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

030505

防不勝防－從得子口溪出海口南北海岸線的變遷初探堤防的重要性

學校名稱：宜蘭縣立中華國民中學

作者：	指導老師：
國二 陳立恆 國三 呂柏毅 國三 陳昌聖	蘇于任

關鍵詞：海岸變遷、突堤效應、沿岸流

摘要

本研究區沿岸流由東北向西南流動，帶來了海岸飄砂，在海岸設置結構物將導致突堤效應，而由衛星影像圖能讓我們觀測同一地點長時間的變化。

本研究是利用遙感探測技術探討自2003、06、09及12年間得子口溪南北岸的水線、乾溼線的濱線變遷。

由研究過程得知，在過去台灣堡圖與現今google地圖的疊合，發現海岸線有明顯後退的情形，但自從本區海岸設置突堤形式的堤防後，逐漸穩固本區的海岸線

遙測工具使我們得以在室內快速瞭解一地的區域現象，然而未至現場觀察將導致該現象的解讀淪於推測，為了驗證數化地圖分析的正確性，仍需透過實地考察來佐證，以得精確及令人信服的研究結論。

關鍵字：海岸變遷、突堤效應、沿岸流

壹、　研究動機

小時候我們到烏石港，看見岸邊有一塊塊粽子形狀的石頭，後來得知原來那是消波塊，是用來防止海岸邊被侵蝕以及大量泥沙的流失所放置的。

追朔到 1898 年後藤新平所繪製明治時期的台灣堡圖發現海岸線明顯退縮，直到放置消波塊後海岸線退後的速度就沒有以前來的迅速，所以堤防的興建對於海岸線變遷有相當大的影響。

學習到國中地球科學第 4 章與地理科時有談到海岸線的變遷，尤其全球暖化後海水面上升，宜蘭地區平原地帶可能有許多地方會泡在水中，因此在暖化尚未深刻影響到我們海岸線之前，如何穩固海岸線成為我們關心的議題。

根據許多研究報告指出，堤防的興建有好有壞，堤防可以防止上游海岸泥沙流失狀況降低，但也造成下游海岸側被侵蝕，所以堤防和海岸線的變遷與我們的生活息息相關，因此我們透過歷史地圖的疊合及衛星影像的判讀，並且實地考察來協助我們對於堤防的作用以及更加瞭解海岸線的變遷，希望能鼓起其他人對於海岸線的重視。

圖一 得子口溪口示意圖

貳、　研究區的地理環境概況

一、　得子口溪北岸地區(圖二）

(一)位於頭城鎮，清代時為商港，民國後改建為漁港。

(二)漁港改建工程由 1991 年開始，2000 年完工。

(三)本段海岸主要注入河川為得子口溪。

(四)得子口溪發源於雪山山脈烘爐地山，經礁溪、壯圍、頭城等鄉鎮，於頭城鎮南部打馬煙注入太平洋，流域面積約 98.35 平方公里。

(五)考慮此地海岸的沿岸流淨攜帶之泥沙為主。流向為由北向南流動，且得子口溪過去常為宜蘭河襲奪，故可知本區海岸飄砂方向多由北向南移動，主要補充沙源仍應為蘭陽溪所攜帶為主。

二、　得子口溪南岸地區（圖二）

(一)本段海岸主要注入河川為得子口溪。

(二)海岸方向相對於蘭陽溪出海口為向東北方向突出。

圖二 研究區範圍示意圖

三、　　宜蘭沿海地區沿岸流狀況

影響宜蘭地區沿岸流的主要原因包括潮流、洋流、風吹流與波浪。

宜蘭海域潮流主要受半日潮所影響。洋流部分主要受黑潮支流（南向北）、中國沿岸流（北向南），根據中華顧問工程司（1990）之分析指出越接近蘇澳港港口潮流越小，越往外海潮流漸增。由測點之潮流分析顯示在東西向之潮流較強，南北向較弱。

根據中央氣象局提供的波浪統計（表一），我們可以知道宜蘭地區浪高隨季節會有所不同。春季時浪高較小，冬季時浪高較大，其原因應為背西南季風及迎東北季風所造成。夏秋兩季浪高可達十五米，推測應為颱風所導致。

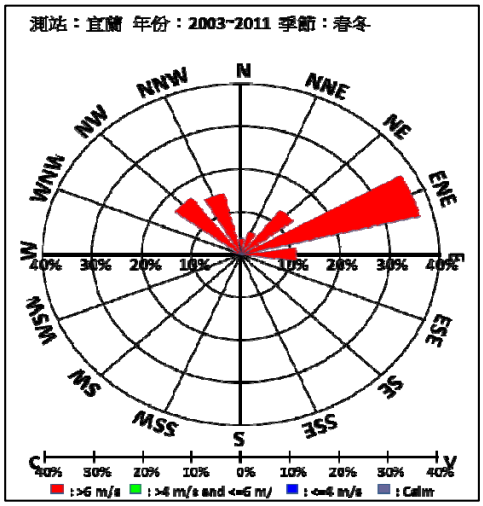
風吹流的主要影響為盛行風向。因此，我們分析了中央氣象局提供的 2003～2011 年逐月平均最大 10 分鐘風向與風速。並考慮台灣隨著季節的不同，風向會產生變化，夏天主要為西南季風盛行，冬天則為東北季風為主，故我們將氣象局提供的資料區分為「夏秋」一組，「冬春」一組並繪製風花圖來瞭解主要風向。地點的選擇上，則是以氣象局提供資料的宜蘭測站與蘇澳測站作為分析標的。如宜蘭測站春冬風花圖（圖三）、宜蘭測站夏秋風花圖（圖四）、蘇澳測站春冬風花圖（圖五）與蘇澳測站夏秋風花圖（圖六）所示，宜蘭地區春冬兩季主要盛行風向為東北東風，夏秋兩季亦主要為東北東風為主。而蘇澳測站春冬主要為東北東及東風，夏秋兩季則為南南東風為主。比較蘇澳地區的浪向（表二），也的確可證明風吹流的方向是由外海往海濱吹送。

表一 波浪統計表，整理自中央氣象局

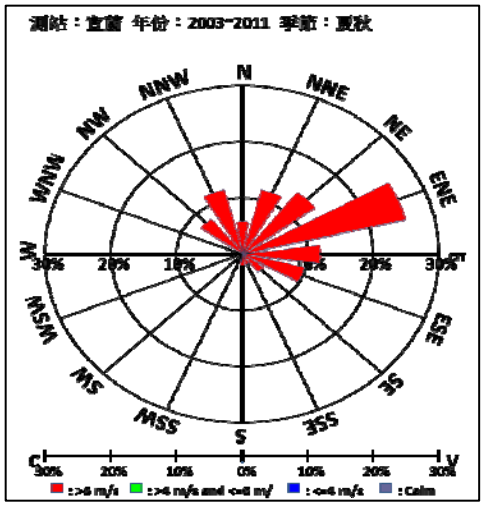
月份	最大示性波高			平均示性波高(m)	平均週期(秒)
	波高(m)	尖峰週期(秒)	發生時間		
1	3.35	13.1	20030107	1.35	6.2
2	3.67	8.3	20000225	1.29	6.1
3	3.72	11.6	20100309	1.19	6.1
4	2.85	11.6	20090402	1.05	5.9
5	3.21	9.5	20010513	0.82	5.6
6	3.59	13.1	20040629	0.72	5.4
7	9.25		20050718	0.81	5.5
8	12.49	15.1	20050831	0.82	5.7
9	15.05	13.1	20100919	1.14	6.2
10	11.66	11.6	20071006	1.37	6.3
11	5.49	13.1	20071127	1.42	6.3
12	3.69	7.2	20021208	1.39	6.2

