直位置與水波高最大值關係圖

討論:

1. 不同形狀蚵殼人工礁，堤前水波高變化實況



圖30不同形狀蚵殼人工礁，堤前水波高變化實況圖

2. 不同形狀蚵殼人工礁，堤內水波變化實況

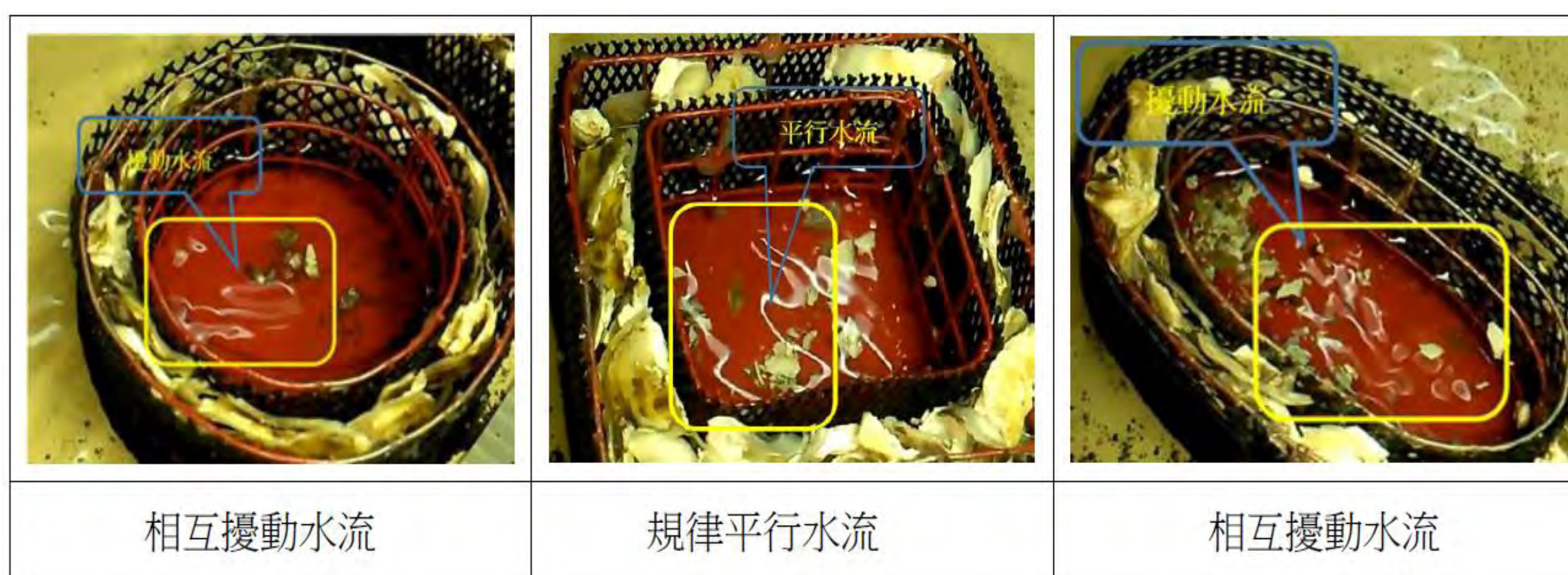


圖31不同形狀蚵殼人工礁，堤內水波變化實況圖

3. 不同形狀蚵殼人工礁堤內水波變化模擬概況圖

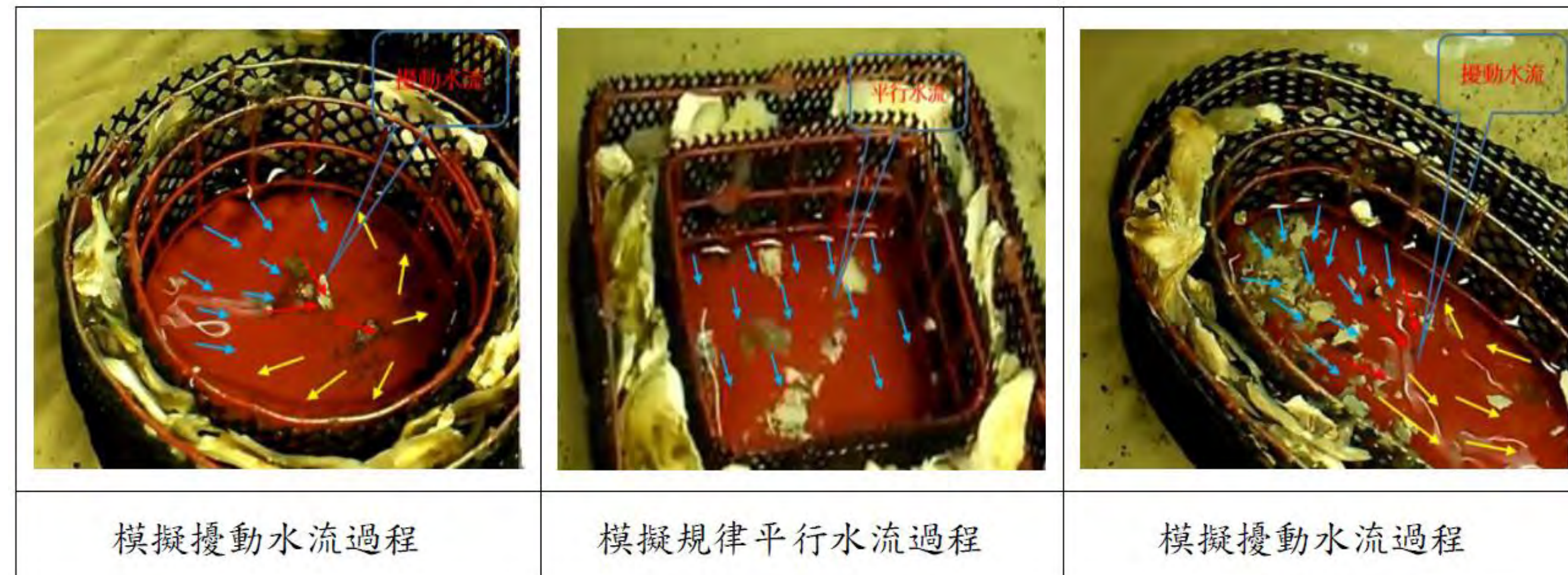


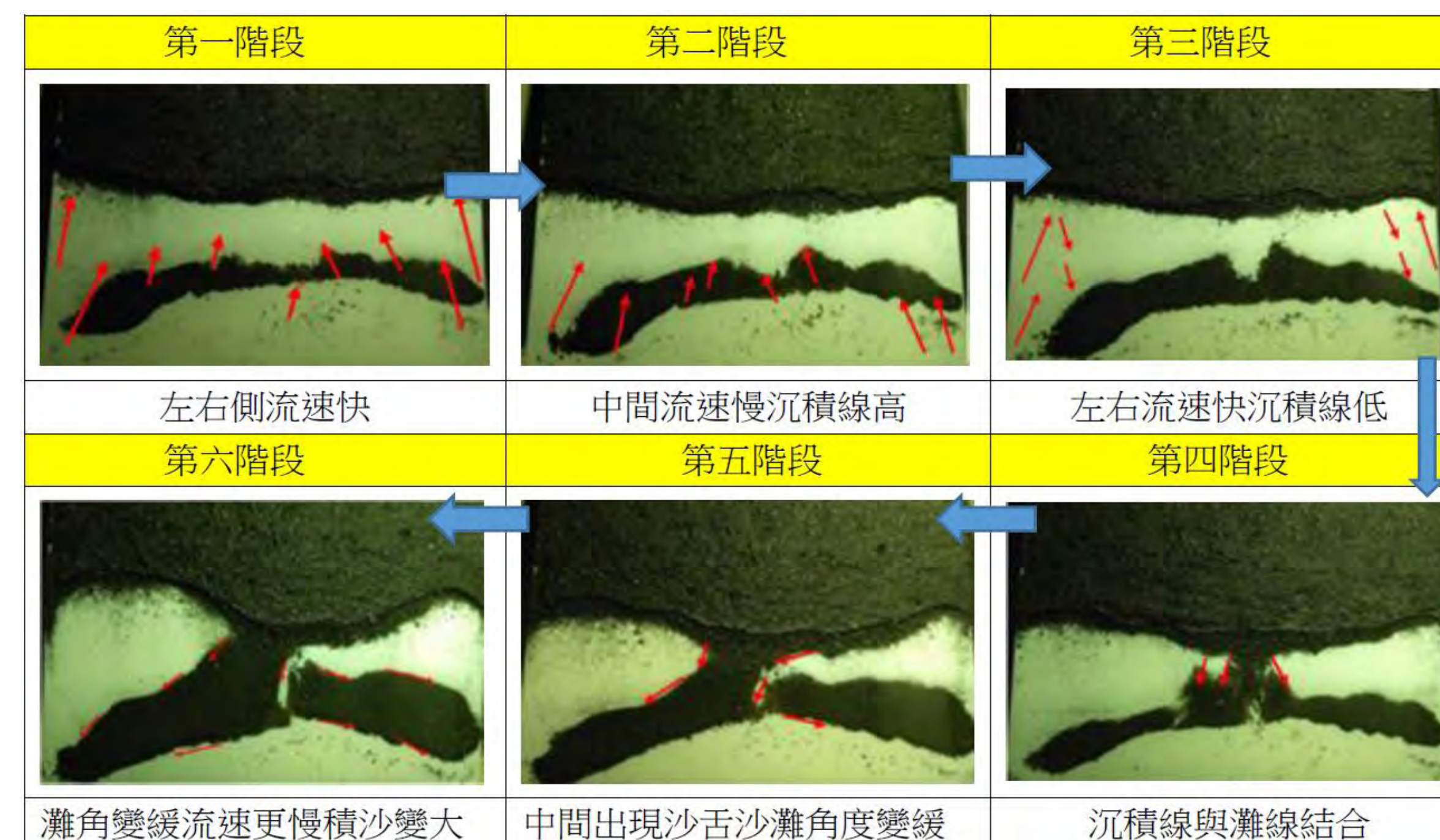
圖32不同形狀蚵殼人工礁堤內水波變化模擬概況圖

陸、結論

綜合以上實驗，我們可以得到以下之結論：

一. 經觀察離岸堤消波塊，留沙護堤過程如下表

表3離岸堤消波塊留沙護堤過程表



二. 以不同排法離岸堤來實驗，沙灘流沙變化特點及護灘效果如下表

表4沙灘流沙變化特點及護灘效果對照表

	一字形排法	圓弧形排法	分段排法
三腳空心塊	護灘效果：效果最差	護灘效果：效果最差	護灘效果：效果最差
流沙量特點	中間會有雙沙舌	灘線較尖沙舌細長	灘線較平沙舌寬長
