

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組生活與應用科學科

080801

臺北縣永和市永和國民小學

指導老師姓名

莊惠年

吳鳳美

作者姓名

張亦萱

陳威仁

陳威廷

陳筠

陳芬瑋

許庭源

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用學科

組 別：國民小學組

作品名稱：從人工消波塊看自然生態工法

關 鍵 詞：消波塊、頻率、自然生態工法



編 號：

從人工消波塊看自然生態工法

壹、摘要

本研究主要分為三個主要部分，第一部分水波試驗槽、消波塊及自然生態工法護岸模型設計及製作，第二部分以不同頻率、振幅、水深的水波進行沖擊試驗，第三部分為野外案例調查和過去歷史災害資料分析比較。

我們從河岸或海岸觀察各式各樣的人工消波塊，為探討其特性，我們縮小比例製作消波塊模型，利用腳部按摩器的馬達改裝成起波器，實際觀察並紀錄其特性，討論不同頻率、振幅水波，在消波塊的阻擋下，沙岸變動的情形。從期刊雜誌介紹的自然生態工法，瞭解世界水利或大地工程的新趨勢，利用模型實驗探討人工消波塊與自然生態工法的特性；發現各消波塊或自然生態工法護岸均隨頻率、振幅、水深增加而崩塌面積增加，特別設計的自然生態工法護岸兼具消波和生態保育的功能。我們並實際進行野外自然生態、河海工程和水利設施案例調查，提出「與大自然和平共存」、「人非定勝天」、「生態保育」、「生物多樣性」和工程互補的想法，使我們未來環境達到青山長在、綠水長流、魚蝦常駐、人類常遊的境地。

貳、研究動機

去年，我和爸爸開車從台北經蘇澳、花蓮到富里，經過海岸、大橋充滿了各式各樣的人工水泥塊，爸爸告訴我消波塊的作用。開學後回到學校，和老師談起難忘的暑假生活，過去也在自然課中學過相關單元，（三下：水和我們的生活環境；五上：山河大地），我們幾位有興趣的同學，在老師的指導下，進行一系列的蒐集資料、模型設計、實驗討論、和野外調查。瞭解各種人工消波塊對阻擋水波的特性，以及自然生態工法兼具「工程」和「生態保育」的功能。特別是野外調查讓我們深刻體會到，在地狹人稠的臺灣，如何在「生態保育」觀念下，與大自然和平共存，將是未來更重要的努力方向。

參、研究目的

- 一、觀察消波塊的形狀，瞭解其作用。
- 二、設計模型、實驗臺、起波裝置。
- 三、探討各種人工消波塊在不同週期、振幅下的阻波特性。
- 四、蒐集自然生態工法的相關資料及案例。
- 五、比較人工消波塊和自然生態工法的特性。
- 六、野外調查人工消波塊和自然生態工法下的生態差異。
- 七、學習資料蒐集、實驗、討論並加以整理後，培養科學文章或報告方式表達的能力。

肆、研究設備及器材

- 一、消波塊模型、水波試驗槽、起波器（腳部按摩器馬達改裝）。
- 二、水泥、沙、石頭、水邊植物、樹枝。
- 三、細鐵網、刀子、粘土、速乾膠、尺。
- 四、數位相機、野外紀錄本。

伍、研究過程及結果

第一部分：水波試驗槽、消波塊及自然生態工法護岸模型設計及製作

實驗一、水波試驗裝置設計及製作

我們首先經由討論，利用日常生活中的電器或材料改裝，設計出一種可控制頻率和振幅大小的水波試驗裝置，各項組件及功能說明如下表一。

表一、水波試驗裝置各項組件說明

組 件 名 稱	功 能	說 明
1.水波試驗槽	各種消波塊或自然生態工法進行水波衝擊試驗。	利用夾板及壓克力製作成 長 100cm x 寬 60cm x 高 45cm 的水槽
2.馬達	提供水波動力。	利用腳部按摩器，拆解外殼，裝上連桿置入水槽中。
3.電壓調整器	由電壓調整改變水波頻率。	控制波浪的頻率。
4.起波板	不同高度起波板，可產生不同的振幅。	控制波浪的振幅大小。



電壓調整器

馬達



起波板

連桿

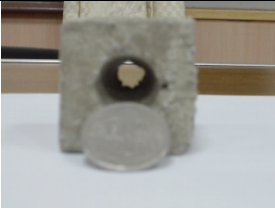


圖一、水波試驗槽裝置

實驗二、消波塊模型設計及製作

我們參考網路、書籍資料和實際觀察河海邊的消波塊形狀，討論後決定製作三種不同形狀的消波塊模型，分別是內圓外方塊、雙 U 型塊和四腳林克塊三種。考慮縮小模型比例尺，灌入混凝土後重覆使用，我們特地在家長的安排下參觀機械廠，讓我們大開眼界，見識許多大型機械（詳見附件）。

三種消波塊基本資料如表二。

表二、三種不同的人工消波塊基本資料

消波塊種類	內圓外方塊	雙 U 型塊	四腳林克塊
圖 示			
重 量	90g	87g	81g
體 積 (排水法)	50cm ³	40cm ³	30cm ³
材 質	水泥 + 沙	水泥 + 沙	水泥 + 沙



圖二、消波塊模型製作過程，以及半成品或完成模型。

實驗三、自然生態工法護岸模型設計及製作

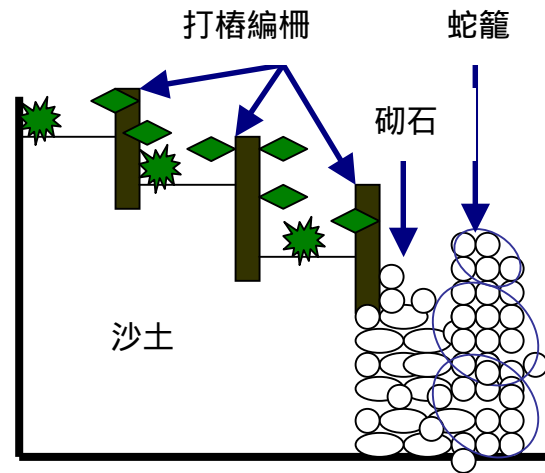
偶然的機會下，從報章看到報導一則新聞，介紹“零水泥自然生態工法 - 台北縣雙溪鄉后番子坑溪”，引起我們的好奇和興趣。從農委會水土保持局的網站和書籍資料中，瞭解自然生態工法是時代的潮流趨勢，除了有原來水利工程的目的外，最重要的可以保護生態棲息地、營造生物的多樣性環境；人工消波塊則改變溪流、河海環境，影響生態結構與生物分佈，造成環境的破壞。

