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

030512

海岸線的美麗與哀愁

學校名稱：高雄市立陽明國民中學

作者：	指導老師：
國二 陳品宏	侯依伶
國二 羅駿乾	洪英英

關鍵詞：海岸線、海岸保護工程、衛星遙測

摘要

西子灣和旗津海岸因長期的侵蝕後退，已造成海岸環境急速的變遷，於是政府單位在不同時間進行了旗津海岸保護工程與西子灣養灘工程等措施，基於此，我們收集旗津海岸線變遷以及旗津海岸保護工程相關資料，利用遙測資料分析不同時期的海岸線變化，並以高雄港務局所提供的潮位資料來做海岸線位置的修正，期能了解海岸保護工程的實施對海岸線位置變化的影響。研究結果發現，海岸保護工程實施後，2013 年的海岸線比 2012 年海岸線都有前進的趨勢。而且，在受到不同海岸工程類型的影響下，不同地點的海岸線變化隨著潮位高低的變化趨勢並不是都一致的。但大致上可看出高潮位或低潮位的灘地仍不斷被侵蝕消失。就長遠來看，高雄海岸線繼續內縮恐怕是既定的事實吧！

壹、研究動機

當我們去旗津遊玩時，常可以看到海邊充斥著防波堤、消波塊、突堤、離岸堤等各種的海岸保護工程建築物，雖然保護了沿岸的環境，卻也妨礙了景觀。從課堂上的學習，我們了解到路上河流攜帶泥沙入海沉積，海浪與沿岸流將泥沙侵蝕帶走，侵蝕作用與沉積作用不斷地調整與平衡，造成海岸線位置的變動。由於陸上水土保持工作的強化、河川取沙不斷增加等因素造成沿海地區砂源短缺；加上，颱風的波浪與海邊人工構造物，使得海岸遭受侵蝕而發生倒退。因此政府單位進行了旗津海岸保護工程與西子灣抽砂養灘工程等措施，來加強海岸的保護，減緩海岸線持續後退的情況。藉此，我們希望了解高雄海岸線近幾年來的變化情形，以及海岸保護工程對當地海岸地形的影響。

⮝西子灣突堤與消波塊

⮝旗津的離岸堤工程

貳、研究目的

一、利用遙感探測資料分析高雄旗津與西子灣海岸線的變化情形。

二、利用遙感探測資料了解旗津海岸保護工程與西子灣抽砂養灘工程對當地海岸線改變的影響。

參、研究設備與器材

一、解剖顯微鏡、相機

二、Google Earth衛星影像、SPOT 5衛星遙感探測資料

三、高雄港潮位資料 (http://163.29.117.247/port/)

四、旗津海岸保護工程資料 (http://pwbgis.kcg.gov.tw/pwb_cijin/05.html)

五、西子灣海岸再造工程資料 (http://pwbgis.kcg.gov.tw/shitzwan/beach_idea.aspx)

肆、研究步驟與流程

我們分成量化資料分析以及實地考察分析等二個部分來進行本次的研究。

☑量化資料分析部分：我們擬定了以下的研究步驟來了解高雄海岸線的變遷情況：

一、**收集高雄海岸線相關資料**：為了瞭解高雄海岸變遷的背景，我們從網路上收集了相當多的資料，包括：旗津與西子灣海岸的介紹、旗津與西子灣海岸保護工程的簡介。

二、**選定研究工具**：衛星遙測資料是一個適用於大規模環境變遷的工具，在比較不同衛

星遙測資料的解析度後，我們選定 Google Earth 提供的衛星圖像與中央大學太空遙測中心所提供的法國 SPOT 5 衛星的遙測資料作爲分析的工具。

三、**選取適當的遙測資料**：配合港務局所能提供的潮位資料年限(2011 年～2013 年)以及太空遙測中心所提供的 SPOT 5 衛星影像的日期，選取合適的分析日期。

四、**選定研究地點**：根據旗津與西子灣海岸保護工程資料，並以不同年度的 Google Earth 衛星影像進行比較海岸線變化的情形，選定旗津海水浴場段、海岸公園段、風車公園段、中洲國小以及西子灣等五個，作爲海岸線位置變化的分析資料。

五、**測量海岸線位置**：在每一段海岸不同時間的影像，從陸地上某一固定點沿著固定方向，測量該固定點到海岸線的距離(P1-P2)。爲了提高測量準確度，每個固定點測量 5 次，取其平均值，代表海岸線的位置。

六、**以潮位資料進行海岸線位置的比對校正**：由港務局提供的潮位資料找出與選定之衛星影像日期、時間的潮位，以趨勢方程式推估相同潮位時的海岸線位置。

七、**繪製不同年度潮位與海岸線位置的散佈圖，比較分析後作出本研究的結論。**

圖 1：量化資料收集研究流程圖

☑**實地考察部分**：我們以實地勘察以及採集沙灘上的沙子進行分析：

一、**實地勘察高雄海岸**：實地拜訪了旗津海水浴場與西子灣，實地了解海岸保護工程的施作與海岸景觀的變遷。

二、**採集砂子**：在旗津海水浴場與西子灣的沙灘上，從海陸交界爲起點，以垂直海岸線，每隔 2 公尺採集一次砂子的方式，每個地點分別採集 10 個樣本，分別依序編號爲海 1～海 10 以及西 1～西 10。

三、**砂子樣本的分析**：將採集的砂子曬乾後，鋪一薄層於培養皿中，以 200 倍的解剖顯微鏡搭配數位相機進行拍攝。將照片按照一定比率放大輸出後，分別加以測量顆粒直徑和顆粒種類。

伍、研究背景說明

一、旗津海岸的變遷

(一) 旗津簡介：

旗津是高雄港的發源地，但因這幾 10 年以來臺灣南部地區海岸因水土保持之強化、河川取沙等因素導致沿海地區砂源短缺，再加上海平面上升、颱風波浪及海邊人工構造物海岸遭侵蝕倒退的現象。

(二) 旗津海岸北段保護工程(引自 http://pwbgis.kcg.gov.tw/pwb_cijin/01.html)

旗津海岸保護工程計畫採「構築人工構造物」配合「人工養灘」的方式作爲定沙保護策略。2011 年動工的旗津海岸線保護計畫，北起旗津海水浴場，南至風車公園，長約 3.6 公里，沿線配置了 11 座大小不一的離岸堤與離岸潛堤(下圖二)，包括 2 座各長 300 公尺及 630 公尺的人工灣澳潛堤、8 座離岸潛堤、1 座離岸堤等海岸構造物，補養 112 萬立方公尺的砂量。

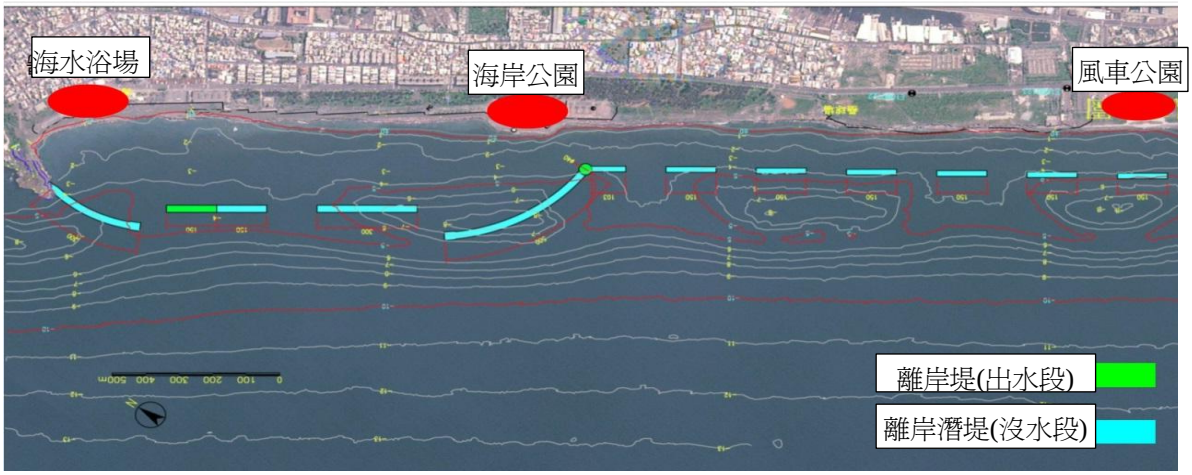


圖 3：旗津海岸北段保護工程示意圖

(三) 旗津海岸南段保護工程(引自 http://www.khb.gov.tw/File/NewsBody/4301/Untitled_3.htm)

臺灣港務公司將旗津南岸的突堤加上離岸堤的設置，藉以降低波浪大小。其中 1 號至 6 號突堤過去年度已施作完成離岸堤加以保護，今 7 號至 11 號突堤的離岸堤保護工程則於 101 年 6 月完工。臺灣港務公司表示該工程完成後，藉由此工程將突堤施工完成後的離岸堤，較可提供較穩定的海域，以供長期自然聚沙的效果。