協克塊	護灘效果：效果較好	協克塊與天允塊效果差不多	護灘效果：效果較好
流沙量特點	星月形沉積沒有沙舌	中間會有斜邊沙舌	灘線較圓滑沙舌寬長八字沉積
天允塊	護灘效果：效果其次協克塊	協克塊與天允塊效果差不多	護灘效果：效果其次協克塊
流沙量特點	中間沙舌流沙較厚	中間沙舌流沙較稀薄	灘線較圓滑沙舌寬長

三. 以不同離岸堤距離來實驗，離岸距離較近流沙量較少、流沙沉積較薄，預防沙灘侵蝕效果較好；離岸距離較遠流沙量較多、流沙沉積較厚，預防沙灘侵蝕效果較差。

四. 協克塊消波塊與不同形狀蚵殼人工礁來比較，協克塊消波塊孔洞較大，海水阻尼效果最差；圓形蚵殼人工礁孔洞較小，堤前水波較低且堤內有擾動水流，海水阻尼效果最佳。

五. 由本實驗得知，協克塊消波效果最佳，天允塊一字堆疊、圓弧形堆疊消波效果差不多，三腳空心鼎形塊消波效果最差。各式消波塊，離岸距離較近，消波效果較好。若要以緊密堆疊方式來當離岸堤，以圓形蚵殼人工礁效果最佳；若要以分段堆疊方式來當離岸堤，以45度斜邊排法橢圓形蚵殼人工礁效果最佳。

展望

表5未來可行性發展

實驗原因	實驗目的	展望未來發展與探討
河川攔砂壩減少海岸漂砂量	增加沙灘含沙量	探討蚵殼經海水冲刷損量變化
沙岸沒有海藻減少生態食物鏈	健全海岸生態多樣性	探討蚵殼表面種植海藻可行性
蚵殼人工礁堤內養殖魚類	增加海岸經濟效應	探討蚵殼人工礁堤內養殖場可行性

柒、參考資料

- 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 國中組 地球科學科 岸與浪 - 探討波浪對海岸地形的影響
- 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 國小組 地球科學科 HOLD 住洄瀾灣 ~ 化仁海岸段離岸堤改善可行性之探究
- 海浪週期表取自 中央氣象局全球資訊網 <http://www.cwb.gov.tw>
- 科技大觀園 水波物語2002/12/18盛博納 | 自由撰稿人 <https://scitechvista.nat.gov.tw>
- 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 國小組 物理學科 水塔超人震得住 - 液體阻尼器的防震研究。
- 中華民國第 48 屆中小學科學展覽會 國小組 自然科 「岸」藏玄機 ~ 探討在不同條件下離岸堤的作用。