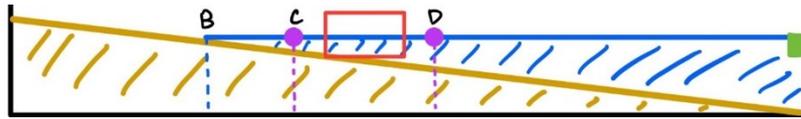


2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：影像分析消波塊之護岸效果
一、摘要
為了保護港口等海岸設施，多處可見消波塊大量放置在海岸上，目前已有 700 公里以上的海岸線擺滿消波塊，這長期下來對生態和海岸地形都造成嚴重影響。本研究藉由三種常見消波塊的擺放方式，來討論消波塊的消波效果與淘沙能力，最終提出一種既能消波又能減少淘沙情況的方案。研究結果顯示，若以單排擺放方式，推薦使用三腳鼎塊，其消波效果為 59.7%，但淘沙情況卻是其他類型的三分之一。若以雙層緊密擺放，最佳效果為「三和塊(前) + 菱形塊(後)」，消波效果達到 83.9%，比單排擺放三腳頂塊，消浪效果更佳且淘沙情況也有所改善。
二、探究題目與動機
臺灣四面環海，目前有超過一半的海岸線被水泥消波塊佔據，長期下來發現對生態和海岸地形都有嚴重影響 ^{[1][2]} 。根據陳慶財(2015) 的調查報告指出，先前的護岸措施雖然可以減緩海浪對岸的沖擊，但相對的容易滯留垃圾於消波塊間隙無法清理、消波塊也會因海浪撞擊而破碎沉入海底，且無法永續利用，甚至安置好一顆消波塊就要三萬台幣 ^{[4][5][6]} ，所以說會有環境與經濟的問題。 雖然現有的消波塊研究主要聚焦於環境保護，試圖通過改良或設計新型消波塊來緩解其對生態的負面影響 ^{[7][8]} ，但現今舊型消波塊仍遍佈海岸，要拆卸又是一筆不斐的價格，且台灣目前沒有放置這些廢棄消波塊的能力。因此本研究則關注於舊型消波塊的影響，探討通過改變消波塊的擺放方式，提供一種既具有消波效果又較不容易產生淘沙情況的方式，最終希望能提供更為有效的防浪建議。
三、探究目的與假設
一、菱形塊、三腳鼎塊和三和塊不同擺放方式的消波效果比較。 二、三種消波塊不同擺放方式的淘沙情況。 三、討論並提供既能防浪、淘沙情況也不明顯的消波塊擺放建議。
四、探究方法與驗證步驟
根據高忠人(2018) 所描述的消波塊大小，我們以原始比例等比縮小 22.2 倍，並選用台灣最常見的三種消波塊，包括菱形塊、三腳鼎塊以及三和塊 ^[6] 。這些消波塊使用卜特蘭第 I 型水泥灌模製作，旨在模擬真實海岸線的情況。

圖一 左：菱形塊；中：三角鼎塊；右：三合塊



圖二 模擬海岸剖面示意圖

本研究以長型塑膠收納箱來模擬海岸，以實際海岸線縮小 22.2 倍做為模擬數據。參考石再添(1981) 紀錄的台灣西部南段沙質灘海岸，實驗中的沙岸以長 95 cm、寬 45.5 cm、高 20 cm 堆成坡度 12 度的沙岸，再添加 14 cm 深的水，並在距離濱線 11.5 cm(C) 與 31.5 cm(D) 之間擺放消波塊，模擬成實際長 21.1 m、寬 10.1 m、高 4.4 m 且海水深 3.1m 的沙岸樣貌，而消波塊擺放在距離平均濱線的 2.6 m 至 7 m 之間^[11]。在模擬沙岸的(C) 和(D) 處擺放兩個由釣魚線穿過保麗龍球做成的浮標，作為測量的基準。

圖二顯示模擬沙岸的最高處(A) 相對現地約為 4.5 m，距離海平面(B) 約 6.4 m。消波塊被擺放在距離 A 點 9.1 至 13.6 m 處。而為了造出符合台灣西部南段沙質灘海岸平均浪高，使用 Jebao SCP-90 交叉流量泵波形機作為造浪工具，並在功能選擇上，採用經典波形、流量最大、速度最快的設定，這樣能確保有效地造成 4.5cm 的浪高，即等比例放大後為實際浪高 1 m。