於是，我們參考資料，就大自然中取材，設計一種包括蛇籠（細鐵網和小石頭）砌石（小石頭）和打樁編柵（樹枝）的自然生態工法護岸模型，希望與人工消波塊一起進行水波衝擊試驗，比較其消波的特性。

自然生態工法護岸模型設計如圖三：



(甲) 正面模型照片



(乙) 側面示意圖

圖三、自然生態工法護岸模型照片及示意圖

第二部分：水波衝擊試驗

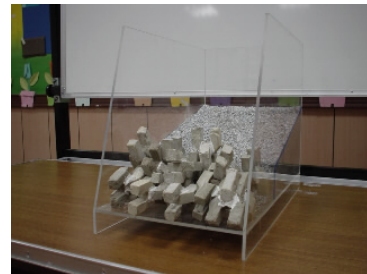
利用第一部分設計的水波試驗裝置及各種模型，進行不同頻率、不同振幅的水波沖擊試驗，包括正面衝擊和側面衝擊。每一組模型均有相同條件的沙岸；即各模型沙岸均為坡度約 17.8 度，沙岸寬 24 公分，縱深 28 公分，面向水波岸高 9.5 公分（含墊高 3.5 公分）；共有五組模型如圖五：



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)

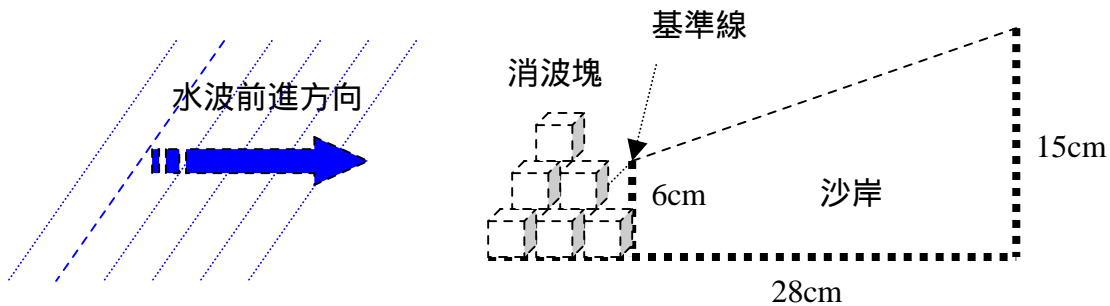
圖四、五種沙岸模型：(1)自然沙岸（無消波塊）模型。(2)“內圓外方消波塊”模型。(3)“雙U型消波塊”模型。(4)“四腳林克消波塊”模型。(5)“自然生態工法護岸”模型。

希望瞭解在不同頻率、不同振幅、不同方向的水波沖擊下，消波塊的作用、不同消波塊的特性，以及與自然生態工法的比較分析。

實驗四、一般正常水位下“海岸模擬”- 正面沖擊試驗

☞ 探討一般正常水位下，不同振幅、不同頻率的正面水波對各種護岸的影響。

- 步驟：
1. 將五組模型分別置入水波試驗槽，面向波前（如圖五）。
 2. 水波試驗槽緩緩倒入水至 **8 公分高**。
 3. 先以 2.5 公分寬起波板，頻率分別調整為低頻（電壓 30V）、中頻（電壓 60V）、高頻（電壓 90V），分別產生水波，正面沖擊 5 分鐘。
 4. 以 1 平方公分為單位的面積板，描繪並測量基準線後方的崩塌形狀及面積。
 5. 加大振幅（即以 5 公分寬起波板），重覆步驟 3 和 4。



