中華民國第54屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　地球科學科

佳作

030507

當海浪遇上陸地

－各式堤防對海岸流沙量的影響

學校名稱：新竹縣立成功國民中學

作者：	指導老師：
國一 陳靖騏	羅敏慈
國一 蕭力夫	蔡世慧
國一 藍柏皓	

關鍵詞：地貌的平衡、海岸流沙量

當海浪遇上陸地-各式堤防對海岸流沙量的影響

摘要

我們以新竹外海的新月沙灣作爲研究對象，實地勘查測量沙灣地形，並將其測量數值縮小爲 89 倍，作爲實驗的場地大小。我們選用不同種類的堤防，如:消波塊、離岸堤及蛇籠等，並以不同的排列方式進行流沙量測量。我們發現以消波塊一字型排法的流沙量最少，複合式排法(消波塊+蛇籠)與蛇籠八字型排法所造成的流沙量次之。

消波塊具有消波之效果，但長時間使用的情況下，反而會有加速海岸沙量掏空之問題，反之，蛇籠由於富於撓曲性，當海水將沙岸刷深時，蛇籠憑藉其本身的重量而自動變位下沈，可達到防止水流沖刷淘深沙岸之目的。考量此兩點敘述，可改用蛇籠八字型取代單純只使用消波塊的方法。

壹、實驗動機

有一次去南寮海邊的新月沙灣玩水，看到有一塊一塊的水泥塊，查了資料後，才知道排列在沙岸上的水泥塊被稱爲「消波塊」－具有保護沙岸的沙土不流失的功能。後來又看到關於消波塊會對生態環境造成破壞的議題報導，其內容主要是說要提倡自然堤防工法，利用一些廢棄物及石頭組合起來的「堤防」來取代消波塊的使用。於是我們想藉此次科展的實驗結果，整理歸納出消波塊與自然堤防的優缺點，並模擬新月沙灣的地形，找出最適合的堤防排列方式。

貳、研究目的

一、 消波塊排列方式對沙灘流沙量之影響

(一) 探討消波塊以一字型排列方式對沙灘流沙量之影響。

(二) 探討消波塊以八字型排列方式對沙灘流沙量之影響。

(三) 探討消波塊以九宮格型排列方式對沙灘流沙量之影響。

二、 不同蛇籠排列方式對沙灘之流沙量影響

(一) 探討蛇籠排成一字型對沙灘流沙量之影響。

(二) 探討蛇籠排成八字型對沙灘流沙量之影響。

三、 探討離岸堤(樹枝)對沙灘之流沙量影響

(一) 探討離岸堤(樹枝)排成一字型對沙灘流沙量之影響。

(二) 探討離岸堤(樹枝)排成八字型對沙灘流沙量之影響。

四、 各類堤防及排列方式對沙灘流沙量之影響比較。

五、 模擬新月沙灣的地形，找出最適合的堤防排列方式及種類。

參、實驗器材

木箱	水 / 沙子	消波塊模型
水管	蛇籠(彈珠/纖維網)	離岸堤(樹枝)
拉坏機(起波器)	帆布	電腦
	麥克筆	釘槍
	尺	量角器
	投影片	

以下爲組裝完成圖

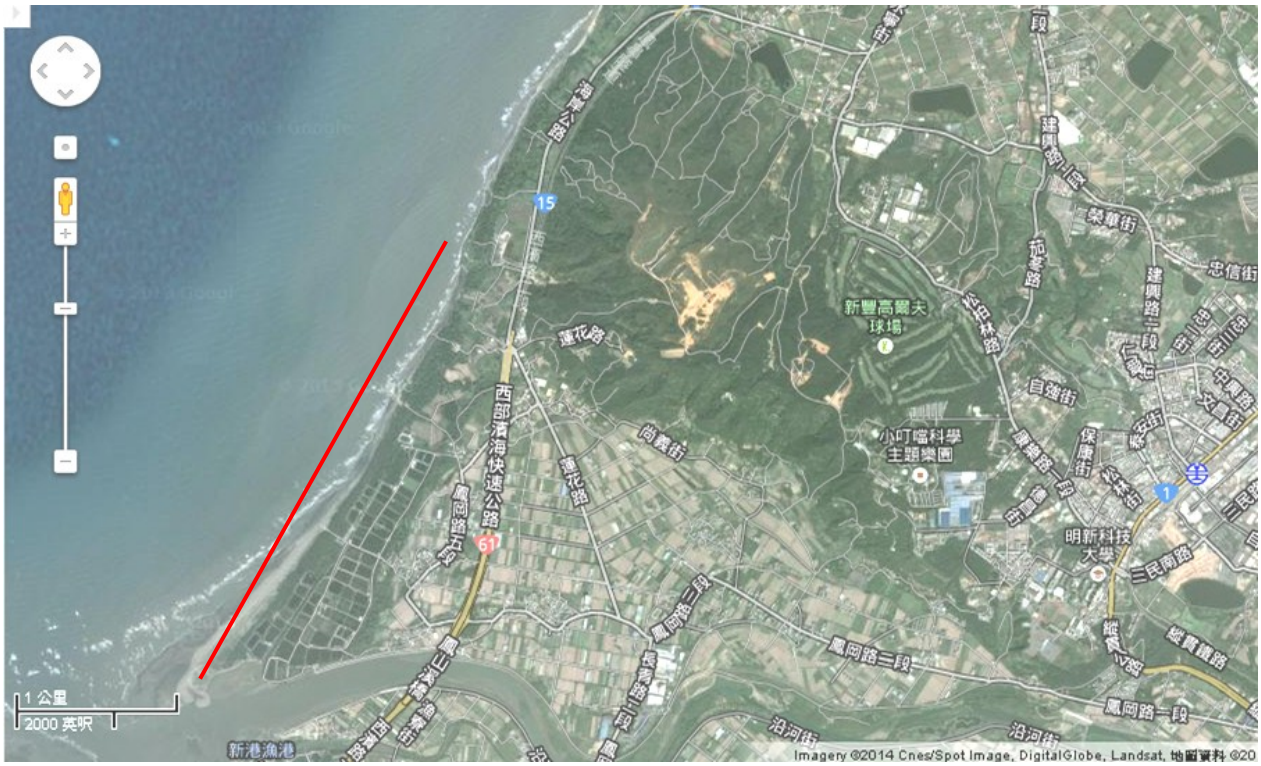
肆、實驗方法及流程

一、模擬新竹外海-新月沙灣之沿岸沙灘地形

(一) 利用衛星地圖方式推估新月沙灣總長度

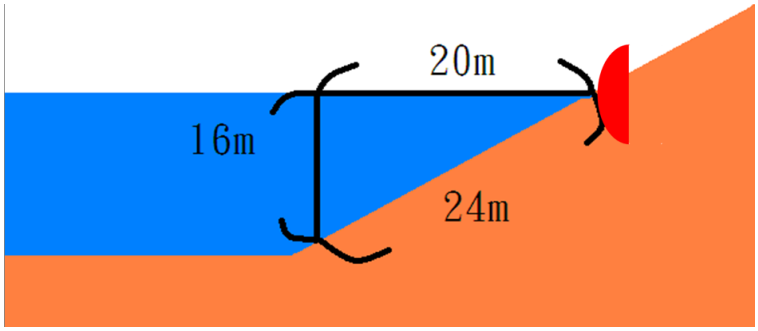
我們利用 google 的衛星地圖來進行新月沙灣的長度推測，參考新竹縣行政區域鄉鎮劃分，以新豐鄉及竹北市交界為起點，往南延伸至至新竹縣與新竹市交界處，紅色線段為我們所選定的沙灣海岸長度，並以比例尺方式進行計算。結果為：

