

# 「漂流木應用於網仔寮沙洲防護試驗計畫」

## 成果報告書



台江國家公園管理處

中華民國103年3月

「漂流木應用於網仔寮沙洲防護試驗計畫」  
成果報告書

計畫主持人：劉景毅 博士  
協同主持人：張裕弦 博士  
研究人員：黃翔瑜

委託機關：台江國家公園管理處

受託單位：財團法人成大研究發展基金會

中華民國 103 年 3 月

# 目 錄

目 錄.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	V
照片目錄.....	VIII
壹、計畫主旨.....	1
1-1 計畫緣起.....	1
1-2 計畫範圍及目的.....	1
1-3 研究項目與整體工作架構.....	2
貳、基本資料蒐集分析.....	4
2-1 海氣象.....	4
2-2 底質粒徑與地形.....	11
2-3 七股潟湖沙洲之變遷.....	25
2-4 台江國家公園與網仔寮汕.....	30
2-5 網仔寮汕之植生.....	33
2-6 漂流木與海岸保護結合之思索.....	35
參、漂流木調查.....	37
3-1 漂流木相關資料蒐集與分析.....	37
3-2 網仔寮汕木平台附近漂流木之調查.....	40
肆、試驗方案研擬與施作.....	63
4-1 現地試驗方案研擬.....	63
4-2 現地試驗施作計畫.....	78
4-3 現地試驗施作.....	83
伍、沙洲防護試驗之監測與評估.....	95
5-1 地形剖面測量.....	95
5-2 波浪溯升高度量測.....	105

5-3 試驗樣區之海岸植生調查 .....	110
5-4 沙洲防護試驗之評估 .....	117
陸、成果說明會辦理 .....	121
柒、結論與建議.....	125
7-1 結論 .....	125
7-2 建議 .....	127
捌、參考文獻.....	129
附錄1 修正「處理天然災害漂流木應注意事項」 .....	附1-1
附錄2 成果說明會邀請函 .....	附2-1
附錄3 成果說明會會議出席人員簽名冊 .....	附3-1
附錄4 期初報告會審查意見回覆情形說明表 .....	附4-1
附錄5 期中報告會審查意見回覆情形說明表 .....	附5-1
附錄6 期末報告會審查意見回覆情形說明表 .....	附6-1

## 表目錄

表2-1-1	台南氣象站1981年至2010年氣象資料統計表.....	5
表2-1-2	台南氣象站2011年每月氣象資料統計表.....	5
表2-1-3	台南氣象站2012年每月氣象資料統計表.....	6
表2-1-4	台南氣象站2013年每月氣象資料統計表.....	6
表2-1-5	2013發生之颱風列表.....	7
表2-1-6	2013中央氣象局有發布警報之颱風列表(截至10月).....	8
表2-1-7	將軍漁港潮位站之潮位統計值.....	8
表2-1-8	七股浮標每月波高統計表(2006-2012).....	9
表2-1-9	七股附近海域海流調查成果彙整表.....	10
表2-2-1	海底底質粒徑.....	11
表2-2-2	沙灘底質粒徑資料表.....	11
表2-2-3	第一次採樣粒徑分析結果.....	13
表2-2-4	第二次採樣粒徑分析結果.....	13
表2-2-5	沙樣組成分析表.....	14
表2-5-1	網仔寮汕之植群概況及植樹樹種建議.....	34
表3-1-1	莫拉克颱風過後漂流木清理數量.....	38
表3-1-2	林務局臺灣主要針、闊葉樹級別一覽表.....	40
表3-2-1	漂流木第一次調查結果.....	56
表3-2-1	(續)漂流木第一次調查結果.....	57
表3-2-2	漂流木第二次調查結果.....	58
表3-2-2	(續)漂流木第二次調查結果.....	59
表3-2-3	漂流木第三次調查結果.....	60
表3-2-3	(續)漂流木第三次調查結果.....	61
表3-2-4	漂流木三次調查數量之比較.....	61
表4-2-1	現地試驗施作預定工作時程表.....	83

表4-3-1	施工機具一覽表.....	84
表4-3-2	機具及工作人員配置表.....	85
表5-1-1	控制樁位置.....	97
表5-1-2	測量作業使用儀器.....	99
表5-2-1	溯升水位量測之測試成果(2013年11月7日).....	110
表5-3-1	網仔寮汕前灘穿越線植被調查結果.....	113
表5-3-2	植生種類與覆蓋度調查結果.....	116
表6-1-1	成果說明會議程(2014年1月10日).....	122

## 圖目錄

圖1-2-1	本計畫位置範圍圖.....	1
圖1-3-1	「漂流木應用於網仔寮沙洲防護試驗」計畫之執行架構 與流程.....	3
圖2-2-1	底質採樣斷面位置圖.....	12
圖2-2-2	沙洲高程測量測線圖.....	15
圖2-2-3	沙洲斷面高程圖(profile55~profile51).....	16
圖2-2-3	(續1)沙洲斷面高程圖(profile50~profile46).....	17
圖2-2-3	(續2)沙洲斷面高程圖(profile45~profile41).....	18
圖2-2-3	(續3)沙洲斷面高程圖(profile40~profile36).....	19
圖2-2-3	(續4)沙洲斷面高程圖(profile35~profile31).....	20
圖2-2-3	(續5)沙洲斷面高程圖(profile30~profile26).....	21
圖2-2-3	(續6)沙洲斷面高程圖(profile25~profile21).....	22
圖2-2-3	(續7)沙洲斷面高程圖(profile20~profile16).....	23
圖2-2-4	網仔寮汕第一次測量高程圖(量測日期：民國100年7月) .....	24
圖2-2-5	網仔寮汕第二次測量高程圖(量測日期：民國100年11 月).....	24
圖2-2-6	沙洲各斷面最高點高程圖(量測日期：第一次民國100 年7月，第二次民國100年11月).....	25
圖2-3-1	網仔寮汕變遷(底圖為2010年福衛2號影像).....	26
圖2-3-2	網仔寮汕變遷圖.....	27
圖2-3-3	2007年 Krosa 颱風對青山港汕的破壞與後續演變.....	28
圖2-3-4	1993~2010 青山港汕內移距離(尤其在1999/9~2000/9 與2007/10~2008/07年間).....	29
圖2-4-1	台江國家公園全區範圍圖與網仔寮汕位置圖.....	31
圖2-4-2	網仔寮汕環境現況圖.....	32

圖3-1-1	漂流木形成過程.....	37
圖3-2-1	網仔寮汕漂流木現場調查分區圖.....	48
圖3-2-2	網仔寮汕各次調查各分區之漂流木數量長條圖 .....	49
圖3-2-2	(續)網仔寮汕各次調查之漂流木數量長條圖.....	49
圖3-2-3	七股測站7月至10月之波浪紀錄.....	50
圖3-2-4	彌陀測站7月至10月之波浪紀錄.....	51
圖3-2-5	東吉島測站7月至10月之波浪紀錄.....	52
圖3-2-6	木平台附近漂流木處理原則.....	62
圖4-1-1	斷面32、斷面38以及斷面42與碼頭等之相對位置 .....	64
圖4-1-2	人工沙丘建置圖 .....	71
圖4-1-3	網仔寮汕橫斷面構造型態.....	73
圖4-1-4	海岸沙丘各型態的相對位置圖.....	74
圖4-1-5	沙丘高度與寬度關係.....	74
圖4-1-6	沙丘長度與寬度關係.....	74
圖4-1-7	沙丘分類.....	75
圖4-1-8	當地林務走向.....	76
圖4-1-9	人工沙丘斷面示意圖(S1、S2樣區).....	77
圖4-1-10	人工沙丘斷面示意圖(N樣區).....	77
圖4-2-1	大型機具進入網仔寮汕初步規劃路線圖.....	79
圖4-2-2	木平台清理漂流木的範圍.....	81
圖4-3-1	漂流木清除與人工沙丘施作的流程圖.....	84
圖5-1-1	個別樣區的規劃示意圖.....	95
圖5-1-2	控制樁位置放大圖(網仔寮汕附近).....	98
圖5-1-2	(續)控制樁位置放大圖(頂頭額汕附近).....	98
圖5-1-3	第一次斷面地形量測點位圖(2013/7/20).....	100
圖5-1-3	(續1)第二次斷面地形量測點位圖(2013/9/12).....	100



圖5-1-3	(續2)第三次断面地形量測點位圖(2013/11/13).....	101
圖5-1-3	(續3)第四次断面地形量測點位圖(2014/1/2).....	101
圖5-1-4	断面35之地形剖面圖(S1樣區).....	103
圖5-1-4	(續1)断面36之地形剖面圖(S2樣區).....	103
圖5-1-4	(續2)断面38之地形剖面圖(溯升計高程).....	103
圖5-1-4	(續3)断面42南邊之地形剖面圖(N樣區南側).....	104
圖5-1-4	(續4)断面42之地形剖面圖(N樣區中央).....	104
圖5-1-4	(續5)断面42北邊之地形剖面圖(N樣區北側).....	104
圖5-2-1	波浪溯升高量測現場佈置示意圖.....	107
圖5-2-2	波浪溯升量測位置之断面高程圖.....	109
圖5-4-1	沙丘形成基本參數.....	118
圖6-1-1	網子寮汕試驗樣區的現勘路徑.....	123

## 照片目錄

照片2-5-1	網仔寮汕上防風林現況(拍攝：2013/07/02)：(a)防風林間之混植造林、(b)海側部份木麻黃林因沙土掩蓋枯黃.....	35
照片3-1-1	海岸漂流木：(a)林務局註記之漂流木，(b)木材橫斷面不易辨識，(c)木材樹皮多已剝落不易辨識.....	40
照片3-2-1	網仔寮漂流木現場勘查照片.....	42
照片3-2-1	(續)網仔寮漂流木現場勘查照片.....	43
照片3-2-2	網仔寮汕漂流木之現場調查作業.....	53
照片3-2-3	檜類漂流木之現場噴漆註記作業.....	53
照片3-2-4	檉類漂流木之現場噴漆註記作業.....	54
照片3-2-5	網仔寮汕第二次調查所觀察漂流木往岸灘推移的狀況.....	54
照片3-2-6	木平台步道北側被水流沖至防風林內的漂流木.....	55
照片3-2-7	木平台南側的漂流木被水流沿著沖洗通道沖至沙丘內側.....	55
照片4-1-1	木平台往北拍攝.....	65
照片4-1-2	由木平台往南拍攝.....	65
照片4-1-3	木平台北側之颱風波浪溯升水位量測位置(立竿處).....	65
照片4-1-4	漂流木都集中在木平台附近及其後方的林務區內.....	65
照片4-1-5	斷面38~42間往木平台拍攝.....	66
照片4-1-6	斷面38~42間往陸側拍攝.....	66
照片4-1-7	斷面38~42間往南拍攝.....	66
照片4-1-8	斷面38~42間往北拍攝.....	66
照片4-1-9	斷面38~42間往北拍攝.....	66
照片4-1-10	斷面42往南拍攝.....	66
照片4-1-11	木平台往北拍攝(7/20).....	67

照片4-1-12	木平台往北拍攝(9/12).....	67
照片4-1-13	沙丘寬度變短小(10/12).....	67
照片4-1-14	沙丘遭侵蝕(10/12).....	67
照片4-1-15	在斷面42靠海側往北拍攝.....	68
照片4-1-16	在斷面42靠瀉湖側往北拍攝.....	68
照片4-1-17	在斷面42往南拍攝.....	68
照片4-1-18	在斷面42往北拍攝.....	68
照片4-1-19	由木平台往南拍攝.....	69
照片4-1-20	木平台南側海岸之天然沙丘.....	69
照片4-1-21	木麻黃林因風吹沙而枯萎.....	69
照片4-1-22	瀉湖側往斷面32拍攝.....	70
照片4-1-23	由海側拍攝斷面32.....	70
照片4-1-24	斷面36往南拍攝(9/12).....	72
照片4-1-25	斷面35往海側拍攝(9/12).....	72
照片4-1-26	斷面32附近之自然沙丘(star dune& parabolic dune) .....	76
照片4-1-27	斷面35~36附近之漂流木堆積而成的人工沙丘 .....	77
照片4-2-1	怪手及桶筏載具.....	79
照片4-2-2	膠筏拖運.....	79
照片4-2-3	青草崙人工沙丘施作照片.....	80
照片4-2-4	青草崙102年後人工沙丘和原本沙丘融合.....	80
照片4-2-5	四草人工沙丘施作(99年).....	80
照片4-2-6	3年後四草人工沙丘與環境融合(102年).....	80
照片4-2-7	漂流木掩埋(林管處).....	81
照片4-2-8	堤心挖掘及漂流木淹埋.....	81
照片4-2-9	木平台(由南往北).....	82
照片4-2-10	木平台(由北往南).....	82

照片4-2-11	網仔寮汕木平台南側海灘上之漂流木.....	82
照片4-3-1	機具就定位(拖運前10/21).....	86
照片4-3-2	機具運輸(拖運過程10/28).....	86
照片4-3-3	機具運輸(抵達網子寮汕10/28).....	86
照片4-3-4	漂流木集中(10/29).....	87
照片4-3-5	S1樣區堆疊(10/29).....	87
照片4-3-6	S1樣區南側已無漂流木(10/30).....	87
照片4-3-7	木平台北側清理(10/30).....	87
照片4-3-8	木平台附近清理(10/30).....	87
照片4-3-9	木平台南側清理(10/30).....	87
照片4-3-10	木平台南北50m清理完成(10/31).....	88
照片4-3-11	木平台南側後方清理(10/31).....	88
照片4-3-12	一級木標示(放置顯眼處10/31).....	88
照片4-3-13	S2樣區堆疊(10/31).....	88
照片4-3-14	清空S2樣區附近的漂流木(11/1).....	88
照片4-3-15	S2樣區初步完成(11/1).....	88
照片4-3-16	S1樣區後方漂流木之收集.....	89
照片4-3-17	S1及S2樣區後方清理(11/2).....	89
照片4-3-18	N樣區的施作(11/3).....	89
照片4-3-19	N樣區土方堆置(11/3).....	89
照片4-3-20	N樣區漂流木集中(11/3).....	89
照片4-3-21	N樣區漂流木堆置(11/4).....	89
照片4-3-22	初步完成N樣區(11/5).....	90
照片4-3-23	N樣區附近漂流木清理(11/5).....	90
照片4-3-24	與委辦單位人員進行漂流木清理之會勘(11/6).....	90
照片4-3-25	將N樣區與附近天然沙丘進行連結(11/7).....	90

照片4-3-26	木平台南側斷面32~38間漂流木清理情形 .....	91
照片4-3-27	木平台附近(斷面38)漂流木清理情形 .....	92
照片4-3-28	木平台北側斷面38~42間之海岸景觀變化 .....	92
照片4-3-29	斷面42附近漂流木清理情形 .....	93
照片4-3-30	木平台南側至斷面32之漂流木清理 .....	93
照片4-3-31	S1樣區人工沙丘施作前與施作後之比較 .....	94
照片4-3-32	S2樣區人工沙丘施作前與施作後之比較 .....	94
照片4-3-33	N樣區人工沙丘施作前與施作後之比較 .....	94
照片5-1-1	S1樣區背風面的dune horns(2013/11/13) .....	104
照片5-1-2	S1樣區背風面的dune horns(2014/01/02) .....	104
照片5-1-3	S2樣區背風面的dune horns(2013/11/13) .....	105
照片5-1-4	S2樣區背風面的dune horns(2014/01/02) .....	105
照片5-1-5	N樣區背風面的dune horns(2013/11/13) .....	105
照片5-1-6	N樣區背風面的dune horns(2014/01/02) .....	105
照片5-2-1	溯升高度量測位置(木平台附近) .....	106
照片5-2-2	波浪溯升量測現場斷面佈置 .....	107
照片5-2-3	波浪溯升量測之收錄箱 .....	107
照片5-2-4	基樁及溯升計架 .....	108
照片5-2-5	溯升計架埋設與固定 .....	108
照片5-2-6	基樁及溯升計架 .....	108
照片5-2-7	溯升計基樁更改地 .....	108
照片5-2-8	基樁及溯升計架 .....	108
照片5-2-9	溯升計基樁更改地 .....	108
照片5-2-10	安裝溯升計收錄箱 .....	109
照片5-2-11	布置升計感測器 .....	109
照片5-2-12	2013年11月7日進行波浪溯升測試 .....	110

照片5-3-1	斷面38~42間的沙洲以穿越線調查前灘植物 .....	111
照片5-3-2	斷面35~36間的沙洲以穿越線調查前灘植物 .....	111
照片5-3-3	前灘植物穿越線前兩次調查之現場狀況.....	114
照片5-3-3	(續)前灘植物穿越線四次調查之現場狀況.....	115
照片5-3-4	N樣區覆蓋度調查(2014/1/4).....	116
照片5-3-5	S2樣區覆蓋度調查(2014/1/4).....	116
照片5-3-6	S1樣區覆蓋度調查(2014/1/4).....	117
照片6-1-1	成果說明會的會場地點.....	124
照片6-1-2	成果說明會中楊金臻副處長開幕致詞.....	124
照片6-1-3	成果說明會中至六孔碼頭搭乘觀光船.....	124
照片6-1-4	網仔寮汕N試驗樣區的現場說明狀況.....	124
照片6-1-5	網仔寮汕S2試驗樣區的現場說明狀況 .....	124
照片6-1-6	網仔寮汕S1試驗樣區的現場狀況 .....	124

# 壹、計畫主旨

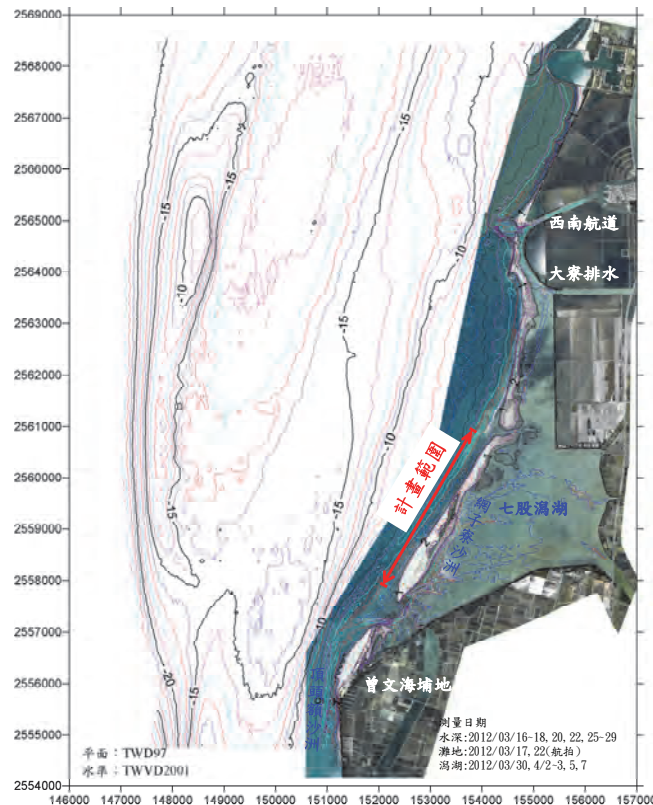
## 1-1 計畫緣起

網仔寮汕位處台南七股潟湖外海側，為台江國家公園的一部分，並因獨特之外汕沙洲景觀劃為特別景觀區。近年來，因部份沙洲段侵蝕加劇，呈現沙洲後退、高程降低，乃至在颱風來襲期間會發生波浪越洗(overwash)之現象。此外，每當颱風來襲或山洪爆發後，沙洲上常散佈大量漂流木，景觀性不佳。爰此，基於就地取材與因地制宜之理念，本計畫應用漂流木進行沙洲防護之現地試驗研究，冀其成果有益於網仔寮汕之防護與景觀改善。

## 1-2 計畫範圍及目的

### (一) 計畫範圍

本計畫執行區域主要在台南市七股潟湖外海側之網仔寮汕，其範圍如圖1-2-1所示。



## (二) 計畫目的

清理網仔寮汕海側木平台附近之漂流木，以改善海岸環境景觀；並就地取材，以清除之漂流木作為人工沙丘現地試驗的材料，用埋放或堆放方式，在適當區位設置人工沙丘，進行人工沙丘現地試驗研究。本計畫兼具海岸環境景觀改善與沙洲防護雙重目標。

## 1-3 研究項目與整體工作架構

本計畫之工作項目如下所示：

### (一) 基本資料蒐集分析與調查

研究區位基本資料之蒐集與分析，內容包括網仔寮汕地形資料、七股地區之潮位、波浪、砂樣及海岸植生等，以作為研擬試驗方案之依據。

### (二) 漂流木調查

進行網仔寮汕外海側漂流木之初步調查，以掌握沙洲上漂流木之數量與種類，並作為研擬試驗方案之參考。

### (三) 試驗方案研擬與施作

將漂流木應用於沙洲防護的方法有多種選擇，本研究須居於就地取材之理念，考量網仔寮汕之特性，因地制宜的研擬2~3個沙洲防護方案，並進行現地之施作與試驗至少3處。每處試驗地點規模至少長度20 m，另為同步改善沙洲景觀，試驗進行時，應整理臨海木平台南、北兩側各50m範圍內沙灘之漂流木，以作為現地試驗所需之材料。

### (四) 沙洲防護試驗之監測與評估

1. 試驗期間需每兩個月進行一次樣區的地形剖面測量，以比較分析沙洲防護成效。
2. 依據試驗成果綜合評估漂流木應用於網仔寮汕防護之可行性，並提出未來施作方式與位置的建議。

### (五) 辦理講習或說明會

1. 針對試驗初步成果或構想至少舉辦1場講習或說明會。
2. 列席各相關會議及協助辦理相關會議工作事項(含製作會議紀錄)。



本計畫之預期效益如下：

- (一) 就地取材，增加漂流木的應用。
- (二) 研究成果之實際應用，可改善網仔寮汕景觀，增強沙洲防護能力。
- (三) 提供未來相關海岸柔性防護工法設置之參考。

本文之章節依工作內容分為，壹、計畫主旨，貳、基本資料蒐集分析，參、漂流木調查，肆、試驗方案研擬與施作，伍、沙洲防護試驗之監測與評估，陸、辦理講習或說明會，柒、結論與建議，捌、參考文獻。圖1-3-1所示則為本計畫的執行架構與流程。

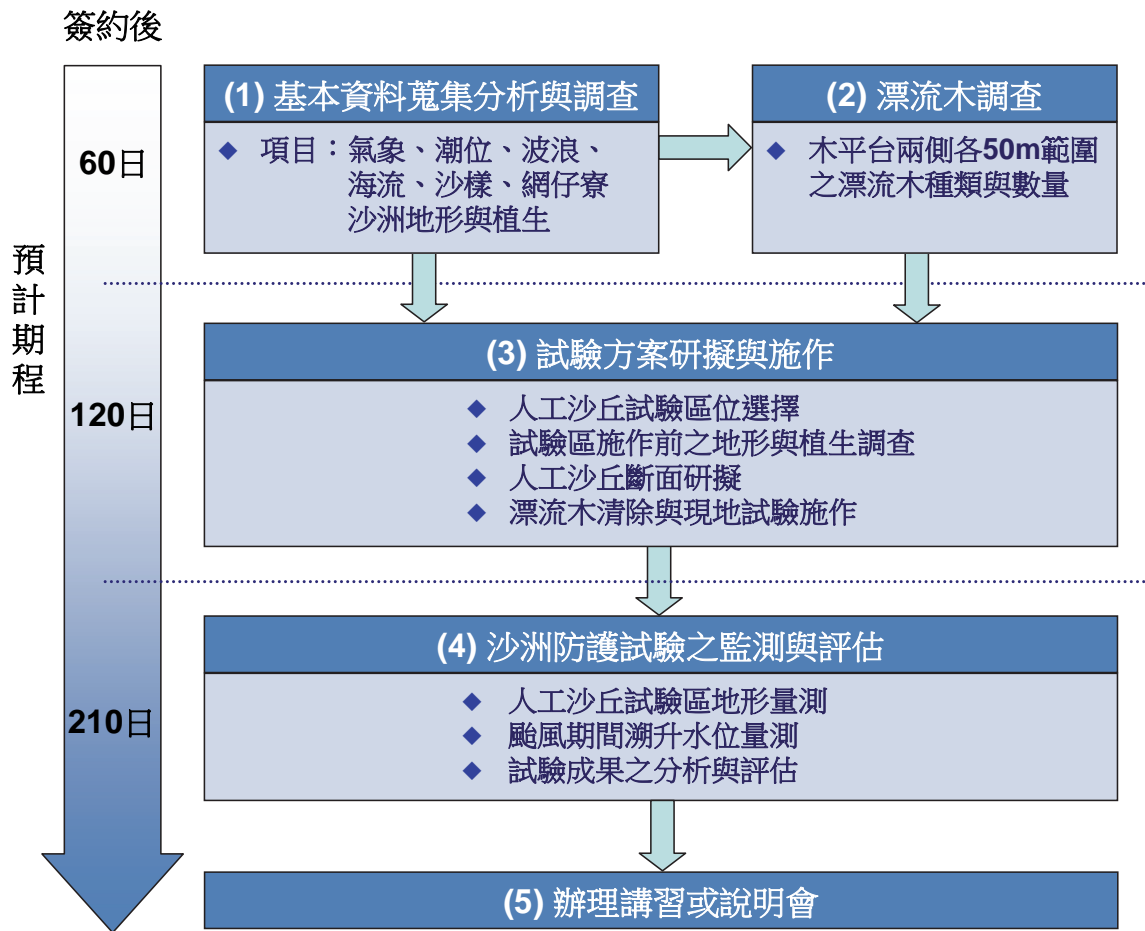


圖1-3-1 「漂流木應用於網仔寮沙洲防護試驗」計畫之執行架構與流程

## 貳、基本資料蒐集分析

本計畫基本資料之蒐集與分析，資料內容包括網仔寮汕地形資料、七股地區之潮位、波浪、砂樣與海岸植生等，以作為研擬試驗方案之依據。分述如下：

### 2-1 海氣象

#### (一) 氣象

根據中央氣象局台南氣象站1981~2010年之月平均氣候統計資料(表2-1-1)，台南平均氣溫約24.3°C，6~9月間溫度最高，月均溫超過28.0°C，12月至隔年2月的月均溫在20°C以下。每月日照時數以夏季7月份最高，為210小時。年平均降雨量為1698 mm，雨量集中於5~9月間，平均相對濕度以6月及8月之79%最高，12月之73%最低。

台南風向以北風、東北風、西北風為主。冬季大多吹西北風，夏季吹西南風，平均風速約4.3m/s。颱風侵台月份以7~9月為最多，由於台南位處嘉南平原，東有高山屏障，受颱風的威脅相對較小，每年颱風侵襲次數平均約1.4次。表2-1-2~2-1-4所示為近3年的每月風速統計資料，其最大10分鐘平均風速介於6.3~12.9m/s，最大瞬間風速介於10.9~26.5 m/s。

表2-1-5為2013年發生於西太平洋的颱風列表，共有29個颱風形成；表2-1-6為2013年中央氣象局有發布警報之颱風列表，2013年共有6個颱風侵襲台灣，兩者數量均比往年的平均值高。

表2-1-1 台南氣象站1981年至2010年氣象資料統計表

月份 氣象	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計/ 平均
降水量 (mm)	17.3	28.1	38.5	79.5	173.6	371.5	357.7	395.1	178	27.8	16.7	14.4	1698.2
降雨日數 (天)	3.7	4.7	5	7.2	9.2	13.1	12.2	15.3	9.5	2.5	2.2	2.8	87.4
氣溫(°C)	17.6	18.6	21.2	24.5	27.2	28.5	29.2	28.8	28.1	26.1	22.8	19.1	24.3
相對濕度 (%)	76.9	78.1	76.3	76.8	76.8	78.9	77.5	79.7	78.2	75.8	76	75.5	77.2
日照時數 (小時)	179.4	158.3	179	172.8	186.9	181.7	210.8	189.1	179.2	196.2	173	175	2180.8
風速 (m/sec)	3.8	3.6	3.3	2.9	2.8	3.1	3.1	3.1	2.9	2.9	3.2	3.6	3.2

資料來源：中央氣象局

表2-1-2 台南氣象站2011年每月氣象資料統計表

月份	2011年			
	平均溫度 (°C)	雨量 (毫米)	風速(公尺/秒)/風向(360°)/日期	
			最大十分鐘風	最大瞬間風
1月	15.4	6.7	12.2/10.0/15	21.6/360.0/15
2月	17.9	7.7	9.5/10.0/14	17.2/360.0/14
3月	19.2	4.7	9.7/10.0/22	19.3/20.0/7
4月	23.9	26	8.1/180.0/30	12.5/180.0/30
5月	26.7	55.2	9.8/10.0/28	17.5/10.0/28
6月	29.1	304	10.8/200.0/10	18.9/190.0/10
7月	28.7	401.5	9.1/200.0/15	18.5/200.0/15
8月	29.5	172.3	10.8/210.0/29	21.3/220.0/29
9月	28.7	5	6.9/310.0/21	11.6/340.0/30
10月	26.2	27.8	6.3/10.0/3	10.9/360.0/3
11月	24	203.5	6.4/10.0/23	11.6/180.0/18
12月	18.4	4.4	9.3/10.0/9	16.3/10.0/2

資料來源：中央氣象局

表2-1-3 台南氣象站2012年每月氣象資料統計表

月份	2012 年			
	平均溫度 (°C)	雨量 (毫米)	風速(公尺/秒)/風向(360°)/日期	
			最大十分鐘風	最大瞬間風
1 月	17.2	5.5	9.2/20.0/16	16.1/10.0/16
2 月	17.6	40	9.3/190.0/6	17.0/20.0/28
3 月	21.3	6.5	11.6/10.0/24	20.4/360.0/24
4 月	26.1	141.5	9.6/190.0/24	15.8/180.0/24
5 月	27.6	404.5	7.7/200.0/3	12.4/200.0/3
6 月	28.1	803.5	12.9/190.0/20	24.2/190.0/20
7 月	29.3	254.5	8.6/170.0/24	15.2/20.0/25
8 月	28	635	14.4/320.0/2	26.5/320.0/2
9 月	28.5	18.6	10.7/20.0/28	19.3/10.0/28
10 月	25.6	2.5	7.1/10.0/17	12.6/10.0/17
11 月	23.6	95.6	7.7/10.0/26	15.7/20.0/23
12 月	19.5	18	12.4/20.0/30	22.4/20.0/30

資料來源：中央氣象局

表2-1-4 台南氣象站2013年每月氣象資料統計表

月份	2013 年			
	平均溫度 (°C)	雨量 (毫米)	風速(公尺/秒)/風向(360°)/日期	
			最大十分鐘風	最大瞬間風
1 月	17.5	7.5	10.3/20.0/13	19.4/20.0/13
2 月	20.4	1.5	8.6/30.0/19	14.5/40.0/19
3 月	22.5	5.5	7.9/30.0/2	13.3/50.0/28
4 月	23.9	111.7	10.4/30.0/6	18.8/30.0/6
5 月	27.3	286	9.4/190.0/22	20.7/200.0/22
6 月	29.5	233.5	8.6/200.0/23	15.4/210.0/23
7 月	29.4	148.9	10.0/330.0/13	20.2/330.0/13
8 月	28.9	806.5	10.7/320.0/29	22.5/220.0/31
9 月	28.6	60.2	9.0/170.0/22	18.0/170.0/22
10 月				
11 月				
12 月				

資料來源：中央氣象局

表2-1-5 2013發生之颱風列表

年份	編號	中文名稱	英文名稱
2013	1331	楊柳	PODUL
2013	1330	海燕	HAIYAN
2013	1329	柯羅莎	KROSA
2013	1328	利奇馬	LEKIMA
2013	1327	范斯高	FRANCISCO
2013	1326	薇帕	WIPHA
2013	1325	百合	NARI
2013	1324	丹娜絲	DANAS
2013	1323	菲特	FITOW
2013	1322	聖帕	SEPAT
2013	1321	蝴蝶	WUTIP
2013	1320	帕布	PABUK
2013	1319	天兔	USAGI
2013	1318	萬宜	MAN-YI
2013	1317	桔梗	TORAJI
2013	1316	玉兔	YUTU
2013	1315	康芮	KONG-REY
2013	1314	尤娜拉	UNALA
2013	1313	皮瓦	PEWA
2013	1312	潭美	TRAMI
2013	1311	尤特	UTOR
2013	1310	山竹	MANGKHUT
2013	1309	燕子	JEBI
2013	1308	西馬隆	CIMARON
2013	1307	蘇力	SOULIK
2013	1306	倫比亞	RUMBIA
2013	1305	貝碧佳	BEBINCA
2013	1304	麗琵	LEEPI
2013	1303	雅吉	YAGI
2013	1302	珊珊	SHANSHAN
2013	1301	蘇納姆	SONAMU

資料來源：中央氣象局

表2-1-6 2013中央氣象局有發布警報之颱風列表(截至10月)

年份	編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	近台強度	侵台路徑分類	近台中心最低氣壓(hPa)	近台中心最大風速(m/s)	七級風暴風半徑(km)	十級風暴風半徑(km)	警報發布報數
2013	1323	菲特	FITOW	10/04~10/07	中度	1	960	38	250	80	20
2013	1319	天兔	USAGI	09/19~09/22	強烈	5	910	55	280	120	22
2013	1315	康芮	KONG-REY	08/27~08/29	輕度	6	985	25	120	--	20
2013	1312	潭美	TRAMI	08/20~08/22	輕度	1	970	30	180	--	16
2013	1308	西馬隆	CIMARON	07/17~07/18	輕度	--	998	18	100	--	10
2013	1307	蘇力	SOULIK	07/11~07/13	強烈	2	925	51	280	100	22

資料來源：中央氣象局

## (二) 潮位

為瞭解計畫區之潮汐特性，本計畫蒐集七股附近之將軍漁港潮位站的潮汐資料，該站近11年之觀測統計結果，如表2-1-7所示，表中可見將軍漁港之潮位最高為1.59 m，大潮差為1.58 m(大潮平均高潮位與大潮平均低潮位之差值)。

表2-1-7 將軍漁港潮位站之潮位統計值

潮位站		將軍
所屬單位		交通部中央氣象局
觀測時間		2008年至2012年
最高高潮位		1.59 m
最高天文潮	HHWL	1.33 m
大潮平均高潮位	HWOSt	1.05 m
平均高潮位	MHWL	0.92 m
平均潮位	MSL	0.33 m
平均低潮位	MLWL	-0.21 m
大潮平均低潮位	LWOSt	-0.53 m
最低天文潮	LLWL	-0.98 m
最低低潮位		-1.09 m

資料來源：交通部中央氣象局網頁將軍漁港潮位站

潮高基準：相對台灣高程基準TWVD2001基隆海平面

### (三) 波浪

水利署在七股頂頭額汕外海1.5km(水深18m)處設置有海氣象浮標，長期監測波浪資料。表2-1-8所示為七股浮標所測得2006~2012年間之每月波高統計結果，表中顯示每年4~9月之示性波高介於0.54~1.11 m，波向以西南向為最多。每年10月至隔年3月間的波高較大，且中浪以上的發生頻率較其他月份高，示性波高介於0.86~1.17 m間，波向以北向為主，監測期間測得之最大波高為11.71m，發生於2009年蓮花颱風侵台期間。

表2-1-8 七股浮標每月波高統計表(2006-2012)

月份	最大示性波高				示性波高(m)	示性週期(秒)	示性波高分佈百分比			
	波高(m)	尖峰週期(秒)	波向(度)	發生時間			小於0.6m	0.6~1.5m小浪	1.5~2.5m中浪	大於2.5m大浪
1	3.06	6.9	191	20090124	1.17	4.7	13.2	62.5	23.5	0.5
2	2.89	7.4	0	20080209	0.95	4.5	34.2	48.5	17.5	0
3	2.97	6.5	348	20090314	0.86	4.5	37.5	51.7	10.2	0.25
4	2.34	7.4	326	20070403	0.77	4.6	42	50.6	7.33	0
5	3.11	8	270	20100528	0.54	4.5	66.5	32.2	1	0
6	11.71	15.1	236	20090621	0.79	4.8	49.4	43	5.8	2
7	7.67	11.6	213	20060714	0.9	5.2	35.8	52.4	8	3.2
8	9.45	-	0	20080822	1.11	5.8	34	46.4	14.2	5.8
9	6.49	10.4	270	20100920	0.89	5.2	36.4	51.2	9.8	2.6
10	6.76	15.1	225	20101022	1.02	5	26.2	59.4	11	3.6
11	3.75	7.4	0	20071126	1.1	4.8	22.2	55	21.8	1.4
12	3.57	10.4	22	20101216	1.09	4.6	15.8	64.8	18.8	0.4

資料來源：交通部中央氣象局網頁將軍漁港潮位站

### (四) 海流

本計畫彙整歷年在台南七股海域之海流調查成果，如表2-1-9所示，表中海流測站位置的水深大都介於4.5~10m間，相當靠近海岸。表中結果顯示七股海域之海流組成，以具往返流動特性的潮流為主，流速大都小於1m/s，主要流向為與海岸線平行之SSW與NNE向。

表2-1-9 七股附近海域海流調查成果彙整表

研究單位	期間 (年/月)	位置	站名	水深 (m)	主要流速分佈 (cm/sec)	主要流向		參考文獻	
成大水利系所	90/01	將軍	A	-9.0	5~35	NNE	SSW	摘錄自「台南將軍漁港及鄰近海岸監測現場調查計畫」	
			B	-5.5	5~30	NNE	SSW		
			C	-10.0	5~40	NNE	SSW		
	90/10		A	-9.0	10~65	NNE	S、SSW		
			B	-5.0	5~30	ENE	S、SSW		
			C	-10.0	10~65	NNE	SSW		
	93/06~07	七股 潟湖	D	-6.0	10~40	W	S	摘錄自「七股潟湖保護對策研究」	
			A	-6.2	0~55	NNE、NE	SSW		
			B	-5.0	0~57	NNE、NE	SSW		
			D	-4.5	0~75	N	SSE、S		
			E	-0.5	0~42	NNE、NE	SSW、SW		
			F	-0.5	0~15	NNE、NE	SW		
			93/12 ~ 94/01	A	-8.9	0~49	SSW		NNE
				B	-5.1	0~56	SSW		NNE
	C	-6.7		0~77	SSW	NNE			
	F	-1.9		0~12	SSE、SE	S、SSW			
	89/09	七股	G	-0.7	0~20	WSW、W	ENE	摘錄自「台南七股段防風林地侵蝕防護工法探討」	
			A	-5.0	5~55	NW	SE		
			B	-7.0	5~55	N	S		
			C	-5.0	10~55	NNW	SSW		
			D	-7.0	10~55	NNW	SSW		
			90/06	A	-5.0	5~55	ESE		WNW
				B	-7.0	5~50	NNW		S
				C	-5.0	5~40	N		SSW
91/01~02			D	-5.0	5~25	ENE	SW		
			A	-5.0	5~40	NW	SE		
			B	-8.0	5~45	NNE	S		
			C	-5.0	7~56	NNE	SSW		
91/07	D	-5.0	6~48	NNE	SSW				
	A	-5.0	6~36	NW	SE、ESE				
	B	-7.7	9~72	N	SSE、S				
	C	-5.7	7~49	NNE	SSW				
成大水工所	85/08~10	將軍 至 七股	D	-5.2	6~42	NNE、N	SSW	摘錄自「將軍(中心)漁港鄰近海岸監測及穩定對策調查」	
			CK1	-10.0	0~70	NNE	SSW		
			CK2	-8.0	0~100	NNE	SSW		
			CK3U	-10.0	0~75	NNE	SSW		
	86/05~06	七股	CK3D	-10.0	0~50	NNE	SSW		
93/05	曾文	C1	-9.0	11	NW	--	摘錄自「生態工法應用於海岸復育之研究」		
93/10	溪口	C1	-9.0	7.8	NW	--			