分析影片選用 Tracker 軟體追蹤測量點(C) 和(D) 的移動，接著將得到的數據以 python 程式計算平均波峰和平均波谷，藉此計算平均浪高，最終比較消波效果。

因現有文獻無討論消波效果的計算公式，本研究中自製消波公式來作為本實驗的浪高比較依據。公式以 $(D-C)/D * 100\%$ 來計算，其中(D-C) 為消波塊前後的浪高差，除以消波塊前(D) 的浪高得到衰減的比例，最終再轉換成百分比。

● 實驗過程

一、消波塊擺放方式對沙岸的影響

(一) 距離塑膠箱 30 cm 處架設錄影設備，並以每一種消波塊的單排、雙排緊密、雙排鬆散作為操作變因。

(二) 造浪器持續造浪 10 分鐘並拍攝影片，前 3 分鐘為波形穩定期，期間之數據不處理，穩定期結束後再紀錄第 1 分鐘末、第 4 分鐘末和第 7 分鐘末的海浪拍打情況來進行影像分析。

(三) 比較 10 分鐘內消波塊前後浪高的變化程度以及 10 分鐘後的消波塊下陷狀況。

二、三種消波塊混合使用再以不同擺放方式比較

(一) 三種消波塊相互排列作為操作變因。

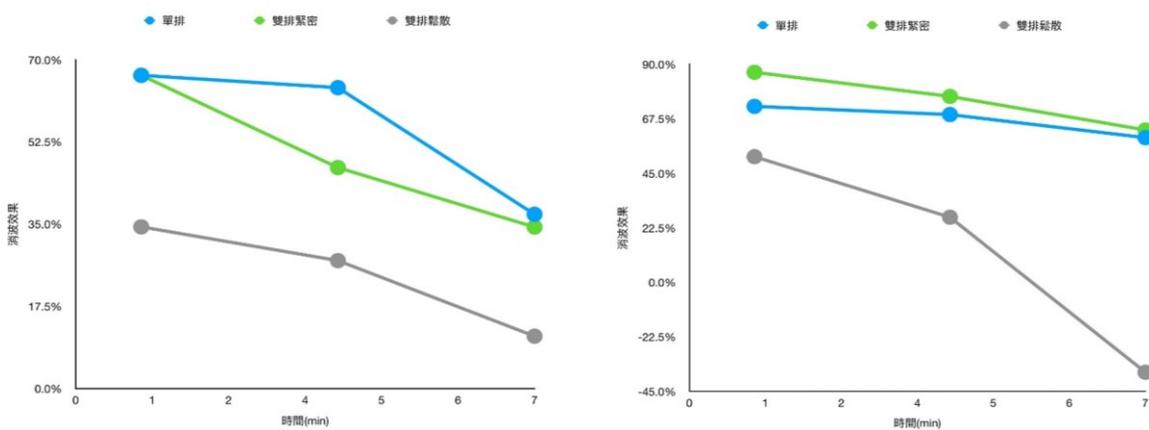
(二) 造浪器持續造浪 10 分鐘並拍攝影片，前 3 分鐘為波形穩定期，期間之數據不處理，穩定期結束後再紀錄第 1 分鐘末、第 4 分鐘末和第 7 分鐘末的海浪拍打情況來進行影像分析。

