

海洋的流浪者——漂沙研究

國中組地球科學科第三名

高雄市立陽明國民中學

作者：宋立國、蔡書憲

李宗霖、黃信豪

指導教師：李玉貞、陳玫蓉



一、研究動機

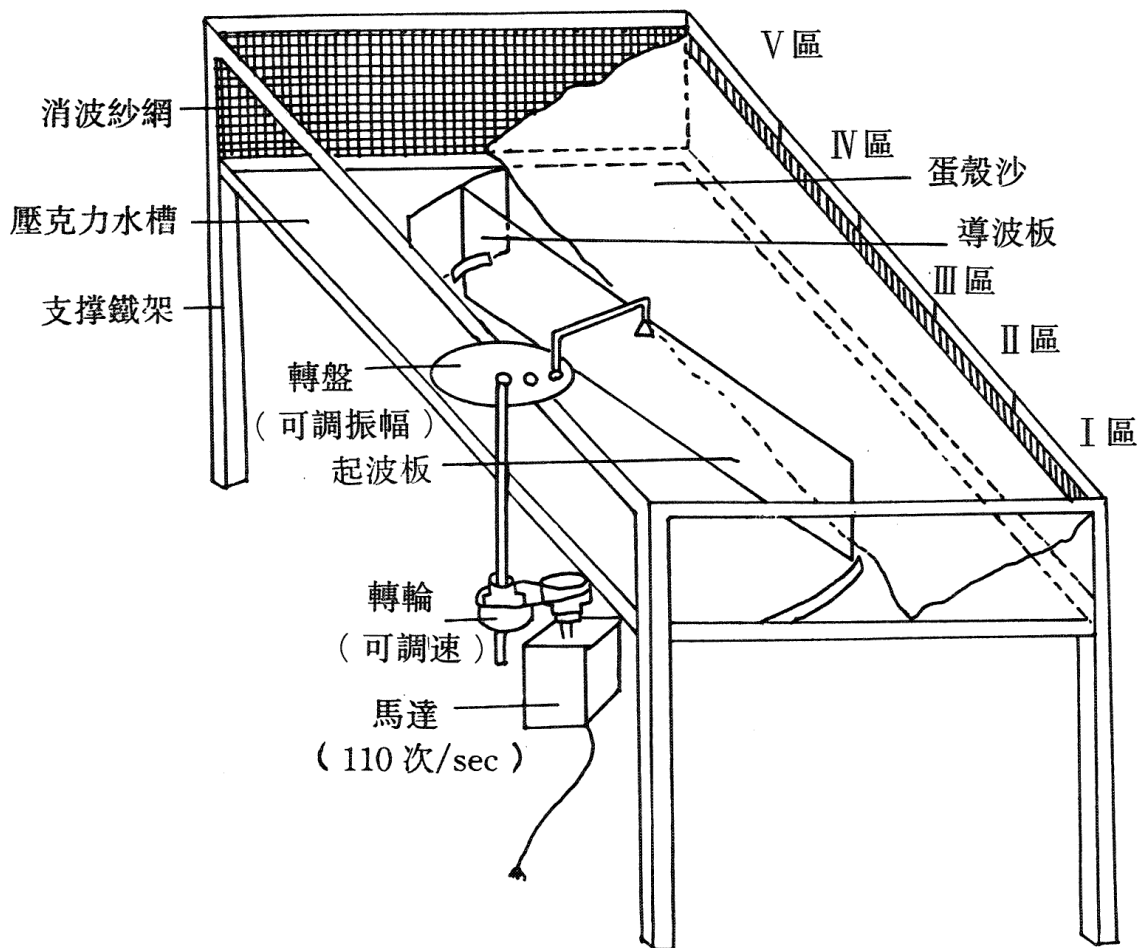
在聯課活動——「科學實驗」的報告資料查詢時，由書中我們知道在台灣西南海岸，如屏東沿海一帶，海岸非常容易侵蝕，使得一些建築物如墓地浸在水中，相反的，在嘉義、彰化、台中一帶的沿海，海岸容易堆積，便於造成海埔新生地，為什麼相同在西岸兩處有那麼大的差異造成的因素是什麼？兩者之間是否有何關聯？

