

102-79-7710

MOTC-IOT-101-H2DA001d

臺灣港灣近岸海域漂沙調查研究 (4/4)



交通部運輸研究所

中華民國 102 年 4 月

102-79-7710

MOTC-IOT-101-H2DA001d

臺灣港灣近岸海域漂沙調查研究 (4/4)

著 者：林柏青、江玟德、陳志弘

交通部運輸研究所

中華民國 102 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣港灣近岸海域漂沙調查研究(4/4)/林柏青、江玟德、
陳志弘著.-- 初版.-- 臺北市：交通部運研所，
民 102.04 面；公分

ISBN 978-986-03-6473-6(平裝)

1.海洋動力學 2.砂石 3.臺灣

351.9

102005804

臺灣港灣近岸海域漂沙調查研究(4/4)

著 者：林柏青、江玟德、陳志弘

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04) 26587190

出版年月：中華民國 102 年 4 月

印 刷 者：承亞興企業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 80 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：100 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010200615

ISBN：978-986-03-6473-6 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣港灣近岸海域漂沙調查研究(4/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-03-6473-6 (平裝)	政府出版品統一編號 1010200615	運輸研究所出版品編號 102-79-7710	計畫編號 101-H2DA001d
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 總計畫主持人：何良勝 計畫主持人：林柏青 研究人員：江玟德、陳志弘、林受勳、蔡瑞成 聯絡電話：(04)26587121 傳真號碼：(04)26560661			研究期間 自 101 年 01 月 至 101 年 12 月
關鍵詞：現場調查、碎波帶、沿岸輸沙			
摘要： 本研究在台灣西海岸南部地區，以波浪儀、流速計及濁度計等多種儀器觀測碎波帶附近之波浪、流及底床上之懸浮質濃度分佈，以深入分析並探討碎波帶的漂沙活動。底床地形測量結果顯示海岸灘線之季節性與年趨勢變化，夏縮冬長，灘面寬度逐年縮減，整體變化趨勢趨向海岸侵蝕。本研究在現場以儀器直接量測碎波帶內外的水位、波浪、流速、流向及懸浮質濁度，經率定轉換為懸浮沙濃度後即可計算獲得沿岸輸沙率與輸沙方向。 北向沿岸輸沙大多發生在春季與夏季而南向沿岸輸沙則大多發生在秋季與冬季。本研究分析多年現場資料，認為由季節風產生的風浪其波向大致一定，沿岸輸沙量可以由波高及經驗公式求得，至於風向不定的颱風或特殊氣流應另外估算，但如果在近岸碎波帶設立長期波浪、流速及懸浮沙濃度測站則更能正確掌握安平海域的近岸漂沙現象。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
102 年 4 月	138	100	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件：☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密，☐ 公布後解密，☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密，☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Near shore Investigation of Sediment Transport in Taiwan Harbor Areas (4/4)			
ISBN 978-986-03-6473-6 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010200615	IOT SERIAL NUMBER 102-79-7710	PROJECT NUMBER 101-H2DA001d
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-fang Chiu PROJECT ADVISOR: Liang-Sheng Ho PRINCIPAL INVESTIGATOR: Po-Ching Lin PROJECT STAFF: Wen-Der Jiang, Chih-Hung Chen, Shou-Shiun Lin, Juei-Cheng Tsai PHONE: 04-26587121 FAX: 04-26560661			PROJECT PERIOD FROM January 2012 to December 2012
KEY WORDS: Field investigation ; Surf zone; Longshore sediment transport			
ABSTRACT: Field experiments were conducted to investigate the wave, current and sediment suspension across the surf zone by deploying wave gauges, EMC current meters and OBS turbidity meters at Am-ping, in the southwest coast of Taiwan. A trend of accumulation in winter and erosion in summer has been found. The inexorable trend of coastal erosion is disclosed via monthly bed measurements. A comprehensive survey was executed across the surf zone and the alongshore sediment transport rate can thus be calculated. The longshore currents carried suspended sediment northward in spring and summer, and southward in autumn and winter. The directions of the wave during the monsoon season are usually consistent and the longshore sediment transport rate can be easily calculated from the formula developed in this study. It has to be estimated separately if the wave were generated by typhoon or other bizarre weather systems. The near shore sediment transport at Amping coast can be better understood if a long-term wave, current and suspended sediment monitoring system could be installed in the surf zone.			
DATE OF PUBLICATION April 2013	NUMBER OF PAGES 138	PRICE 100	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄.....	III
表目錄.....	V
圖目錄.....	VI
照片目錄.....	IX
第一章 緒論.....	1-1
1.1 研究動機.....	1-1
1.2 台南黃金海岸之現況變化.....	1-3
1.3 底床地形測量與灘面變化.....	1-10
1.4 研究內容及方法.....	1-18
第二章 漂沙理論說明.....	2-1
2.1 沿岸流理論.....	2-1
2.2 泥沙起動條件.....	2-5
2.3 沿岸輸沙.....	2-7
2.3.1 Bagnold 的能通量模式.....	2-10
2.3.2 Dean 的懸浮載輸沙模式.....	2-12
2.3.3 由實驗室和現場資料探討 K 值.....	2-13
2.3.4 碎波帶沿岸輸沙率分佈.....	2-16
2.3.5 底床載輸沙.....	2-17
第三章 安平海域碎波帶之現場觀測與分析.....	3-1
3.1 現場背景資料說明.....	3-1