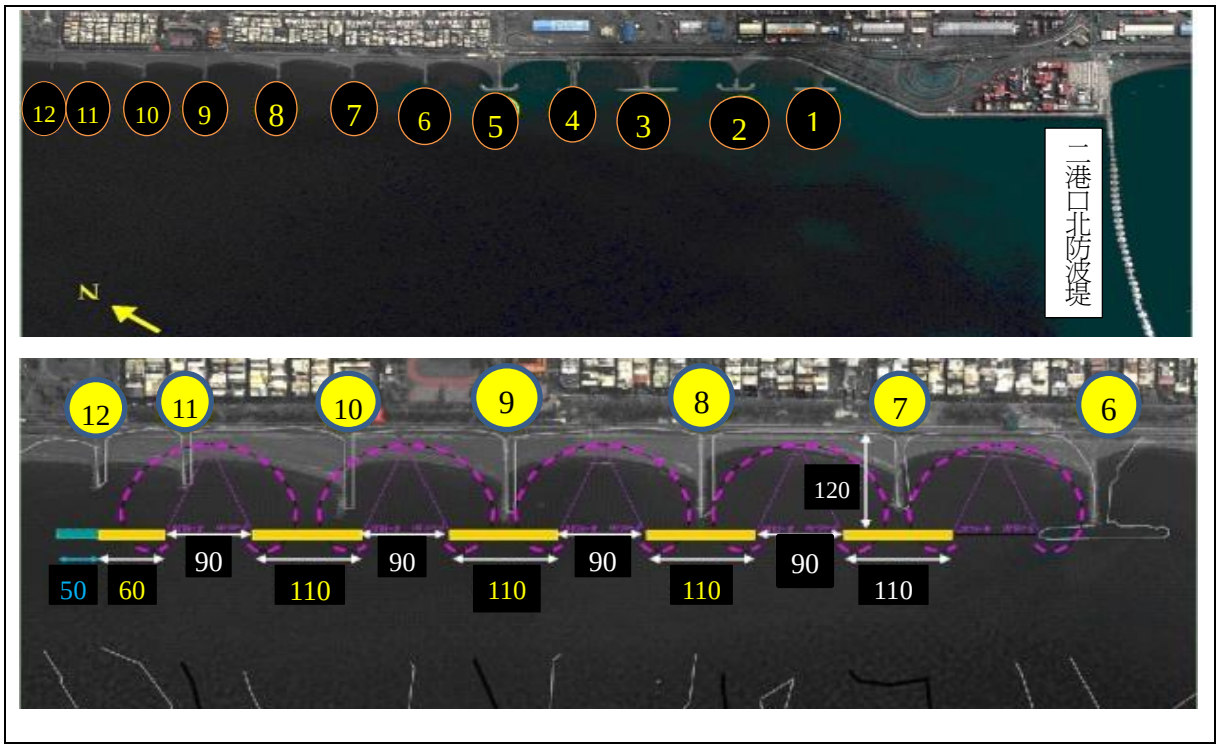


圖 3：旗津海岸南段保護工程示意圖

(四) 旗津和西子灣海岸的位置圖

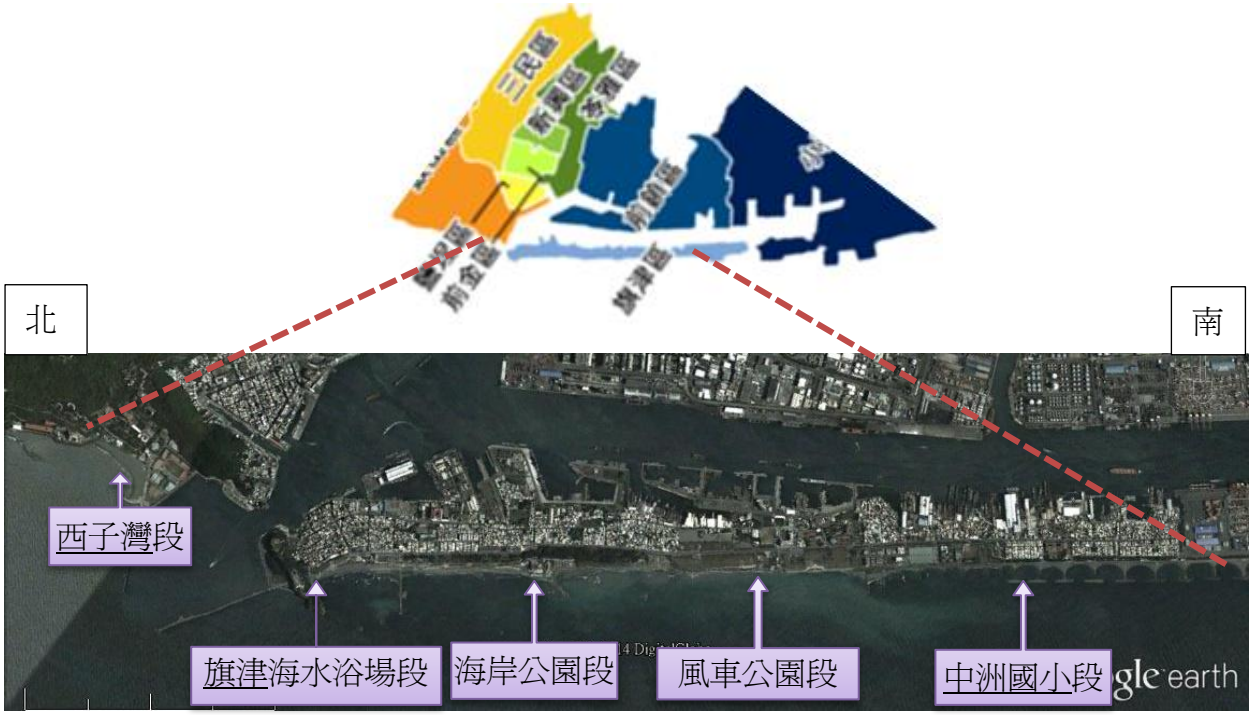


圖 4：本研究分析位置

二、西子灣段人工岬灣工程

西子灣於 2008 年開始採行人工養灘及人工岬灣的工法進行海岸景觀改善。配合人工岬頭之構築，在岬頭內側進行養灘，加速沙灘之穩定，以達到海岸保護塑造沙灘之效果。首先在中山大學海科院外突堤至高雄港第一港口北防波堤之間的海岸，興建南、北

兩端各構築長度為 160m 之岬灣，以維持沙灘穩定。另配合人工岬灣之構築，在岬灣內側進行養灘，可加速沙灘之穩定，達到海岸保護塑造沙灘效果。

三、興建離岸堤對海岸線的影響

「離岸堤」是在離岸大約數十公尺的地方丟消波塊，排成長度約三十公尺到五十公尺、寬度約四、五公尺的堤防，這個方法可以有效的擋住外面的浪，並在離岸堤內營造出一個平緩的水域，讓沙可以沉澱並堆積。但是雖然離岸堤的陸側普遍呈現淤淺趨勢，離岸堤海側則是略有淘刷情形。換言之，離岸堤只是把掏蝕的力量由岸邊提早到海上，這力量會掏蝕阻礙物下方的底質。所以離岸堤必須每年補強，用久了還是會下沉、不見。

四、興建突堤對海岸線的影響

所謂突堤是與海岸線及波向成某個角度之突出的人工構造物，可阻擋原先沿岸水流、海岸漂沙之路徑。造成突堤效應的原理是利用突堤所產生之波浪繞射及反射作用，因而使漂沙堆積於上游側，而原先有漂沙供應的下游側地區則逐漸出現海岸侵蝕。換言之，突堤效應將會造成堤前堆積、堤後侵蝕的狀況。

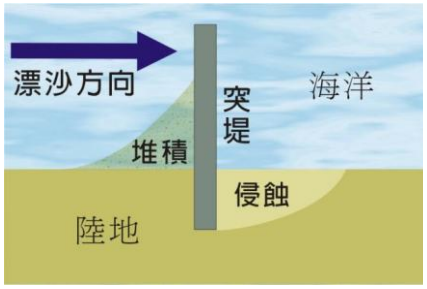


圖 5：突堤對海岸漂沙影響

五、衛星遙感探測技術簡介

(一) 遙感探測 (Remote Sensing；RS)

遙感探測是指透過某一特定的工具，自一段觀測距離，用未直接接觸物體的方式，紀錄和檢測資料的技術。因物體表面的質地不同，對入射光線的反射和散射率亦不相同，所以可藉由紀錄不同物體之光譜反射資料來進行分析。目前的遙感探測可以藉由航空飛機、遙控無人載具以及衛星來進行。

(二) 法國史波特衛星 5 (SPOT 5)

SPOT 5 是法國 SPOT 衛星的第五顆衛星。衛星上載有 2 台高分辨率幾何成像裝置(HRG)、1 台高分辨率立體成像裝置(HRS)、1 台寬視域植被探測儀(VGT)等，空間分辨率最高可達 2.5m，前後模式實時獲得立體像對，運營性能有很大改善，在數據壓縮、存儲和傳輸等方面也均有顯著提高。SPOT 5 平均航高 832 公里，通過台灣上空約為 10 點 45 分。

陸、 研究結果與討論

一、 利用 Google Earth 衛星圖像觀察高雄海岸線

(一)旗津衛星影像分析

從重疊圖 8 中，可以看出 2002 年至 2012 年的海岸線改變。南段的突堤外增設了離岸堤，海岸線有向外延伸的情況。北段增設了突堤，海岸線也有向外延伸的趨勢。但中段海岸線則有後退的情況。

圖 6：旗津 2002 年 3 月 2 日的衛星影像

圖 7：旗津 2012 年 12 月 22 日的衛星影像

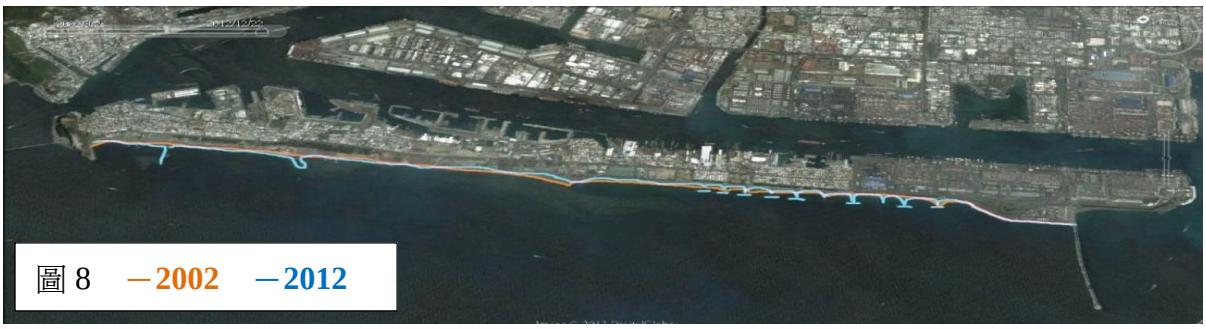


圖 8

(二)海水浴場段衛星影像分析

由 Google Earth 所提供的衛星影像依次遞延查看，截至 2012 年 5 月 22 日止並無任何海岸防護工程。但是， 2012 年 12 月 22 日的影像就在海岸公園的北側出現了一道長長的突堤。從重疊圖 11 看出 2002 年到 2012 年海水浴場的海岸線向內陸退縮，因此興建突堤期望有效防止海岸內縮惡化。

圖 9：旗津海水浴場段 2002 年 3 月 2 日衛星影像

圖 10：旗津海水浴場段 2012 年 12 月 22 日衛星影像

(三)海岸公園段衛星影像分析

2002 年的時候，海岸公園段並無任何海岸防護措施，到了 2012 年的時後，海岸公園南側已經設立了人工灣澳，北側也多了許多的人造護岸措施。由重疊圖 14 可以看出，海岸公園北側的海岸線 2012 年的位置比 2002 年還要後退；而在海岸公園南側，2012 年的位置比 2002 年還要前進。

圖 12： 2002 年 3 月 2 日衛星影像

圖 13：2012 年 12 月 22 日的衛星影像

圖 14 —2002 —2012

(四)風車公園段衛星圖像分析

在 2002 年的時候，風車公園還是一片荒涼，海邊有大量泥沙堆積。到了 2012 年，風車公園已經興建，此處的海岸沿線已被水泥化，沙灘已經消失了。從重疊圖 17 來看，可以發現風車公園外的海岸線從 2002 年到 2012 年仍一直被侵蝕後退，已經嚴重威脅到內陸。

圖 15：2002 年 3 月 2 日衛星影像

圖 16：2012 年 12 月 22 日衛星影像

圖 17 —2002 —2012

(五)中洲國小段衛星圖像分析

從重疊圖 20 可以看出，雖然 2012 年的時候增設離岸堤，但是離岸堤與離岸堤之間的海岸線凹陷部分比 2002 年設置突堤時的海岸線凹陷部分還來的更靠近內陸，且凹陷弧度也變大了。南側的離岸堤與離岸堤之間的凹陷部分也比北邊的離岸堤與離岸堤之間的凹陷部分大很多。

圖 18：2002 年 3 月 2 日衛星影像

圖 19：2012 年 12 月 22 日衛星影像

圖 20 —2002 —2012

(六)西子灣段衛星影像分析

在 2002 年的時候，海岸線並未設置突堤，到 2012 年 12 月 22 日有了兩個突堤。從重疊圖 23 可以看出，在養灘之後，2012 年度的海岸線較 2002 年度海岸線還要向外延伸許多。

圖 21：2002 年 3 月 2 衛星影像

圖 22：2012 年 12 月 22 日的衛星影像

二、 利用 SPOT 5 遙測資料與潮位資料計算旗津海岸線的變化

(一) 分析方法：

1. Google Earth 提供的衛星影像具有解析度較高的優勢，但卻沒有提供詳細的影像收集時間，無法與潮位資料做對照，進行較準確的分析。因此我們運用中央大學太空遙測中心提供的影像查詢系統，將 SPOT 5 的遙測資料疊加到先行選定的 Google Earth 衛星影像上。
2. 從 SPOT 5 對旗津海水浴場段、海岸公園段、風車公園段、中洲國小段、西子灣段的遙測資料，選取適合分析的時間及位置點。我們利用太空遙測中心影像查詢系統所提供的「距離量測」功能，從選定的固定點 P1，沿著固定方向量測到海岸線上 P2 點間的距離，共測量 5 次。
3. 查詢高雄港務局的歷史潮位資料(http://163.29.117.247/port/)，找出與遙測時間相同時間的潮位高度，加以記錄。
4. 利用 Office 軟體 Excel 2000 將 P1-P2 的距離與對應當時的潮位繪製成散佈圖。

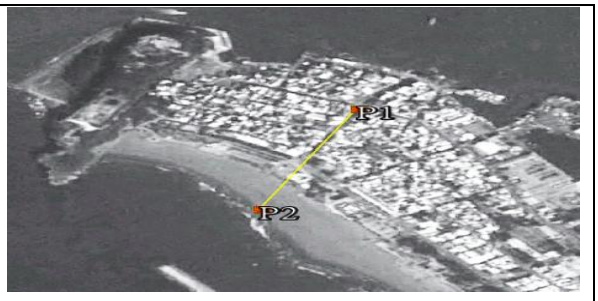
5. 比較 2011 年度、2012 年度與 2013 年度的散佈圖，探討趨勢線的差異，並討論海岸線的變遷以及與海岸保護工程的關係。

(二) 分析結果

1. 海水浴場段分析結果：

(1) 海水浴場段選取的測量位置(P1-P2)