二、研究目的

- (一)實地觀察沿海、波浪及海灘的性質，並分析波浪與海岸地形的變化之間的關性。
- (二)設計模型進行實驗，探討波浪的大小、速度、前進方向以及海岸的岩質、坡度對沙石的移動是否有關。
- (三)根據模型的實驗結果與實地的觀察，尋求維護海岸安全的方法。

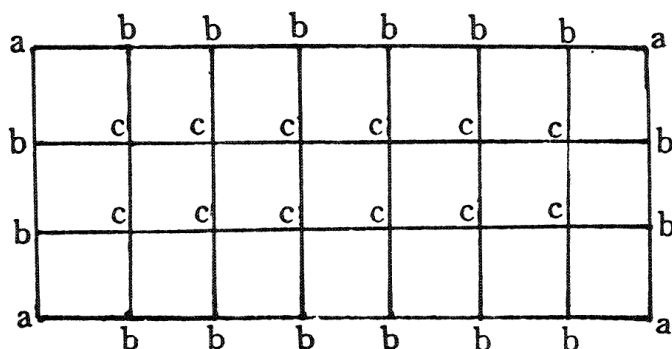
三、研究設備器材

- (一)實地觀察：地形圖、尺、碼錶、沙袋、乒乓球、照相機、攝影機
- (二)模擬實驗：1. 壓克力水槽(190cm×120cm×25cm)2. 支撐鐵架3. 起波機4. 研鉢
5. 雞蛋殼($D \div 2.1 \text{ g/cm}^3$, $V = 150000 \text{ cm}^3$)6. 消波紗網7. 亞甲藍液8. 六色棉繩
9. 量角器10. 標竿11. 尺12. 碼錶13. 木板14. 六色綿繩
- (三)模型設計：因為模型與實地的範圍相差很大，因此模型採比尺縮小模擬用沙的密度需小於原來沙的密度（實際沙質密度 $\div 2.65 \text{ g/cm}^3$ ）模型採用水平縮尺：1/400，垂直縮尺：1/100，蛋殼沙密度為 2.1 g/cm^3 ，小於沙，大於水
- (四)裝置圖：



四、研究過程

- (一)測量方法：利用網格法，測量沙量的變化，將壓克力水槽用棉繩分成縱向5區，每一區再分成邊長為9cm的正方形網格，即每一格面積為 81 cm^2 ，測量每一交點沙量高度的變化，利用土方原理，計算沙量變化。



每一區的沙量變化為

$$\frac{81}{4}(\Sigma a + 2\Sigma b + 4\Sigma c)$$

(二)實驗步驟：

1. 探討波向與漂沙的關係

固定起波板的振幅、馬達的頻率、拍擊時間及蛋殼沙的坡度，改變波前與海岸夾角 θ ，馬達起動前利用標竿及直尺測量各定點沙的高度，開動馬達 1hr，再測量沙量高度，利用土方計算求出沙量變化，改變起波板與海岸夾角 $\theta = 11^\circ, 21^\circ, 28^\circ$ 探討 θ 與 ΔQ (沙量變化) 的關係。

2. 探討海岸坡度與漂沙的關係

固定起波板的振幅、馬達的頻率、拍擊時間及 θ 角、改變蛋殼沙的坡度，採 1:6, 1:7, 重覆實驗 1 之步驟，探討坡度與 ΔQ 的關係。

3. 探討波高與漂沙的關係

固定起波板 θ 角，蛋殼沙的坡度、拍擊時間及馬達頻率，改變起波機上轉盤半徑，分別為 2.5cm、10cm，即改變起波機的振幅，使得波高為 1.5cm、6cm，重覆實驗 1 的操作，探討波高與 ΔQ 的關係。