表二 蘇澳測站浪向圖，整理自中央氣象局

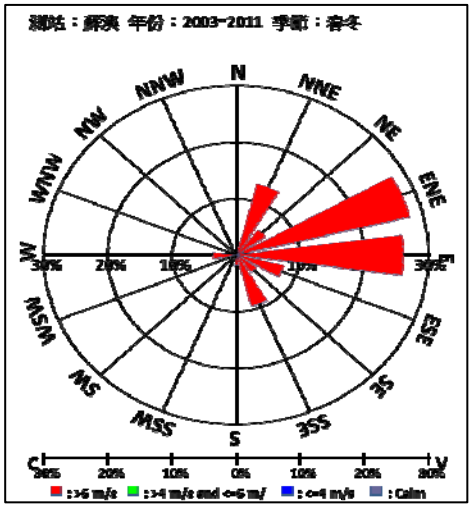
月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月
浪向	NE	NE、E	NE、E	E、NE	E、NE	E、SE
月份	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
浪向	E、SE	E	E、NE	NE	NE	NE



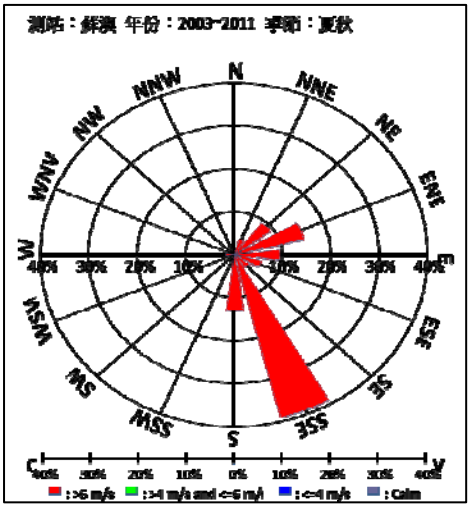
圖三 宜蘭測站春冬風花圖



圖四 宜蘭測站夏秋風花圖



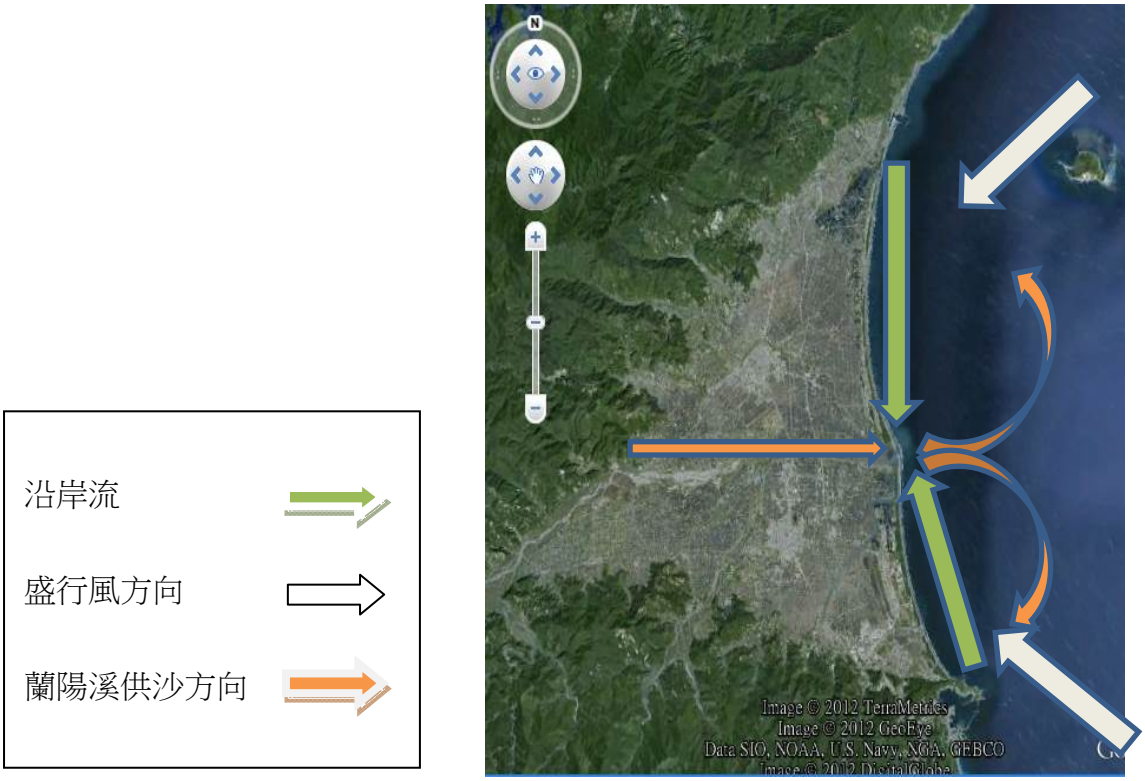
圖五 蘇澳測站春冬風花圖



圖六 蘇澳測站夏秋風花圖

綜觀盛行風向於蘭陽溪北岸與南岸的差異，可以知道風吹流的方向是將沉積物由離海較遠處推回岸邊的一個重要因素，因此沿岸流方向可簡單繪製成(圖七）

。



圖七 宜蘭地區沿岸流方向示意圖

而海岸線呈現堆積的狀況是因為堆積大於侵蝕所造成的。海岸在河口的位置與附近有明顯的堆積現象。1997 年以前，宜蘭大部分海岸呈現堆積的情況，只有頭城海岸線的部分呈現侵蝕， 分析宜蘭海岸堆積和侵蝕空間分佈示於（圖八）圓圈處。

圖八 台灣海岸侵蝕空間分佈圖 (改自張和黃，1997)

就部份海岸而言，河川流出的泥沙為海岸漂沙的主要來源。河川流沙量來自上游地帶累積大量土石流，隨河水帶到河口，因為水流流速及輸沙能力降低而沉積於出海口及近岸，沿岸流及波浪等搬運形成沿岸漂沙。流沙量大於波浪的流沙作用，則於出海口形成河口三角洲而於沿岸形成堆積海岸。

台灣部份海岸近年來發生之海岸侵蝕現象與河川輸沙減少有密切的關係。宜蘭海岸為由蘭陽溪所供應之沙源所形成之獨立弧形海岸，過去河口排沙豐富造成海岸堆積而形成沙丘，但近年來宜蘭海岸沿岸沙丘受海潮侵蝕情況頗為嚴重，灘線內移約數十公尺不等。根據水利處之實測海灘斷面資料分析結果顯示，蘭陽溪沙石超採為海岸侵蝕之重要原因之一，由於砂石大量開採，造成河川下游輸沙量不足，使海灘在風力和海潮作用下，灘線不斷向內陸移動。