(1) 示意圖



(2) 正面沖擊試驗照片

圖五、(1)實驗示意圖 (2) 正面沖擊試驗照片

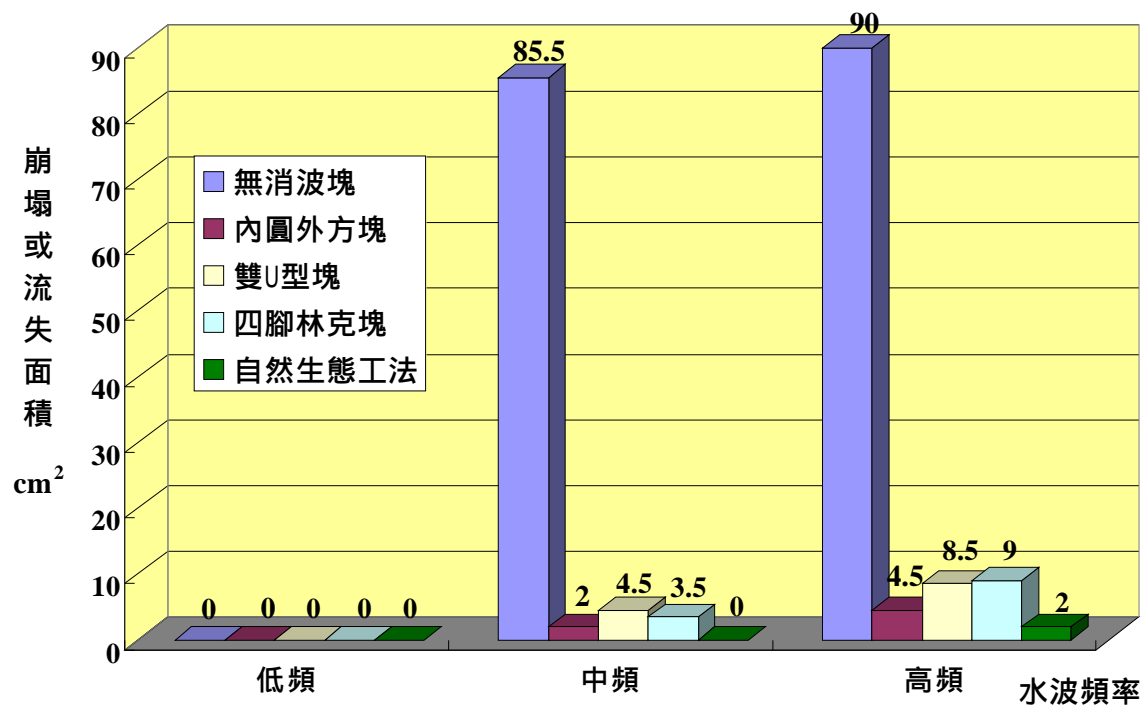
以面積表測量崩塌面積，整理如表三。

表三、一般正常水位下，不同水波條件，正面沖擊後，各種模型護岸基準線後方之崩塌或流失面積。

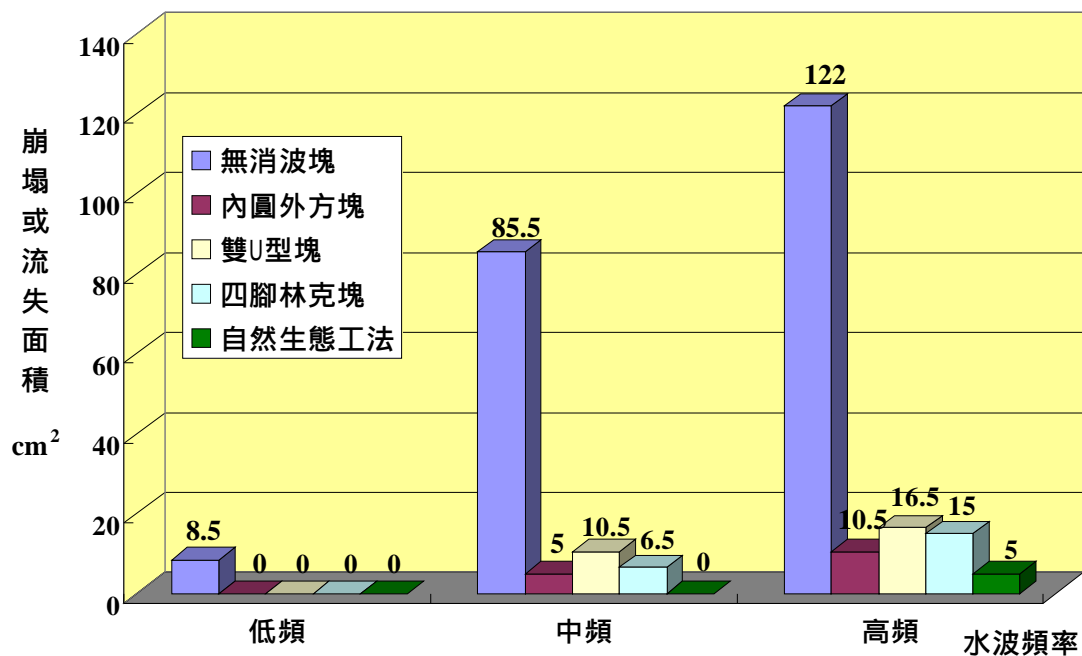
起波板 寬度	頻率 (電壓)	自然沙岸 (無消波塊)	內圓外方塊 護岸	雙 U 型塊 護岸	四腳林克塊 護岸	自然生態 工法護岸
2.5 公分 小 振 幅	低頻 (30V)	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²
	中頻 (60V)	85.5cm ²	2cm ²	4.5cm ²	3.5cm ²	0 cm ²
	高頻 (90V)	90cm ²	4.5cm ²	8.5cm ²	9cm ²	2cm ²
5 公分 大 振 幅	低頻 (30V)	8.5cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²
	中頻 (60V)	85.5cm ²	5cm ²	10.5cm ²	6.5cm ²	0 cm ²
	高頻 (90V)	122cm ²	10.5cm ²	16.5cm ²	15cm ²	5cm ²

🔗、綜合分析說明

1. 如表三、圖六和圖七，正常水位的沙岸，在小振幅低頻水波正面沖擊下，並未產生任何破壞。一旦開始產生破壞(中頻水波)，消波塊和自然生態工法護岸則明顯發揮消波的功能，大幅降低崩塌或流失面積。
2. 正常水位下，透過設計和利用大自然的材料，所完成的自然生態工法護岸，不論頻率和振幅大小，均可達到護岸的功能，消波效果甚至超過人工消波塊。
3. 頻率和振幅增加，都會使各類條件沙岸崩塌或流失的面積增加。
4. 沒有保護的沙岸，崩塌最嚴重。三種人工消波塊，消波效果相當，以內圓外方塊稍佳，可能由於其形狀整齊，堆疊後空隙較小有關；自然生態工法護岸的蛇籠、砌石明顯發揮消波、護坡的功能，景觀也較佳。



