國立台東大學環境經濟資訊管理研究所

碩士學位論文

指導教授：王文清 先生

海岸工程演變與生命週期關聯因素之探討

The Study on Coastal Engineering Revolution and Life-Cycle

研究生：呂中本 撰

中華民國九十八年七月

NTTU Library

國立台東大學環境經濟資訊管理研究所

碩士論文

海岸工程演變與生命週期關聯因素之探討

The Study on Coastal Engineering Revolution and Life-Cycle

研 究 生： 呂中本　撰

指導教授：王文清　先生

中 華 民 國 九 十 八 年 七 月

國立台東大學
學位論文考試委員審定書

系所別：資訊管理學系

本班 呂中本 君

所提之論文 海岸工程演變與生命週期關聯因素之探討

業經本委員會通過合於 ☑ 碩士學位論文 ☐ 博士學位論文 條件

論文學位考試委員會：

（學位考試委員會主席）

（指導教授）

論文學位考試日期：98 年 6 月 26 日

國立台東大學

博碩士論文電子檔案上網授權書

（提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用）

本授權書所授權之論文爲授權人在 國立臺東大學 資訊管理學系碩士班 _____組 97 學年度第 二 學期取得 碩士 學位之論文。

論文題目： 海岸工程演變與生命週期關聯因素之探討

指導教授： 王文清

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文（含摘要），非專屬、無償授權國家圖書館及本人畢業學校圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

讀者基非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理。

授權人：呂中本

簽　名： 呂中本　　中華民國 98 年 07 月 14 日

博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在 國立臺東大學 環境經濟資訊管理研究所 九十七 學年度第 二 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱： 海岸工程演變與生命週期關聯因素之探討

本人具有著作財產權之論文全文資料，授權予下列單位：

同意	不同意	單　位
☑	☐	國家圖書館
☑	☐	本人畢業學校圖書館
☑	☐	與本人畢業學校圖書館簽訂合作協議之資料庫業者

得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或其他各種數位化方式重製後散布發行或上載網站，藉由網路傳輸，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

☑同意　☐不同意　本人畢業學校圖書館基於學術傳播之目的，在上述範圍內得再授權第三人進行資料重製。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：＿＿＿＿＿＿＿＿，請將全文資料延後半年再公開。

公開時程

立即公開	一年後公開	二年後公開	三年後公開
		v	

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：王文情　(親筆簽名)

研究生簽名：呂中本　(親筆正楷)

學　　號：4396002　(務必填寫)

日　　期：中華民國　98　年　7　月　13　日

謝　誌

投效軍旅、服務公職已逾二十五年，很慶幸能夠重新踏入校園，現今學位論文付梓，代表了學習告一段落，回首來時路，滿懷感恩之情。

承蒙恩師 王文清博士在研究所修習期間悉心指導，尤其在論文的研究方向、架構及思考模式等適時給予建議與指引，最重要是給我滿滿的信心，若是您沒有自金字塔頂下來提攜後輩的我，我將寸步難行；若是沒有您拉啟一扇明亮的門扉，我可能就要開一個很大的天窗，在此致上最誠敬的感激。謝謝！

在論文計畫書審及口試期間有勞本校區域政策與發展研究所 蔡西銘所長、及屏東科技大學水土保持學系 許中立教授細心審閱、提出專業學術之修正意見及指導，使論文更加嚴謹完善，在此由衷感謝；另於求學期間，感謝系內各位師長在學業上的教誨與指正，以及同學間的相互扶持、鼓勵。並感謝「經濟部水利署第八河川局」同仁榮着、俊凱與剛瑋惠予提供相關資料及協助，使本論文得以順利完成，特此致意。

謹以此篇論文獻給讓我無後顧之憂的內人淑珍以及給我信心加油的兒子浩綸與妹妹亞竹，在此謝謝你們。

最後，感謝所有關心我、鼓勵我的人，我願與您們分享這份成果與喜悅。謝謝！

呂中本　謹誌於
國立台東大學環境經濟資訊管理研究所
中華民國九十八年七月

NTTU Library

海岸工程演變與生命週期關聯因素之探討

作者：呂中本

國立台東大學　環境經濟資訊管理研究所

摘　要

本文以時間數列探討海岸工程之政策、工法及天然災害之演變，在台東縣172 公里海岸線範圍內歷年已施作之海岸主體工程、以及後續衍生之修（維）護的45 件案例主工程，依投入之工程經費分析海岸工程生命週期表現、以及影響生命週期之關聯因子。由時間序列分析顯示，海岸工程從早期以海岸利用之海埔地開發政策、至西元1981 年演變以混凝土材料為主之剛性海岸防護工程，2000 年後則受生態概念影響，海岸工程之施作漸朝低堤頂、以自然材料為主之軟性保護工程及環境營造為目的遞演。在工程生命週期表現上，在探討分析的45 件主工程中，並無達生命終期案例；在影響因素上，各工程影響最重要因素為天然災害及地質地形條件，其影響方式則以修（維）護方式表現。在經費關聯性分析，則顯示海岸工程經費中修（維）護經費高於新建工程，惟現階段已依「維持自然海岸不再降低」之基本原則，預期數年後，海岸工程維護總經費將超過新建總經費，著重於維護管理機制、朝自然保育為主要海岸策略。

關鍵詞：海岸工程、生命週期、海岸管理

The Study on Coastal Engineering Revolution and Life-Cycle

Abstract

The paper study on the coastal engineering change in time series with policies, engineering methods and natural disaster by the cases of 45 major coastal engineering built in Taitung county in length 172 kilometer coastline. The analysis results show that, in the early period of post coastal engineering under the tidal land development policies, up till 1981 when the development of concrete became the primary material used in coastal protection engineering projects. After year 2000, due to the influencing of the ecology concept, the goal of coastal engineering construction changed gradually towards *Soft Engineering Protection* and *Environmental Construction* in using low dike, and natural materials as the mainstream technique. The performance of life cycle shows that none of the 45 case projects have reached their end of life. The related factors affecting the life cycle reveals that natural disaster and geological is the most important factor for each project, as shown by the level of maintenance. Relative expenditure analysis reveals that within coastal engineering undertakings, repair and maintenance expenses exceed new construction projects in future years.

Keywords：Coastal Engineering, Life-Cycle, Coastal Management

目　次

標題頁
論文考試委員審定書
國家圖書論文授權書
校內圖書論文授權書
謝　誌
中文摘要 i
英文摘要 ii
目　次 iii
表目次 v
圖目次 vi
第一章　緒論 01
　第一節　研究背景 01
　第二節　研究動機 02
　第三節　研究目的 02
　第四節　研究範圍 03
　第五節　論文架構 04
第二章　文獻回顧 05
　第一節　公共預算與工程經濟 05
　第二節　工程生命週期 07
　第三節　海岸工程工法 09
　第四節　海岸侵蝕原因與工程維護管理 18
第三章　研究方法與流程 33
　第一節　研究方法 33
　第二節　研究流程 33

NTTU Library

第四章　案例工程調查與工法演變 **36**
第一節　案例工程調查統計 36
第二節　案例工程經費結構分析 42
第三節　海岸工程生命週期與防護歷程 49
第四節　案例工程工法演變 60
第五章　影響案例工程關聯因素探討 **78**
第一節　臺東海岸地質地形 79
第二節　劇烈天氣影響 85
第三節　海岸工法與維護週期關聯分析 94
第四節　海岸保護公共政策 98
第六章　結論與建議 **102**
第一節　結論 102
第二節　建議 103