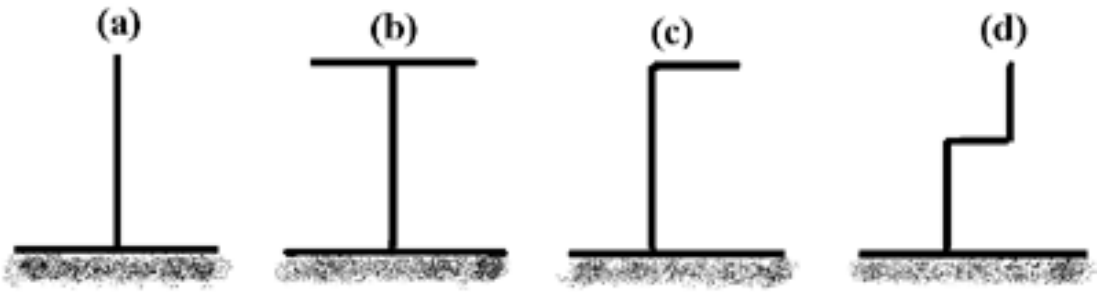
為了防止海岸侵蝕之對策有下列數類：

(1) 海堤或護岸 ；(2) 突堤 (防沙突堤) ；(3) 離岸堤 、人工潛礁 ；(4)魚尾型防波堤 ；(5) 岬頭控制 ；(6) 人工養灘 ；(7) 沙丘 ；(8) 海灘水位控制。

宜蘭地區所採行的方式應有海堤與護岸、突堤、人工養灘等三種方式較為常見。

海堤、護岸與防波堤屬於較傳統的海岸保護工法，海堤或護岸兼具防災及保護海灘之作用。突堤為垂直於海岸線或與海岸線形成某一個夾角，由沙灘向海興建且突出海岸之結構物，用以攔截沿岸漂沙、控制海灘地形、改變海岸線方向、阻擋沿岸流或壓迫潮流方向，進而減小保護區域之海岸侵蝕。

人工養灘方式在宜蘭主要以拋石養灘與短突堤形式（如圖九 a 形式）為主。在我們的研究區中海岸保護主要以突堤方式呈現，突堤興建後將改變海岸原有漂沙之特性而引起鄰近海岸地形之變遷。由於突堤的攔截，上游側漂沙量在沿岸方向漸減，而下游側則漸增，漂沙在上游側形成堆積，而下游側發生侵蝕。



圖九 突堤之平面型式。(a) 突堤型 (b) T 型 (c) L 型 (d) Z 型

參、研究目的

一、　比對台灣堡圖、經建版地圖與 Google 提供的衛星影像圖，瞭解 1898 年至 2014 年間海岸變遷的大致情形。

二、　探討在頭城海水浴場至得子口溪口北岸堤防的型態與保護作用。

三、　探討在得子口溪口南岸堤防的型態與保護作用。

肆、研究設備與器材

一、　SPOT 5 衛星影像圖（衛星影像由中央大學太遙中心地質遙測實驗室提供）

二、　烏石港潮汐資料（購自中央氣象局）

三、　蘇澳及宜蘭測站逐月風向資料（中央氣象局提供）

四、　台灣新舊地圖比對-台灣堡圖（1898~1904）（中央研究院 GIS 團隊編製）

五、　台灣百年歷史地圖-經建版地圖（民 74）（中央研究院 GIS 團隊編製）

六、　Google Map 衛星影像圖

七、　個人電腦

八、　使用軟體：Microsoft Word，Microsoft Excel，PhotoImpact 10，fGIS，Google Earth。

伍、研究過程

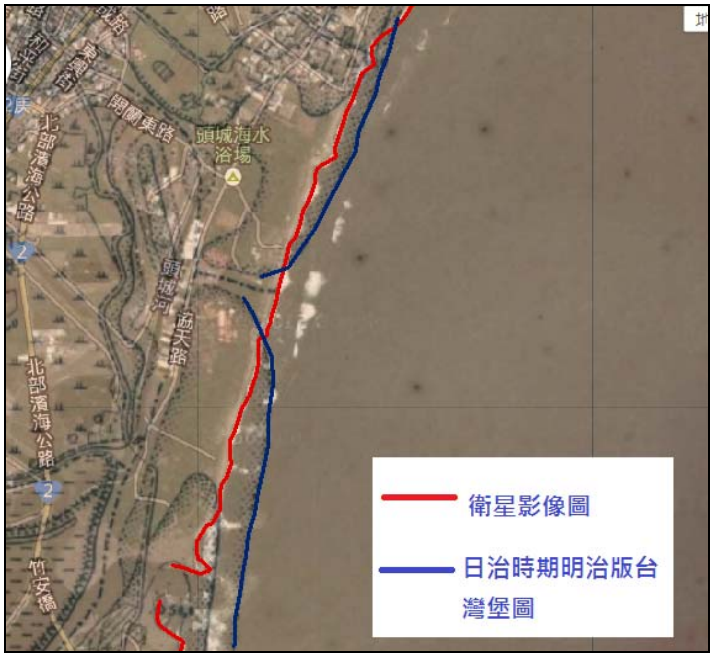
一、　比對台灣堡圖與 google 地圖的疊合

擷取台灣堡圖與 Google Map 衛星影像圖疊合後的圖資 ⇨ 數化兩者的沙丘前緣並加以比對百年來海岸變遷的情形 ⇨ 標示出現變化的海岸，並說明可能的原因及其影響

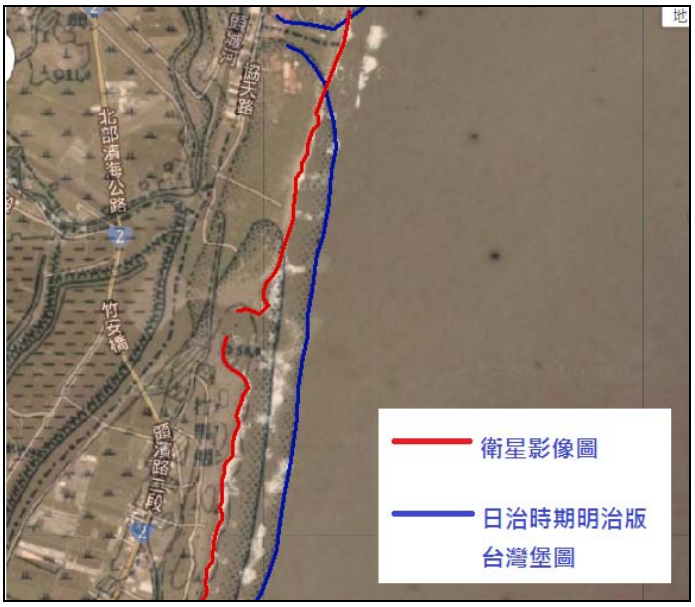
經由疊合台灣堡圖（明治版，1904 年出版）及 Google Map 衛星影像圖後，可數化出頭城海水浴場以南至得子溪口北岸(圖十)及得子溪口南岸(圖十一)的海岸變遷進而分析如下。

從圖十可觀察出海岸線在近百年中有明顯的海岸後退現象。而且得子溪口有向南改道入海的跡象產生，此處海岸應考慮得子口溪口攜帶泥沙入海的多寡，及烏石港改建完成後所造成的突堤效應。整體而言，頭城海水浴場至得子口溪口北岸地區主要為侵蝕大於堆積地區。