圖六、一般正常水位，不同頻率小振幅水波，正面沖擊下，各種模型護岸基準線後方之崩塌或流失面積。

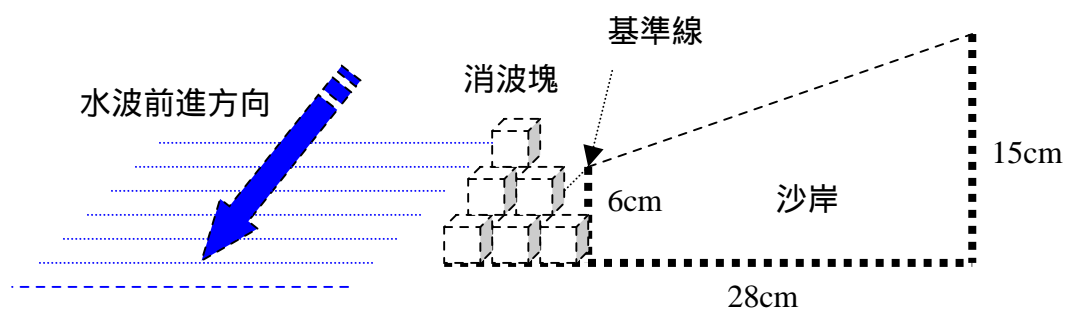


圖七、一般正常水位，不同頻率高振幅水波，正面沖擊下，各種模型護岸基準線後方之崩塌或流失的面積。

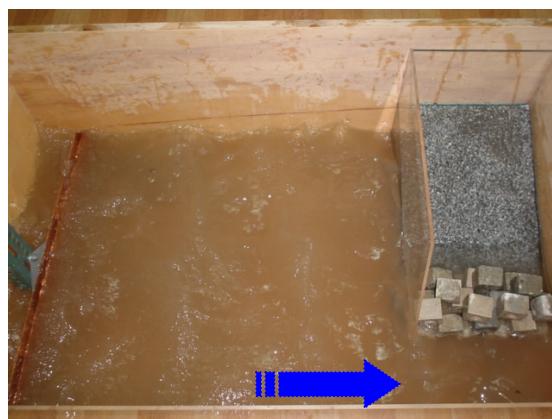
實驗五、一般正常水位下“河岸模擬” - 側面沖擊試驗

☞ 探討一般正常水位下，不同振幅、不同頻率的側面水波對各種護岸的影響。

將五種模型設置於水波試驗槽中，平行於波前方向，即護岸與波前垂直，如圖八；步驟如實驗四，紀錄護岸基準線後方崩塌面積，整理如表四。



(1) 示意圖



(2) 側面衝擊試驗照片

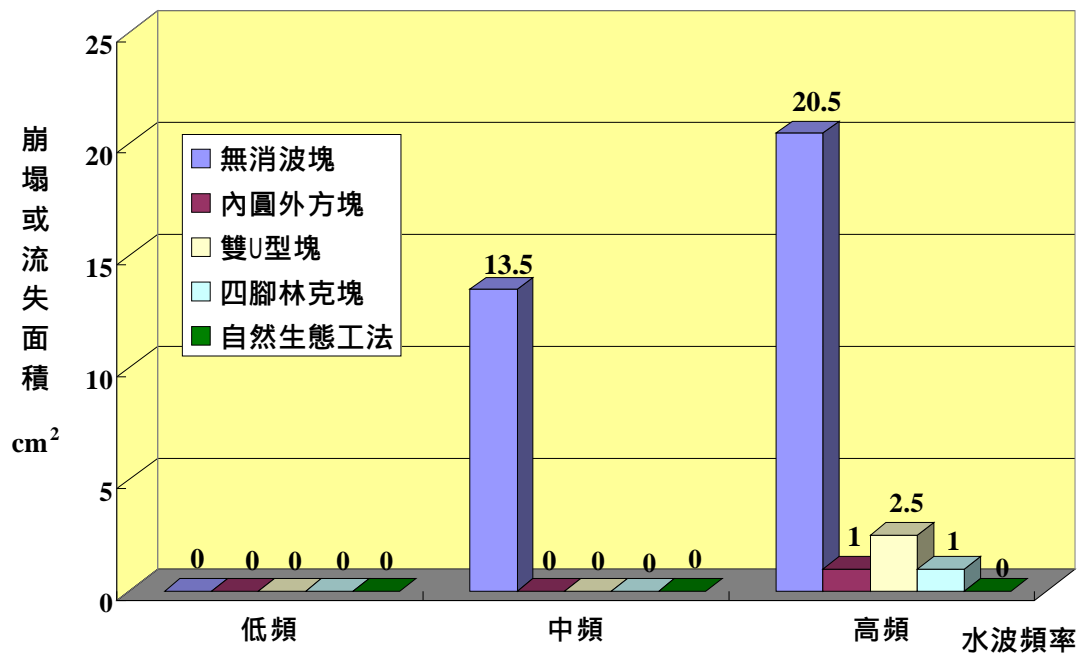
圖八、(1)實驗示意圖 (2) 側面衝擊試驗照片

表四、一般正常水位，不同水波條件，側面沖擊後，各種模型護岸基準線後方之崩塌或流失的面積。

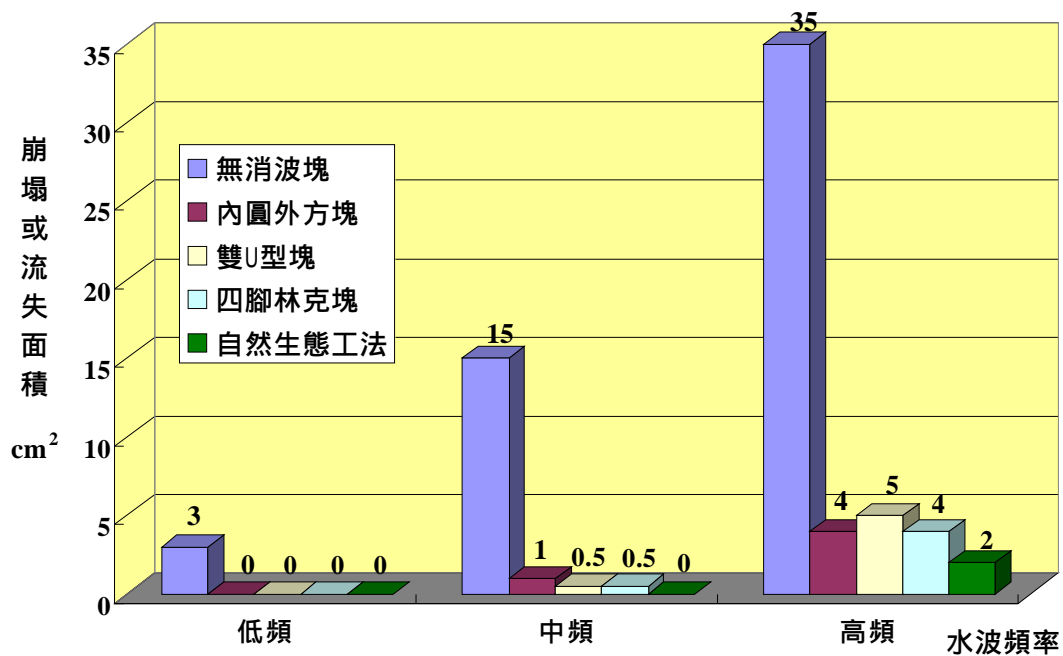
起波板 寬度	頻率 (電壓)	自然沙岸 (無消波塊)	內圓外方塊 護岸	雙 U 型塊 護岸	四腳林克塊 護岸	自然生態 工法護岸
2.5 公分 小 振 幅	低頻 (30V)	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²
	中頻 (60V)	13.5cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²
	高頻 (90V)	20.5cm ²	1cm ²	2.5cm ²	1cm ²	0 cm ²
5 公分 大 振 幅	低頻 (30V)	3cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²	0 cm ²
	中頻 (60V)	15cm ²	1cm ²	0.5cm ²	0.5cm ²	0 cm ²
	高頻 (90V)	35cm ²	4cm ²	5cm ²	4cm ²	2cm ²

🔑、綜合分析說明

1. 如表四、圖九和圖十，正常水位的沙岸，在小振幅低頻水波側面沖擊下（如河岸），並未產生任何破壞。河岸平行水流方向遠比面向水流方向（實驗四），崩塌或流失面積小得多。一旦開始產生破壞（中頻水波），消波塊和自然生態工法護岸也明顯發揮消波的功能，大幅降低崩塌或流失面積。
2. 所完成的自然生態工法護岸，不論頻率和振幅大小，均可有效達到消波護岸的功能，消波效果均超過人工消波塊。
3. 頻率和振幅增加，也均使各類條件沙岸崩塌或流失的面積些微增加，。
4. 沒有保護的沙岸，崩塌較嚴重。三種人工消波塊，平行水流方向時消波效果相當，；自然生態工法護岸的蛇籠、砌石明顯發揮消波、護坡的功能，景觀也較佳。