## 2-2 底質粒徑與地形

### (一) 底質粒徑

#### 1. 海底底質

本計畫彙整歷年在台南七股海域之海底底質調查成果，如表2-2-1所示。歷次調查結果顯示七股-2~-8m海域之中值粒徑約介於0.051~0.265mm間，多屬細砂，以夏季調查期間所採得之底質粒徑較大，此應與夏季颱風有關。夏季調查結果以頂頭額汕外海側之底質粒徑較大，青山港汕北側較小，冬季調查結果以網仔寮汕南側底質粒徑較大，青山港汕附近依然最小。

表2-2-1 海底底質粒徑

單位	時間	水深(m)	粒徑(mm)	資料來源
成大水利系	89~93	-2~-5	0.051~0.265	摘錄自「台南七股防風林地與頂頭額汕侵蝕防護對策探討」
	93~94	-2~-8	0.163~0.260	摘錄自「七股瀉湖保護對策研究」

#### 2. 沙灘底質粒徑

本計畫彙整歷年在台南七股沙灘之底質調查成果，如表2-2-2所示。調查結果顯示七股海岸沙灘高、低潮線間之底質粒徑約介於0.17~0.35mm之間，沙灘底質以細沙為主，中沙次之，底質平均粒徑約為0.25mm。

表2-2-2 沙灘底質粒徑資料表

單位	時間	粒徑(mm)	資料來源
成大水利系	92~93	0.17~0.35	摘錄自「台南七股防風林地與頂頭額汕侵蝕防護對策探討」
	93~94	0.18~0.29	摘錄自「七股瀉湖保護對策研究」

另台江國家公園管理處曾於2011年委外執行「台江國家公園週邊沙洲、瀉湖地景變遷及復育防災策略」之研究，計畫中有針對網仔寮汕進行沙洲高程與底質粒徑量測。圖2-2-1所示為沙灘底質採樣斷面位置，表2-2-3及表2-2-4為兩次沙灘採樣

之中值粒徑分布，結果顯示第一次採樣粒徑主要分布於0.22~0.29mm間，而第二次採樣粒徑主要分布於0.17~0.27mm間，除了第04斷面沙丘粒徑稍大，屬於中沙(0.25~0.5mm)外，其餘沙洲各處樣本中值粒徑皆屬於細沙(0.125~0.25mm)範圍。若從每一條採樣斷面之平均粒徑值 $d_m$ 比較海側(編號L)、沙丘頂(編號M)、瀉湖側(編號R)之粒徑分布情況，發現三點之粒徑大小並無太大差異存在。此外，由表2-2-5之分析可看出七股瀉沙洲表層土壤組成幾乎為沙(sand)，僅小部分帶有泥(silt)的成分。

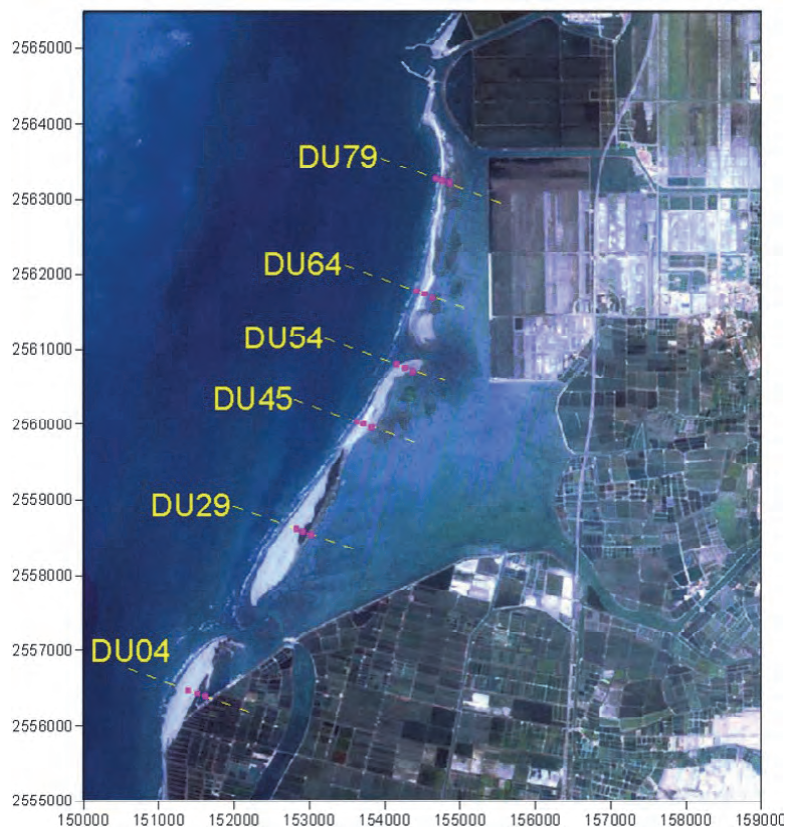


圖2-2-1 底質採樣斷面位置圖

表2-2-3 第一次採樣粒徑分析結果

單位：mm

Station	D10	D16	D25	D30	D50	D60	D75	D84	D90	d <sub>m</sub>	Cu
DU80L	0.18	0.19	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.28	0.23	1.27
DU80M	0.17	0.19	0.21	0.22	0.23	0.23	0.26	0.28	0.31	0.26	1.35
DU80R	0.18	0.19	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31	0.25	1.34
DU64L	0.18	0.20	0.22	0.22	0.23	0.24	0.27	0.29	0.32	0.25	1.32
DU64M	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.26	0.22	1.26
DU64R	0.17	0.18	0.20	0.21	0.22	0.22	0.24	0.26	0.27	0.23	1.33
DU52L	0.18	0.20	0.22	0.22	0.24	0.24	0.27	0.30	0.32	0.26	1.33
DU52M	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.28	0.30	0.25	1.31
DU52R	0.18	0.20	0.22	0.22	0.24	0.25	0.28	0.31	0.35	0.27	1.37
DU45L	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.24	0.25	0.27	0.23	1.29
DU45M	0.18	0.20	0.22	0.22	0.24	0.26	0.30	0.33	0.38	0.28	1.47
DU45R	0.18	0.20	0.22	0.22	0.24	0.25	0.28	0.31	0.34	0.26	1.39
DU29L	0.17	0.19	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.28	0.23	1.31
DU29M	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.26	0.22	1.25
DU29R	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.28	0.30	0.25	1.31
DU04L	0.19	0.21	0.23	0.23	0.24	0.26	0.29	0.32	0.36	0.27	1.35
DU04M	0.20	0.22	0.24	0.25	0.29	0.32	0.35	0.40	0.45	0.33	1.61
DU04R	0.18	0.19	0.21	0.22	0.23	0.23	0.25	0.27	0.29	0.24	1.31

表2-2-4 第二次採樣粒徑分析結果

單位：mm

Station	D10	D16	D25	D30	D50	D60	D75	D84	D90	d <sub>m</sub>	Cu
DU80L	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.25	0.27	0.22	1.36
DU80M	0.16	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.26	0.28	0.23	1.41
DU80R	0.16	0.18	0.20	0.20	0.22	0.22	0.24	0.26	0.28	0.23	1.37
DU64L	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21	0.23	0.25	0.27	0.22	1.35
DU64M	0.15	0.17	0.19	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.26	0.21	1.38
DU64R	0.12	0.14	0.16	0.17	0.20	0.21	0.23	0.26	0.28	0.22	1.68
DU52L	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.24	0.26	0.27	0.23	1.29
DU52M	0.17	0.18	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.25	0.26	0.22	1.30
DU52R	0.17	0.18	0.20	0.21	0.22	0.22	0.24	0.26	0.28	0.23	1.34
DU45L	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.18	0.21	0.25	0.28	0.20	1.64
DU45M	0.14	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.26	0.22	1.46
DU45R	0.15	0.17	0.19	0.19	0.21	0.21	0.23	0.25	0.27	0.22	1.41
DU29L	0.17	0.18	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.22	1.28
DU29M	0.15	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.26	0.21	1.41
DU29R	0.16	0.18	0.20	0.20	0.22	0.22	0.23	0.25	0.27	0.22	1.38
DU04L	0.18	0.19	0.21	0.21	0.22	0.22	0.24	0.25	0.27	0.23	1.26
DU04M	0.17	0.20	0.21	0.23	0.27	0.30	0.34	0.38	0.43	0.30	1.42
DU04R	0.18	0.19	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.22	1.25

表2-2-5 沙樣組成分析表

Station	第一次採樣			第二次採樣			兩次土壤組成差異		
	gravel(%)	sand(%)	silt(%)	gravel(%)	sand(%)	silt(%)	gravel(%)	sand(%)	silt(%)
DU80L	0.0	100.0	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	-0.1	0.1
DU80M	0.4	98.5	1.1	0.0	99.8	0.2	-0.4	1.4	-1.0
DU80R	0.0	99.7	0.3	0.0	99.3	0.7	0.0	-0.4	0.4
DU64L	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DU64M	0.0	99.7	0.3	0.0	99.9	0.1	0.0	0.1	-0.1
DU64R	0.0	98.8	1.2	0.0	97.9	2.1	0.0	-0.8	0.8
DU52L	0.0	100.0	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	-0.1	0.1
DU52M	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DU52R	0.0	99.9	0.1	0.0	99.8	0.2	0.0	-0.1	0.1
DU45L	0.0	100.0	0.0	0.0	99.6	0.4	0.0	-0.4	0.4
DU45M	0.0	99.6	0.4	0.0	98.4	1.6	0.0	-1.2	1.2
DU45R	0.0	99.7	0.3	0.0	99.2	0.8	0.0	-0.5	0.5
DU29L	0.0	100.0	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	-0.1	0.1
DU29M	0.0	100.0	0.0	0.0	99.6	0.4	0.0	-0.4	0.4
DU29R	0.0	100.0	0.0	0.0	96.4	3.6	0.0	-3.6	3.6
DU04L	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DU04M	0.0	100.0	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	-0.1	0.1
DU04R	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## (二) 網仔寮汕地形

台江國家公園管理處亦曾於民國100年7月及11月進行兩次瀉湖沙洲之地形量測，結果顯示沙丘高程不足時易遭受颱風暴潮衝擊產生越洗，乃至形成新潮口。圖2-2-2所示為高程測量測線位置圖，網仔寮汕的測線編號介於斷面19至斷面56，圖2-2-3所示為網仔寮汕各斷面之高程圖。圖2-2-4與圖2-2-5所示分別為兩次測量之高程平面圖。圖2-2-6則為沙洲各斷面最高點高程圖。

量測結果顯示38條測線中沙丘頂部高程約在E.L.+8.76m~+1.01m(第一次測量)，由於最北端潮口斷面56淺灘高程降低，故第二次測量各斷面高點範圍變為E.L.+8.76m~+0.60m。由各斷面圖可看出網仔寮汕之南側(斷面19~斷面27)與北側(斷面49~斷面56)僅有零星之風吹沙造成地形起伏，並無較高與明顯之沙丘地形。沙洲中間段於斷面28~斷面41縱向長約1.5公里，(除了斷面32外)，有連續茂密之樹林及草本植生於沙丘頂部及沙丘後方，高程皆在3m以上(斷面34達

E.L.+8.76m為最高)，為網仔寮汕中沙丘地形最為發達之一段，此段植生茂密之沙洲其南邊沙丘趾部距離海岸尚有約200公尺寬之前灘，海岸呈現較為穩定之態勢，然越往北側前灘寬度逐漸遞減，斷面41沙丘前方前灘寬度僅剩約50m。而斷面32沙丘頂部高程為E.L.+2.97m，相較於鄰近南北兩側斷面之沙丘頂部高程E.L.+5.71m及E.L.+6.88m為低，且該段沙丘上方並無茂密之樹木生長，其後方潟湖側潮間帶亦相對鄰近區位為寬，應注意防範颱風暴潮時水位湧升及颱風波浪溯上水流對此段沙丘之影響。綜觀網仔寮汕較寬處為斷面35~斷面23，寬度均大於350m(斷面26寬度達429m)，然而最寬處位於北側潮口處斷面54~斷面55(屬於潮間帶平坦地形)，寬度最寬達447m。

整體而言，沙丘縱向高度往潮口(斷面56~斷面57及斷面14~斷面18之間)呈現遞減之態勢，而地形較高之斷面在其沙丘之潟湖側亦伴隨茂密之植生，如網仔寮汕斷面28~41區域，應係高度較高之沙丘阻擋了颱風暴潮與波浪之越襲，讓植生得以穩定生長，而植生茂密之處亦提供定沙與聚沙之功效，兩者相輔相成。

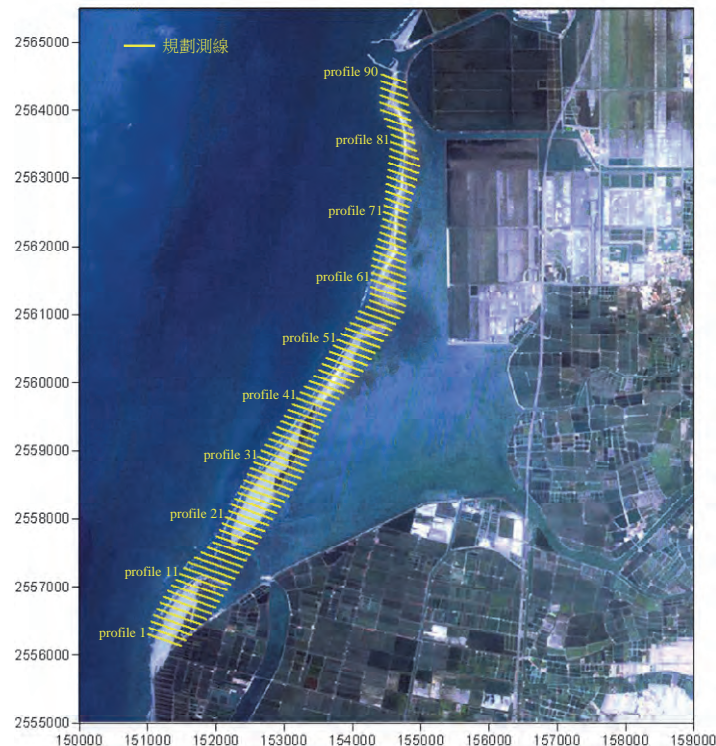


圖2-2-2 沙洲高程測量測線圖

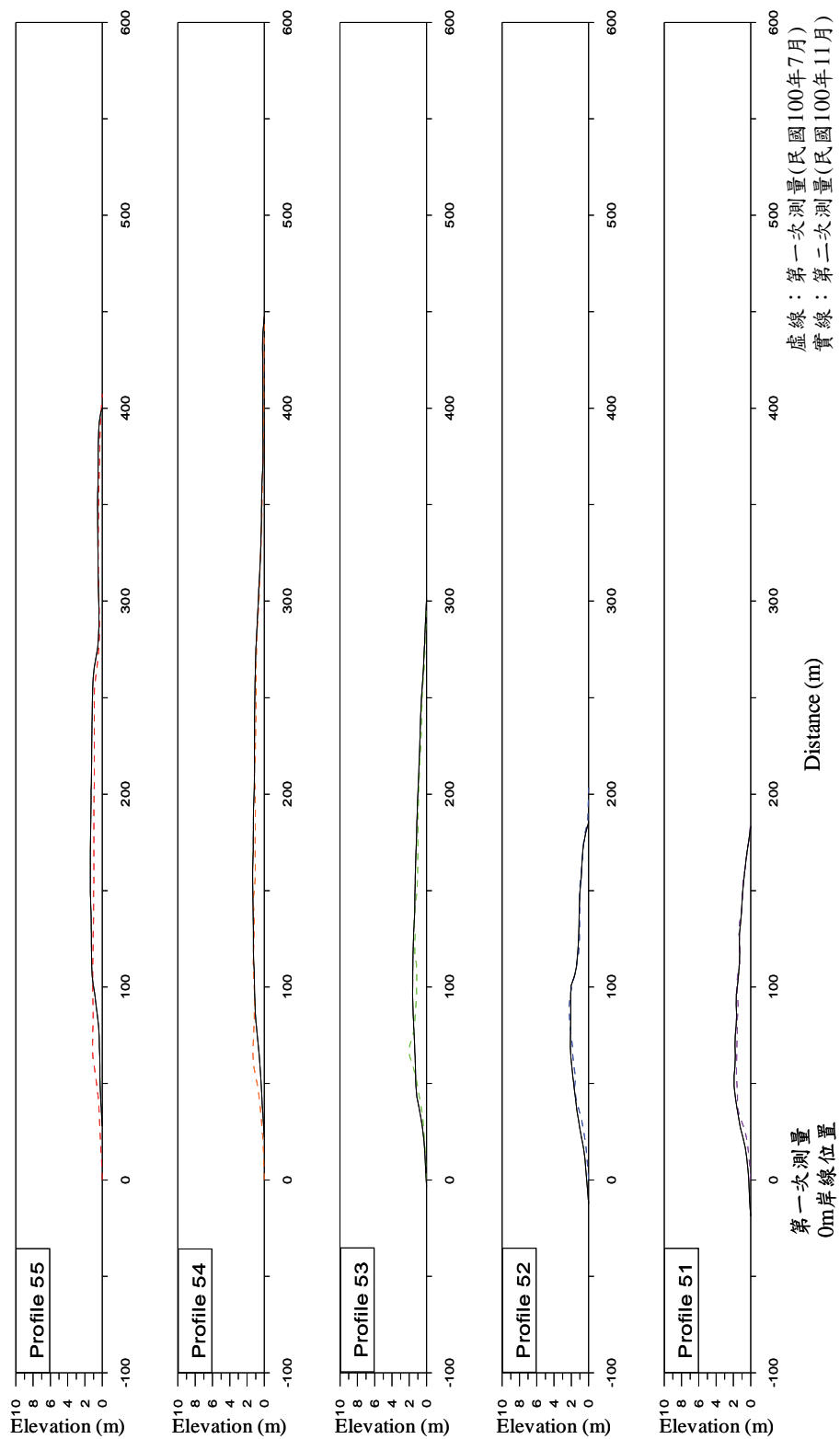


圖 2-2-3 沙洲斷面高程圖(profile55~profile51)

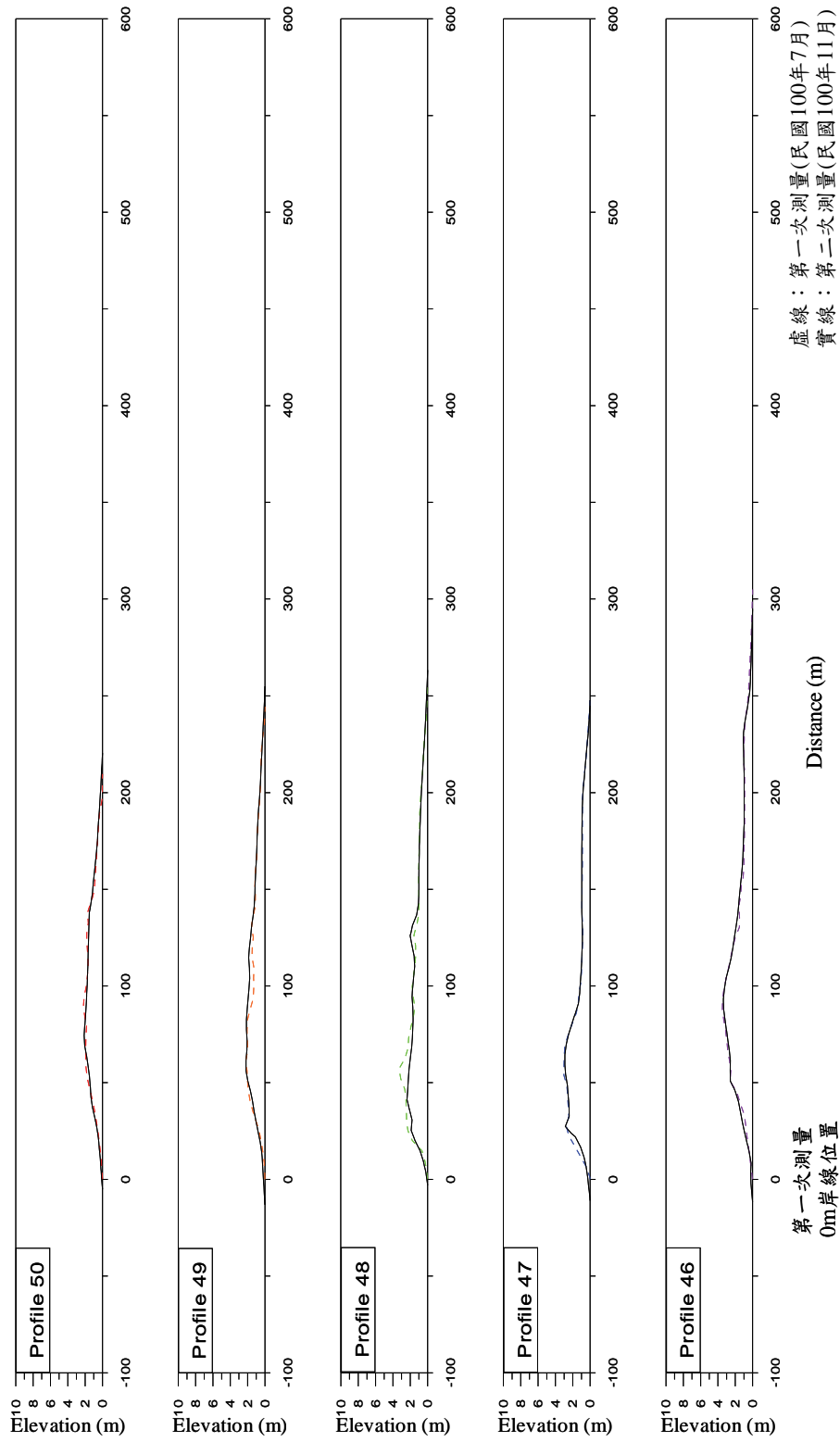


圖2-2-3 (續1)沙洲斷面高程圖(profile50~profile46)

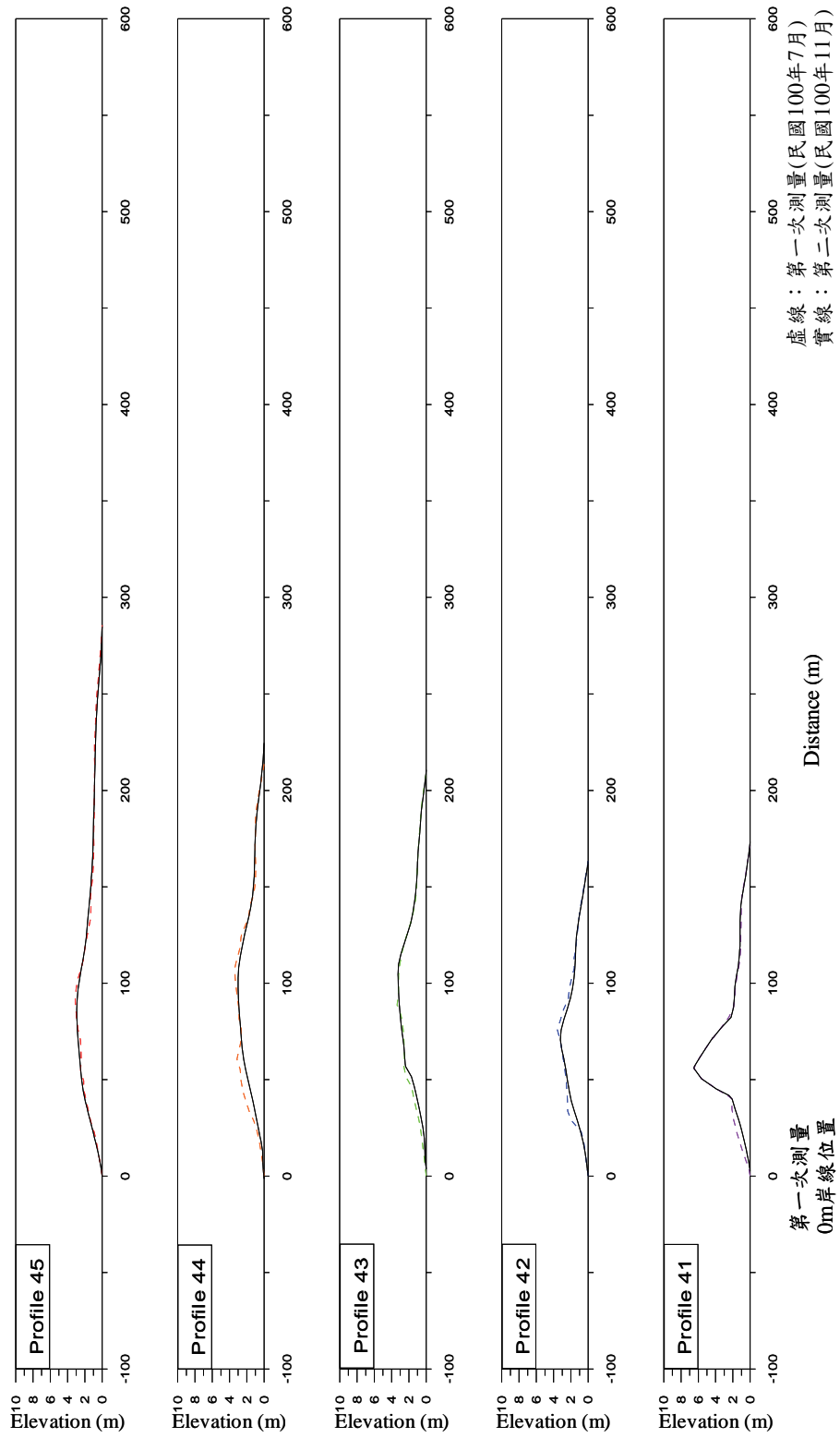


圖2-2-3 (續2)沙洲斷面高程圖(profile45~profile41)



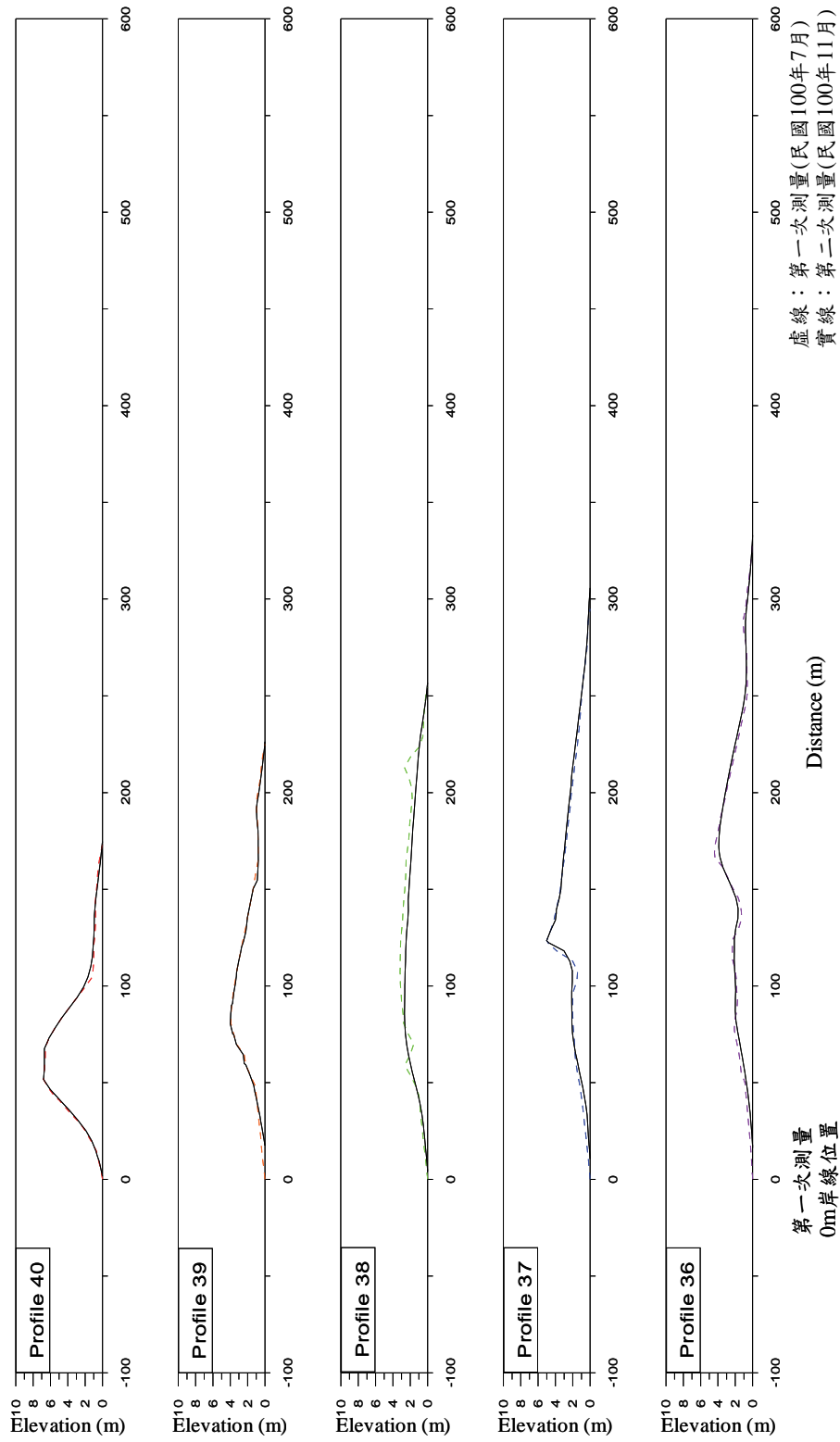


圖2-2-3 (續3)沙洲斷面高程圖(profile40~profile36)

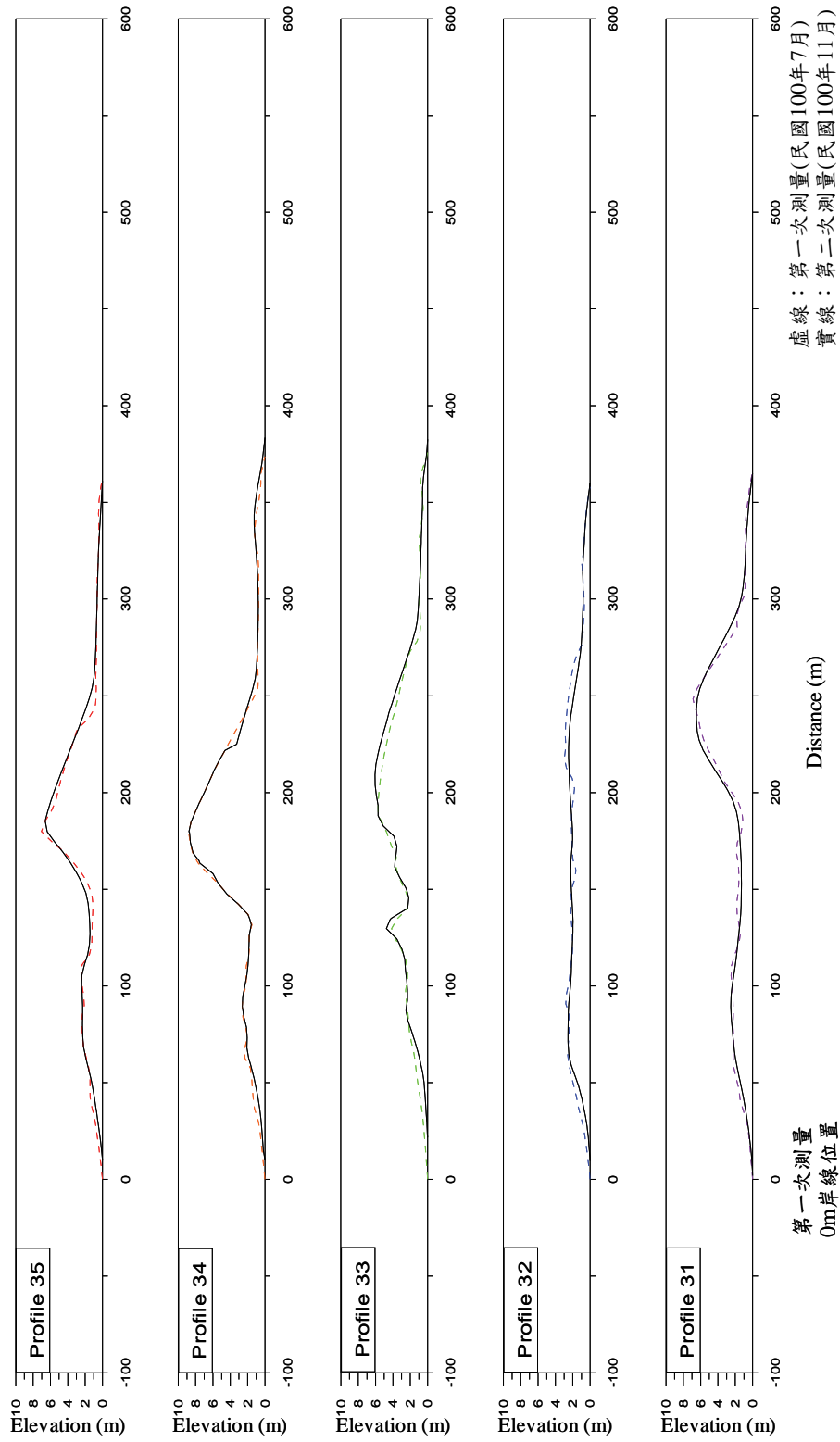


圖2-2-3 (續4)沙洲斷面高程圖(profile35~profile31)

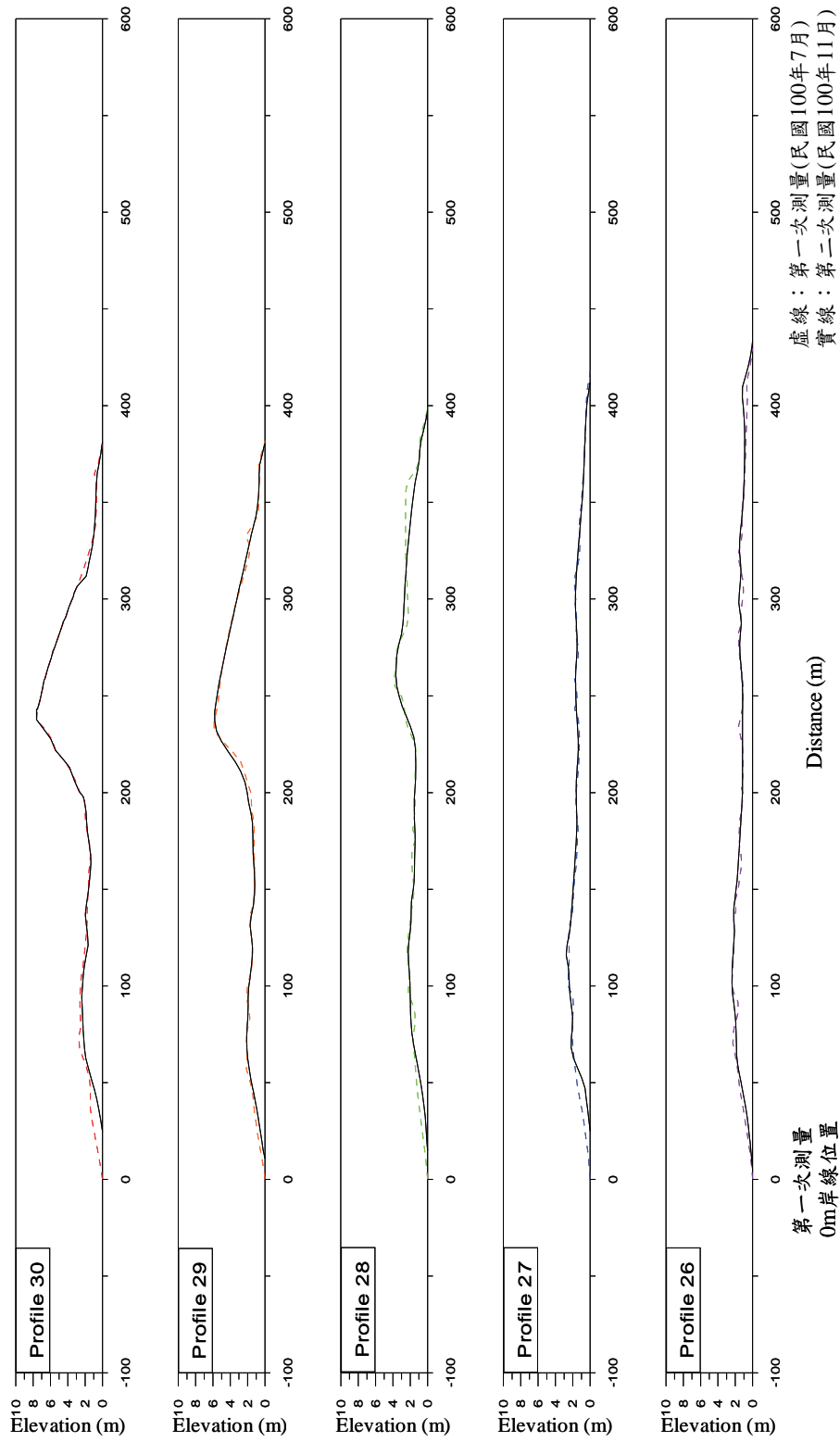


圖2-2-3 (續5)沙洲斷面高程圖(profile30~profile26)