3 (紅色線段長÷比例尺長度) × 1 公里(比例尺) ≒ 3 公里 ≒ 3000(公尺)



(二) 實地探勘，利用數學方式估算沙灘之傾斜程度，並等比例縮小作為實驗裝置。

我們選擇以新月沙灣某一段落的海岸沙灘長度作為測量，下圖為測量比例尺的方法。紅色半圓體為量角器，可測出圖中直角三角的最小角角度，加上底邊長度，便可推算出三邊長度為底邊長度為 20m，而高為 16m 及斜邊 24m，我們將其比例縮小 89 倍，作為實驗裝置。



(三) 以新月沙灣的沙子作為實驗用的沙子。

二、起波器製作

(一) 利用木板及拉坯機組裝成起波器。

(二) 調整起波器轉速爲 20 圈/1 分，以粗鐵絲綁在拉坯機側面的控制桿上並用熱融膠固定，另一端以鐵絲綁於牆壁上，固定住控制桿。

三、不同消波塊排列方式對沙灘之流沙量影響。

(一) 將 50 個消波塊分別排列成一字型、九宮格型及八字型。

一字型	九宮格型	八字型

(二) 維持起波器轉速爲 20 圈/1 分，計時 30 分鐘。

(三) 以網格圖的格子數量記錄實驗前後的沙量高度變化。

(四) 每次實驗時間爲 30 分鐘，紀錄沙量變化曲線。

(五) 回復起始沙量高度後，再進行一次實驗，共重複 3 次實驗。

四、不同蛇籠排列方式對沙灘之流沙量影響。

(一) 將 12 個蛇籠分別排成一字型及八字型。

一字型	八字型

(二) 維持起波器轉速爲 20 圈/1 分，計時 30 分鐘。

(三) 以網格圖的格子數量記錄實驗前後的沙量高度變化。

(四) 每次實驗時間爲 30 分鐘，紀錄沙量變化曲線。

(五) 回復起始沙量高度後，再進行一次實驗，共重複 3 次實驗。

五、離岸堤(樹枝)對沙灘之流沙量影響。

(一) 將 100 根樹枝用橡皮筋綁好，放到沙灘上成一字型及八字型，並用鐵絲將它吊在掃把的柄上，用以固定樹枝在沙灘上的位置。

八字型	一字型

(二) 維持起波器轉速爲 20 圈/1 分，計時 30 分鐘。

(三) 以網格圖的格子數量記錄實驗前後的沙量高度變化。

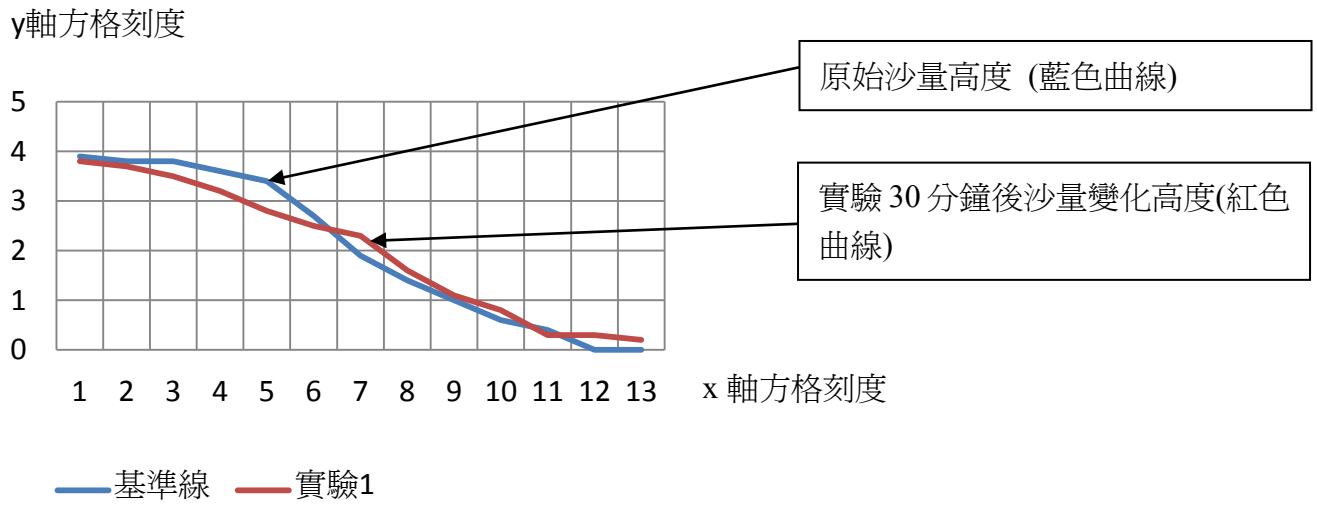
(四) 每次實驗時間爲 30 分鐘，紀錄沙量變化曲線。

(五) 回復起始沙量高度後，再進行一次實驗，共重複 3 次實驗。

六、 爲了提高實驗精確度，我們每做完一組實驗就會放水一次，而做完三組，就會將實驗後的沙子烘乾後在進行下一組實驗條件。

七、實驗紀錄方式

(一) 網格圖記錄 (每一小格爲邊長 3 公分的正四邊形)