3.1.1 地形特性.....	3-2
3.1.2 海氣象特性.....	3-4
3.2 底床地形與碎波特性.....	3-6
3.3 海氣象特性.....	3-14
3.4 現場觀測與資料分析.....	3-16
3.4.1 2006 年 6 月 8 日現場觀測分析.....	3-21
3.4.2 2008 年 4~6 月現場觀測分析	3-26
3.5 碎波帶流場與懸浮質濃度觀測分析.....	3-33
3.6 沿岸輸沙率計算.....	3-39
第四章 結論與建議.....	4-1
4.1 結論.....	4-1
4.2 成果效益及後續應用情形.....	4-2
參考文獻.....	5-1
附錄一 審查意見表.....	6-1
附錄二 期末報告簡報資料.....	7-1

表目錄

表 1.1	97 年 7~8 月間發生的颱風	1-14
表 2.1	沿岸漂沙計算公式及輸入波浪資料 (SPM,1984).....	2-9
表 3.1	前灘與碎波帶底床坡度.....	3-8
表 3.2	底質取樣之粒徑分析.....	3-8
表 3.3	碎波形態之判別.....	3-9
表 3.4	向北沿岸輸沙.....	3-45
表 3.5	向南沿岸輸沙.....	3-46

圖目錄

圖 1.1	安平海域測站位置圖.....	1-2
圖 1.2	灘面與底床地形測量 1 號基線(紅色虛線).....	1-12
圖 1.3	灘面上高程 0m 灘線位置之時序列變化.....	1-13
圖 1.4	灘面與底床地形之時序列變化.....	1-14
圖 1.5	卡玫基颱風路徑圖.....	1-15
圖 1.6	鳳凰颱風路徑圖.....	1-15
圖 1.7	如麗颱風路徑圖.....	1-16
圖 1.8	灘面底床單位寬之沙量體積變化.....	1-17
圖 2.1	穩定流時沙粒起始運動的 Shields 曲線.....	2-6
圖 2.2	I_l 與 P_l 之實驗與現場調查結果.....	2-14
圖 2.3	K 與底質粒徑之關係 (Dean, 1989).....	2-16
圖 3.1	安平海域地形及近岸觀測站位置圖.....	3-6
圖 3.2	94 年 11 月至 95 年 3 月之灘面與底床地形變化.....	3-11
圖 3.3	96 年 3 月至 5 月之灘面與底床地形變化.....	3-11
圖 3.4	96 年 6 月至 8 月之灘面與底床地形變化.....	3-12
圖 3.5	96 年 9 月至 11 月之灘面與底床地形變化.....	3-12
圖 3.6	整合 96 年 3 月至 11 月之灘面與底床地形變化.....	3-13
圖 3.7	安平港南側海岸沿岸單位寬侵淤量變化.....	3-13
圖 3.8	安平海域全年波浪能量分佈.....	3-15
圖 3.9	內碎波帶近岸底床地形與相關測點位置.....	3-21
圖 3.10	現場觀測儀器配置圖.....	3-21
圖 3.11	內碎波帶底床上 5cm 處之平均流速與流向.....	3-25