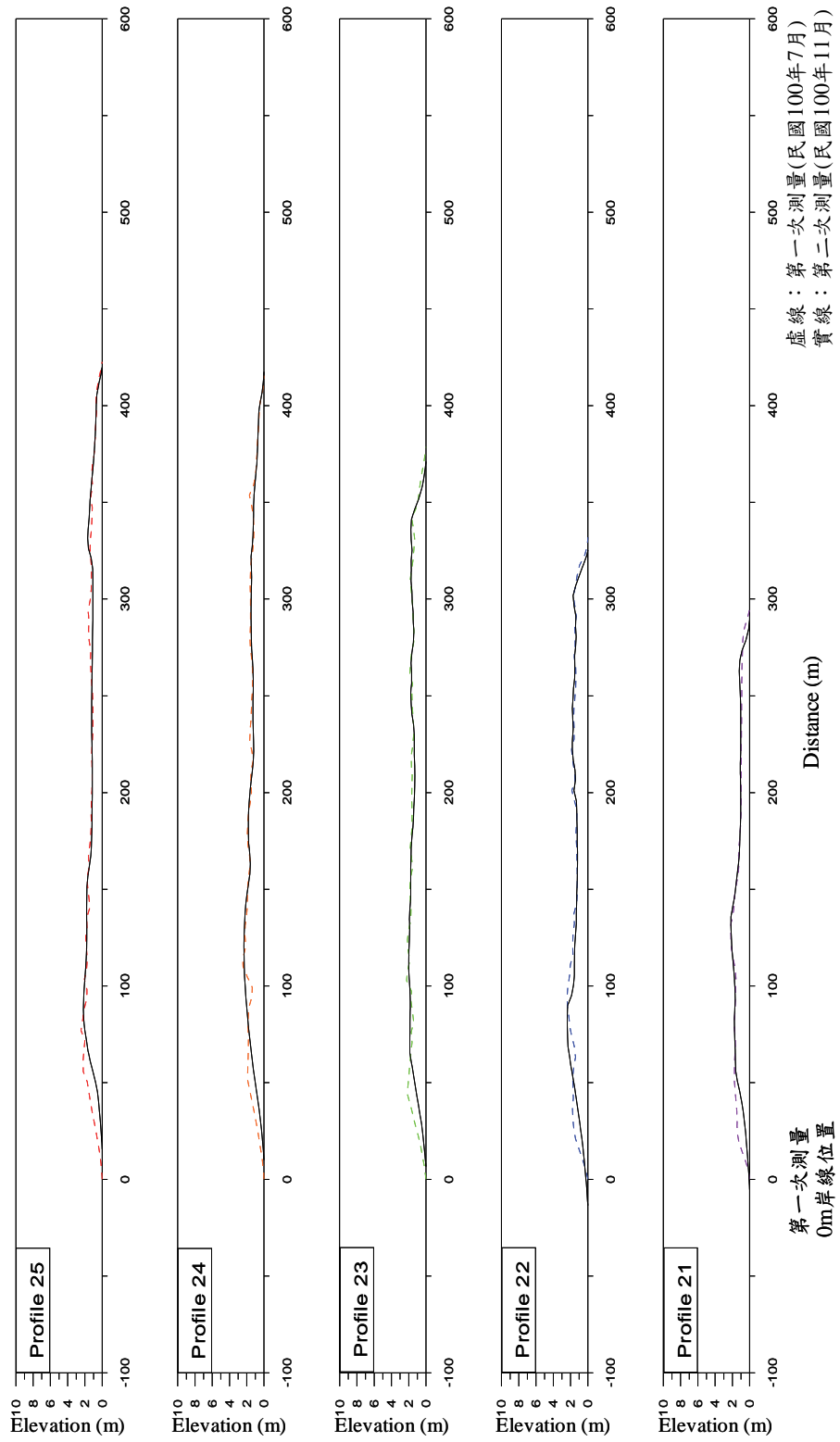


圖 2-2-3 (續6)沙洲斷面高程圖(profile25~profile21)

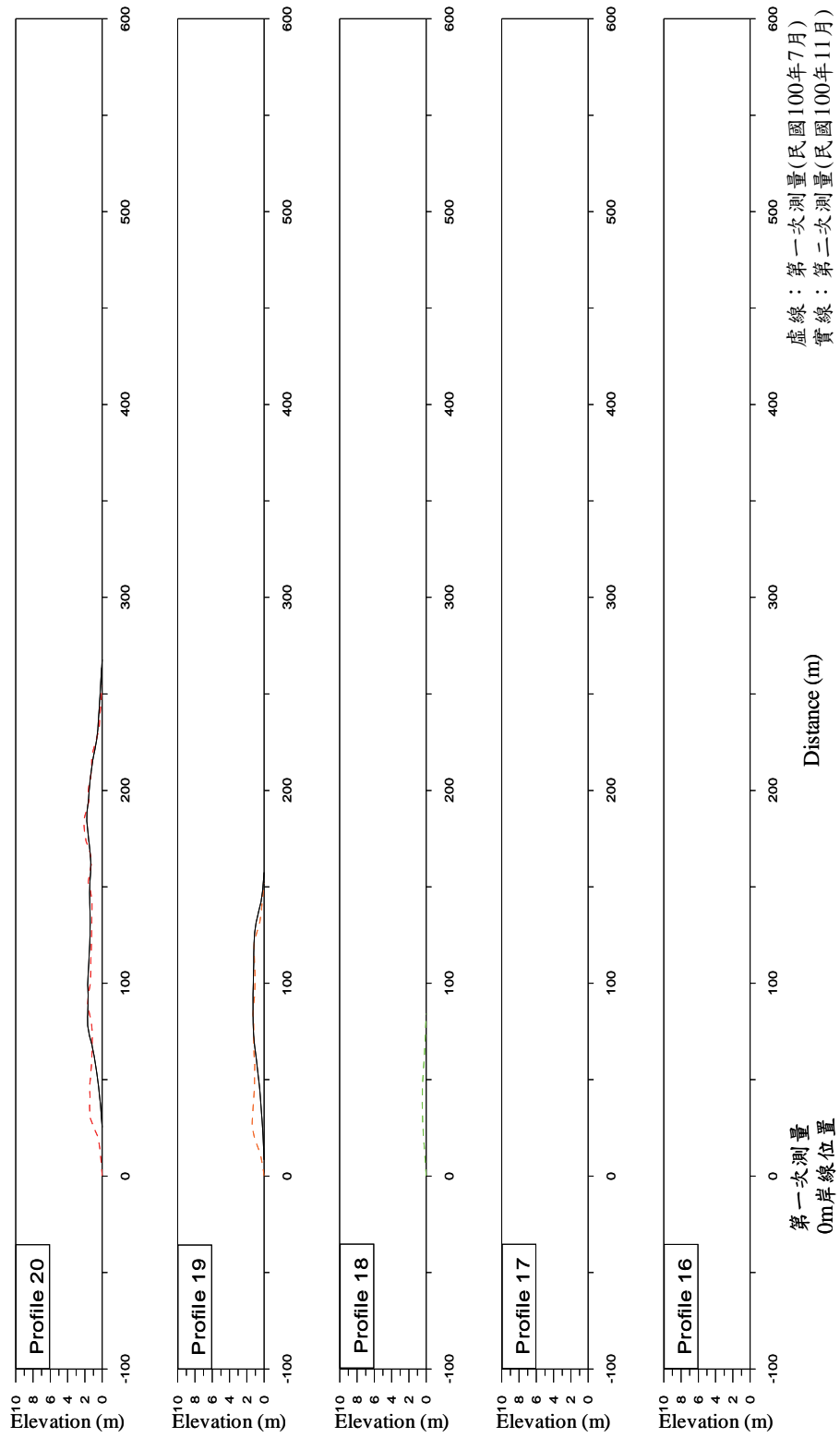


圖2-2-3 (續7)沙洲斷面高程圖(profile20~profile16)

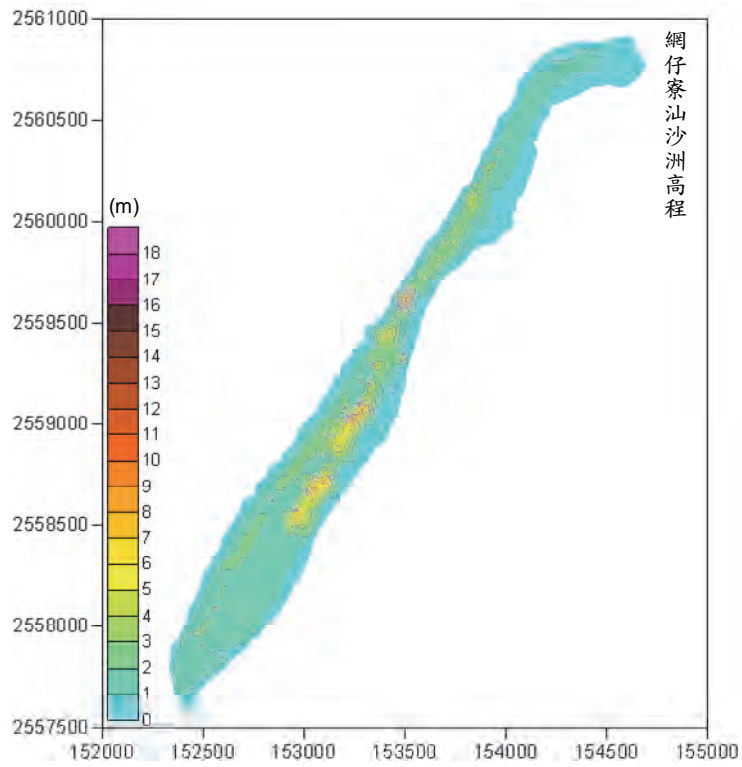


圖2-2-4 網仔寮汕第一次測量高程圖(量測日期：民國100年7月)

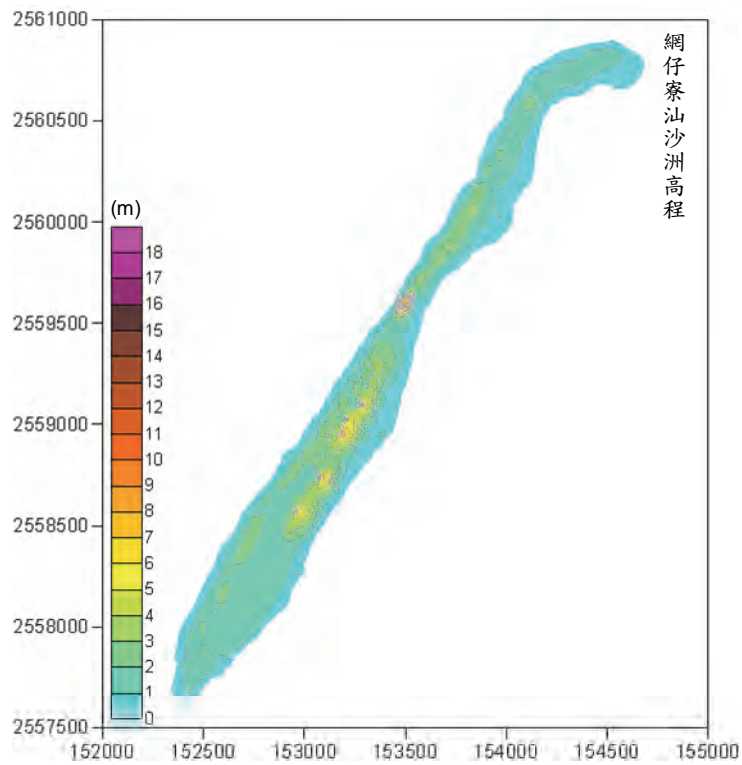


圖2-2-5 網仔寮汕第二次測量高程圖(量測日期：民國100年11月)

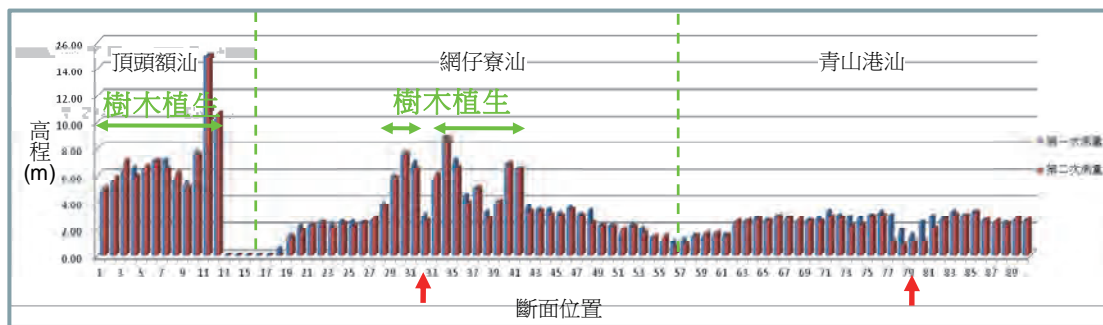


圖2-2-6 沙洲各斷面最高點高程圖(量測日期：第一次民國100年7月，第二次民國100年11月)

### 2-3 七股瀉湖沙洲之變遷

圖2-3-1所示為七股瀉湖外海側沙洲的長期變遷趨勢，圖中顯示近百年來，七股瀉湖外海側沙洲逐漸往陸側遷移，尤其以北半段最為明顯。

圖2-3-2所示為近二十多年來網仔寮汕的變遷趨勢，圖中顯示在1997年網仔寮汕為七股瀉湖外海側最大的沙洲，其北端已經相當靠近青山港。但2001年颱風來襲，導致沙洲被暴潮巨浪沖斷成三段，北段與青山港汕連結，中段為小沙洲，與南、北兩段形成兩個潮口，此段沙洲往東側移動約200公尺；南段沙洲則持續往南側遷移。另外根據林宗儀(2007)研究調查發現南段的沙洲在1996至2000年的4年間，大約後退了數十公尺。致南段原有的寬廣灘面和海灘平台及連續沙丘地形亦逐漸消失。濱線快速後退的結果，也導致原人工種植，離岸約上百公尺的防風林木，亦紛紛倒塌。2007年中段的沙洲已與北段沙洲結合，在型態上南側潮口處沙洲較寬約200公尺，北側較窄不到100公尺。至2010年與青山港汕間的潮口向北遷移，使得沙洲的長度變長。

圖2-3-3所示則為2007年颱風Krosa來襲導致青山港汕因颱風波浪越洗(overwash)，導致沙洲多處斷裂(breach)，形成兩個200公尺及600公尺主要缺口，許多海側沙源被浪與流沖入瀉湖，造成瀉湖航道淤積嚴重。之後，台南縣府水利局努力以打竹樁及海事固袋工程法嘗試填補沙洲缺口，而外海側則輔以沙腸袋來減緩沙洲侵蝕。而後續發生的颱風Mitag與冬季波浪亦把部分海沙堆回沙洲缺口，顯示大自然的自我修復能力。

圖2-3-4所示為近年來青山港汕的後退程度，若以中間潮口位置與

七股觀海樓的距離估算，近10年來沙洲往陸側移動的距離約635m(0.7L)。主要後退發生在1999/9~2000/9 Bilis颱風來襲期間與2007/10~2008/07 Krosa颱風來襲期間。2008年七月卡玫基與鳳凰颱風襲台，沙洲缺口再擴大成為寬1000m的大潮口。而2011年九月受南瑪都颱風波浪影響，七股瀉湖外海沙洲亦嚴重流失，潮口持續擴大，導致瀉湖淤積嚴重。台南市政府水利局亦在2011年進行青山港汕潮口之復育工程。2012年六月泰利颱風來襲，青山港汕再被強浪沖刷出兩個新缺口，長達865m。

整體而言在1997年至2012年間，網仔寮汕的變動相當大，每逢颱風來襲，常發生沙洲斷裂之情形，沙洲已被分成南、北兩段，北段與青山港汕合併，而沙洲仍持續呈現侵蝕後退且高度降低之趨勢。



(a)1904 年台灣堡圖

(b)1966 年聯勤  
地形圖

(c) 1983 年像片  
基本圖二版

(d) 1997年SPOT  
衛星 影像

資料來源：“台江國家公園週邊沙洲、瀉湖地景變遷及復育防災策略”，2011年

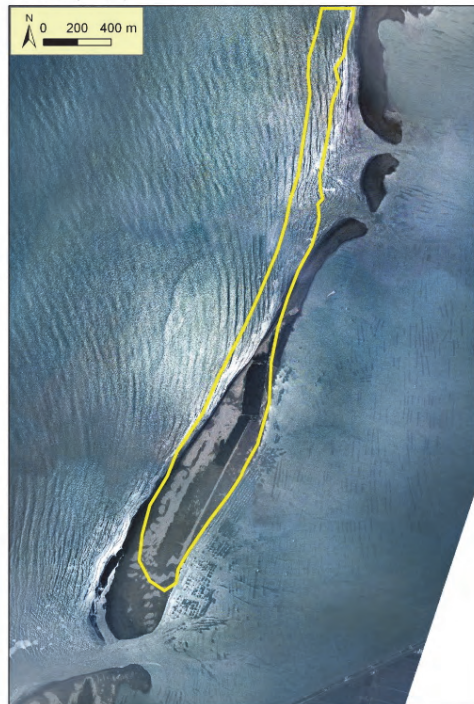
圖2-3-1 網仔寮汕變遷(底圖為2010年福衛2號影像)



1997年11月



2001年6月



2007年7月



2010年1月



資料來源：“台江國家公園週邊沙洲、潟湖地景變遷及復育防災策略”，2011年

圖2-3-2 網仔寮汕變遷圖

颶風 Krosa 導致沙洲越洗與斷裂  
 市政府搶修以及颶風Mitag 與 冬季波浪帶來沙源，修復部分沙洲缺口

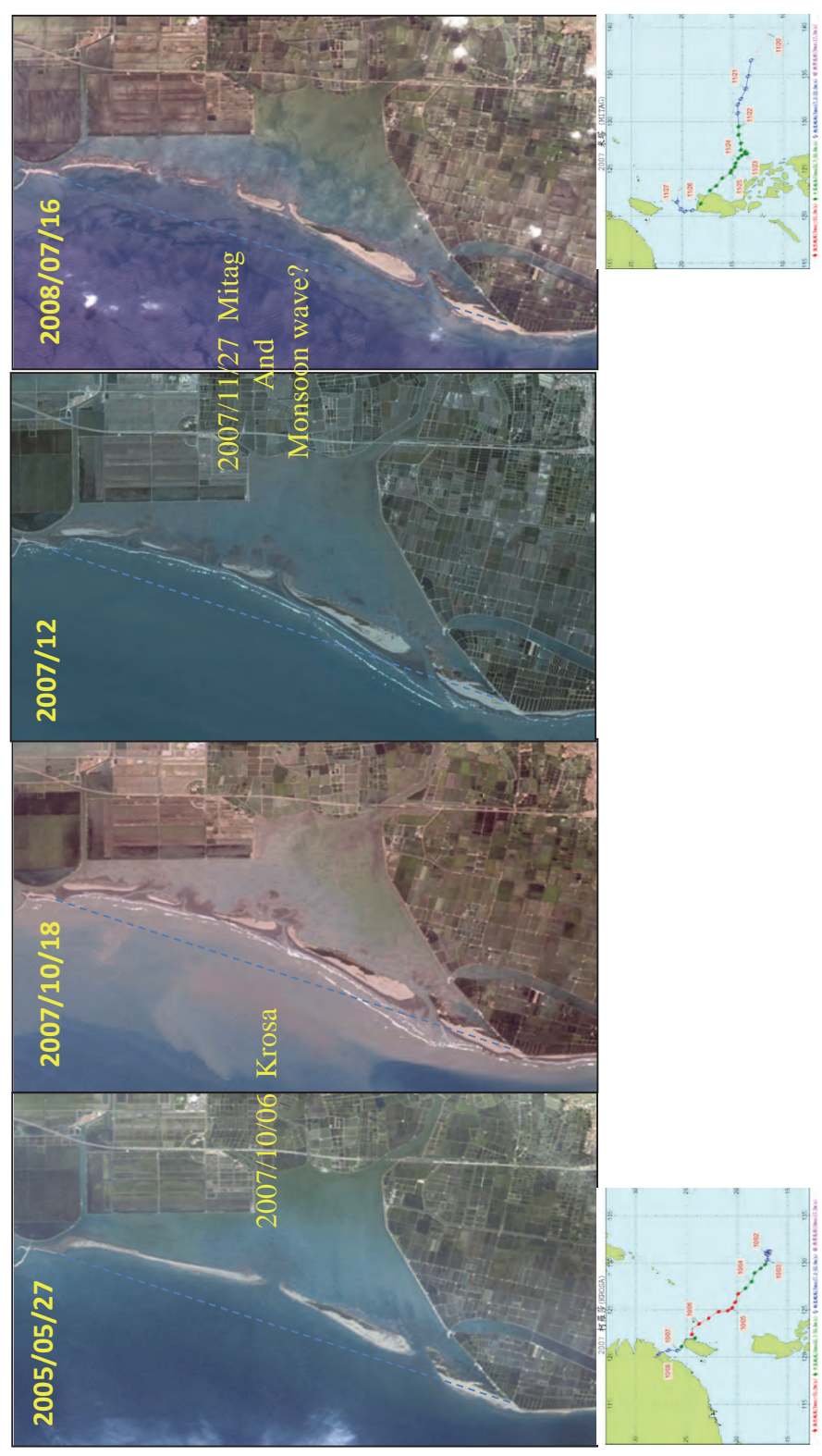
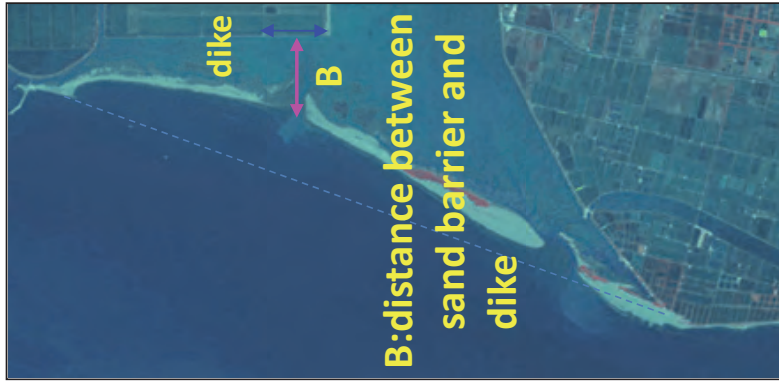


圖2-3-3 2007年 Krosa 颶風對青山港汕的破壞與後續演變



**1993~2010年間青山港汕後退距離之估算**

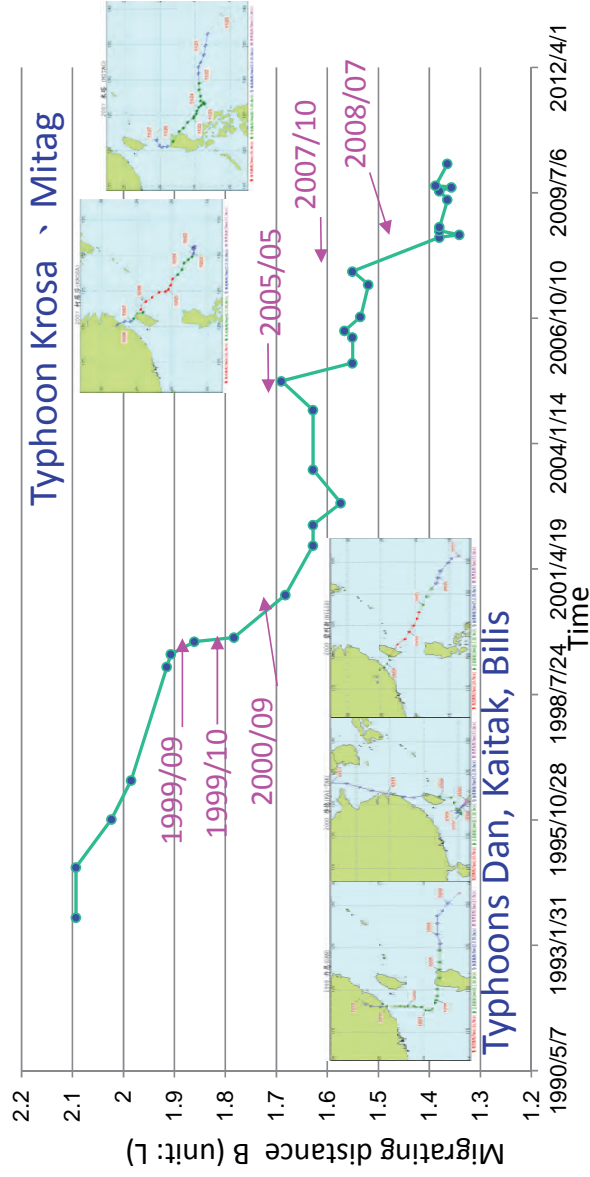


圖2-3-4 1993~2010 青山港汕內移距離 (尤其在1999/9~2000/9與2007/10~2008/07年間)

## 2-4 台江國家公園與網仔寮汕

### (一) 台江國家公園

台南沿海地區是閩客從中國大陸渡台後較早墾殖的地區之一，它保存著豐富的史前人群以及西拉雅平埔族的文化遺跡、漢民族各時期的墾殖史蹟、曾文溪改道所造成地形變遷等各種滄海桑田變化的痕跡，同時也擁有面積廣大且完整的濕地生態及多樣的紅樹林生態景觀，是黑面琵鷺等珍稀鳥類的重要棲息地。為保護此一兼具歷史人文與自然生態的珍貴資源，行政院於2009年核定台江國家公園，並公告實施。

台江國家公園位於台灣本島西南側(圖2-4-1)，陸域部分北以青山漁港南堤為界，東側沿七股瀉湖堤防，至七股溪一帶東側以七股大排水為界，南至鹽水溪南岸安平堤防，西至各沿海沙洲為範圍，面積4,905公頃；海域部分包括沿海等深線20公尺範圍及鹽水溪至東吉嶼南端所形成之寬約5公里，長約54公里之海域，面積34,405公頃，合計總面積39,310公頃。

網仔寮汕位於七股瀉湖外緣(圖2-4-1)，為台江國家公園所轄沙洲中未與陸地連接的濱外沙洲，北側隔潮口與青山港汕相鄰，南側則隔潮口與頂頭額汕毗鄰，屬於特別景觀區。由於獨特的生態與自然景點，常有學校團體及旅客搭乘漁船或膠筏來此進行戶外教學與遊憩。



圖2-4-1 台江國家公園全區範圍圖與網仔寮汕位置圖

## (二) 網仔寮汕現況

圖2-4-2所示為網仔寮汕的空照圖，圖中可見網仔寮汕沙洲上仍有相當數量的木麻黃林(綠色部分)，主要分布在中段的瀉湖側，沙洲上唯一的碼頭(照片a)則座落在最茂密木麻黃林的瀉湖邊，遊客可經由修繕完善的木棧道(照片a)，走到外海側之木平台(照片b)欣賞海景或夕陽。但是美中不足的是，每當颱風來襲後，沙洲海側常散佈大量漂流木與廢棄蚵架(照片d與照片e)，現勘結果顯示木平台南側海岸(照片d)的漂流木數量比北側海岸多(照片e)。此外，木平台之海側亦可看到許多豎立的殘破竹樁，其原係為保護海岸而設置，但已遭損毀。木平台為遊客至網仔寮汕旅遊的必經景點，木平台旁的漂流木與殘破竹樁，除景觀性不佳，更有影響學童與民眾安全衛生之虞，亟待改善。照片f所示為木平台南側之自然沙丘，沙丘的存在有利於減緩暴潮巨浪對沙洲之侵蝕，但近年來，網仔寮汕的自然沙丘高度與規模都在縮減中，有必要以人工加以復育。



圖2-4-2 網仔寮汕環境現況圖

## 2-5 網仔寮汕之植生

台江國家公園管理處於2012年曾進行完整的網仔寮汕植群調查，結果顯示上木層林木型樣區皆以木麻黃型為主，高度大約8-10m，另有少數銀合歡；而地被層草本型樣區分為台灣牛膝型、馬鞍藤型及欖李，毛馬齒莧型，此外尚有落葵、大花咸豐草、濱刺草、苦林盤、鹽地鼠尾粟、假儉草及裸花鹼蓬等，而且有老虎心、紅海欖、欖李、土沈香、圓葉天茄兒等5種稀有植物，表2-5-1為該調查所整理植群概況以及所建議未來可種植的植生種類。其中木麻黃係在日據時代日本人從南洋的百來種木麻黃中，選出數種適合台灣生長的木麻黃，種植在海岸線，現已成為台灣海岸的主要防風林樹種。然而在風吹、鹽霧、乾旱及病蟲害等負面因素的持續作用下，導致即使只有20~30年生之林分已提早衰退(鄧書麟等2005)，因此相關專家都建議應利用現有老熟林分，混植原生海岸樹種，並透過育林技術來改善林相，誘導天然更新之發生，俾提高海岸林的穩定性。

本工作團隊在7月初的現勘結果亦顯示，網仔寮汕上的木麻黃主要分布在中段高程較高的靠瀉湖側，南、北與外海側部分的植生較少。海側高潮線以上的海岸沙丘上，則有較多的沙丘植物馬鞍藤與濱刺麥分布其中。此外，台江國家公園管理處亦已在木麻黃防風林間進行混植造林工作，如照片2-5-1(a)。照片2-5-1(b)所示則為網仔寮汕中段木麻黃枯萎之狀況，相異於其它海岸之木麻黃枯萎係因海岸遭侵蝕所致，照片2-5-1(b)中的木麻黃枯萎係因風吹沙掩蓋所造成，因此在木麻黃林與海岸線間營造聚沙環境，減緩風吹沙覆蓋木麻黃林，應是值得重視的課題。

表2-5-1 網仔寮汕之植群概況及植樹樹種建議

區位*	主要植群	環境概況	綠美化植物種類篩選及植樹樹種建議
第1線	沙地草本植群（含北邊之瀉湖內側），主要組成種類為濱刺草、馬鞍藤等。	直接面臨外海之沙地，夏季烈日曝曬極乾旱高溫，冬季東北季風強勁。	本區位之植物生育條件極為嚴苛，且沙地環境隨風而變化移動，推測目前僅有濱刺草、馬鞍藤較能適應。少數較濕潤處可嘗試植樹造林。
第2線	面海灌叢，僅見極少數之老虎心、草海桐灌叢。	為海濱沙地與內部森林之外緣過渡帶，本類別於網仔寮汕甚為缺乏。	本區位為面海沙灘後方之灌叢，可阻擋部分風砂進入防風林，建議可多加補植草海桐、林投、白水木等灌木。
第3線	沙洲內森林，以木麻黃為絕對優勢，另有少數之欖仁。	底層風力較緩，但仍屬鹽鹼沙土，部分為鹽漬地，林木冠層風力強勁、日曬亦強。	本區位可嘗試種植多種原生的海濱樹種，如水黃皮、黃槿、台灣海棗、繖楊、欖仁、瓊崖海棠、毛柿、大葉山欖、苦楝等喬木，於迎風處及積水區亦可嘗試種植木麻黃及白千層，同時可考慮配合林務局可提供之苗木，共同執行造林工作，其目標在營造可天然更新之多樹種複層林。
第4線	瀉湖灌叢，以欖李較多，偶見紅海欖、土沈香、冬青菊等。	略帶泥質土之灘地，屬近瀉湖之避風側。	本區位之環境較為避風，且水分充足，可於木棧道旁種植多種海濱樹種及紅樹林樹種，以供環境解說教育之用。

\*區位主要係以面向外海所在之位置及環境而概分。資料來源：台江國家公園管理處，民國101年，“台江國家公園網仔寮汕生態旅遊融入環境教育之整體經營規劃示範教育研究-第一年度”。





照片2-5-1 網仔寮汕上防風林現況(拍攝：2013/07/02)：(a)防風林間之混植造林、(b)海側部份木麻黃林因沙土掩蓋枯黃

## 2-6 漂流木與海岸保護結合之思索

漂流木泛指林木殘體（斷幹、斷枝等）受到降水之運搬移動，最後堆積在河道、河口、海岸等地者稱之。此為跨區域及跨領域的議題，範圍從森林、水利、港口、湖泊、水庫到海邊，內容相當複雜且範圍龐大；而且其成因相當複雜，河川上游森林為漂流木之主要來源。根據調查，漂流木主要來自林木的風倒及風折木。故每有颱風發生，臺灣山區的風折木與林木殘體，常隨著洪水帶來大量的漂流木，因此造成河道之崩塌、水庫壩址之撞擊、海岸與港口之漂流木淤塞等。除此之外，依據現勘觀察，網仔寮汕上亦有許多海岸防風林的林木殘體、廢棄蚵架與沙洲防護保育工法的損壞的竹樁。

在人跡稀少的自然的海灘，漂流木的散佈屬於自然的一部分，其可讓單調的沙灘環境增添些許變化，提供作為鄰近生物的遮蔽場所，也可以積聚風沙，減緩海灘侵蝕。因此在人跡罕至的海灘，漂流木的處理原則，大可順其自然，不須人為的干預。

而網仔寮汕為台江國家公園所轄沙洲中未與陸地連接者，其歸類為特別景觀區，屬於無法以人力再造之特殊自然地理景觀，而嚴格限制開發行為之地區。因此在遠離木棧道或木平台區域之漂流木，可儘量順其自然，但在鄰近木棧道或木平台區位，因常有學校團體或旅客搭乘漁船或膠筏來參訪，居於景觀性之需求，漂流木應有適當之處置。

早期對海岸漂流木的處理方式包括撿拾作為家庭或工廠燃料、作為家具或雕刻木料以及現場燃燒等，但近期發現浸過海水的漂流木，燃燒後會產生戴奧辛，日本等國家已明文禁止焚燒。此外，現也有發

展數種漂流木加工再利用之方式，例如，炭化木炭、步道木片、寵物用貓砂、農業資材(太空包、堆肥)或與泥漿、種子混合作為崩塌地噴漿資材等。然因網仔寮汕為離岸沙洲，其對外之運輸僅能藉助航行於瀉湖的小型漁船或膠筏，運量有限且不經濟。因此，網仔寮汕上漂流木之處理方式，僅能朝就地取材或廢物利用的方向進行。

依據2-3節對網仔寮汕變遷之分析顯示，近十多年來，網仔寮汕持續遭侵蝕而後退，且沙丘的高程亦逐漸降低，此將導致颱風來襲時，更多的越洗作用會發生，而形成更多的沙洲裂口(breach)，更大量的海沙會被暴潮巨浪沖入瀉湖內，加速瀉湖的淺化，形成惡性循環。而政府亦投注許多經費，採用一系列防護工法，如柔性滯沙防護工、透水式沖樁突堤、竹樁與海事固袋工、圍籬定砂等，嘗試解決此一問題，但網仔寮汕仍持續侵蝕後退。

因此基於就地取材與廢物利用之理念，結合去化漂流木與加強沙洲防護能力兩項目標，網仔寮汕上之漂流木可以應用於：

1. 選擇在高程較低沙洲段，填埋作為沙丘基質，以補足沙洲高度，防止颱風波浪的越洗作用。
2. 編籬定沙，以防止風蝕。
3. 可經濟、快速地清除漂流木，改善木平台附近之景觀。

漂流木在海灘的堆積量，每年可能都有所不同，且如何應用漂流木作為人工沙丘的基質，以及如何施作可以達到較好之功效，仍存在許多不確定性，因此有必要進行現地試驗，據以研擬適當的施作方式，此應為本計畫的主要目標。

## 參、漂流木調查

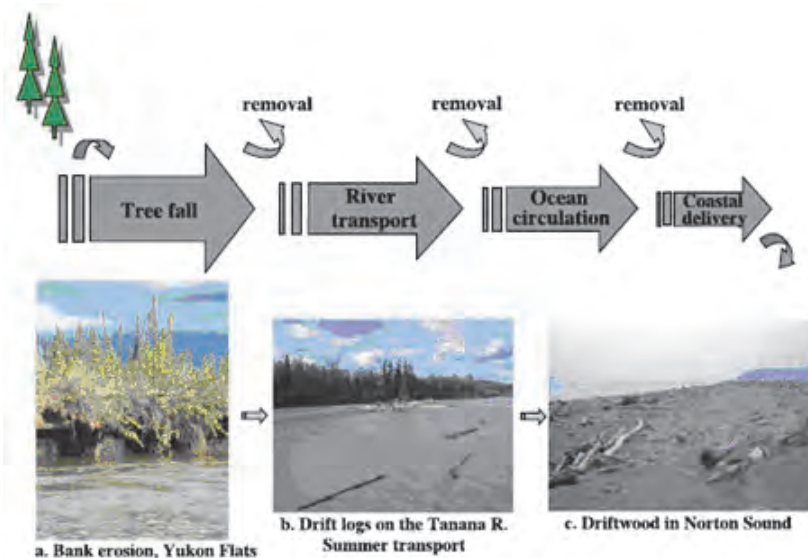
本計畫項目係進行網仔寮汕木平台附近海側之漂流木調查，冀先掌握木平台附近漂流木之數量與種類後，再依現場狀況研擬可行之人工沙丘試驗方案。

### 3-1 漂流木相關資料蒐集與分析

#### (一) 漂流木之形成

台灣漂流木之形成大多由於超大的暴雨，超過水土與林木涵養水份的能力，加上台灣地區地震頻繁，地層不穩定，當雨量超過森林植群所能負載，即發生坡地崩塌，使得原本定植於坡地之林木，遂連根隨土石及洪流漂滑而下，成為漂流木的來源，如圖3-1-1所示。

自然環境下，漂流木在生態體系中有特殊的存在地位，漂流木埋在河床沖積扇成為營養鹽豐富的沃土，躺在河床會長出菌菇和棲息昆蟲，泡在溪裡創造的潭瀨環境是魚蝦的優良棲息場所，沖入大海成為海洋生態系裡重要的營養鹽來源，還會附著藤壺等動植物並聚集小魚群，常成為遷徙鳥類的休息站，而漂流木堆積在海岸，很快有螃蟹在旁挖地洞、昆蟲棲息、植物發芽，接著被風沙覆蓋，有促進沙丘堆積與養成海岸林的作用(劉炯錫，2009)。



資料來源：國科會「極端氣候條件下河口海岸地區災害防治技術與對策研究」網頁

圖3-1-1 漂流木形成過程

## (二) 台灣漂流木之數量

依據農委會資料，台灣海岸邊過去即有漂流木存在，惟數量不多。但近年漂流木的問題隨暴雨的頻率與規模增大而益形嚴重。2001年7月底桃芝颱風、9月中旬納莉颱風、以及2004年6月底敏督利颱風在大甲溪流域及鄰近海岸帶來約2萬公噸的漂流木。2008年7月中旬卡玫基颱風與9月中旬辛樂克颱風在台南縣七股海岸造成極多漂流木問題(陳財輝，2009)。