▲Google Earth 衛星影像



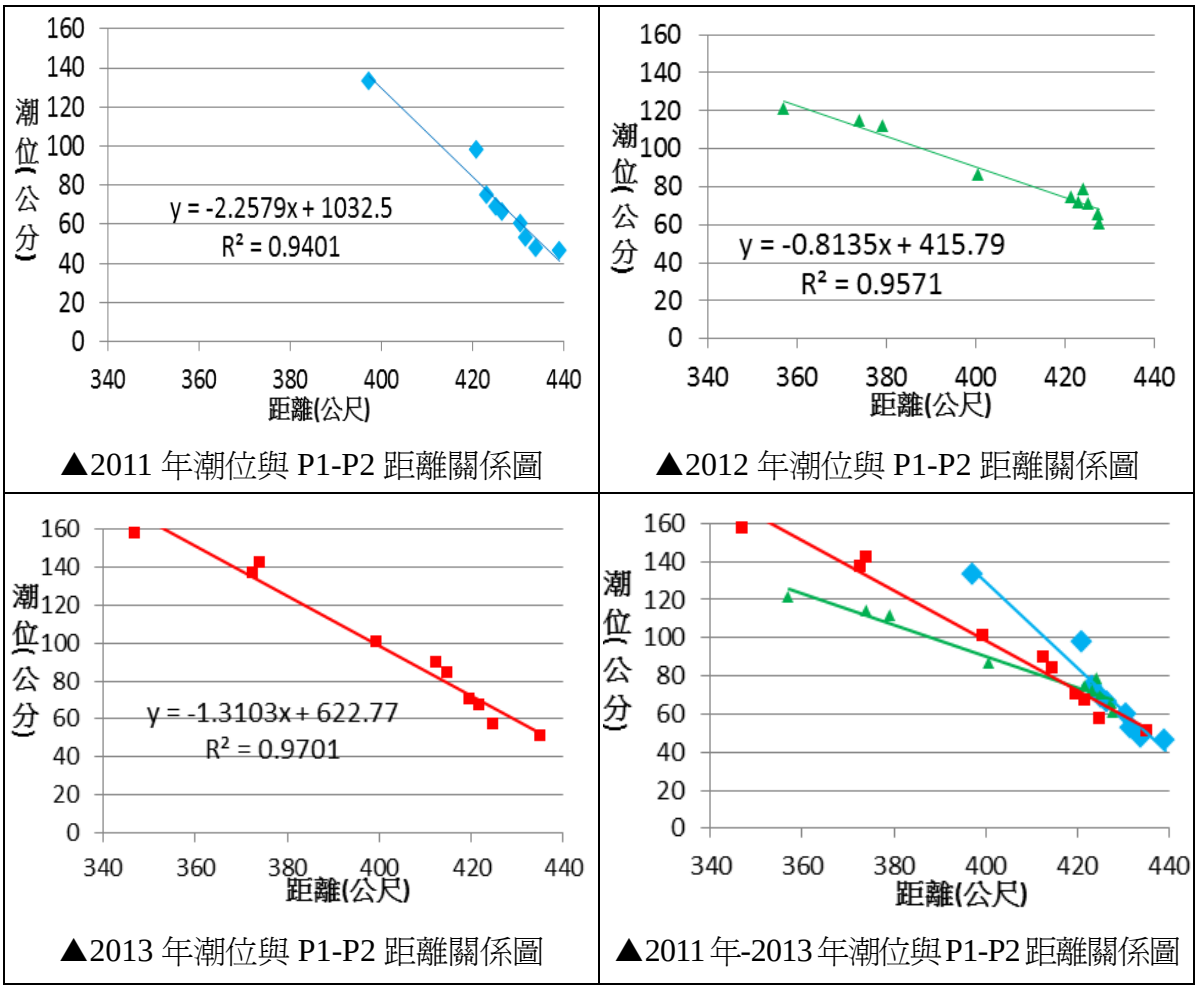
▲疊加 SPOT 5 衛星影像後

(2) 海水浴場段 P1-P2 的測量結果與對應當時的潮位高度

年/月/日	第 1 次測量	第 2 次測量	第 3 次測量	第 4 次測量	第 5 次測量	平均距離	潮位高度
2013/12/1	427.82	432.05	434.92	419.47	418.5	426.55	66.1
2013/12/2	429.43	428.46	421.67	421.74	424.63	425.19	68.6
2013/12/2	437.10	439.35	432.63	441.85	444.27	439.04	46.4
2013/11/2	433.43	439.08	432.21	433.56	431.25	433.91	47.7
2013/10/1	431.42	433.30	430.22	427.26	431.17	430.67	60.0
2013/10/1	429.15	432.79	433.23	431.16	432.4	431.75	53.0
2013/10/1	419.86	418.71	423.02	423.04	420.27	420.98	98.1
2013/10/2	428.46	420.04	421.25	422.44	423.68	423.17	74.8
2013/9/5	396.52	396.40	398.23	394.81	400.31	397.25	133.0
2012/12/1	428.84	423.8	425.10	422.55	420.1	424.08	78.8
2012/12/2	428.44	423.93	423.95	424.72	425.38	425.28	70.8
2012/11/6	426.68	427.8	428.57	427.72	426.55	427.46	65.6
2012/11/7	430.28	426.43	429.87	425.41	426.53	427.70	60.4
2012/11/2	401.87	400.88	404.05	395.71	400.84	400.67	86.3
2012/10/2	351.51	360.55	357.14	359.06	357.17	357.09	120.9
2012/10/7	421.70	423.63	422.56	422.72	424.98	423.12	71.7
2012/10/1	381.26	375.73	379.50	378.98	380.04	379.10	111.9
2012/9/21	426.40	422.40	417.05	421.34	420.56	421.55	74.3
2012/8/21	378.63	372.01	373.21	372.34	373.43	373.92	114.3
2011/12/2	423.43	427.07	421.52	427.12	425.34	424.90	57.6
2011/11/3	431.06	439.29	436.82	430.33	438.28	435.16	50.7
2011/10/4	420.70	423.32	421.44	420.13	422.57	421.63	67.3
2011/10/2	403.32	397.83	399.12	399.64	397.58	399.50	101
2011/10/3	420.08	419.36	421.57	420.11	417.30	419.68	70.1
2011/9/13	375.72	373.38	374.16	373.90	372.45	373.92	142.5
2011/9/18	413.65	412.65	413.40	421.96	411.73	414.68	84.5
2011/8/13	372.85	370.58	373.18	375.41	370.99	372.60	137.3

2011/7/2	344.67	352.41	347.34	345.16	344.98	346.91	157.7
2011/7/23	410.34	415.39	412.65	413.75	410.26	412.48	89.6

(3) 海水浴場段 P1-P2 距離與潮位關係散佈圖



▲2011 年潮位與 P1-P2 距離關係圖　▲2012 年潮位與 P1-P2 距離關係圖

▲2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖　▲2011 年-2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖

(4) 2011 年與 2012 年的分析結果如下表 1 所示：

表 1：2011 年與 2012 年海水浴場段潮位變化情形

潮位高度	2011 年～2012 年之間 P1—P2 距離的變化趨勢	說明
潮位 120 公分	流失了約 40 公尺	405 公尺-365 公尺。
潮位 160 公分	流失達到 73 公尺	386 公尺-313 公尺
潮位 60 公分	幾乎沒變化	

- 表 1 顯示這一年中此處海岸線的退縮不是均勻地發生在不同海水深度的地方。
- 由散佈圖的趨勢線變化可以看出，2011 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化較小，而在 2012 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化幅度增加很多。
- 隨著潮位較高時，海岸位置退縮的較明顯，潮位 60 公分以下的海岸位置幾乎不變的趨勢，我們可以推測，2012 年潮間帶的範圍(高潮水位與乾潮水位之間所露出的灘地範圍)應較大於 2011 年，潮間帶的坡度也應該更為平緩(圖 24)。

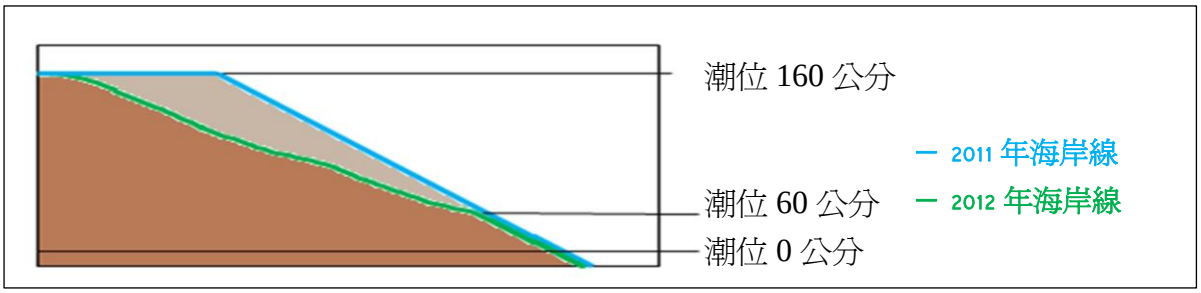


圖 24：2011 年、2012 年旗津海水浴場段海岸位置剖面變化示意圖

(5) 2012 年與 2013 年的分析結果如下表 2 所示：

表 2：2012 年與 2013 年海水浴場段潮位變化情形(高潮水位接近 160 公分)

潮位高度	2012 年～2013 年之間 P1—P2 距離的變化趨勢	說明
潮位 120 公分	增加 20 公尺	385 公尺-365 公尺。
潮位 160 公分	增加達到 37 公尺	350 公尺-313 公尺
潮位 60 公分	幾乎沒變化	

- 由散佈圖的趨勢線變化可以看出，2012 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化較大，而在 2013 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化幅度較小。
- 由於潮位較高時，海岸位置增加的較明顯，潮位 60 公分以下的海岸位置幾乎不變的趨勢，我們可以推測，2013 年潮間帶的範圍(高潮水位與乾潮水位之間所露出的沙灘範圍)應較小於 2012 年，潮間帶的坡度也應該更為陡峭(圖 25)。

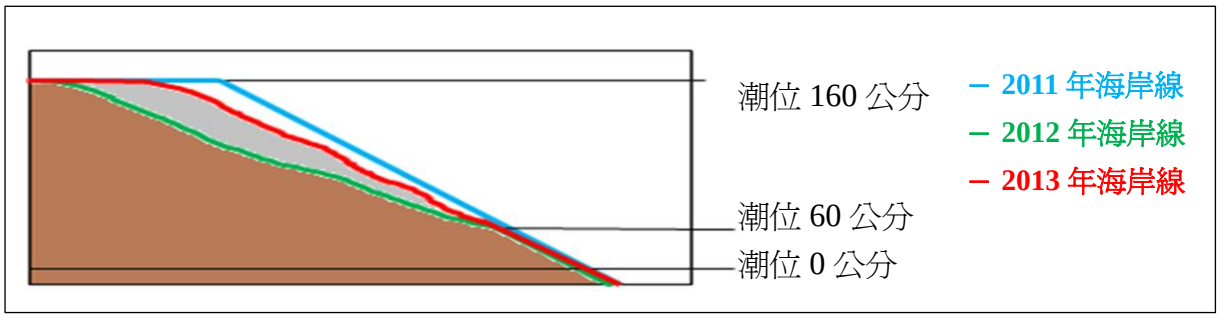


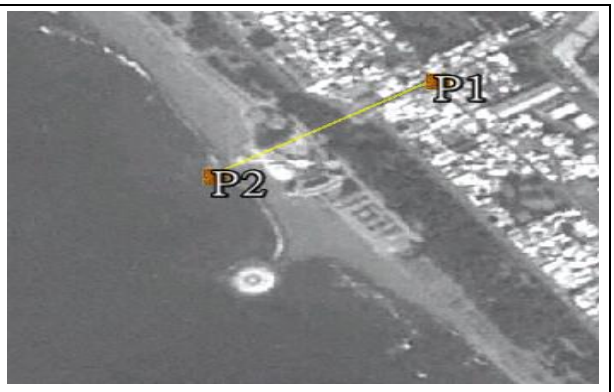
圖 25：2011 年、2012 年、2013 年旗津海水浴場段海岸位置剖面變化示意圖

(6) 綜合討論：在養灘的工程還未執行之前，旗津海水浴場段的沙灘在高潮水位線附近有快速流失的趨勢。但隨著離岸堤的興建與抽砂養灘工程的執行，旗津海水浴場段的沙灘面積有逐漸回復，但沙灘面積的增加也只發生在潮位 60 公分以上的海岸位置，而且愈往高潮位，海岸線前進的趨勢愈明顯，也因此造成了海水浴場的沙灘坡度變陡。

