

核能四廠鹽寮福隆 沙灘變遷調查報告

專家調查小組

- | | |
|----------|----------------------|
| 楊文衡（召集人） | 國立台灣海洋大學河海工程學系副教授 |
| 王 鑫 | 國立台灣大學地理環境資訊學系教授 |
| 林意楨 | 淡江大學水資源及環境工程學系副教授 |
| 林銘崇 | 國立台灣大學工程科學及海洋工程學系教授 |
| 邱文彥 | 國立中山大學海洋環境及工程學系副教授 |
| 高家俊 | 國立成功大學水利及海洋工程學系教授兼主任 |
| 許泰文 | 國立成功大學水利及海洋工程學系教授 |
| 張金機 | 交通部運輸研究所研究員 |
| 楊肇岳 | 國立台灣大學海洋研究所副教授 |
| 蔡清標 | 國立中興大學土木工程學系教授 |
| 簡仲和 | 國立成功大學水利及海洋工程學系副教授 |

中華民國九十二年二月十四日

核能四廠鹽寮福隆 沙灘變遷調查報告

專家調查小組

- | | |
|----------|----------------------|
| 楊文衡（召集人） | 國立台灣海洋大學河海工程學系副教授 |
| 王 鑫 | 國立台灣大學地理環境資訊學系教授 |
| 林意楨 | 淡江大學水資源及環境工程學系副教授 |
| 林銘崇 | 國立台灣大學工程科學及海洋工程學系教授 |
| 邱文彥 | 國立中山大學海洋環境及工程學系副教授 |
| 高家俊 | 國立成功大學水利及海洋工程學系教授兼主任 |
| 許泰文 | 國立成功大學水利及海洋工程學系教授 |
| 張金機 | 交通部運輸研究所研究員 |
| 楊肇岳 | 國立台灣大學海洋研究所副教授 |
| 蔡清標 | 國立中興大學土木工程學系教授 |
| 簡仲和 | 國立成功大學水利及海洋工程學系副教授 |

中華民國九十二年二月十四日

目錄

	頁次
壹、前言	1
一、緣起	
二、調查委員會及專家調查小組	
三、調查經過	
貳、核能四廠重件碼頭工程	4
一、重件碼頭設計	
二、重件碼頭施工概況	
參、鹽寮福隆沙灘之變遷及監測情形	8
一、鹽寮沙灘變遷情形	
二、福隆沙灘變遷情形	
三、臺電公司沙灘監測計畫情形	
四、地方環保團體及東北角海岸風景管理處沙灘變遷情形說明	
五、重件碼頭防波堤對海岸變遷研判	
肆、結論	17
一、重件碼頭防波堤興建前	
二、重件碼頭防波堤興建後	
三、綜合研判	
伍、建議	22
參考文件	23
附件	
一、專家調查小組名單	
二、核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會專家調查小組第一次會議會議紀錄	
三、核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會專家調查小組第二次會議會議紀錄	
四、核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會專家調查小組第三次會議會議紀錄	

核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查報告

壹、前言

一、緣起

環保聯盟及鹽寮反核自救會等地方環保團體質疑近幾年來鹽寮及福隆沙灘消滅，係核能四廠重件碼頭興建所致，為此於九十二年一月十六日前往行政院陳情。行政院游院長指示行政院原子能委員會（以下簡稱原能會）召集環保署、內政部營建署、經濟部水利署、交通部觀光局等相關機關成立專案調查小組，瞭解真象，研擬解決方案，於一個月內完成。

二、調查委員會及專家調查小組

原能會接奉指示後立即邀集相關機關及團體代表、學者專家、地方人士成立「核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會」（以下簡稱調查委員會）。鑒於海域漂沙事涉專業技術領域，調查委員會特邀十一位學者組成專家調查小組（以下簡稱專家調查小組），進行獨立專業調查，分析沙灘變遷可能原因並建議解決方案。

專家小組之成員，先由原能會自國科會網站下載海洋科學及海洋工程研究人才共計二百八十四位，並依據其登錄之專長，選出具河海工程、海洋工程或漂沙調查領域專長之專家學者共計五十位，分送調

查委員會委員自五十位專家學者中各推薦十一位。復經調查委員會於第一次會議時達成共識決議，由許榮中委員推薦三人、施信民委員推薦三人，其餘五人由原能會依推荐人次之高低順序電話徵詢。專家調查小組成員名單如附件一。

三、調查經過

調查委員會奉示成立之後，於一月二十四日假原能會召開第一次會議。由歐陽主任委員親自主持，並由林政務委員盛豐蒞會指導，委員先聽取台電公司、原能會簡報及環保團體有關鹽寮福隆沙灘變遷之陳述，再審查「核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會設置要點」（草案），並決定增邀行政院農業委員會漁業署胡興華署長及李昭興教授擔任調查委員會委員。此外，全體出席委員並達成共識，確定專家調查小組十一位成員之組成方式。

專家調查小組成立之後，於一月二十六日（星期日）假原能會召開第一次會議，歐陽主任委員親自說明原委及專家調查小組任務。為維持專業獨立調查，俟專家調查小組委員互選出楊文衡教授為小組召集人後，即由召集人主持會議。專家調查小組先聽取台電公司簡報及環保團體陳訴後，隨即進行討論並交換意見，會議進行一整天。

一月二十七日歐陽主任委員親自陪同調查委員會委員及專家調查小組成員，前往核能四廠重件碼頭、鹽寮海灘、福隆海灘及雙溪河口現場勘查，並聽取交通部觀光局東北角海岸國家風景區管理處簡報。

二月六日專家調查小組上午先至核能四廠重件碼頭、鹽寮海濱公園、核能四廠三號排洪渠道出水口、福隆海水浴場現場勘查，下午則於核能四廠廠區召開第二次會議，聽取地方人士及鹽寮反核自救會相關之說明後，隨即進行討論並交換意見。

專家調查小組於二月十日召開第三次會議，完成調查工作，並完成調查報告。

貳、核能四廠重件碼頭工程

一、重件碼頭設計

重件碼頭係提供核能四廠興建期間，重型設備運輸船舶泊靠卸貨之需。因重件碼頭係附設於核能四廠循環冷卻水系統之進水口南、北防波堤所包圍之水域內，故其設計需將循環冷卻水系統之進水口南、北防波堤之設計一併考慮。

核能四廠循環冷卻水系統進水口防波堤與重件碼頭結構(詳圖1)設計概況如下：

- (1) 重件碼頭與防波堤選址於鹽寮灣北側鄰接礁岩海岸處，距鹽寮灣主要沙源之雙溪河口約 3000 公尺，以避免受漂沙活動之影響。
- (2) 重件碼頭與防波堤位於大礁之西南側，淺礁之西北側，利用外海側礁岩地形之離岸潛堤功能，使波浪於礁岩區外側碎波，而不會直接拍擊海岸導致顯著之海岸地形變化。
- (3) 頭防波堤結構離珊瑚生長之礁岩至少保持百公尺距離。
- (4) 重件碼頭北防波堤延伸至 15~16 公尺水深處，超過漂沙集體移動水深（約 6~10 公尺），以降低漂沙進入碼頭港池之機率。
- (5) 重件碼頭與防波堤選在遠離福隆海水浴場約 3500 公尺處，以排除對海水浴場遊憩活動之干擾。

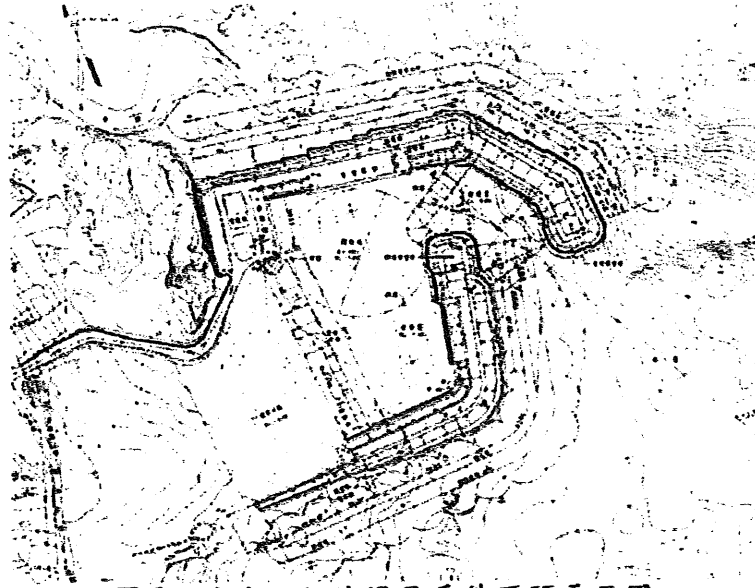


圖 1 進水口防波堤及重件碼頭平面圖

- 26 -

中華民國八十八年四月二日

二、重件碼頭施工概況

重件碼頭施工係由台電公司龍門施工處負責承辦，並由大棟營造股份有限公司承造，自八十七年四月八日（陸上工程）及八十八年四月二日（海域工程）分別開工，整個工期預定由開工日起 730 日曆天內竣工，截至九十一年十二月為止，共完成約 58%（已施工完成之範圍詳圖 2）。其施工進度及環保措施分述如下：

1. 施工進度

- (1) 重件碼頭 150 公尺已完成。
- (2) 一般碼頭正在進行浚挖工作。
- (3) 北防波堤全長 625 公尺，目前已施作至 NB 0^K+580m（含