(三) 比較 10 分鐘內消波塊前後浪高的變化程度。

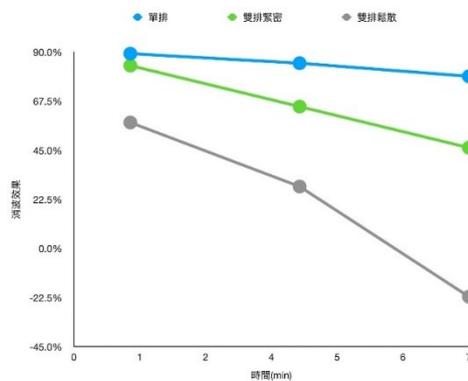
● 實驗結果與討論

一、消波效果比較

(一) 同種消波塊不同擺放方式



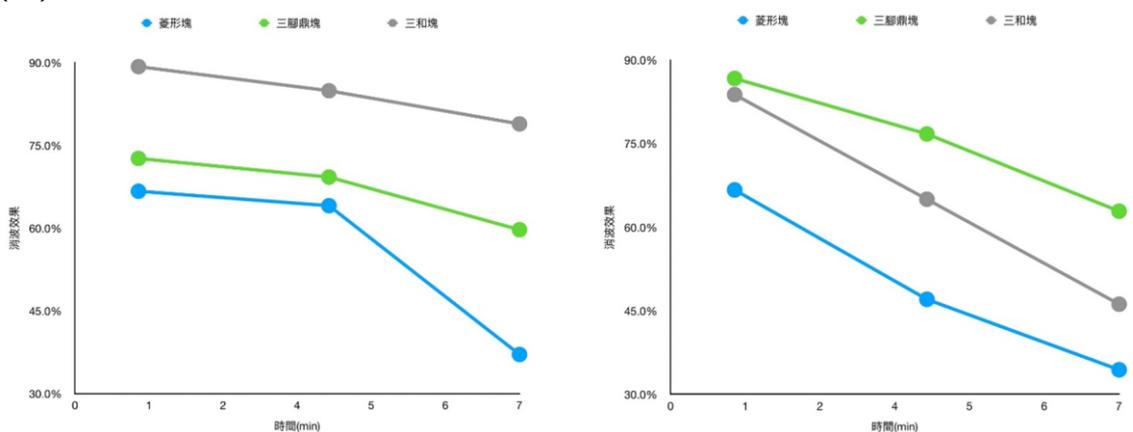
圖三 不同擺放方式隨時間變化的消波效果影響，左：菱形塊；右：三腳鼎塊



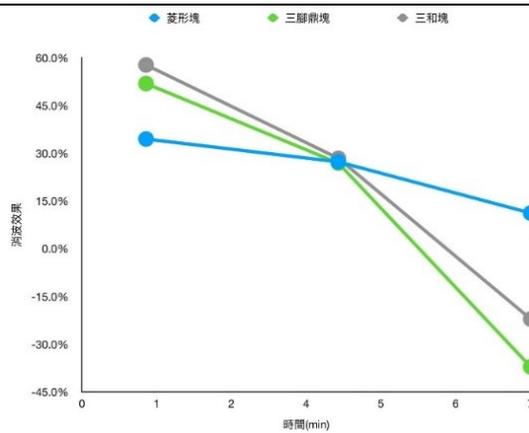
圖四 三和塊不同擺放方式隨時間變化的消波效果影響

同種消波塊中，菱形塊和三和塊的消波效果：單排 > 雙排緊密 > 雙排鬆散，三腳鼎塊的消波效果：雙排緊密 > 單排 > 雙排鬆散。不論何種類型，以單排和雙排緊密擺放效果差異不大，而雙排鬆散擺放的效果最差，此情況可能是由於海浪能夠穿過消波塊之間的縫隙，導致消波效果進一步下降。鬆散的雙層排列無法有效地阻擋海浪，反而使海浪更容易穿過縫隙，影響了整體的消波效果。

(二) 同擺放方式不同消波塊



圖五 擺放不同種消波塊隨時間變化的消波效果影響，左：單排；右：雙排緊密



圖六 雙排鬆散擺放不同種消波塊隨時間變化的消波效果影響

雙排緊密排列時，以三腳鼎塊消波效果最好，菱形塊最差，但三種消波效果的衰減幅度相近。以單排擺放時，三和塊的消波效果最佳。雙排鬆散擺放時，三和塊和三腳鼎塊的消波能力和衰減幅度相近，而且最後都出現消波效果為負，而消波效果為負的情況，是因為兩種消波塊都已經下陷在沙子當中，由於消波塊已經下陷到沙子中，海浪回流時會再次碰撞消波塊，前後浪疊加使後方浪高超過前浪。而菱形塊以雙排鬆散擺放之所以沒有負效果，是因為菱形塊即使下陷仍然突出水面，因此還是有消波效果。