參考文獻 **105**
中文文獻 105
英文文獻 108

NTTU Library

表 目 次

表 2-1-1 研究文獻類別表..... 05
表 2-3-1 海岸防護工法類別表..... 10
表 2-4-1 影響現代海岸變遷的主要因素..... 29
表 4-1-1 歷年海岸案例工程編碼表..... 37
表 4-1-2 歷年案例工程調查統計分析表..... 38
表 4-2-1 歷年案例工程年度經費統計表..... 46
表 4-4-1 各年度案例工程工法統計表..... 60
表 4-4-2 歷年案例工程工法演變表..... 62
表 4-4-3 案例工程工法施作原因歷程分析表..... 65
表 5-1-1 海岸地質分類調查表..... 80
表 5-1-2 海岸地質地形調查表..... 82
表 5-2-1 颱風侵台路徑分類表..... 85
表 5-2-2 西元 1981~2008 年颱風侵台路徑統計表..... 87
表 5-2-3 西元 1973~2008 年歷年颱風對臺東海岸成災統計表. 88
表 5-2-4 歷年影響臺東之颱風路徑與災害對照統計表..... 89
表 5-2-5 案例工程工法類別與颱風災害調查對照表..... 92
表 5-2-6 案例工程地質地形與颱風災害調查對照表..... 93
表 5-3-1 歷年案例工程工法與維護週期對照表..... 96
表 5-4-1 臺灣海岸保護「計畫性」公共政策歷程表..... 99
表 5-4-2 臺東海岸公共政策歷程表.....100

NTU Library

圖 目 次

圖 1-4-1 臺東海岸範圍 Google Map..... 03
圖 2-2-1 一般性公共建設生命週期成本項目示意圖..... 08
圖 2-2-2 一般性公共建設生命週期定義圖..... 08
圖 2-3-1 海岸保護工法演進示意圖..... 11
圖 2-3-2 超級堤防示意圖..... 12
圖 2-3-3 海堤斷面示意圖..... 15
圖 2-3-4 護岸斷面示意圖..... 15
圖 2-3-5 研究海岸段消波塊保護工照片..... 16
圖 2-3-6 突堤型式分類圖..... 17
圖 2-3-7 突堤設置對灘線影響圖..... 17
圖 2-3-8 國外編籬定砂案例照片..... 18
圖 2-4-1 臺東海岸地質圖-1..... 23
圖 2-4-2 臺東海岸地質圖-2..... 25
圖 2-4-3 臺東海岸地質圖-3..... 26
圖 2-4-4 暴潮成因示意圖..... 30
圖 2-4-5 PSR 模式示意圖..... 32
圖 3-2-1 論文研究流程圖..... 35
圖 4-1-1 按海岸段編號順序之興設科目次數比較圖..... 41
圖 4-1-2 按年度區分之興設科目次數比較圖..... 42
圖 4-2-1 歷年案例工程設施總經費圖..... 43
圖 4-2-2 案例工程海岸段興設科目經費比較圖..... 44
圖 4-2-3 歷年案例工程海岸段設施新建與維護經費百分比堆疊圖..... 44
圖 4-2-4 歷年案例工程設施經費與維護比例統計圖..... 47

NTU Library

圖 4-2-5 案例工程各年度經費圖..... 48
圖 4-2-6 案例工程年度新建與維護經費百分比堆疊圖..... 48
圖 4-3-1 海岸工程生命週期流程圖..... 50
圖 4-3-2 海岸防護發展歷程..... 52
圖 4-4-1 案例工程各類工法比例圖..... 61
圖 4-4-2 歷年案例工程施設工法比較分析圖..... 64
圖 4-4-3 編號 14 海岸段歷年照片..... 67
圖 4-4-4 編號 21 海岸段歷年照片..... 69
圖 4-4-5 編號 31 海岸段歷年照片..... 71
圖 4-4-6 編號 36 海岸段歷年照片..... 73
圖 4-4-7 編號 28 海岸段歷年照片..... 75
圖 4-4-8 編號 40 海岸段歷年照片..... 77
圖 5-1 海岸工程興設關聯因素示意圖..... 78
圖 5-1-1 臺灣東部海域海底地形圖..... 79
圖 5-1-2 編號 03 海岸段沉積岩高崖地形..... 81
圖 5-1-3 案例工程地質與工法調查比較圖..... 84
圖 5-2-1 侵台颱風路徑分類圖..... 86
圖 5-2-2 歷年颱風對臺東影響海岸受災趨勢比較圖..... 90
圖 5-2-3 西元 1981~2008 年歷年臺東海岸構造物受災統計圖. 91
圖 5-2-4 案例編號 33-C-R-1 工程突堤完工照片..... 91
圖 5-3-1 歷年海岸工程設施維護週期分析圖..... 94
圖 5-4-1 歷年案例工程設施經費比例折線圖.....101

第一章　緒論

第一節 研究背景

臺灣海岸線長約1,134 公里，擁有廣大的海岸面積，為高度敏感與脆弱之地區，海岸地區常遭遇每年夏秋雨季太平洋於赤道附近生成之颱風及冬季之東北季風暴潮，直接衝擊或淹沒海岸及破壞防護設施，而造成災害，故在西元1973 起政府提出全省海岸築堤的計畫開始，陸續推展海岸防護中長程計畫至今。

臺灣東部海岸海灘坡度陡峭波浪巨大，造成海岸侵蝕或構造物破壞；自1980 年代起因應防潮禦浪之需要，公部門按管理權責區分為一般性與事業性海堤，由各主管機關各司其職於權責範圍內興建海堤、消波塊保護工或其他禦潮構造物，以達到避免浪潮侵襲導致責任保護標的流失為主要工作。

臺灣早期海岸防護工作，大多以防止立即性潮浪災害為主要目的，興辦之初，其構築方式以達擋浪防災及保護國土為需求考量，故皆以剛性結構海堤及堆疊式消波塊保護工方式為主要工法，近年來海岸工程界重新思考能與自然環境相融合之工法，尋找既有防災功能，又兼具生態保育、美化景觀、復能親水樂水之工法及措施。

海岸變遷受地質地形、氣象、海象及人為結構物等影響，為一複雜的海岸動力變化過程，故權責單位需遣派人力進行監測、調查規劃與研究或依其他需求而立案興設海岸保護措施，進而投入龐大經費構建各項海岸工程及環境營造相關設施等；其預算之編列乃政府為推行政策，欲達到施政目標所訂定之財務計畫，亦為綜合政府施政計畫之具體數據表徵，並將整體資源做最佳分配；歷年來政府投資在海岸工程方面的經費不斐，惟仍難敵大自然力量，海岸侵蝕所造成人民生活財產損失及公共設施破壞之災害仍頻傳，故海岸工程在其全生命週期的立案興（增）建、管理與維護（災修）之各階段工作擬定與評估更顯得重要。

第二節 研究動機

全球氣候變遷以及影響海岸消長的因子，其複雜的程度遠超過河川；各海岸段的先天地理、地質及生態環境受到海象、氣象、波潮流及季節風浪與颱風時暴潮巨浪的交替作用而有不同的變化；又受多種天然（可能為海平面上升及劇烈天氣等）與人為因素（興建海岸構造物致攔阻漂砂、不當海堤、波浪繞射等）的交互影響，海岸侵蝕的潛勢，一直持續從未間斷；相關單位在海岸保護方面已投入龐大經費與人力在維持公共設施的生命週期仍無法阻擋海岸侵蝕的威脅。