沉箱定位 7 座)。

(4) 南防波堤全長 500 公尺，目前已施作至 SB 0^k+310m。

(5) 沉箱共 13 座 (北堤 10 座，南堤 3 座)，北堤沉箱已製作完成 8 座，定位 7 座。

(6) 目前已抽取之海沙約 65,000 立方公尺，沉箱內已填入約 32,000 立方公尺。

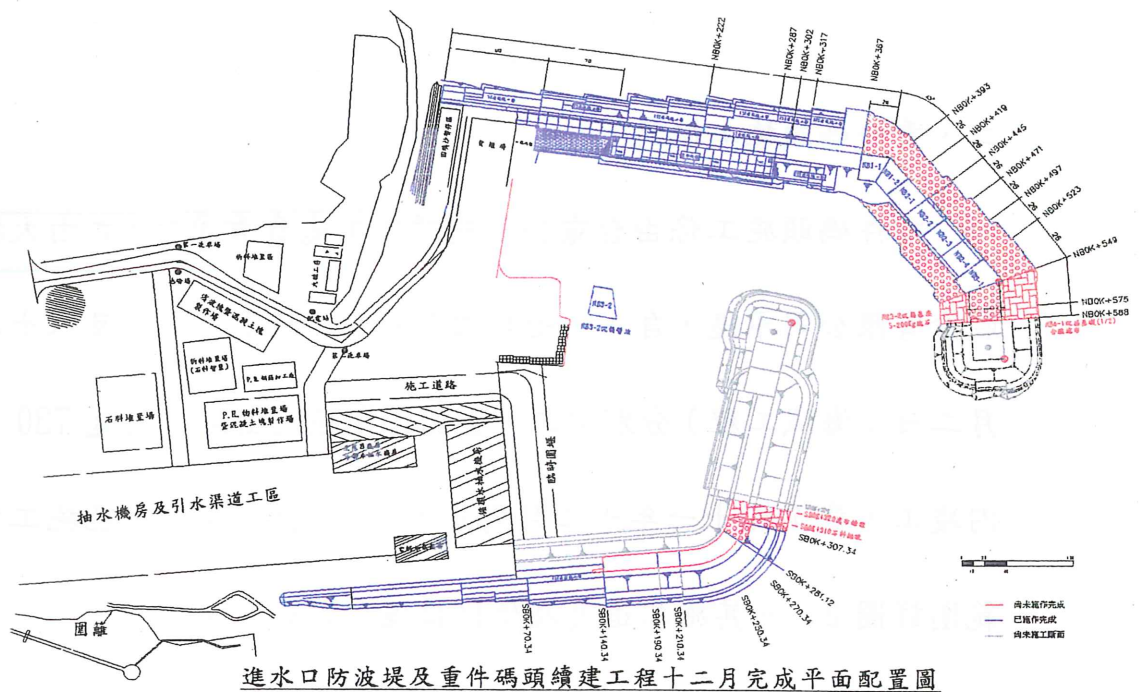


圖 2. 進水口防波堤及重件碼頭工程九十一年十二月完成範圍

2. 環境保護措施

(1) 陸上降雨沖刷防止：設置截水溝及涵管，導引雨水流入海域前先行沉澱。

(2) 石料清洗：所有石料拋進海域之前均須清洗，以免污染海域水質。

(3) 採用鉸刀抽吸式浚挖：鉸刀抽吸式浚挖可瞬間抽取海沙輸送至岸上，故比較不會污染海域水質。

(4) 水中防污濾布鋪設：沙在施工斷面前方約五十公尺處鋪設水中防污濾布，防止部分石料未洗淨時造成之污染擴散。

(5) 海水濁度監測：施工期間於施工範圍選定之取樣點上採集水樣，檢測海水濁度，確實控制施工區域海域水質。

(6) 水保工作：土石處置場按計畫每層為5公尺堆置50公分厚濾水石料，頂部及坡面亦將美化，並做好邊溝、截水溝等工程。

參、鹽寮福隆沙灘之變遷及監測情形

一、鹽寮沙灘變遷情形

鹽寮沙灘位於東北角海岸國家風景特定區，長約三公里的細粒石英質沙灘北側。依據台電公司委託成功大學水工試驗所八十七年十二月提出之「核四進出水口結構對漂砂影響之研究」報告顯示，鹽寮海岸之沙源供應來源為雙溪及石碇溪之河川輸沙。

鹽寮海岸由北往南之漂沙主要以東北季風波浪引起之沿岸流為驅動力，而由南往北之海岸漂沙則以颱風期間之東向入射波浪所造成的沿岸流為驅動力。依據中山大學海工系李忠潘教授提出之「澳底福隆地區海岸地形專題報告」顯示，九十年初至九十一年底期間，鹽寮公園北側之海灘有刷深現象。鹽寮公園之海底地形-2m至-8m及鹽寮公園南側近岸地形+2m至-4m有刷深往外搬移現象。李忠潘教授報告指出，九十一年冬季所測之水深地形，於重件碼頭及鹽寮附近地形於灘線至水深-5m皆發現有侵蝕現象。鹽寮公園南側斷面則於灘線有侵蝕現象，而於外海約-5m處有堆積現象。另外台電公司九十二年一月「歷年核能四廠(福隆-澳底)海域漂沙及海岸地形變化調查分析報告」，指出鹽寮海濱公園附近地形灘線由九十一年冬季測出往後退約15-20m。

二、福隆沙灘變遷情形

福隆位於東北角風景特定區內最大河川雙溪河出海口，雙溪河將海岸分隔成為內河及外海的景致，其河口沙嘴地形，構成了福隆海水浴場的內河和外灘景觀。依據台電公司委託中山大學李忠潘教授提出之「澳底福隆地區海岸地形專題報告」顯示，九十一年冬季時，福隆海水浴場北側近岸+2m至0m之地形有刷深現象，而於-2m至-4m有堆積現象。與八十七年比較，福隆沙灘刷深約1-2m。

福隆海水浴場跨橋東側之沙灘於重件碼頭施工前之八十六年溫妮颱風後斷裂，其橋墩裸露於海水中。重件碼頭施工後，跨海橋東側橋墩於九十年二月測量結果顯示於象神颱風後再次裸露於海水中。九十年八月時，跨海橋東側橋墩經回填後已回復舊觀，但九十年十月納莉颱風後福隆海水浴場跨海橋下原出海口已淤積導致雙溪河轉向新出海口。九十一年二月福隆海水浴場北邊出海口較納莉颱風後所測出海口寬度已縮減，顯示沙源有自然回填趨勢。九十一年四月福隆海水浴場以人工回填方式回復其原河道，九十一年八月福隆海水浴場回填後，其河道有由內往外海侵蝕之現象。九十一年十月福隆海水浴場沙灘又再次被沖斷，是否與七月之納克莉颱風及九月之辛樂克颱風有關尚有待澄清。九十一年十二月福隆海水浴場雙溪出海口沙灘仍然斷裂，但九十一年冬季所測福隆海水浴場附近則灘線有明顯後退現象。

相關單位已於九十一年八月左右開始進行雙溪河之護堤工程，期盼能使雙溪河出海口回復原貌。

三、台電公司沙灘監測計畫情形

台電公司自八十二年十一月起開始執行核四廠附近地形調查工作，分別於每年颱風季節前、後(夏、秋兩季)各進行一次。調查項目包括陸上地形測量、海域水深測量及雙溪河口淤沙監測等三項。調查範圍於八十二年十一月至九十一年三月期間，由澳底漁港南側至挖子港北側(福隆海水浴場)附近，九十一年四月迄今新增福隆海水浴場至挖子港區域。

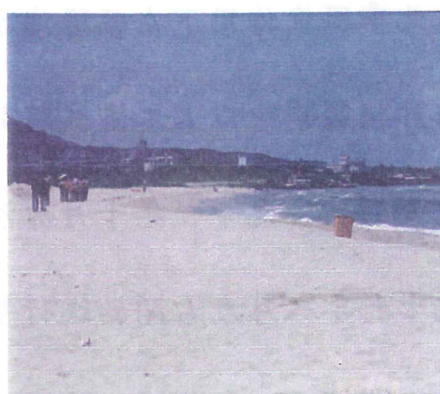
台電公司歷年來調查之資料顯示，八十五年賀伯颱風在重件碼頭及鹽寮海濱公園之地形等深線 0m 至-5m 呈現明顯侵蝕現象，八十六年溫妮颱風在重件碼頭及鹽寮海濱公園之地形無明顯變化。八十七年，重件碼頭施工後，八十九年象神颱風在重件碼頭及鹽寮海濱公園之地形無明顯變化，且有些微淤積。九十年納莉颱風在重件碼頭及鹽寮海濱公園之地形等深線 0m 至-5m 則呈現明顯侵蝕現象。九十一年冬季之等深線 0 至-5m 線較九十年冬季與九十一年春季有往內刷深現象，重件碼頭內之刷深主要因重件碼頭浚深工程有關。而鹽寮海濱公園附近地形灘線由九十一年冬季測出往後退約 15-20m。

台電公司福隆海水浴場附近海域地形變化監測資料顯示，重件碼頭施工前八十五年賀伯颱風在鹽寮海濱公園以南至福隆海水浴場之地形等深線 0m 至-5m 呈現明顯侵蝕現象，八十六年溫妮颱風地形呈現侵淤互現，而於福隆海水浴場附近等深線 0m 至-2m 呈現些許侵蝕現象。重件碼頭施工後八十九年象神颱風福隆海水浴場附近之地形等深線-2m 呈現回淤現象，而岸線 0m 線呈現侵蝕現象。九十年納莉颱風在福隆海水浴場附近之地形等深線 0m 至-2m 呈現明顯侵蝕現象。調查資料說明福隆海岸地區地形在颱風直接侵襲後，皆有較大之地形變化，而其回復狀況則視颱風來襲時間為夏季或秋冬季而定。

台電公司雙溪河口之淤沙監測資料顯示，九十年雙溪河道因納莉颱風影響，其舊河道已阻塞，而由福隆海水浴場之內河大橋東側橋墩旁沖刷出一新河道，於納莉颱風過後之東北季風浪作用下在福隆海水浴場附近海域已有回淤情形。九十一年四月相關單位以人工方式將其所斷裂之沙嘴回填。然因河道沖擊沙嘴之關係，於九十一年十月原沙嘴又遭衝斷成新出海口。相關單位已於九十一年八月左右開始進行雙溪河之護堤工程，期盼能使雙溪河出海口回復原貌。