二、三種消波塊混合搭配的消波能力比較

由於研究一發現雙排緊密的消波效果不錯，若前後排使用不同種消波塊時，與前後排使用相同種類消波塊，其消波效果比較如表二。

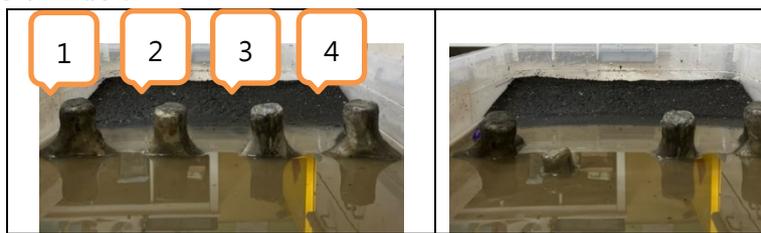
表二 三種消波塊混合搭配的消波能力比較

前	後	1min	4min	7min
菱形塊	菱形塊	66.7%	47.0%	34.4%
	三腳鼎塊	90.1%	85.4%	74.0%
	三和塊	23.6%	-1.6%	-3.9%
三腳鼎塊	三腳鼎塊	86.7%	76.7%	62.9%
	菱形塊	46.0%	36.7%	-21.4%
	三和塊	87.6%	84.2%	58.7%
三和塊	三和塊	83.8%	65.0%	46.2%
	菱形塊	89.5%	85.0%	83.9%
	三腳鼎塊	94.9%	86.9%	72.2%

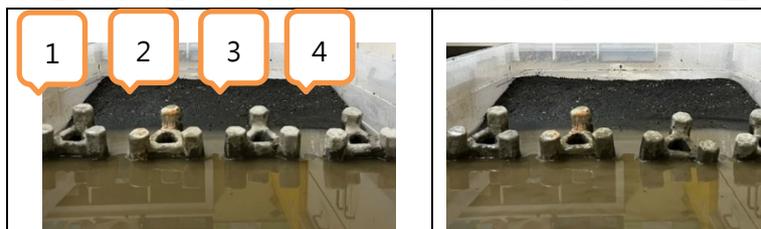
若皆以雙層緊密擺放，其中效果最佳的是「三和塊(前) + 菱形塊(後)」與「三和塊 + 三腳鼎塊」，這顯示三和塊擺在前排，後排混合其餘兩種消波塊的效果皆優，但若前後排都用三和塊效果相比之下較差。當菱形塊在前時，後排搭配三腳鼎塊消波效果達 74%，但若兩者位置互換，三腳鼎塊在前菱形塊在後，消波效果反而是混合搭配中最不佳的。實驗過程中發現菱形塊擺在前時，雖會個別下陷，但不會影響到後面的三腳鼎塊消波。但若反過來三腳鼎塊在前，三腳鼎塊下陷時，後方的菱形塊因為形狀原因會向前滾動，推動前方的三腳鼎塊倒下，造成消波效果最差。菱形塊 + 三和塊也出現反效果，實驗過程中觀察到菱形塊最後會下陷到沙子裡，海浪直接越過，還推動了後方的三和塊，沒辦法達到消波的能力。三腳鼎塊 + 三和塊消波效果中等，實驗發現三和塊容易卡在三腳鼎塊下方的縫隙中，降低了

海浪從下方穿出的機會。

三、三種消波塊的下陷情形



圖七 菱形塊前後下陷情況，以 2 號菱形塊下陷最為嚴重。



圖八 三腳鼎塊前後下陷情況，1~4 號皆有少量下陷。



圖九 三和塊前後下陷情況，1~4 號皆有明顯下陷，幾乎全被淹沒在水中。

表四 三種消波塊在海浪拍打前後的下陷平均量

	編號	下陷量(cm)	平均下陷量
菱形塊	1	2.73	3.70
	2	9.69	
	3	1.98	
	4	0.41	
三腳鼎塊	1	1.63	1.50
	2	1.16	
	3	1.97	
	4	1.23	
三和塊	1	3.99	4.14
	2	2.48	
	3	4.93	
	4	5.14	