過去公部門對於海岸工程投資經費之數據及相關計畫之經濟研究資料有限，故如何以統計方式將以往在海岸保護工程所投資之成本經費結構予以分析及研判，推演施設優先順序？施作與否？替代方案研擬之可能性？海岸保護工法不斷的演替與試驗，有多大功效產生？以及後續衍生之修（維）護是否有終止的一天？工程生命週期的完整度為何？是此研究探討的重點。

第三節 研究目的

海岸禦潮工程的生命週期與一般公共建設分為需求產生、規劃設計階段、營造施工階段、使用營運維護階段及拆除重建等五階段不同，尤在使用營運階段，工程措施面對的是未知的天然波浪暴潮侵襲與座落於飽受淘刷的不穩定地盤上，所以海岸工程一經興設即需長期維護與再利用，其原始工程規模時而似乎消失時而經加強、修（維）護漸漸擴大，其生命週期不斷延續而無終止。

本研究嘗試以海岸工程及禦潮構造物之直接成本經費角度去探討工程全生命週期之表現與各影響因子之關聯性，如海岸地質地形、構造物種類（保護工法演變）、天然災害（劇烈天候）及公共政策介入等，運用統計分析方式，以構造物之投資經費為主軸，探討歷年來海岸工程設置與維護週期等，為公共政策提供一個較為客觀的資訊，其主要目的說明如下：

（一）從海岸禦潮工作之歷史資料研判結果，釐清海岸保護工程生命週期之延續性概念，讓決策者或政府機關對海岸工法選擇

及經濟可行性進行評估，判斷工程實施優先順序，進而據以擬定中長期防護策略方向。

（二）期能藉由敘述統計方式，解析海岸段特性、自然天候、工程工法、公共政策介入等關聯性，瞭解爾後海岸工程施設前置計畫概念，考量施作與否及設計工法選定等，提供決策之參考依據。

第四節 研究範圍

本研究範圍：為臺東縣轄區長172 公里之海岸段，概以卑南溪為界，北段自長濱鄉樟原村，長約有105 公里海岸，其間參雜有砂礫海灘約60 公里，斷崖海岸約25 公里，礁石海岸約20 公里等三種型態的海岸。南段迄達仁鄉南田村塔瓦溪南與屏東縣牡丹鄉分界，長約67 公里，海岸較順直，屬砂灘海濱，砂灘寬度約50 至100 公尺之間，灘地坡度約 1/7 至 1/15（經濟部水利署，2007），如圖 1-4-1。

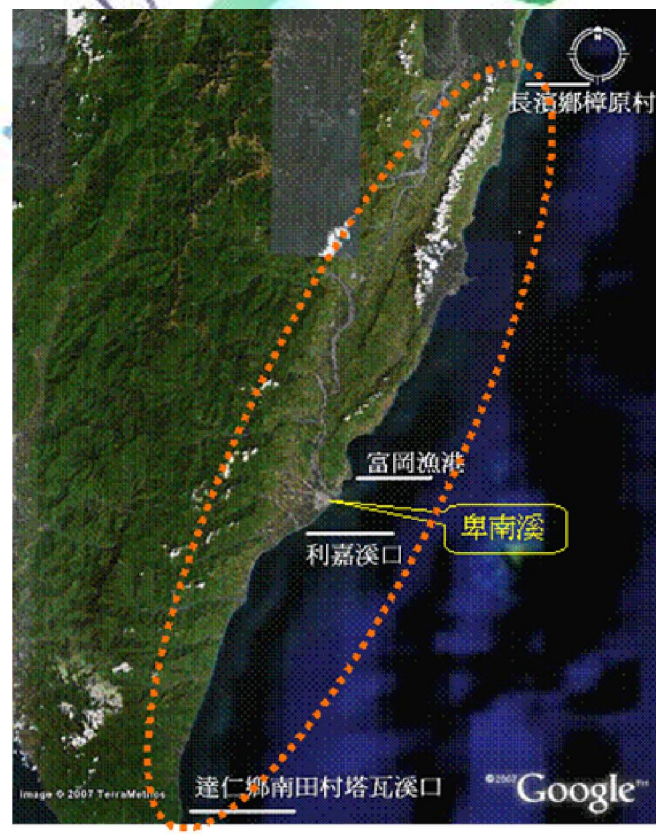


圖 1-4-1 臺東海岸範圍 （Google Map）

研究資料係彙整經濟部水利署第八河川局轄區自西元1981 年至2008 年間，北自長濱鄉編號01 海岸段，南迄達仁鄉編號45 海岸段止計有45 件主工程與海岸段，作為統計分析之來源案例。

第五節 論文架構

本論文共分為六章，各章內容簡述如下：

第一章 緒論

說明研究背景、研究動機、研究目的、研究範圍及論文架構等。

第二章 文獻回顧

就本研究之相關領域廣泛蒐集閱讀，分別對公共預算與工程經濟、工程生命週期理論、海岸工法及自然景象概述（海岸基本資料）、海岸侵蝕原因與工程維護管理、災害模式等，進行文獻整理與探討。

第三章 研究方法與流程

說明研究方法（統計分析與現場調查等）並繪製研究流程，以利按步就班進行論文撰寫。

第四章 案例工程調查與工法演變

說明案例工程調查統計，繪製海岸保護工程於興設階段與維護管理階段之流程圖，並將歷年來之工程資料歸類分析與研判，並對工程之維護情形及生命週期之進行分析，對案例工程工法演變進行分析，最後對案例工程經費之結構加以探討等。

第五章 影響案例工程關聯因素探討

參考 ESI 的災害相關指標以 PSR 模式圖界定對研究區之海岸地質地形、劇烈天氣影響、工法適用性及海岸保護管理公共政策等為主要關聯因素，並將個別之二級資料予以彙整、分類、研判與探討案例工程之關聯因素之徵象。

第六章 結論與建議

提出本研究統計分析與調查後對海岸工程生命週期與工法演變相關結論、並說明在實際面的侷限以及思考未來尚可發展的研究方向。

第二章　文獻回顧

主要就國內外有關海岸侵蝕、海岸禦潮設施之工法及管理維護等參考文獻做整理，另外以往海岸工程生命週期理論相關之議題論述有限，此部份僅朝蒐集有關營建工程類之生命週期文獻參酌引敘，期能廣泛蒐集與回顧有助於論文撰註。故本章概分為四節：公共預算與工程經濟、工程生命週期理論、海岸工法及海岸侵蝕原因與工程維護管理等方面文獻，而其相關性類別如表2-1-1。

表2-1-1 研究文獻類別表

文獻類別	相關性類別
公共預算與工程經濟	公共預算執行、工程經濟
生命週期理論	工程生命週期評估理論
	生命週期成本分析理論
海岸工法	海岸保護對策、海岸保護工法
海岸侵蝕原因與工程維護管理	臺東海岸特性（海岸地形地質、天然氣候、海象、劇烈天氣影響、海岸變遷）
	海岸管理、環境經濟
	公共工程維護管理、災害模式