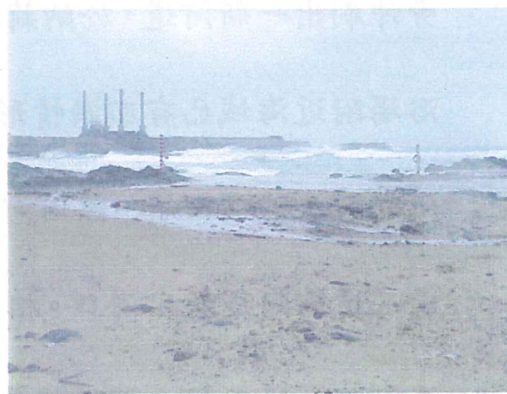
四、地方環保團體及東北角海岸風景管理處沙灘變遷情形說明

依據貢寮鄉公所林勝義先生及鹽寮反核自救會會長吳文通先生，於九十二年二月六日第二次專家調查小組會議提供的資料指出，福隆沙灘皆是在夏秋兩季被颱風掀起浪潮將沙推往北方海域，在冬季的東北季風吹起時，將沙向南推回。重件碼頭施工至今，造成鹽寮沙灘後退，福隆海水浴場消失，短時間沙灘即後縮十二公尺，沙灘下降六公尺形成斷面，高度也下降五公尺，同時碼頭淤沙嚴重，必須不停抽沙，導致鄰近的鹽寮福隆沙灘逐漸減少，又歷經象神、納莉兩次風災，被風浪帶走的沙源，往年可以由潮流帶回，如今卻受到了碼頭堤防工程的阻礙無法回流，導致沙灘逐年縮小。吳文通先生提供之鹽寮及福隆沙灘變遷情形詳如圖3、4。



重件碼頭施工前鹽寮沙灘照片

87年4月



重件碼頭施工後鹽寮沙灘照片

91年5月

圖3、鹽寮沙灘變遷照片



重件碼頭施工前福隆沙灘照片



重件碼頭施工後福隆沙灘照片

圖 4、福隆沙灘變遷照片

東北角海岸國家風景區管理處九十二年一月二十七日簡報資料顯示，九十年五月與九十一年七月照片之比對（詳如圖 5、6），鹽寮沙灘嚴重流失，造成南、北向陡斜，同時鹽寮沙灘高程下降約 50 公分，舊社沙灘侵蝕崩塌退縮（詳如圖 7）。九十年四月與九十一年十月照片比對顯示（詳如圖 8），鹽寮公園北端礁岩裸露，明顯看出沙灘嚴重流失。鹽寮沙灘於九十一年九月七日辛樂克颱風過後，沙灘滿佈前所未見礫石。



圖 5、東北角海岸國家風景區管理處提供之鹽寮沙灘北向照片



九十年五月鹽寮沙灘南向照片



九十一年七月鹽寮沙灘南向照片

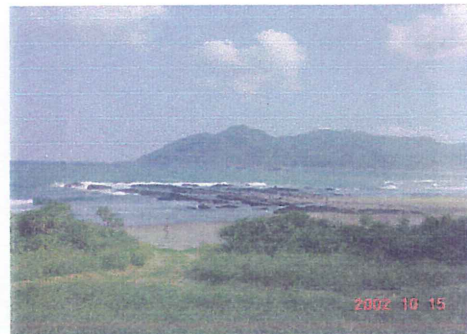
圖 6、東北角海岸國家風景區管理處提供之鹽寮沙灘南向照片



圖 7、鹽寮沙灘高程下降及舊社沙灘侵蝕崩塌退縮照片



九十年四月



九十一年十月

圖 8、鹽寮公園北端礁岩裸露比對照片

五、重件碼頭防波堤對海岸變遷研判

重件碼頭北防波堤興建，對海岸地形影響隨延伸長度而增加。九十一年十月已興建部份北防波堤，對海岸已略具影響雛形，但興建至今僅數個月，由現場資料研判防波堤興建後，對福隆鹽寮海岸影響程度，就防波堤興建前後，海岸波浪水理特性及過去經驗作評估。

（一）鹽寮海濱沙灘侵蝕

冬季東北季風波浪作用時，北防波堤堤頭效應，在鹽寮海岸附近產生波浪能量集中現象，增加海岸侵蝕作用力，而且防波堤阻斷由北向南的沙源補注；防波堤興建後，鹽寮附近應屬侵蝕海岸。例如和美漁港興建後造成南側金沙灣海灘侵蝕；烏石漁港興建後造成南側沙灘侵蝕，花蓮港東防波堤興建後，造成南濱海岸侵蝕；台中港北防波堤完成後，使南海堤堤基沖刷等皆是。

（二）港池航道淤積

夏季西南季風及颱風波浪侵襲時，南防波堤產生之強制離岸流，可能會將小部份往外海輸送之漂沙帶進港內及造成核四進水口淤積。例如，花蓮港航道淤積，台中港南防波堤堤頭外海沙丘（未帶進港口），均屬相同現象。

（三）福隆、鹽寮海岸沙灘消長

核四重件碼頭防波堤興建後，海岸波浪水理環境改變，在短期，

勢必造成局部海岸侵蝕、淤積現象。但長期而言，只要此地區沙源補注（河川排沙及養灘）與流失（漂往深海）差異不大，則整體海岸終將維持穩定。截至目前所蒐集資料尚無法分析防波堤興建前後，被帶往外海漂沙量之差異究竟多少。因此，福隆、鹽寮海岸目前雖呈現局部侵蝕狀態，長期而言，雖可能發生侵蝕現象，但其幅度多少，則尚難推判。

肆、結論

自然海岸興建防波堤等大型結構物，改變近岸水理條件，可能破壞海岸漂沙變化特性，造成海岸地形的變遷。重件碼頭施工期間，民國九十年納莉颱風造成 7 米巨浪，相當於 25 年一遇的巨浪，其路徑由東北向西南，在東北角海岸附近登陸，這種路徑的颱風非常罕見，對東北角海岸的破壞力超強。海燕颱風造成波高 5.8 米，九十一年雷馬遜颱風造成波高 5.3 米，尤其辛樂克颱風造成波高 5.7 米，此颱風由東向西掠過北部海域，巨浪襲擊時間長。這幾次異常颱風對本段海灘造成嚴重的侵蝕並非短期內即可靠自然力量回復，加以重件碼頭的興建，是否影響本段海岸地形的回復，需要評估或繼續追蹤觀察，必要時應輔以海岸工法，進行本段海灘的復育計畫。核四重件碼頭防波堤興建，是否造成鹽寮海濱公園及福隆海水浴場沙灘侵蝕？茲就防波堤興建前後，海岸漂沙輸送機制與海岸地形變遷概述如后。

一、重件碼頭防波堤興建前

福隆、鹽寮海岸為石碇溪與雙溪河間之獨立沙灘海岸，依據岬灣理論，此海岸幾乎為動態平衡的沙岸（圖 9）。每年颱風期間受東向及東南向颱風波浪侵襲時，近岸波浪碎波後，產生沿岸流將漂沙由南方福隆海水浴場海灘往北方石碇溪口輸送，部份漂沙則被帶往較深外

海。雙溪河、石碇溪排沙量與風浪大小，決定福隆鹽寮海岸地形沖淤特性的重要因素。如颱風雨大浪小時，河口附近大量淤積，而雨小浪大時，則海岸沙灘可能發生嚴重侵蝕現象。冬季東北季風盛吹時，福隆鹽寮海岸受東北向波浪作用，近岸流會將夏季淤積於鹽寮海岸與石碇溪口附近泥沙帶往福隆海岸，其中亦有部份泥沙被帶到較深的外海。因此，核四重件碼頭未興建前，此區海岸受河川排沙量及風浪特性產生季節性侵淤變化；但長期而言，除非河川整治，排沙量銳減，或暴風波浪異常，應屬動態平衡。



$$R_0=6.5$$

$$\beta=28^{\circ}$$

$$\frac{R}{R_0}=0.05+1.11 \frac{\beta}{\theta}-0.164\left(\frac{\beta}{\theta}\right)^2$$

$$\theta=30^{\circ} \quad R=6.13 \quad \theta=42^{\circ} \quad R=4.66$$

$$\theta=32^{\circ} \quad R=5.83 \quad \theta=44^{\circ} \quad R=4.48$$

$$\theta=34^{\circ} \quad R=5.54 \quad \theta=46^{\circ} \quad R=4.32$$

$$\theta=36^{\circ} \quad R=5.3 \quad \theta=48^{\circ} \quad R=4.15$$

$$\theta=38^{\circ} \quad R=5.06 \quad \theta=50^{\circ} \quad R=4.03$$

$$\theta=40^{\circ} \quad R=4.85$$

R_0 ：岬灣上下游控制點連線（即控制線）之長度

β ：經岬灣上游控制點（即繞射點）波峰線與控制線間的夾角

(R, θ) 為岬灣平衡灘線之座標，以繞射點為原點，

θ 為自波峰線起算之角度，

R 為依據經驗公式算得之半徑。

本例計算之 R 及 R_0 為縮小圖上之長度（公分），並非實際尺度之距離。

二、重件碼頭防波堤興建後

重件碼頭興建後，在颱風波浪作用下，由於北防波堤的延長，將在堤頭產生強制的離岸流 (rip current)，如圖 10 所示。此種流場將使部份漂沙往外海輸送，沈積於較深海域或淺礁岩區，另一部份漂沙則因波浪繞射帶進港池淤積於航道，使繼之而來的湧浪恢復沙灘的能力降低。在東北方向之季節波浪作用下，波浪在北防波堤經堤頭形成輻射效應，防波堤南側遮蔽區波高變小，形成新的輻射應力梯度，改變原來由北向南的沿岸流系統，而形成由南向北的沿岸流系統，如圖 11 所示。由於漂沙向北遷移，遂使鹽寮和福隆海岸之沿岸漂沙短缺而使沙灘縮小。另依突堤效應理論，重件碼頭影響南側侵蝕區域，可依重件碼頭堤長 (650 公尺) 三至五倍距離，亦即二~三公里南側，可達福隆海域，造成海灘侵蝕。

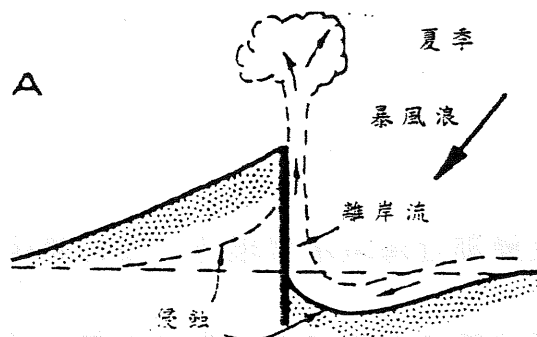


圖 10、夏季颱風波浪實堤附近漂沙水理環境

(From Silvester Coastal Eng.)