圖 3.12	內碎波帶垂直剖面流場示意圖.....	3-25
圖 3.13	安平近岸之離岸流(rip current)斷面	3-27
圖 3.14	安平外海觀測樁之潮位變化.....	3-27
圖 3.15	安平近岸 A 時段之漲潮流.....	3-28
圖 3.16	安平近岸 B 時段之退潮流	3-28
圖 3.17	質量輸送速度之垂直分佈.....	3-30
圖 3.18	安平近岸 30~120m 之離岸流與底潮流	3-30
圖 3.19	安平近岸 100~200m 之離岸流與底潮流	3-31
圖 3.20	近岸 100m 測點低平潮至漲潮之剖面流時序列變化 ...	3-32
圖 3.21	漲潮至高平潮之剖面流時序列變化.....	3-32
圖 3.22	近岸流觀測結果.....	3-37
圖 3.23	碎波帶內向離岸方向流場分量.....	3-37
圖 3.24	碎波帶內沿岸方向流場分量.....	3-38
圖 3.25	沿觀測基線之觀測結果.....	3-39
圖 3.26	碎波帶不同測點之沿岸流剖面流速分量.....	3-43
圖 3.27	碎波帶不同測點之懸浮質剖面濃度分佈.....	3-44
圖 3.28	碎波帶斷面之沿岸流流速與懸浮載分佈.....	3-45
圖 3.29	北向輸沙之風、浪特性與輸沙率.....	3-46
圖 3.30	N1 與 N2 之風、浪時序列變化.....	3-47
圖 3.31	N3 與 N4 之風、浪時序列變化.....	3-47
圖 3.32	N5 與 N6 之風、浪時序列變化.....	3-48
圖 3.33	N7 之風、浪時序列變化.....	3-48
圖 3.34	南向輸沙之風、浪特性與輸沙率.....	3-49
圖 3.35	S1 與 S2 之風、浪時序列變化	3-50

圖 3.36	S3 與 S4 之風、浪時序列變化	3-50
圖 3.37	S5 與 S6 之風、浪時序列變化	3-51
圖 3.38	外海波高與沿岸輸沙率之迴歸曲線	3-51

照片目錄

照片 1.1	台南黃金海岸沙灘寬逾 50m 以上(94 年 5 月).....	1-4
照片 1.2	觀景堤防沙灘如渡假勝地(95 年 4 月).....	1-5
照片 1.3	南部著名風帆及水上活動場所(96 年 10 月).....	1-5
照片 1.4	運送小船下海的斜坡道騰空無法使用(97 年 8 月).....	1-6
照片 1.5	南黃金海岸嚴重侵蝕(98 年 7 月).....	1-6
照片 1.6	冬季時部份沙灘回淤(99 年 2 月).....	1-7
照片 1.7	浪濤長驅直入觀景堤防下(99 年 8 月).....	1-7
照片 1.8	南側沙灘大量流失，地基拋石裸露(100 年 9 月).....	1-8
照片 1.9	北側沙灘寬度逐漸縮減(100 年 9 月).....	1-8
照片 1.10	南側觀景堤防損毀(101 年 9 月).....	1-9
照片 1.11	北側沙灘岌岌可危(101 年 9 月).....	1-9
照片 1.12	被消波塊與突堤群取代的南黃金海岸(101 年 2 月)...	1-10
照片 1.13	灘面地形測量作業.....	1-11
照片 1.14	底床地形測量作業.....	1-11
照片 1.15	97 年 6 月 9 日颱風經過前的黃金海岸.....	1-16
照片 1.16	97 年 8 月 27 日颱風經過後的黃金海岸	1-17
照片 3.1	安平海域漁民養殖用的蚵架.....	3-4
照片 3.2	任意流竄的廢棄蚵架.....	3-4
照片 3.3	台南黃金海岸沙灘寬逾 50m 以上(94 年 5 月).....	3-5
照片 3.4	被浪打碎的蚵架嚴重污染環境.....	3-5
照片 3.5	溢出型碎波(spilling breaker).....	3-9
照片 3.6	捲浪型碎波(plunging breaker).....	3-10

照片 3.7	溢出型與捲浪型之複合式碎波.....	3-10
照片 3.8	下水前將儀器組合.....	3-17
照片 3.9	碎波帶內觀測作業情形.....	3-18
照片 3.10	碎波通過儀器組.....	3-18
照片 3.11	潛水員在碎波帶內安裝作業情形.....	3-19
照片 3.12	長時間觀測後儀器收回情形.....	3-19
照片 3.13	下水前之儀器組合.....	3-20
照片 3.14	碎波帶內安裝作業情形.....	3-20
照片 3.15	現場觀測作業情形.....	3-22
照片 3.16	捲浪型碎波通過測點之連續照片.....	3-24
照片 3.17	組裝完成之儀器組.....	3-34
照片 3.18	將組裝完成儀器組佈放於觀測基線上.....	3-34
照片 3.19	現場觀測儀器組合.....	3-36
照片 3.20	潛水人員協助海上測量情形.....	3-36
照片 3.21	現場觀測作業.....	3-38