2009年莫拉克颱風來襲期間，豪雨造成台灣山區嚴重的山崩及土石流，隨山崩侵蝕而下的漂流木數量高達152萬公噸(陳香如等人，2012)，造成10個縣市共52個漁港淤塞嚴重，如台東富岡漁港、屏東鹽埔漁港等。另由林務局的資料統計(如表3-1-1)亦說明，全台漂流木的清理數量高達103萬公噸。莊卉婕等人(2011)分析衛星影像資料指出台灣海岸漂流木的分布面積達6平方公里，佔海岸線長度的83.2%，其中又以曾文溪口、大甲溪口、花蓮河口的數量較多。此外，尚有更多的漂流木被直接沖往大海，例如台南地區漁民指出，在將軍外海發現長達12海浬、寬2海浬的漂流木，隨海流漂移。

表3-1-1 莫拉克颱風過後漂流木清理數量

區 域		清理數量 (公噸)
國有林班地內		7,727
漁港商港		50,139
水庫		18,533
農田	農委會	310,228
	縣市政府	191,581
河川	農委會	5,090
	縣市政府	109,971
海岸	農委會	63,270
海灘	縣市政府	121,277
	其他單位	17,627
高灘地		134,701
合計		1,030,144

資料來源：行政院農業委員會，2010，莫拉克颱風農業應變處置實錄

### (三) 台灣漂流木種類及處理

一般將漂流木分為五大類，分別是針葉樹一級木、非針葉樹一級木、闊葉樹一級木、非闊葉樹一級木與竹類。其中針葉樹一級木包含臺灣扁柏、紅檜、香杉、臺灣肖楠、紅豆杉、威氏粗榧，闊葉樹一級木則有烏心石、臺灣櫟、牛樟、臺灣擦樹、黃連木、毛柿等，相關具標售價值的主要樹種整理如表3-1-2。

由於漂流木在移動過程中，反覆與河床石頭相互碰撞，更與土、砂、泥混雜，致使表面擦損、斷裂變短，使得林木的主要外觀特徵(如葉、花、果與樹皮)均已消失殆盡，不易判別樹種。因此樹種鑑定需有專業人員搜尋殘存之內外部特徵，如樹皮、邊心材顏色、氣味、春秋材、木理等，予以判斷。莫拉克風災後，農委會實地調查台灣漂流木之樹種，其中以台灣檜木、樟樹與台灣櫟木佔50%以上(莊卉婕等人，2011)。另王沛瑀等人(2012)整理2003、2005、2010年木雕藝術節參展作品資料，結果顯示紅檜、扁柏、台灣肖楠、台灣紅豆杉、牛樟為主要的使用樹種。

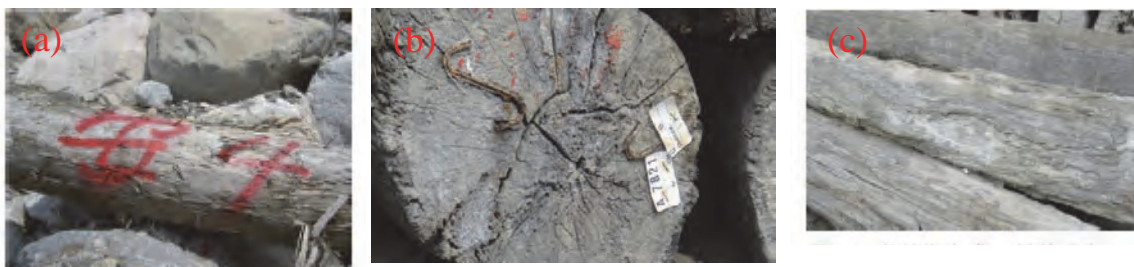
台灣漂流木的處理係依循民國99年5月20日林務局新修正之「處理天然災害漂流木應注意事項」(附錄1)，以執行森林法第十五條第五項規定辦理天然災害漂流木處理，及實施災害防救法第二十七條第十四款所定漂流物處理之應變措施。原則上有林務局註記之漂流木為國有資源(如照片3-1-1)，其它不具標售價值，先由漂流木所在管理經營機關或目的事業主管機關負責清理，或由主管機關公告後得於期限內自由撿拾清理。

網仔寮汕不屬於國有林區域，因此天然災害發生後，與漂流木相關之(一)打撈清理、(二)辨識、註記、檢尺、集運、(三)堆置與保管、(四)標售、查驗、(五)非法案件處理、(六)不具標售價值漂流木之處理及(七)公告自由撿拾清理，得依國有林區域外之辦法執行。

由於海岸漂流木受到海水浸泡，化學性質有所改變，除不易腐朽，不適合作為堆肥材料外，更有研究指出漂流木燃燒會產生戴奧辛，需使用專門焚化爐加以處理。因此在效益的考量下，除極有標售價值必須清理或民眾撿拾利用外，大多數的海岸漂流木都是順其自然，不另作處理。

表3-1-2 林務局臺灣主要針、闊葉樹級別一覽表

	級別	樹種
針葉樹類	一級木	臺灣扁柏、紅檜、香杉、臺灣肖楠、紅豆杉、威氏粗榧
	二級木	臺灣杉、鐵杉、雲杉、冷杉、黃杉、二葉松、五葉松、華山松
闊葉樹類	一級木	烏心石、臺灣櫟、牛樟、臺灣擦樹、黃連木、毛柿
	二級木	臺灣胡桃、楠木類、楮櫟類、樟樹、臺灣赤楊、木荷、重陽木、苦楝、光蠟樹、江某、香桂



資料來源：王沛瑀等人，2012

照片3-1-1 海岸漂流木：(a)林務局註記之漂流木，(b)木材橫斷面不易辨識，(c)木材樹皮多已剝落不易辨識

### 3-2 網仔寮汕木平台附近漂流木之調查

#### (一) 現場勘查

本計畫工作團隊過去曾多次前往網仔寮汕進行調查研究，在本計畫開始執行後，亦分別在7月2日與7月8日至網仔寮汕進行現場勘查與試驗樣區定位，並分別於7月20日、9月15日、10月20日進行三次漂流木調查。中央氣象局在本計畫調查期間共發布4次颱風警報，分別為潭美颱風(8/20~8/22)、康芮颱風(8/27~8/29)、天兔颱風(9/19~9/22)及菲特颱風(10/4~10/7)。本研究依據現場勘查記錄，觀察到網仔寮汕的海灘地形與漂流木數量，在颱風發生前後有所變化，茲以漂流木勘查時拍攝的照片說明如下。

在照片3-2-1中，照片a-1與a-2為木平台往北拍攝颱風發生前後之現場狀況，比較結果顯示原本植生茂密的沙丘受颱風波浪沖

刷，坡面變陡、植生枯黃，且沙灘因受侵蝕而露出早期埋在底層的砂袋保護工。







照片b-1與b-2為由木平台北側往陸向拍攝，顯示7月份時堆積在後灘的漂流木，被颱風波浪推送至後側的沙丘坡面上。

照片c-1與c-2為由木平台北側往南向拍攝照片之比較，除原本植生茂密的沙丘受颱風波浪沖刷外，亦可觀察到灘面上漂流木的數量略為增加。

照片d-1與d-2為由木平台往海側拍攝照片之比較，原台南縣政府佈設的竹樁保護工，經長年的風吹日曬都已毀損。在7月份仍可見數十支殘留的竹樁，但在10月份時已全遭颱風波浪折毀。

照片e-1與e-2呈現木平台南側漂流木之分佈變化，與7月份的照片比較，顯示颱風波浪將原來散佈在後灘前緣的漂流木帶往後側的沙丘，同時也沖刷沙丘前緣，形成一較陡的坡面。

照片f-1與f-2為由海側往木平台拍攝之照片，其顯示沙灘遭颱風波浪侵蝕而明顯後退，漂流木則被往海岸高灘處推移。

區域	颱風(8/20)前	颱風(8/29)後
木平台往北拍攝	(a-1) 拍攝日期：2013/07/02 	(a-2) 拍攝日期：2013/10/20 
木平台北側往陸拍攝	(b-1) 日期：2013/07/20 	(b-2) 日期：2013/09/15 
木平台北側往南拍攝	(c-1) 日期：2013/07/02 	(c-2) 日期：2013/10/20 

照片3-2-1 網仔寮漂流木現場勘查照片



區域	颱風(8/20)前	颱風(8/29)後
木平台往海拍攝	(d-1) 拍攝日期：2013/07/20 	(d-2) 拍攝日期：2013/10/20 
木平台往南拍攝	(e-1) 拍攝日期：2013/07/20 	(e-2) 拍攝日期：2013/10/20 
往木平台拍攝	(f-1) 拍攝日期：2013/07/31 	(f-2) 拍攝日期：2013/09/15 

照片3-2-1 (續)網仔寮漂流木現場勘查照片

## (二) 現場調查作業

本研究原規劃以木平台為中心，清理木平台南、北兩側各50m範圍內之漂流木。但現勘結果顯示，木平台南側50m範圍內的漂流木遠較北側50m範圍內的漂流木多，因此將木平台南側的調查區域擴增為100m。亦即本計畫漂流木的調查範圍涵蓋木平台北側50m以及木平台南側100m之範圍，如圖3-2-1所示。

本計畫共需進行兩次漂流木現場調查，第一次於期初報告前進行，此已於7月20日完成；第二次需於試驗方案施作前進行，亦於9月15日完成。本計畫原定在9月下旬進行漂流木清理與人工沙丘試驗方案施作，然因天兔颱風(9/19~9/22)、菲特颱風(10/4~10/7)以及東北季風風浪之影響，怪手無法拖運至網仔寮汕，因此延後至10月下旬進行。為此本團隊於10月20日再加作第三次漂流木調查，以掌握試驗方案施作前的漂流木數量。

本計畫三次漂流木調查的向離岸方向調查範圍，均係由灘線處至防風林或漂流木分布最陸側，在範圍內記錄漂流木的直徑、長度、株數以及樹種等。由於漂流木經過溪河漂流與衝擊，林木外觀特徵(如葉、花、果與樹皮)均已消失殆盡，不易直接判別樹種。現場人員必須細心或用小斧頭劈開表面，搜尋每支原木殘存之內外部特徵，如樹皮、邊心材顏色、氣味、春秋材、木理及相關特徵等，再予以判斷樹種。調查作業程序包含測量漂流木直徑、長度，用小斧頭劈開表面，以判定木材類別，實際作業情況如照片3-2-2所示。

表3-2-1為第一次漂流木調查(7月20日)之成果，表中顯示木平台南側100m區域內，可判別之漂流木樹類共有10種，竹類直徑均在15cm以下，長度介於1~4m；針葉樹類一級木有紅檜與臺灣扁柏兩種共7株、直徑介於20~40cm、長度均在1m左右；非針葉樹類有二級木雲杉與松木；闊葉樹類一級木有櫟木；非闊葉樹類二級木有楠木、桉木、木麻黃與朴樹；另外無法判斷樹種的雜木共有83株。總而言之，木平台南側共有竹類153株，分佈密度約為1.53株/m，一般樹種共有336株，分佈密度為3.36株/m，漂流木直徑都在20~50 cm間，長度介於1~4 m。再者，表3-2-1(續)顯示在木平台北側50m區域內的漂流木相當稀少，只有竹類10株，直徑均在15cm以下，長度介於1~5m；一般樹種5株，直徑均在

30cm以下，長度介於1~2m，樹種則無法判定。第一次的漂流木調查結果顯示，木平台南側調查區域內的漂流木數量遠較北側調查區域內的漂流木數量多。此外，漂流木的直徑均大於6~8cm，且都有沙土參雜入其內，並不適合以移動式碎枝機切碎漂流木，因此本計畫將不使用碎枝機。

第二次的漂流木調查(9月15日)結果整理如表3-2-2，為因應期初審查意見，此次調查針對一級木進行噴漆註記，以註記1標示檫木，註記2標示檜木。表中顯示木平台南側100m區域內，可判別樹類與第一次調查時一樣均為10種，竹類有142株，其直徑均在15cm以下，長度介於1~4m；針葉樹類一級木有紅檜與臺灣扁柏兩種共7株(註記如照片3-2-3)，直徑介於20~40cm，長度均在1m左右；非針葉樹類有二級木雲杉1株與松木13株，直徑介於20~30cm，長度介於1~6m；闊葉樹類一級木有檫木1株(註記1如照片3-2-4)，直徑40cm，長度3m；非闊葉樹類二級木有楠木214株，直徑介於10~50cm，長度介於1~4m；桉木有13株、木麻黃有4株與朴樹有5株，其直徑介於20~25cm，長度介於2~4m。另外無法判斷樹種的雜木共有138株，直徑介於10~40cm間，長度介於1~3m。與7月份的第一次調查比較，沙灘明顯遭颱風侵蝕，木平台附近之漂流木亦被浪流往岸灘高處推移(如照片3-2-5)。至於木平台北側調查區域內可以判別樹類則有3種，沒有一級木，竹類65株，其直徑均在15cm以下，長度介於2~4m；非針葉樹類二級木有松木6株，直徑介於20~30cm，長度介於1~3m；非闊葉樹類二級木有楠木7株，直徑介於10~30cm，長度介於1~4m；另外無法判斷樹種的雜木共有78株，直徑介於10~30cm間，長度介於1~3m。

第三次漂流木調查(10月20日)結果整理如表3-2-3。表中顯示木平台南側100m區域內，可判別樹類仍是10種，竹類172株，直徑均在15cm以下，長度介於1~4m；針葉樹類一級木有紅檜與臺灣扁柏兩種共6株，直徑介於20~40cm，長度均在1m左右；非針葉樹類有二級木雲杉2株與松木12株，直徑介於20~40cm，長度介於2~3m；闊葉樹類一級木有檫木5株，直徑40cm，長度3m；非闊葉樹類二級木有楠木207株，直徑介於20~50cm，長度介於1~3m；桉木10株、木麻黃6株與朴樹4株，直徑介於20~25cm，長度介於2~4m。另外無法判斷樹種的雜木共有98株，直徑介於

10~40cm間，長度介於1~3m。至於木平台北側調查區域內可以判別樹類只有2種，沒有一級木，竹類有35株，直徑均在15cm以下，長度介於2~4m；非闊葉樹類二級木有楠木3株，直徑介於10~30cm，長度介於1~4m；另外無法判斷樹種的雜木共有18株，直徑介於10~15cm，長度介於1~2m。

表3-2-4與圖3-2-2所示為三次漂流木調查數量之比較，結果顯示三次調查依序分別有竹類163株、207株與207株，一般樹種341株、477株與355株。漂流木總量以第二次調查的684株為最多，第三次調查的562株次之，第一次調查的504株最少。而木平台南側調查區域內的漂流木數量均明顯較北側為多。

分析網仔寮汕木平台附近漂流木數量變化之原因，其應與颱風因素有密切關係，颱風常導致山洪爆發，將河川上游的漂流木帶至下游海岸，颱風引起的暴潮巨浪亦會將原存在海岸區域的漂流木移動位置，颱風波浪也可能破壞折損海岸保護竹樁或近岸養殖蚵架，讓其殘骸擱淺在海灘上。而在本計畫第一次與第二次調查期間，有潭美颱風(8/20~8/22)與康芮(8/27~8/29)颱風來襲，此二颱風對南部的影響為兩大浪小，其中潭美颱風造成西半部地區淹水，北部及中部山區多處道路坍方，而康芮颱風於苗栗以南各縣市降下大豪雨，嘉義縣、台南市、高雄市及屏東縣等地區更降下超大豪雨，颱風造成西半部地區嚴重淹水，中南部地區多處道路坍方、阿里山鐵路中斷。在本計畫第二次與第三次調查期間則有天兔颱風(9/19~9/22)與菲特颱風(10/4~10/7)來襲，此二颱風對南部並未帶來明顯降雨，但天兔颱風造成之巨大波浪對南部近岸海域影響甚大。圖3-2-3所示為七股資料浮標7月至10月28日的紀錄，圖3-2-4與圖3-2-5所示為彌陀測站及澎湖東吉島測站的波浪紀錄，綜合三組測站資料，以天兔颱風來襲時所造成的波浪最大(波高大於6 m、週期約12秒)，其導致台南四草與青草崙近岸海域的蚵架大量損毀，蚵民損失慘重。但問題是由河川上游順洪水而下的漂流木或四草與青草崙近岸海域損毀的蚵架是否會漂至網仔寮汕或本計畫漂流木調查區域內？

根據本計畫漂流木調查成果(表3-2-4)，第二次漂流木調查的樹類、竹類數量與兩者加總均比第一次多，主要增加區位在木平台北側50m範圍內，木平台南側100m範圍內則增加有限；第三次漂流木總數則比第二次略減，其中竹類數量沒變化，主要是木平

台北側調查區的樹類減少。而本研究多次現勘結果顯示，木平台南側海岸沙灘寬廣，被颱風波浪打至高灘上的漂流木較難再移動，除非有更大的暴潮巨浪發生。相對的，木平台北側海岸侵蝕較嚴重，海灘短窄。在本計畫木平台北側50m區域內(調查區)，目前仍無海岸保護工，但其緊鄰之北側，近年來水利單位已設置有許多海岸保護沙袋與竹樁突堤，且有大量漂流木落在海岸保護沙袋後側(照片4-1-8與4-1-9)。當颱風波浪來襲時，木平台北側因沙灘短窄，波浪與水流動力較強，漂流木容易擱淺於此或再被水流帶走(因水動力條件而定)，導致木平台北側調查區內的漂流木數量會有比較大的變動。本計畫現勘調查顯示，第二次調查時木平台北側調查區所增加的漂流木應來自於鄰近北側海岸；第三次調查時調查區內漂流木減少，除部份被檢拾作為台江國家公園舉辦漂流木藝術創作活動之材料外，應係因天兔颱風帶來的暴潮巨浪能量較大，將部份漂流木再沖離調查區域，照片3-2-6顯示天兔颱風過後漂流木被沖至木平台後側防風林內，照片3-2-7所示則為颱風來襲前後木平台南側漂流木的分佈狀況，比較結果顯示漂流木會被暴潮巨浪沿著越洗通道沖至沙丘內陸側。至於潭美與康芮颱風導致的大量降雨，雖可能讓山洪將漂流木由河川上游漂送至下游海岸，但其在海灘的分布範圍應較廣泛，而本計畫調查區內的漂流木數量變化並不算大，且都集中在木平台北側調查區，因此推斷本計畫調查期間由河川上游漂至計畫區域內的漂流木數量應相當有限，而計畫區內現有大量漂流木應是產生於莫拉克颱風來襲期間。

此外，雖然天兔颱風導致台南四草與青草崙近岸海域的蚵架損壞嚴重，但現勘結果顯示，損壞的蚵架大都擱淺在曾文溪以南的海灘上，且本計畫調查結果顯示天兔颱風過後，調查區內的竹類數量並未增加，而調查所得竹類的長度都介於1~4m，遠小於蚵架長度，但與海岸保護竹樁折斷後的長度相當，因此推斷計畫區域內竹類的主要來源應是網仔寮汕上之海岸保護竹樁。

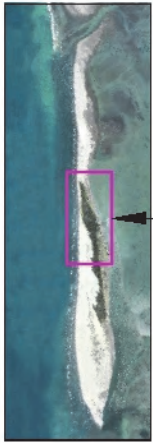


圖3-2-1 網仔寮汕漂流木現場調查分區圖

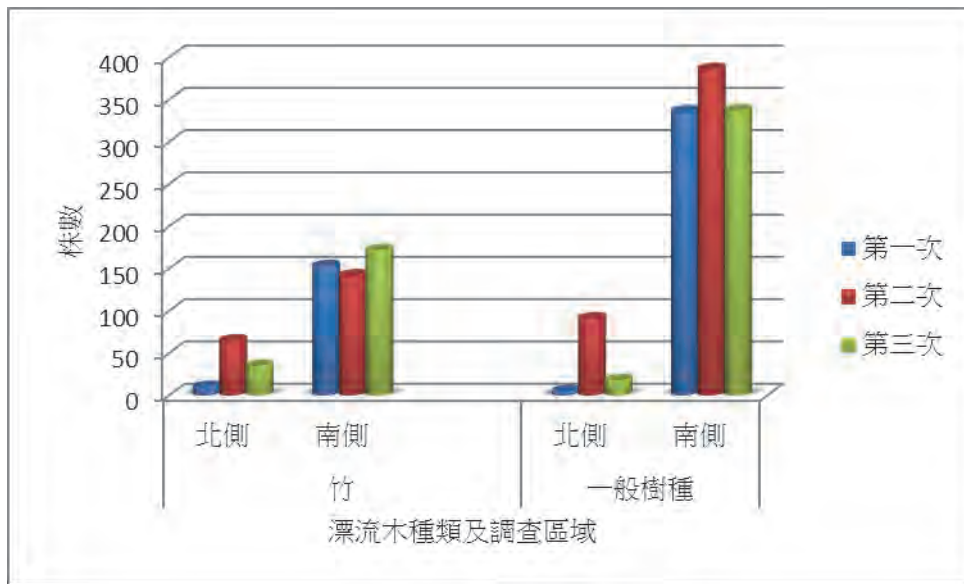


圖3-2-2 網仔寮汕各次調查各分區之漂流木數量長條圖

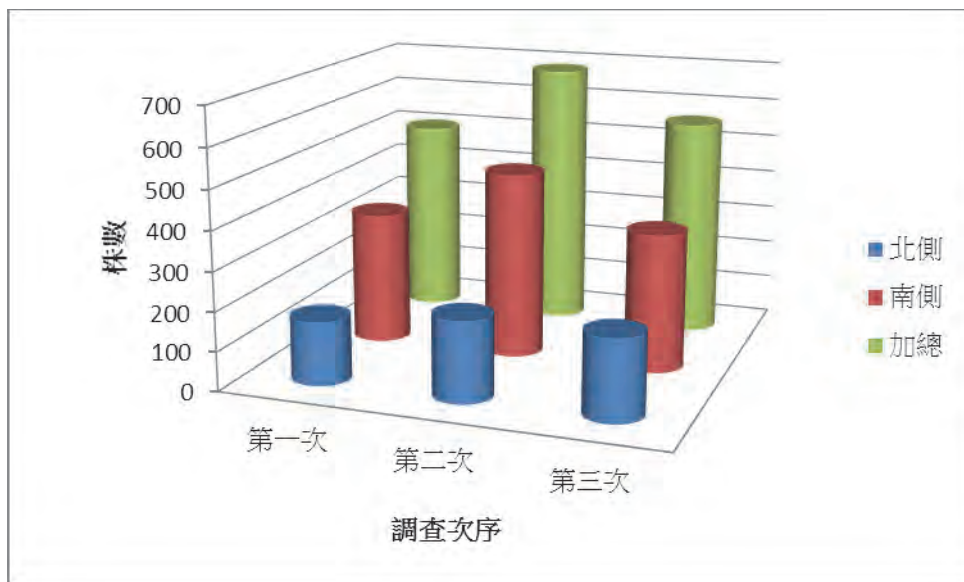


圖3-2-2 (續)網仔寮汕各次調查之漂流木數量長條圖

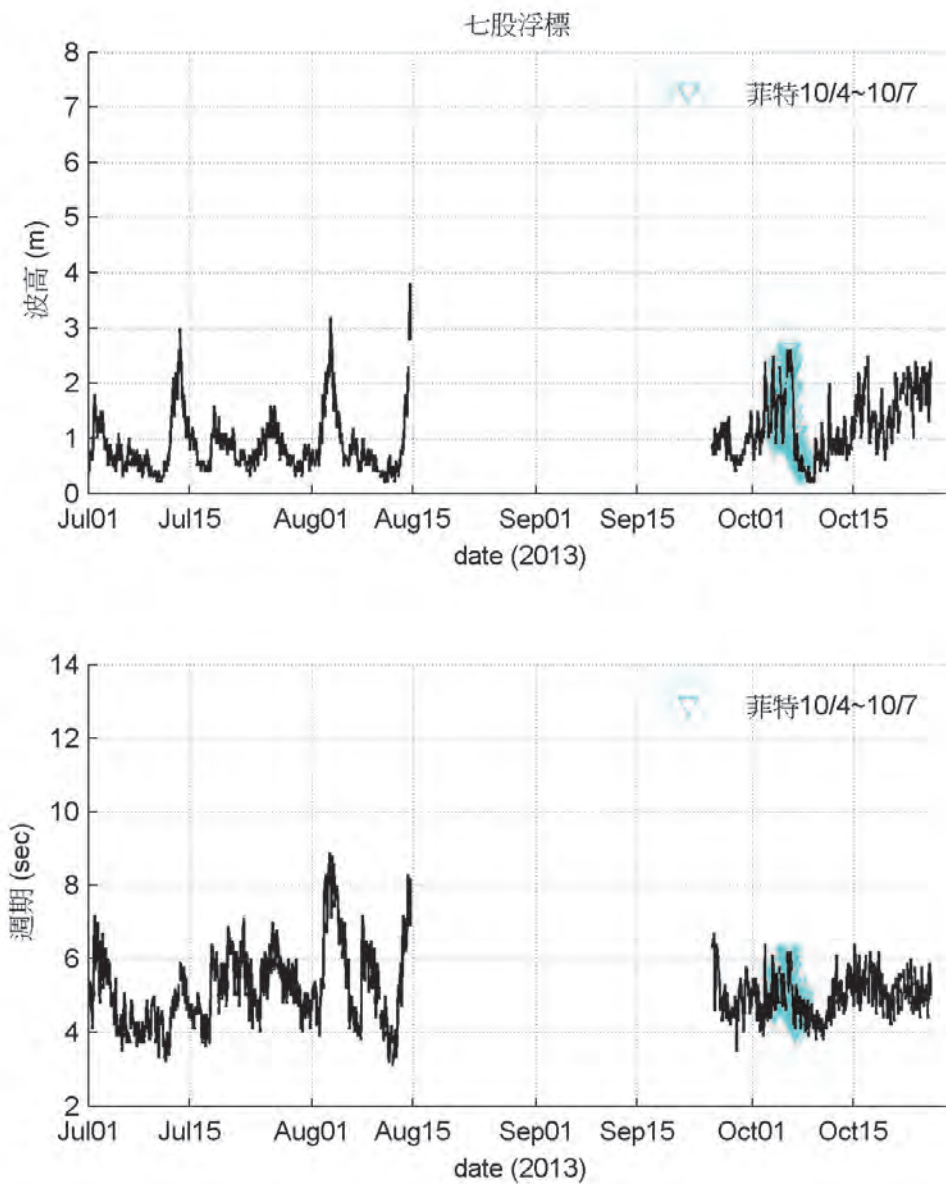


圖3-2-3 七股測站7月至10月之波浪紀錄



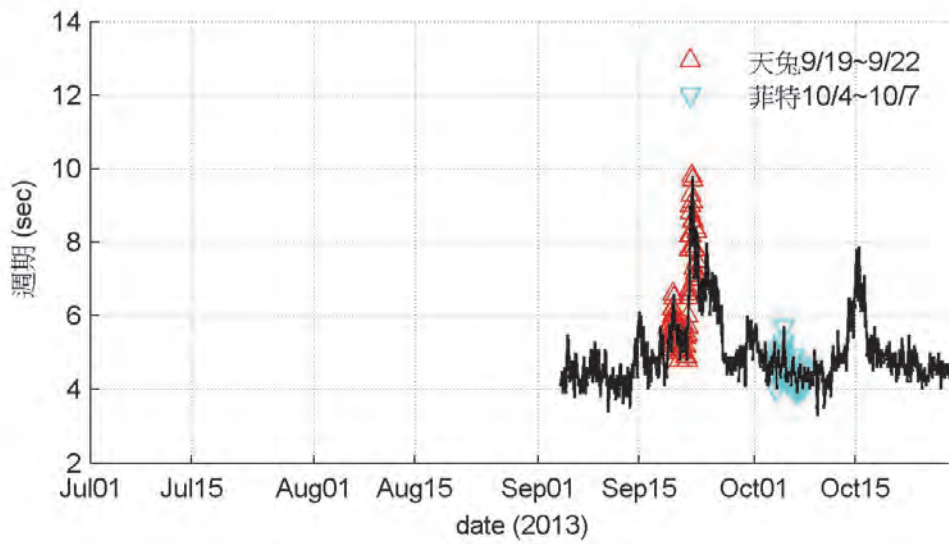
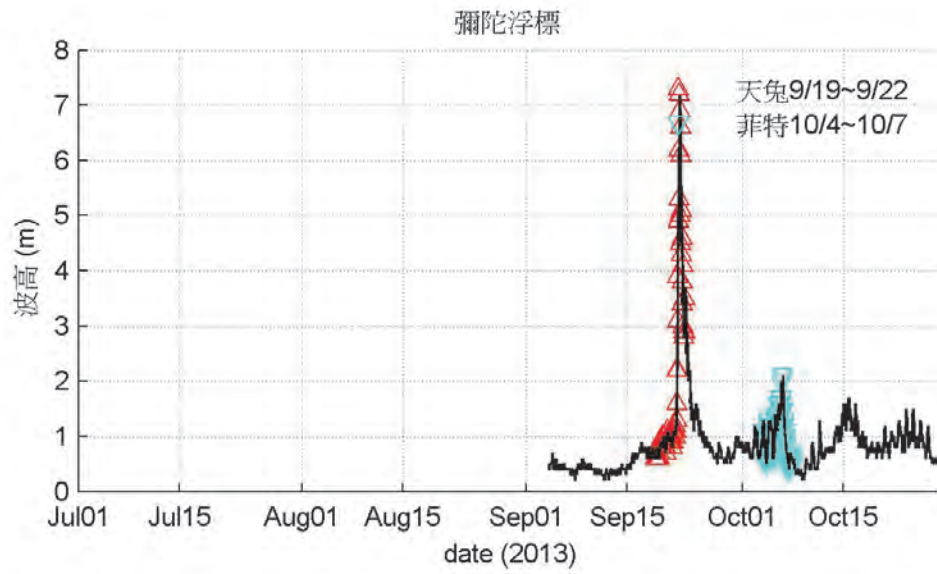


圖3-2-4 彌陀測站7月至10月之波浪紀錄

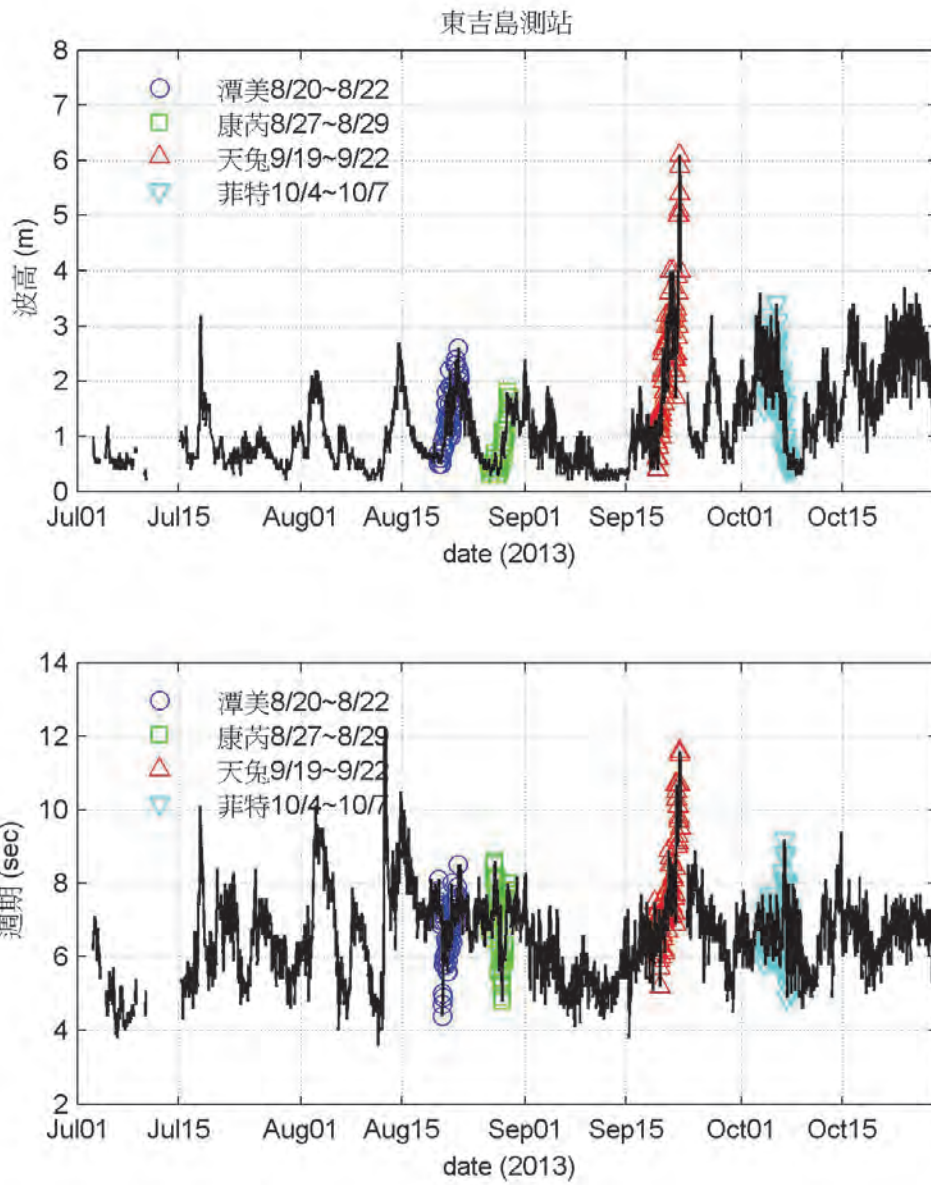


圖3-2-5 東吉島測站7月至10月之波浪紀錄



照片3-2-2 網仔寮汕漂流木之現場調查作業



照片3-2-3 檜類漂流木之現場噴漆註記作業



照片3-2-4 檫類漂流木之現場噴漆註記作業



照片3-2-5 網仔寮汕第二次調查所觀察漂流木往岸灘推移的狀況

颱風前(2013/07/02)拍攝



颱風後(2013/10/20)拍攝



照片3-2-6 木平台步道北側被水流沖至防風林內的漂流木

颱風前(2013/07/02)拍攝



颱風後(2013/10/20)拍攝



照片3-2-7 木平台南側的漂流木被水流沿著沖洗通道沖至沙丘內側

表3-2-1 漂流木第一次調查結果

漂流木第一次調查結果				
區域	木平台南側100m區域內			
調查日期	2013年7月20日			
類別	直徑級(cm)	長度(m)	株樹(n)	備註
竹				
竹	15以下	1~2	36	
	15以下	2~3	66	
	15以下	3~4	51	
針葉樹類一級木				
紅檜	20	1	4	
	40	1	1	
臺灣扁柏	20~30	1	2	
非針葉樹類一級木(含針葉樹類二級木及其他)				
雲杉	25	2	1	
松木	20	2	5	
	40	3	4	
	40	2	4	
闊葉樹類一級木				
欖木	40	3	1	
非闊葉樹類一級木(含闊葉樹類二級木及其他)				
楠木	20	1	45	
	20	2	65	
	25	2	41	
	30	3	30	
	40	3	8	
	50	2	20	
椴木	20	2	13	
木麻黃	25	3	4	
朴樹	20	4	5	
雜木	40	3	18	無法判斷樹種
	20	1	30	
	20	2.5	35	

註：竹類共153株；一般樹種共336株

表3-2-1 (續)漂流木第一次調查結果

漂流木第一次調查結果				
區域	木平台北側50m區域			
調查日期	2013年7月20日			
類別	直徑級(cm)	長度(m)	株樹(n)	備註
竹				
竹	15以下	1~2	2	
	15以下	2~3	6	
	15以下	3~5	2	
一般樹種				
一般樹種	10以下	1	1	
	10以下	2	1	
	10~20	2	1	
	20~30	1	1	
	20~30	2	1	

註：竹類共10株；一般樹種共5株

表3-2-2 漂流木第二次調查結果

漂流木第二次調查結果				
區域	木平台南側100m區域內			
調查日期	2013年9月15日			
類別	直徑級(cm)	長度(m)	株樹(n)	備註
竹				
竹	15以下	1~2	36	
	15以下	2~3	52	
	15以下	3~4	54	
針葉樹類一級木				
紅檜	20	1	4	
	40	1	1	
臺灣扁柏	20~30	1	2	
非針葉樹類一級木(含針葉樹類二級木及其他)				
雲杉	25	2	1	
松木	20	2~3	6	
	30	1~2	3	
	30	3	4	
闊葉樹類一級木				
欖木	40	3	1	
非闊葉樹類一級木(含闊葉樹類二級木及其他)				
楠木	10~20	3~4	2	
	20	1	45	
	20	2	65	
	25	2	41	
	30	1~2	3	
	30	3	30	
	40	3	8	
	50	2	20	
桉木	20	2	13	
木麻黃	25	3	4	
朴樹	20	4	5	
雜木	10~15	1~2	43	無法判斷樹種
	20	1	30	
	20	2.5	35	
	20~30	1~2	1	
	20~30	2~3	11	
	40	3	18	

註：竹類共142株；一般樹種共386株



表3-2-2 (續)漂流木第二次調查結果

漂流木第二次調查結果				
區域	木平台北側50m區域內			
調查日期	2013年9月15日			
類別	直徑級(cm)	長度(m)	株樹(n)	備註
竹				
竹	15以下	2~3	60	
	15以下	3~4	5	
非針葉樹類一級木(含針葉樹類二級木及其他)				
松木	20	2~3	2	
	30	1~2	4	
非闊葉樹類一級木(含闊葉樹類二級木及其他)				
楠木	10~20	3~4	2	
	30	1~2	5	
雜木	10~15	1~2	60	無法判斷樹種
	20~30	1~2	2	
	20~30	2~3	16	

註：竹類共65株；一般樹種共91株

表3-2-3 漂流木第三次調查結果

漂流木第三次調查結果				
區域	木平台南側100m區域內			
調查日期	2013年10月20日			
類別	直徑級(cm)	長度(m)	株樹(n)	備註
竹				
竹	15以下	1~2	32	
	15以下	2~3	80	
	15以下	3~4	60	
針葉樹類一級木				
紅檜	20	1	2	
	40	1	1	
臺灣扁柏	20~30	1	3	
非針葉樹類一級木(含針葉樹類二級木及其他)				
雲杉	25	2	2	
松木	20	2	4	
	40	2	3	
	40	3	5	
闊葉樹類一級木				
欖木	40	3	5	
非闊葉樹類一級木(含闊葉樹類二級木及其他)				
楠木	20	1	43	
	20	2	60	
	25	2	44	
	30	3	33	
	40	3	9	
	50	2	18	
桉木	20	2	10	
木麻黃	25	3	6	
朴樹	20	4	4	
雜木	40	3	22	
	20	1	33	
	20	2.5	30	