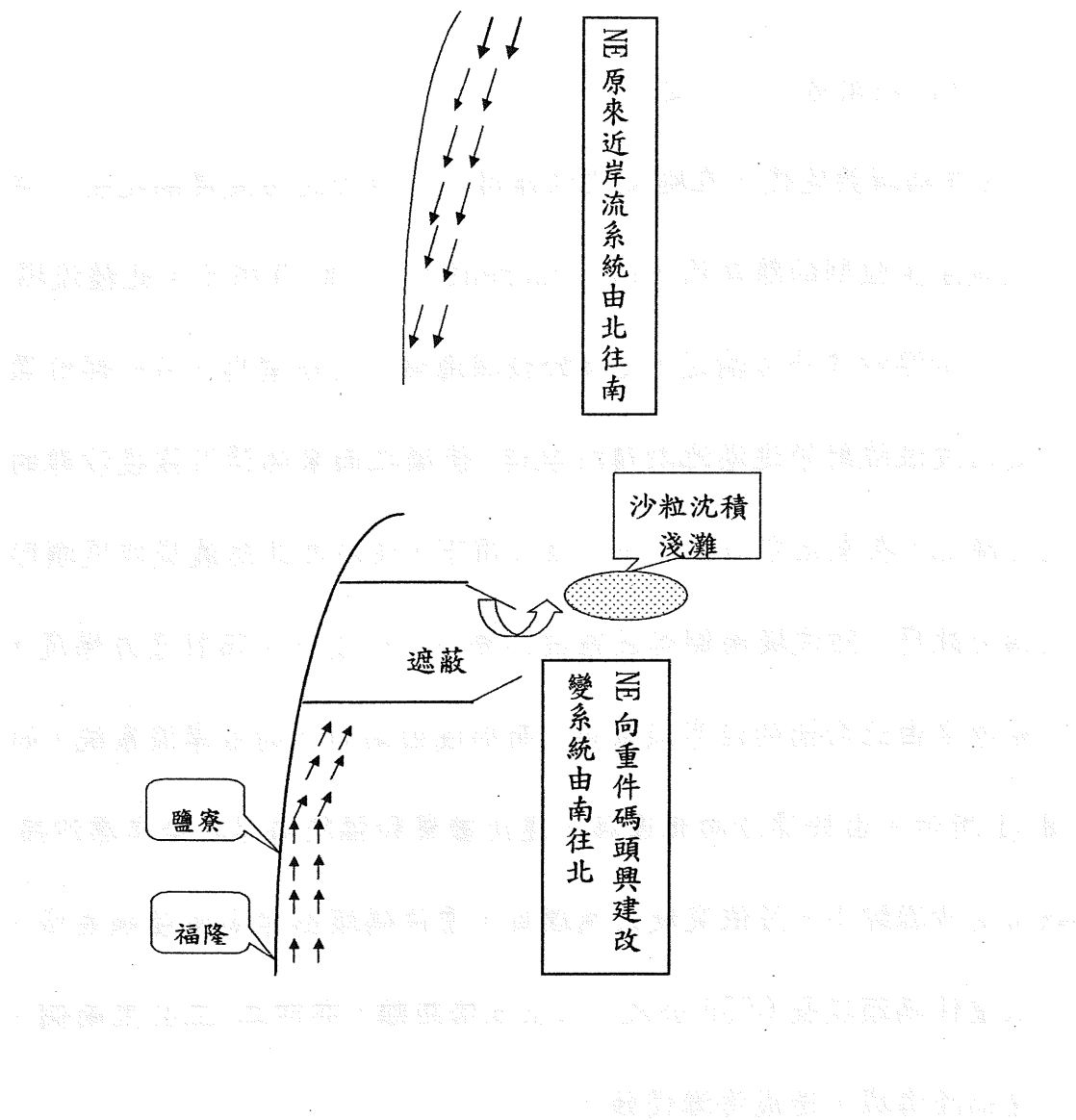


圖 11、重件碼頭興建改變近岸流系統示意圖

三、綜合研判

興建防波堤改變鄰近海域水理環境，因此興建重件碼頭防波堤，在短期內，對鹽寮福隆海岸沙灘造成直接衝擊，形成嚴重侵蝕現象。距離較遠的福隆海岸地形變化主要受河川排沙及颱風巨浪影響。福隆海岸沙灘目前擁有的沙源受颱風波浪作用往鹽寮海岸輸送，部份被帶

往外海或港池航道。對於漂沙造成港池長期淤積、進水口淤沙而影響
冷卻水抽取，以及出水口設施造成鹽寮海岸近岸流改變及漂沙變化，
應提早研究因應對策。因近年河川排沙量銳減，福隆海岸消退可能增
加，未來福隆沙灘消長，決定於河川排沙補注及養灘與向外海輸送量
的差異。

88年開始施工

伍、建議

建議加強調查及研擬復育方式如下：

- (一) 鹽寮及福隆海岸應維持其親水特性自然風貌。
- (二) 短期內於颱風來臨前，佐以柔性定沙養灘之補救措施；此項措施應每年執行，直到長期復育計畫執行為止。並儘速研究與評估海灘復育之替選方案（如人工養灘、離岸潛堤、人工岬灣及重件碼頭拆除等方式）。
- (三) 檢討改進海域監測時程及方式，持續進行長期性之調查；另採行波流場及漂沙數值模擬，配合海岸流場之監測，以計算因重件碼頭改變之流場，估算漂沙之季節方向與數量，並持續監測海岸地形之變遷。
- (四) 加強雙溪輸沙量調查，以確實掌握本地區海岸之海灘平衡機制。
- (五) 進一步評估漂沙對港池航道淤積所造成進水口之影響，以及出水口設施對海岸地形可能之影響，並提出對策與改進方法。
- (六) 航道與港池浚渫之沙石應列入管制，浚深沙源之處置除工程所需外應以回復海灘為優先考慮。
- (七) 政府應儘速研擬海岸保護與整合管理之政策及計畫，並強化海岸保育及維護管理機制。

參考文件

1. 核能四廠重件碼頭工程與鹽寮福隆沙灘變遷之處理情形，行政院原子能委員會，九十二年一月二十四日。
2. 核四進出水口結構對漂沙影響之研究，國立成功大學水工試驗所，八十七年十二月。
3. 歷年核能四廠（福隆—澳底）海域漂沙及海岸地形變化調查分析報告，台灣電力公司，九十二年一月。
4. 核能四廠重件碼頭設計與施工概況，台灣電力公司，九十二年一月二十二日。
5. 核能四廠施工期間歷年海岸地形調查成果報告，台灣電力公司，九十二年一月。

附 件

附件一

核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷專家調查小組名單
(依姓氏筆劃)

姓 名	服 務 單 位	職 稱
王 鑫	國立台灣大學地理環境資訊學系	教 授
林 意 楨	淡江大學水資源及環境工程學系	副 教 授
林 銘 崇	國立台灣大學工程科學及海洋工程學系	教 授
邱 文 彥	國立中山大學海洋環境及工程學系	副 教 授
高 家 俊	國立成功大學水利及海洋工程學系(所)	教 授 兼 主 任
許 泰 文	國立成功大學水利及海洋工程學系	教 授
張 金 機	交通部運輸研究所	研 究 員
楊 文 衡	國立台灣海洋大學河海工程學系	副 教 授
楊 肇 岳	國立台灣大學海洋研究所	副 教 授
蔡 清 標	國立中興大學土木工程學系	教 授
簡 仲 和	國立成功大學水利及海洋工程學系	副 教 授

附件二

「核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會專家調查小組」第一次會議 會議紀錄

一、時間：中華民國九十二年一月二十六日（星期日）上午九時三十分。

二、地點：本會二樓會議室

三、出席委員及列席單位人員：如簽到單

四、主席：楊委員文衡 記錄：孟祥明

五、歐陽主任委員致詞：

（一）游院長元月十六日接見鹽寮鄉親及環保團體，聽取他們對核能四廠重件碼頭興建致鹽寮福隆沙灘變化的控訴，並指示葉俊榮政務委員及林盛豐政務委員督導原能會於一個月內完成調查報告。

（二）一月二十四日召開第一次「核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會會議」，各位是經該調查委員會議推薦，在河海工程、海洋工程、海岸漂沙學術上獲得肯定的專家，希望能借重各位之專業知識，在最短時間內，根據專業判斷，找出原因。

（三）一月二十四日委員會中，林盛豐政務委員指示兩點：

（1）希望能找到鹽寮福隆沙灘消失的原因。

(2)因爲重件碼頭業已完成，若對沙灘確有所影響，希望能提出沙灘回復之建議。

(四)明天本會已安排核四工地附近之實地勘查，希望各位踴躍參加。

(五)先推薦林銘崇教授擔任臨時主席，再選出召集人擔任正式主席。

六、推選專家調查小組召集人：

(1) 林銘崇教授謙辭擔任召集人。

(2) 林意楨教授提名楊文衡教授爲召集人。

(3) 楊文衡教授表示願意擔任召集人，爲專家小組服務。

(4) 九票同意通過由楊文衡教授擔任召集人，主持會議。

七、宣讀「核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會設置要點」：略

主席：根據設置要點第八點『前點之專家學者需未曾接受台電公司委託從事核能四廠相關研究調查計畫。』，表決結果同意第八點之限制爲曾擔任台電公司委託從事核能四廠相關研究調查計畫之計畫主持人或共同主持人。