(二) 高度測量方式

將尺放在網格旁，以尺上的刻度換算成格數，並記錄。

(三) 沙量流失量推算方法

1. 因受限於實驗器材，無法實際測量出沙子的重量，故以網路所搜尋獲得的數據作爲推算流沙量之基準，以 1 立方公尺的濕海沙重量爲 2000kg 作爲推算。

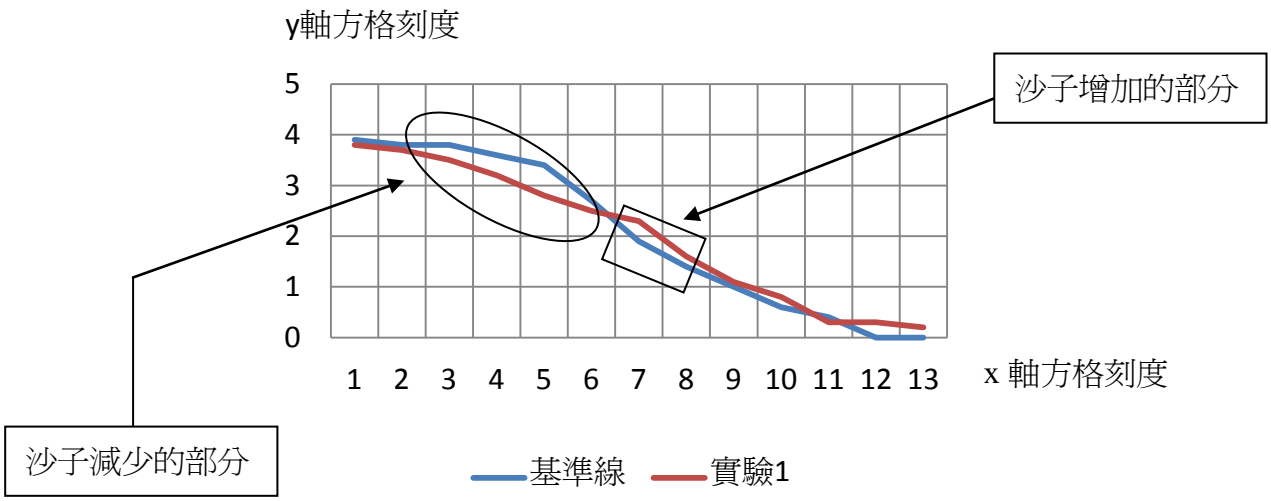
2. 流沙量推算方法如下

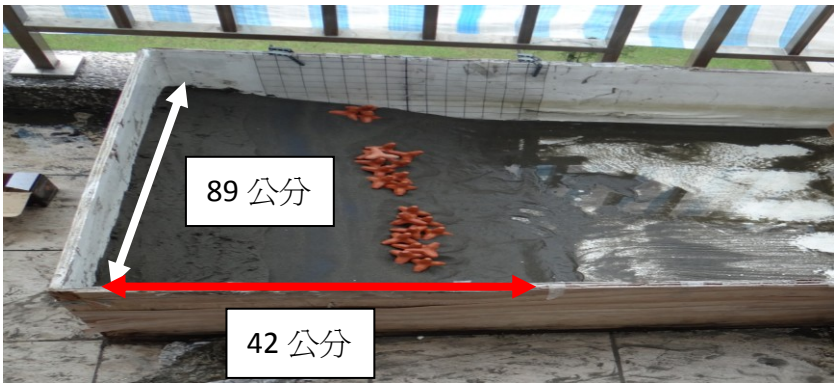
(以沙岸曲線高度下降的部分減去高度增加的部分) × 3 (格子一格高 3 公分)

× 89 公分 (箱子的寬，也就是模擬海岸線的長度) × 42 公分 (沙灘的長度)

÷ 1000000 (將單位立方公分換算爲立方公尺)

× 2000 (1 立方公尺的濕沙重 2000kg)

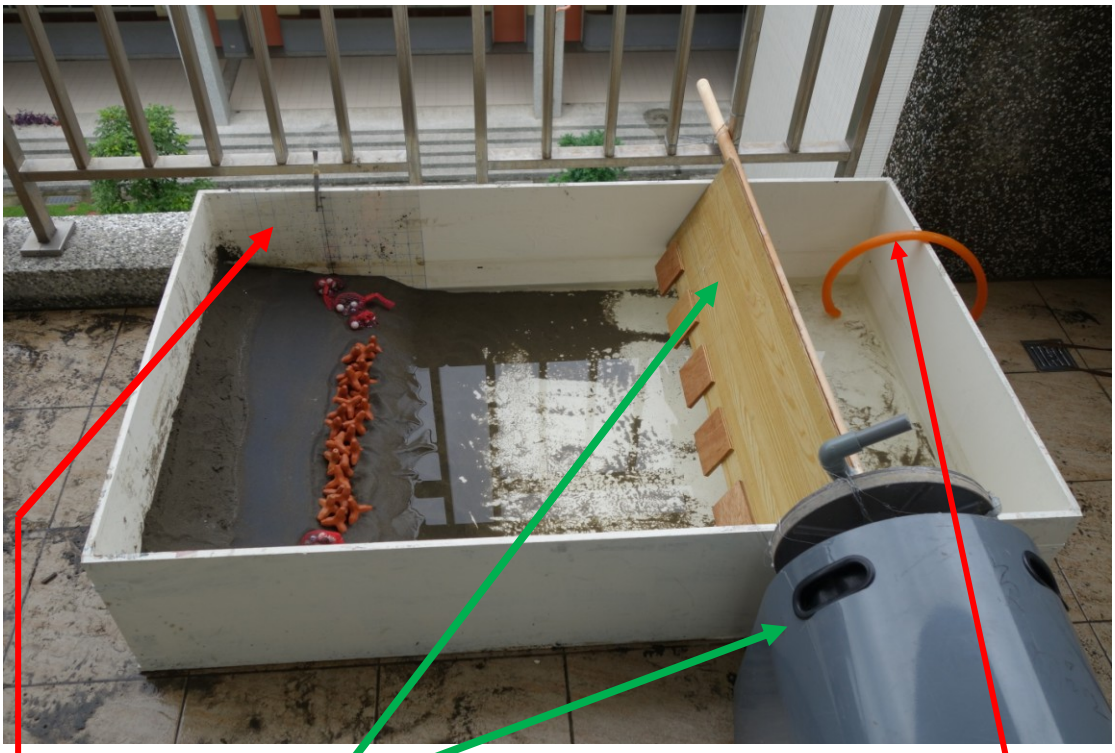




伍、實驗成果

一、模擬新月沙灣的地形，找出最適合的堤防種類

我們先把網格狀投影片插入旁邊，再將由新月沙灣取得之沙子放入木箱後，然後放水至水面高度為 8 公分，並分別將不同種類的堤防，放入實驗裝置中，進行實驗。



二、不同消波塊排列方式對沙灘流沙量之影響。

我們以固定水深為 8cm，並以 50 個消波塊為固定數量，分別排列成一字型、八字型及九宮格型等三種排列方式，並以網格狀投影片紀錄沙灘流沙量前後的地形變化，統計整理於表一，藉以探討沙灘流沙量的多寡。(每一次的實驗紀錄數據於表二、表三、表四，並繪製成曲線圖為圖一、圖二、圖三) 。