圖九、一般正常水位，不同頻率小振幅水波，側面沖擊下，各種模型護岸基準線後方之崩塌或流失面積。



圖十、一般正常水位，不同頻率高振幅水波，側面沖擊下，各種模型護岸基準線後方之崩塌或流失面積。

人工消波塊或自然生態工法護岸，重要的是防災上的功能，於是我們將提高水位面至 12 公分，觀察在可能造成災害的漲潮、颱風或洪峰期，這些護岸是否仍能發揮其功能？

實驗六、高水位下（颱風或漲潮）“海岸模擬” - 正面沖擊試驗

☞ 探討高水位下，不同振幅、不同頻率的正面水波對各種護岸的影響。

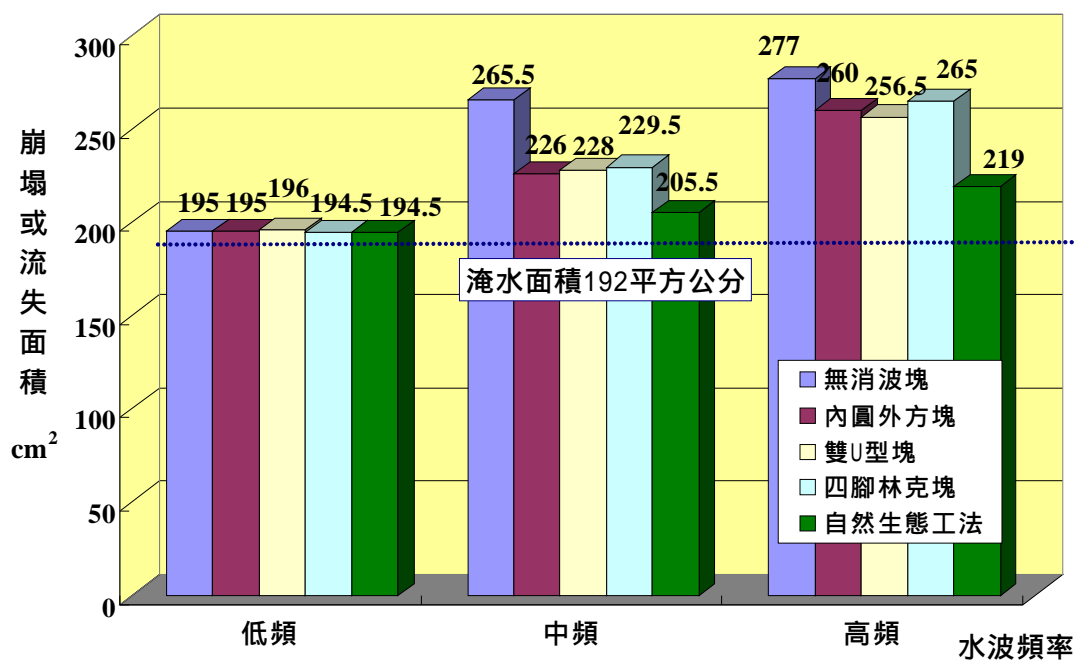
- 步驟：1. 將五組模型分別置入水波試驗槽，面向波前。
2. 水波試驗槽緩緩倒入水至 12 公分高。
3. 以下步驟同實驗四。

表五、高水位下（颱風或漲潮），不同水波條件，正面沖擊後，各種模型護岸基準線後方之淹水和崩塌面積

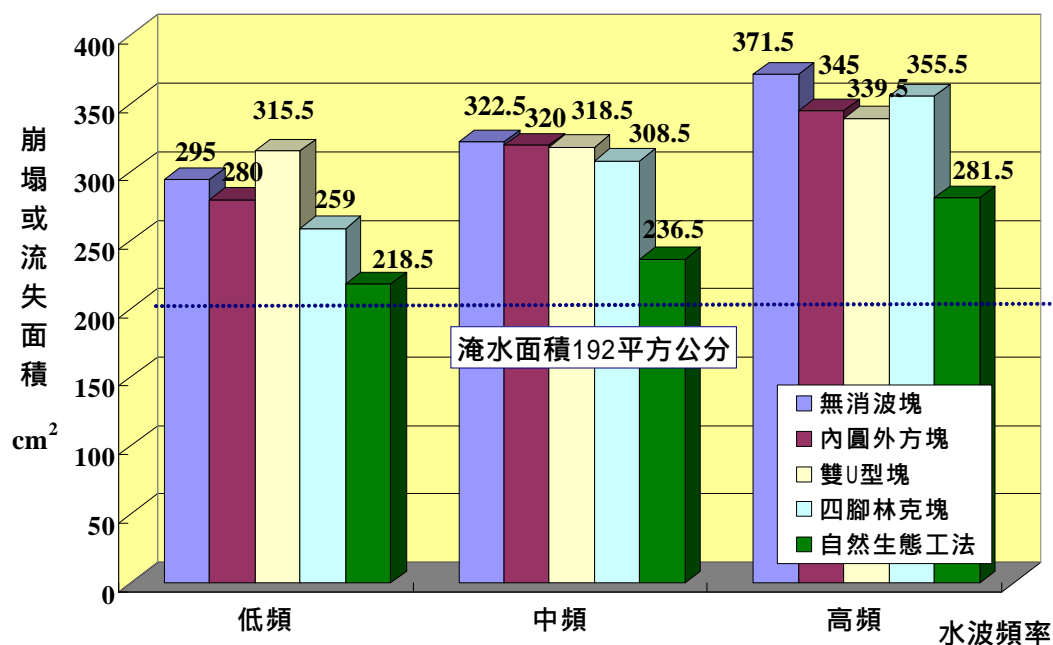
起波板 寬度	頻率 (電壓)	自然沙岸 (無消波塊)	內圓外方塊 護岸	雙 U 型塊 護岸	四腳林克塊 護岸	自然生態 工法護岸
2.5 公分 小 振 幅	低頻 (30V)	195cm ²	195cm ²	196cm ²	194.5cm ²	194.5cm ²
	中頻 (60V)	265.5cm ²	226cm ²	228cm ²	229.5cm ²	205.5cm ²
	高頻 (90V)	277cm ²	260cm ²	256.5cm ²	265cm ²	219cm ²
5 公分 大 振 幅	低頻 (30V)	295cm ²	280cm ²	315.5cm ²	259cm ²	218.5cm ²
	中頻 (60V)	322.5cm ²	320cm ²	318.5cm ²	308.5cm ²	236.5cm ²
	高頻 (90V)	371.5cm ²	345cm ²	339.5cm ²	355.5cm ²	281.5cm ²