資料來源：本研究整理

第一節　公共預算與工程經濟

一項引人注目的財務計畫必須包含四項要點為低成本、可靠、政府追求較低的財務風險以及收入方面要求較高資產報酬率(Tiong, 1995)，故在進行計畫方案之決策時，須規範一套合理的評估準則，並以主辦機關的決策作為依據；而不同的參與部門所評估觀點亦不同，故其計畫之財務評估時，須由不同參與者的角度進行各項分析。

預算編列（行政院公共工程委員會，公共建設工程經費估算編列手冊，2001），預算乃政府為推行政務，達成施政目標所策定之財務計畫，亦為綜合政府施政計畫之具體數據表徵，政府無論從事建設，或對人民提供服務，均須事先擬訂計畫妥籌財源，以期順利推展，並

期國家整體資源之最佳分配。

依預算法規定，我國政府會計年度於每年1 月1 日開始至同年12月31 日終了，以當年之中華民國紀元年次為其年度名稱。並於會計年度開始4 個月前，應將彙編之政府總預算案與附屬單位預算及綜計表，提送民意機關審議。預算案經完成立法程序後公布之，即為法定預算。總預算包含政府歲入、歲出、債務之舉借、以前年度歲計賸餘移用及債務之償還全部所編之預算，歲入、歲出預算，各依其性質，劃分為經常門、資本門。

海岸構造物興建工程屬資本門預算，資本支出概算之編列依地方制度法、財政收支劃分法、各年度中央及地方政府預算籌編原則及本年度施政計畫，就其全部收支通盤籌劃，在可用財源內，依計畫優先順序核實編列。

公共預算過程是一種決策過程，其最終目的在於決定資源之配置，通常可分為四個階段，分別為預算之籌編(preparation)、審議(approval)、執行(implementation)、決算與審計(final report and audit)（徐仁輝，2002）。

所謂的「公共事務」(public affair)一辭，顧名思義與「私人事務」是有所不同的，並不是針對「個人事務」而來。「公共」一辭的內涵與意義，雖然仍是界定不一，但站在研究政治和行政學的立場而言，似乎都只是「圍繞在政府決策範圍所做的活動」（林鍾沂，1991）。

美國教育哲學家 John Dewey（1952）曾說：「明確的說出問題，就等於解決了問題的一半」，工程經濟就是計量經濟性分析，所謂「計量」，乃是使用數學、測量和公式等數值，將所要說明的事物表明出來。劉建雄（1985）強調工程經濟投資分析是一套計量管理分析方法，其整個計量邏輯性的數學推理歸納起來可以說是建立在五個基本假設或學理之上：

（一）以「錢」(Money)作為共同比較參數。

（二）以複利(Compound Interest)計算來考慮金錢的時間價值。

（三）以最低吸引投資報酬率MARR (Minimum Attractive Rate of Return)為方案的評估準則。

（四）以或然率(probability)及不確定性原理(uncertainty)來考慮各種風險的因素。

（五）以系統規劃的作業研究(operation research)技巧，分析主觀的投資目標函數其客觀的限制因素關係來討論資金預算。

第二節　工程生命週期

生命週期依ASTM E833-97b (Standard Terminology of Building Economics)定義為整個分析投資期間的時間，一般而言即為該設施由出生到死亡的時間；又英國BS3843 規範之定義，生命週期成本為所有關於產品獲得、維護、廢棄處理所產生之費用，包含可行性研究、規劃設計、製造、維護、置換、廢棄物處理，甚至是任何有關產品獲得、使用及汰換時所發生之訓練或作業費用皆稱為生命週期成本。因此可知，生命週期成本所涵括之範圍相當廣泛。而過去幾乎很少考慮構造物之生命週期成本，僅重視其新建成本，卻往往忽略後續龐大的維修費用，造成後續之財務負擔（陳屏甫，2005）。

生命週期成本(Life Cycle Cost；簡稱為LCC)的推算，是建築物求取經濟壽命的重要參考指標，其目的主要在使建築物能以最適度的投資獲得最有利的經營狀態，因此，所謂的生命週期成本可以定義為：「為了選出使用能源最少的最佳方法，有系統的評價各種替代方案之分析方法」。基本上，建築物的生命週期成本可分為（一）企劃設計成本、（二）建設成本、（三）運用管理成本、（四）廢棄處分成本等四大類（魏嘉雄，1993）。

生命週期之定義：一般對營建工程而言，對其生命週期之解釋，概略的說便是開始於營建工程的構思階段，終止於拆除重建；林明志（1998）對建築生命週期的定義如下：

建築生命週期是描述建築由無至有，經過使用、維護以至衰敗、毀壞而拆除的整個過程。並且可將建築的整個生命流程區分為五個階段：（一） 需求產生階段、（二）規劃設計階段、（三）營造施工階段、（四）使用維護階段、（五）拆除重建階段。

行政院公共工程委員會「各機關辦理公有建築物作業手冊」，將

公有建物生命週期自編列預算開始概分為規劃、設計、申請建造執照、發包、訂約、履約管理以及驗收後之維護管理，手冊循建築工程自計畫構想開始至結案之各作業階段區分八章。公有建築物工程計畫成本架構之建造成本，依照工程會「公共建設經費估算編列手冊」，各項成本採WBS(Work Breakdown Structure)結構化方式歸納，經謝定亞等在「應用生命週期成本分析提高公共建設效益之研究」中將一般性公共建設生命週期分為以下四個階段成本項目，如圖 2-2-1。

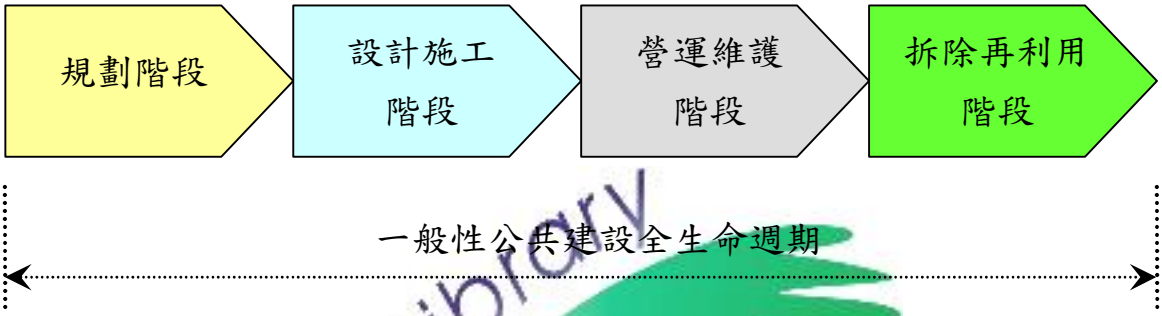


圖2-2-1 一般性公共建設生命週期成本項目示意圖（本研究改繪）

謝定亞等（2002）認為公共建設主要目的在服務社會大眾，其機能之良窳為決定設施存廢之依據，故採「社會機能」為原則來定義公共建設之生命週期，一般性公共建設的生命週期可以分成：可行性評估、規劃、初步設計、細部設計、招標發包、建造、驗收、移交、營運、維護及拆除/重建階段共11 階段，如圖2-2-2。