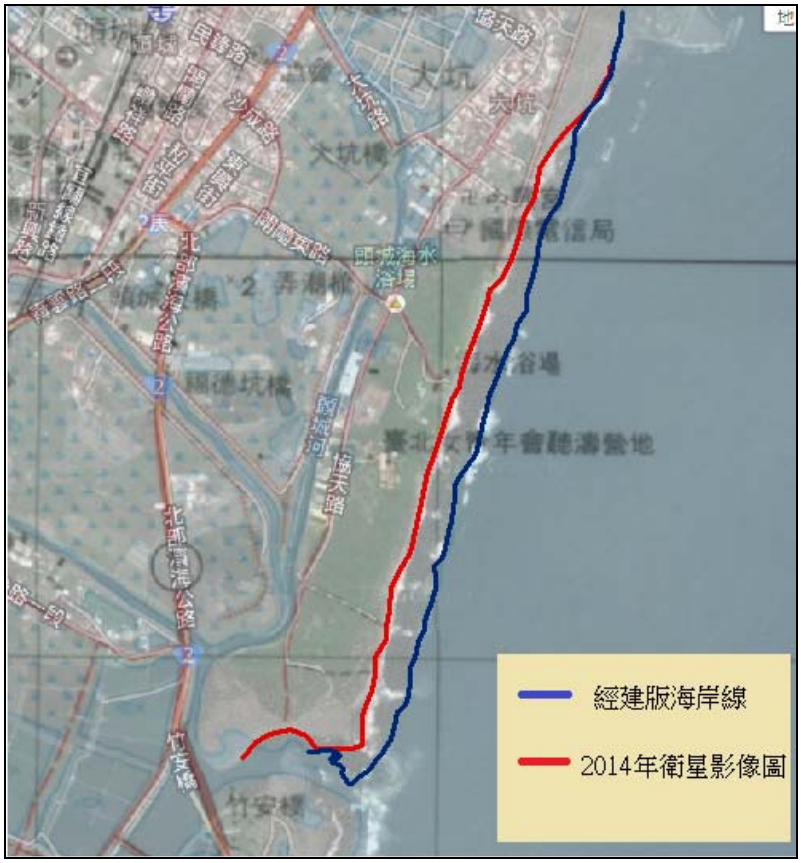
從圖十與圖十一的台灣堡圖可觀察出得子口南、北岸均有受到河川襲奪影響，得子溪出海口向南移動。根據宜蘭海岸地區的盛行風向與沿岸流方向可知即使有得子口溪口泥沙堆積，海岸後退現象亦頗為顯著。得子口溪口南、北的海岸主要為侵蝕大於堆積地區，海岸後退顯著。由圖十二、圖十三亦可觀察到於得子口溪口南岸與北岸地區海岸向陸地退縮現象亦相當明顯，其中北岸又大於南岸。



圖十 頭城海水浴場至得子口溪口以北海岸台灣堡圖與 Google Map 衛星影像疊合圖



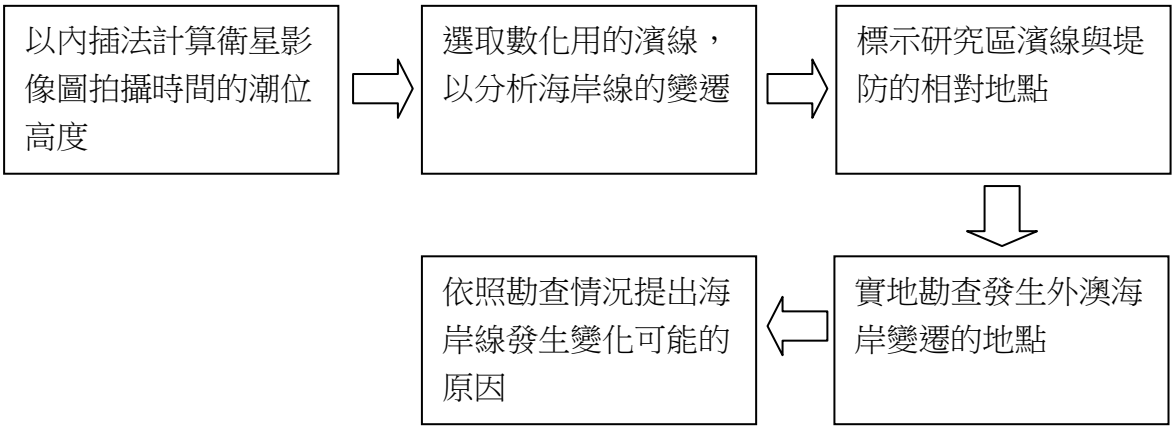
圖十一 得子口溪口以南到壯圍海邊台灣堡圖與 Google Map 衛星影像疊合圖



圖十二 得子口溪口北岸經建版比較圖

圖十三 得子口溪口南岸經建版比較圖

二、　探討在相似潮位高度下，2003、2006、2009 及 2012 年研究區濱線變化情形。



（一）確認潮位高度

為了瞭解衛星拍攝時間的潮位高度，我們向中央氣象局宜蘭測站購買了當月逐日逐時的潮位資料。但因為潮位為逐時資料，而拍攝時間全部集中於凌晨兩點到三點之間，故使用內插法調整潮位高度。另外，我們所使用的潮位資料來自烏石測站，但烏石測站 2006 年才成立，故 2003 年的潮位資料採計梗枋測站的資料。所得的資料如表三。

表三 研究區潮位資料表

圖資種類 / 拍攝條件		I0028834_97 SPOT 5	I0028831_97 SPOT 5	I0028828_97 SPOT 5	I0028825_97 SPOT 5
拍攝日期		2003/06/01	2006/4/11	2009/5/29	2012/2/5
拍攝時間		02:26:38	02:26:12	02:27:07	02:37:31
潮位	梗枋測站	-0.035			
	烏石測站		0.11	0.125	-0.19 m
拍攝季節		春季	春季	春季	冬季

（二）確認數化用濱線指標

在確認潮位高度相近的情況下，下一步我們要做濱線的數化。在數化之前，我們查閱了關於濱線的定義，發現濱線有多項指標，整理後如表四。

表四　國外常見濱線指標劃分表

濱線指標		
（一）指標物		（二）海準面
1、沙岸指標物	2、岩岸指標物	高水位線
濱堤頂 小崖邊緣 植物線 沙丘底部 沙丘頂部	崖頂 崖底 濱堤	平均高水位線 濕邊界 濕界線 乾濕界線 濕沙線 水線

整理自：何俊緯，2011

後來我們選擇了其中的指標為海準面的乾濕界線及水線，如表五。水線較不固定，易受到波浪、暴風與潮汐的影響，因此可反應衛星攝影瞬間海岸的變化。乾濕線較水線更接近陸地，因此比水線穩定。其優缺點如表六。另外，我們也到了外澳實地拍攝一張照片，用以表示我們數化濱線選擇的基礎（如圖十四）。

表五　本研究所使用之濱線指標

濱線名稱	濱線定義	標繪位置
水線	水陸交界線	1.風浪小時：白色浪花前緣 2.風浪大時：沖濺帶波浪底部 3.人工海岸：人工結構物外緣
乾濕線	乾濕沙交界線	1.沙質海岸：濕沙與乾沙交界 2.人工海岸：人工結構物外緣