註：竹類共172株；一般樹種共337株

表3-2-3 (續)漂流木第三次調查結果

漂流木第三次調查結果				
區域	木平台北側50m區域內			
調查日期	2013年10月20日			
類別	直徑級(cm)	長度(m)	株樹(n)	備註
竹				
竹	15以下	2~3	33	
	15以下	3~4	2	
非闊葉樹類一級木(含闊葉樹類二級木及其他)				
楠木	10~20	3~4	1	
	30	1~2	2	
雜木	10~15	1~2	15	無法判斷樹種

註：竹類共35株；一般樹種共18株

表3-2-4 漂流木三次調查數量之比較

類別	區別	第一次	第二次	第三次
竹	南區	153	142	172
	北區	10	65	35
	兩區加總	163	207	207
一般樹種	南區	336	386	337
	北區	5	91	18
	兩區加總	341	477	355
兩區漂流木總數		<b>504</b>	<b>684</b>	<b>562</b>

### (三) 木平台附近漂流木的處理原則

依據上述漂流木的調查結果，考慮木平台的景觀與遊憩功能，規劃木平台附近漂流木的處理原則，其作業流程如圖3-2-6所示，將依照竹與一般樹種分別處理。竹類均將掩埋作為人工沙丘基質，一般樹種則於第二次調查時註記一、二級木，以便大型機具進駐清理時，可將其集中堆置，其它雜木則採集中或掩埋作為人工沙丘基質，樹種中如有外型碩大、美觀者則留置原處，以保持生態、景觀功能。

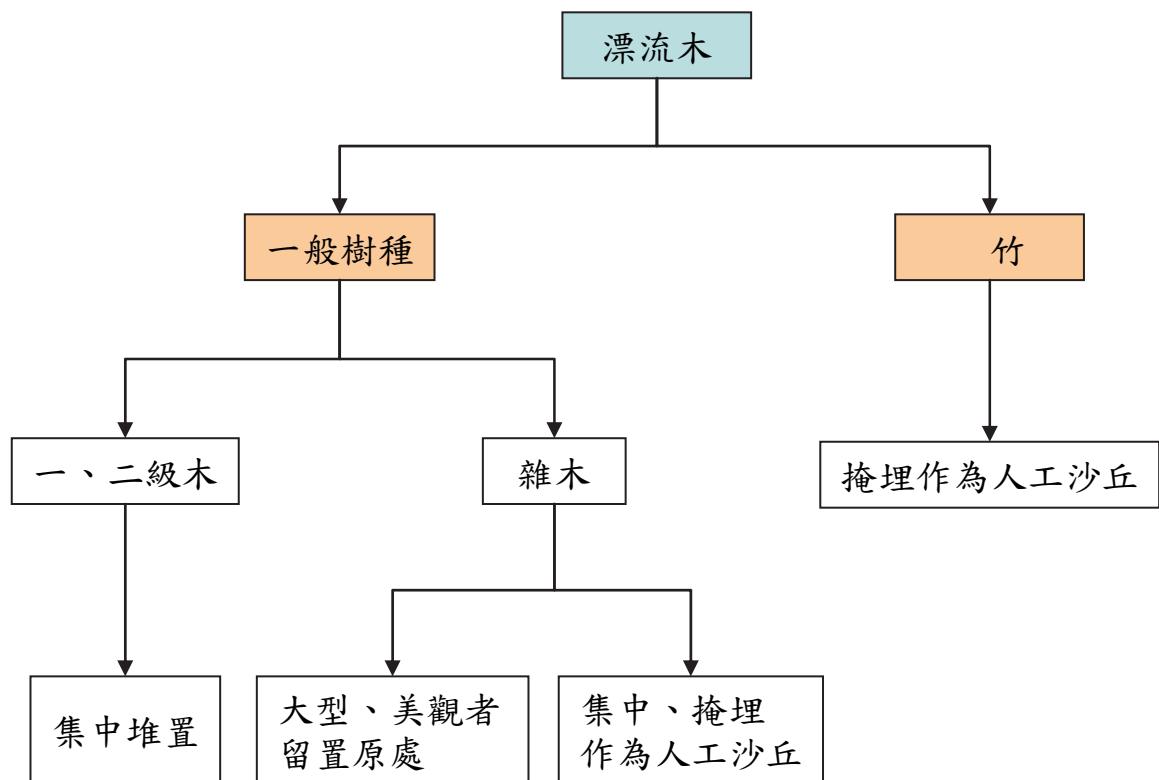


圖3-2-6 木平台附近漂流木處理原則

## 肆、試驗方案研擬與施作

在人跡稀少自然的海灘，漂流木的散佈屬於自然的一部分，其可讓單調的沙灘環境增添些許變化，提供作為鄰近生物的遮蔽場所，也可以積聚風沙，減緩海灘侵蝕。因此在人跡罕至的海灘，漂流木的處理原則，可順其自然，不須過多的人為干預。而網仔寮汕為台江國家公園之特別景觀區，在遠離木棧道或木平台區域之漂流木可順其自然，但在鄰近木平台兩側50m內之漂流木，因景觀性不佳，將因地制宜適當處置。

海岸漂流木的處理方式有撿拾作為燃料、家具或雕刻木料、現場燃燒等，或加工成步道木片、貓砂、堆肥、噴漿資材等，但近期發現浸過海水的漂流木，燃燒後會產生戴奧辛(EPA, 1994; ATSDR, 1998)，日本等國家已明文禁止焚燒。此外，因為網仔寮汕為離岸沙洲，其對外之運輸僅能藉助船舶，運量有限且不經濟。因此，網仔寮汕上漂流木之處理方式，將以就地取材、廢物利用為原則。

而近十多年來，網仔寮汕持續遭侵蝕而後退，且沙丘的高程亦逐漸降低，此使得颱風來襲時，會更頻繁的發生越洗作用(overwash)，導致更多的海沙被暴潮巨浪經由沙洲裂口沖入潟湖內，加速潟湖淺化。因此基於就地取材與因地制宜之理念，本研究擬結合可經濟、快速地去化漂流木與加強沙洲防護能力兩項目標，將木平台兩側之漂流木應用於興築人工沙丘，以補自然沙丘之不足，增加其抗潮禦浪之能力。漂流木在海灘的堆積可能是持續性，且每年都可能再發生，而如何應用漂流木於人工沙丘復育，以及如何施作可以達到較好之功效，仍存在許多不確定性，因此有必要進行現地試驗，據以研擬適當的施作方式。本工作團隊研擬之現地試驗方案與施作方式分述如下：

### 4-1 現地試驗方案研擬

#### (一) 人工沙丘試驗區位之選擇

近十多年來，七股沙洲因沙丘的高程逐漸降低、寬度變窄，導致地勢較低處於颱風波浪來襲時易發生越洗(overwash)現象，甚者更因而形成新潮口，而地形較高之斷面於颱風波浪來襲時較不易發生越洗，此應係較高之沙丘阻擋了颱風暴潮與波浪之越洗，讓植生得以穩定生長，而植生也具有定沙與聚沙功效，兩者相輔相成，因此本研究試驗區位的選擇原則如下：

- (1) 選擇高程較低處
- (2) 距離木平台較近處
- (3) 高潮位以上

而由上一節蒐集所得之網仔寮汕的高程資料(圖2-2-3)顯示，在圖4-1-1所示之斷面32、斷面38與斷面42的高程較低。本工作團隊分別於7月2日與7月8日至網仔寮汕現勘，目的在協助決定人工沙丘試驗場址與颱風溯升水位量測斷面位置。在斷面38、斷面42與斷面32的現勘成果依序分述如下：

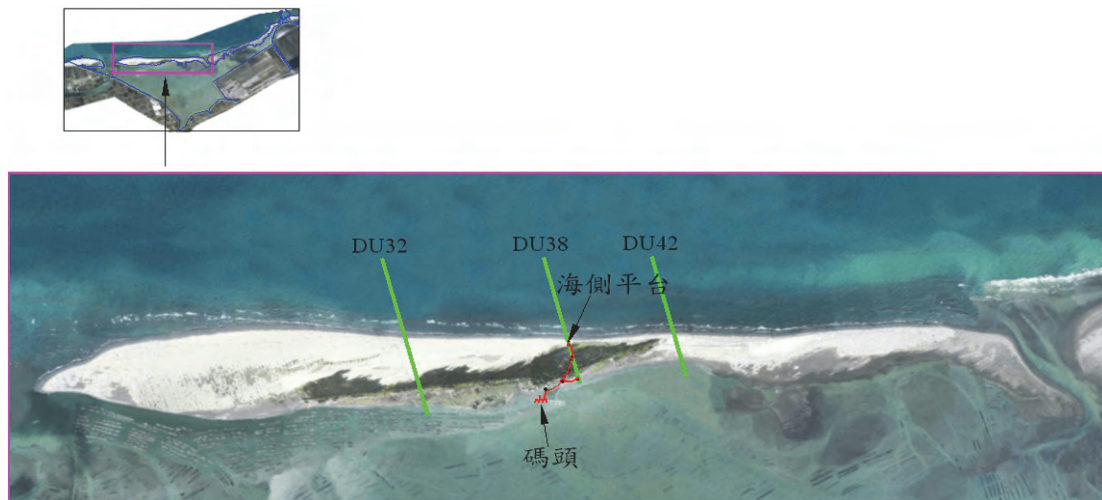


圖4-1-1 斷面32、斷面38以及斷面42與碼頭等之相對位置

### 斷面38：

7月2日工作團隊約在早上7時50分抵達網仔寮汕。先往木平台附近現勘，以決定颱風波浪溯升水位量測位置。照片4-1-1與照片4-1-2顯示木平台所在位置已經相當靠近海岸線，其距離水線僅有十多公尺，沙灘寬度明顯不足。當颱風來襲時，應容易受颱風波浪溯升水位的影響，本團隊擬將溯升水位量測儀器架設在木平台北側約10m處，如照片4-1-3所示。照片4-1-4顯示漂流木都集中在木平台附近及其後方的林務區內，此區段屬前濱(foreshore)區域，亦受颱風波浪侵襲，因此不適合建構人工沙丘。此區段本計畫將以清理漂流木為主，以改善海岸景觀。而木平台旁的漂流木經過長時間之堆置，大都與沙灘結合在一起，基於安全考量，本計畫擬以就地掩埋方式處理木平台旁的漂流木，以避免破壞木平台主體結構或加速台前沙灘之侵蝕。



照片4-1-1 木平台往北拍攝



照片4-1-2 由木平台往南拍攝



照片4-1-3 木平台北側之颱風波浪溯升水位量測位置(立竿處)



照片4-1-4 漂流木都集中在木平台附近及其後方的林務區內

現勘結果亦顯示，緊鄰木平台北側海岸有高聳自然沙丘，植生茂密。但沙丘前的沙灘已被海浪侵蝕殆盡，目前高潮位時，海水可達沙丘下緣，並明顯可見颱風波浪侵蝕沙丘的痕跡，如照片4-1-5與照片4-1-6所示。雖然過去水利單位曾嘗試以竹樁與堆置砂袋的方式進行保護，但竹樁都已折斷，部分砂袋亦已下陷或毀損，如照片4-1-5~照片4-1-10所示。此段約200公尺的海岸亟需加強保護，以免美麗的沙丘，因沙丘坡趾侵蝕，而導致沙丘崩塌加劇，加速網仔寮汕的流失。此外，照片4-1-7~照片4-1-9亦顯示，有許多漂流木散佈在沙灘或沙袋上緣，且因時間較久，漂流木已有沙土覆蓋或與周遭環境糾結再一起。基於海岸侵蝕防護之考量，建議本案不要處理或移走海岸防護設施附近之漂流木，以免影響其海岸防護功能。此段漂流木的處置，可在海岸防護設施整建維護時再一併處理。



照片4-1-5 斷面38~42間往木平台  
拍攝



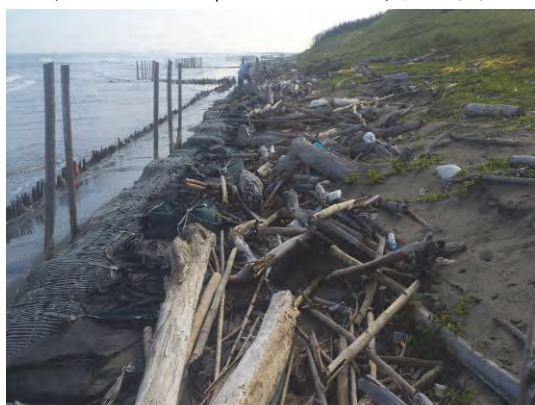
照片4-1-6 斷面38~42間往陸側  
拍攝



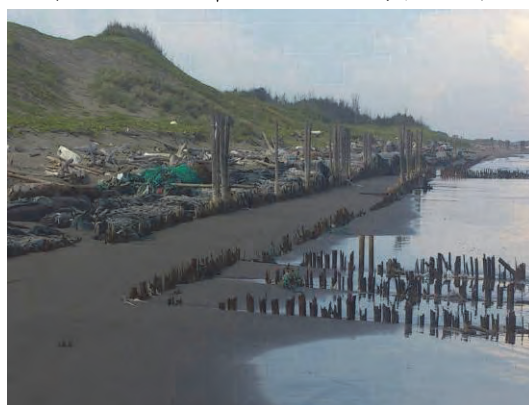
照片4-1-7 斷面38~42間往南拍攝



照片4-1-8 斷面38~42間往北拍攝



照片4-1-9 斷面38~42間往北拍攝



照片4-1-10 斷面42往南拍攝

此外，工作團隊於7月20日進行網仔寮汕第一次沙丘地形測量時，亦初步規劃水位溯升量測儀器的設置斷面位置，如照片4-1-11所示，位在緊鄰木平台的北側。工作團隊在9月12日進行第二次的沙丘地形量測，照片4-1-12顯示兩次量測期間，擬設置斷面的沙丘地形變化有限。但在9月中旬至10月上旬間，天兔颱風(9/19~22)與



菲特颱風(10/4~7)接續侵台，導致本團隊於8月20日架設完成的水位溯升量測儀器基樁破壞損毀，設置區位的沙丘亦已遭颱風波浪侵蝕而明顯縮小，侵蝕長度約有6m，如照片4-1-13~照片4-1-14所示。



照片4-1-11 木平台往北拍攝  
(7/20)



照片4-1-12 木平台往北拍攝  
(9/12)



照片4-1-13 沙丘寬度變短小  
(10/12)



照片4-1-14 沙丘遭侵蝕 (10/12)

**斷面42：**

由木平台沿著海灘往北走，過了高聳沙丘段，呈現的是平坦且植生稀疏的沙洲段(照片4-1-15)，接近圖4-1-1中的42斷面。斷面42位處木平台北側，緊鄰木麻黃防風林，其附近之沙洲寬度較窄，目前已不足150m，高程都已低於+3m(斷面41之高程仍可達+6m)，此段沙洲在過去曾發生颱風波浪越洗，並導致斷裂。政府單位曾在此以圍籬並抽取潟湖泥沙填築成沙丘，並在上方進行圍籬定沙，目前靠近南側與西側的圍籬都已聚滿砂(照片

4-1-16)，並有許多馬鞍藤成長其間，成效良好。

至於圍籬區的海側則因沙被吹向圍籬區(照片4-1-17)，只留下較重的牡蠣殼(lag deposition，註：牡蠣殼為先前從潟湖抽沙充填的證據)，因此高程較低且植生少，防護力較弱。此段海岸的海側高潮位以上區位，將作為人工沙丘的試驗場址。

而藉由比較分別在7月20日與9月12日進行沙丘地形量測時所拍攝之照片(照片4-1-17與照片4-1-18)，結果顯示斷面42附近之沙丘地形在此期間的變化不大。



照片4-1-15 在斷面42靠海側往北拍攝



照片4-1-16 在斷面42靠潟湖側往北拍攝



照片4-1-17 在斷面42往南拍攝



照片4-1-18 在斷面42往北拍攝

### 斷面32：

相對於北側，木平台南側海灘更為寬廣，更適合於海岸沙丘的發展，沙灘上的漂流木數量亦遠比北側多(照片4-1-19)。漂流木的堆積位置應是近幾年颱風波浪溯升所能到達的高度，其都在

高潮位以上位置。而因為這些漂流木堆積在此已有相當時日，因此照片顯示漂流木所在位置因為漂流木聚沙效應的高程較鄰近海灘略高。照片4-1-20所示為木平台南側海灘上的天然沙丘，其寬度約20m，在迎風面有茂密植生。這些沙丘形成的位置大都在漂流木的內陸側，本案將據此選擇人工沙丘的區位。此外，因為此區的海岸線走向為東北-西南向，冬季北風會將北側的沙往南吹送，因此風吹砂的優勢方向係由海岸往木麻黃防風林方向，此導致近年來木麻黃逐漸被越聚越高的沙丘所淹沒，造成整個木麻黃林枯萎，如照片4-1-21所示。因此在海岸與木麻黃林間，以漂流木聚沙形成人工沙丘，可以減緩風吹砂對木麻黃林的危害，沙丘成形後，長遠而言，將亦對網仔寮汕的海岸防護有所助益。



照片4-1-19 由木平台往南拍攝



照片4-1-20 木平台南側海岸之天然沙丘



照片4-1-21 木麻黃林因風吹沙而枯萎

再沿著海灘往南走，即可達圖4-1-1所示之斷面32位置，此斷面距離木平台約500多公尺。根據2011年的高程資料，顯示此斷面之最高高程僅+2.55m，而當時由瀉湖上膠筏往沙洲拍攝的照片(照片4-1-22)亦顯示此斷面上之木麻黃林輪廓明顯較低。然而現勘時發現，斷面32的沙灘高程雖然較低，但縱深相當寬廣可達約220m(如照片4-1-23)。政府曾在此區段海灘進行圍籬定沙，照片中可見風吹砂已淤積至圍籬高度，圍籬定沙的成效佳。而現勘結果亦顯示，此段海灘之漂流木大都堆積在距離海岸線約50m處，之後的陸側漂流木稀少，此顯示近年來的颱風暴潮水位僅上溯至海岸漂流木的堆積位置，此斷面目前應無遭受颱風波浪越洗之顧慮。



照片4-1-22 瀉湖側往斷面32拍攝 照片4-1-23 由海側拍攝斷面32

綜合言之，現勘結果顯示木平台附近海灘(斷面38)窄短，易受颱風波浪直接侵襲，不適合建造人工沙丘，但可選作為颱風波浪溯升量測的儀器設置位置。位處木平台北側的斷面42處，海灘雖較短且低矮，政府亦已進行圍籬定沙且成效不錯，但其海側較低，防護力較弱，因風吹沙源缺乏，甚難藉自然力量形成沙丘。因此本研究擬選在此區高潮線以上至風籬間，以現有漂流木為心，建置類似青草崙海岸的人工沙丘(圖4-1-2之N樣區)，以加強海灘防護能力。至於在木平台南側斷面32附近之海灘，仍有寬廣沙灘與木麻黃林，且有許多天然沙丘，受海浪的影響相對較小。因為此區之風吹沙源較充足，現有風籬很快就會積滿，因此可藉由人工堆置漂流木來聚沙，此不但可加速沙丘的形成，且可減緩風吹沙往南向或往木麻黃林飄移。而因本計畫需清理木平台兩側各50m範圍內之漂流木，在綜合考量沙源、景觀性、施工便利性

等因後，本計畫木平台南側之人工沙丘試驗場址擬改在以S1(斷面35)及S2(斷面36)處，如圖4-1-2所示。照片4-1-24與照片4-1-25則為9月12日進行第二次沙丘地形測量時，拍攝所得斷面35與斷面36之照片，結果顯示因受8月間發生之潭美與康芮颱風外圍環流的影響，此二斷面沙灘與後濱區後方沙丘有較明顯的風蝕情形，尤其在植生覆蓋較稀的區位。

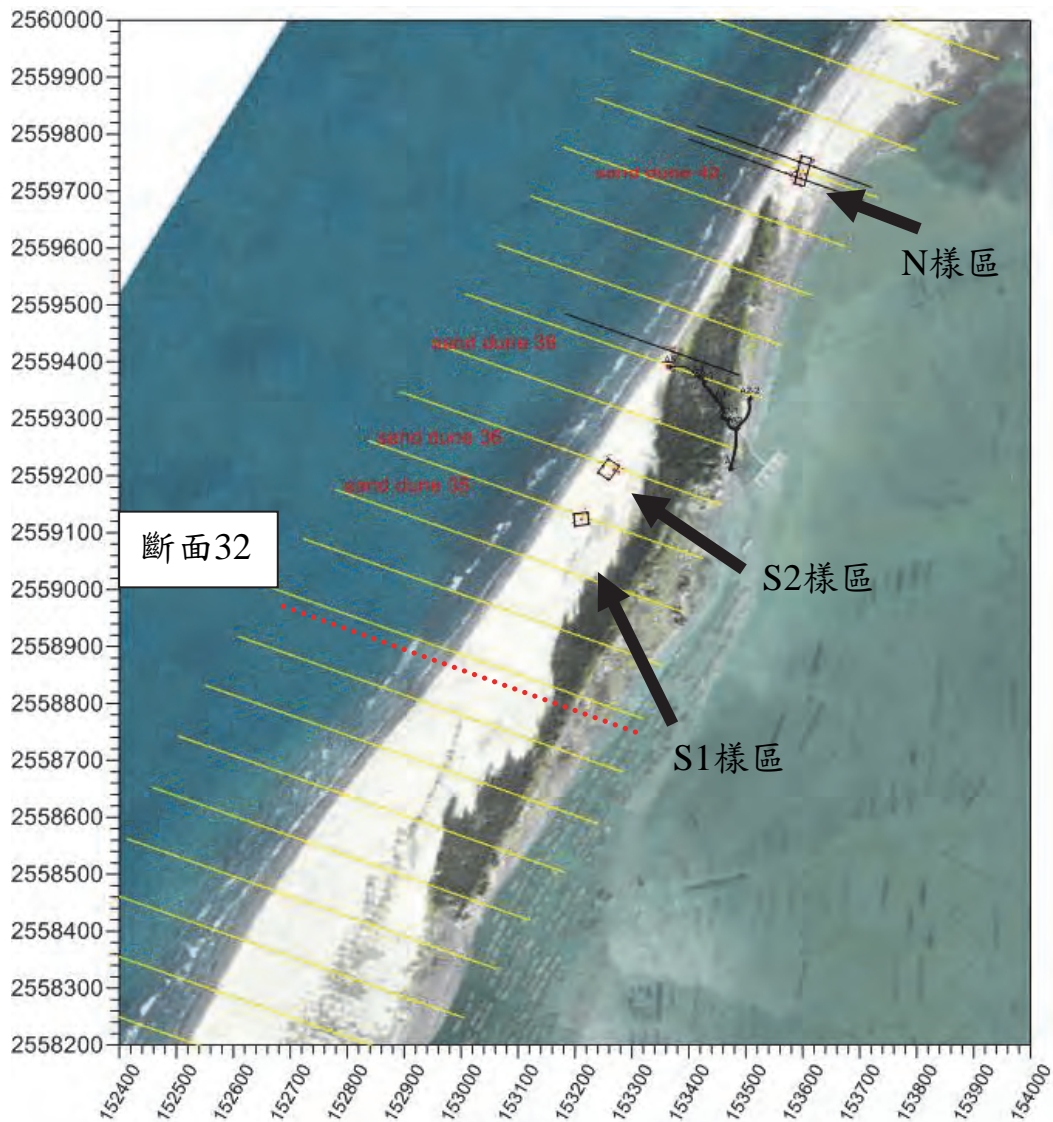


圖4-1-2 人工沙丘建置圖



照片4-1-24 斷面36往南拍攝  
(9/12)



照片4-1-25 斷面35往海側拍攝  
(9/12)

## (二) 人工沙丘斷面與型式

海岸沙丘是台灣西部沙岸常見的地形景觀，緊鄰在後灘發育。由於沙丘由疏鬆砂粒組成，其形貌外觀常隨外在的海岸地形作用營力而改變。後灘和沙丘也藉由這樣的地形變動，吸收作用營力之能量，而達到防潮抗浪保護海岸的功能。因此海岸沙丘為海岸保護的天然屏障，能有效緩衝颱風波浪之侵襲，只要適當的維護或復育即可增強其對海岸之保護。在網仔寮汕，仍維持有自然沙丘，但部分區段因遭受颱風波浪侵襲，沙丘高度變矮、寬度變窄，防止海浪侵襲的能力已降低，需輔以人為力量增強沙丘的寬度或高度，以有效保護海岸，兼具營造景觀與生態環境。

本計畫擬在木平台南、北兩側海灘各施做兩座人工沙丘，由於南、北側的環境條件不同，其人工沙丘建構方式也會有所差異，探討如下：

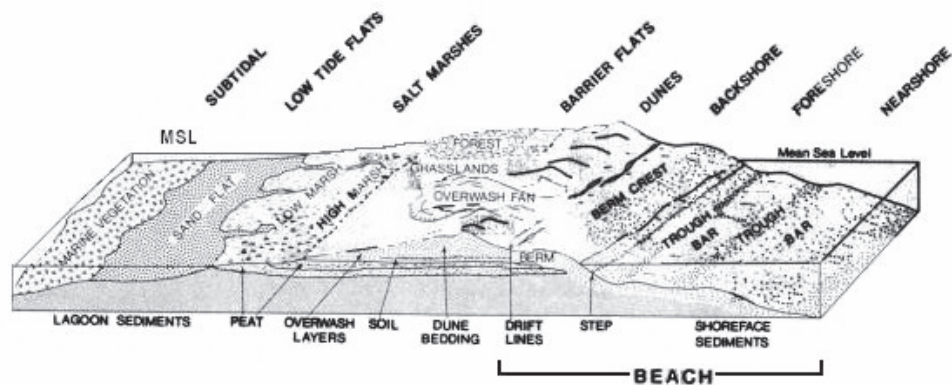
### 1. 人工沙丘位置及離岸距：

圖4-1-3所示為沙洲的橫斷面構造型態，海側前方包含近濱(nearshore)、前濱(foreshore)、後濱(backshore)，為海水可影響的範圍。近濱與前濱為常年易受潮浪影響之濕沙區域，受風力影響有限，不能建構人工沙丘。後濱為海水可影響的界線區，在平常時期波浪不會到達此區，只有當暴潮巨浪來襲時，海水會上溯至此，也因此漂流木與垃圾常堆積於此區，景觀上較雜亂。此區沙灘的鹽分含量仍高(約pH8)，植生不易成長，受風沙的能力也強，但在此不容易形成沙丘。

後濱(Backshore)往內陸方向為沙丘的發展區，圖4-1-4所示為海岸沙丘的分類，其依海岸線的遠近可分為胚胎丘(embryo dune)、前列沙丘(fore dune)、第一列沙丘(1<sup>st</sup> dune or yellow dune)、第二列沙丘(2<sup>nd</sup> dune or grey dune)以及第三列沙丘(rear dune or mature dune)等。漂流木易集中於胚胎丘(embryo dune)附近，但此區鹽分含量高(pH值8)，植生成長不易。而第一列沙丘(1<sup>st</sup> dune or yellow dune)為鹽分含量相對略低(pH值7.5)的區域，植生可生長於此，可形成較穩定的沙丘。因此本計畫擬將人工沙丘建置在胚胎丘(embryo dune)與第一列沙丘(1<sup>st</sup> dune or yellow dune)之間。

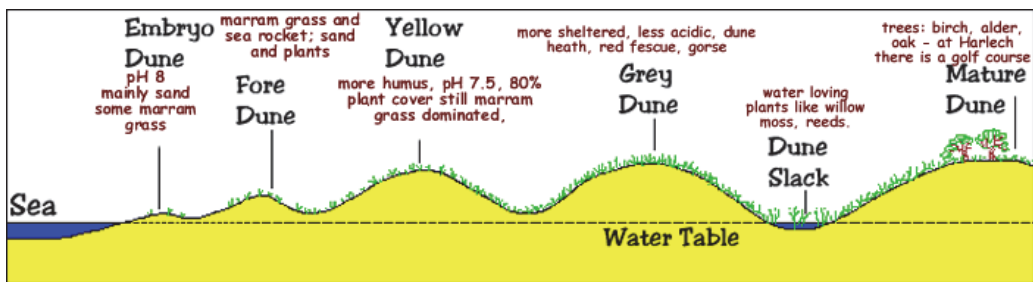
在斷面42附近的海灘高程較低且短，圖4-1-2之N樣區只能選在較靠近第一列沙丘(1<sup>st</sup> dune or yellow dune)的區位(圖4-1-4所示)。此區的風吹沙源有限，難靠自然營力形成穩定沙丘，因此輔以人力建構人工沙丘，補足現有沙丘寬高之不足，加強其防護能力，有其必要性。

相對的，在圖4-1-2之S1及S2樣區所要構築的人工沙丘區域，因此區海灘寬廣，風吹砂源豐富，有利沙丘發展，因此本計畫之S1及S2樣區擬選在較靠前列沙丘(fore dune)至第一列沙丘(1<sup>st</sup> dune or yellow dune)間之區域，可先以漂流木堆置成沙丘型狀後，再靠聚集風吹砂，以形成沙丘。



資料來源：<http://myweb.rollins.edu/>

圖4-1-3 網仔寮汕橫斷面構造型態



資料來源：<http://www.studywindow.eu/>

圖4-1-4 海岸沙丘各型態的相對位置圖

## 2. 人工沙丘高度與形狀大小：

依據(Hersen 2002)，沙丘適合的寬、高比約呈10倍關係，長度與寬度則相差不大，如圖4-1-5~圖4-1-6所示。因此S1及S2樣區的沙丘長、寬各約為20m時，其高度可設計成2m左右。至於N樣區，其總長寬雖只為30m，但居於防止颱風波浪越波之考量，其高度設計盡量超過於+3m。而N樣區內的試驗分成2種方式：後半樣區(向瀉湖側)將以未經處理的漂流木覆蓋於其上，而另外前半樣區(向海側)則以壓碎後之漂流木挖洞填入。

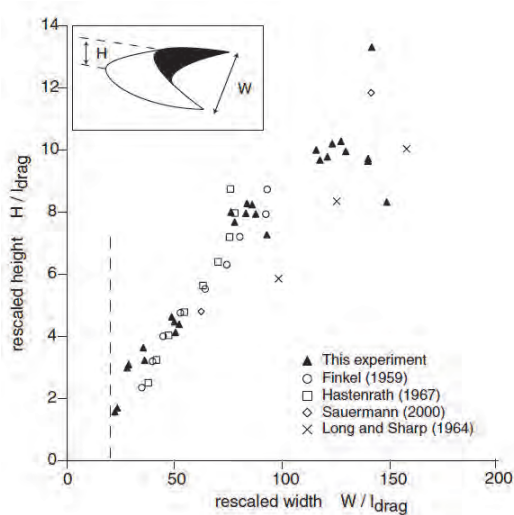


圖4-1-5 沙丘高度與寬度關係

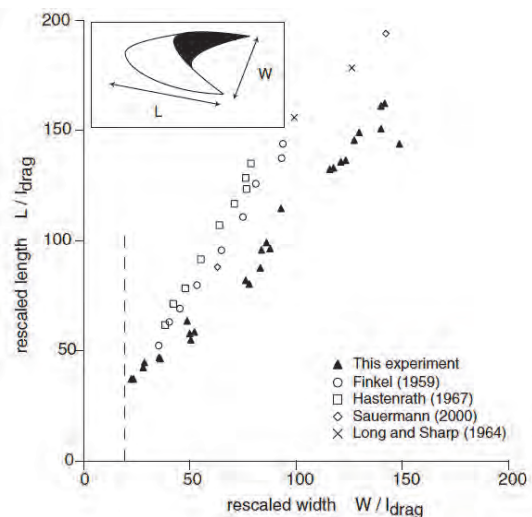


圖4-1-6 沙丘長度與寬度關係

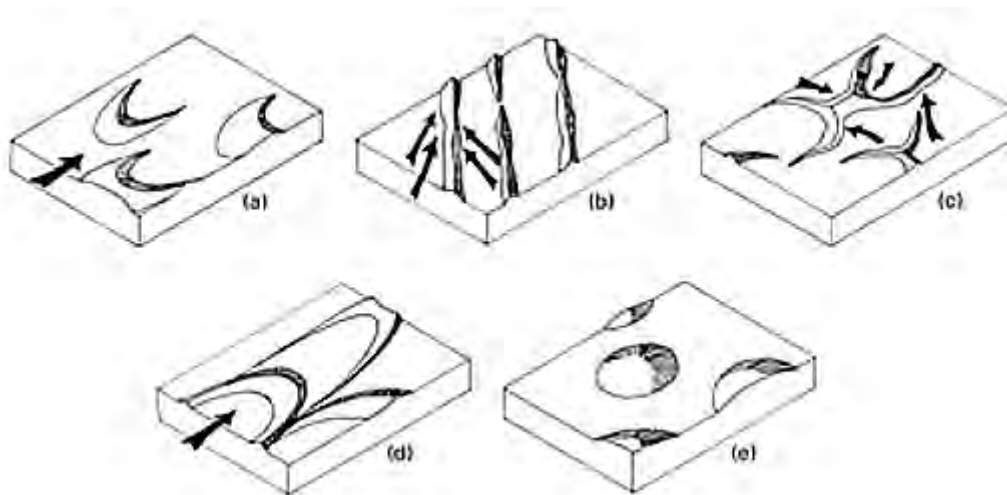
## 3. 方向角度及人工沙丘填料：

風力及沙源為形成自然沙丘的兩大控制因子，自然沙丘亦



有多種分類，如圖4-1-7所示，圖(a)為新月丘(crescentic dune)，其為最常見的沙丘形狀，呈新月形，通常形成於單一風向之區域。圖(b)為線狀丘或縱丘(linear or longitudinal dune)，其為與整合風向平行之沙丘線，網仔寮汕之胚胎丘(embryo dune)與前列沙丘(fore dune)之區間比較屬於此類型。圖(c)為星丘(star dune)，此類型沙丘因風向呈多面性而形成，此類沙丘的中心位置最高，由中心向四周呈放射狀向下延伸，網仔寮汕上亦有此類型之沙丘，如照片4-1-26所示。圖(d)為拋物線丘(parabolic dune)，其為反U形狀之沙丘，與圖(a)之新月丘(crescentic dune)的形狀正好相反，其為強風環境形成之沙丘，在網仔寮汕上也有同類型的沙丘，如照片4-1-26所示。圖(e)為圓頂丘(dome dune)，此為較稀少的沙丘類型，呈凹狀之小圓或橢圓型。

據此，本計畫在N與S2樣區，將以平行海岸的方向建構沙丘。在S1樣區的人工沙丘方向則為平行海岸方向再順時針轉12度，此係參考風向與木麻黃林分布後所做的決定(圖4-1-8)。至於人工沙丘的組成，在S1與S2樣區主要由漂流木堆積而成，冀再藉風吹沙來形成沙丘，如圖4-1-9及照片4-1-27所示。但在N樣區，則需挖坑洞至接近地下水位的深度後(約1.5m)，再將漂流木填入，(前半樣區將漂流木填入並搗碎、壓密，後半樣區則將高度補足並在上緣平鋪一層漂流木)，並以原土方覆蓋達+3.0m高程，如圖4-1-10所示。

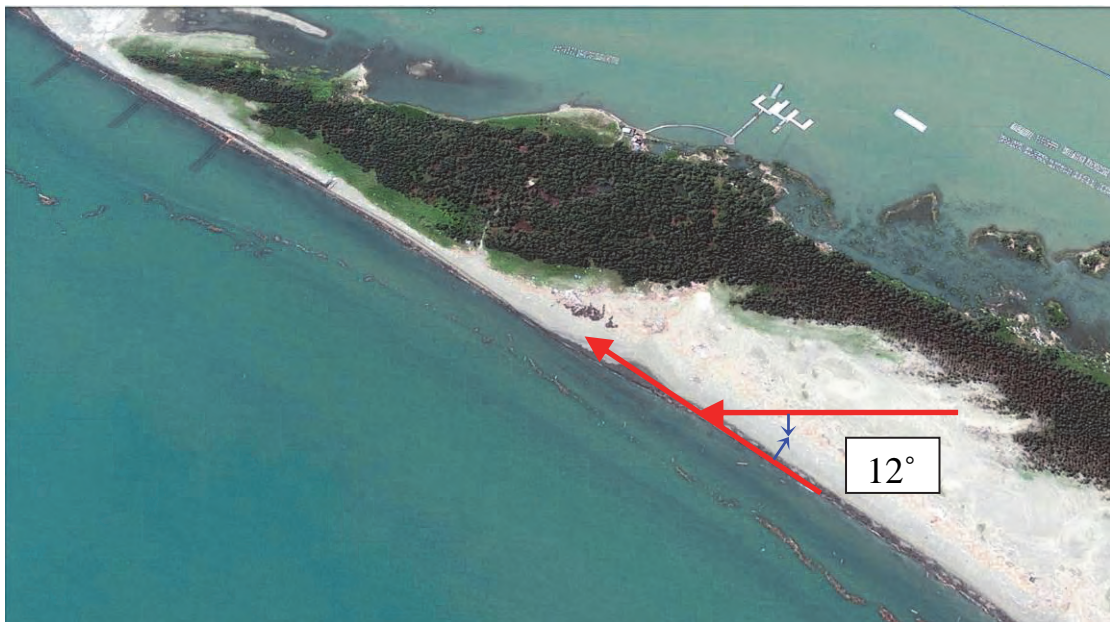


資料來源：<http://www.fas.org/>

圖4-1-7 沙丘分類



照片4-1-26 斷面32附近之自然沙丘(star dune& parabolic dune)



資料來源：google earth

圖4-1-8 當地林務走向

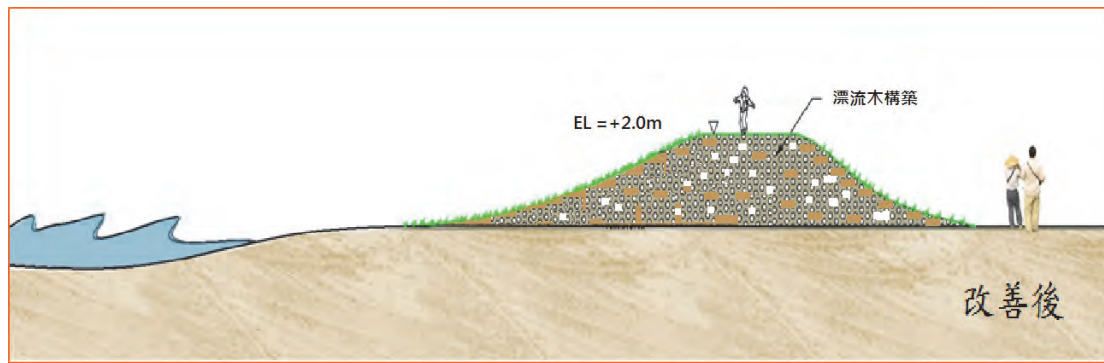


圖4-1-9 人工沙丘斷面示意圖(S1、S2樣區)