4. 探討波浪運動對海岸沙質粒徑的影響

觀察模型海灘，經過模擬海浪作用後，海岸沙質粒徑的分佈情形探討其形成的原因。

5. 探討波浪運動對海岸斷面的影響

觀察模型海灘經過模擬海浪作用後，海岸斷面的變化情形探討其形成的原因。

6. 探討海岸漂沙移動的形態

將蛋殼沙利用亞甲藍液染色，放置在白色的蛋殼沙上，製造波浪後，觀察染色後之蛋殼沙移動的情形。

7. 探討防沙堤對漂沙的影響

在模型海岸內，放置 A：兩道防沙堤垂直海岸線。B：一道防沙堤斜放，測量防沙堤兩邊的沙量高度，再測量防沙堤兩邊沙量變化。

五、實驗結果

(一) 探討波向與漂沙的關係

固定海岸坡度為 1 : 7，波高 3cm，頻率 85 次/min，水深 7cm 造波時間 1hr。

1. $\theta = 11$ 度，其測量數據如下

區別 沙量變化	I	II	III	IV	V
ΔQ	-526.7	-584.5	403.2	85.1	341.8

2. $\theta = 21$ 度，其測量數據如下

區別 沙量變化	I	II	III	IV	V
ΔQ	-1315.4	-458.4	477.9	607.8	483.2

3. $\theta = 28^\circ$ ，其測量數據如下：

區別 沙量變化	I	II	III	IV	V
ΔQ	-1315.4	-458.4	477.9	607.8	483.2

(二) 探討海岸坡度與漂沙的關係

固定 $\theta = 11$ 度，波高 3cm，頻率 84 次/min，水深 8cm，造波時間 1hr。

1. 坡度為 1 : 6，其測量數據如下。

區別 沙量變化	I	II	III	IV	V
ΔQ	-810	-571.1	554.9	162	502.2

2. 坡度：1 : 7，測量數據如下。

區別 沙量變化	I	II	III	IV	V
ΔQ	-527.8	-584.5	403.2	85.1	341.8

(三) 探討波高與漂沙的關係

固定坡度為 1 : 6，頻率為 80 次/min，水深 7cm， $\theta = 28^\circ$ ，造波時間 0.5hr。

1. 波高 1.5cm，測量數據如下

區別	I	II	III	IV	V
沙量變化					
ΔQ	0	0	0	0	0

2. 波高為 6cm，測量數據如下

區別	I	II	III	IV	V
沙量變化					
ΔQ	-1315.4	-458.4	477.9	607.8	483.2

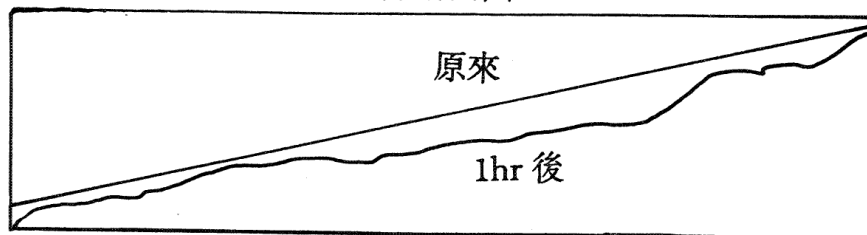
(四) 探討波浪運動對海岸沙質粒徑的影響

1. 模擬使用的蛋殼沙的粒徑及形狀沒有一固定值，經過模擬波浪作用後，可以明顯看出，在波浪的碎波處，蛋殼沙的粒徑較大，在掃浪帶蛋殼沙的粒徑較小。
2. 在旗津海水浴場也觀察到在碎波帶除了沙石粒徑較大外，還摻雜著許多密度比沙 ($D \div 2.65\text{g/cm}^3$) 大的貝殼成份 ($D \div 2.72\text{g/cm}^3$.)