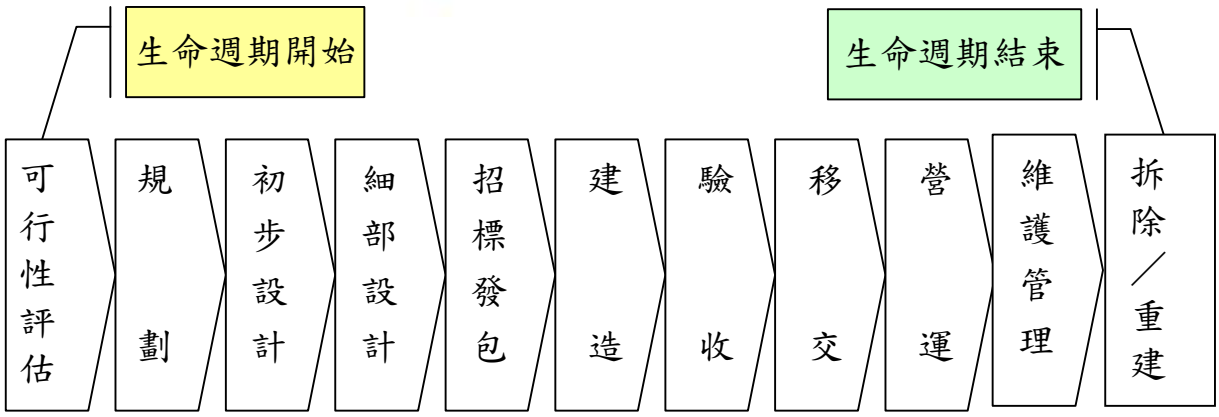


圖2-2-2 一般性公共建設生命週期定義圖

第三節 海岸工程工法

一、國內外有關海岸工法相關文獻

茲將國內外專家、學者與公部門有關海岸工程工法之文獻、計畫或參訪報告彙整說明如后。

興建海堤的目的是為保護海岸免受潮浪沖蝕問題，保護沿海地區居民的生命財產安全及確保土地之開發利用。事實顯示在海堤興建之前，海岸的環境與功能早已受到威脅，由於海岸土地的密集開發利用做為工業區、住宅區、掩埋場及道路修築等用途，加上海岸修建海港、防波堤所產生的突堤效應，以及各主要河川相繼進行整治與修築攔沙壩，以及河川砂石的開採，使得河川泥砂經過層層攔截、抽取，砂源供給減少，各沙洲逐漸消退以致完全消失，又有一些不當的人為措施，乃造成沿海地區嚴重的地盤下陷、海岸侵蝕、海岸線後退、暴潮淹溢、海水倒灌及積水不退等現象。因此海堤的興建除了配合海岸開發的工程之外，也只是亡羊補牢的措施，現在為了先前不當的開發行為持續付出高昂的成本（行政院國家科學委員會，2000）。

郭金棟（2003），海岸保護設施倘不得已而破壞或佔用海岸土地時應有環境破壞緩和措施予以補償之；緩和措施應依下列優先順序處理：

1. 迴避：考量防災設施之必要性，無必要者應停止。
2. 縮小：檢討規劃規模之必要性，盡量縮小規模。
3. 替代：檢討設置位置、工法與時機等替代方案，減低環境衝擊。
4. 修復：以濕地、森林（防風林）、生態橋(ecobridge)及淨化設備等彌補對自然的損傷。
5. 補償：以創造生態棲息地、保護區及公園等，補償工程對自然的負面影響。

郭金棟（2004）認為「近自然工法」乃是「追求人類的活動能與自然環境相調和，俾能永續共享資源，享受充實而幸福生活的技術方法」；而實施海岸「近自然工法」的宗旨「不僅應能防

止海岸災害，確保人民生命與財產之安全，同時考量海岸原有自然形態與附近生態系統、景觀、親水、文化與社會經濟等各種因素，達成防災確保安全、改善生態環境、提升生活品質與資源永續之利用。」進一步提出「生態工法」的四大規劃理念：

1. 尊重自然預留空間—人與自然之和諧。
2. 生態多樣性之確保—人與生態之共生。
3. 景觀環境之融合—共享自然景觀。
4. 親水休閒環境之創造—促進人與人之和諧。

許榮中（2005），在其台灣海岸保護的轉型與生態工法實施之諭議中將臺灣海岸的構造物防護工法現況大致分為5類，如表2-3-1。

表2-3-1 海岸防護工法類別表

類別	防 護 工 法		
1	消波堤（保護工）		
2	護岸		
3	海堤	（1）陡坡堤：光滑陡坡堤、階梯陡坡堤、陡坡消波堤、階梯消波堤	
		（2）緩坡堤（外坡緩於1：3者）	A.複合式緩坡堤
			B.砌石緩坡堤
			C.混凝土緩坡堤加消波護基
4	離岸堤		
5	突堤		

資料來源：本研究整理自台灣海岸保護的轉型與生態工法實施之諭議

黃清和等（2006），早期海岸保護著重於海岸「線」之保護，即利用構築護岸、海堤及消波工等方法，沿海岸作線形保護，具有防止波浪越波、遏止海水入侵及陸地流失等效果；但因反射加強而加劇堤腳沖刷，又為防止堤腳坍陷及越波再加拋消波塊或加高堤防，不但妨礙民眾親海權且破壞海岸景觀。因此逐漸瞭解以

硬性工法阻擋波浪之方式並非理想，需以柔性工法創造海灘，藉海灘自然吸收及抑制波能，始能避免海灘之破壞與侵蝕，故逐漸採以緩坡堤、防砂突堤、離岸堤、潛堤及養灘等方式交互使用之整合性海岸保護工法，以「面」之保護方式來控制漂砂、保護海灘進而抑制侵蝕，如圖2-3-1所示。