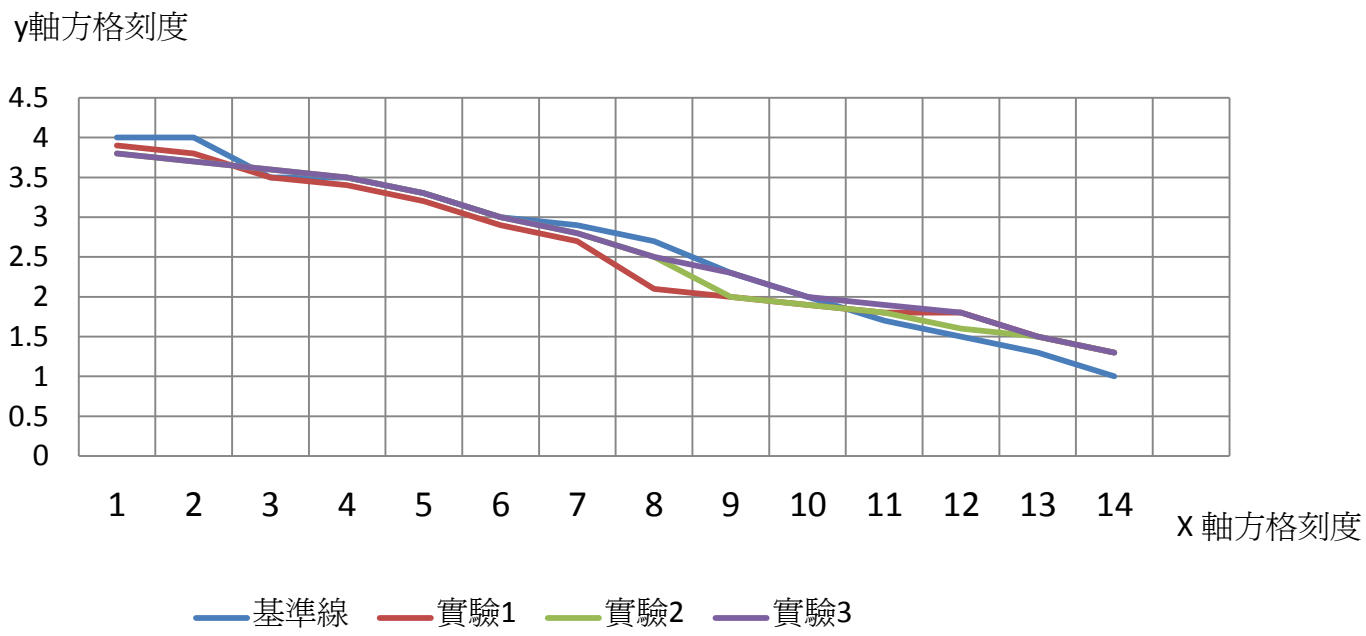
由此三種實驗方式的流沙量地形曲線圖變化，我們可以推測當消波塊以九宮格型排法時所流失的沙子最多，而以八字型排法次之，沙量流失最少的則是一字型排法。

表一　各式消波塊排法的流沙量變化比較表

單位(格)	消波塊一字型排法	消波塊八字型排法	消波塊九宮格型排法
實驗 1	-0.9	-0.5	-1.6
實驗 2	-0.4	-2.5	-2.5
實驗 3	-0.2	-1.5	-3.4
平均流沙量	-0.5	-1.5	-2.5

表二　消波塊一字型排法 (固定水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分)

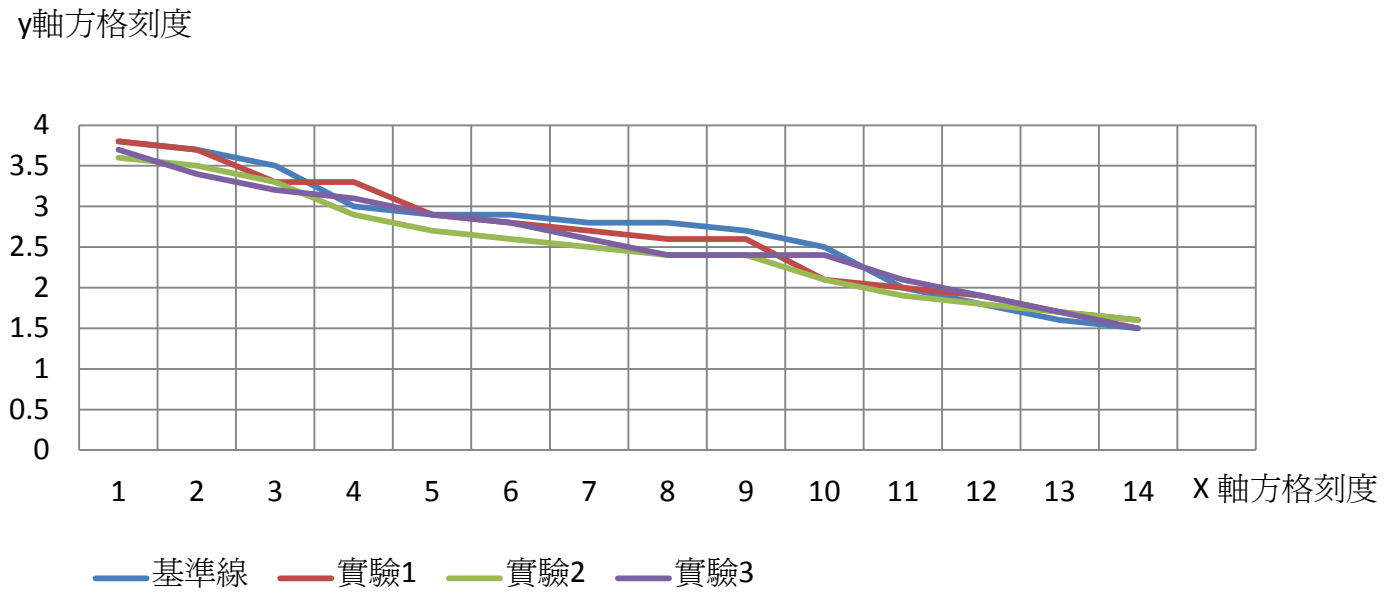
X 軸 / Y 軸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基準線	4	4	3.5	3.5	3.3	3	2.9	2.7	2.3	2	1.7	1.5	1.3	1
實驗 1	3.9	3.8	3.5	3.4	3.2	2.9	2.7	2.1	2	1.9	1.8	1.8	1.5	1.3
實驗 2	3.8	3.7	3.6	3.5	3.3	3	2.8	2.5	2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3
實驗 3	3.8	3.7	3.6	3.5	3.3	3	2.8	2.5	2.3	2	1.9	1.8	1.5	1.3



圖一　沙灘流沙量下降變化曲線圖，消波塊一字型排法，水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分

表三 消波塊八字型排法 (固定水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分)