☞、綜合分析說明

1. 水位變高，小振幅低頻水波各護岸沒有明顯差異。隨頻率變高，淹水和崩塌面積也加大。大振幅水波也是隨頻率增加，淹水和崩塌面積也增加。
2. 水位變高，在各種頻率，大致都呈現大振幅水波比小振幅水波，淹水和崩塌的面積大。
3. 在高水位時，若水位幾乎淹過堆疊的消波塊，則消波塊發揮的作用並不顯著；但此時自然生態工法護岸於各條件下，均呈現最佳的護岸效果，即淹水和崩塌的面積最小。可能是生態工法中坡地種植植物，階地打樁編柵仍可發揮部分護坡效果。



圖十一、高水位下（颱風或漲潮），不同頻率小振幅水波，正面沖擊下，各種模型護岸基準線後方之淹水和崩塌面積。



圖十二、高水位下（颱風或漲潮），不同頻率大振幅水波，正面沖擊下，各種模型護岸基準線後方之淹水和崩塌面積。

實驗七、高水位下（颱風或洪峰期）“河岸模擬” - 側面沖擊試驗

☞ 探討高水位下，不同振幅、不同頻率的側面水波對各種護岸的影響。

步驟：1. 將五組模型分別置入水波試驗槽，護岸垂直波前。

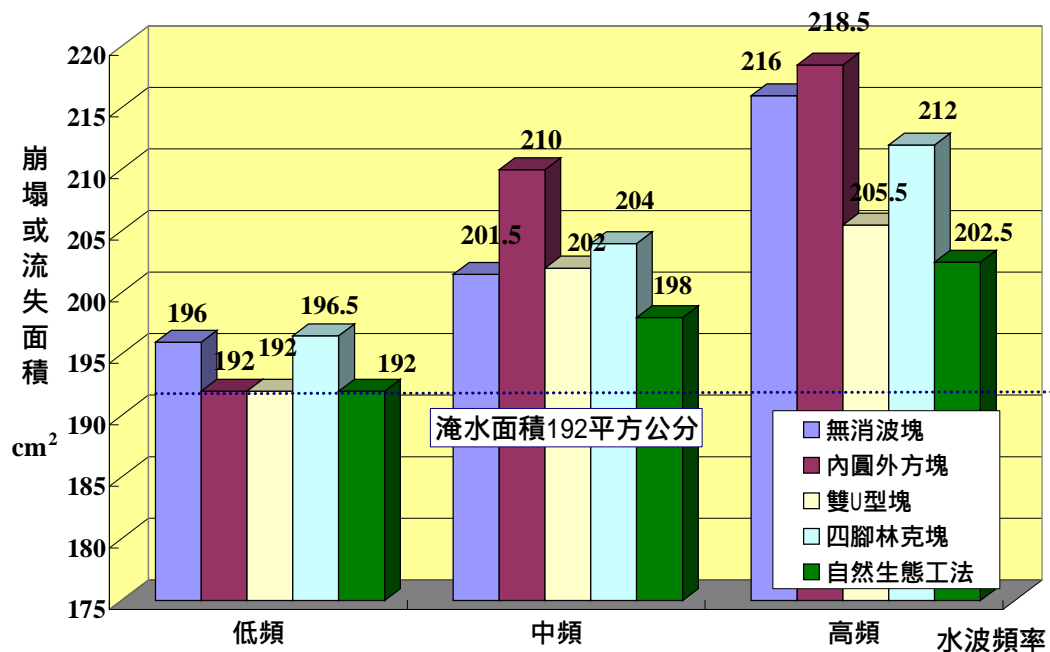
2. 水波試驗槽緩緩倒入水至 12 公分高。

3. 以下步驟同實驗四。

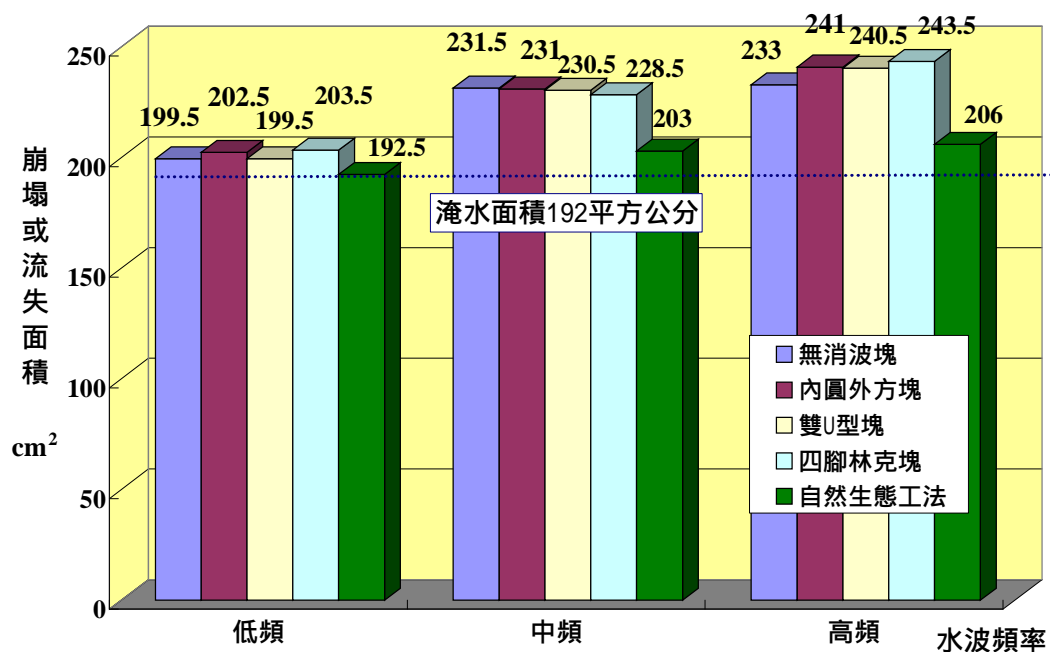
起波板 寬度	頻率 (電壓)	自然沙岸 (無消波塊)	內圓外方塊 護岸	雙 U 型塊 護岸	四腳林克塊 護岸	自然生態 工法護岸
2.5 公分 小 振 幅	低頻 (30V)	196cm ²	192cm ²	192cm ²	196.5cm ²	192cm ²
	中頻 (60V)	201.5cm ²	210cm ²	202cm ²	204cm ²	198cm ²
	高頻 (90V)	216cm ²	218.5cm ²	205.5cm ²	212cm ²	202.5cm ²
5 公分 大 振 幅	低頻 (30V)	199.5cm ²	202.5cm ²	199.5cm ²	203.5cm ²	192.5cm ²
	中頻 (60V)	231.5cm ²	231cm ²	230.5cm ²	228.5cm ²	203cm ²
	高頻 (90V)	233cm ²	241cm ²	240.5cm ²	243.5cm ²	206cm ²