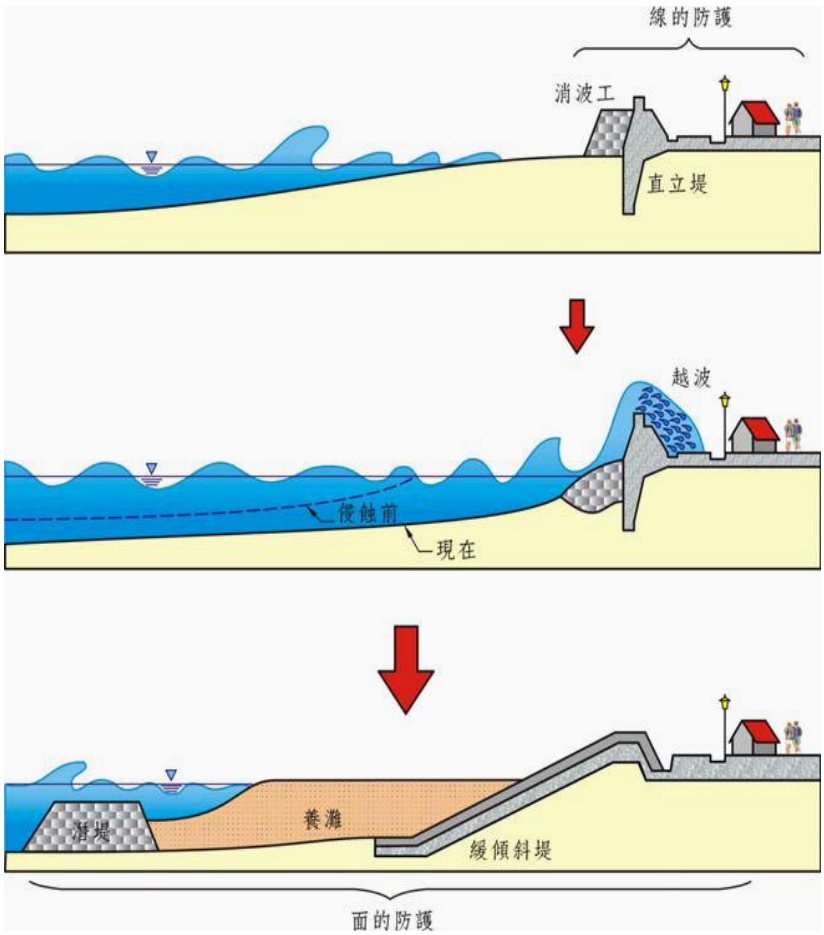


圖2-3-1 海岸保護工法演進示意圖

台北市政府（2007）在赴日本對超級堤防與綜合治水建設考察報告中指出：日本國土交通省對超級堤防的定義是堤寬為堤高30 倍的堤防，其概念可如圖2-3-2 所示，日本推動超級堤防的概念有個3 個主要功能：1. 防止因地震、溢流及滲流而使堤防潰決造成重大淹水災難；2. 整頓市容改善老舊居住環境；3. 加強親水空間及避難空間等功能。由於超級堤防包括地盤改良及對堤防安全要求程度高，工程費較一般傳統堤防的費用高，故日本只有在東京都與大阪府實施。

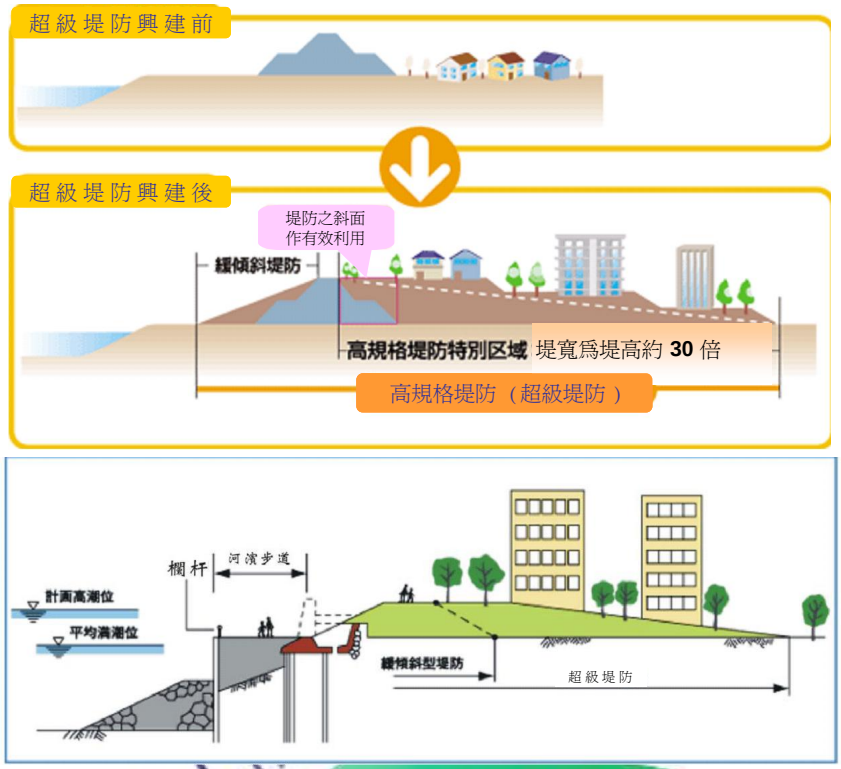


圖 2-3-2 超級堤防示意圖

日本目前的超級堤防計畫主要是針對大阪、東京兩地區進行，於昭和57 年（西元1982年）開始推動，規劃完成的河川長度約800 公里，至西元2007 年止，僅完成施工約80 公里，其實施率在10 %左右。因大阪、東京兩地區為高度都市化地區，河岸兩側要實施超級堤防必須藉由都市更新計畫，將區域土地使用區分調整並同時辦理超級堤防，但因都市更新涉及眾多人民權益，所以必須加強溝通與協調，及相關法令配合，所以計畫進度無法太快。目前東京都實施的個案實例，從構想提出到超級堤防完成，大抵至少要10 年，甚至更長時間，其中構想提出1-2 年，民眾溝通2-3 年，規劃設計2-3 年，超級堤防施工4-6 年。

行政院（2007）在永續海岸整體發展方案中確立以回復海岸自然風貌，維持自然海岸線比例不再降低作為海岸永續發展之基本理念，基於行政可行性及自然環境保育急迫性考量，並研訂執行準則如下，俾供研訂分項實施計畫之參據；有關海堤部份：含一般性海堤與事業性海堤原則如后。

（一）一般性海堤

1. 嗣後一般性海堤除為因應災害所必須外，原則不再新建。
2. 現有海岸防護設施無保護標的且景觀不良者，經檢討無安全顧慮，並於取得各界共識後予以拆除。
3. 現有海岸防護設施顯有過度保護造成景觀不良者，若經檢討尚有改善空間，改善方案經取得各界共識後予以改善，其策略如下：

（1）海岸防護設施改善工法，宜積極選用適合之生態工程、新科技工法或柔性工法以復育海岸環境。

（2）海岸防護設施改善措施，宜考量佈設離岸消波設施減低波浪能量、改善堤坡面抑制波浪溯升以降低海堤高度及海堤區域環境營造等綜合措施，改善海岸環境景觀。

（3）結合社區營造辦理海堤區域環境營造及海岸生態復育等事項，以提供居民親水空間。

（二）事業性海堤

1. 電廠

詳實辦理相關發電計畫可行性研究及環境影響說明書，並持續對已開發之海岸工程建設進行監測，俾將開發計畫對環境之影響降至最低。

2. 商港

未來審議各商港防波堤新（擴）建計畫時，將在維持各港口營運需求及安全考量之前提下，以「回復海岸自然風貌，維持自然海岸比例不再降低」之海岸永續發展基本理念，並配合永續海岸行動策略，合理利用海岸資源，尊重生態環境承載量。

（三）由於事業性海堤所涵括之種類繁多，前揭執行準則（含一般性海堤）其他所有目的事業海堤均應一體適用。

行政院（2008）以國家發展重點計畫第九大項「水與綠建設計畫」，透過生態規劃方式，全面推動海岸環境的復育與改造。

業將「維持自然海岸線比例不再降低」(臺灣本島以95 年之44.7 %為基準）列為評估指標，未來海岸地區之利用管理，應以減量、復育為基本原則，並以符合「資源保護」與「災害防治」者為優先考量。

許榮中、蔡清標（2008），臺灣海岸保護的問題，如以順乎海岸自然及海岸資源永續發展的觀點而言，已從過去數十年剛性工法的摸索經驗中，領悟到以比較柔性的工法，兼顧海岸保育與創造親水空間，才是與自然調和(harmony with nature)及永續發展的最佳保育對策。