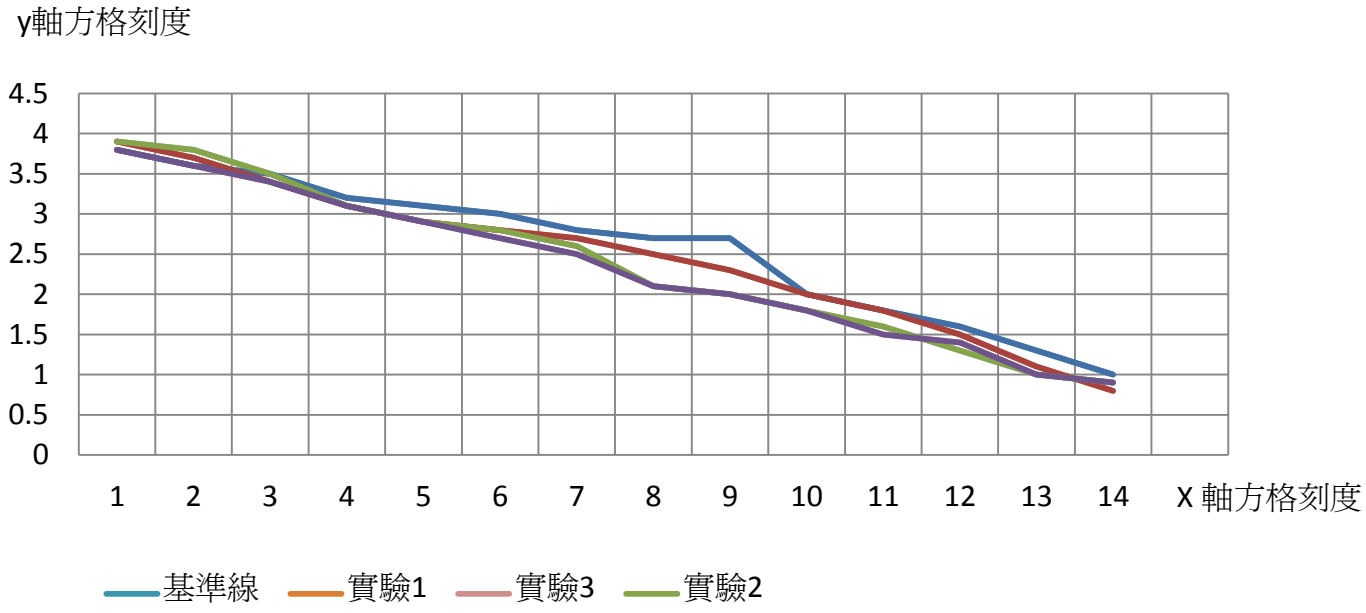
X 軸 / Y 軸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基準線	3.8	3.7	3.5	3	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.5	2	1.8	1.6	1.5
實驗 1	3.8	3.7	3.3	3.3	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.1	2	1.9	1.7	1.6
實驗 2	3.6	3.5	3.3	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.4	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6
實驗 3	3.7	3.4	3.2	3.1	2.9	2.8	2.6	2.4	2.4	2.4	2.1	1.9	1.7	1.5



圖二 沙灘流沙量下降變化曲線圖，消波塊八字型排法，水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分

表四 消波塊九宮格型排法 (固定水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分)

X 軸 / Y 軸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基準線	3.8	3.6	3.5	3.2	3.1	3	2.8	2.7	2.7	2	1.8	1.6	1.3	1
實驗 1	3.9	3.7	3.4	3.1	2.9	2.8	2.7	2.5	2.3	2	1.8	1.5	1.1	0.8
實驗 2	3.9	3.8	3.5	3.1	2.9	2.8	2.7	2.5	2.3	2	1.8	1.5	1.1	0.8
實驗 3	3.8	3.6	3.4	3.1	2.9	2.7	2.5	2.1	2	1.8	1.5	1.4	1	0.9



圖三 沙灘流沙量下降變化曲線圖，消波塊九宮格型排法，水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分

三、不同蛇籠排列方式對沙灘流沙量之影響。

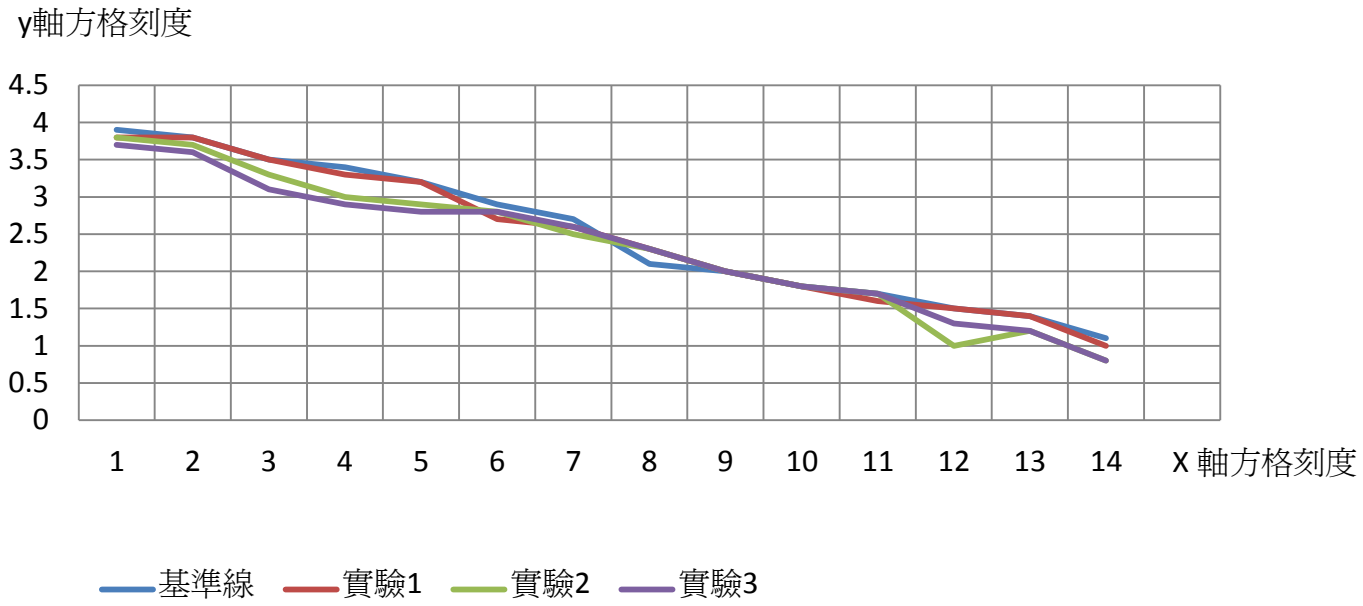
我們以纖維網及彈珠製作成蛇籠，固定水深爲 8cm，以 12 個蛇籠分別排列成一字型及八字型方式，並以網格狀投影片紀錄沙灘流沙量前後的地形變化，統計整理於表五，藉以探討沙灘流沙量的多寡。(每一次的實驗紀錄數據於表六、表七，並繪製成曲線圖爲圖四、圖五) 。由此兩項實驗結果，我們可看出一字型的蛇籠所造成流沙量多於八字型排法的蛇籠方式。

表五 各式蛇籠排法的流沙量變化比較表

單位(格)	蛇籠一字型排法	蛇籠八字型排法
實驗 1	-0.5	-0.8
實驗 2	-2.6	-0.9
實驗 3	-2.1	-0.8
平均流沙量	-1.7	-0.8

表六 蛇籠一字型排法 (固定水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分)