整理自：何俊緯，2011

表六 研究區特徵濱線連續性、穩定性與辨識度之比較表

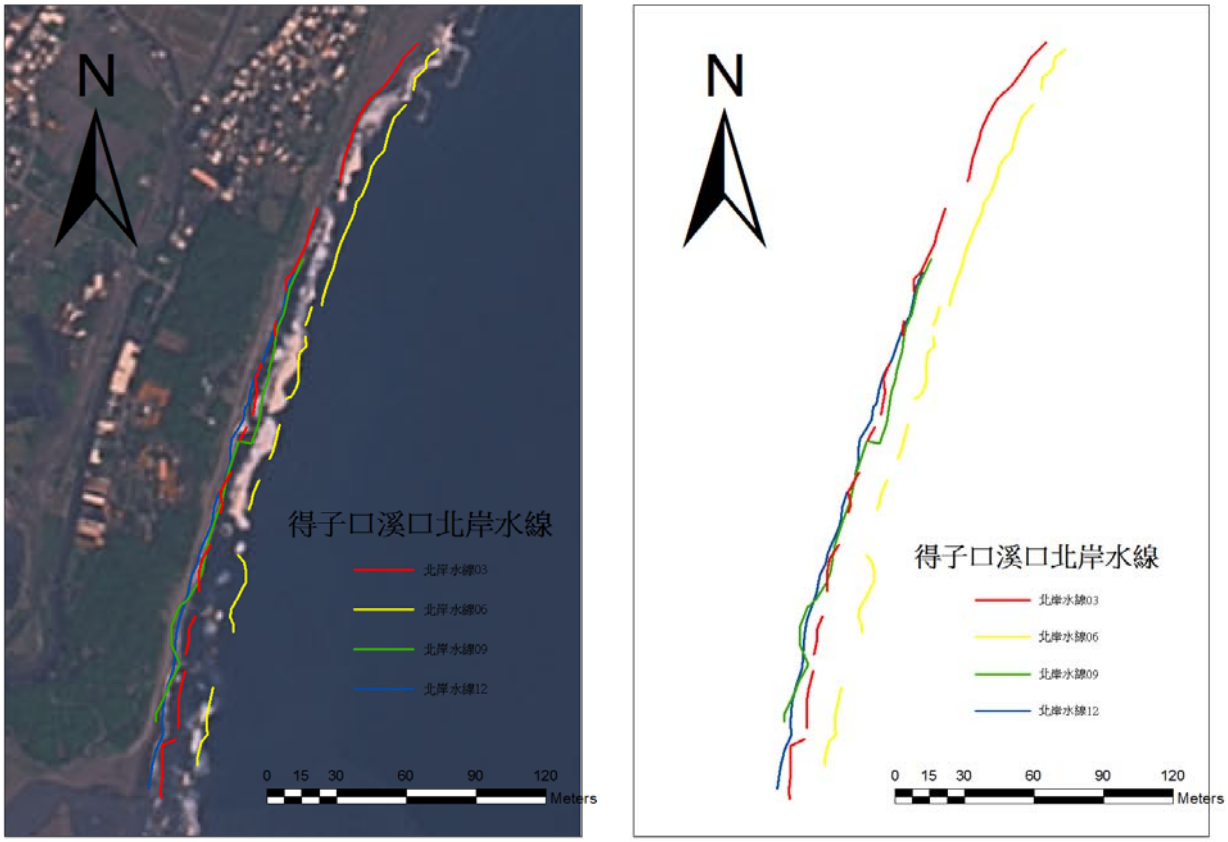
濱線名稱	連續性	穩定性	辨識度
水線	高	低	中
乾濕線	高	中	高

整理自：何俊緯，2011

圖十四 濱線示意圖

（三）數化得子溪口北岸地區水線

依循表五的濱線指標繪製出得子溪口北岸地區 2003、2006、2009 及 2012 年的水線，爾後將各年份的水線疊圖進而觀察此濱線的變遷(圖十五)。整體而言得子溪口北岸的水線於 2003 至 2006 年有逐漸向海岸前進的現象，但 2009 至 2012 年則又有海岸後退的跡象。