2. 海岸公園段分析結果

(1) 海岸公園段測量位置(P1-P2)

▲Google Earth 衛星影像



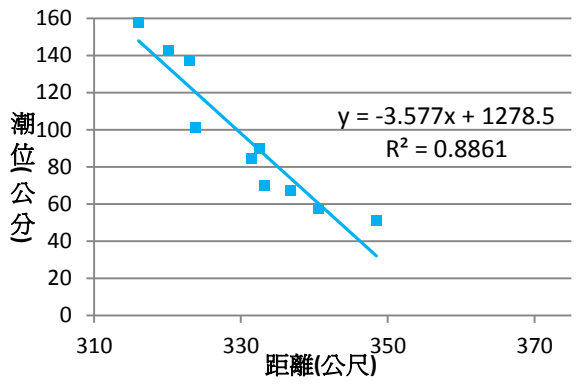
▲疊加 SPOT 5 衛星影像後

(2) 海岸公園段 P1-P2 的測量結果與對應當時的潮位高度

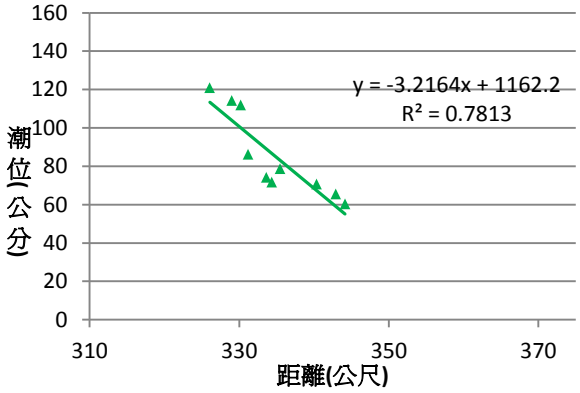
年/月/日	第 1 次測量	第 2 次測量	第 3 次測量	第 4 次測量	第 5 次測量	平均距離	潮位高度
2013/12/1	367.74	364.46	361.18	362.61	368.44	364.89	66.1
2013/12/2	349.26	356.40	352.54	353.30	355.11	353.32	68.6
2013/12/27	366.66	371.83	371.36	370.85	373.03	370.75	46.4
2013/11/27	369.60	366.29	366.70	368.33	369.14	368.01	47.7
2013/10/10	363.43	369.6	367.56	364.13	366.35	366.21	60
2013/10/11	361.55	364.85	367.16	369.67	368.42	366.33	53
2013/10/16	326.96	331.39	329.73	333.23	330.05	330.27	98.1
2013/10/27	356.03	352.59	352.98	355.73	353.79	354.22	74.8
2013/9/5	321.22	325.97	324.83	321.87	319.82	322.74	133
2012/12/13	336.43	336.90	332.51	335.20	336.44	335.50	78.8
2012/12/29	338.59	344.23	339.95	340.73	338.40	340.38	70.8
2012/11/6	342.27	345.01	340.9	343.99	342.48	342.93	65.6
2012/11/7	345.32	343.13	344.42	341.87	346.11	344.17	60.4
2012/11/28	330.15	326.97	332.83	333.08	332.89	331.18	86.3
2012/10/2	326.59	325.51	325.86	323.69	328.72	326.07	120.9
2012/10/7	336.69	334.71	336.97	330.50	332.95	334.36	71.7
2012/10/12	328.53	328.68	330.31	331.98	331.46	330.19	111.9
2012/9/21	331.53	335.65	334.58	333.26	333.11	333.63	74.3
2012/8/21	329.39	328.58	330.58	328.34	328.17	329.01	114.3
2011/12/26	341.71	342.96	336.57	341.73	339.80	340.55	57.6
2011/11/30	353.47	347.30	345.74	344.68	351.10	348.46	50.7
2011/10/4	335.64	335.83	336.71	338.38	337.45	336.80	67.3
2011/10/24	323.35	323.73	322.84	325.06	324.52	323.90	101

2011/10/30	329.99	337.40	332.46	332.84	333.51	333.24	70.1
2011/9/13	317.73	320.41	322.34	317.76	322.26	320.10	142.5
2011/9/18	330.94	331.73	330.22	333.30	331.23	331.48	84.5
2011/8/13	325.41	324.42	325.72	319.36	320.09	323.00	137.3
2011/7/2	314.00	314.53	319.85	315.87	315.99	316.05	157.7
2011/7/23	335.96	334.08	329.41	334.59	329.10	332.63	89.6

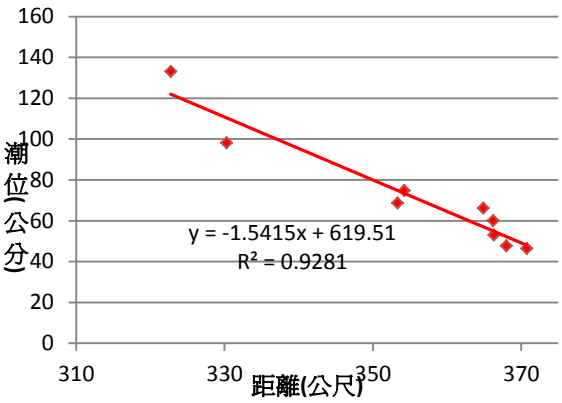
(3) 海岸公園段 P1-P2 距離與潮位關係散佈圖



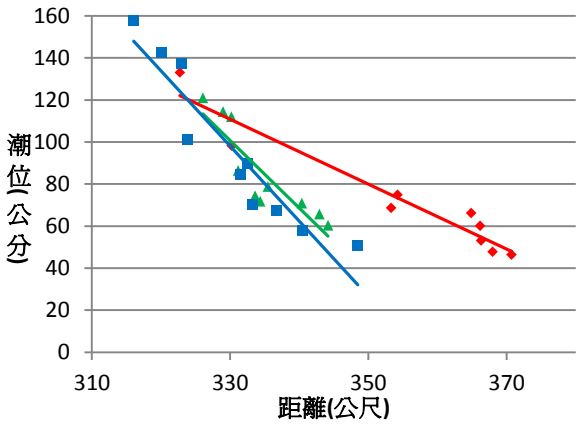
▲2011 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2012 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2011 年-2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖

(4) 2011 年與 2012 年的分析結果如下表 3 所示：

表 3：2011 年與 2012 年海岸公園段潮位變化情形(高潮水位接近 160 公分)

潮位高度	2011 年～2012 年之間 P1—P2 距離的變化趨勢	說明
潮位 100 公分	只增加了約 4 公尺	331 公尺-327 公尺
潮位 160 公分	幾乎沒有改變	312 公尺-311 公尺
潮位 120 公分	幾乎沒變化	

- 由散佈圖的趨勢線推估，2011 年及 2012 年的線段幾乎完全相同，只有在潮位較低處不同：2011 年的海岸剖面比 2012 年的海岸剖面較陡一點點。

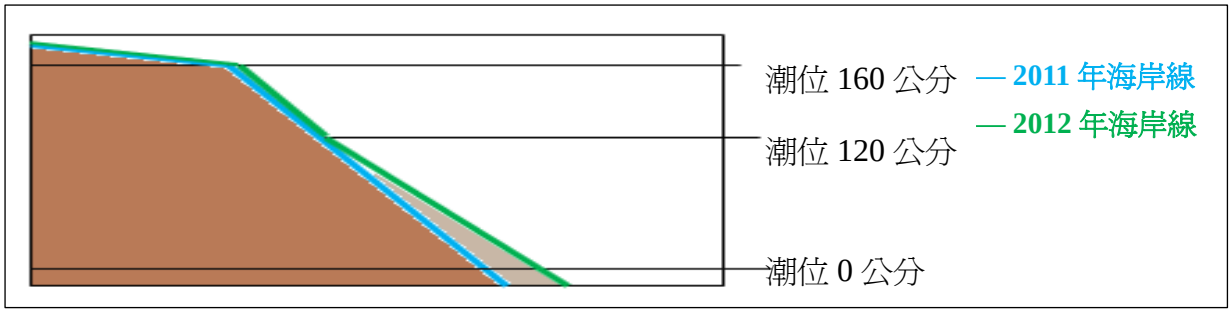


圖 26：2011 年、2012 年海岸公園段海岸位置剖面變化示意圖

(5) 討論 2012 年與 2013 年的分析結果

- 當潮位爲 120 公分時，2012 年與 2013 年的 P1-P2 距離相同。
- 由散佈圖的趨勢線變化可以看出，2012 年時，P1-P2 距離隨著潮位的變化較小，而在 2013 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化幅度較大。
- 在低潮位時，2012 年的沙灘距離較短，而在 2013 年沙灘距離則較長，也因此，可以知道 2012 年的潮間帶坡度較陡，而 2013 年的潮間帶坡度較平緩些。

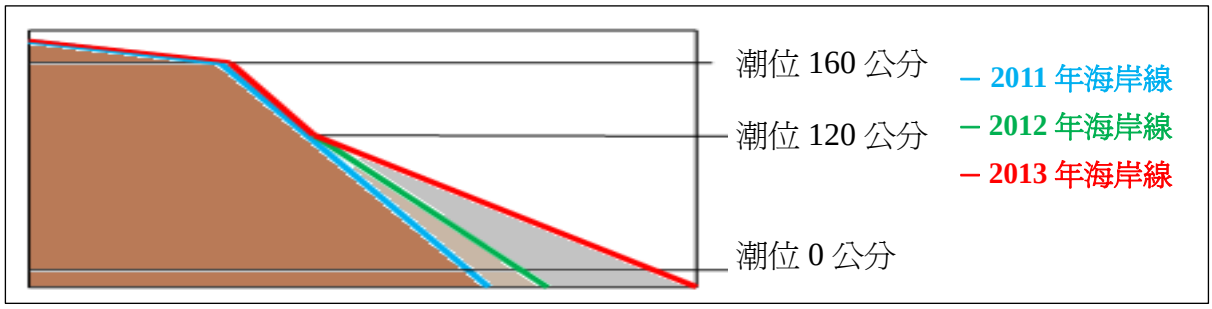


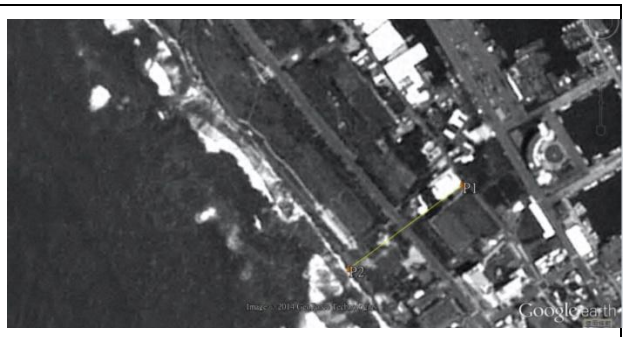
圖 27：2011 年、2012 年、2013 年海岸公園段海岸位置剖面變化示意圖

(6) 綜合討論：政府在 2011 年開始海岸防護工程，2012 年完工，因此在這兩年內沙灘並無明顯變化。2012 年完工後直到 2013 年，沙灘卻有了明顯的變化：在潮位 120 公分以下的灘地，潮間帶面積明顯地增加了許多，而且愈往低潮位，海岸線前進的趨勢愈明顯，因此海岸公園在潮位 120 公分以下的沙灘坡度變得較平緩。

3. 風車公園段分析結果

(1) 風車公園段測量位置(P1-P2)