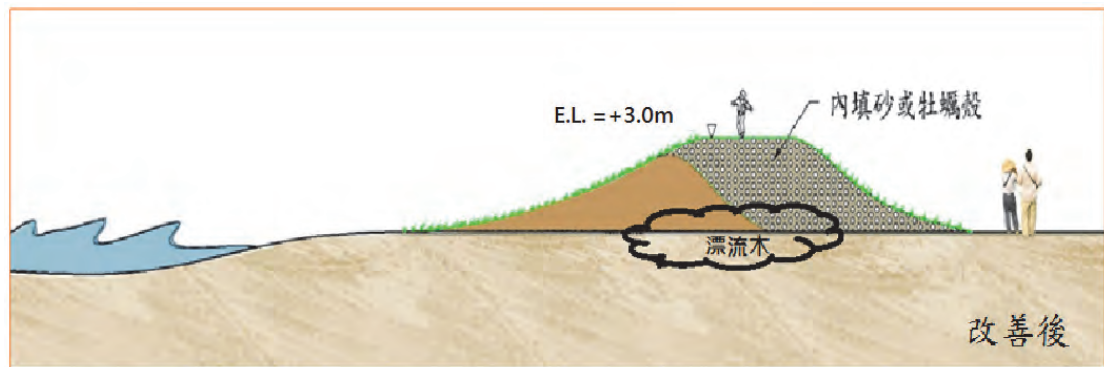


圖4-1-10 人工沙丘斷面示意圖(N樣區)



照片4-1-27 斷面35~36附近之漂流木堆積而成的人工沙丘

## 4-2 現地試驗施作計畫

### (一) 試驗區施作前之地形與植生調查及放樣：

試驗區施作前，先在斷面35、斷面36、斷面38、斷面42附近進行地形高程量測與植生調查，以作為現地試驗施作前之基礎資料。同時在現地試驗施作區位決定後，會針對該區進行樣區放樣，劃定人工沙丘施作範圍及預定填高高程等進行標註，以利後續大型機具進場路線規劃及施工的進行。

### (二) 機具與運輸計畫：

網仔寮汕為離岸沙洲，在颱風季與有限經費下，需擬定機具運輸計畫，以確保計畫能如期進行。本研究之機具與運輸計畫包括大型機具的運載、設備的準備、進場期程的安排以及人員分工配合等。本計畫使用之機具設備包括怪手、桶筏載具(照片4-2-1)與膠筏(照片4-2-2)。各項設備分述如下：

#### 1. 怪手：

本計畫使用之怪手(型號PC120)，如照片4-2-1所示，怪手將應用於人工沙丘挖掘與施作以及漂流木之壓碎與清理運送，以及將漂流木清理運送至試驗區壓碎、堆置、掩埋、覆蓋等。

#### 2. 桶筏載具：

網仔寮汕為離岸沙洲，需將怪手置於桶筏(照片4-2-1)上，載運至網仔寮汕。

#### 3. 膠筏拖運：

網仔寮汕為離岸沙洲，需將怪手置於桶筏上，以吃水較淺的膠筏(照片4-2-2)拖運至網仔寮汕，而拖運的膠筏需有足夠的動力，此工作將由當地膠筏業者協助進行。

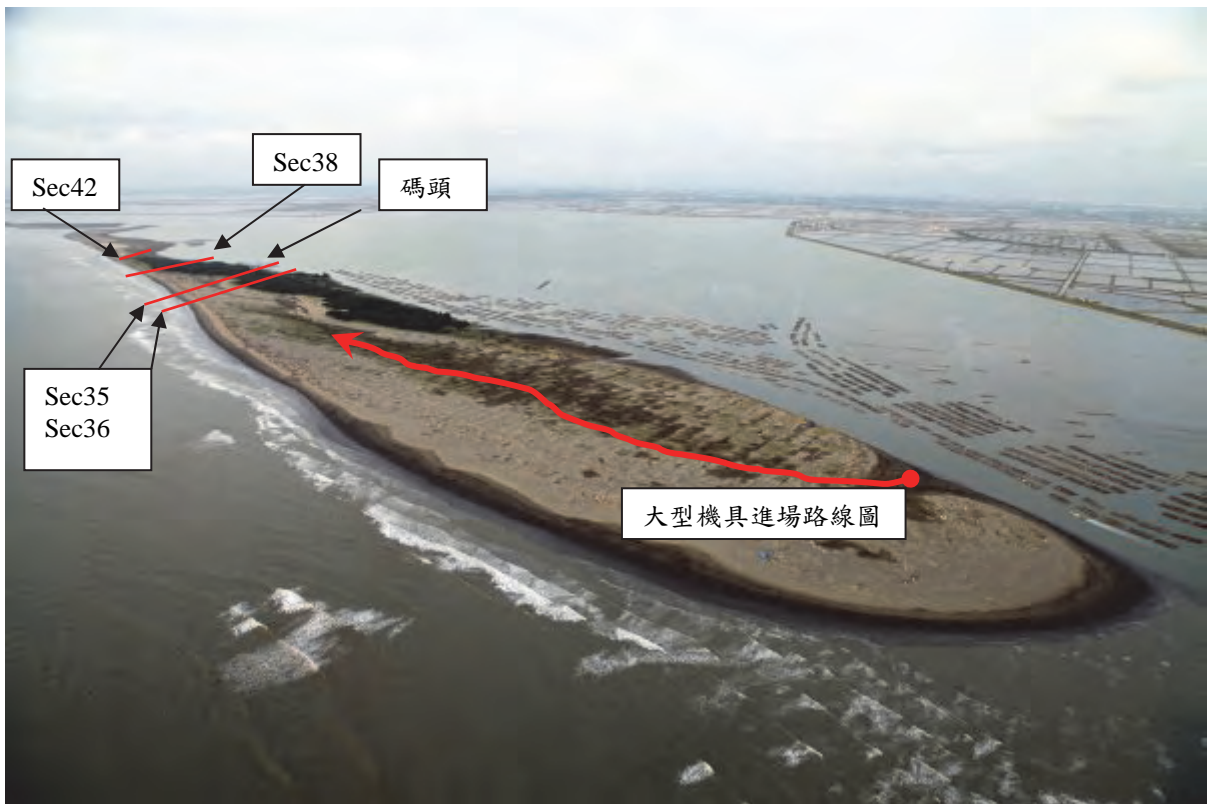
本工作團隊規劃怪手進駐網仔寮汕的路線，如圖4-2-1所示，此路線規劃以儘量減少怪手行進對沙洲植生之影響，並考量在怪手進駐期間發生颱風時，怪手的避災區域與撤退動線。



照片4-2-1 怪手及桶筏載具



照片4-2-2 膠筏拖運



照片來源：台灣地景保育網

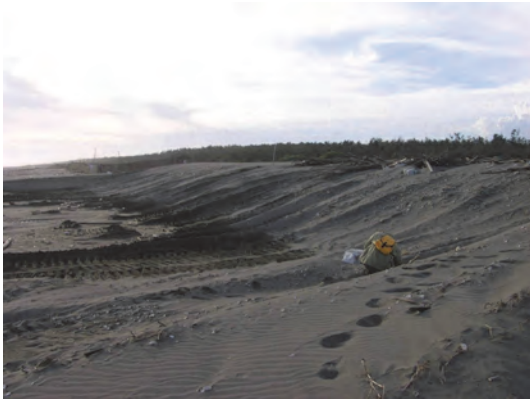
圖4-2-1 大型機具進入網仔寮汕初步規劃路線圖

#### 4. 漂流木清除與人工沙丘施作規劃：

本工作團隊曾在台南市青草崙與四草海岸段進行人工沙丘復育試驗，照片4-2-3所示為青草崙海岸人工沙丘剛完成時之情況。照片4-2-4所示為沙丘現況，整區已被綠色植被覆蓋。照

片4-2-5所示為四草海岸段之人工沙丘建構，照片4-2-6所示為沙丘現況，綠意盎然。

本計畫將在網仔寮汕上進行人工沙丘施作，人工沙丘斷面與施作方式將參考青草崙與四草海岸段之經驗，依規劃的斷面，以怪手施作沙土及漂流木為堤心之人工沙丘(圖例如照片4-2-7~照片4-2-8所示)，而木平台兩側各50m範圍內的漂流木將在此一期間清除(如圖4-2-2及照片4-2-9~照片4-2-10所示)。惟有些沙灘上之漂流木，其視覺效果甚佳者(如照片4-2-11所示)，將讓其留在原地，不予移除。



照片4-2-3 青草崙人工沙丘施作照片



照片4-2-4 青草崙102年後人工沙丘和原本沙丘融合



照片4-2-5 四草人工沙丘施作(99年)



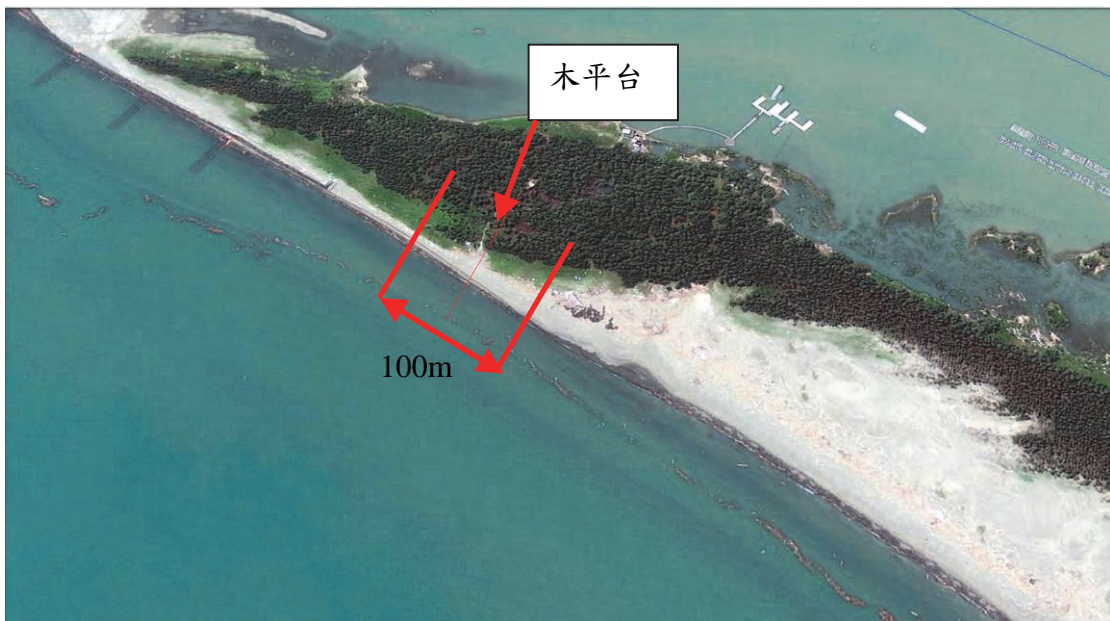
照片4-2-6 3年後四草人工沙丘與環境融合(102年)



照片4-2-7 漂流木掩埋(林管處)



照片4-2-8 堤心挖掘及漂流木  
淹埋



資料來源：google earth

圖4-2-2 木平台清理漂流木的範圍



照片4-2-9 木平台(由南往北)



照片4-2-10 木平台(由北往南)



照片4-2-11 網仔寮汕木平台南側海灘上之漂流木

### (三) 現地試驗施作期程規劃：

網仔寮汕為離岸沙洲，在現地試驗施作進行時，需特別注意安全。本計畫擬訂在網仔寮汕之施工作業條件如下：

風：陸上颱風警報發佈或常時風速達10m/s時，需停止工作。

霧：能見度小於1km，需停止工作。

雨：降雨量大於10 mm，需停止工作。

在期程考量上，為了避免受颱風影響，本計畫將於10~11月間進行漂流木清除與人工沙丘施作。各項作業內容預計所需工作日，整理如表4-2-1所示，在無天候因素干擾情況下，預計約需10個工作天。



表4-2-1 現地試驗施作預定工作時程表

漂流木應用於網仔寮沙洲防護試驗-網子寮汕現地試驗

項目	單位/天	102年10月		102年11月			備註
		18~27	28~31	1~3	4~10	11~17	
機具進場	1						
南試驗樣區(S1樣區)-漂流木堆疊	1						
南試驗樣區(S2樣區)-漂流木堆疊	1						
木平台附近清理(南北各50m)	3						
北試驗樣區(N樣區)-砂方挖掘	1						
北試驗樣區(N樣區)-漂流木掩埋	2						
北試驗樣區(N樣區)-砂方覆蓋	1						
預定進度		10%	35%	15%	40%	0%	
累計進度	10	10%	45%	60%	100%	100%	100%

### 4-3 現地試驗施作

#### (一) 漂流木清除與人工沙丘施作流程

圖4-3-1所示為本計畫漂流木清除與人工沙丘施作的流程圖，首先需先將怪手置於桶筏載具，以膠筏拖運至網仔寮汕南段，上岸後由圖4-2-1之規劃路線，進駐計畫試驗區，再進行漂流木清理、堆疊與人工沙丘施作。現地試驗方案之施工順序整理如下：

1. 怪手先拖運至網仔寮汕。
2. 施作時依序由南往北進行，先施作南側S1及S2樣區，再清理木平台附近區域，最後施作北側N樣區。
3. 清理與集中南側S1樣區附近之漂流木，以漂流木堆疊人工沙丘架構，預計2個工作天完成。
4. 清理與集中木平台南、北各50m區域之漂流木，並將漂流木集中至S2樣區，再以漂流木堆疊人工沙丘架構，預計4個工作天完成。
5. 北側N試驗樣區漂流木清理與集中，預計2個工作天完成。
6. 掩埋漂流木，並覆蓋砂土成人工沙丘，預計2個工作天完成。

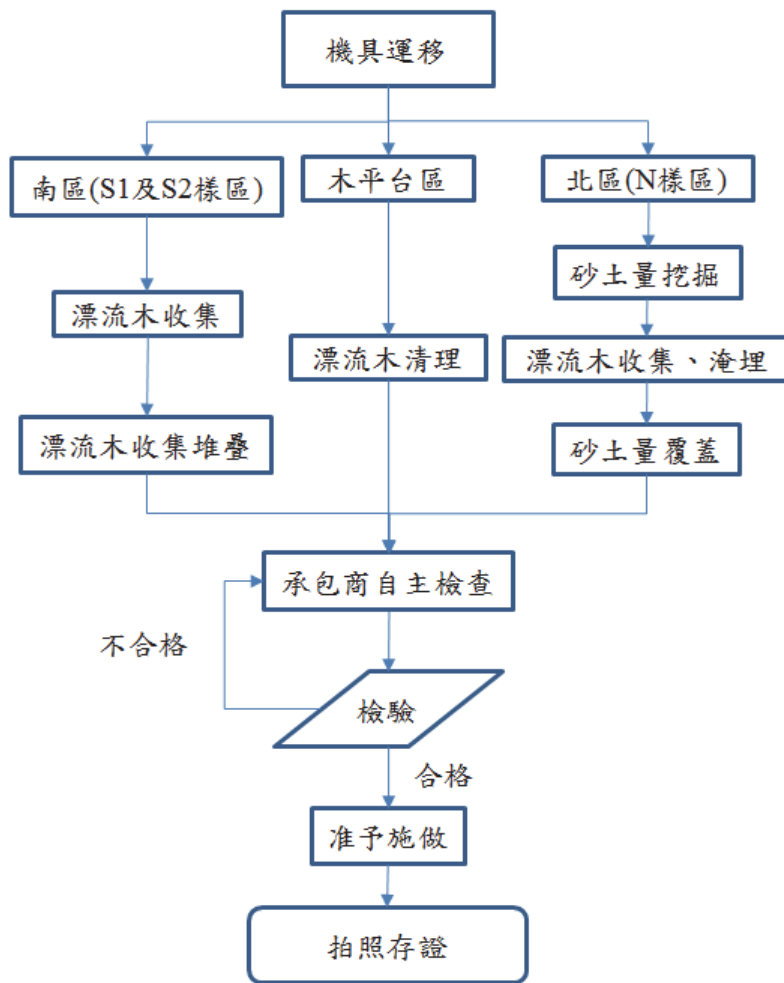


圖4-3-1 漂流木清除與人工沙丘施作的流程圖

## (二) 漂流木清除與人工沙丘施作過程說明

### 1. 機具及工作人員配置

表4-3-1所示為本計畫使用之施工機具。表4-3-2所示則為機具及工作人員配置表。

表4-3-1 施工機具一覽表

機具名稱	數量	用途
載具	1	運移怪手至沙洲
船筏	1	拖運載具的動力船
怪手	1	填挖土方、運移漂流木

表4-3-2 機具及工作人員配置表

施工機具	數量	人員/人	主要工作
怪手(120P)	1	操作手*1	配合工作人員進行作業
船筏/載具	2/1	2/1	配合工作人員進行作業
工人	2	2	配合怪手搬運作業

2. 10月28日工作內容：機具運輸

10月18日週五下午，怪手已駛至七股潟湖的南灣碼頭附近就定位，準備拖運(照片4-3-1)。但由於適逢利奇馬颱風來襲，且東北季風接續到來，加之要避開週末以降低對觀光航運的影響，因此直至10月28日下午3時才配合潮汐開始拖運怪手，並於當天下午5時抵達網子寮汕，完成拖運，其過程如照片4-3-2~照片4-3-3所示。

3. 10月29日工作內容：先將S1樣區(斷面35)附近的漂流木集中，堆移至S1樣區內(照片4-3-4~照片4-3-5)。因受海水浸潤與陽光長期曝曬，使得竹子與較短小的漂流木變得脆弱，在怪手輾壓與長距離運送過程中，容易碎裂成更小碎片，使得將其收集至人工沙丘樣區的困難度增加。這些零散的竹子或漂流木碎片因體積小易被風吹沙掩埋，成為海岸沙灘的一部分。
4. 10月30日工作內容：因S1樣區(斷面35)附近的漂流木數量並不足以構築人工沙丘至規劃高度(照片4-3-6)，因此工作人員持續往南(至斷面32處)清理漂流木。之後，開始清理木平台南、北各50m間之區域(照片4-3-7~照片4-3-9)，並將漂流木集中至S2樣區(斷面36)。
5. 10月31日工作內容：完成清理木平台南、北各50m區域之漂流木(照片4-3-10)，木平台南側樹林外緣的漂流木亦一併清除(照片4-3-11)。在清理過程中，將標示之一級木儘量放置於顯眼處，以方便辨識(照片4-3-12)，而所清理收集之漂流木集中堆疊至S2樣區內(照片4-3-13)。
6. 11月01日：早上完成清理木平台至S2樣區間之漂流木(照片4-3-14所示)，S2樣區也大致完成(照片4-3-15)。下午再清理S1樣區後方靠近樹林區域之漂流木，以進一步堆疊S1樣區之人工沙丘(照片4-3-16)。

7. 11月02日：早上初步完成S1樣區、S2樣區以及至木平台區間收尾的動作(照片4-3-17)。下午則前往N樣區進行施作(照片4-3-18)。
8. 11月03日：早上先進行N樣區前緣挖掘的動作，並將挖出的土方堆置N樣區後緣(有圍籬定沙的區域進行高度的補強如照片4-3-19所示)。下午開始清理並集中附近漂流木(照片4-3-20)。
9. 11月04日：持續進行N樣區附近的漂流木並將其集中堆置於樣區上(照片4-3-21)。
10. 11月05日：初步完成N樣區人工沙丘的建置(照片4-3-22)，並完成N樣區附近漂流木的清理(照片4-3-23)。
11. 11月06日：會同台江國家公園管理處之人員進行樣區及漂流木清理之會勘(照片4-3-24)。並於11月07日完成補強的動作(也就是將N樣區與附近天然沙丘進行鏈結避免出現越洗通道，如照片4-3-25所示)。



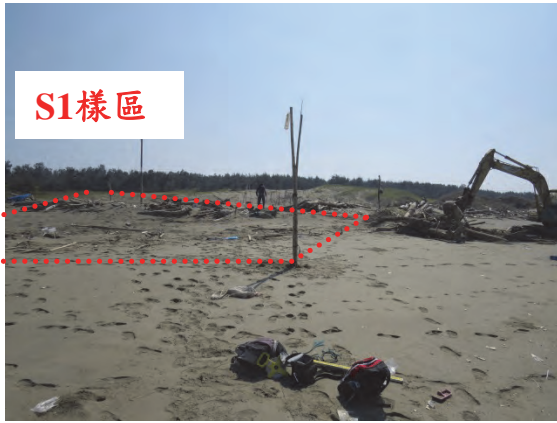
照片4-3-1 機具就定位(拖運前10/21)



照片4-3-2 機具運輸(拖運過程10/28)



照片4-3-3 機具運輸(抵達網子寮汕10/28)



照片4-3-4 漂流木集中(10/29)



照片4-3-5 S1樣區堆疊(10/29)



照片4-3-6 S1樣區南側已無漂流木(10/30)



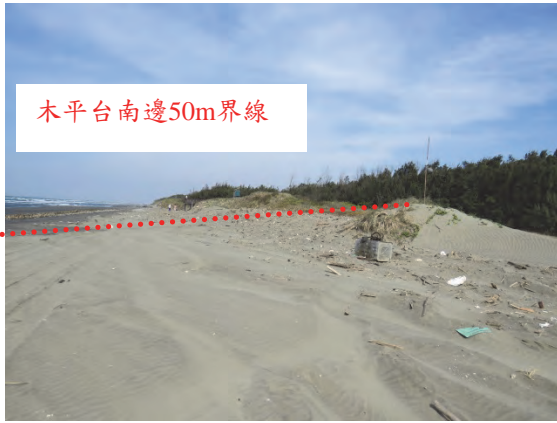
照片4-3-7 木平台北側清理(10/30)



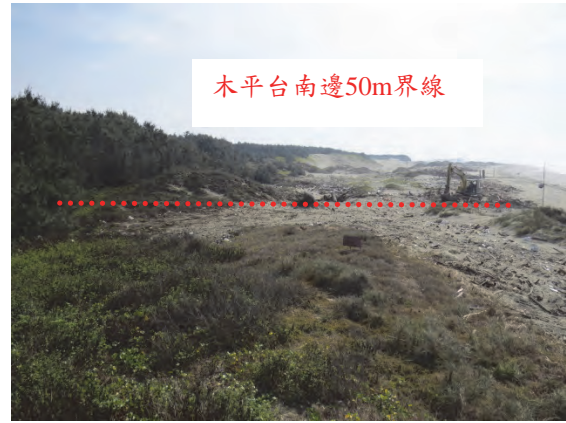
照片4-3-8 木平台附近清理(10/30)



照片4-3-9 木平台南側清理(10/30)



照片4-3-10 木平台南北50m清理完成(10/31)



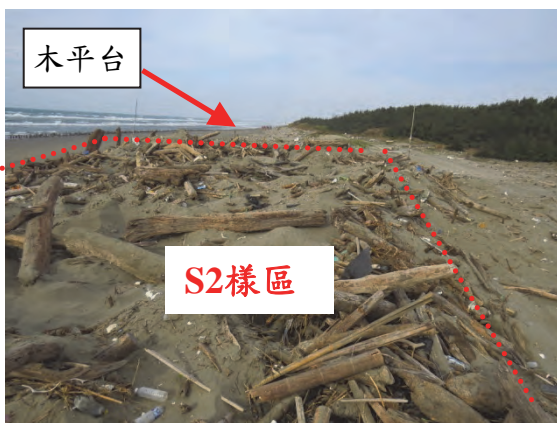
照片4-3-11 木平台南側後方清理(10/31)



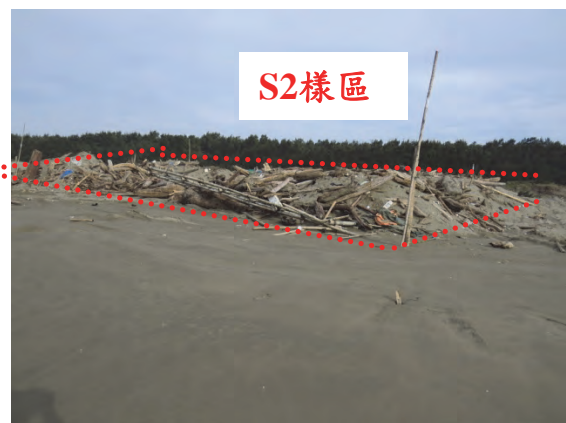
照片4-3-12 一級木標示(放置顯眼處10/31)



照片4-3-13 S2樣區堆疊(10/31)



照片4-3-14 清空S2樣區附近的漂流木(11/1)



照片4-3-15 S2樣區初步完成(11/1)



照片4-3-16 S1樣區後方漂流木之收集



照片4-3-17 S1及S2樣區後方清理(11/2)



照片4-3-18 N樣區的施作(11/3)



照片4-3-19 N樣區土方堆置(11/3)



照片4-3-20 N樣區漂流木集中(11/3)



照片4-3-21 N樣區漂流木堆置(11/4)



照片4-3-22 初步完成N樣區(11/5)



照片4-3-23 N樣區附近漂流木清理(11/5)



照片4-3-24 與委辦單位人員進行漂流木清理之會勘(11/6)



照片4-3-25 將N樣區與附近天然沙丘進行連結(11/7)

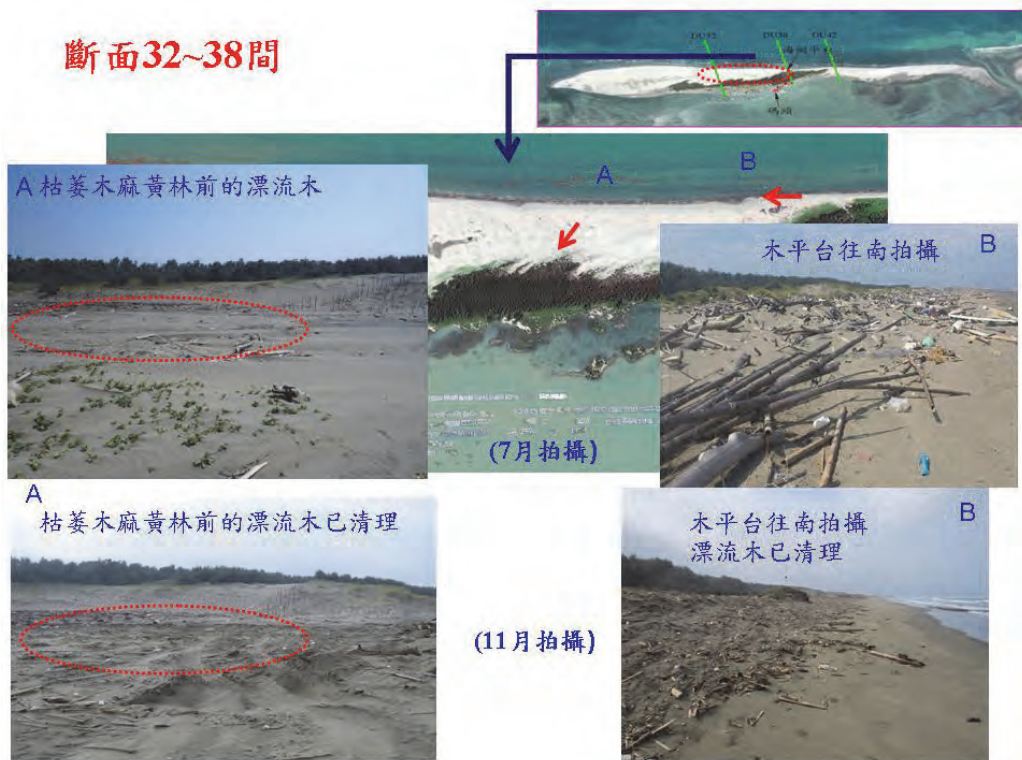
### (三) 漂流木清除與人工沙丘施作成果

為清楚表示本計畫漂流木清除與人工沙丘施作之成果，乃把漂流木清除與人工沙丘施作前後的照片放在一起，以利進行比較。照片4-3-26所示為木平台南側斷面32~38間漂流木之清理情形。照片4-3-27所示為木平台附近(斷面38)漂流木之清理情形。照片4-3-28所示為木平台北側斷面38~42間，此段海岸因有海岸保護沙袋與竹樁，本計畫未清理此段海岸，但由照片比較顯示，其受天兔颱風影響顯著，天兔颱風過後，海岸保護竹樁、沙袋保護工與漂流木均消失殆盡，只殘存一些受損的沙袋。照片4-3-29所示則為斷面42附近漂流木之清理情形。上述結果顯示，經過清

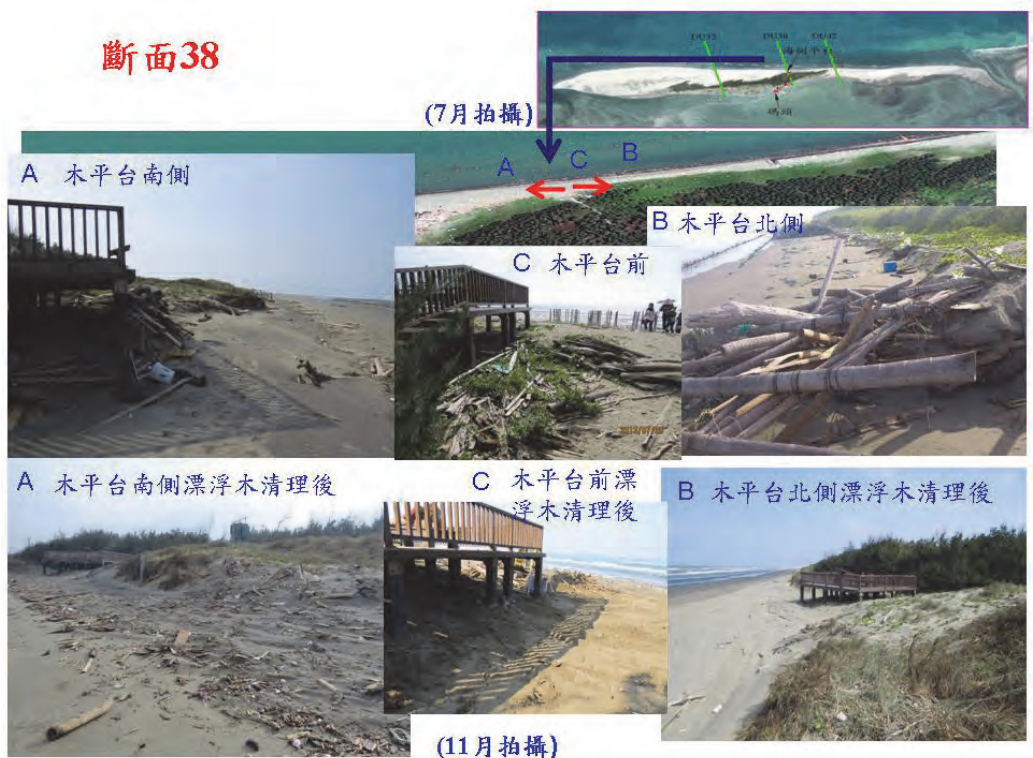


理後，木平台附近海岸的景觀有明顯改善，尤其，若依招標規範本計畫只需清理木平台南北兩側50m內之漂流木，但本計畫實際清理範圍達斷面32處(照片4-3-30)，比原規定多處理了300~400公尺。然而必須說明的是，新的海岸漂浮物在未來可能會隨著風力、海流再漂流進計畫區，在累積至一定程度後，有必要再進行清理，以利海岸環境之維持。

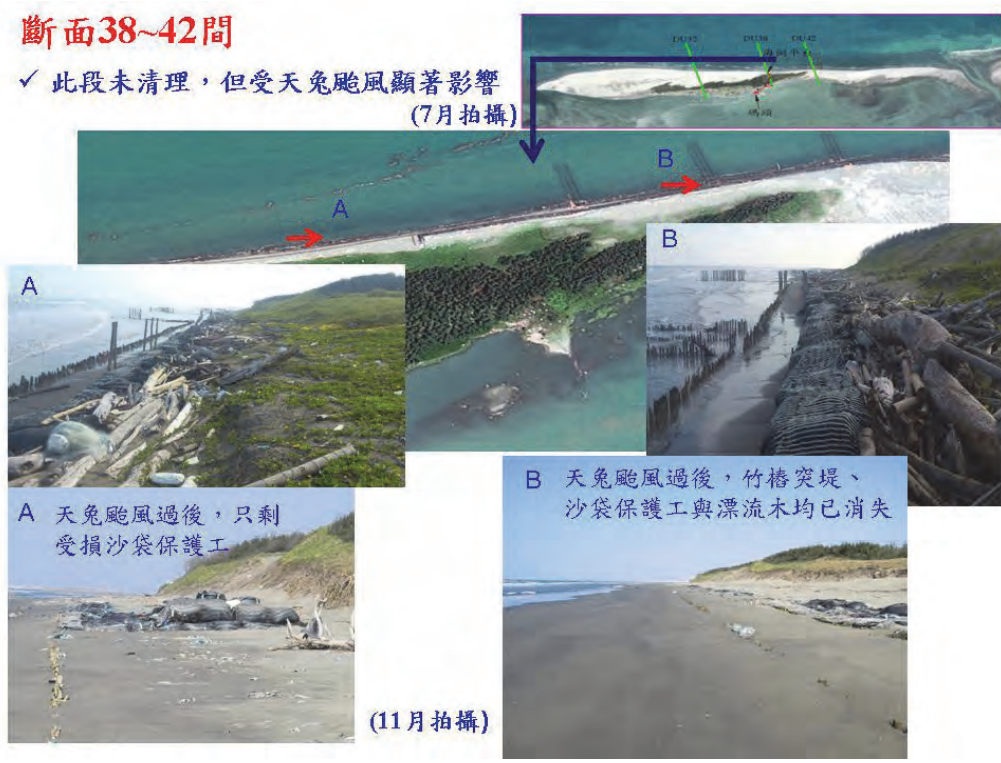
照片4-3-31與照片4-3-32所示為S1與S2樣區人工沙丘施作前與施作後之比較，此區以人工堆置漂流木來聚沙，冀能加速沙丘形成，亦冀能達到減緩風吹沙往木麻黃林區飄移之目的。照片4-3-33所示則為N樣區人工沙丘施作前與施作後之比較。



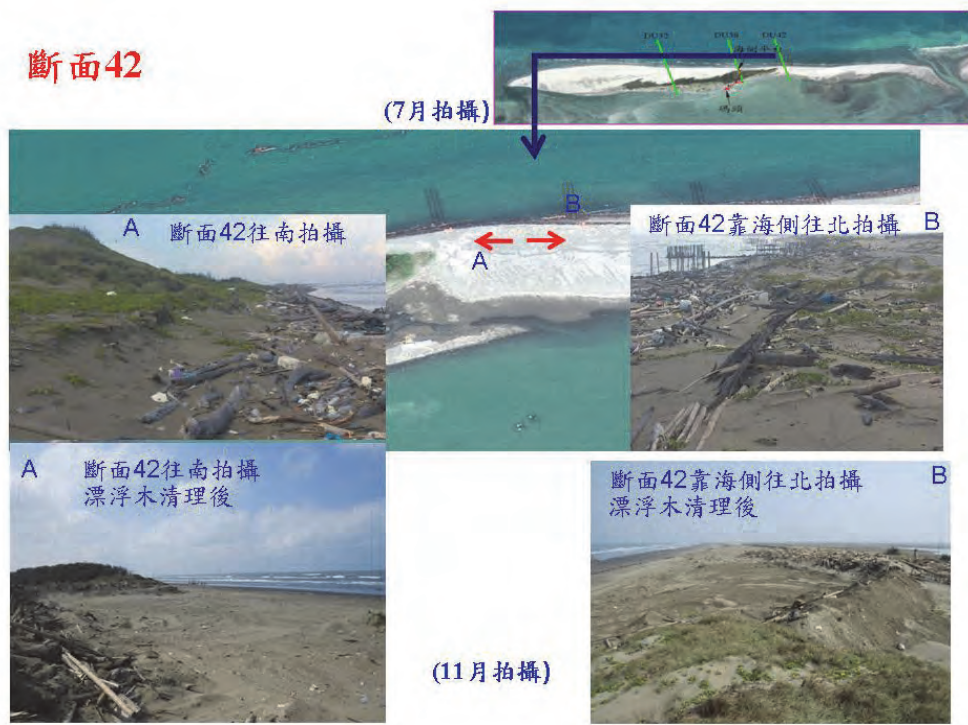
照片4-3-26 木平台南側斷面32~38間漂流木清理情形



照片4-3-27 木平台附近(断面38)漂流木清理情形



照片4-3-28 木平台北側断面38~42間之海岸景觀變化



照片4-3-29 断面42附近漂流木清理情形



照片4-3-30 木平台南側至断面32之漂流木清理



S1樣區人工沙丘施作前的情形



S1樣區人工沙丘施作後的情形

照片4-3-31 S1樣區人工沙丘施作前與施作後之比較



S2樣區施作前

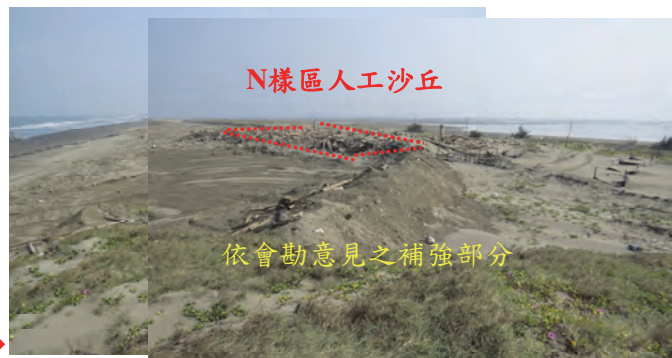


施作後S2樣區人工沙丘

照片4-3-32 S2樣區人工沙丘施作前與施作後之比較



N樣區施作前



施作後N樣區之人工沙丘

照片4-3-33 N樣區人工沙丘施作前與施作後之比較

## 伍、沙洲防護試驗之監測與評估

### 5-1 地形剖面測量

#### (一) 施測頻率

試驗期間需每兩個月進行一次樣區的地形剖面測量，以比較分析沙洲防護成效。

#### (二) 測設數量

本計畫預定在試驗現場規劃三個試驗組別分別為木平台附近之試驗溯升計(近斷面38)、觀景台的北側人工沙丘區N樣區(斷面42附近)以及觀景台的南側人工沙丘區近斷面36之S2區以及近斷面35之S1區)。每一樣區以沿海岸方向20~25m長以及向內陸方向20m寬的規格來規劃，每一試驗樣區亦同時規劃一條地形測量及植生覆蓋調查的剖線，測量調查頻率每兩個月一次，圖5-1-1所示為個別樣區的規劃示意圖。