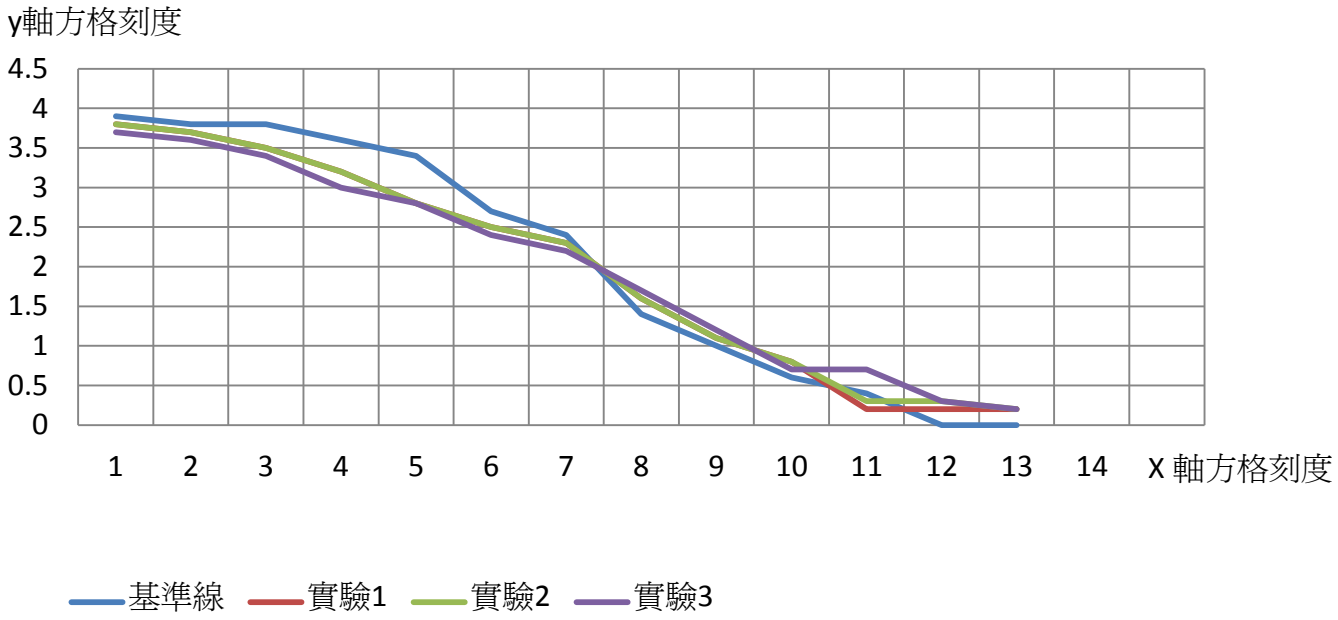
X 軸 / Y 軸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基準線	3.9	3.8	3.5	3.4	3.2	2.9	2.7	2.1	2	1.8	1.7	1.5	1.4	1.1
實驗 1	3.8	3.8	3.5	3.3	3.2	2.7	2.6	2.3	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1
實驗 2	3.8	3.7	3.3	3	2.9	2.8	2.5	2.3	2	1.8	1.7	1	1.2	0.8
實驗 3	3.7	3.6	3.1	3.1	3	2.8	2.6	2.1	2	1.8	1.7	1.3	1.2	0.8



圖四 沙灘流沙量下降變化曲線圖，蛇籠一字型排法，水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分

表七　蛇籠八字型排法　(固定水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分)

X 軸 / Y 軸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基準線	3.9	3.8	3.8	3.6	3.4	2.7	2.4	1.4	1	0.6	0.4	0	0	0
實驗 1	3.8	3.7	3.5	3.2	2.8	2.5	2.3	1.6	1.1	0.8	0.2	0.2	0.2	0
實驗 2	3.8	3.7	3.5	3.2	2.8	2.5	2.3	1.6	1.1	0.8	0.3	0.3	0.2	0
實驗 3	3.7	3.6	3.4	3	2.8	2.4	2.2	1.7	1.2	1	0.7	0.3	0.2	0



圖五　沙灘流沙量下降變化曲線圖，蛇籠八字型排法，水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分

四、不同離岸堤(樹枝)排列方式對沙灘流沙量之影響。

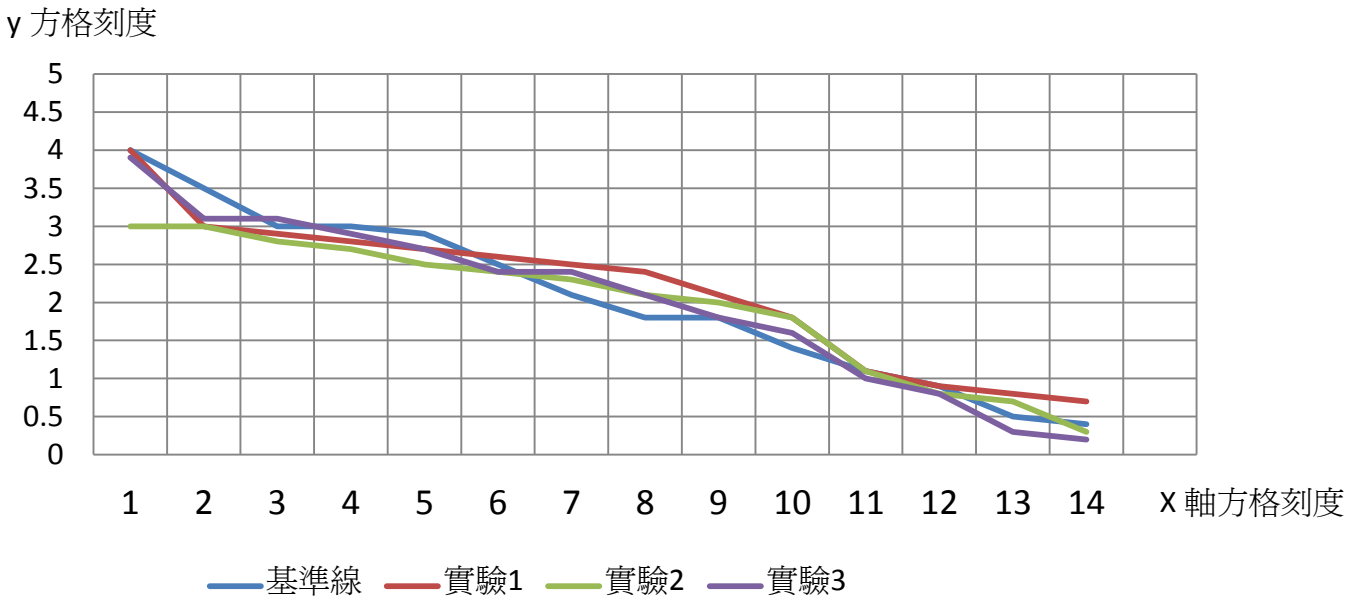
我們以離岸堤作爲堤防的種類，固定水深爲 8cm，以樹枝分別排列成一字型及八字型方式，並以網格狀投影片紀錄沙灘流沙量前後的地形變化，統計整理於表八，探討沙灘流沙量的多寡。(每一次的實驗紀錄數據於表九、表十，並繪製成曲線圖爲圖六、圖七) 。