▲Google Earth 衛星影像

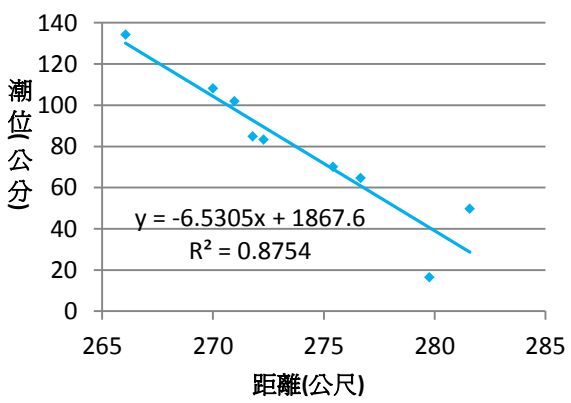


▲疊加 SPOT 5 衛星影像後

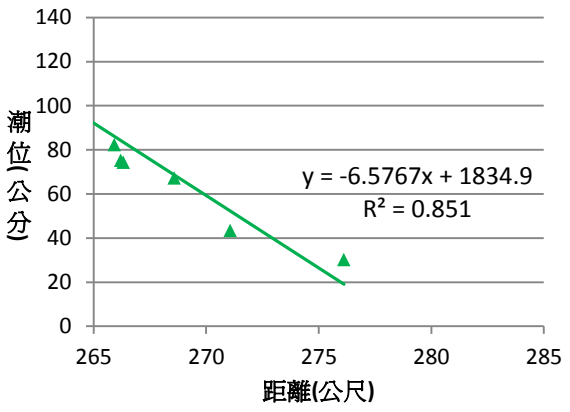
(2) 風車公園段 P1-P2 測量結果與對應當時的潮位高度

年/月/日	第 1 次測量	第 2 次測量	第 3 次測量	第 4 次測量	第 5 次測量	平均距離	潮位高度
2013/12/2	283.00	282.02	282.05	282.17	282.57	282.36	21.9
2013/12/1	281.88	281.61	281.03	280.14	281.21	281.17	45.7
2013/11/27	273.11	273.64	273.31	273.30	273.01	273.27	91.0
2013/10/11	270.81	271.99	270.18	271.87	272.51	271.47	119.4
2013/9/25	273.74	272.66	273.65	272.56	273.21	273.16	102.0
2013/8/10	276.09	276.64	277.20	276.80	277.05	276.76	76.3
2013/7/25	279.17	279.75	278.50	278.07	278.20	278.74	73.9
2012/12/29	271.75	272.67	270.34	270.91	269.69	271.07	43.4
2012/12/13	275.12	276.55	276.87	276.20	275.85	276.12	30.2
2012/10/12	263.34	263.05	262.29	263.18	263.72	263.12	125.6
2012/10/2	266.12	266.95	266.09	266.69	265.15	266.20	75.2
2012/8/31	266.61	266.64	266.06	265.99	266.26	266.31	74.3
2012/7/21	265.45	266.85	265.67	265.66	265.95	265.92	82.2
2012/6/25	268.30	268.44	268.12	269.17	268.84	268.57	67.2
2011/12/26	280.26	279.22	280.02	279.31	279.99	279.76	16.4
2011/10/24	271.46	269.94	271.81	271.43	270.18	270.96	101.9
2011/10/4	265.15	266.00	266.59	266.71	265.81	266.05	134.2
2011/9/13	272.91	271.52	271.98	272.14	272.90	272.29	83.3
2011/7/23	269.85	270.10	269.01	270.86	270.21	270.01	108.2
2011/7/2	272.41	271.53	271.31	271.94	271.76	271.79	84.9
2011/5/6	276.58	275.86	274.61	274.87	275.19	275.42	70.1
2011/4/20	276.00	276.97	276.48	276.52	277.31	276.66	64.7
2011/3/30	281.52	282.74	280.71	280.14	282.84	281.59	49.7

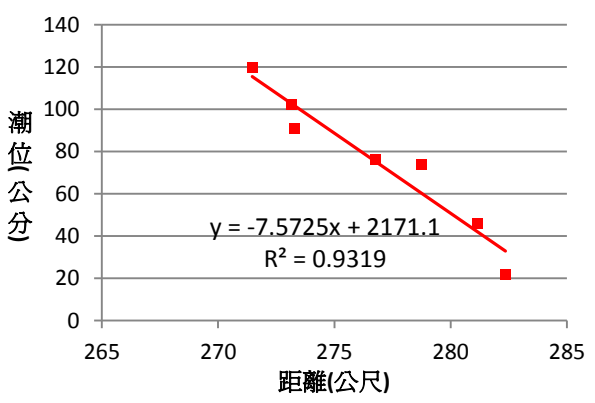
(3) 風車公園段 P1-P2 距離與潮位關係散佈圖



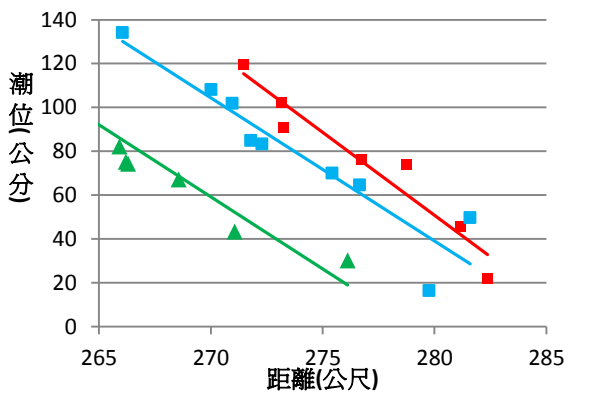
▲2011 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2012 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2011 年-2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖

(4) 2011 年與 2012 年的分析結果如下表 4：

表 4：2011 年與 2012 年風車公園段潮位變化情形(高潮水位接近 160 公分)

潮位高度	2011 年～2012 年之間 P1—P2 距離的變化趨勢	說明
潮位 80 公分	約減少 7 公尺	273 公尺-266 公尺
潮位 160 公分	約減少 7 公尺	261 公尺－254 公尺

- 從圖可知，2011 的線段與 2012 的線段是平行的，我們可以推測，2011 年潮間帶的範圍(高潮水位與乾潮水位之間所露出的沙灘範圍)是一樣的，而這兩年內的海岸坡度是差不多的。

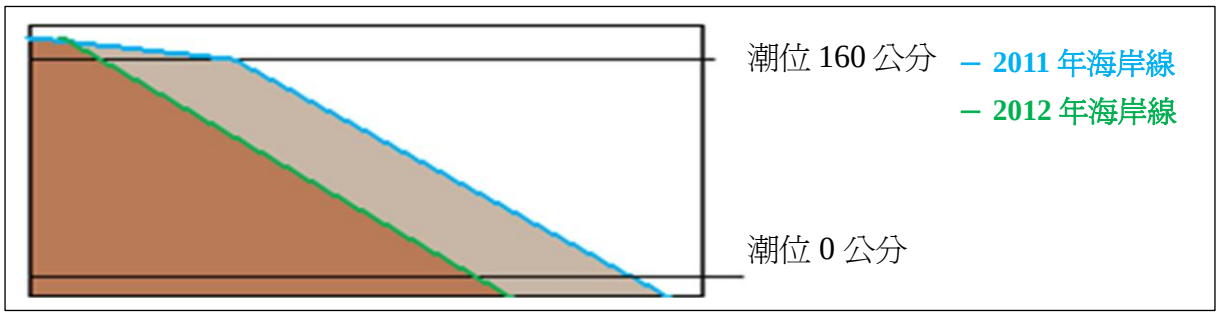


圖 28：2011 年、2012 年風車公園段海岸位置剖面變化示意圖

(5) 2012 年與 2013 年的分析結果如下表 5：

表 5：2012 年與 2013 年風車公園段潮位變化情形(高潮水位接近 160 公分)

潮位高度	2011 年～2012 年之間 P1—P2 距離的變化趨勢	說明
潮位 80 公分	有增加趨勢	276 公尺-266 公尺
潮位 160 公分	增加達到 7 公尺	254 公尺-265 公尺

- 可以推測 2013 與 2012 年潮間帶的範圍(高潮水位與乾潮水位之間所露出的沙灘範圍)是相近的，但海岸線的位置已經有向海的方向前進的明顯趨勢。

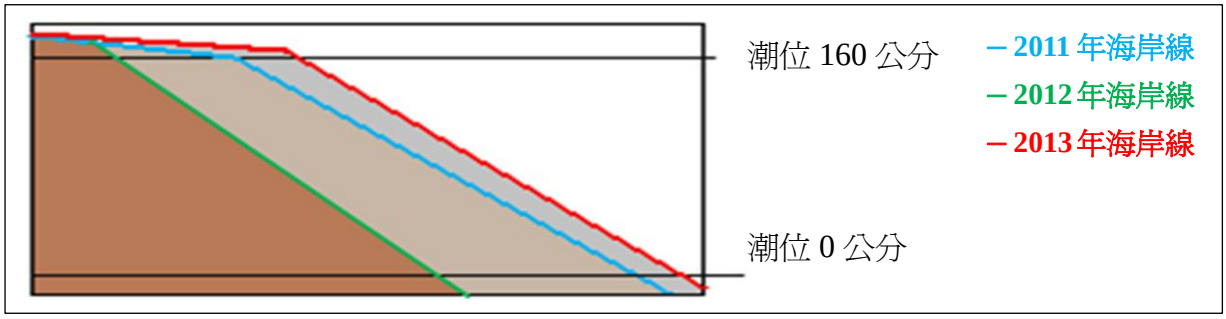


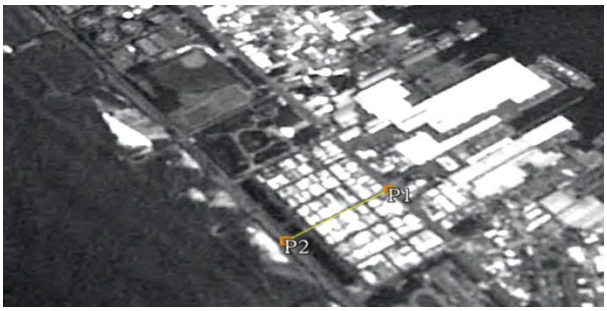
圖 29：2011 年、2012 年、2013 年風車公園段海岸位置剖面變化示意圖

(6) 綜合討論：綜合上述的分析結果顯示，在抽砂養灘的工程還未執行之前，旗津風車公園段的沙灘在有快速流失的趨勢。但隨著離岸堤的興建與抽砂養灘工程的執行，旗津風車公園的沙灘面積有回復的趨勢。海岸線位置不僅回復到 2011 年的水準，甚至還向前延伸。此外，風車公園測量點的海岸線前進情形則與潮位高低變化較無關聯，呈現均勻前進的趨勢。

4. 中洲國小段區域分析結果

(1) 中洲國小段測量位置(P1-P2)

▲Google Earth 衛星影像



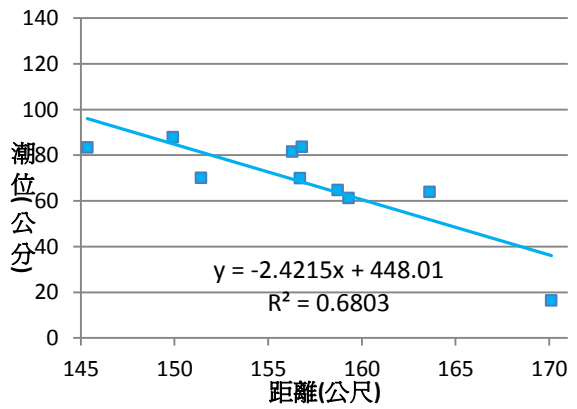
▲疊加 SPOT 5 衛星影像後

(2) 中洲國小段 P1-P2 的測量結果與對應當時的潮位高度

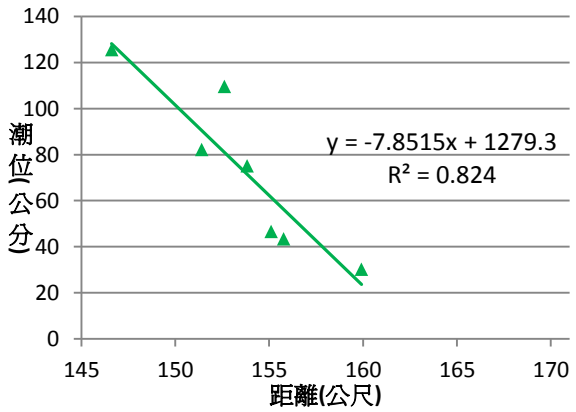
年/月/日	第 1 次測量	第 2 次測量	第 3 次測量	第 4 次測量	第 5 次測量	平均距離	潮位高度
2013/12/2	162.24	162.11	162.7	161.74	161.71	162.10	45.7
2013/11/27	156.64	156.07	156.07	155.4	156.8	156.20	91.0
2013/10/27	152.41	151.43	151.03	152.83	156.64	152.90	131.9
2013/8/10	156.93	157.95	157.53	157.74	157.84	157.60	76.3
2013/7/30	155.81	155.71	155.35	155.21	155.12	155.44	116.3
2013/6/29	155.3	154.52	156.91	155.51	156.71	155.79	80.0
2013/6/3	155.12	154.96	154.71	155.12	154.51	154.89	94.7
2012/12/29	155.87	156.29	155.11	155.78	155.82	155.78	43.4
2012/12/13	160.09	159.65	160.79	159.04	160.04	159.92	30.2
2012/11/28	155.09	155.23	155.5	154.23	155.49	155.11	46.6