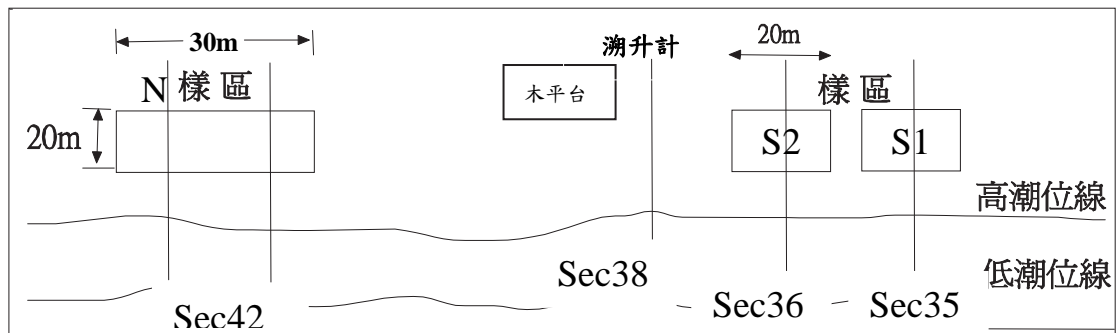


圖5-1-1 個別樣區的規劃示意圖

#### (三) 施測方法

測量控制系統以控制測量項目以公尺為單位計至公厘為止，餘則以公尺為單位計至公分為止。

- 平面基準：採用內政部公告之TWD97二度分帶坐標系統。
- 高程基準：採用內政部TWVD2001水準系統為高程基準(基隆中潮系統)。
- 基本(主)控制樁部分，採用第六河川局「台南縣海堤區域勘測

檢討暨管理系統建置計畫」案，於各段海堤以每250m間隔埋設海堤控制樁(如表5-1-1所示)，而本計畫原則上於測區南北中分別使用一基本控制樁即可，故預計引用舊有樁位，待實際清查現況保持良好之樁位後引用而不再另行埋樁，以避免資源浪費及樁位設置之混亂。圖5-1-2所示為計畫測量範圍之控制樁位置圖。

- 控制點使用前需與臨樁進行邊長檢測及水準檢測，其邊長偏差不得大於 $0.02m+5\text{ppm } L$ ，其中 $L$ 為邊長公尺數，高程誤差將控制使小於 $12\text{mm}\sqrt{k}$ ，其中 $k$ 為路線長公里數。而確實無誤後方可採用。

#### (四) 試驗樣區高程測量

沙洲高程測量預計採用人工陸域測量方式，用全站式經緯儀或RTK即時動態測量，以三次元數值法方式測繪，皆儘量選用退潮時段測量潮間帶區域，現場作業採用儀器如表5-1-2所示。

本計畫於2013年7月20日、9月12日、11月13日與2014年1月2日至網仔寮汕進行4次試驗樣區的地形高程量測，其中前兩次係在人工沙丘設置前測量，後兩次在人工沙丘設置後測量，如圖5-1-3所示，總共量測6條剖面線的高程，在斷面42附近有3條剖面線、斷面35、36、38附近則各有1條剖面線，為掌握更多人工沙丘建置後的高程變化狀況，人工沙丘設置後的量測點位較密，儘量包括整個樣區(圖5-1-3續2與續3)。

其中表5-1-1之GNO18為引測點之校正點，而引測點的坐標為 $N=2559692.033$ ， $S=153542.762$ ，高 $=+ 5.174 \text{ m}$ (TWD97坐標，如圖5-1-3所示，引測點的位置在網仔寮汕北側林務之盡頭靠近N樣區的南側)。

表5-1-1 控制樁位置

點 號	TWD97坐標系統		高 程 (m)	備 註
	縱坐標(N)	橫坐標(E)		
GNO17	2560791.227	155433.644	3.572	七股鹽田
GNO18	2560565.790	155467.217	3.260	七股鹽田
GNO19	2560570.281	155721.568	3.265	七股鹽田
GNO20	2560574.571	155972.979	3.195	七股鹽田
GNO21	2560577.316	156204.082	3.321	七股鹽田
GNO22	2560536.655	156399.388	3.080	七股鹽田
HNO01	2560490.210	156405.336	3.144	龍山海堤
HNO02	2560271.366	156297.461	3.671	龍山海堤
HNO03	2560026.850	156329.302	3.796	龍山海堤
HNO04	2559791.017	156393.382	3.528	龍山海堤
HNO05	2559640.744	156483.647	3.463	龍山海堤
HNO06	2559422.116	156407.493	3.781	龍山海堤
HNO07	2559184.592	156318.456	3.742	龍山海堤
HNO08	2558942.648	156268.741	3.935	龍山海堤
HNO09	2558697.941	156337.047	3.147	龍山海堤
HNO10	2558542.526	156402.706	3.157	龍山海堤
HNO11	2558292.607	156620.998	3.178	龍山海堤
HNO12	2558162.905	156726.119	3.070	龍山海堤
INO01	2557870.693	156605.264	3.361	曾文海埔地海堤
INO02	2558063.195	156468.450	3.523	曾文海埔地海堤
INO03	2558223.773	156286.580	3.618	曾文海埔地海堤
INO04	2558300.377	156051.889	3.380	曾文海埔地海堤
INO05	2558280.820	155819.196	3.354	曾文海埔地海堤
INO06	2558257.132	155542.386	3.450	曾文海埔地海堤
INO07	2558239.824	155343.371	3.475	曾文海埔地海堤
INO08	2558209.016	155088.046	3.448	曾文海埔地海堤
INO09	2558106.733	154875.051	3.492	曾文海埔地海堤
INO10	2558002.367	154660.232	3.515	曾文海埔地海堤
INO11	2557895.859	154441.098	3.522	曾文海埔地海堤
INO12	2557785.171	154213.131	3.531	曾文海埔地海堤
INO13	2557682.691	154002.254	3.522	曾文海埔地海堤
INO14	2557579.303	153789.784	3.492	曾文海埔地海堤
INO15	2557472.085	153568.548	3.580	曾文海埔地海堤

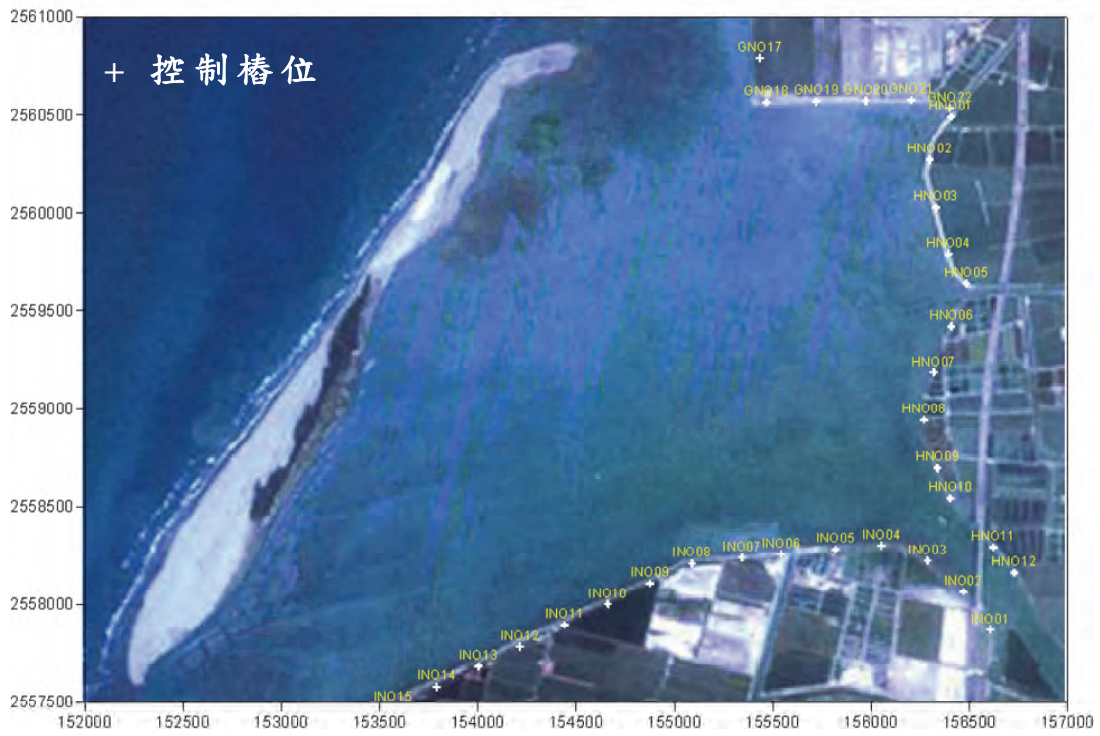


圖5-1-2 控制樁位置放大圖(網仔寮汕附近)

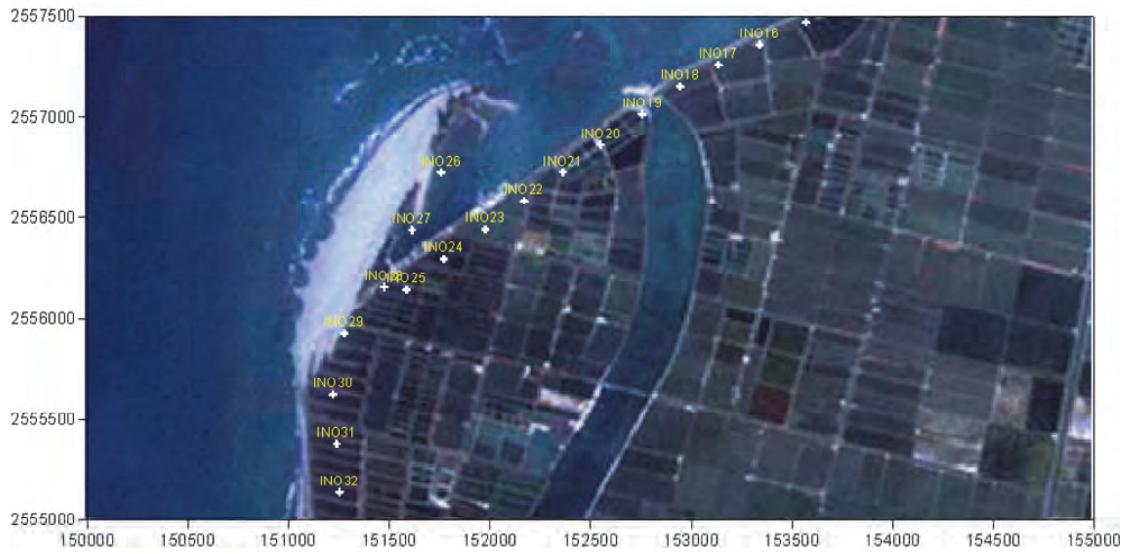


圖5-1-2 (續)控制樁位置放大圖(頂頭額汕附近)



表5-1-2 測量作業使用儀器

工作項目	儀器型式/規格	儀器相片
海上定位測量及陸域地形測量(及已知點檢測)	Trimble 5700 衛星定位接收儀 電碼差分： 水平精度 0.25m+1ppm 垂直精度 0.50m+2ppm 。 靜態和快速靜態 GPS 測量： 水平精度 5mm+0.5ppm 垂直精度 5m+2ppm RTK 即時動態測量： 水平精度 1cm+1ppm 垂直精度 2cm+2ppm DGPS 即時差分： 水平精度 0.50m 以內	
高程控制點檢測	Sokkia B21 水準儀 估讀至 1mm	
海灘斷面地形測量(含已知點檢測及導線測量)	Zeiss Elta 13C 全站儀 測角精度 1.5 秒 測距精度 2mm+2ppm	

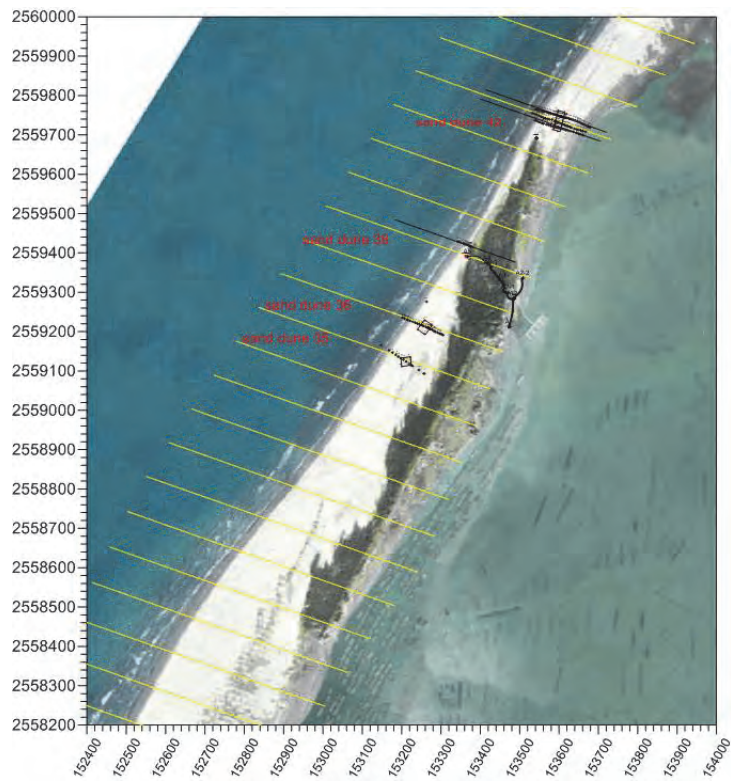


圖5-1-3 第一次斷面地形量測點位圖(2013/7/20)

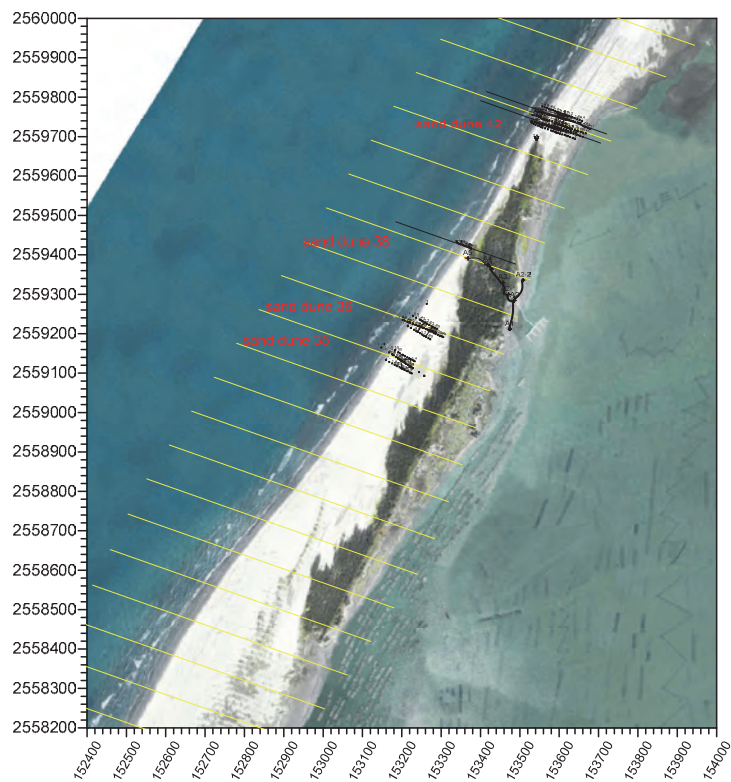


圖5-1-3 (續1)第二次斷面地形量測點位圖(2013/9/12)

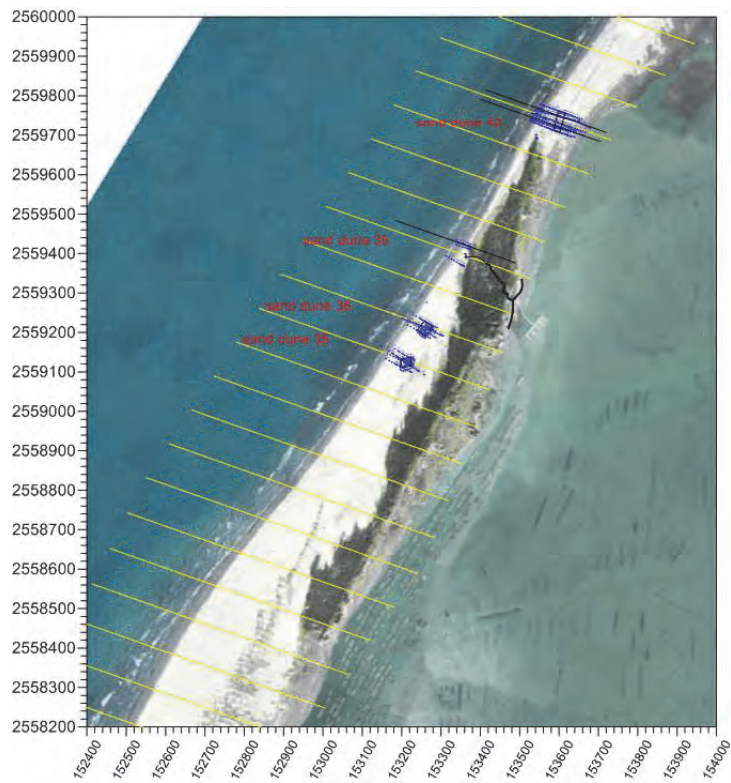


圖5-1-3 (續2)第三次斷面地形量測點位圖(2013/11/13)

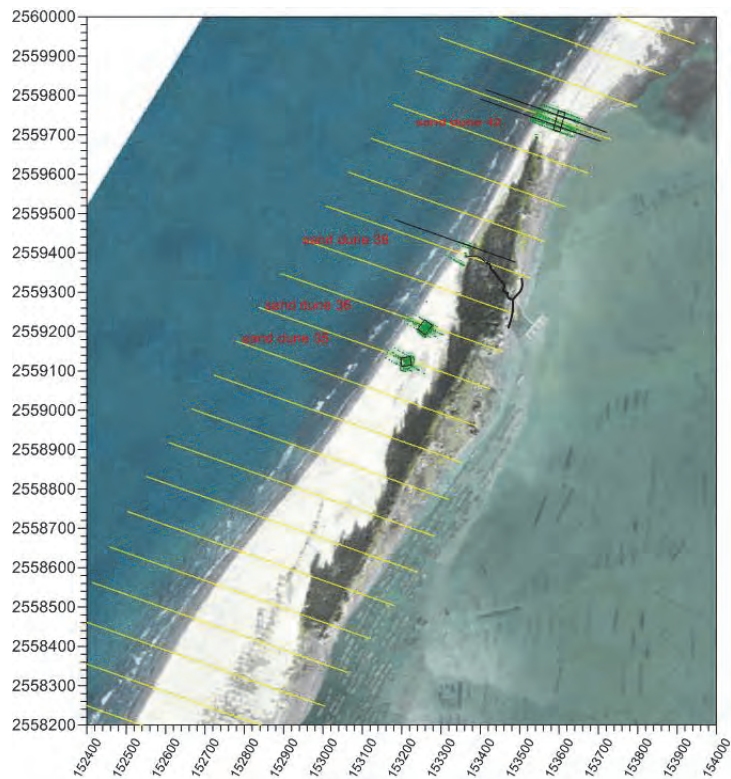


圖5-1-3 (續3)第四次斷面地形量測點位圖(2014/1/2)

## (五) 試驗樣區高程測量成果分析

圖5-1-4所示為本計畫在人工沙丘樣區測量所得之斷面高程剖面變化。圖中顯示，在7月20日至9月12日兩次斷面高程測量期間，有潭美颱風(8/20~22)與康芮颱風(8/27~28)影響台灣，其對不同試驗區位的斷面高程有不同程度的影響。在木平台南側的斷面35與36，因為海岸後濱區之沙灘面積大且植生覆蓋面積相對較少，屬於風飛沙較活躍的區位，因此易受颱風造成風吹砂的影響，致使颱風過後，此二斷面的高程，因風蝕而顯著變低，損失的沙源則淤積在後方沙丘間的Dune Slack處(圖4-1-4)。在斷面38的木平台附近，此區沙灘短，後濱區的乾沙面積小，自然沙丘上亦已有茂密植生保護，海灘高程受風蝕的影響相對較小。然因此處之海灘短窄，其海側受暴潮巨浪的影響較顯著。至於木平台北側的斷面42附近，其海岸後濱區現有大量漂流木與貝殼覆蓋其上，有益於抵抗風蝕，因此斷面高程受颱風的影響亦較不明顯，唯因其近濱與前濱區高程較低，易受颱風帶來浪潮的影響。

本計畫在2013年11月6日完成人工沙丘之建置，人工沙丘設置後的斷面高程測量結果顯示，S1與S2樣區雖然只以漂流木堆置而成，但因適逢冬季，東北季風所導致的風吹砂，使得S1與S2樣區在短期間內(1~2星期)就有顯著聚沙，風吹砂源先填滿堆置漂流木間的空隙後，逐漸在背風區淤積，相對而言，在沙丘迎風面的風吹砂淤積量則較有限。沙丘高度的增加量，則由S1樣區與S2樣區於沙丘構築完成時之最高斷面高程約+2.5m與+2.5m，迅速增加為+3.5m、+3.5m。而與海岸呈12度夾角的S1樣區，其穩定度較平行海岸的S2樣區高，較能穩定提供植生較佳的繁衍環境；照片5-1-1~5-1-2顯示S1樣區的背風面，其dune horns穩定成長。相對的，S2樣區因與主風向呈夾角，目前的觀測顯示，其所形成之沙丘極易因風向而變化；照片5-1-3~5-1-4顯示，S2樣區的背風面，其dune horns會隨著風向改變而搖擺不定。至於N樣區，因為有挖坑埋漂流木且原來靠潟湖側因圍籬定沙成效佳，高程原就較高，約達+3m，因此由漂流木與沙混合堆置而成的人工沙丘主要建置在海側位置，人工沙丘外型較為完整。但相對的，建置前後的高程變化則較小(相對於S1與S2樣區)，最高斷面高程僅由沙丘構築完成時之約+3.5m增加為+3.8m，然而現勘成果亦明顯可見風吹砂源對沙丘成長之貢獻，照片5-1-5~5-1-6顯示其背風面

dune horns 呈穩定成長。

在沙丘前緣至海岸線間的斷面高程比較則顯示，經歷夏季颱風波浪的作用，海岸線的位置在這段期間明顯後退，使得沙丘前緣相當接近水線，各監測斷面海灘後退程度分別為斷面35(S1樣區)約30m、斷面36(S2樣區)約15m、斷面42(N樣區)約30m。然而依據過去的經驗，台南海岸沙灘常呈夏侵冬淤之季節性變化，因此持續進行較長期之監測，有益於對海岸沙丘演變的掌握。

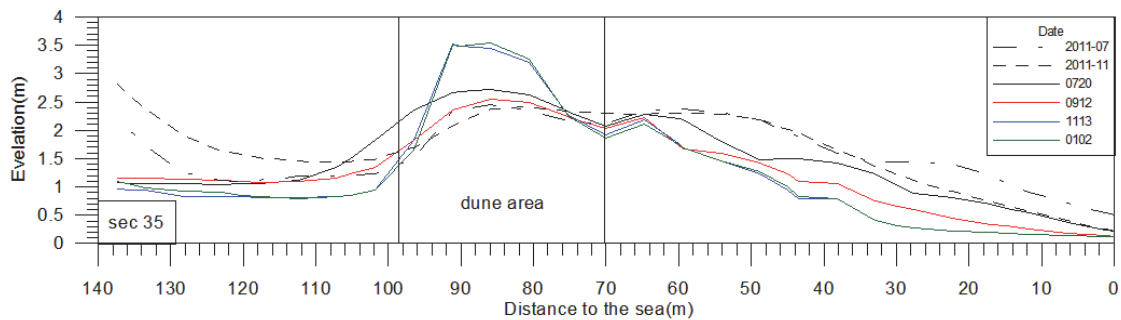


圖5-1-4 斷面35之地形剖面圖(S1樣區)

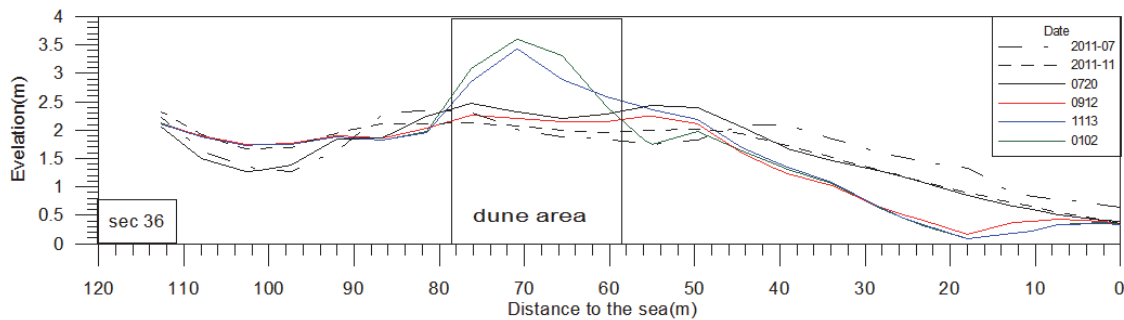


圖5-1-4 (續1) 斷面36之地形剖面圖(S2樣區)

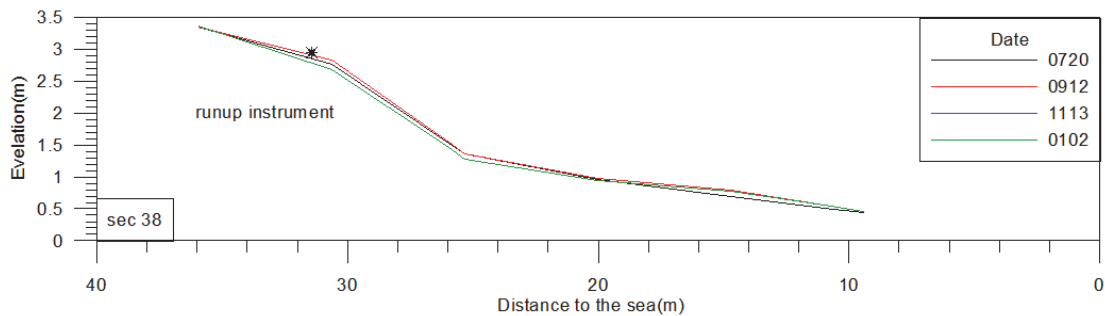


圖5-1-4 (續2) 斷面38之地形剖面圖(溯升計高程)

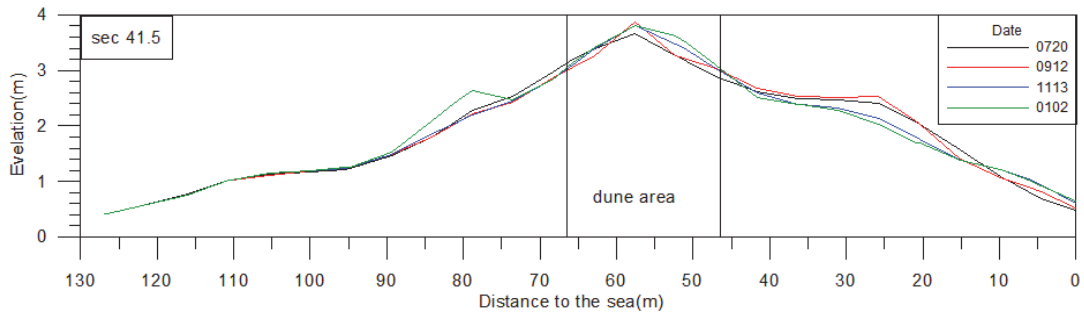


圖5-1-4 (續3)斷面42南邊之地形剖面圖(N樣區南側)

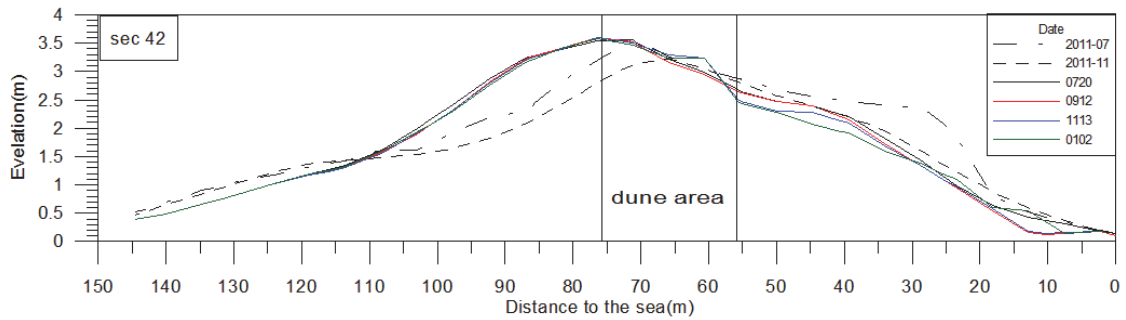


圖5-1-4 (續4)斷面42之地形剖面圖(N樣區中央)

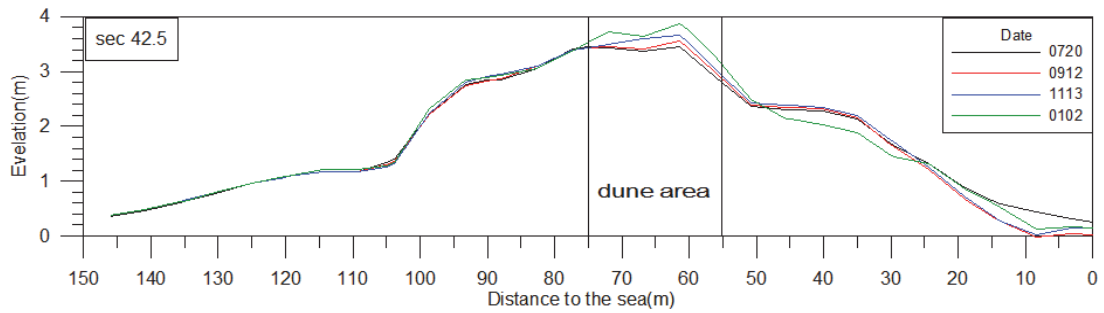


圖5-1-4 (續5)斷面42北邊之地形剖面圖(N樣區北側)



照片5-1-1 S1樣區背風面的dune horns(2013/11/13)



照片5-1-2 S1樣區背風面的dune horns(2014/01/02)



照片5-1-3 S2樣區背風面的dune horns(2013/11/13)



照片5-1-4 S2樣區背風面的dune horns(2014/01/02)



照片5-1-5 N樣區背風面的dune horns(2013/11/13)



照片5-1-6 N樣區背風面的dune horns(2014/01/02)

## 5-2 波浪溯升高度量測

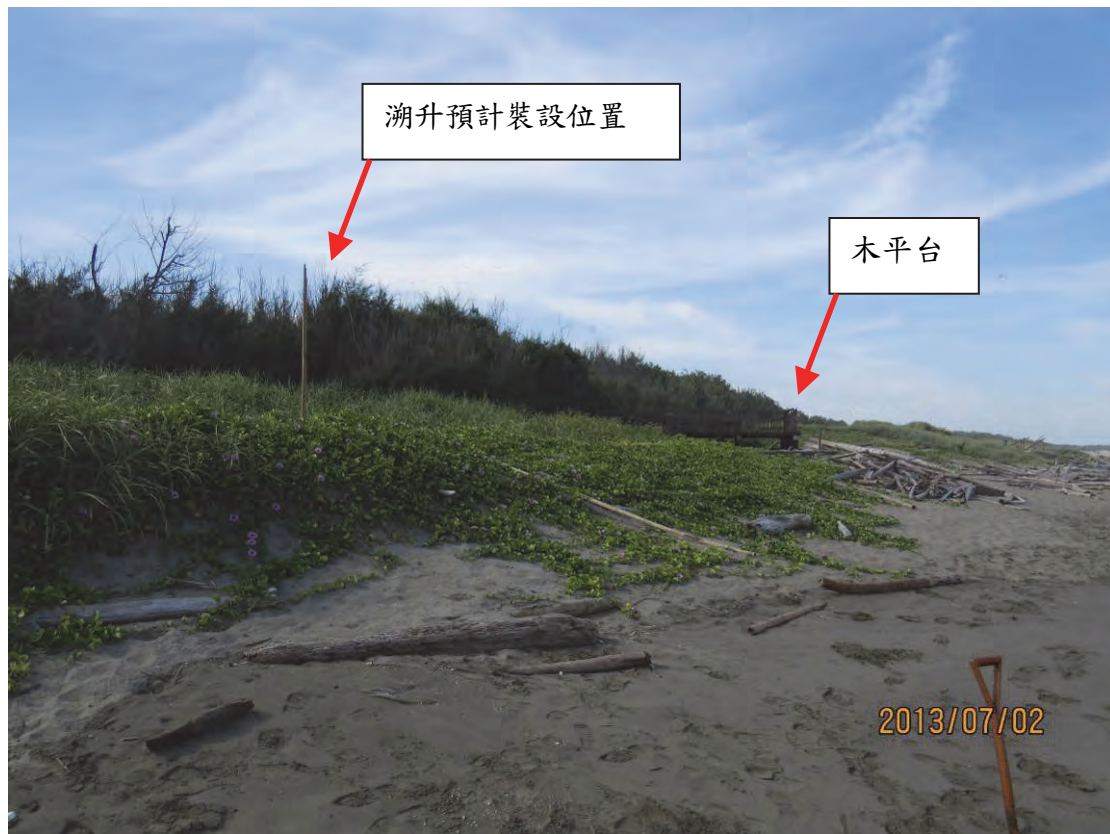
在評估人工沙丘受颱風波浪的破壞狀況時，颱風波浪在沙丘上的溯升高度為一重要參考因素。但招標的內容並未包含此一工作項目。為使資料更完整，本團隊擬於木平台附近進行颱風來襲時之波浪溯升高度量測，以作為提供評估海浪溯升對人工沙丘影響之依據。

### (一) 測量位置

本團隊依據現有資料初步選在木平台附近(如照片5-2-1所示)進行颱風波浪溯升高度量測。

## (二) 量測方法

本團隊擬使用自行研發的波浪溯升量測裝置進行波浪溯升高度量測，圖5-2-1所示為波浪溯升高量測現場佈置示意圖，照片5-2-2~照片5-2-3所示為波浪溯升量測之現場斷面佈置與收錄箱。此組裝置係於測線上打入數支固定樁，並在固定樁上安裝液面感測器，此液面感測器之量測水位零點將設定在海灘面上。當海浪溯升至液面感測器時，液面感測器可記錄海浪淹沒其上的時間及當時的水位，再配合測線高程之測量，可計算波浪的溯升高度及其時序變化。



照片5-2-1 溯升高度量測位置(木平台附近)



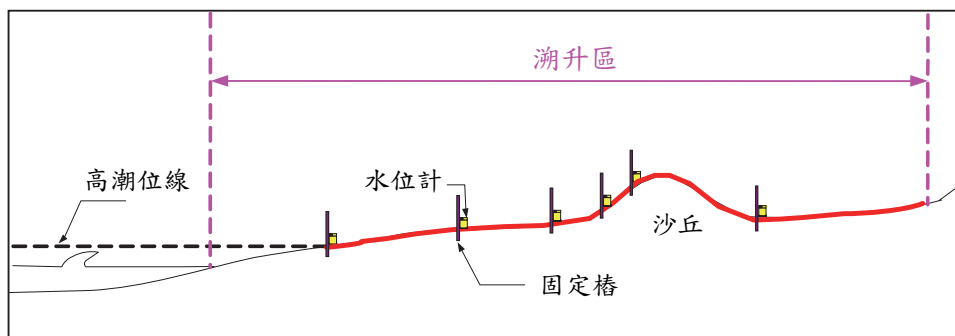


圖5-2-1 波浪溯升高量測現場佈置示意圖



照片5-2-2 波浪溯升高量測現場  
斷面佈置



照片5-2-3 波浪溯升高量測之  
收錄箱

### (三) 波浪溯升高量測儀器之裝設

本計畫在7月20日進行第一次試驗區地形高程測量時，決定將波浪溯升高量測儀器設置在木平台北側，其相對位置如照片5-2-1所示。本工作團隊於8月20日完成波浪溯升高量測儀器基樁之架設，如照片5-2-4~5-2-5所示。工作人員在9月12日進行試驗區地形高程測量時，儀器基樁仍無異狀，在此期間有潭美颱風(8/20~22)與康芮颱風(8/27~28)影響台灣。之後，天兔颱風(9/19~22)與菲特颱風(10/4~7)接續襲台，尤其中以天兔颱風的影響最為劇烈，颱風過後的現勘照片顯示，波浪溯升高量測儀器基樁、溯升計架等均已遭損毀(照片5-2-6)，此區海灘高度明顯變低，海灘寬度內縮約6m(照片4-1-13~4-1-14)，此區域腹地有限，已不適合作為波浪溯升高量測儀器的架設位置。

本計畫乃改選在木平台南側沙丘上(照片5-2-7)，重新架設溯升量測儀器。照片5-2-8~5-2-9所示為工作團隊於10月23日至網仔寮汕新埋設之波浪溯升量測儀器基樁與溯升計架。照片5-2-10~5-2-11所示為隔日完成溯升計感測器佈置。圖5-2-2所示為本計畫量測所得波浪溯升量測位置之斷面高程。



照片5-2-4 基樁及溯升計架



照片5-2-5 溯升計架埋設與固定



照片5-2-6 基樁及溯升計架



照片5-2-7 溯升計基樁更改地



照片5-2-8 基樁及溯升計架



照片5-2-9 溯升計基樁更改地



照片5-2-10 安裝潮升計收錄箱



照片5-2-11 布置升計感測器

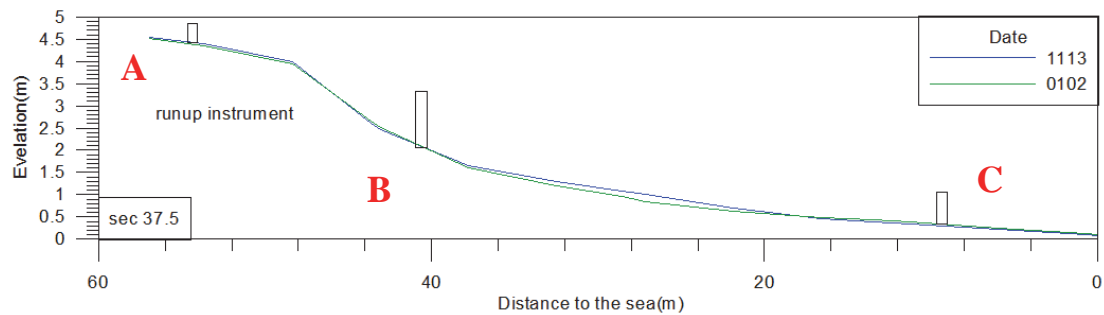


圖5-2-2 波浪溯升量測位置之斷面高程圖

#### (四) 波浪溯升量測儀器測試成果

照片5-2-12所示為本計畫工作人員，於人工沙丘設置完成後，於2013年11月7日進行波浪溯升量測之測試，表5-2-1所示為測試時量得該斷面之最高水位值，在2013年11月7日11時20分、30分與40分分別為0.49m、0.69m、0.89m，其與2013年11月7日11時與12時之將軍潮位為0.45m與0.78m，在數值與水位變化趨勢上均吻合（溯升水位與潮位是不同的物理量，但其比較可作為初步判斷量測結果合理性之依據）。