八、簡報：

(一) 台電公司簡報重件碼頭規劃設計。(略)

(二) 台電公司簡報澳底福隆地區海岸地形專題報告。(略)

(三) 環保團體口頭陳訴。(略)

九、討論：

楊教授肇岳：

- (一) 請說明重件碼頭施工抽沙、開挖位置。
- (二) 請提供流場資料，包括表層流、底層流之流場分布。

簡教授仲和：

- (一) 請說明歷次抽沙時間、數量、地點。
- (二) 流場有何不同？
- (三) 請提供過去幾年之航照圖或空照圖。

邱教授文彥：

- (一) 請說明抽沙地點、數量及處置方式。
- (二) 請說明有無作過海底地形變遷調查？
- (三) 請提供建港前後歷年附近之航照圖。
- (四) 請提供附近是否有其他浚渫整治作業，如挖子港、澳底港或雙溪一帶相關作業資料。
- (五) 請提供鹽寮海灘之沙丘資料或圖片等。
- (六) 請提供核四環評有關海岸及海域實測與文獻資料。
- (七) 歷年來民眾陳述關切事項相關文件。

高教授家俊：

- (一) 從學理上來看，上流的沙源的改變也可能會對海岸地形造成影響，請提供雙溪河上流的這幾年工程措施。

- (二) 請環保團體提出明確之書面資料及訴求。
- (三) 就今天所得之資訊，並無法判斷重件碼頭施工對地形變遷之影響，有待取得進一步資料後，再作判斷。
- (四) 請原能會行文中央氣象局及東北角管理處提供龍洞遊艇港資料浮標歷年海、氣象觀測資料。

林教授意楨：

- (一) 請提供重件碼頭施工各階段碼頭區域附近之水深變化分析比較資料。
- (二) 請計算雙溪河口淤沙量總體積。
- (三) 請以平面圖將測區之沖淤情形作說明(如 84 年—88 年, 84 年—89 年, 84 年—90 年)。
- (四) 漁業代表提到龍洞有受影響，請環保團體說明澳底漁港是否有淤沙或侵蝕。
- (五) 建議明天現勘時，邀請東北角風景管理處列席簡報。

張教授金機：

- (一) 請確定斷面沖淤變化量，如 p51, p52, p83 全區在極短時間沖沙或淤積達三百萬立方公尺，有些斷面沖淤達十餘公尺，不甚合理。
- (二) 請提供分區沖淤變化(歷年)資料，分區範圍如下：X8—X16，

X16—X20，X20—X32，X32—X42，X42—X47，每區一圖。

(三) 請提供雙溪含沙量歷年變化：河川流量與含沙量變化關係。

(四) 請放大圖形之比例尺。

蔡教授清標：

(一) 請台電公司提供施工前至今，碼頭北側及南側海岸線之較大比例尺地形圖侵淤變化，包括海岸線 (shoreline) 及地形剖面

(profile)。

(二) 請台電公司提供建港前輸沙優勢資料 (包括季、年)。

王教授鑫：

(一) 海岸系統極具動態性質，直接受到海洋、陸地作用之雙重影響。鄰近溪流之流量、含沙量以及海岸人為活動，都有影響。

海況變化也有直接影響。

(二) 福隆海岸近年環境變遷包括二〇〇二年降雨量、流量似有銳減，因此河流輸沙量可能明確減少。本項推論

應追查實測數據。

(三) 颱風暴浪造成海灘垂直海岸之移動。由於波長大、波高大，向海搬運之力量相對強烈。沙灘侵蝕現象明確。

颱風影響具關鍵性。

(四) 前述環境變遷都強化近年沙灘侵蝕。其影響與重件碼頭之突

堤效應不易區隔。

(五) 福隆海灘在重件碼頭南側，如沿岸流來自北方，則突堤效應應難免。

(六) 待觀察之特殊現象：1 裂流、2 垂直海岸之搬運作用、3 沿岸流狀況及季節變化、4 雙溪輸沙量之變化、5 沙灘變化相片紀錄、6 颱風後的觀測結果。

(七) 現有證據似指向垂直海岸搬運之影響較大，即沙子向海搬運加強。

(八) 改善方案：福隆河口南岸淤積沙搬至福隆海灘養灘。

林教授銘崇：

(一) 資料中沒有環保團體所說之沙灘變薄相關資料，請環保團體提供具體資料。

(二) 環保團體提到礁岩有很多沙，但李教授的報告中沒提到，請環保團體提供具體資料。

十、決議：

(一) 請台電公司依主席裁示分別於明天(一月二十七日)及一週內將委員所需資料送各委員審閱。

(二) 明天(一月二十七日)現場勘查行程，請主辦單位邀請東北角風管處列席簡報。

(三) 一月二十九日第二次專家調查小組會議取消，延至二月六日舉行，會議地點改在核能四廠，當日並進行現場勘查，俾利元月二十七日未能出席之專家教授完成勘查。

(四) 請秘書單位修訂作業時程表。

十一、散會：十六時三十分。

附件三

「核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會專家調查小組」第二次會議 會議紀錄

一、時間：中華民國九十二年二月六日（星期四）上午十一時。

二、地點：核能四廠

三、出席委員及列席單位人員：如簽到單

四、主席：楊委員文衡

記

錄：孟祥明

主席致詞：

（一）今天除了邱文彥委員人在國外，不克出席之外，其餘委員全都到齊，希望今天能得到結論。

（二）今天的行程是上午先現勘，下午進行第二次會議，預定三點半結束。

五、現勘：

（一）核能四廠重件碼頭。

（二）鹽寮海濱公園。

（三）核能四廠三號排洪渠道出口。

（四）福隆海水浴場沙灘。

六、第二次會議各列席單位報告：

主席：下午議程先請陳朝龍立委致詞，再由台電公司報告十分鐘、反核自救會及貢寮鄉公所報告十五分鐘、東北角管理處報告十分鐘，然後由每位委員每人發言五分鐘，三點整除委員及秘書單位外，均請離席，希望能在三點半獲得共識結論。

東北角管理處（楊永盛科長代）：本處不進行報告。

陳立委朝龍：東北角之風景原本不亞於其他地區，但福隆沙灘自重件碼頭興建後嚴重流失，希望能借重各位專家學者之能力，搶救我們的沙灘。

台電公司（李松潘教授）：

- （一）今天提供之資料及監測資料已燒成光碟，委員如有需要可提供。
- （二）已依委員建議分成五區作出侵淤歷年變化趨勢圖，由資料可看出福隆沙灘主要沙源來自雙溪河；分區來看，各區是侵淤互見，即南邊侵、北邊淤。
- （三）由雙溪河口往北，變化量越來越少，尤其是零米線，亦即福隆沙灘變化大，往北到重件碼頭變化漸少。目前海岸線的變化，在歷年變化範圍內，但到底是暫時性或永久性的變化，有待繼續監測。
- （四）雙溪河口全面淤沙，是否因上游流量變小，因無上游流量資

料，無法預測。

鹽寮反核自救會（吳會長文通）：

（一）核四廠的海域工程主要有三項設施，即重件碼頭、進水口、出水口，這三個對海岸地形與生態有重大影響的工程，到底在環評中有沒有妥善評估？造成的自然破壞又該如何解決？

（二）核四的海域工程將會對海岸地形產生連鎖的影響效應，絕非只有重件碼頭而已，重件碼頭的施工引發沙灘消失的危機，如果設計不改變，繼續其他工程，未來進水口的吸沙效應，出水口的排出強勁水流更會影響沿岸潮，使得沙灘流失更快，因此建議委員們必須作出審慎的全盤考量。

（三）重件碼頭施工至今，造成鹽寮沙灘後退，福隆海水浴場消失，短短時間沙灘即後縮十二公尺，沙灘下降六公尺形成斷面，高度也下降五公尺，這全是碼頭興建後產生的，只有停建才能讓沙灘恢復。

趙立委永清（楊嬌豔小姐代）：趙立委對鹽寮福隆沙灘變遷非常重視，對於台電公司將沙灘消失原因歸咎於颱風及雙溪河沙源減少，個人無法接受，希望借重各位教授之專業，找出原因及解決方案。

七、討論：

主席：希望各位委員發言時能針對結論，焦點在沙灘消失侵蝕最主要的原因。

王委員鑫：

（一）綜合研判：

核四廠重件碼頭工程與鹽寮福隆沙灘變遷之關係似可根據系統分析追溯相關性。

重件碼頭開挖取沙以及碼頭南北側堤防對當地海域近岸漂沙活動可能導致之影響包括沿岸漂移以及與海岸垂直方向之離岸輸沙。

沿岸漂沙活動與南北堤防之興建及碼頭興建後浚渫挖深活動有一定關係。基本上可能造成沿岸漂沙繞經堤防外側時，部分移向深海，部分回填挖深地區，造成總量流失現象。此一現象發生在波浪、海流向北流動間。

由於向北移動繞經堤防外側至北岸之漂沙堆置於礁石間，再經風帶動後，形成北堤附近礁石堆沙情況。以全年而言，總量或許不大，但或已足夠形成此一現象。

由於本段海岸主要沙源來自雙溪，因此補注材料幾全依賴雙溪河輸沙。因此重件碼頭導致之流失量需賴雙溪河補注。

依據近年氣候資料及台電公司一九九三至二〇〇一年雙溪含沙量年表，大致可見二〇〇一年尤為乾旱，且雙溪輸沙量明顯減少。加

以期間颱風造成之高能波浪（pennging wave）侵蝕掏挖海灘，正如雪上加霜，使本段海岸侵蝕嚴重。此部份流失沙量多流向深水海域。造成淤高現象，並掩埋部分珊瑚礁。