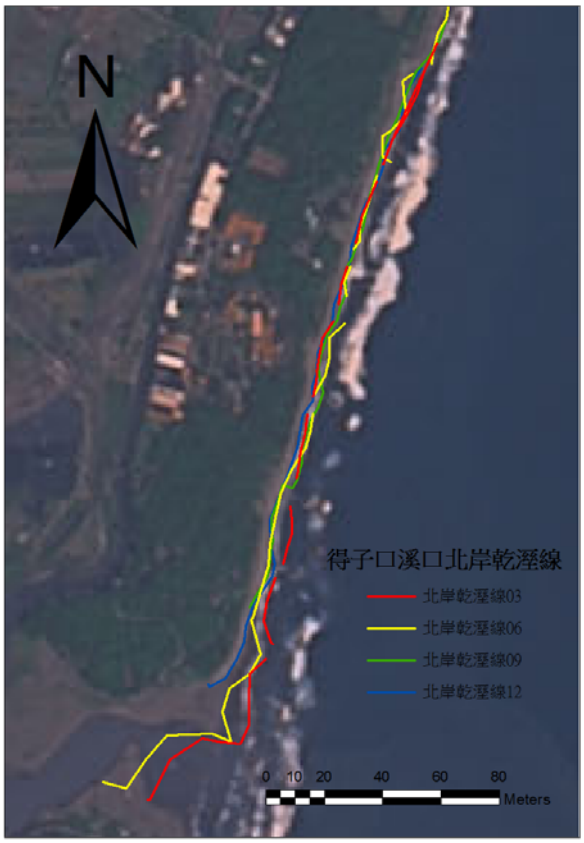


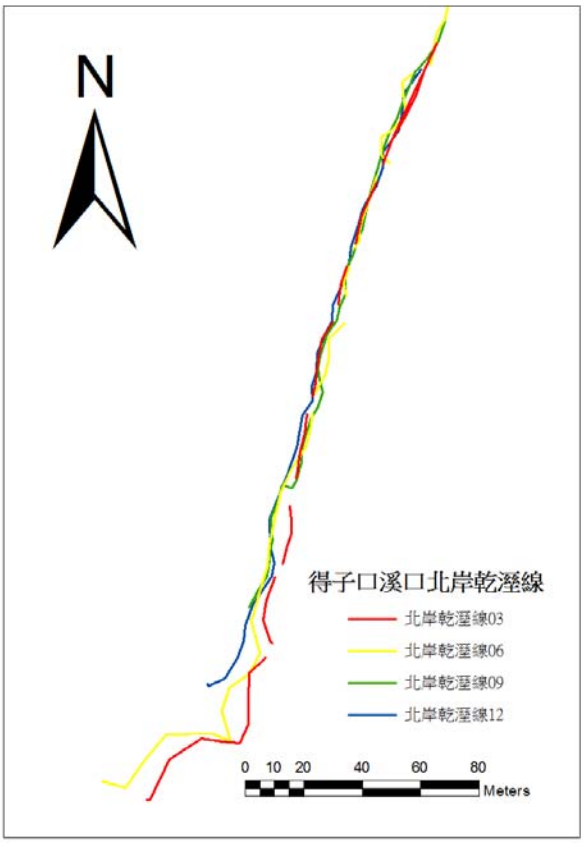
圖十五 2003-2012 得子口溪口以北海岸地區水線變遷示意圖

資料來源：衛星影像由中央大學太遙中心地質遙測實驗室提供

（四）數化得子口溪口北岸地區乾濕線

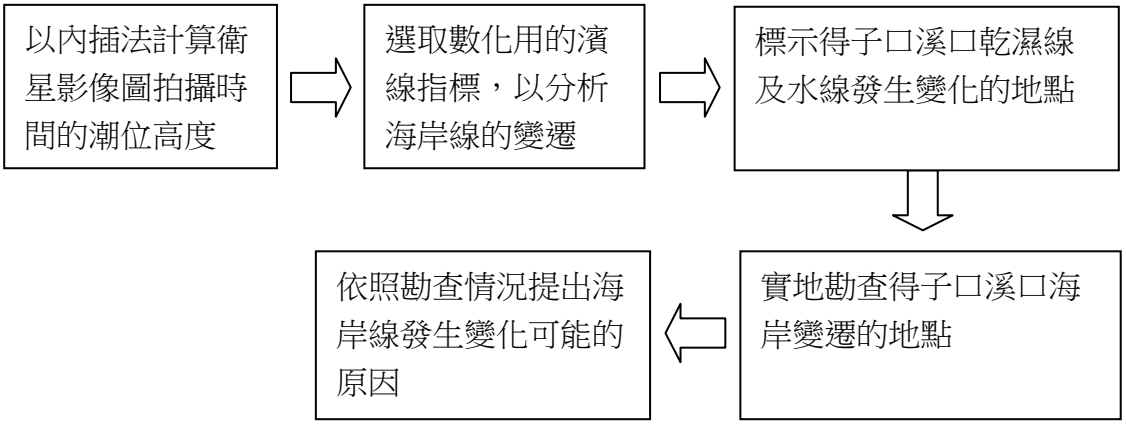
依循表五的濱線指標繪製出外澳地區 2003、2006、2009 及 2012 年的乾濕線，爾後將各年份的乾濕線疊圖進而觀察此濱線的變遷(圖十六)。整體而言，得子口溪口北岸地區的乾濕線於 2003-2006 年較之水線無明顯變動，但於 2006-2012 年得子口溪出海處海岸後退相對顯著。





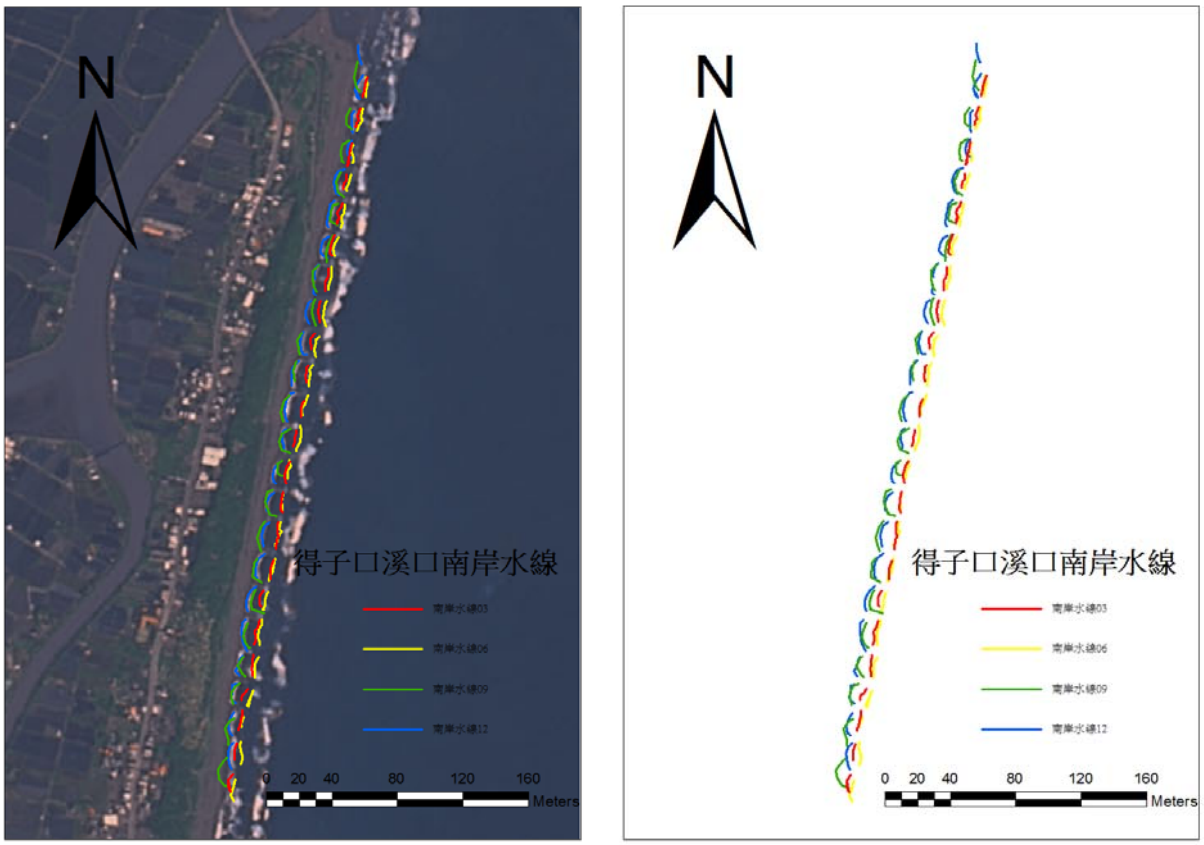
圖十六 2003－2012 得子口溪口以北海岸地區乾濕線變遷示意圖

三、　探討在相似潮位高度下，2003、2006、2009 及 2012 年得子口溪口南岸的乾濕線及水線變化情形。



（一）數化得子口溪口以南海岸水線

依循表五的濱線指標繪製出頭城海水浴場及得子口溪口海岸 2003、2006、2009 及 2012 年的水線，爾後將各年份的水線疊圖進而觀察此濱線的變遷(圖十七)。從圖十七可以發現 2006 年的水線最接近海洋，而 2009 至 2012 年的水線則相對 2003 年的水線海洋呈現後退的趨勢。