(五) 影響海灘斷面的因素

當同一實驗作用於直線的原始海灘後，砂土因波浪而移動，某些地點發生淤積，某些地點發生侵蝕，經過一段時間後，海岸地形趨向穩定。

造波 1hr 後之海灘斷面圖



(六) 海岸漂沙移動之形態：

經亞甲藍液染色過的蛋殼沙放置在未染色的蛋殼沙上，非常明顯有助於觀察沙粒移動的情形，開啓馬達後，可見蛋殼沙逐漸向左移動，而且在碎波帶非常明顯。

(七) 防沙堤對漂沙的影響

坡度 1 : 7，波高 6cm，頻率 85 次/min， $\theta = 21^\circ$ ，水深 7cm，造波時間半小時

1. 設置二道防沙堤，分別在實驗前後，測量防沙堤兩邊之數據：

(1)實驗前

ΔQ	a	b	c	d
1	12	10.5	11.0	10.1
2	10.5	9.3	10.5	9.0
3	9.0	9.0	8.7	8.1
4	7.5	8.6	8.5	7.5
5	6.5	8.0	7.7	6.2
6	4.9	6.0	5.0	4.5
7	1.6	3.5	3.0	3.0
8	0	0	0	0

(2)實驗後

ΔQ	a'	b'	c'	d'
1	12	10.5	11.0	10.1
2	10.5	9.2	10.5	9.0
3	9.2	8.5	9.0	8.5
4	8.0	8.0	7.8	7.5
5	7.0	7.0	6.0	6.2
6	5.0	5.0	5.0	5.0
7	2.0	2.0	3.3	2.6
8	0	0	0	0

$$a < a' ; c < c' ; b > b' ; d > d'$$

2. 設置一道防沙堤斜放，分別在實驗前後，測量防沙堤兩邊之數據

(1)實驗前

ΔQ	a	b
1	13.1	12
2	10	10.5
3	7	7.5
4	5.6	6.5
5	4	4.5
6	1.2	2.1
7	0.3	0.8
8	0	0

(2)實驗後

ΔQ	a'	b'
1	13.1	12
2	10	10.5
3	7.5	7
4	6.8	6.3
5	4.6	4.5
6	1.3	2.3
7	0.2	0.5
8	0	0

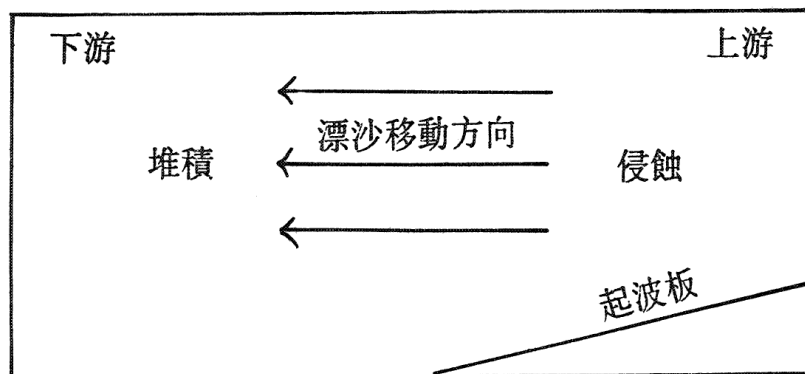
$$a < a' ; b > b'$$

六、討論

(一)探討波向與漂沙的關係

1. 漂沙是由波浪、潮流及水流作用，所引起的海灘物質移動的現象，如果波浪與海岸斜向入射時，波浪破碎後會引起與海岸線平行之沿岸流，即有沿岸漂沙產生，此為改變海灘外貌，形成海岸侵蝕或淤積的主要原因。
2. 由於本實驗未在上游處補充沙源，當沿岸流帶動沙質移動，會造成上游處

侵蝕，下游處堆積，如圖。



3. 比較實驗結果可知，若波浪與海岸夾角愈大，其侵蝕堆積量愈大。
4. 根據資料顯示，在高雄旗津地區，漂沙量及漂沙方向隨季節、風向而影響，在冬季，主要受東北季風影響，漂沙方向由北向南，而由南向北移動的漂沙主要受夏秋之西南季風及颱風影響而生。

(二) 探討坡度與漂沙的關係

1. 由實驗可發現坡度愈陡，侵蝕堆積量愈大，可能是因坡度較陡的海灘，其沙土下滑力增大，較容易被波浪衝擊，而產生侵蝕堆積現象。
2. 根據資料顯示，在某些特別的海灘，如高雄蚵仔寮地區，因波浪局部集中，海灘地形變化，沿岸流等因素造成海岸之坡度特別陡，水深加深，碎波帶離岸近，洶湧之波濤衝擊海灘，造成嚴重之侵蝕，對於此類特殊海岸，應特別探討生成原因，做好防治工作。