☞、綜合分析說明

1. 高水位側面沖擊，小振幅時各頻率，內圓外方塊反而有較大的淹水和崩塌面積，可能因消波塊多數淹沒水中，而零星消波塊激起水流，加大崩塌面積。
2. 高水位側面沖擊，均呈現隨振幅或頻率變大，淹水和崩塌的面積也加大。
3. 在高水位時，水位幾乎淹過堆疊的消波塊，特別在大振幅時，消波塊的作用並不顯著；但此時自然生態工法護岸仍於各條件下，均呈現最佳的護岸效果，即淹水和崩塌的面積明顯均最小。可能是生態工法中坡地種植植物，階地打樁編柵仍可發揮部分護坡效果。



圖十三、高水位下（颱風或洪峰期），不同頻率小振幅水波，側面沖擊下，各種模型護岸基準線後方之淹水和崩塌面積。



圖十四、高水位下（颱風或洪峰期），不同頻率大振幅水波，側面沖擊下，各種模型護岸基準線後方之淹水和崩塌面積。

第三部分：野外現場案例調查

我們利用假日就近調查中正橋河岸、瓦窯溝等進行野外調查外，也利用寒暑假回到花蓮富里阿公家的機會，觀察九岸溪的人工護岸和羅山瀑布下野溪的原貌，另人感覺完全不同的風貌。就所觀察的紀錄照片和老師、同學討論後，整理如下：

案例一：新店溪永和中正橋河岸



圖十五、新店溪中正橋下附近沿岸，可看見四腳林克消波塊及自然河岸。

調查結果說明：

1. 實驗四、實驗五所獲得結果，在平時正常水位，低頻水波沖擊下，消波塊並無明顯作用，造成環境破壞，不利生物生長。
2. 颱風時期曾多次造成淹水超過河階，消波塊未有明顯功能，水位消退也造成垃圾淤積；自然護岸復原快，而且可營造生物適合生存環境。
3. 若考慮颱風暴雨，河水可能夾帶石塊沖擊護岸，應可考慮使用自然生態工法的蛇籠、砌石等，覆土種植植物，兼具消波和美化的功能。若仍遭受大型天災後，復原較快，也可省下製作人工消波塊的成本。



圖十六、新店溪中正橋下附近沿岸，自然河岸濕地的魚，以及淹沒於河階草叢的消波塊。

調查結果說明：

1. 自然河岸濕地下，竟然發現長約 15 公分的魚，另人興奮；濕地下也有小型水生動物，

如蝌蚪、青蛙、彈塗魚、水蚤、蜉蝣等水棲昆蟲，形成一種濕地的生態環境。

2. 過去設置的人工消波塊，長時間後竟淹沒在沉積河階的草叢中，完全沒有發揮消波的功能，形成浪費，而且與周遭環境形成不協調。未來應配合潮流趨勢，利用自然生態工法和景觀設計，既可美化大自然，也具休閒功能。



圖十七、新店溪中正橋下附近河濱公園沿岸，抽水站出口及小溪。

調查結果說明：

1. 抽水站出口兩側護岸，兩面光的水泥牆，不利水生動植物生存，也不美觀。
2. 小溪出口自然的水邊植物，營造溼地環境，惟仍可自然界取材，打樁編柵或砌石加強護坡，也可配合景觀設計，加強美化配合周遭公園能。

案例二：中永和瓦窯溝沿岸



圖十八、中永和瓦窯溝，中和市保平路雙和橋附近

調查結果說明：

1. 過去瓦窯溝水質惡劣，惡臭嗆鼻，生態環境遭破壞。
2. 左岸光滑面，又硬又冷，無任何生態可言；反觀右岸和右圖，逐步以自然生態工法

觀念整治，蛇籠、植被均使岸邊開始綠化，未來應可形成美觀的河岸。

3. 若逢颱風豪雨，水位暴漲，自然生態可較快復育，若兩面光的溝岸一旦沖毀，又是需要大筆工程經費。

案例三：花蓮縣富里鄉羅山瀑布野溪和九岸溪河岸工程

暑假和爸媽回到花蓮縣富里鄉清坑的阿公家，周遭大自然的原貌，另人心曠神怡。在其它河岸也不免出現與自然不協調的人工護岸和消波塊。



圖十九、花蓮縣富里鄉羅山瀑布下野溪和九岸溪河岸工程對比

調查結果說明：

1. 左圖野溪呈現原始自然風貌，具休閒價值，河中大小不同的石頭，除了可提供消波功能外，又可營造多樣化生態環境，自然又美觀。
2. 右圖九岸溪河岸工程，平時無作用，與自然形成不協調。河中消波塊妨礙水中生物活動，或阻礙魚類回流習性，破壞自然生態。

案例四：歷史災害紀錄



圖二十、89 年象神颱風和 90 年納莉颱風在汐止市民代表會的淹水高度標記。

調查結果說明：

1. 台灣由於地狹人稠，不免出現過度開發，與河、海爭地的現象。大自然反撲造成的災害往往令人害怕。
2. 上圖兩次颱風造成汐止的淹水均超過一個人高，已不是消波塊、築高堤防就可解決。人類應學會尊重大自然，減少人為、人工的破壞，適當作好城市發展的空間規劃，才可和大自然共同永續發展，否則必定遭受大自然的反撲。

🔗、綜合分析說明

1. 從野外調查結果，消波塊的濫用或浪費，可以從野外觀察得知。
2. 自然生態工法的概念已逐步在一些整治工程上看見。
3. 從大自然中取材，配合景觀，設計兼具水利和休閒的生態工法，已是世界的趨勢。
4. 人工消波塊平時並無作用，大型災害水波沖擊下也無法保證絕對安全；反之自然生態工法的各種工法，亦可設計具有消波和護岸的功能，大型災害過後，復原快，成本低。
5. 自然生態工法可營造多元化的生態環境，對生物棲習地提供適合的環境，在生態保育、休閒娛樂、永續發展均有重要助益。