照片5-2-12 2013年11月7日進行波浪溯升測試

表5-2-1 溯升水位量測之測試成果(2013年11月7日)

時間(時:分)	溯升水位計測得之斷面最高水位
11:30	0.49 m
11:40	0.69 m
11:50	0.89 m

### 5-3 試驗樣區之海岸植生調查

海岸沙丘與海岸植生的存在關係密切，雖然招標內容未包含海岸植生調查，但為使資料更完整，本團隊仍然於試驗樣區進行海岸植生調查，以作為評估人工沙丘之依據。

網仔寮汕為典型濱海離岸沙洲，護衛著七股潟湖。此類生育地保水力差且貧瘠，經常處於高溫、乾旱環境，加上沙粒易隨風移動，植物常遭掩埋或根群暴露。能適應這種乾生環境的植物，大多是宿根性，蔓狀匍匐，葉厚而肉質，葉表被腊質或茸毛，柵狀組織發達，氣

孔內凹，根系發達，莖上節節生根，以固定植物體及增加吸水機能。典型的沙地草本植物有馬鞍藤、濱刀豆、濱刺麥、濱水菜、鹽定等。這類植物藉著形態或生理上的適應，抵抗風害、鹽害及沙埋，並維持水分平衡而生存。海岸植生可以攔阻風飛沙，使沙粒在沙丘區堆積聚集，也可以使已經聚集的沙粒不易再度被風吹走。植栽生長期主要為春夏兩季，進入秋冬季則生長會漸停滯或是乾枯，直至2~3月後春季來臨，才有明顯的發育生長。沙灘上植生種類可以高潮線位置來區分，在高潮線與低潮線之間係屬無維管束植物帶，高潮線以上則以馬鞍藤與濱刺麥為兩大優勢種。

### (一) 調查方法與頻率

#### 1. 前灘植物穿越線調查：

在沙洲斷面35、36與42進行林務區前灘之植物穿越線調查(照片5-3-1, 照片5-3-2)，以記錄植物種類與生長狀況(區分為抽芽、展葉、開花、結實與枯萎等5項)。將分別於2013年的7月、9月與11月以及2014年的1月共進行4次調查。



照片5-3-1 斷面38~42間的沙洲以穿越線調查前灘植物



照片5-3-2 斷面35~36間的沙洲以穿越線調查前灘植物

#### 2. 樣區的樣線調查：

於N樣區、S1樣區以及S2樣區各選擇1條20m樣線(共3條)，分別於人工沙丘建置後之2013年11月與2014年1月，進行2次植生種類與覆蓋度調查。

### (二) 前灘植物穿越線調查結果

本工作團隊於2013年7月20日、9月15日、11月17日以及2014年1月4日，進行四次前灘植物調查，分別在沙洲斷面35、斷面36

與斷面42的林務區前灘進行穿越線植物調查，以記錄植物種類與生長狀況(區分為抽芽、展葉、開花、結實與枯萎等5項)。此四次前灘植物調查之成果，如表5-3-1所示。

第一次調查於7月20日進行，共記錄到14種前灘植物，有6種開花，6種結果實，可能因為7月12日起受蘇力颱風侵台影響，有高達10種植物出現部分枯萎現象。大體而言，馬鞍藤與濱荊麥為優勢種(照片5-3-3-a)，普遍分佈於前灘沙丘，且生長狀況良好，且有開花結果。白茅雖然生長成一大片(照片5-3-3-b)，但只出現在觀景平台北側之迎風高大沙丘面，亦大都已開花結果，僅剩殘花。另外亦發現珍貴稀有的植物老虎心(照片5-3-3-c)，在觀景平台之南、北兩側各有一區，且生長良好，其中在北側的幾株較高老虎心有部分枯萎。

第二次調查於9月15日進行，共記錄到15種前灘植物，有5種展葉，5種開花，2種結果實。馬鞍藤與濱荊麥仍為優勢種(照片5-3-3-e)，普遍分佈於前灘沙丘，且生長良好又開花結果。觀景平台北側的白茅已出現枯萎現象(照片5-3-3-f)。植物老虎心(照片5-3-3-g)生長良好。至於在七月份第一次調查所觀察到觀景平台北側一大片的馬鞍藤與白茅(照片5-3-3-d)，九月份因海灘遭侵蝕，導致數量減少(照片5-3-3-h)。濱水菜亦出現枯萎現象(照片5-3-3-i)，另外有甜根子草、海雀稗與鹽地鼠尾粟等3種消失，但增加狗牙根、馬櫻丹、土牛膝與大黍等4種，都呈現展葉現象。







第三次調查於11月17日進行，共記錄到20種前灘植物，有6種展葉，7種開花，8種結果實，枯萎數量在11月(秋季)有9種。馬鞍藤等普遍分佈於前灘沙丘，雖然其在秋季的分布較稀疏，但馬鞍藤等植物仍然一直維持展葉、開花或結實現象，本次調查亦發現大量木麻黃開花結果之現象(照片5-3-3-j)。

第四次調查於2014年1月4日進行，共記錄到20種前灘植物，有6種展葉，7種開花，5種結果實，但因為時值冬季(1月)枯萎數量增加為18種。如同第三次調查結果，雖然冬季之前灘植物較稀疏，但馬鞍藤等5~7種植物仍然維持展葉、開花或結實現象。其中有開花結果者，在本次調查包括無根藤(照片5-3-3-k)與珍貴稀有的老虎心(照片5-3-3-l)。

表5-3-1 網仔寮汕前灘穿越線植被調查結果

編號	種名	第一次調查狀況(2013/07/20)	第二次調查狀況(2013/09/15)	第三次調查狀況(2013/11/17)	第四次調查狀況(2014/01/04)
1	馬鞍藤 <i>Ipomoea pes-caprae</i>	C D	C D	C D	BCE
2	濱荊麥 <i>Spinifex littoreus</i>	D	D	D	DE
3	木麻黃 <i>Casuarina equisetifolia</i>	B E	B	BD	BCE
4	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	B C E	CDE	E	E
5	老虎心 <i>Caecalpinia bonduc</i>	B E	B	BC	BCE
6	大花咸豐草 <i>Bidens bipinnata</i>	C D E	C D	C D E	C D E
7	無根藤 <i>Filiform Cassytha</i>	C D	D	C D	C D
8	濱水菜 <i>Sesuvium portulacastrum</i>	B E	*	E	E
9	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	*	B	B	E
10	甜根子草 <i>Saccharum spontaneum</i>	E	E	E	E
11	菟絲子 <i>Cuscuta chinensis</i>	C D E	D	D	DE
12	海雀稗 <i>Paspalum vaginatum</i>	B E	*	E	E
13	毛西番蓮 <i>Passiflora foetida</i>	D	C	E	BD
14	鹽地鼠尾粟 <i>Sporobolus virginicus</i>	B E	*	E	E
16	馬櫻丹 <i>Lantana camara</i>	*	BCD	B C D	BCE
17	土牛膝 <i>Achyranthes aspera</i>	*	B	B	E
18	大黍 <i>Panicum maximum</i>	*	B	E	E
19	苦林盤 <i>Clerodendrum inerme</i>	*		BC	BE
20	雙花蟛蜞菊 <i>Wedelia prostrata</i>	*		CE	CE
	狀況小計	B6C5D6E9	B6C5D7E2	B6C7D7E9	B6C7D5E17
	植種數	14	16	20	20

狀況：A抽芽 B展葉 C開花 D結實 E枯萎

第一次調查(2013年7月20日)	第二次調查(2013年9月15日)
	
<p>(a) 馬鞍藤與濱薊麥為優勢種，普遍分佈於前灘沙丘，且生長良好又開花結果。</p>	<p>(e) 馬鞍藤 (前)與濱薊麥(後)仍為優勢種並且開花結果</p>
	
<p>(b) 白茅出現在觀景平台之北側沙丘面，大多已開花結果，僅剩殘花。</p>	<p>(f) 白茅在觀景平台之北成片出現，9月已開始有枯乾現象。</p>
	
<p>(c) 珍貴稀有的植物老虎心有兩處</p>	<p>(g) 植物老虎心生長良好</p>

照片5-3-3 前灘植物穿越線前兩次調查之現場狀況



第一次調查(2013年7月20日)	第二次調查(2013年9月15日)
	
(d) 七月份觀景平台北側之沙丘面，馬鞍藤與白茅生長成一大片	(h) 九月份觀景平台北側，因基地侵蝕馬鞍藤與白茅減少
	
(i) 濱水菜出現枯萎現象	(j) 木麻黃開花結果之現象
	
(k) 無根藤開花結果之現象	(l) 珍貴稀有老虎心開花結果之現象

照片5-3-3 (續)前灘植物穿越線四次調查之現場狀況

(三) 人工沙丘樣區的樣線調查結果：

人工沙丘樣區在2013年11月7日建置完成，11月17日的調查顯示，N樣區、S1樣區以及S2樣區均仍未有植生。但在2014年1月4日的調查顯示，已開始有馬鞍藤生長在人工沙丘或者說漂流木的遮蔽區內，這與原本的預期相符合。因人工沙丘或漂流木會提供充分的遮蔽、營養源以及減緩土壤的蒸發量等，有益植物生長的條件，而馬鞍藤為其先驅物種，只要給予適當的生存條件，馬鞍藤自會努力繁衍。表5-3-2為2013年11月17日與2014年1月4日之植生種類與覆蓋度調查結果，照片5-3-4~照片5-3-6所示為人工沙丘樣區設置後，在三個樣區新生之馬鞍藤。

表5-3-2 植生種類與覆蓋度調查結果

時間	N樣區		S2樣區		S1樣區	
	覆蓋度 (m*m)	植生 種類	覆蓋度 (m*m)	植生 種類	覆蓋度 (m*m)	植生 種類
2013年 11月17日	0	無	0	無	0	無
2014年 1月4日	0.91m*0.57m	馬鞍藤	0.32*0.15	馬鞍藤	0.41*0.21	馬鞍藤





照片5-3-6 S1樣區覆蓋度調查(2014/1/4)

## 5-4 沙洲防護試驗之評估

本團隊將依據蒐集之資料、現地試驗成果、地形剖面測量資料、波浪溯升量測資料等，綜合評估漂流木應用於網仔寮汕防護之可行性，並提出未來施作方式與位置的建議。其中S1、S2樣區和N樣區的風力與沙源等環境條件有所不同，因此要以漂流木建構人工沙丘進行海岸防護，在規劃設計時應因地制宜，依當地環境條件營造適合沙丘穩定形成的環境。

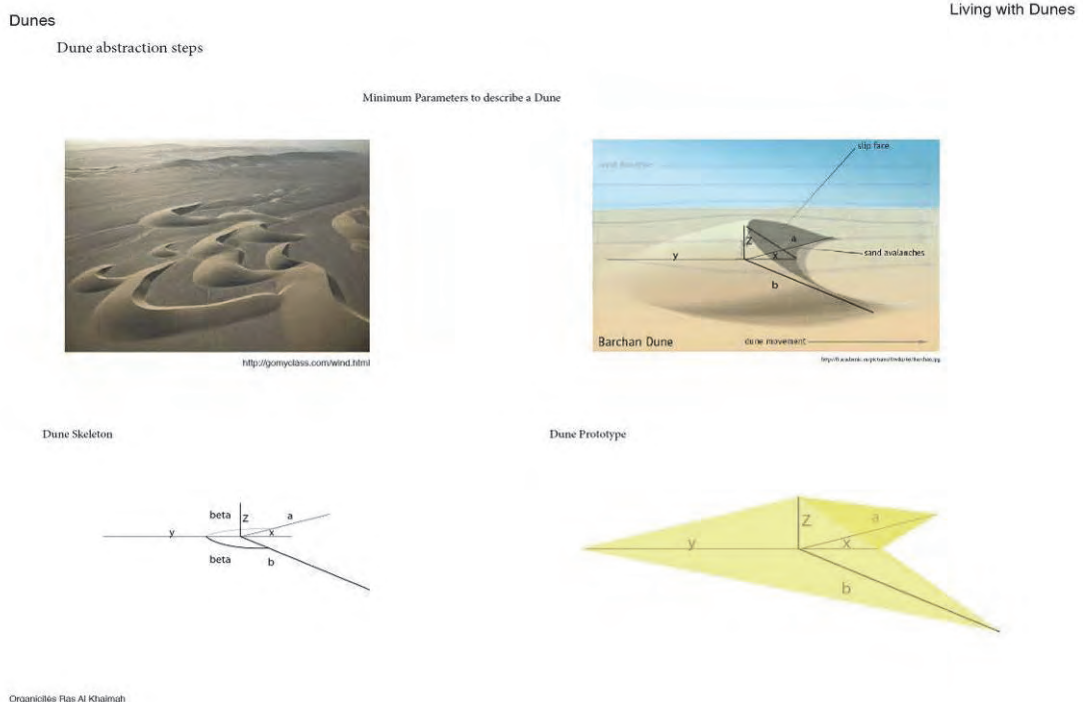
### (一) N樣區之評估

以現場勘查的結果來看在該地構築人工沙丘時，N樣區會比S1、S2樣區環境條件(意指沙灘高程以及沙灘寬度)較為嚴苛。因此適合運用較硬式沙方構築方式(意指要將人工沙丘填滿、填高，不能像S1、S2樣區一樣靠後天的自然營力幫忙)，所以施作方式將參考青草崙與四草海岸段之經驗進行設計，並以海岸線平行的方向進行人工沙丘角度的調整(如圖4-1-2所示之斷面41之N樣區)。因此N樣區的成效評估將以地形剖面測量資料為主，藉由量測試驗區興建前與興建後之高程資料，檢視此樣區現地試驗的成效(若有波浪溯升量測資料，亦將列為參考數據)。

### (二) S1、S2樣區之評估

以現場勘查的結果來看基本上S1、S2樣區的沙源會比N樣區略顯優勢，而風向方面也較N樣區集中(S1、S2樣區因背對著林木所以迎風面只有三面、但N樣區風面卻來至四方)，因此S1、S2樣區沙丘的形成可靠自然營力幫助，所以構築沙丘應以自然沙

丘的形狀來進行規劃，成效會較好。圖5-4-1為新月形沙丘的幾個基本參數，圖中之高度(Z)、寬度(a或b的整合)、長度等物理量，在4-1節與圖4-1-5~圖4-1-6均已有說明，本計畫將先以這些參數進行人工沙丘得規劃，再依據監測成果進行檢討分析。除此之外沙丘規劃設計亦需考量風向因素，本計畫區較常發生之風向，一為由海側吹向陸側，一為東北季風風向，依由海側吹向陸側的風向所規劃沙丘的方位係與海岸線平行(圖4-1-2之S2樣區)。依東北季風風向所規劃沙丘之方位則選擇與當地林木走向平行(圖4-1-8)，其角度為平行海岸線順時針旋轉12度(圖4-1-2之S1樣區)。因此本計畫S1、S2樣區的評估，除藉由量測試驗區興建前後的高程變化，以檢視沙丘試驗成效外，亦經由拍照與簡易量測，來觀察下列沙丘基本參數之變化，以作為評估之參考。



資料來源：<http://design.epfl.ch/organicities/>

圖5-4-1 沙丘形成基本參數

### (三) 人工沙丘試驗初步成果探討分析

本計畫在2013年6月26日完成議價後開始執行，7~10月完成三次計畫區域內的漂流木調查，10月下旬至11月上旬完成木平台

附近海岸之漂流木清理，並利用清理漂之浮木作為人工沙丘基質，完成三處人工沙丘試驗樣區的施作，之後，開始進行人工沙丘試驗樣區的監測，至今(2014年1月上旬)只有兩個月。由於監測時間短暫，測得資料相當有限，而海岸地區風、浪、流、地形等常存在季節性之變化特性，例如冬季東北季風與夏季颱風對海岸地區的水文與地象有著完全不一樣的影響，因此至少要進行一年以上的監測，以掌握季節因素的影響，有較完整的監測資料後，才能據以探討分析各人工沙丘設置條件的優劣以及提出改善對策。如果成效良好，才能再推廣應用於其他海岸區域。

基於7個月來在網仔寮汕上執行本計畫的經驗與監測所得之有限資料，本研究綜合評估以漂流木為基質構築人工沙丘之試驗成效如下：

1. 本計畫漂流木調查期間有四個颱風侵台，但網仔寮汕上計畫區域內的漂流木數量並未顯著增加，再加上資料蒐集內容與當地民眾訪談結果推測，網仔寮汕上的大量漂流木主要來自於2009年莫拉克颱風來襲期間，也就是主要來自於極端天候事件，並不是經常會發生。因此漂流木較難成為海岸沙丘的穩定基質來源，僅能偶一為之，在漂流木於海岸區域累積到一定程度後，對海岸環境景觀造成負面影響時，再進行漂流木清理，並應用於構築人工沙丘，以兼顧海岸環境改善與沙丘保育雙重目標。
2. 海岸沙丘以風為營力，常形成於高潮線以上。本計畫人工沙丘設置位置的選定希望能符合下列需求，(1) 設置位置的高程較低，能藉由沙丘營造，降低颱風波浪越洗現象，減緩沙丘侵蝕；(2) 沙丘抵抗波浪的能力較低，可能因波浪持續性的作用而破壞殆盡，因此沙丘設置位置需離開水線一段距離，以確保構築人工沙丘可以存活較久；(3) S1與S2樣區的設置，希望能減緩風吹砂淤積在木麻黃區，因此人工沙丘的設置位置不能太靠近防風林區。據此，本計畫人工沙丘建置在前列沙丘(fore dune)與第一列沙丘(yellow dune)間，離岸距大約為50~80m。而樣區斷面高程監測成果顯示(圖5-1-4)，颱風季過後，人工沙丘前緣至海岸線間，因颱風波浪作用而侵蝕，沙丘前緣與水線間的距離縮短，此使得人工沙丘樣區受颱風波浪的威脅加大。然而依據本團隊多年來對台南海岸的研究經

驗，台南海岸地形變遷，常呈夏侵冬淤之季節性變化，而此有賴持續進行斷面高程監測，才得以確認，並據以研判本計畫規劃的人工沙丘設置位置是否恰當。

3. 依據樣區設置完成後兩個月的現場勘查，風吹砂先將S1與S2樣區漂流木構築的空隙填滿，再逐漸於人工沙丘的背風面形成淤積，在沙丘迎風面的風吹砂淤積量則較有限，因此仍可見許多漂流木突出於沙丘外，另一特徵是沙丘兩側形成類似圖5-4-1所示新月形沙丘兩端的dune horns。然而現階段的沙丘形成趨勢顯示，其與圖5-4-1的新月形沙丘形狀仍有差異，因此本計畫原欲應用於量化評估沙丘之基本參數，目前並不完全適用。因此本計畫僅能依據其原則選擇dune horns(參數a與b)與沙丘高度(參數Z)進行比較。
4. S1樣區的沙丘較為穩定，其兩側dune horns的大致呈45~90度夾角(照片5-1-1~照片5-1-2)，其長度介於10~20m。S2樣區的沙丘較不穩定，在12月份時，其兩側dune horns的大致呈45~90度夾角，在2014年1月份時，其兩個dune horns變成相互平行(照片5-1-3~照片5-1-4)，其長度介於10~20m。N樣區的沙丘較穩定，其兩側dune horns互相平行(照片5-1-5~照片5-1-6)，長度約為10m，較S1與S2樣區略短。
5. N樣區、S1樣區與S2樣區的沙丘構築完成時之最高斷面高程約為+3.5m、+2.5m、+2.5m，之後迅速增加為，+3.8m、+3.5m、+3.5m，需要更長的監測來確認沙丘的穩定度。
6. 整體而言，因本計畫三個樣區完成於11月上旬，持續而來的東北季風鋒面帶來風吹砂源，讓樣區的聚沙效果顯著，由2014年1月的現勘可知，樣區沙丘已成形。在S1與S2樣區的比較方面(S1樣區依當地林務走向建置，S2樣區則平行海岸)，依兩個月來的觀測成果顯示，S1樣區人工沙丘之dune horns較穩定，S2樣區的dune horns常隨方向改變，較不穩定。此外，S1樣區與S2樣區的設置亦會導致其下游鄰近海岸形成較小的沙丘，而S1樣區下游形成之沙丘形狀比S2樣區完整。綜合言之，目前兩個月的短暫監測顯示，依當地林務走向建置的S1樣區似乎比S2樣區略佳，但畢竟目前的監測時間相當的短，其優劣應有待更長期的監測才能下定論。

## 陸、成果說明會辦理

本試驗計畫以就地取材、因地制宜為思考主軸，希望在海岸環境改善上，貢獻棉薄之力。計畫自2103年6月開始執行，7~10月完成三次計畫區域內的漂流木調查，10月下旬至11月上旬完成木平台附近海岸之漂流木清理，並應用清理之漂流木作為人工沙丘基質，完成三處人工沙丘試驗樣區的施作，再接續進行兩個月之監測。因執行期間才半年多且只進行短暫監測，所以本次活動以現地試驗參訪為主，重點在於計畫經驗的分享與交流。

本次計畫執行成果說明會的辦理情形，說明如下：

### (一) 辦理成果說明會之目的

1. 提供參與會議人員對網仔寮汕環境之進一步體認與瞭解。
2. 藉由成果講習與座談探討，讓更多關注網仔寮汕之人士，瞭解漂流木與廢棄蚵架於沙洲防護的應用，並藉此互相溝通以分享寶貴的經驗與資訊。

### (二) 辦理單位

1. 指導單位：內政部營建署
2. 主辦單位：台江國家公園管理處
3. 承辦單位：財團法人成大研究發展基金會

### (三) 實施時間

成果說明會於2014年1月10日(星期五)上午實施。

### (四) 實施地點及方式

經與台江國家公園管理處共同討論後，選擇台江國家公園管理處六孔管理站為成果說明會的舉辦地點，說明會內容包括在六孔管理站視聽室進行之計畫執行成果簡報，以及搭船到網仔寮汕人工沙丘試驗樣區進行現地試驗參訪。成果說明會之議程如表6-1-1所示。

表6-1-1 成果說明會議程(2014年1月10日)

時間	項目	主講人
08:30~09:00	報到	
09:00~09:05	開幕致詞	台江國家公園管理處 楊副處長金臻
09:05~09:20	漂流木應用於網仔寮 沙洲防護試驗成果簡報	財團法人成大研究發展 基金會
09:20~10:40	網仔寮汕北試驗樣區 (N樣區)現場說明(搭乘 觀光船前往)	財團法人成大研究發展 基金會
10:40~12:00	網仔寮汕南試驗樣區 (S樣區)現場說明(搭乘 觀光船返回)	財團法人成大研究發展 基金會

#### (五) 對象及名額

經與台江國家公園管理處討論後，本次計畫成果說明會之邀請對象(附錄2)，以與網仔寮汕保育或保護較相關之人士與單位為主，包括國立嘉義大學土木與水資源學系、經濟部水利署水利規劃試驗所、經濟部水利署第六河川局、行政院農業委員會林務局嘉義林管處、行政院農業委員會林業試驗所中埔研究中心、臺南市政府水利局、臺南市政府農業局、臺南市政府環境保護局、臺南市七股區公所、臺南市安南區公所、臺南市北門社區大學、臺南市紅樹林保護協會等，會前之報名人數有37人，實際報到參與人數有32名，如附錄3所示。

#### (六) 會議過程

2014年1月10日早上9時前，與會人員先至台江國家公園六孔管理站報到後(照片6-1-1)，先於六孔管理站的視聽室進行20分鐘的計畫內容說明與執行成果簡報，照片6-1-2所示為台江國家公園楊金臻副處長在進行開幕致詞。成果簡報後，與會人員至六孔碼頭搭船(照片6-1-3)到網子寮汕進行勘察本計畫現地試驗成果之參訪。圖6-1-1所示為本次參訪的規劃路線，先由六孔碼頭搭船至網子寮汕碼頭，上沙洲後，沿木棧道走至海側木平台，在沿



著沙灘往北步行至N試驗樣區，之後，再沿著沙灘往南至S2試驗樣區與S1試驗樣區，現地參訪完畢後，再至網子寮汕碼頭搭船回六孔碼頭，參訪過程中往返的行船時間約1小時，待在網子寮汕的時間約1小時半。照片6-1-4所示為在網子寮汕N試驗樣區之參訪狀況，照片6-1-5所示為在網子寮汕S2試驗樣區之參訪狀況，照片6-1-6所示為在網子寮汕S1試驗樣區之參訪狀況。

本次計畫成果說明會的與會人員，以與網子寮汕保育或保護相關的政府工作人員以及台南地區的非政府組織所屬人員為主。藉由此次觀摩活動，可以增進與會人員對海岸環境保護與海岸沙丘復育之了解。經由與會人員間的專業知識與經驗交流，有助於凝聚政府與海岸保育相關單位間之共識，此對台江國家公園管理處推動沙洲保護與海岸環境保育政策有所助益。

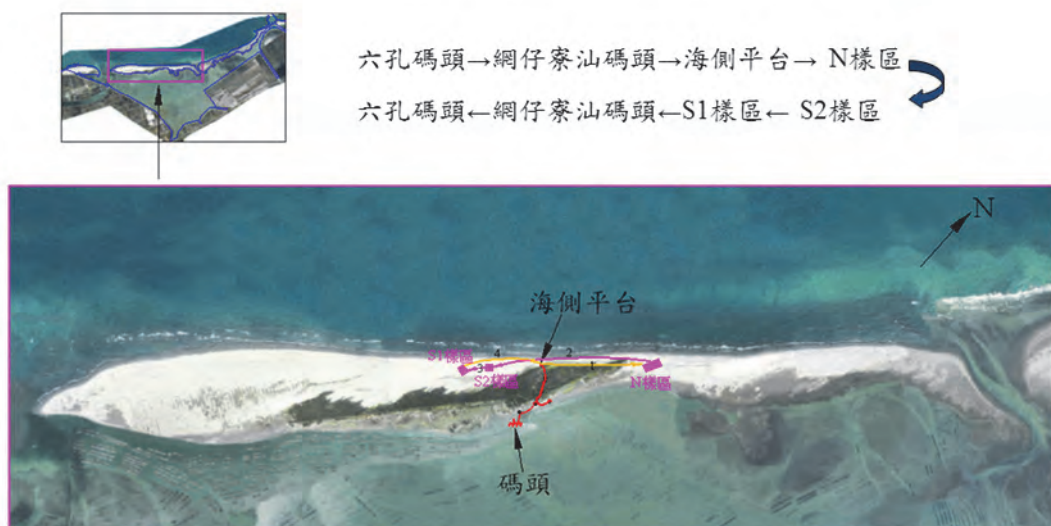
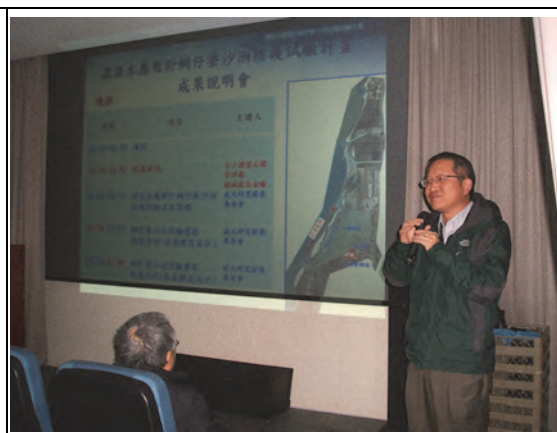


圖6-1-1 網子寮汕試驗樣區的現勘路徑



照片6-1-1 成果說明會的會場地點



照片6-1-2 成果說明會中楊金臻副處長開幕致詞



照片6-1-3 成果說明會中至六孔碼頭搭乘觀光船



照片6-1-4 網仔寮汕N試驗樣區的現場說明狀況



照片6-1-5 網仔寮汕S2試驗樣區的現場說明狀況



照片6-1-6 網仔寮汕S1試驗樣區的現場狀況

## 柒、結論與建議

### 7-1 結論

本研究自2013年6月開始執行，7~10月完成三次計畫區域內的漂流木調查，10月下旬至11月上旬完成木平台附近海岸之漂流木清理，並利用清理之漂流木作為人工沙丘基質，完成三處人工沙丘試驗樣區的施作，之後進行兩個月的人工沙丘試驗樣區監測。本研究之主要結論，摘述如下：

1. 本研究分別在7月20日、9月15日、10月20日在網仔寮汕木平台北側50m與南側100m海岸區域進行三次漂流木調查，三次調查結果顯示，調查區域內分別有竹類163株、207株與207株，一般樹種341株、477株與355株。漂流木直徑大都介於10~50cm，長度1~4m，樹類則有10種，皆以楠木兩百多株為最多，一級木有針葉樹類的紅檜與台灣扁柏以及闊葉樹類的櫟木，數量不多，都在7株(含)以下；竹類則主要來自廢棄蚵架與竹樁。木平台南側調查區域內的漂流木數量遠較北側調查區域多。
2. 比較歷次漂流木調查結果顯示，第二次漂流木調查的樹類、竹類數量與兩者加總均比第一次多，主要增加區位在木平台北側50m範圍內，木平台南側100m範圍內則增加有限；第三次漂流木總數則比第二次略減，其中竹類數量沒變化，主要是木平台北側調查區的樹類減少。
3. 本計畫現勘調查顯示，第二次調查時木平台北側調查區所增加的漂流木應來自於鄰近北側海岸；第三次調查時調查區內漂流木減少，應係因天兔颱風帶來的暴潮巨浪能量較大，將部份漂流木再沖離調查區域。至於調查期間由河川上游漂至計畫區域內的漂流木數量應相當有限，計畫區域內竹類的主要來源應是網仔寮汕上之海岸保護竹樁。
4. 本計畫已清除木平台附近之漂流木，改善木平台附近之海岸景觀，並將漂流木應用於構築N樣區、S1樣區、S2樣區之人工

沙丘。N樣區位在木平台北側，北臨潮溝，風吹砂源較有限，構築之人工沙丘高程約介於+3~+3.3m；S1與S2樣區位在木平台南側，所處區位有較多砂源，因此所構築之人工沙丘高程約+2.5m。構築後兩個月的監測顯示，在東北季風作用下，已有許多風吹砂積聚在試驗樣區，在試驗樣區的遮蔽區亦已發現有植物生長。

5. 樣區斷面高程監測與現勘成果顯示，人工沙丘建置前，8月潭美與康芮颱風襲台，導致斷面35與36海岸後濱區，因風蝕而高程顯著變低。在斷面38的木平台附近，此區沙灘短且有植生保護，海灘受風蝕的影響相對較小。斷面42附近海岸後濱區因有大量漂流木與牡蠣殼覆蓋其上，抵抗風蝕能力強，受颱風的影響亦較不明顯。人工沙丘建置完成後，風吹砂先將流木構築而成S1與S2樣區的空隙填滿，再逐漸於人工沙丘的背風面形成淤積，在沙丘迎風面的風吹砂淤積量則較有限，仍可見到許多漂流木突出於沙丘外，另一特徵是沙丘兩側形成類似新月形沙丘兩端的dune horns。S1樣區的沙丘較為穩定，其兩側dune horns的大致呈45~90度夾角，長度介於10~20m；S2樣區的沙丘較不穩定，在12月份時，其兩側dune horns的大致呈45~90度夾角，在1月份時，其兩個dune horns變成相互平行，長度介於10~20m；N樣區的沙丘較穩定，其兩側dune horns互相平行，長度約10m。N樣區、S1樣區與S2樣區的沙丘斷面最高高程由構築完成時的+3.5m、+2.5m、+2.5m，迅速增加為+3.8m、+3.5m、+3.5m。整體而言，因本計畫三個樣區完成於11月上旬，持續而來的東北季風鋒面帶來風吹砂源，讓樣區的聚沙效果顯著，樣區沙丘已漸成形。但兩個月的監測顯示，S1樣區人工沙丘之dune horns較穩定，S2樣區的dune horns則常隨風向改變，較不穩定。兩者之優劣應有待更長期的監測才能下定論。
6. 海岸沙丘多形成於有沙源，且不易受海浪影響之區位。本研

究之人工沙丘構築在高潮位以上位置，在平常時期，受波浪或潮水的影響較小。但海灘屬於動態變化區域，常受浪流影響而有侵淤變化。颱風來襲時，暴潮位與波浪亦可能溯升至人工沙丘位置，導致人工沙丘遭受破壞，但如果砂源還在，自然界會自動修復沙丘。而本計畫人工沙丘建置在前列沙丘與第一列沙丘間，離岸距大約為50~80m。由沙丘前緣至海岸線間的斷面高程比較則顯示，經歷夏季颱風波浪的作用，海岸線位置在夏季期間明顯後退，使得沙丘前緣相當接近水線，斷面高程監測結果顯示S1樣區、S2樣區與N樣區分別侵蝕後退約30m、15m、與30m。然而台南海岸地形變遷呈現夏侵冬淤之季節性變化，有賴持續進行斷面高程監測，才能研判人工沙丘設置位置的恰當性。

7. 本計畫在8月20日完成波浪溯升量測儀器基樁之架設，但9月天兔颱風來襲時，波浪溯升量測儀器損毀，所處之海灘亦遭侵蝕，不適合架設儀器。因此本計畫重新於10月23日在木平台南側沙丘上架設波浪溯升量測儀器，並已完成測試。計畫試驗樣區在11月份完成，之後即無颱風發生，因此建議後續應持續進行監測，以掌握颱風波浪溯升對試驗樣區沙丘破壞之影響因素。
8. 漂流木主要來自極端天候條件所導致林木的風倒及風折木，再經河川漂流至海岸，其發生條件與數量難料，很難成為穩定的人工沙丘基質來源，因此本計畫主要以清理漂流木改善海岸環境為主要目的，構築人工沙丘，以補足沙洲高度，減緩颱風波浪的越洗作用只是其附加價值。

## 7-2 建議

本研究之建議如下：

1. 在人跡稀少的自然的海灘，漂流木的散佈屬於自然的一部分，其可讓單調的沙灘環境增添些許變化，提供作為鄰近生

物的遮蔽場所，也可以積聚風沙，減緩海灘侵蝕。因此在遠離木棧道或木平台區域之漂流木，可儘量順其自然，但在鄰近木棧道或木平台區位，因常有學校團體或旅客搭乘漁船或膠筏來參訪，居於景觀性之需求，在漂流木累積到有礙觀瞻的程度時，即應有進行適當清理，以維持海岸景觀。而網仔寮汕對外之運輸僅能藉助航行於潟湖的小型漁船，運量有限且不經濟。因此網仔寮汕上漂流木之處理方式，應基於就地取材與廢物利用之理念，選擇適當區位填埋作為沙丘基質，區位的選擇則有賴進一步的調查分析來決定。

2. 本計畫漂流木調查範圍侷限在木平台附近150m區域內，調查成果僅能反應此區域內漂流木之狀況。然而台江國家公園轄區內的多段海岸，亦存在漂流物影響海岸景觀之問題，宜進行進一步研究，尋求因地制宜的改善辦法。
3. 本計畫期程較短，自102年6月開始，於同年11月完成木平台附近漂流木之清理與人工沙丘設置，並隨後進行兩個月之監測。現地試驗的監測時間甚短且未包括破壞力較強的颱風季節。因此建議應持續進行至少一年之監測，以取得更完整之試驗計畫成果。
4. 本計畫受限於經費，只以斷面高程測量來評估人工沙丘的成效。然因沙丘為不規則的立體形狀，因此在未來應發展更準確的海岸沙丘變遷監測與評估方法。

## 捌、參考文獻

1. 經濟部水利署，台灣水文年報。
2. 經濟部水利署第六河川局，生態工法應用於海岸復育之研究，民國94年。
3. 經濟部水利署第六河川局，青草崙海岸復育試驗研究，民國96年。
4. 經濟部水利署第六河川局，海岸生態工法研究-生態性海堤之研究(1/3)，民國96年。
5. 經濟部水利署第六河川局，海岸生態工法研究-生態性海堤之研究(2/3)，民國97年。
6. 經濟部水利署第六河川局，海岸生態工法研究-生態性海堤之研究(3/3)，民國98年。
7. 經濟部水利署第六河川局，易淹水地區水患治理計畫-台南縣排水系統出海口與潟湖沙洲防護整體研究，民國98年。
8. 陳財輝，“漂流木的處理對策及資源利用”，台灣林業，第35卷，第5期，11-15頁，民國98年。
9. 劉炯錫，“從生態環保本位談莫拉克颱風的漂流木意義”，台灣林業，第35卷，第5期，16-19頁，民國98年。
10. 經濟部水利署，強化台灣西南地區因應氣候變遷海岸災害調適能力研究計畫(1/2)，民國99年。
11. 行政院農委會，“莫拉克颱風農業應變處置實錄”，民國99年。
12. 台江國家公園週邊沙洲、潟湖地景變遷及復育防災策略，台江國家公園研究成果報告，民國100年。
13. 經濟部水利署第六河川局，四草海岸復育試驗研究，民國100年。
14. 經濟部水利署第六河川局，高雄彌陀海岸深水域抽沙養灘配合岬灣工法之研究，民國100年。
15. 莊卉婕、董東璟、胡健驊，“颱風引起山區暴雨造成海岸漂流木對海洋環境衝擊之研究”，第33屆海洋工程研討會論文集，589-594頁，民國100年，國立高雄海洋科技大學。

16. 經濟部水利署水利規劃試驗所，海岸沙丘沙洲復育規劃(1/2)－以臺南海岸為例，民國101年。
17. 王沛瑀、古維欣、余軒，“探討漂流木(drift wood)成因及其應用之可行性”，翰林自然科學天地，第41期，第2-9頁，民國101年。
18. 陳香如、張山蔚、彭姍翎，“漂流木應用於有機堆肥對葉菜類生長的影響探討”，台灣林業，第38卷，第2期，39-43頁，民國101年。
19. ATSDR. 1998. Toxicological profile for chlorinated dibenzo-p-dioxins (updated). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Prepared by Research Triangle Institute. Dec. 1988.
20. Hersen, P., Douady, S. & Andreotti, B. (2002) Relevant length scale of barchans dunes. Phys. Rev. Lett. 89, 264301.
21. US Army Corps of Engineers (2002) “Coastal Engineering Manual”.
22. USEPA. 1994. Estimating exposure to dioxin-like compounds volume 1: executive summary. US Environmental Protection Agency. EPA/600/6-88/005Ca.