(三) 探討波高與漂沙的關係

1. 由實驗結果可看出當波高 1.5cm，模擬季風期間較小之波浪，因為波浪力量太小不足以拍擊沙土使之移動，故漂沙量幾乎為零，而波高 6cm 者，模擬颱風期間較大之波浪，可看出岸邊沙土絕大部份在波浪衝擊後便崩塌下來，而後被沿岸流帶至下游處堆積。
2. 根據資料顯示，台灣南部海岸的海灘有極明顯的季節性沖淤變化，冬天淤積，夏天沖刷，海岸線伸縮幅度可達數十公尺，而在颱風季節，海灘之伸縮幅度更大，因漂沙的原動力主要是波浪，而引起波浪最主要原因是風，故愈大風浪對海岸地形的影響愈大。

(四) 探討波浪運動對海岸沙質粒徑的影響

1. 一般而言，在海灘淺水處，沙質的顆粒較粗，尤其在愈接近碎波帶，其粒徑愈大，而愈遠離海岸線之處，其沙質粒徑愈細，到深海處便為黏土類之細小顆粒，此種顆粒大小之分布為海洋的淘選作用。

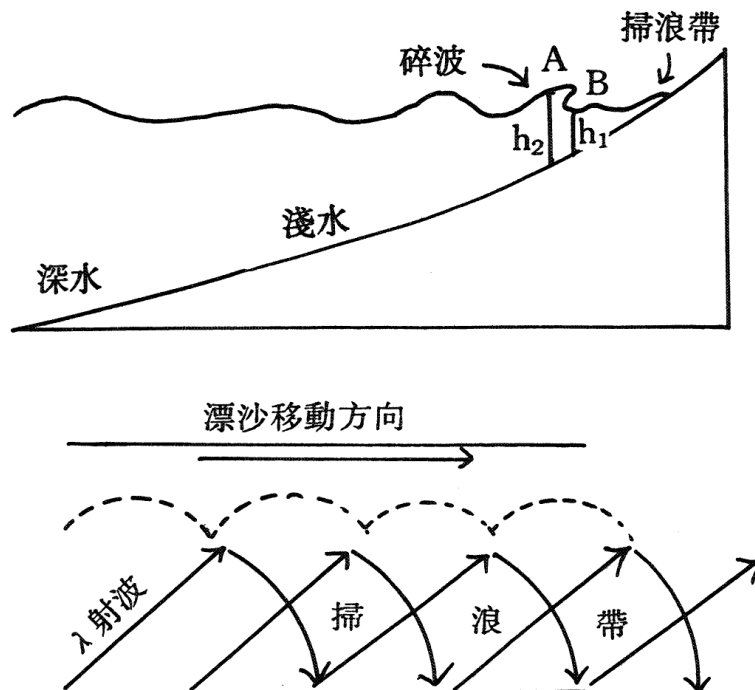
2. 各處海灘隨地形環境、波浪性質等因素，其沙質顆粒大小亦有所改變，通常在波浪能量集中，如海岬，其沙質粒徑較粗，而在海灣內，波浪能量發散，故沙質粒徑較小。

(五) 影響海灘斷面的因素

1. 由實驗所得圖形可看出原來之海灘斷面由傾斜直線變成曲線，此種尖銳的波浪會將前灘之沙土向外海輸送，經由沿岸流帶至下游處堆積，尤其易在碎波點形成沙洲。
2. 觀察水波槽內沙質移動不只有橫向漂沙，垂直海岸方向的漂沙也十分明顯，由地形的改變，可看出漂沙量在碎波點急遽增加，過碎波點大量減少，至海岸附近又略上升。