二、研究範圍海岸工法種類

自西元1981 年起公部門對研究海岸段進行各項工程措施，歷年來採用之工法約為以下5 類，參考許榮中（2005）之工法介紹說明如后。

（一）海堤及護岸

海堤(seawall)與護岸(revetment)為平行或近似平行灘線，分隔海水與陸地之構造物，屬於較傳統之海岸保護工法，如圖2-3-3 及圖2-3-4。海堤為防止海水侵入陸地，阻擋暴潮及波浪之結構物，堤體高出地表常設立於灘線附近，如結構物背後即為陸地而堤高僅略高於陸地者稱為護岸，海堤在臺東海岸防護工程中佔有甚為重要之比率，大都設於主要聚落或設施之保護，海堤固能防止波浪入侵或減低越波量防治淹水災害，但海堤若堤址選擇不當或堤體設計不佳，則可能導致海灘流失，加速海岸侵蝕；同時因其突出於平地有如圍牆阻擋視界並成為民眾跨入海邊的藩籬，或者使海灘面積因而減少更有損於海岸生態等缺點。堤腳沖刷為海堤破壞之重要原因之一，影響堤腳沖刷之因素及過程甚為複雜，最不利之情況為波浪在堤腳或附近發生碎波時沖刷最為激烈，為防止堤腳沖刷導致堤面破壞，通常需將堤腳部份依外坡坡度延伸到海底下最少應碎波波高之二倍水深，或者平行於海床上或下設置長2～3 倍波高之護坦；並除以石塊或消波塊護基固床。

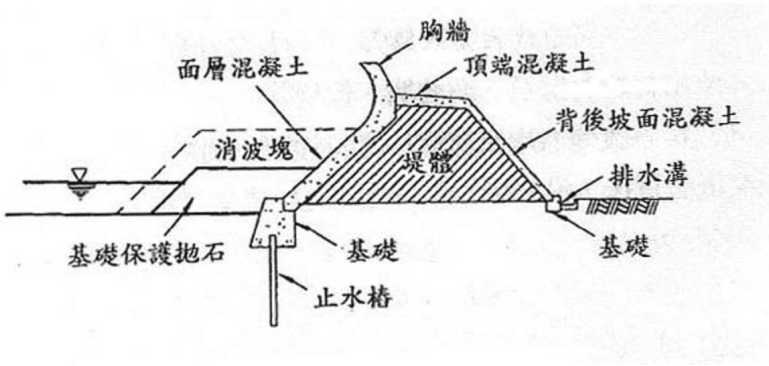


圖 2-3-3 海堤斷面示意圖

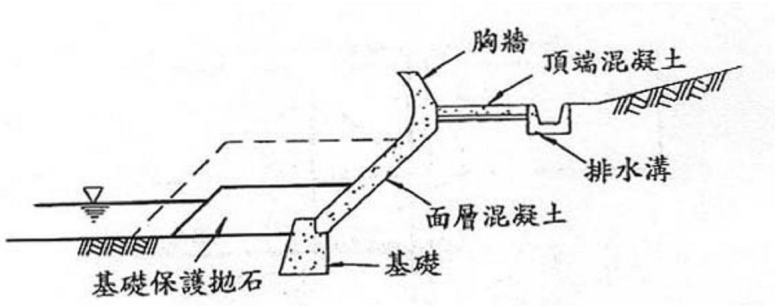


圖 2-3-4 護岸斷面示意圖（摘自：郭一羽等，2001）

（二）消波工

又稱為「防護塊」(armor unit)，二次大戰中的北非戰線上，法軍用菱形塊(tetrapod)阻擋德軍坦克前進。戰後清理戰場，將此種塊體拋在Casabranca 防波堤周圍，以替代護堤方塊，此為異形消波塊的鼻祖，主要為組成表面粗度相當大的保護層，有適當的空隙率，在波浪來襲時，遭遇此保護層而消能散亂。各式各樣的消波塊時而整齊堆放，時而散亂雜置，其目的是為了減少波浪所帶來的能量而損壞海岸。雖然可以減少波浪對海岸的衝擊，但卻也是破壞自然景觀的元兇之一，大眾對於消波塊的評價，可以說是毀譽參半（黃議德，2002）。

現在臺灣海岸均能發現於海灘線附近堆積消波塊，藉此消波工消減波能，減緩灘線後退，防止灘崖、沙丘之崩潰或侵蝕，或降低波浪溯升，或作為固基之用。但由於消波塊形狀嶙峋，嚴重破壞海岸景觀，同時亦阻礙親水權，於近年來

受到議論與批評，恢復海岸自然風貌是現階段海岸防護的重要策略，如圖2-3-5。

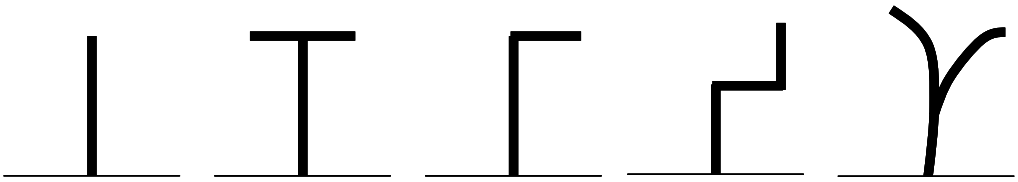
圖 2-3-5 研究海岸段消波塊保護工照片

（三）突堤(groins)

為垂直於海岸線或與海岸線形成某一夾角，由沙灘向海興建突出海岸之結構物，用以攔截沿岸漂砂、控制海灘地形、改變海岸線方向、阻擋沿岸流或壓迫潮流方向，進而減少保護區域之海岸侵蝕，如圖2-3-6。

突堤群之功能在控制波與流，阻止或減少沿岸飄砂，穩定或增大堤與海之間沙灘。興建完成後，由於沿岸飄砂受到阻攔，突堤上游側之沙灘堆積面會日漸淤積，而下游側則因沿岸輸砂量被突堤阻擋而減少，使得海岸線退。故其施設後因影響深遠應特別謹慎，如圖2-3-7。

突堤因主要在減阻沿岸漂砂而非阻擋潮浪，故堤高不必太高；其對景觀之破壞雖不如離岸堤或消波工嚴重，但如以形狀突出之混凝土塊任意建構仍然不甚雅觀，故應可採用較平面形型塊並整齊排放，如果能以石塊排放同時堤高盡量放低，對景觀視覺之影響則會降至最小。



直線型　　T 型　　L 型　　Z 型　　魚尾型

圖 2-3-6 突堤型式分類圖

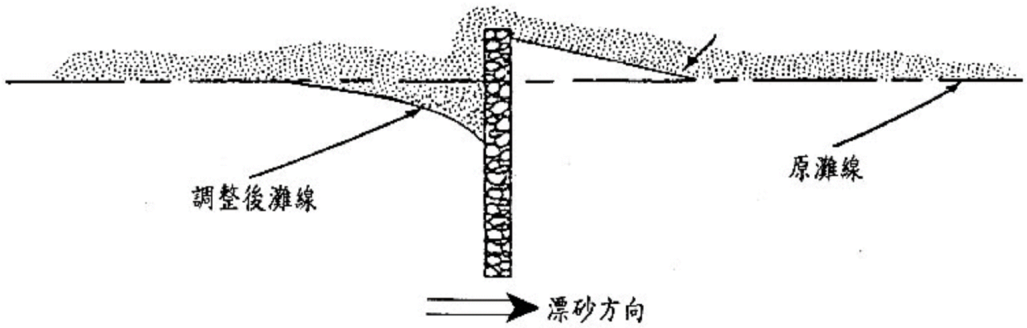


圖 2-3-7 突堤設置對灘線影響圖（摘自：郭金棟，2004）

（四）編籬定砂

廣義之漂砂包含因風引起之飛砂現象，海岸飛砂地區設置攔砂籬以攔截砂，再輔助種植甜根子草、濱刺麥、林投等定砂植物，以穩定砂丘，為最常用且最有效之方法。編籬定砂依材料、構築方法之不同略可分為柴枝攔砂籬、蘆葦攔砂籬、竹條攔砂籬、木皮攔砂籬及竹梢攔砂籬等，或利用尼龍網配合竹子構築成防風網。