第一章 緒論

主導海岸變化的沿岸及向-離岸輸沙其基礎理論尚未完全清楚，主要是因為我們對於沙粒傳輸機制並非完全瞭解，就算是簡單的單向流情況，儘管百年來有許多學者不斷投入研究，並提出河川輸沙量的推算公式，但其結果仍有相當大的差異。有些機制可能會影響河川輸沙量，Lane, Carlson, and Manson (1949)指出當水溫下降 10°F 時河川懸浮載增加約 33%，由於缺乏更多的數據驗證，縱然水溫在一年內可能變化很大，仍未能將溫度列入一般輸沙機制的考量內。影響海岸輸沙的機制則更為複雜，包括波浪、近岸流、風、碎波效應、碎波帶紊流、底床、地形與顆粒特性等等。

1.1 研究動機

臺灣西部海岸在地殼運動上是屬於上升海岸，於十七世紀初葉，臺南、崗山一帶曾有優良港灣，可泊大型帆船，近海貿易興盛。後來因河川輸沙量豐富，沿岸漂沙淤積，產生許多沙洲，沙洲群不斷成長逐漸與岸連接形成感潮湖，經移民開墾後變成海埔新生地。至二十世紀，因工商業發展及人口成長，河川上游興建水庫或攔沙壩，大量減少由河口出海之沙源，加上沿岸諸多工商、漁港，大型突堤完全阻斷沿岸漂沙的平衡傳遞，造成海岸侵蝕或淤積現象。位於安平港南側的台南黃金海岸即為典型的例子之一，民國四十二年阿公店水庫完成，阿公店溪之輸沙幾全流入水庫而少下降入海。

民國七十三年九月中油公司開始在永安鄉新港村海域，興建液化天然氣接收站，建造大規模人工島及延伸 2700m 的海上防波堤（即南堤），並在港灣內抽沙，使之成為水深 14m 的專用港，中油永安廠伸入海中的長堤，阻擋原先沿岸流、海岸漂沙的路徑，漂沙於上游側堆積淤沙，下游側則因為漂沙量減少，出現海岸侵蝕，即所謂的「突堤效應」。同樣，距離 20km 北方的新安平商港防波堤也阻斷由北往南來自

曾文溪或鹽水溪口的沿岸漂沙，見圖 1.1。兩大港之間唯一能供給沙源的只剩二仁溪，二仁溪中上游流經泥岩地質，岩性脆弱，遇雨泥濘不堪，乾季則崩裂，大雨來臨時會造成地表泥土大量流失，南部雨季多集中於六~八月，颱風來時洪水可能挾帶部份泥沙出海；另一方面，因中、上游的表土流失快，植物根本無法著根定植，到處童山濯濯，無法涵養水源，因此河川平時的基本流量很小，十月至翌年四月的旱季降雨量少，輸沙量幾乎為零。