單排擺放三種消波塊皆有淘沙情況，從圖七及表四中可知，三和塊 4 個消波塊皆下陷且下陷幅度最大。三和塊因為最輕且形狀較平，海浪會從下方將沙子捲走，造成嚴重下陷。菱形塊雖然平均下陷量來到 3.7 公分，但圖八中顯示只有編號 2 下陷最多，其餘 3 個只有略為降低而已。三腳鼎塊的下陷量最少，圖九中顯示，消波塊只有略為傾斜並沒有發生菱形塊編號 2 這樣傾倒的情況，這可能是因為三腳鼎塊的三個腳卡在沙子當中，較不容易因淘沙而傾倒。

雖然單排只擺放三和塊的消波效果不錯，但會大幅度導致淘沙的情況，這顯得混合擺放消波塊才是更有效的消波方式，其中「三和塊(前) + 菱形塊(後)」是最推薦的方案，三和塊在前可以消波，而菱形塊在後能降低淘沙的情況，個別菱形塊雖也會傾倒但會被三和塊擋住，維持住一定的消波效果又能減少沙子流失。

若已有的消波塊海岸發生侵蝕要再添加新的第二排消波塊，較不推薦在「菱形塊後添加三和塊」，以及「三腳鼎塊後添加菱形塊」的混合搭配方式，這兩種方案皆會使消波效果為負，還不如直接擺放同種消波塊的效益來的高。

五、結論與生活應用

一、不論何種類型的消波塊，以單排和雙排緊密擺放的消波效果差異不大，而雙排鬆散擺放的效果最差。若以單排擺放，且綜合考量消波能力與淘沙情況，會推薦使用三腳鼎塊。若以雙層緊密擺放，效果最佳的是「三和塊(前) + 菱形塊(後)」與「三和塊 + 三腳鼎塊」，而三腳鼎塊在前菱形塊在後，消波效果反而是最不佳的。

二、單排擺放下，三和塊皆會下陷且下陷幅度最大，三和塊因為最輕且形狀較平，海浪會從下方將沙子捲走，造成嚴重下陷。三腳鼎塊下陷幅度最小，因為三個腳卡在沙子當中，較不容易因淘沙而傾倒。

三、混合擺放「三和塊(前) + 菱形塊(後)」消浪效果佳且淘沙量較小，是最推薦的方案。並且不推薦「菱形塊(前) + 三和塊(後)」，以及「三腳鼎塊(前) + 菱形塊(後)」的混合搭配方式。

參考資料

1. 彭杏珠(2017)。消波塊對海岸傷害有多大？千億稅金殺死寶島美景，多數台灣人不知的3大戰慄真相。遠見雜誌。取自 <https://www.storm.mg/lifestyle/244301?page=1>。
2. 張岱屏(2013)。陷落的海岸線 | 消波塊成為海堤殺手？。財團法人公共電視文化事業基金會。取自 <https://ourisland.pts.org.tw/content/1121>。
3. 陳慶財(2015)。海岸疑不當設置消波塊及水泥堤防。監察院。
4. 鄭明修(2005)。揭穿消波塊的神話 臺灣海岸還需要消波塊來保護嗎？。大自然，86期，36-41。
5. 謝孟穎(2017) 消波塊對海岸傷害有多大？千億稅金殺死寶島美景，多數台灣人不知的3大戰慄真相。遠見雜誌。取自 <https://www.storm.mg/lifestyle/244301?mode=whole>。
6. 林宗儀(2019)。台灣還需要消波塊嗎？。電子資訊達人。取自 <https://electronic.moreptt.com/info/1896464>。
7. 官宜均(2014)。防波堤(和消波塊)景觀改善之研究。行政院農業委員會。
8. 「貝」水一戰！-貝殼轉動定向與自製消波塊之研究。國立科學教育館：中華民國第58屆中小學科學展覽會參展作品專輯(國小組生活與應用科學(二)科 082921)。臺北市：國立科學教育館。
9. 高忠人(2018)。常用混凝土異型塊類型及應用。水利會訊，22期，94-110。
10. 石再添(1981)。台灣西部的剖面地形雨灘沙粒度。國立師範大學地理學研究報告，第七期。
11. 徐如娟等(2006)。生態型海岸保護工法研究。台北市：交通部運研所。