就長期集水區土地利用及工程建設來看，無論是河流整治、水土保持、或是上游取水，都將造成雙溪輸沙持續減少情勢。因此，初步研判，本段海岸之侵蝕狀況將持續發展。

波浪向南移動時，則可能因突堤效應，將福隆至鹽寮段沙料整體向南移，加速重件碼頭南側海岸侵蝕現象。

（二）解決方案之建議：

前述持續侵蝕之現象，有待更多，更長期之環境監測始能證實。尤於重件碼頭僅屬影響因子之一，因此不宜將侵蝕之原因，完全歸於重件碼頭。颱風造成之影響具關鍵性。

為維護本段海岸之健康發育，保護地方環境資產及居民生計，養灘似為可考慮的項目之一。初步提出下述構想供討論。

- 1、於重件碼頭南側沿岸設置梳子狀平行排列之潛堤固沙。盡可能防止沿岸漂沙繼續北移。
- 2、從雙溪河口南側淤積海岸取沙回填至鹽寮海岸。由於本段海岸長期堆積趨勢為向南漂移，因此由南取沙回填北段海岸似為可行。但需調查可採取之沙量及其回淤狀況。

3、從較深水地區，即堆積區抽沙回填沙灘。但需經常回填。

4、上游河流疏浚淤沙，挖取至本段海岸回填。

5、較深處抽沙或可同時清除掩埋珊瑚礁之堆沙。

書面意見：颱風暴浪造成之災害性劇烈侵蝕，不易於短期內恢復。流

失之灘沙在短期內貯藏於深水地區（負四至六公尺深）。大

斷面測量可見負四至六公尺水深有堆積現象。

林委員意楨：

（一）由於礁岩區與沙灘並存，因此本區域之近岸流場十分複雜，有賴更進一步調查，方能具體確定重件碼頭對海岸之影響。

（二）中山大學長期的測量成果可看出近雙溪處有沖刷現象，而愈近重件碼頭地形變化較小，可知在短期內地形變化僅及於雙溪河口，該資料則無法判定重件碼頭之影響程度。

（三）據當地居民表示過去本段海灘漂沙移動範圍應由石碇溪與雙溪兩河口之間往復移動，該判斷應為可信，因此重件碼頭之存在勢必會對本段沙灘有所影響。

（四）重件碼頭南堤將可能會與南區之礁岩間對沿岸漂沙產出引導作用，使沿岸漂沙經由南北區礁岩間之海溝導到外海產生不可回復之沖刷影響。

楊委員肇岳：

- (一) 從福隆雙溪河口一直到石碇溪沙灘普遍明顯侵蝕。
- (二) 重件碼頭位於沙灘上明顯突堤效應造成鹽寮沙灘嚴重侵蝕。
- (三) 本來此海域沙灘靠漲潮水往北輸送，東北季風湧浪沿岸流往南堆積，此海岸為灣澳底部，西為陸地、南屏山脈、北有岩礁群，東海底有淺沙洲，沿岸漲潮往北流，退潮往外形成渦流，沙TRAP住，有了人工建築物南、北凸堤，湧浪回刷，能量驚人，所以沙往外搬沙源流失。

林委員銘崇：

- (一) 現勘及監測結果均顯示本區海岸（灘）地形，近年來確有顯著侵蝕，尤其颱風過後其侵蝕更為嚴重。
- (二) 監測資料顯示本區之沙源，主要來自雙溪河之輸沙，於平時正常天候時，該沙源之漂送往北及於鹽寮濱海公園附近，故於平時正常天候時，重件碼頭（防波堤）工程可能並無顯著影響。
- (三) 依水理上之學理而言，突堤或防波堤之興築常會在其堤頭附近產生波流場之複雜變化，尤其形成環流型流場及沿堤頭之離岸流（rip current），再加上本區堤頭附近礁岩之存在，可能因此導致颱風時往北之漂沙被往外帶，而不易於東北季風時期往男漂回，造成沙灘之流失。惟目前缺乏該處完整而詳細之流場資料。

(四) 本海域並非單一方向之漂沙活動(夏季與冬季時各異)，故此處之突堤影響並非典型之突堤效應，即雖其下游側(南側)呈現侵蝕，但現勘顯示其北側(上游側)並無明顯之淤積。其次，突堤構築之影響，一般及於其下游側 3 至 5 倍堤長之距離，故此突堤(防波堤)影響至福隆海水浴場附近應是合理之推估。

(五) 就工程觀點而言，本項重件碼頭(防波堤)工程之構築，必然會產生影響，此乃工程上之宿命，故思考如何改善保護海灘(岸)之對策，應是甚為重要之課題。

(六) 成大水工試驗所針對進出水口工程完成後，所作之海岸地形變化分析，顯示其結果與目前狀況迥異，在研提對策時，宜一併參考。

許委員泰文：

(一) 海岸地形變化影響因素很多，核四廠附近地形變化主要影響因素為波浪潮汐、溪流排沙和重件碼頭北防波堤延長至六五〇公尺等因素。雙溪排沙量平時不大，對沙灘形成幫助不大。夏季時浪潮將海沙推往北方海域，冬季東北季風之波浪所產生由北向南之沿岸流將沙向南推，形成鹽寮和福隆沙灘。

(二) 八十八年五月核四重件碼頭延長六五〇公尺，NE 方向之波浪入射後經堤頭形成繞射效應，北防波堤堤後波高變小，形成新

的輻射應力梯度，造成由南向北新的沿岸流系統。夏季颱風波浪將海沙推動向北，重件碼頭像口袋，將沙捕獲於港口，或向北流流出，又受到碼頭堤防阻礙無法回流，遂使沙灘縮小。整個現象很像和美漁港完成後，金沙灣沙灘迅速消失，而北防波堤堤頭卻嚴重淤塞。

(三) 北防波堤延長另從岬灣理論來看，北防波堤突出岬頭將破壞原來海灘漂沙平衡，南側海岸侵蝕在所難免，只是影響程度而已。

(四) 北防波堤影響由北往南漂沙，長期漂沙短缺以及颱風波浪蝕是造成鹽寮和

福隆岸侵蝕輕對策以防止海岸侵蝕為拯救鹽寮和福隆海岸為當務之急。

張委員金機：

(一) 重件碼頭南防波堤興建後，每年夏季受東向或東南向颱風波浪作用由南向北之沿岸流受防波堤阻礙產生強制裂流如圖一：使由南向北輸送漂沙被強制裂流帶往外海較深處及港持航道沈積造成鹽寮海岸沙灘消失。

(二) 冬季東北向季風波浪受防波堤繞射作用，產生下游波浪能量集現象，如圖二、

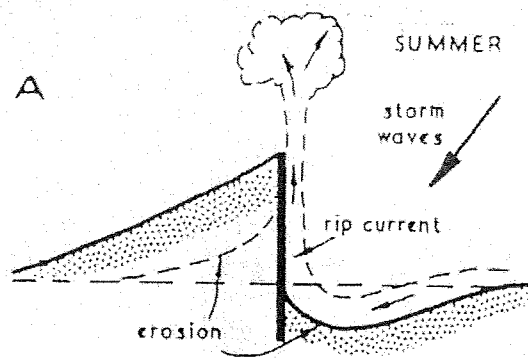
三，使鹽寮海灘受較大波浪衝擊造成侵蝕如圖四。東北季風波浪作用時由北

向南之沿岸流受防波堤阻斷無法將北岸沙源(本計畫夏季往北輸送沙源已被阻斷，因此北案無沙源)帶至南岸。

(三)鹽寮福隆海岸為獨立沙灘海岸未來消長決定於河川排沙補注與沿岸漂

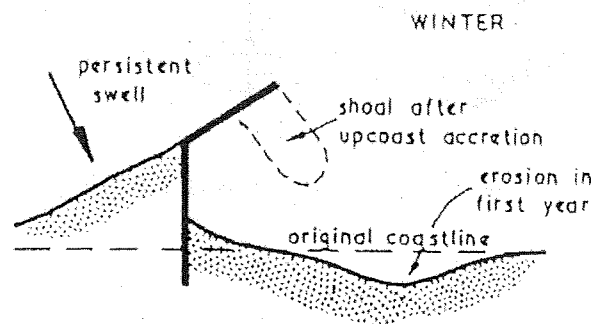
沙往外海輸送之流失量間之差異。近年河川排沙量減少，如果重件碼頭防波堤改變近岸流系統，使漂沙往外海輸送量增加，則未來此處海岸沙灘可能逐年消退。如圖五、六、七。

(四)鹽寮海岸沙灘應儘速加強保育，否則一旦颱風侵襲，不但沙灘急速消失，且港池航道將會造成嚴重淤塞。



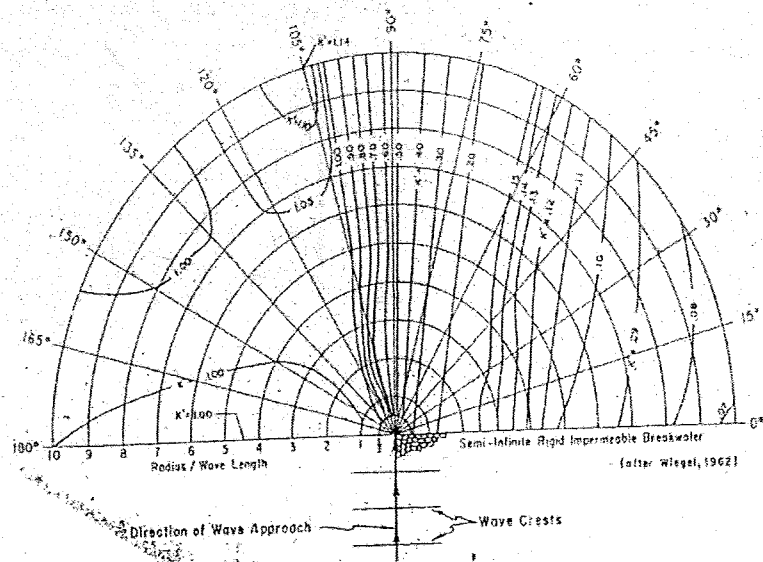
(From Silvester Coastal Engg.)