表八 離岸堤(樹枝)排法的流沙量變化比較表

單位(格)	離岸堤一字型	離岸堤八字型
實驗 1	-1.1	-1.0
實驗 2	-1.1	-1.7
實驗 3	-1.8	-1.8
平均流沙量	-1.3	-1.5

表九 離岸堤(樹枝)一字型 (固定水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分)

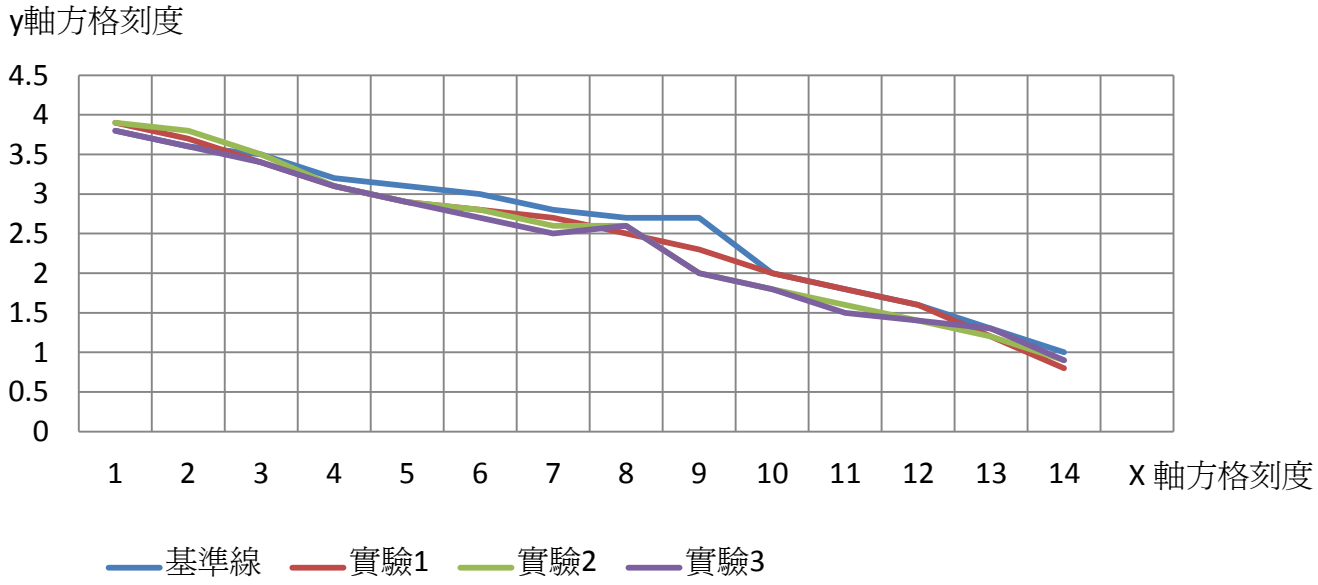
X 軸 / Y 軸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基準線	4	3.5	3	3	2.9	2.5	2.1	1.8	1.8	1.4	1.1	0.9	0.5	0.4
實驗 1	4	3	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.1	1.8	1.1	0.9	0.8	0.7
實驗 2	3	3	2.8	2.7	2.5	2.4	2.3	2.1	2	1.8	1.1	0.8	0.7	0.3
實驗 3	3.9	3.1	3.1	2.9	2.7	2.4	2.4	2.1	1.8	1.6	1	0.8	0.3	0.2



圖六 沙灘流沙量下降變化曲線圖，離岸堤一字型排法，水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分

表十 離岸堤(樹枝)八字型 (固定水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分)

X 軸 / Y 軸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基準線	3.8	3.6	3.5	3.2	3.1	3	2.8	2.7	2.7	2	1.8	1.6	1.3	1
實驗 1	3.9	3.7	3.4	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2	1.8	1.6	1.2	0.8
實驗 2	3.9	3.8	3.5	3.1	2.9	2.8	2.6	2.5	2.5	1.8	1.6	1.4	1.2	0.9
實驗 3	3.8	3.6	3.4	3.1	2.9	2.7	2.8	2.4	2.4	1.8	1.5	1.7	1.3	0.9



圖七 沙灘流沙量下降變化曲線圖，離岸堤(樹枝)八字型，水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分

五、比較消波塊與自然堤防對流沙量之影響比較。

我們將不同種類及排法的堤防所造成之流沙量，以方格高度表示，整理於表十一，並換算成質量單位，以討論流沙量的變化。

表十一 不同種類及排列方式的流沙量變化比較表

堤防種類 排列方式	消波塊 一字型	消波塊 八字型	消波塊 九宮格型	蛇籠 一字型	蛇籠 八字型	離岸堤 一字型	離岸堤 八字型
平均流沙量 (格子數)	-0.5	-1.5	-2.5	-1.7	-0.8	-1.3	-1.5
效果評估	最佳		最差		次佳		