陸、討論

1. 本研究沙岸模型採較均勻的沙土混合，實際自然界中的邊坡地質不完全均勻，崩塌的現象可能更為複雜。
2. 水波試驗槽雖可產生不同振幅、不同頻率的水波，但實際河岸、海岸地形、水深、雜質等造成紊流等現象，變化更多。但本實驗以周期性的水波，仍可發現各種消波塊護岸和自然生態工法護岸的特性。
3. 模擬颱風、洪峰期的高水位沖擊，通常實際情形常水流夾雜大小石塊，沖擊破壞力可能更強。
4. 因試驗槽空間有限，常有反射波干擾；但對各受試驗模型而言，條件仍相同，所得崩塌面積數值仍具有意義。
5. 以平方公分為單位的面積板透明膠片，很方便平放在沙岸上描繪出崩塌範圍；惟自然生態工法護岸有植物、木樁等，則以觀察描繪在面積板透明膠片，以利後續計算。
6. 模型製作以透明壓克力板裝置五種護岸，方便觀察；變壓器調整頻率，不同寬度的起波板調整振幅，利用腳部按摩馬達加連桿帶動造波，這些日常生活器材的利用，完成一套有趣的水波試驗裝置。

柒、結論

1. 自然生態工法是時代的潮流趨勢，維護生態及生物的多樣性是現代人的責任，創造兼具水利和親水休閒環境也是大家所樂見。經由此研究，我們瞭解利用自然的取材、設計，是可以達到與大自然和平共存、永續發展的目的。
2. 不論正常水位（平時）或高水位（颱風、漲潮或洪峰期），崩塌面積均隨頻率、振幅增加而增加。
3. 正常水位小振幅低頻水波，各類型護岸均無破壞，隨頻率或振幅增加，消波塊或自然生態工法護岸則明顯揮作用，各消波塊差異不大，自然生態工法設計的護岸均有最佳結果。但在高水位（颱風、漲潮或洪峰期），各護坡面積均被破壞，無法完全有效阻波，人為工程是有一定極限的。
4. 透過設計和利用大自然的材料，所完成蛇籠、砌石的自然生態工法護岸，不論頻率和振幅大小，均可達到護岸的功能，消波效果甚至超過人工消波塊。
5. 通常沒有保護的沙岸，崩塌最嚴重。三種人工消波塊，消波效果相當，正常水位下，以內圓外方塊稍佳，可能由於其形狀整齊，堆疊後空隙較小有關；自然生態工法護岸的蛇籠、砌石明顯發揮消波、護坡的功能，景觀也較佳。
6. 在高水位時，水位幾乎淹過堆疊的消波塊，則消波塊發揮的作用並不顯著；但此時自然生態工法護岸於各條件下，均呈現最佳的護岸效果，即淹水和崩塌的面積最小。可能是生態工法中坡地種植植物，階地打樁編柵仍可發揮部分護坡效果。
7. 從野外調查結果，消波塊的濫用或浪費，偶而可從野外看見一些例子。從大自然中取材，配合景觀，設計兼具水利和休閒的生態工法，已是世界的趨勢，也在國內一些整治工程

上看見，值得大力倡導。

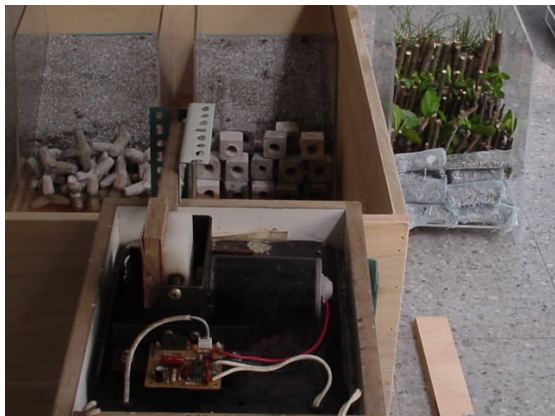
8. 人工消波塊平時並無作用，大型災害水波沖擊下也無法保證絕對安全；反之自然生態工法的各種工法，亦可設計具有消波和護岸的功能，大型災害過後，復原快，成本低。
9. 自然生態工法可營造多元化的生態環境，對生物棲習地提供適合的環境，在生態保育、休閒娛樂、永續發展均有重要助益。

捌、參考資料

- 一、自然與生活科技，三下「水和我們的生活環境」，南一書局，中華民國九十二年。
- 二、自然與生活科技，五上「山河大地」，南一書局，中華民國九十二年。
- 三、2004 年水土保持創新研發成果研討會論文集，中華民國九十三年。
- 四、海洋的流浪者 - 漂沙研究，中華民國第三十二屆中小學科學展覽優勝作品專輯國中組，國立台灣科學教育館，第 158-167 頁，中華民國八十三年。
- 五、交通大學土木工程研究所黃議德，「海岸巨人 - 消波塊」。<http://corelab.iag.ntou.edu.tw>
- 六、2001 年台灣網界博覽會「專題研究計畫簡報」：「消波塊傳奇」，謝淑美等，中華民國八十九年。

玖、研究實景照片

☞ 水波試驗測試

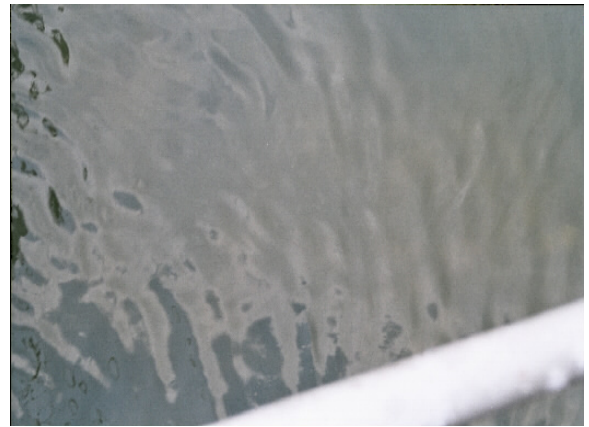


☞ 模型製作及試驗槽裝置



☞ 野外調査





評 語

080801 國小組生活與應用科學科 佳作

從人工消波塊看自然生態工法

作品主題立意佳，分析嚴謹，研究過程完整，但創意性可再提升，將會更上一層。