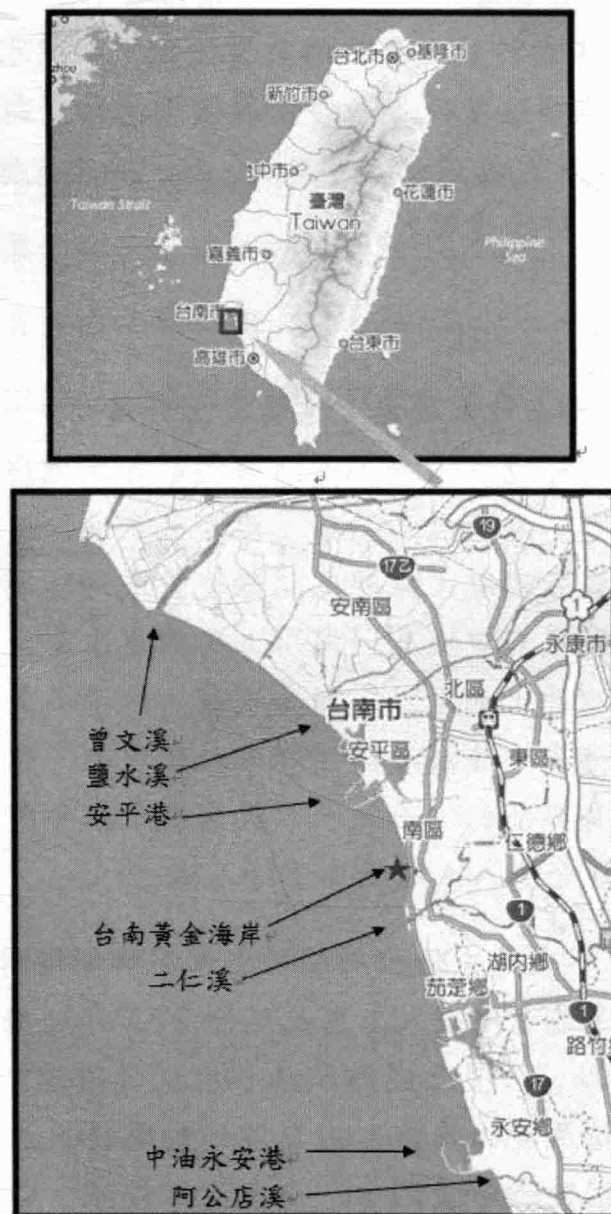


圖 1.1 安平海域測站位置圖

位於臺灣西南部的台南黃金海岸除了短短三個月雨季可能由二仁溪輸出部份沙源外，其餘旱季期間則處於無沙源狀況，是觀察波浪、海岸漂沙及地形變化關係的絕佳地點。觀測現場(圖 1.1)位於安平港以南約 4km，二仁溪口以北約 2km 處，現場海岸線為南北走向，沙灘寬約 60m，灘地寬闊適合提供民眾各種休閒活動。不過該沙灘面對臺灣海峽，一年中受冬季的東北季風，夏季的西南季風、颱風，以及潮流等影響，漂沙活躍，地形變化極大。

1.2 台南黃金海岸之現況變化

台南市黃金海岸為喜好戲水弄潮民眾經常留連之地，黃昏之時更是夕陽彩韻景緻優美，然而 97 年 8 月期間受到卡玫基及鳳凰颱風所帶來大浪侵襲後，本段海岸由船屋至親水公園間沙灘因而消失被捲入其前方海域中，此應屬典型海岸夏侵冬淤之季節特性，俟冬季時沙灘方能有所回復。照片 1.1 至照片 1.11 為 94 年 5 月至 101 年 9 月黃金海岸沙灘變化情形，94 年時仍可見到寬廣平緩的金黃色沙灘，名符其實的黃金海岸是台南人最愛的休閒去處之一。95 年台南市政府在堤防上規劃一系列咖啡雅座，吸引許多年輕人前往，黃昏時的日落美景更是詩情畫意，美不勝收。觀景堤防上有建一船屋造型餐廳，配合堤防步道、大型停車場、遊客沖洗與淋浴設施以及小吃攤等，黃金海岸確曾風光一段時間。照片 1.3 為船屋餐廳左側之鐵製斜坡道，其在 96 年時提供搬運帆船小舟到海上練習與比賽使用，至 97 年 8 月已完全懸空，無法使用，堤道底部之護岸鵝卵石一度完全露出，沙灘消失。照片 1.5 與 1.6 顯示夏季侵蝕、冬季回淤的典型向一離岸輸沙作用。照片 1.7 與 1.8 沙灘侵蝕、堤基刷深，洶湧浪濤得以長驅直入。照片 1.9 顯示船屋餐廳北側沙灘也逐漸步上南側沙灘後塵，寬度大肆縮減。至今年(101 年)9 月南側觀景堤防完全崩壞損毀，被消波塊與突堤結構取代(照片 1.10)，北側沙灘因岌岌可危也趕緊以消波塊護岸(照片 1.11)。臺灣四周又將多一條長滿脊柱狀突堤的消波塊海岸(照片 1.12)，同時減少一塊可供遊憩休閒的夢幻沙灘。

以長期海岸沖淤變遷論，黃金海岸因受南方 LNG 港堤防及北方安平港防波堤阻斷沿岸流輸沙作用，使夏季時由南往北的沿岸漂沙在安平港防波堤南側形成淤積，而來自阿公店溪的南方沙源也被 LNG 港防波堤阻擋無法進入情況下，黃金海岸南侵北淤的態勢於是形成；冬季東北季風時應由北往南適時補充黃金海岸沙灘的北方河川沙源被安平港防波堤阻擋於堤防北側，並在防波堤南側水域形成波浪掩蔽區，使防波堤南側之淤沙更不易回到南黃金海岸，因此其海岸線變遷呈現北淤南侵之趨勢，二十餘年來，茄荳海岸沙灘早已化身為水泥海堤與離岸堤組合，而南黃金海岸沙灘也悄悄變身為消波塊與突堤群。



照片 1.1 台南黃金海岸沙灘寬逾 50m 以上(94 年 5 月)