圖一：夏季颱風波浪實堤附近漂沙水理環境

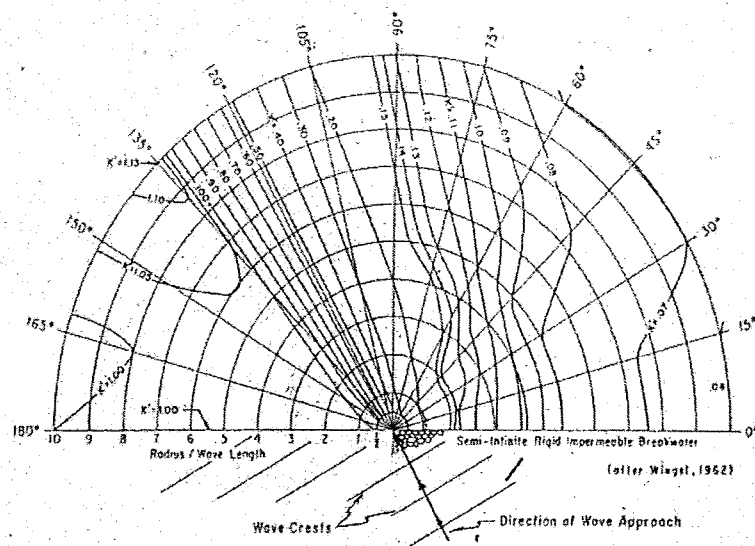


(From Silvester Coastal Engg.)

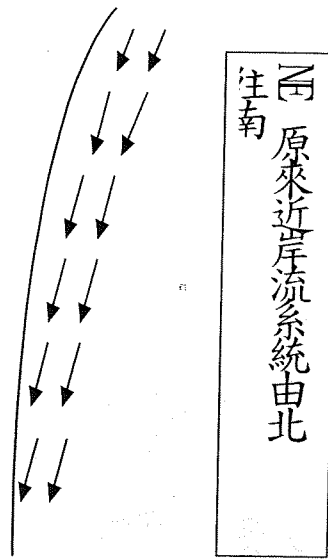
圖四：冬季季風波浪半“Y”形堤附近漂沙水理環境



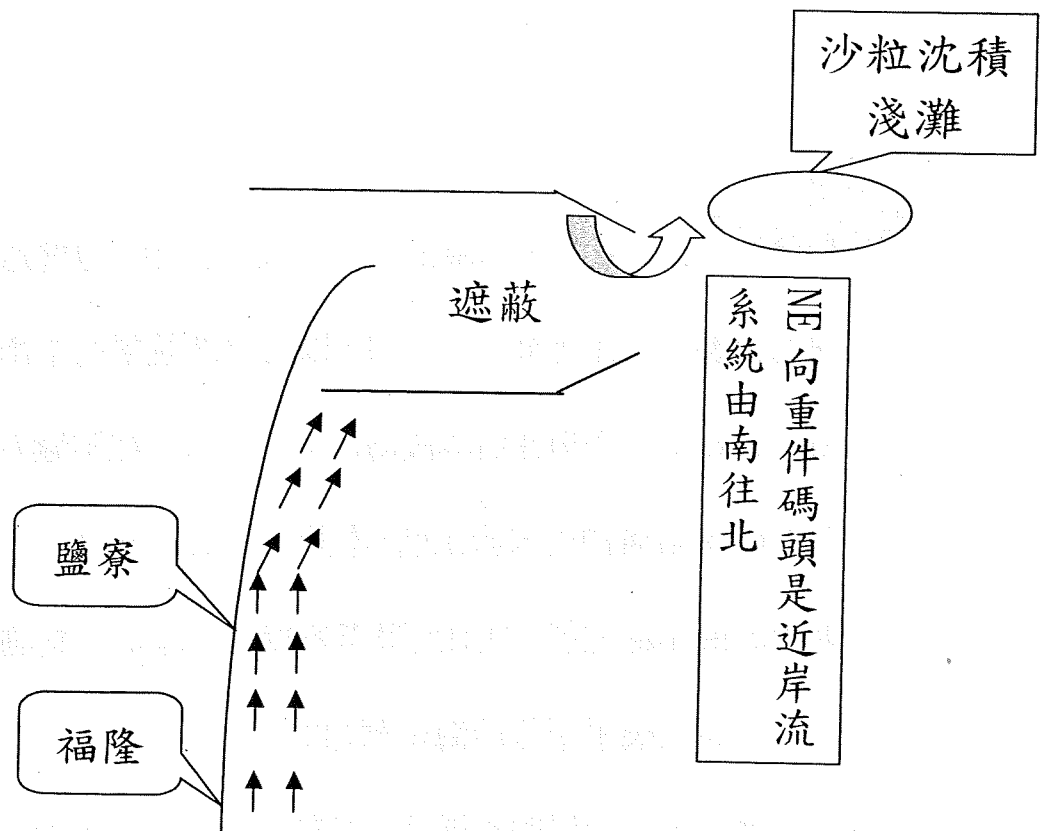
圖二：波浪垂直入射單堤法高倏射係數



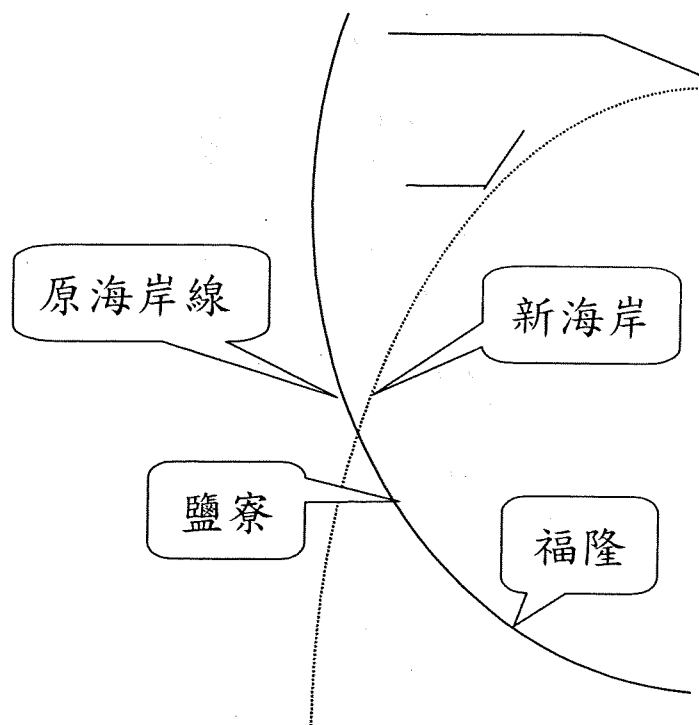
圖三：波浪 120° 入射單堤波高倏射係數



圖五



圖六



圖七

蔡委員清標：

- (一) 本段海岸雖受夏冬不同風浪特性的波浪作用，也會遭遇颱風波浪的侵襲，但就衛星照片資料，以海岸地貌學的平衡岬灣理論 (Hsu & Evans 1989) 評估本段海岸的安定性，如附圖八，發現在重件碼頭結構物尚未施工前，本段沙灘海岸幾乎完全符合平衡岬灣的海岸線型態。中山大學李教授的海岸地形實測資料中亦顯示等深線幾乎平行於海岸灣線的特性。基本上，颱風波浪是一種會發生海岸侵蝕的風浪，但在其後來的季風浪作用下，可能堆回留在岬灣中被颱風侵蝕的沙灘。就學理而言，在平衡安

定的海岸中，任何海岸結構物的存在，會破壞海灘線的安定性，只是影響程度之分而已，此在往昔許多文獻中已有許多的實例分析。（本人因無重件碼頭施工後的衛星照片，故無法評估其可能發生的海灘線變化。）

（三）一般而言，海岸結構物的存在會影響近岸流場的結構，進而影響沿岸輸沙特性，在有上游漂沙源的情況下，防波堤上游側會發生堆積，而下游方則侵蝕，即一般所謂的突堤效應，如台中港、烏石漁港、核二港口等。但本段海岸北方基本上並無明顯漂沙源，本段海岸發生的並非上述典型的突堤效應，而可能是發生在東南向颱風浪的作用時，往北的沿岸流受阻於重件碼頭的南防波堤，進而於颱風期間發生較強烈的離岸流，將沙質帶往較深的外海，導致後來的季風浪無法輸回被侵蝕的沙灘，因此本段海岸發生較嚴重的侵蝕。但颱風浪作用時，海岸流況實際特性，是否如此，建議應有進一步的計算分析。

（四）建議應依本段海岸的波流場特性，進行本段海岸的復育計畫，而海灘復育計畫必須考慮原本親水性觀光海岸的功能，盡量減少硬體結構物的設施。

簡委員仲和：

鹽寮、雙溪海岸北北西-南南東走向、南北岬角及受冬夏季海象

影響情形，大致與其北側金沙灣海岸相當，海岸漂沙所呈現夏季由南往北、冬季由北往南之季節變化也相近。金沙灣北岬角南側之和美漁港在 79 年 7 月完工，歷經夏季幾次颱風後，金沙灣之沙灘即大量流失，海岸中段之淺礁明顯露出，而新建之漁港也因大量漂沙進入而使港內淤塞；如今和美漁港淤塞依舊，但金沙灣高程 0M 上下海沙幾全已流失，只剩礁石外露。其原因係其 150M 長、水深至 -4M 防波堤之影響，使颱風季節來自東、東南東波浪引致向北之流場受到防波堤阻滯而流向水深較深處，改變未見港前夏季漂沙滯留北岬角沿岸之特性，以致缺少沙粒可供冬季時波浪帶返南側之金沙灣；時間越久，金沙灣北向漂沙外流深水處越多，因此金沙灣沙灘流失也愈嚴重。