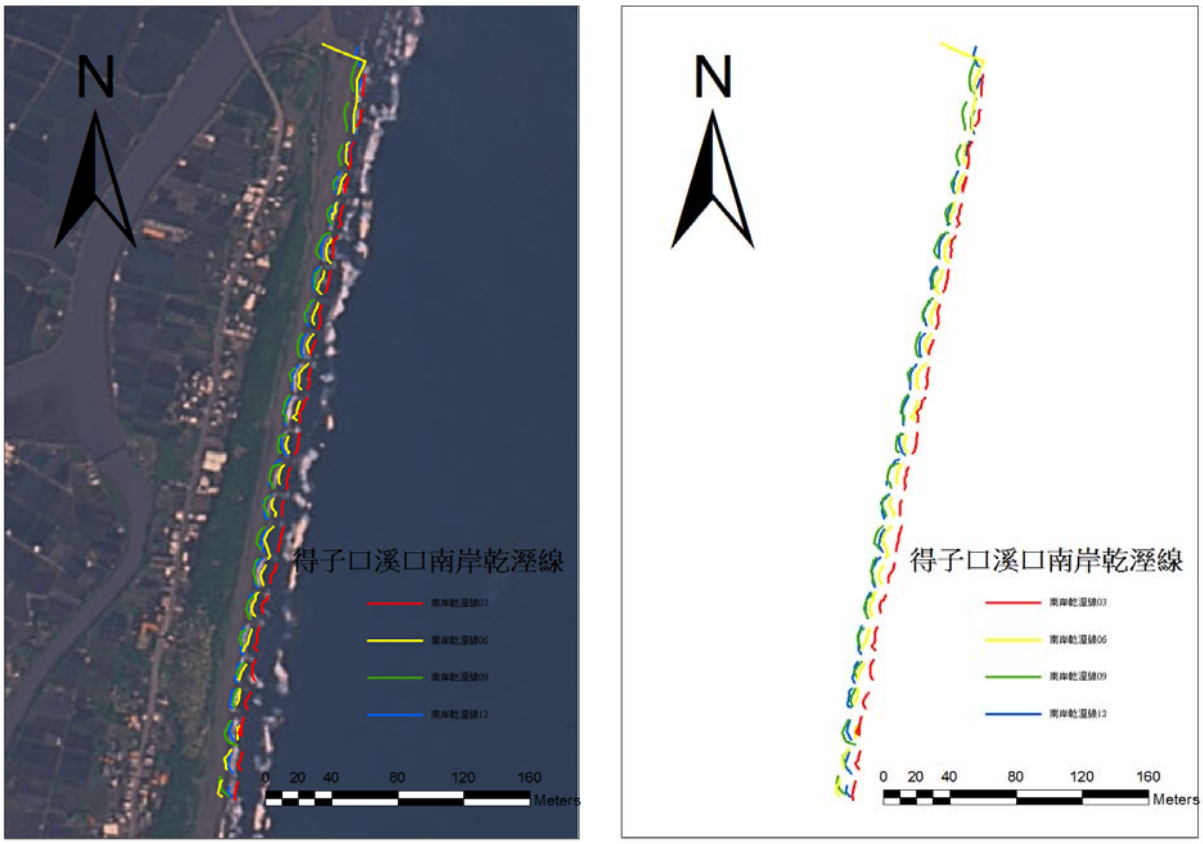


圖十七 2003-2012 得子口溪口以南水線變遷示意圖

資料來源：衛星影像由中央大學太遙中心地質遙測實驗室提供

（二）數化得子口溪口以南海岸乾溼線

依循表五的濱線指標繪製出得子口溪口以南海岸 2003、2006、2009 及 2012 年的乾濕線，爾後將各年份的乾濕線疊圖進而觀察此濱線的變遷(圖十八)。從圖十八可以發現，得子口溪口以南海岸地區 2003 年的乾濕線較接近海洋，而其他年份則逐年後退。2009 及 2012 則近乎重疊。



圖十八 2003-2012 得子口溪口以南乾溼線變遷示意圖

資料來源：衛星影像由中央大學太遙中心地質遙測實驗室提供

陸、討論

一、　　數化後的判讀：

北岸：2003~2012 年北岸的水線與乾濕線除 2006 年的水線有較大程度的落差外，其餘部分線條接近重合。這說明北岸短突堤形式的堤防有固砂功能。但較值得注意的是於得子口溪出海地區，北岸於 2003 年、2006 年皆可描繪出乾濕線，但於 2009 年與 2012 年卻消失不見。推測河口沙洲應該有消失的狀況發生。

南岸：2003 年~2012 年的水線與乾濕線有緩慢向陸地方向後退的傾向，後退程度依照 GIS 軟體上比例尺測繪結果應在 8 公尺左右。但於 2009 年至 2012 年又相對穩定，反而向海洋方向前進約 1 公尺。應是導致海岸線後退的因素有減輕的狀況。

二、　　現場實地探勘：

我們發現北岸與南岸的突堤兩側有所差別。在北岸突堤相對明顯，淤砂狀況亦相對較少（圖十九）。南岸部分突堤旁淤砂相對明顯（圖二十）。可見影響南北岸濱線變化程度應不僅有烏石港造成的突堤效應與沿岸流，尚須考慮得子口溪的輸砂量影響。

圖十九 得子口溪口北岸堤防（攝於得子口溪出海口）

圖二十 得子口溪口南岸堤防（攝於永鎮海濱公園）

輸砂量的多寡與雨量及河流兩岸地形有關，因此我們整理了中央氣象局提供的雨量資料（表七），2003 年的資料從缺外，我們發現 2009 年的衛星影像圖涉及的時間點月份雨量總和較少，2006 及 2012 年雨量總和較多，但除了 2006 年的南北岸乾溼線與水線有向外移動的趨勢，2012 年雨量較多但不論南北岸乾溼線都有向陸地退縮的趨勢。

表七 2003-2012 一月至五月宜蘭氣象站降雨量

	一月	二月	三月	四月	五月	總和
2003	從缺	從缺	從缺	從缺	從缺	從缺
2006	377.1	173.5	137.8	148.9	329.9	1167.2
2009	129.5	137.0	132.5	81.3	41.3	521.6
2012	175.1	199.0	106.7	107.8	656.6	1245.2

整理自中央氣象局（單位：厘米）

因此我們考慮是否影響此地輸砂量多寡的另外一個原因是河流整治與流域砂石開採量。得子口溪於民國 91 年(2002 年)完成第六期的整治，並於民國 94 年開始第七期整治至今，整治過後的得子口溪雖減少了氾濫及改道機會，但也削弱了河川兩岸供砂的能力。我們實地走訪了得子口溪附近的兩岸（如圖二十一、圖二十二），以水泥固定了河堤兩岸應該是造成海岸線退縮的另外一個原因。至於流域內砂石的開採量則有逐年遞增的趨勢（如圖二十三、圖二十四），應也是影響此地海岸線進退的一大因素。

圖二十一 得子口溪竹安橋

圖二十二 得子口溪沿岸堤防

臺灣地區各縣市砂石101年1~5月份產量及價格

單位（單價：元、產量：立方公尺、產值：元）

地區	種類 / 縣市別	砂			碎石			級配			其他			其他			產量總計	產值總計
		單價	產量	產值	單價	產量	產值	單價	產量	產值	單價	產量	產值	單價	產量	產值		
北區	基隆市		-	-		-	-		-	-		-	-		-	-	-	
	宜蘭縣	450	377,332	169,799,400	420	455,806	191,438,520	400	23,662	9,464,800		-	-		-	-	856,800	370,702,720
	台北市		-	-		-	-		-	-		-	-		-	-	-	-
	新北市	560	131,789	73,801,840	550	98,910	54,400,500		-	-		-	-		-	-	230,699	128,202,340
	桃園縣	640	263,000	168,320,000	580	424,000	245,920,000		-	-		-	-	200	25,000	5,000,000	712,000	419,240,000
	新竹縣市	550	364,417	200,429,350	505	326,076	164,668,380	300	514,400	154,320,000		-	-		-	-	1,204,893	519,417,730
	連江縣		-	-		-	-		-	-		-	-		-	-	-	-
中區	苗栗縣	600	256,400	153,840,000	550	429,550	236,252,500		-	-		-	-		-	-	685,950	390,092,500
	台中市	595	1,092,100	649,799,500	515	2,151,300	1,107,919,500		-	-		-	-		-	-	3,243,400	1,757,719,000
	南投縣	450	715,000	321,750,000	350	1,243,000	435,050,000		-	-		-	-	580	16,650	9,660,000	1,974,650	766,460,000
	彰化縣	520	122,844	63,878,880	420	170,915	71,784,300	442	4,400	1,944,000		-	-	600	8,851	5,310,600	307,010	142,917,780
	雲林縣	500	427,100	213,550,000	400	507,400	202,960,000	460	4,500	2,070,000		-	-		-	-	939,000	418,580,000
南區	嘉義縣市	600	26,100	15,660,000	570	24,500	13,965,000		-	-		-	-	900	14,000	12,600,000	64,600	42,225,000
	台南市	610	1,874	1,142,920		-	-	460	13,314	6,124,440		-	-	530	24,186	12,818,580	39,374	20,085,940
	高雄市	340	446,710	151,881,400	350	572,040	200,214,000	380	5,500	2,090,000		-	-	380	2,000	760,000	1,026,250	354,945,400
	屏東縣	340	3,070,500	1,043,970,000	350	3,047,379	1,066,582,650	380	53,913	20,486,940		-	-		-	-	6,171,792	2,131,039,590
	澎湖縣		-	-		-	-		-	-		-	-		-	-	-	-
	金門縣		-	-		-	-		-	-		-	-		-	-	-	-
東區	花蓮縣	360	505,094	181,833,840	340	829,167	281,916,780	375	57,952	21,725,175	375	14,571	5,464,125	330	29,472	9,725,760	1,436,256	500,665,680
	臺東縣	440	158,500	69,740,000	400	242,300	96,920,000	370	13,900	5,143,000		-	-		-	-	414,700	171,803,000
加權平均單價/合計		437	7,958,760	3,479,397,130	415	10,522,343	4,369,992,130	323	691,541	223,368,355	375	14,571	5,464,125	465	120,159	55,874,940	19,307,374	8,134,096,680