2012/11/7	152.81	153.41	152.70	152.70	151.50	152.62	109.6
2012/10/12	147.7	146.78	146.58	146.81	145.198	146.61	125.6
2012/10/2	154.86	153.25	154.07	153.59	153.4	153.83	75.2
2012/7/21	151.77	150.56	151.96	151.76	150.99	151.41	82.2
2011/11/30	156.56	156.59	155.85	157.855	154.58	156.29	81.6
2011/11/26	170.69	170.94	170.32	168.04	170.58	170.11	16.4
2011/10/30	157.50	157.50	155.35	157.79	155.38	156.70	69.9
2011/9/13	146.83	143.32	146.00	145.86	144.74	145.35	83.3
2011/8/13	148.85	150.47	149.50	150.22	150.53	149.91	87.9
2011/8/2	154.32	157.37	156.34	158.17	157.80	156.80	83.7
2011/5/6	151.30	151.87	152.59	151.07	150.24	151.41	70.1
2011/4/20	158.80	158.17	159.08	158.69	158.88	158.72	64.7
2011/4/15	163.86	163.93	163.58	163.83	162.89	163.62	63.9
2011/3/15	159.10	159.10	159.3	159.25	159.74	159.30	61.2

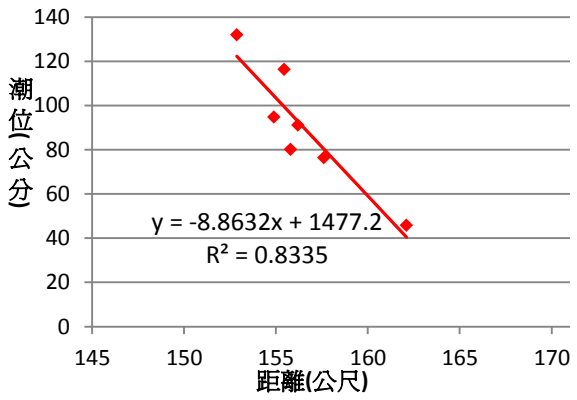
(3) 中洲國小段 P1-P2 距離與潮位關係散佈圖



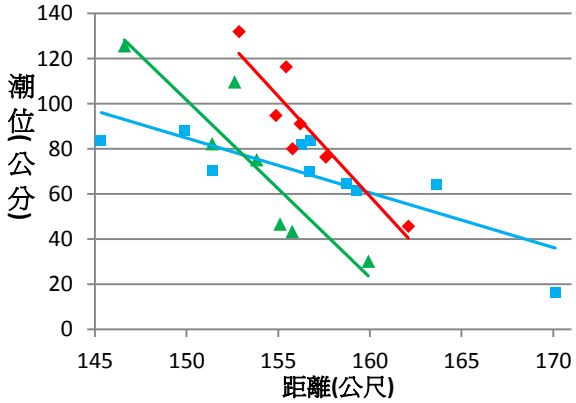
▲2011 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2012 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2011 年-2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖

(4) 2011 年與 2012 年的分析結果如下表 6 所示：

表 6：2011 年與 2012 年中洲國小段潮位變化情形(高潮水位接近 160 公分)

潮位高度	2011 年～2012 年之間 P1—P2 距離的變化趨勢	說明
潮位 100 公分	有增加趨勢	152 公尺-143 公尺
潮位 160 公分	增加達到 24 公尺	142 公尺－118 公尺

- 2011 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化較大，而在 2012 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化幅度增加很小。換言之，2012 年的潮間帶比 2011 年更為陡峭。
- 2011 年與 2012 年的線段在潮位 80 公分位置圖形相交。因而得知從 2011 年到 2012 年海岸位置線在潮位 80 公分以下的部分是被掏空的，而在潮位 80 公分以上則有堆積趨勢(如下圖 30)。

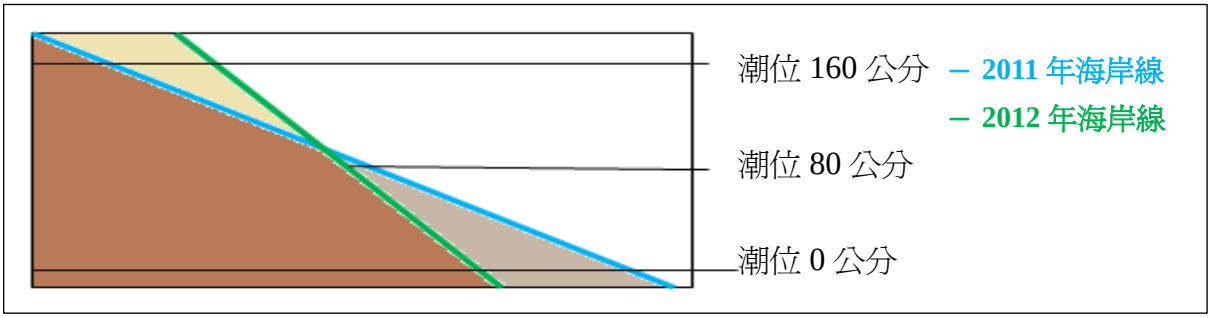


圖 30：2011 年、2012 年中洲國小段海岸位置剖面圖變化示意圖

(5) 2012 年與 2013 年的分析結果如下表 7 所示：

表 7：2012 年與 2013 年中洲國小段潮位變化情形(高潮水位接近 160 公分)

潮位高度	2012 年～2013 年之間 P1—P2 距離的變化趨勢	說明
潮位 80 公分	有增加趨勢。	157 公尺-152 公尺
潮位 160 公分	增加達到 6 公尺	148 公尺－142 公尺

- 2013 年與 2012 年 P1-P2 距離隨著潮位的變化幅度是一樣的，亦即這兩年潮間帶的坡度是相近的，只是海岸線有均勻地向海方向增加的趨勢。
- 2013 年的海岸位置潮位 60 公分以下的區域，尚未回復到 2011 年的位置，但在潮位 60 公分以上已經逐漸向海的方向前進了。

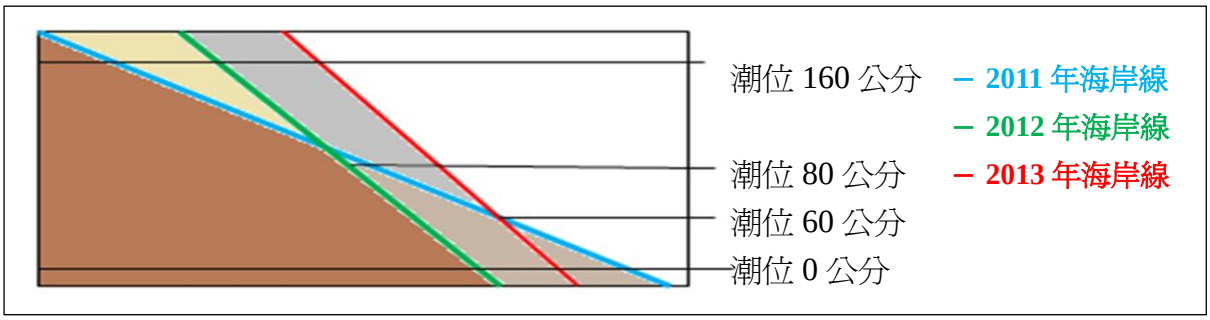


圖 31：2011 年、2012、2013 年中洲國小段海岸位置剖面變化示意圖

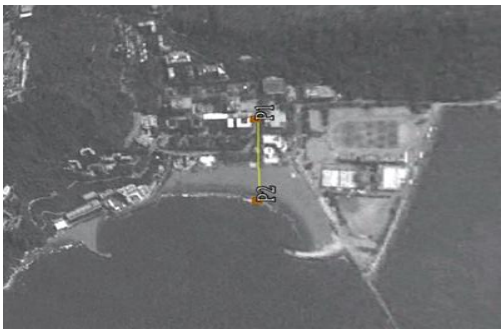
(6) 綜合討論：中洲國小測量點是港務局負責的旗津南段海岸保護工程的一部分，此部分的工程重點是在原先的突堤外再加蓋離岸堤，於 2012 年 6 月完工。

- 從工程剛完工的 2012 年底資料發現，在工程完工後，中洲國小測量點附近的海岸線在潮位較高位置有向海前進的趨勢，但在潮位較低處則比 2011 年後退，海岸地形變得更陡峭。
- 隔年 2013 年的資料發現，海岸地形已和 2012 年海岸地形接近平行而稍微更陡峭的方式前進，顯示離岸堤的設置發揮的聚沙的效果。
- 未來應該持續追蹤此處的海岸地形變化，查明是否因離岸堤的設置而讓潮間帶變得過爲陡峭，因而干擾潮間帶的生物棲息狀況。

5. 西子灣段分析結果

(1) 西子灣段測量位置(P1-P2)

▲Google Earth 衛星影像



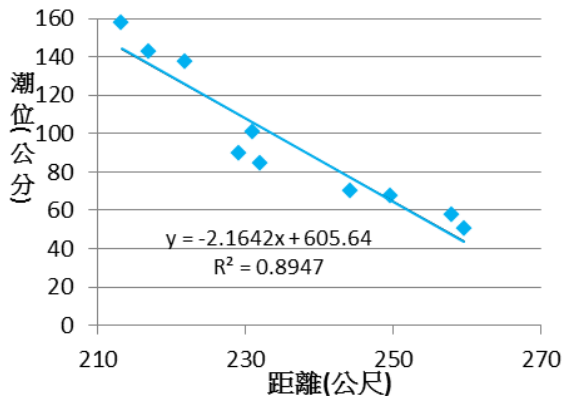
▲疊加 SPOT 5 衛星影像後

(2) 西子灣段 P1-P2 的測量結果與對應當時的潮位高度

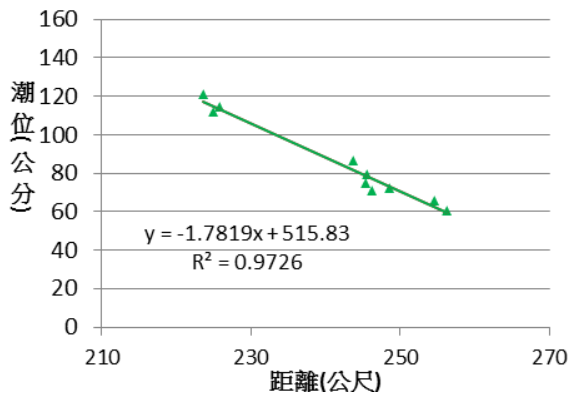
年/月/日	第 1 次測量	第 2 次測量	第 3 次測量	第 4 次測量	第 5 次測量	平均距離	潮位高度
2013/12/27	272.09	262.90	265.36	251.57	263.52	263.09	46.4
2013/12/1	259.36	264.69	263.93	253.09	262.13	260.64	66.1
2013/12/2	260.09	255.47	264.60	263.11	254.87	259.69	68.6
2013/11/27	262.5	267.28	255.37	261.92	263.57	262.13	47.7
2013/10/1	246.24	248.79	251.93	243.46	249.67	248.02	100.8
2013/10/10	263.53	261.30	258.00	263.19	260.79	261.36	60.0
2013/10/11	260.80	264.09	259.81	261.87	262.42	261.80	53.0
2013/10/16	249.45	249.12	250.98	252.34	252.08	250.79	98.1
2013/10/27	254.73	252.07	251.66	252.93	255.51	253.38	74.8
2012/12/13	243.59	245.66	245.02	242.79	250.77	245.57	78.8
2012/12/29	246.61	248.26	245.89	245.65	244.65	246.21	70.8
2012/11/6	256.60	256.64	252.80	254.60	252.75	254.68	65.6
2012/11/7	253.85	256.52	255.96	256.84	258.79	256.39	60.4
2012/11/28	242.92	243.54	245.04	243.20	243.87	243.71	86.3