今重件碼頭興建於鹽寮、雙溪海岸之位置與和美漁港於金沙灣之情形同出一轍，其防波堤佈置對夏季颱風波浪引致流場之改變與北向沿岸漂沙流失之影響可想而知。令人擔憂者，鹽寮、雙溪海岸之水深 10M 潮流調查資料，顯示漲潮流向西北轉北，退潮時往東南向外帶，而重件碼頭防波堤離岸長度達 500M、水深達 -12M，規模比和美漁港大了 3 倍，對夏季颱風波浪引致流場之改變與北向沿岸漂沙流失之影響恐有過之而無不及，鹽寮、雙溪海灘之流失恐更加遽，應思及早未雨綢繆。

已進行地形測量資料與目前於鹽寮、雙溪海岸間規劃之 15 處地

形監測點，僅能提供冬夏地形季節變化趨勢研判之用，建議盡快進行大範圍地形測量、近岸與重件碼頭防波堤附近流場與漂沙調查，以分析沿岸漂沙外帶情形與去向，以提供研擬沙灘流失減緩對策以及復育規劃之用。否則缺少這些資料佐證應用，所謂數值模式、水工模型試驗等改善方案研擬，恐仍無法克竟其功。

高委員家俊：

- (一) 就大範圍地形而言，重件碼頭東北方浮出水面的礁岩和東南方大片的淺礁，對海流的影響可能較重件碼頭為大，重件碼頭影響的範圍可能非常小，不致於影響到雙溪河口的福隆海濱遊樂區，挖子漁港防波堤對雙溪河口海岸地形的影響需要注意。
- (二) 民國九十年納莉颱風造成七米巨浪，海潮 5.8 米，九十一年雷馬遜颱風造成 5.3 米，辛克樂 5.7 米，這幾次颱風所造成對海灘流失的影響應重視之。

八、結論

- (一) 重件碼頭防波堤興建確實有影響。
- (二) 各委員意見，於調查報告中及附件納入。
- (三) 請秘書單位先完成初稿。
- (四) 於二月十日下午第二次會議討論定稿。

九、散會：十六時。

結論初稿

自然海岸興建防波堤等大型構造物，改變近岸水理條件，破壞海岸漂沙動態平衡，造成海岸地形變化，不適當的防波堤佈置，常使海岸沙灘消失或港池、航道、河口淤塞。核四重件碼頭防波堤興建，是否造成鹽寮海濱公園及福隆海水浴場沙灘侵蝕？茲就防波堤興建前後，海岸漂沙輸送機制概述如后。

（一）重件碼頭防波堤興建前

福隆、鹽寮海岸為石碇溪與雙溪河間之獨立沙灘海岸依據岬灣理論，此海岸為平衡穩定的沙岸。每年颱風期間受東向及東南向颱風波浪侵襲時，近岸波浪碎波後，產生沿岸流將漂沙由南方福隆海水浴場海灘往北方石碇溪口輸送，部份漂沙則被帶往較深外海，雙溪河、石碇溪排沙量與颱風波浪大小，決定福隆鹽寮海岸地形沖淤特性，颱風雨大風小時，河口附近大量淤積，而雨小風大時，則海岸沙灘可能發生嚴重侵蝕現象。冬季東北季風盛吹時，福隆鹽寮海岸受東北向波浪作用，沿岸流將夏季淤積於鹽寮海岸與石碇溪口附近泥沙帶往福隆海岸，其中亦有部份泥沙被帶到較深的外海，因此核四重件碼頭未興建前，此區海岸雖受河川

排沙量及風浪特性產生季節性侵淤變化，但長期而言，除非河川整治，排沙量銳減，或暴風波浪異常，應屬動態平衡。

（二）重件碼頭防波堤興建後

夏季受東向及東南向颱風波浪侵襲時，福隆附近海岸漂沙特性與未建防波堤前大致相似。但重件碼頭防波堤興建後，除阻斷漂沙繼續往北輸送外，強制裂流如圖一，將部份漂沙往外海輸送，沈積於較深處或淺礁岩區，部份漂沙則因波浪繞射帶進港池淤積於航道。冬季東北季風波浪作用下，外海入射波浪受北防波堤遮蔽，受堤頭效應影響，在下游處八至十個波長處產生波浪能量集中現象。圖二與三分別為入射角與堤線成 90° 及 120° ，在等水深情況下，波浪受單堤作用，波高係數分佈。東北向波浪作用於重件碼頭北防波堤，除產生繞射外，還因水深變化造成折射。但因鹽寮附近海岸海底等深線與灘線近似平行，因此，堤後波高分佈型態與等水深情況相以，防波堤鄰近海岸侵蝕，淤積現象如圖四。石碇溪河川排沙，受北防波堤阻斷，大部份泥沙淤積於堤根北側及淺礁溪區，俟北防波堤淤沙容量飽和後，過剩之部份漂沙繞過堤頭形成沙舌，極少部份被帶往外海或沈積於淺礁上。鹽寮海岸附近沙灘受堤頭效應波浪能量集影響，造成最大侵蝕。而依突堤效應理論，重件碼頭影響南側侵蝕區域，可依重件碼頭堤

長（六五〇公尺）三至五倍距離亦即三公里南側，可達福隆海域造成侵蝕。

核四重件碼頭防波堤為垂直海岸的南突堤與半“Y”形北防波堤所構成。夏季颱風波浪作用，南突堤阻斷漂沙往北輸送，部份漂沙被強制裂流帶往外海沈積，小部份淤積於港口航道，沿岸堆積沙量減少。冬季東北季風波浪作用時，北防波堤北側儲沙區未飽和前，石碇溪排沙均堆積於堤頭及淺礁區形成圓弧海灘。儲沙區飽和後，部份漂沙繞過堤頭形成沙舌，淤積於航道、港池及核四冷卻水進水口區域，或再往下游輸送補注鹽寮沙灘，鹽寮福隆附近沙灘受堤頭效應波浪能量集中而造成嚴重冲刷。

（三）重件碼頭防波堤對海岸變遷影響評估

重件碼頭北防波堤興建，對海岸地形影響隨延伸長度而增加。九十一年十月已興建部份北防波堤，對海岸已略具影響雛形，但興建至今僅數個月，由現場資料研判防波堤興建後，對福隆鹽寮海岸海岸影響程度。就防波堤興建前後，海岸波浪水理特性及過去經驗作評估。

1、鹽寮海濱沙灘侵蝕

冬季東北季風波浪作用時，北防波堤堤頭效應，在鹽寮海岸附近產生波浪能量集中現象，增加海岸侵蝕作用力，而且防

波堤阻斷由北向南的沙源補注；防波堤興建後，鹽寮附近應屬侵蝕海岸。例如和美漁港興建後造成南側金沙灣海灘侵蝕；烏石漁港興建後造成南側沙灘侵蝕，花蓮港東防波堤興建後，造成南濱海岸侵蝕；台中港北防波堤完成後，使南海堤堤基沖刷等皆是。

2、港池航道淤積

冬季強烈東北季風波浪作用下，北防波堤淤沙區（北防波堤北側）飽和後，石碇溪排沙及北側海岸漂沙繞過北防波堤堤頭，形成沙舌，其中部份漂沙會沈積於波浪較穩靜的港池及航道及造成核四進水口淤積。夏季颱風波浪侵襲時，南防波堤產生之強制裂流，也會將小部份往外海輸送之漂沙帶進港內及造成核四進水口淤積。例如，花蓮港航道淤積，台中港南防波堤堤頭外海沙丘（未帶進港口）。

3、福隆、鹽寮海岸海岸沙灘消長

核四重件碼頭防波堤興建後，海岸波浪水理環境改變，在短期，勢必造成局部海岸侵蝕、淤積現象。但長期而言，只要此地區沙源補注（河川排沙及養灘）與流失（漂往深海）差異不大，則整體海岸終將維持穩定。截至目前所蒐集資料尚無法分析防波堤興建前後，被帶往外海漂沙量之差異究竟多少。因此，福隆、鹽寮海岸目前雖呈現局部侵蝕狀態，長

期而言，雖可能發生侵蝕現象，但其幅度多少，則尚難推判。

（四）建議與改善方式

1、建議增加注意事項：

防波堤興建改變鄰近海岸水理環境。因此重件碼頭防波堤興建，短期對鹽寮福隆海岸沙灘造成直衝擊，形成嚴重侵蝕現象。距離較遠的福隆海岸地形變化主要受河川排沙及颱風巨浪影響。長期而言，鹽寮海岸侵蝕已達極限，沖刷量逐漸減小。福隆海岸沙灘目前擁有的沙源受颱風波浪作用往鹽寮海岸輸送，部份被帶往外海或港池航道。未來福隆沙灘消長，決定於河川排沙補注及養灘與外海輸送量的差異。因近年河川排沙量銳減福隆海岸消退可能性增加。對於港池長期造成淤積及核四進水口淤沙影響冷卻抽取及出水口造成鹽寮海岸近岸流改變及沙漂變化應提早研究因應。

2、建議加強調查及改善方式：

- i. 建議此海域應加強海流（近岸流）監測調查計算，及因重件碼頭興建改變流場，與沙漂季節方向與數量調查，並持續調查監測海岸地型變遷數據。
- ii. 評估漂沙對港池航道淤積及造成進水口取水影響，提出對

策及改進方式與方法。

- iii. 針對重件碼頭拆除或重新佈置進行可行性研究。
- iv. 針對此海域養灘計劃進行方案研究。
- v. 鹽寮福隆海域離岸生態潛堤興建可行性進行評估。

附件四

「核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查委員會專家調查小組」第三次會議

會議紀錄

一、時間：中華民國九十二年二月十日（星期一）下午一時三十分。

二、地點：本會二樓會議室

三、出席委員：

王委員鑫、林委員意楨、林委員銘崇、邱委員文彥、高委員家俊、
許委員泰文、張委員金機、楊委員肇岳、蔡委員清標、簡委員仲
和

四、主席：楊委員文衡

記錄：孟祥明

五、主席致詞：

（一）請大家就調查報告初稿進行討論，希望今天能得到共識定稿。

（二）如果有無法達成共識的部分，可比照大法官會議方式，將個人
意見列為附件。

六、討論：略。

七、結論：修正通過調查報告（初稿）。

八、散會：十八時三十分。