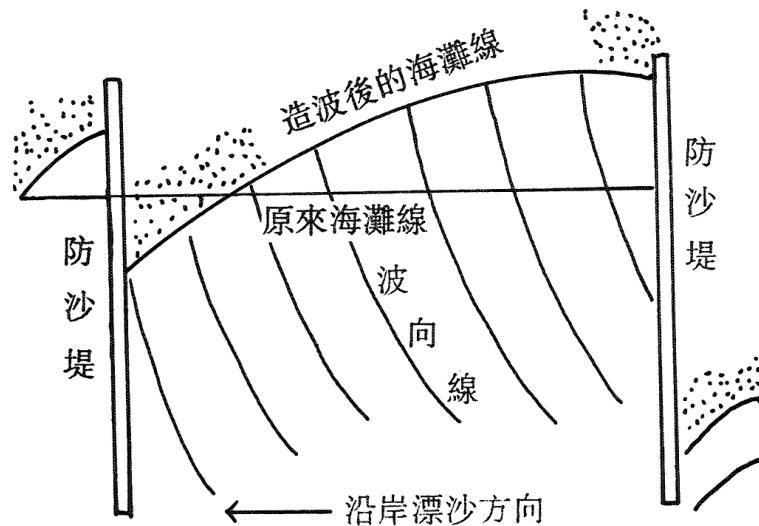
(六) 海岸漂沙移動的形態

1. 當波浪進入淺水區後，由於 A 點波速較 B 點為大（因 $h_2 > h_1$ ），波形前側變陡，最後達破碎，即為碎波，在水波槽內，可看出一條碎波帶碎波之衝力可把沙土沖向海岸，當海水後退時，又將沙土帶回海中。
2. 最靠近陸地部分稱掃浪帶，波浪挾帶沈積物沿著海灘向上前進，造成沈積作用，當無力前進時水流又因重力作用後退。



(七) 防沙堤對漂沙的影響

1. 防沙堤間堆積及侵蝕情況如圖



波浪斜向入射時，漂沙上游面會淤積，而下游面會侵蝕，在本實驗中，無論放置 2 道或 1 道防沙堤皆可看出此種效果。

2. 防沙堤的設置必須視當地漂沙方向來決定，以台灣西海岸為例，由北方向南傳之波浪，拍擊海岸後，造成向南之沿岸流，使漂沙方向往南移動，而南方傳來之波浪則造成漂沙方向向北，故台中港在其北側須建防沙堤，而高雄港南側則建有多道防沙堤。

七、結論

- (一)當波浪與海岸呈一夾角入射時會產生漂沙，夾角愈大，漂沙量愈大。
- (二)當海岸坡度愈陡，沙質下滑力增大，其漂沙量也增加。
- (三)在颱風時期，風浪增大，容易侵蝕海岸地形，造成單位時間內，漂沙量增加。
- (四)在碎波帶發現沙質粒徑較大，在掃浪帶沙質粒徑較小。
- (五)沿岸漂沙在碎波帶內最活躍，沙質呈鋸齒狀彎曲形運動。
- (六)為防止海岸因漂沙所造成之侵蝕現象，可建防沙堤以保護海灘，但此種結構物可能會破壞該段海岸自然之特性，故應注意與海岸防護工作相互配合，以減少不利的影響。

八、參考資料

- (一)海岸工程—郭金棟編著—中國土木水利工程學會
- (二)普通地質學—何春蓀編著—五南圖書出版公司
- (三)旗津海洋文化世界人工島水工模型試驗研究報告—沈建全，李忠潘、賴逞昭著—國立高雄海事專科學校

(四)台灣南部海岸漂沙及地形變化調查研究—許時雄著

(五)高雄市旗津海岸公園砂土移動之研究分析—侯和雄著

評語

本作品之研究目的在於(1)實地觀察沿海波浪及海灘的性質(2)進行模型實驗以探討波浪的大小、速度、前進方向、沿岸的岩性、坡度與砂石的移動是否有關(3)尋求維護沿岸安全的方法。研究結果發現當波浪與海岸呈一夾角入射時會產生沿岸流，帶動漂沙移動，此外當海岸坡度愈陡時，砂質下滑力增大，故其漂沙量亦增加。

本作品之最大特徵在於具有模型實驗具有詳實之實驗記錄，且建議建防沙堤以保護海灘，具有實用價值。