1. 以每立方公尺的濕沙約重 2000kg，乾沙約 1700kg 作爲基準。

2. 以消波塊作爲提防時

(1) 以一字型排法，平均約流失

$0.5\times3\times89\times42\div1000000\times2000 \fallingdotseq 11.2$ kg 的濕沙

(2) 以八字型排法，平均約流失

$1.5\times3\times89\times42\div1000000\times2000 \fallingdotseq 33.6$ kg 的濕沙

(3) 以九宮格型排法，平均約流失

$2.5\times3\times89\times42\div1000000\times2000 \fallingdotseq 56.1$ kg 的濕沙

3. 以蛇籠作爲提防時

(1) 以一字型排法，平均約流失

$1.7\times3\times89\times42\div1000000\times2000 \fallingdotseq 38.1$ kg 的濕沙

(2) 以八字型排法，平均約流失

$0.8\times3\times89\times42\div1000000\times2000 \fallingdotseq 17.9$ kg 的濕沙

4. 以離岸堤(樹枝) 爲提防時，

(1) 以一字型排法，平均約流失

$1.3\times3\times89\times42\div1000000\times2000 \fallingdotseq 29.2$ kg 的濕沙

(2) 以八字型排法，平均約流失

$1.5\times3\times89\times42\div1000000\times2000 \fallingdotseq 33.6$ kg 的濕沙

由以上可以看出 「**消波塊一字型排法的流沙量是最少的，而八字型排法的蛇籠次之，消波塊九宮格型排法減緩流沙量的效果是最差的**」。

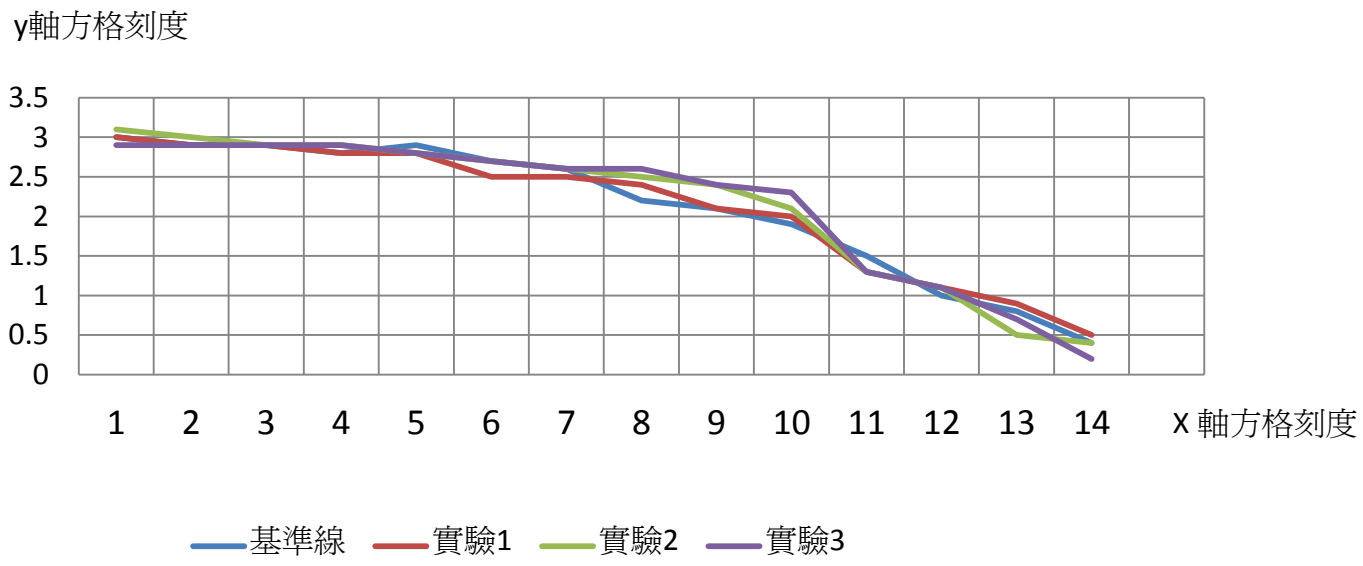
六、複合式組合對流沙量之影響

在我們的實驗中消波塊是以 50 個爲一單位，而蛇籠則是以 12 個爲一單位，因此以 $\frac{25}{50}$ 個消波塊+$\frac{6}{12}$ 個蛇籠會等於一大單位。我們爲了降低消波塊的使用數量，並參考表十一的實驗結果，選用 6 個蛇籠與 25 個消波塊混合使用。排列方式爲圖八，中間是消波塊一字型排法，而蛇籠則位在在消波塊左右兩側，呈八字型排列方式。結果整理爲表十二、表十三，並繪製成曲線圖爲圖九。

圖八 複合式組合排列方式

表十二　消波塊一字形排法+蛇籠八字型排法　(固定水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分)

X 軸 / Y 軸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基準線	3	2.9	2.9	2.8	2.9	2.7	2.6	2.2	2.1	1.9	1.5	1	0.8	0.4
實驗 1	3	2.9	2.9	2.8	2.8	2.5	2.5	2.4	2.1	2.1	1.3	1.1	0.5	0.5
實驗 2	3.1	3	2.9	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.2	1.3	1.1	0.5	0.4
實驗 3	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.4	1.9	1.3	1.1	0.7	0.2



圖九 沙灘流沙量下降變化曲線圖，消波塊一字形排法+蛇籠八字型排法，水深 8cm，起波器轉速 20 圈/1 分

表十三　消波塊一字形排法+蛇籠八字型排法離流沙量變化表

實驗	單位(格)
實驗 1	-0.5
實驗 2	-0.7
實驗 3	-0.9
平均流沙量	-0.7

同樣的，我們以每立方公尺的濕沙約重 2000kg，乾沙約 1700kg 作爲基準。計算流沙量平均約流失爲：0.7x3x89x42÷1000000x2000 ≒ 15.7 kg 的濕沙，並將本實驗所有的提防種類及排列方式之流沙量結果整理爲表十四。

表十四 不同提防種類及排列方式的流沙量變化比較表

堤防排列方式	消波塊一字型	消波塊八字型	消波塊九宮格	蛇籠一字型	蛇籠八字型	離岸堤一字型	離岸堤八字型	消波塊一字型+蛇籠八字型
平均流沙量(格子數)	-0.5	-1.5	-2.5	-1.7	-0.8	-1.3	-1.5	-0.7
平均流失量(kg)	11.2	33.6	56.1	38.1	17.9	29.2	33.6	15.7
效果評估	最佳		最差					次佳

由此數據我們可以看出複合式排列方式(消波塊一字型+蛇籠八字型)的成效介於消波塊一字型及蛇籠八字型。

陸、結論

一、 一字型排法的消波塊在流沙量的損失為最少，複合式排列方式(消波塊+蛇籠)效果次佳，效果第三的是蛇籠八字型。

二、 雖然消波塊以一字型排法的效果最好，但因有環保、破壞生態及影響美觀的疑慮及問題，所以部分使用消波塊的地區，也可以用一些八字型排法的蛇籠取代消波塊。

三、 改用複合式組合方式，平均流沙量為 - 0.7 格 。若以每立方公尺的濕沙約重 2000kg，乾沙約 1700kg 作為基準，則平均流失量為 15.7 kg，與蛇籠八字型的排列方式所測得流沙量的結果差異不大。

四、消波塊具有消波之效果，但長時間使用的情況下，反而會有加速海岸沙量掏空之問題，反之，蛇籠由於富於撓曲性，當海水將沙岸刷深時，蛇籠憑藉其本身的重量而自動變位下沈，可達到防止水流沖刷淘深沙岸之目的。考量此兩點敘述，可改用蛇籠八字型取代單純只使用消波塊的方法。

柒、未來展望

一、離岸堤(樹枝)在我們目前的實驗中並沒有達到最佳的效果，未來可嘗試其他不同的排列方式，以及樹枝數量及粗細，探討其流沙變化量。

二、進行放大實驗規模並模擬海岸線長度，拉長測試時間，可更明確推論適合新月沙灣的堤防方式。

三、現在有一些縣市已經意識到消波塊的環保問題，所以開始採用其他種類的堤防。未來可以再多加參考目前其他國家現行的堤防使用狀態及方式，並與台灣現行狀況比較。

捌、參考資料

1. 許榮中（2007）。海岸開發與保育。臺北市：中興工程基金會。
2. 水村和正（1999）。海岸海洋工程學。臺北市：國立編譯館。
3. 黃議德（2002）。海岸巨人-----消波塊。國立海洋科技博物館籌備處簡訊，18。2002 年 4 月 15 日，取自：http://120.127.252.17/chhtml/downdet/42/1/26/92
4. 郭金棟（2003）。海岸整治與生態工法應用之案例介紹。2003 年生態工法人才培訓講習會，取自：http://eem.pcc.gov.tw/eemadm/files/product_1/ws_18/7.pdf.

【評語】030507

優點：

主題符合地區性，有實際實驗設計，結論也符合一般理論。

缺點：

實驗步驟要描述清楚。

建議改進事項：

有實際實驗很好，但可以再加上文獻上的現場數據 (不同海域也可以參考)。另外，實驗的次數太少，可以多做幾次再平均，結果會更有說服力。