2012/10/2	221.95	221.66	226.50	224.05	224.09	223.65	120.9
2012/10/7	245.01	249.32	247.81	253.7	247.11	248.59	71.7
2012/10/12	226.21	222.35	224.40	227.55	224.45	224.99	111.9
2012/9/21	242.53	245.03	246.82	246.73	245.66	245.35	74.3
2012/8/21	225.68	227.7	223.34	225.64	226.53	225.78	114.3
2011/12/26	257.26	258.13	254.01	260.44	260.07	257.98	57.6
2011/11/30	257.04	261.65	257.10	262.02	260.28	259.62	50.7
2011/10/4	248.93	249.23	246.98	253.49	249.67	249.66	67.3
2011/10/24	230.88	228.23	230.81	231.51	233.30	230.95	101.0
2011/10/30	246.81	244.34	244.89	241.13	244.16	244.27	70.1
2011/9/13	216.12	218.60	219.48	216.98	213.48	216.93	142.5
2011/9/18	233.29	231.73	231.43	231.26	232.46	232.03	84.5
2011/8/13	218.78	223.26	223.41	220.36	223.27	221.82	137.3
2011/7/2	213.45	214.72	212.83	212.74	212.68	213.28	157.7
2011/7/23	230.38	229.52	230.43	226.96	228.42	229.14	89.6

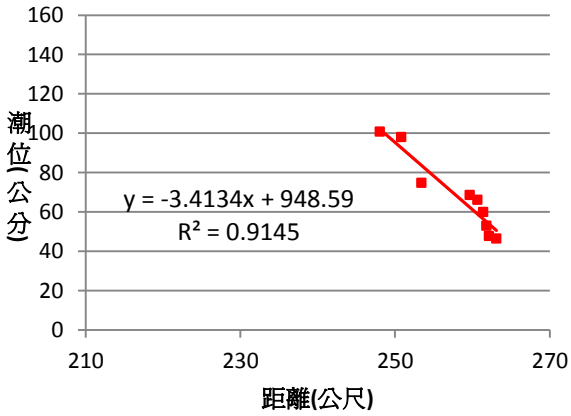
(3) 西子灣段 P1-P2 距離與潮位關係散佈圖



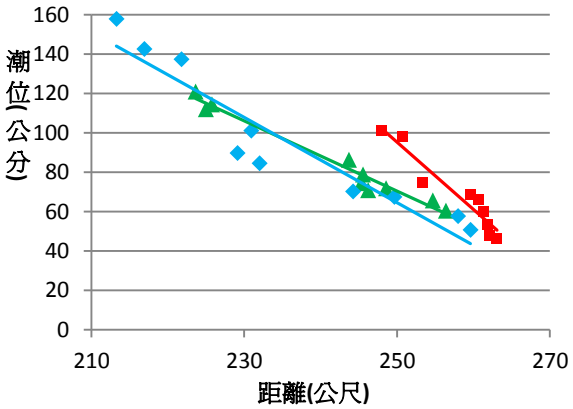
▲2011 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2012 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖



▲2011 年-2013 年潮位與 P1-P2 距離關係圖

(4) 2011 年與 2012 年的分析結果如下表 8 所示：

表 8：2011 年與 2012 年西子灣段潮位變化情形(高潮水位接近 160 公分)

潮位高度	2011 年～2012 年之間 P1—P2 距離的變化趨勢	說明
潮位 60 公分	增加了 3 公尺	257 公尺-254 公尺
潮位 160 公分	減少了 6 公尺	205 公尺-199 公尺
潮位 100 公分	幾乎沒有變化	

- 2011 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化幅度很大，而在 2012 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化幅度則略有增加。換言之，和 2011 年的海岸位置相比，2012 年的海岸位置在高潮位處稍被侵蝕，而在低潮位處則略向海的方向前進。

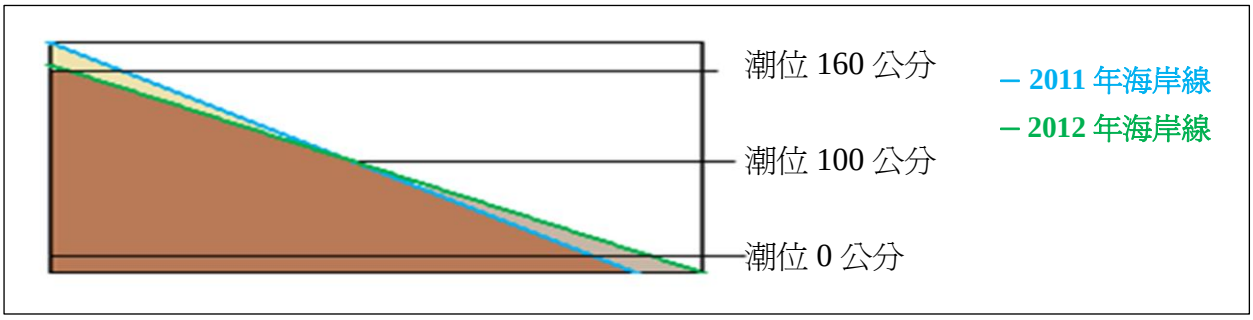


圖 32：2011 年、2012 年西子灣段海岸位置剖面變化示意圖

(5) 2012 年與 2013 年的分析結果如下表 9 所示：

表 9：2012 年與 2013 年西子灣段潮位變化情形(高潮水位接近 160 公分)

潮位高度	2012 年～2013 年之間 P1—P2 距離的變化趨勢	說明
潮位 100 公分	有增加趨勢	250 公尺-233 公尺
潮位 160 公分	增加了 32 公尺	231 公尺-199 公尺
潮位 50 公分	幾乎沒有變化	

- 2012 年時，P1-P2 距離隨著潮位的變化較大，而在 2013 年，P1-P2 距離隨著潮位的變化幅度較小。由於兩條線在潮位約 50 公分處相同，比較 2012 年和 2013 年在高潮位，2013 年距離較短，但在低潮位時，2013 年沙灘距離較長。由此可以推測 2013 年的潮間帶坡度較陡，而 2012 年的潮間帶坡度較平緩。

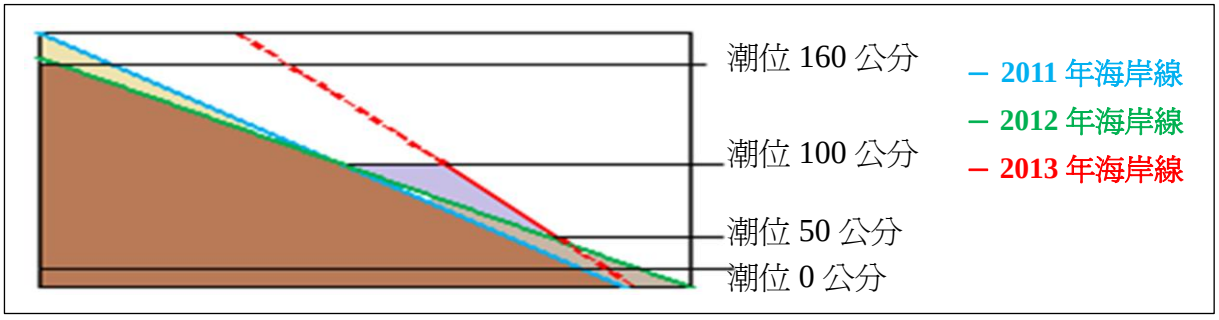


圖 33：2011 年、2012、2013 年西子灣段海岸位置剖面變化示意圖

(6) 綜合討論：

- 2011 年和 2012 年的海岸線位置的變化較不明顯，但在 2013 年，海岸位置在潮位 50 公分～100 公分的範圍有向海前進的趨勢，導致潮間帶坡度變陡。
- 由於西子灣的人工岬灣與養灘工程在 2009 年就已經完工，故此處海岸位置的變化可暫不考慮西子灣海岸工程的影響，但旗津海岸於 2012 年間進行養灘工程，可能對此處造成影響。
- 我們用外推法推測潮位 100 公分以上以及潮位 50 公分以下的區域，發現西子灣測量點在潮位 50 公分以下的海岸線位置 2013 年比 2012 年還要後退。顯示 2013 年在此位置以下的海岸受到較強的侵蝕作用。
- 過去的研究結果顯示，平直的海岸線可能因受波浪的侵蝕而有逐漸變陡的趨勢。我們在西子灣測量點的分析也發現了這個現象，值得加以持續追蹤，以避免增加海邊戲水的危險。
- 再考量此處主要來自西南方向(如右圖箭頭方向)的季風與颱風所帶來的波浪，所以未來必須留意新建人工岬可能引起的突堤效應，堤後的沙灘面積會因此隨著時間流失。

三、實地勘查與採集分析結果

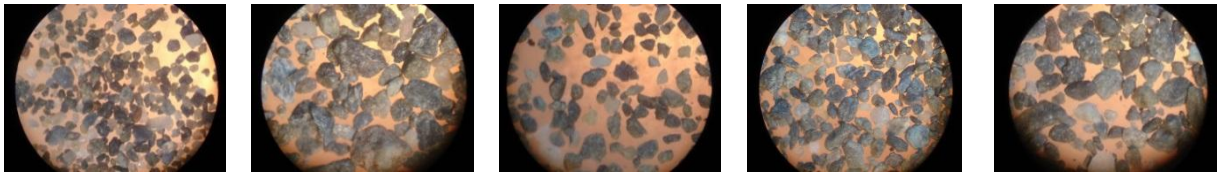
1. 實地勘查結果

西子灣在人工岬興建以及抽砂養灘工程後，岬後形成平坦的沙灘。人工岬也阻擋了海浪，使得岬灣內的波浪相當平緩。從旗津海水浴場可以看見外海出水段的離岸堤，雖然知道這些離岸堤能夠保護砂灘，但也破壞了海天一色的美麗。旗津海水浴場的海浪也明顯大於西子灣，我們發現這裡岸邊的沙灘坡度很陡。

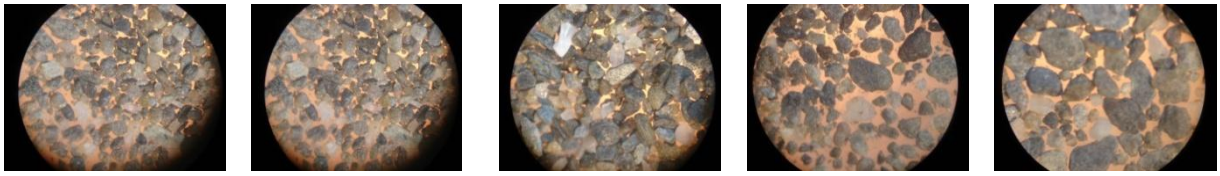
⮝西子灣　　⮝旗津海水浴場

2. 採集分析結果

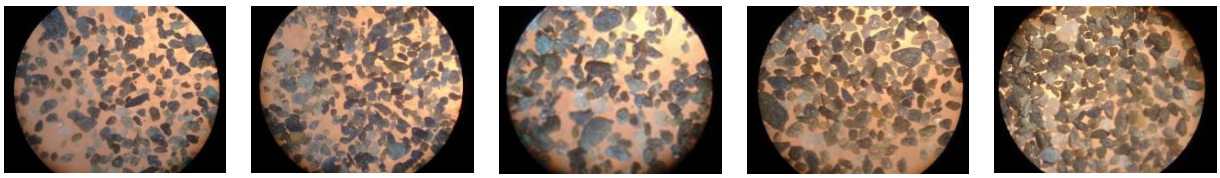
將採集的砂子曬乾後，鋪一薄層於培養皿中，以 200 倍的解剖顯微鏡搭配數位相機進行拍攝(如下表)。將照片按照一定比率放大輸出後，分別加以測量顆粒直徑和顆粒種類。