101年05月登記內部資料.xls

圖二十三 台灣地區各縣市砂石 101 年 1~5 月產量及價格

臺灣地區各縣市砂石 98 年 3 月份產量及價格

單位（單價：元、產量：立方公尺、產值：元）

地區	種類 / 縣市別	砂			碎石			級配			卵石			其他			產量總計	產值總計
		單價	產量	產值	單價	產量	產值	單價	產量	產值	單價	產量	產值	單價	產量	產值		
北區	基隆市																	
	宜蘭縣	565	127,400	71,981,000	565	158,219	89,393,735			-			-			-	285,619	161,374,735
	台北市			-			-			-			-			-	-	-
	台北縣	630	25,966	16,358,580	630	30,816	19,414,080	450	31,664	14,248,800			-			-	88,446	50,021,460
	桃園縣	675	36,500	24,637,500	675	63,500	42,862,500			-			-			-	100,000	67,500,000
	新竹縣市	690	17,857	12,321,330	630	17,946	11,305,980	450	4,231	1,903,950			-			-	40,034	25,531,260
	連江縣			-			-			-			-			-	-	-
中區	苗栗縣	675	110,000	74,250,000	600	127,000	76,200,000			-			-	550	1,000	550,000	238,000	151,000,000
	台中縣市	695	179,000	124,405,000	595	360,000	214,200,000			-			-			-	539,000	338,605,000
	南投縣	685	133,000	91,105,000	555	202,000	112,110,000			-			-	900	2,000	1,800,000	337,000	205,015,000
	彰化縣	725	14,140	10,251,500	600	17,787	10,672,200	575	6,752	3,882,400	365	852	310,980	750	895	671,250	40,426	25,788,330
	雲林縣	825	133,200	109,890,000	675	211,900	143,032,500	485	24,500	11,882,500			-			-	369,600	264,805,000
南區	嘉義縣市	720	1,023	736,560	700	1,826	1,278,200	400	126	50,400			-			-	2,975	2,065,160
	台南縣市	605	1,880	1,137,400			-	650	42,834	27,842,100			-	475	51,817	24,613,075	96,531	53,592,575
	高雄縣	650	130,000	84,500,000	650	110,000	71,500,000	300	10,000	3,000,000			-			-	250,000	159,000,000
	屏東縣	650	190,000	123,500,000	650	200,000	130,000,000			-			-			-	390,000	253,500,000
	澎湖縣			-			-			-			-			-	-	-
	金門縣			-			-			-			-			-	-	-
東區	花蓮縣	310	169,500	52,545,000	275	257,700	70,867,500			-			-			-	427,200	123,412,500
	臺東縣	515	40,200	20,703,000	475	60,700	28,832,500	430	3,200	1,376,000			-			-	104,100	50,911,500
加權平均單價/合計		625	1,309,666	818,321,870	562	1,819,394	1,021,669,195	521	123,307	64,186,150	365	852	310,980	496	55,712	27,634,325	3,308,931	1,932,122,520

04_98年各縣市分類產量、價格表

圖二十四 台灣地區各縣市砂石 98 年 3 月產量及價格

柒、結論

一、　在此次研究中我們選定的衛星影像圖其潮差相近，季節亦相仿，故可將潮汐及波浪的影響降到最低。另外宜蘭地區的洋流可由蘇澳測站得知離岸愈遠影響愈小，因此我們的焦點主要放在沿岸流的部分。另外，我們也發現當年雨量的多寡亦是影響濱線指標的重要因素，在極端氣候逐漸加劇的環境中，濱線指標的數化及判讀有必要將降水量納入環境變因當中。

二、　影響本研究區海岸變遷的主要因素應為人為因素為主。我們發現烏石港的改建是造成突堤效應的主要原因，河川輸砂量的增減亦是一個重要的影響因素。而研究區內堤防以短突堤方式興建，堤防設立後雖仍有些微呈現向陸地前進的趨勢，但至少相當程度的減緩了海岸受到侵蝕的能力，說明了本區的堤防有存在的必要性。

三、　此次的研究中，衛星影像圖的選擇盡量避開暴風（如颱風侵襲）的季節，避免海岸線的變遷有大幅的變化，因此多以春天的衛星影像圖為主。但未能考慮劇烈環境變化（如全球暖化導致海水面上升），甚或可惜。另外蘭陽溪雖離本次研究區距離較遠，但仍是影響宜蘭海岸線變遷的一個重要供砂來源，也許爾後研究上如能詳實整理出蘭陽溪中上游河川砂石開採量或許也有助於提供海岸線變遷的一個客觀佐證　。

捌、 參考文獻

一、　黃君偉(2004)。突堤對下游灘線長期變遷影響之數值模擬(碩士論文)。*台灣博碩士論文知識加值系統*，p.1。

二、　鍾鴻文（2004）。宜蘭海岸地形斷面特性分析與預測（碩士論文）。成功大學電子學位論文服務系統

三、　何俊緯（民 100）。應用多期航遙測圖資分析濱線變遷：以宜蘭海岸為例（碩士論文）。國立台灣師範大學機構典藏。http://ir.lib.ntnu.edu.tw/ir/handle/309250000Q/76515

四、　林宗儀（民 99）。台灣海岸濱線變動之判釋，台中市地理科教師專業成長研習會發表。

五、　賴鴻成、張斐章（民 100）。宜蘭海岸變遷探討，台灣水利第 59 卷第一期。

六、　Google 地圖，（民 102）。宜蘭頭城。取自 http://maps.google.com.tw/

七、　台灣新舊地圖比對-台灣堡圖（1898-1904）。宜蘭頭城。取自 http://gissrv5.sinica.edu.tw/GoogleApp/JM20K1904_1.htm

八、　SPOT 衛星影像圖，（2003-2012）。宜蘭頭城。中央大學太遙中心地質遙測實驗室提供

九、　台灣百年歷史地圖-經建版地圖（民 74）。宜蘭頭城。取自 http://gissrv4.sinica.edu.tw/gis/twhgis.aspx

十、　海岸侵蝕與防護對策，（2013）台灣海岸環境系統網路研究室。課程講義 8-1 章。

【評語】030505

優點：

取材相當合乎地方鄉土性，設計如何將問題解決的步驟清楚，資料的分析與相對應的推論合邏輯程序。

缺點：

沒有說明衛星資料的誤差範圍。

建議改進事項：

結論中提到其選定的衛星影像圖之潮差相近，季節亦相仿，故可將潮汐及波浪的影響降到最低。這個推論有誤差，季節相仿與潮差相近並不能代表潮汐及波浪的影響。

建議使用蘭陽溪的河流逕流量資料來說明本地海岸的變遷。