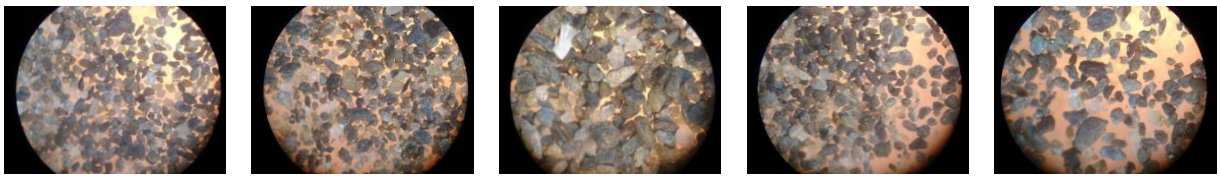
海 1	海 2	海 3	海 4	海 5



海 6	海 7	海 8	海 9	海 10



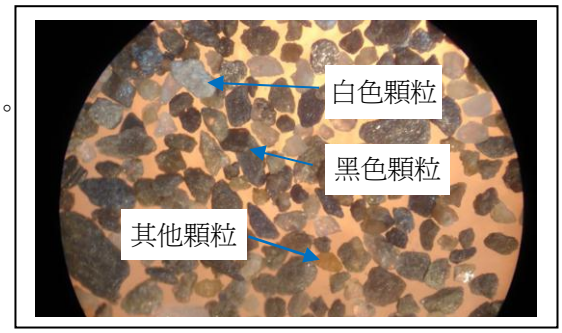
西 1	西 2	西 3	西 4	西 5



西 6	西 7	西 8	西 9	西 10

註：海 1=旗津海水浴場第一個取砂點，海 2=旗津海水浴場第二個取砂點，西 1=西子灣海水浴場一個取砂點，以此類推。

從顯微鏡下，可以看到取得的砂子多爲黑色的板岩碎片以及白色或透明的石英顆粒，也有觀察到極少數的綠色或暗紅色顆粒。將西子灣和旗津海水浴場採集的砂子按照種類數量百分比的分布繪製成下圖 34 和圖 35。可以發現大致而言，兩個地點砂子中，黑色顆粒的比例皆大於白色顆粒，而且旗津海水浴場砂子所含的黑色顆粒的比例略多於西子灣。



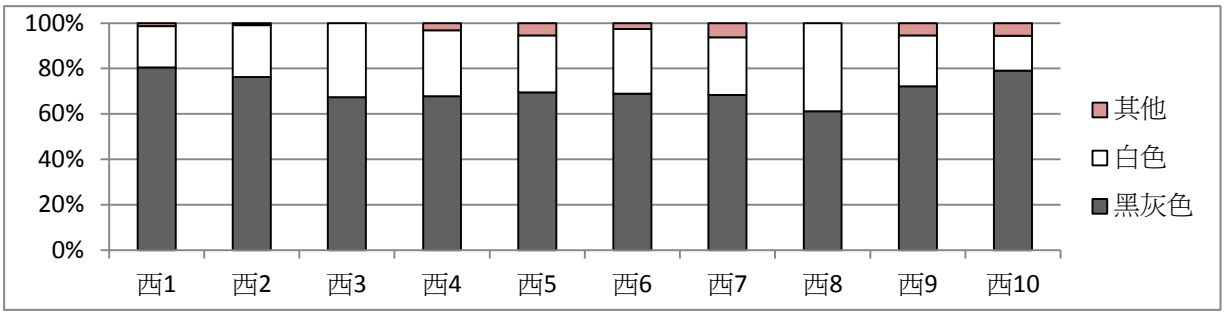


圖 34：西子灣採集砂子顆粒種類比例的分布情形

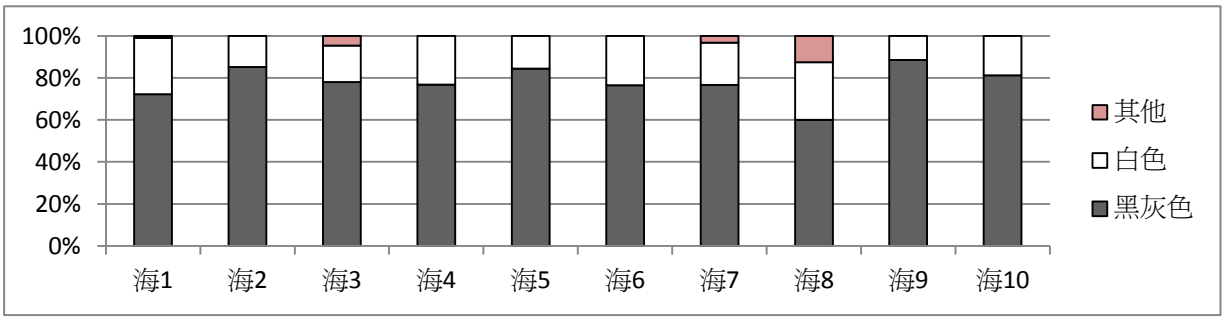


圖 35：旗津海水浴場採集砂子顆粒種類比例的分布情形

圖 36 和圖 37 分別是從西子灣和旗津海水浴場取得砂子的顆粒大小分析結果。可以發現西子灣砂子在顯微鏡下的平均顆粒多是細小的顆粒，而旗津海水浴場的砂子顆粒大小的變化區間較大。另外，從長條圖中也可以看出，離海岸線較遠的西 8、西 9、西 10 所採集的砂子會比在海岸線附近西 1、西 2 所採集的砂子含有較多大顆粒的砂子，類似的情形在旗津海水浴場的採砂中也有發現。

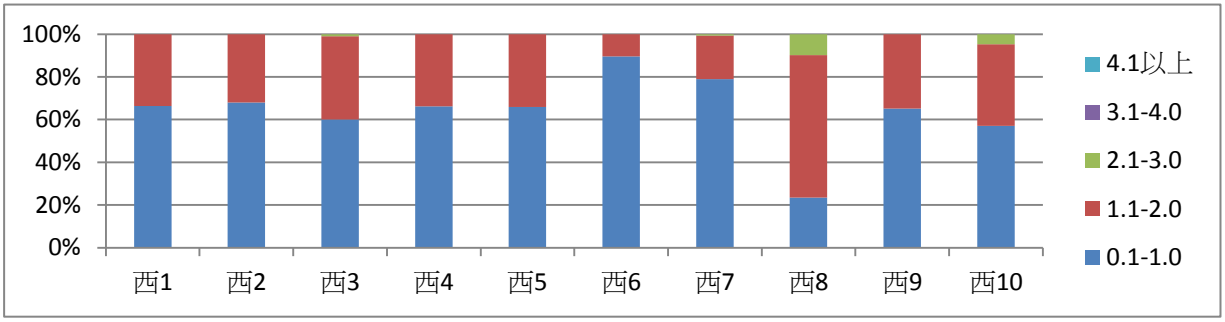


圖 36：西子灣採集砂子顆粒大小比例的分布情形

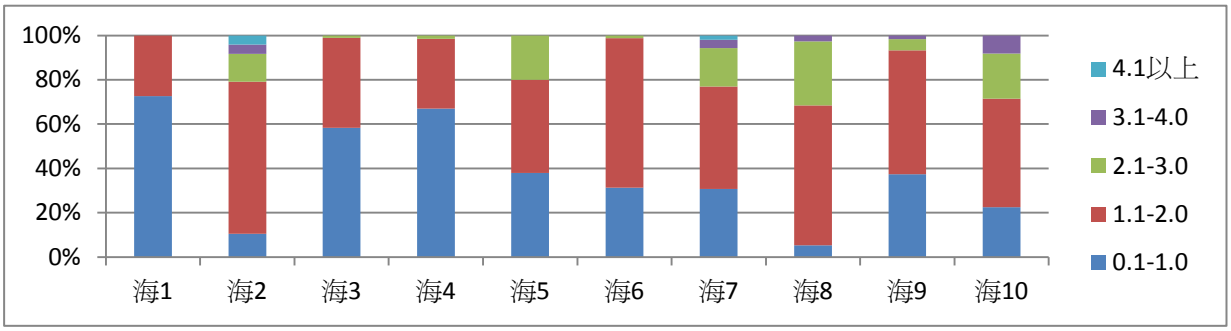


圖 37：旗津海水浴場採集砂子顆粒大小比例的分布情形

柒、 結論與建議

一、旗津海岸的變遷：

(一) 旗津各段海岸恢復情況略有差異：海水浴場段的海岸位置前進發生在潮位 60 公分以上的地區，潮位 60 公分以下幾乎不受影響；海岸公園段的海岸位置只在潮位 120 公分以下才有前進的情形，潮位 120 公分以上的海岸位置幾乎不變；風車公園段海岸位置恢復狀況較均勻地發生在高、低潮位之間。

(二) 在海岸保護工程還未執行前(2011-2012 年)，旗津海水浴場段、海岸公園段以及風車公園段的海岸位置都有後退的情形。但隨著離岸堤的興建與養灘工程的執行，海岸位置確實有前進的現象。施作保護工程確實增加了旗津的海岸面積。唯海水浴場還沒有達到 2011 年的海岸位置。

(三) 旗津的各段海岸不同變化情形有可能來自於養灘面積的差異，故無法肯定有多少比例是來自海岸位置與自然侵蝕、沉積的平衡機制的作用。

二、西子灣海岸的變遷：西子灣海岸線在 2013 年有前進的趨勢，以潮位較高處的海岸線位置的前進距離較大。2011 年和 2012 年海岸位置變化不大，但 2013 年卻出現明顯差異。此處的養灘工程在 2009 年已完工，所以海岸位置的前進可能受旗津海水浴場養灘工程的影響。若沒有砂源提供，西子灣的沙灘還是會漸漸流失。

三、從砂子樣本分析結果顯示，旗津海水浴場和西子灣的砂源應該相似，但波浪較小的西子灣所沉積的砂子顆粒明顯較細與波浪較大的旗津海水浴場。

四、爲什麼高雄政府要進行人工岬灣、抽砂養灘以及離岸堤的工程呢？理所當然是因爲高雄海岸有內縮的情況。我們的研究發現，即使已施作工程，仍會不敵海水的侵蝕，因爲在間隔一年的時間之後，較低潮位的海岸位置還是有逐漸後退的情況，恐怕在未來可能必須不斷的補砂，才能維持如今日的現況。

五、我們找了許多與此處工程相關的資料，發現工程單位在分析養灘工程成效時，並沒有考慮不同潮位海岸位置的變化。經由本次研究的分析，我們認爲討論海岸保護工程的效益時，也必須要著重各個深度的海岸位置。我們期望再依照本研究分析方法繼續追蹤海岸保護工程完成後海岸位置的變化，以深入了解海岸保護工程的實際成效與海水地質作用的影響。

讓顆粒沙子從指尖滑落的感覺，讓腳踩在沙灘上的烙痕，每一個撫觸都是感動，同仰止於天地之間的存在感。

觀看陣陣風翻攪著海水，凝視每天夕陽揮灑滿天霞彩映襯海面五彩斑斕，令人心中讚嘆自然的偉大恩賜。

傾聽浪潮拍打岸邊的旋律，細聽風起雲湧的呢喃，聲聲入耳，身體的每一個細胞都跟著振動，與自然協調共鳴。

仰望眼前無邊際的海景，一呼一吸間，海水的鹹味衝入腦門，似乎也嘗到了海水淡淡的鹹味。海呀！如此的美麗。

然而，曾幾何時，灘地漸漸消失，海面凸起一個個的人工堤，過往美好的影像幾乎消失殆盡，只能輕嘆浪湧潮起吹奏著海岸的悲歌。

捌、 參考文獻

一、中華顧問工程公司(2008)：**西子灣海岸環境營照計畫**。取自 http://www.ceci.org.tw/book/70/a3449.pdf

二、吳亞璇(2012)：**千里之外探討外傘頂洲與高美濕地的變遷**。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品說明書。國立台中女子高級中學

三、陳宥睿、楊于萱、周冠伶、吳宗懋、吳昱儒(2008)：**「岸」藏玄機～探討在不同條件下離岸堤的作用**。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品說明書。高雄市愛國國民小學。

四、西子灣海岸再造工程 (http://pwbgis.kcg.gov.tw/shitzwan/beach_idea.aspx)

五、新竹漁港「突堤效應」之模擬實驗 (http://www.csghs.tp.edu.tw/~jueiping/main%20page/jetty.htm)

六、港灣環境資訊網(http://isohe.ihmt.gov.tw/Station/ChartStation/khChart.aspx)

七、旗津海岸保護工程資料 (http://pwbgis.kcg.gov.tw/pwb_cijin/05.html)

【評語】030512

優點：

主體的選取符合鄉土地區性，兼具衛星資料與野外觀測。

缺點：

沒有說明衛星資料的誤差範圍，部分論理太簡略。

建議改進事項：

衛星資料的分析方面算是完整，但建議可以再加上其他文獻上的現場數據做比對說明 (即使是其他地區的海岸也可以拿來做參考)。另外，衛星資料的年份可以多幾年，如此海岸線的動態會更清楚。

結論互相矛盾處應加以說明。