臺灣因盛產竹子，價格便宜，能大量生產與採收，用以建造攔砂籬頗符合就地取材、物盡其用之原則，故目前臺灣較常見之攔砂籬以竹片或竹梢攔砂籬為主；國外編籬定砂工程照片如圖2-3-8。

圖 2-3-8 國外編籬定砂案例照片
（摘自 http://www.oce.kagoshima-u.ac.jp/）

（五）低堤頂採用自然材料為主之軟性保護工程

係運用緩坡面設計，採用當地之自然環境能容忍之材料（如土砂、卵石、岩石及木材等）建構海岸防護工程以及其他構造物或可用土砂養灘借助於沙灘透水性吸收波能；或者在高灘、砂崖處以木材做簡易之圍堤，防止土砂流失或波浪溯升，容許於潮浪侵襲時部份破壞，再予修復，此方法不但較節省經費，對自然景觀環境影響亦可降至最低。

第四節 海岸侵蝕原因及工程維護管理

一、臺東自然水文氣象（摘自經濟部水利署第八河川局，2002）

（一）氣象

臺東地區年雨量在1,000~3,200 公厘之間，大部份集中在5~10 月之間，受地理影響山區降雨大於平地；相對濕度夏季稍大於冬季，年平均相對濕度為78.0 %，月平均相對溼度介於74.1 %～81.9 %之間，日照成不均勻狀態，平均月最高日照率為七月份60.2 %，最低為三月份28.4 %，年平均日照率為41.3 %。

（二）氣溫

臺東縣處於亞熱帶，為典型季風氣候區，冬暖夏熱，年

平均溫度約23.8 ˚C ，絕對最高氣溫39.7 ˚C (1988.05.07)，絕對最低氣溫7.2 ˚C (1931.01.11)。

（三）雨量

依中央氣象局臺東測候站資料，年平均降雨量約1,838.5公厘，雖極為豐沛但分佈不均；冬季（每年12、1、2月）降雨少，除中央山脈山區外，月平均雨量不足50 公厘；夏季及初秋（每年6～9 月）降雨豐沛，沿海地區月平均雨量介於240～310 公厘之間。

（四）風向

臺東沿海地區全年吹東北風和北風的頻率最多，東北風約佔全年1/3 強，西南風佔全年1/6 左右，風力不強，除颱風時期外，僅吹東北季風時，風力可達四級以上，但佔全年頻率不到1/10 ，其餘各風向之風力均在三級以下；冬季吹東北季風時，最大風速可達20 m/sec，夏季吹西南風，平均風速約2 m/sec；颱風發生期間為每年6 ~10 月，而以8 月最多，7月次之，強烈颱風最大風速可達51.0 m/sec以上（相當十六級風）。

（五）海象

臺灣東部被太平洋環繞，南部接巴士海峽及南海，西部緊鄰狹長的臺灣海峽，因此水深地形變化複雜。臺灣東北角的大陸棚向東南沿著大陸斜坡(continental slope)至深度2,000 m 的沖繩海槽，往南至蘇澳海脊，深度只有500 m，蘇澳海脊南緣1,000 m 等深線由東向西至蘇澳附近海域，沿著花東海岸向南延伸，再繞過恆春海脊至高屏斜坡後向西行進；花東海岸線以東，深度急劇增加，達5,000 m 以上，臺東海槽位於恆春海脊的東方，水深約為2,500 m。

1. 潮汐

東部沿岸地區潮差小於1 m，東部海岸平均高潮位大致為北低南高，平均低潮位則為北深南淺，但差異值小；在季節上，夏季潮位與冬季潮位的差異則是北段較南段明顯

（石再添等，1995）；東部海岸海床坡度相當陡峭，海水深度都在三、四千公尺，每遇颱風期間，由於低氣壓及強風引起潮位升高，若加上天文潮位更引起異常水位升高，在高水位上載入波浪作用形成海岸異常高潮位與巨浪，使得海岸構造物受龐大力量衝擊而造成災害。

2. 波浪

臺東縣海岸波浪觀測資料異常缺乏，依水利署所編「臺灣省海堤整建計畫書」中資料：東部海岸颱風或季節風時波高可達8~9 公尺，週期13~14 秒，波向NE；而冬季季節風時即有波高3~4 公尺，週期9~14 秒，波向NE~ENE。而依成功測候所在成功海域海深36 公尺處觀測資料，一般時期波浪平均值為3～4 公尺，颱風時波高達5～14 公尺，全年平均浪高約1 公尺左右。依富岡潮位站資料平均潮差：+0.90 公尺；最高潮位：1.30 公尺；最低潮位：-1.21 公尺。

3. 海流、潮流及沿岸流

A. 海流

海面之水流，為海流與潮流之組合，海流乃速度、流向大致一定之海水經常性流動，其成因大致與海水密度、溫度、氣候有關。而台灣東岸為黑潮通過的地方，黑潮是北赤道海流轉向而來，源於菲律賓北部海面，從呂宋島東部轉北向，主流由台灣東岸而上，在台灣東南海面流速約為每秒 0.5～1.0 公尺。

B. 潮流

海洋因潮位升降而引起的海水往返運動稱為潮流。其因潮汐而生，故與潮汐相同具週期性之變化；流向大致與海岸平行。流速東海岸每小時約 1～2 浬。

C. 沿岸流

沿岸流係由波浪產生，當波浪自深海進入淺海，經過折射與繞射，到達海岸附近時，水深變淺，波浪受海底磨擦影響，波長變短，因此尖銳度變化，波浪不能保持其原形而破碎，碎波後產生新波浪繼續前進，平

行海岸線方向之波能則造成平行海岸之質量運輸，於是發生平行海岸方向之沿岸流，為海岸飄沙之主要原動力。而垂直海岸流向外海者稱為離岸流，台灣東部海岸因面臨深海，離岸流帶動海灘質流向深海，使海砂永久性流失，應為台灣東部海岸日漸侵蝕之主因。

4. 飄沙

海岸飄沙依移動型態分為兩類：

A. 懸浮質，即海床上方之泥沙浮於水中隨水流移動之物質。

B. 底質，即沿海床底部為水流挾帶成為滾動、滑動或躍動狀態而移動之物質。

此等被帶動之物理現象稱為海岸飄砂，而總輸砂量即為懸浮質與底質兩者之總合。其移動形式又分表層移動與全面移動兩種，表層移動指海底表面沙粒隨波浪進行方向或沿岸流方向移動，全面移動指海底表面沙粒全部隨波浪作用前後或左右返復移動，並不移至他處。而啟動水深則受海床底質粒徑、碎波帶位置水深、地形水深、波浪條件……等而有所不同。

（六）颱風

在北太平洋西部生成的颱風，主要受太平洋副熱帶高氣壓環流所導引，因此多以偏西路徑移動，但到達台灣或菲律賓附近時，已在太平洋副熱帶高氣壓邊緣，故路徑變化多端，有繼續向西進行者，有轉向東北方向進行者，更有在原地停留或打轉者。一般而言，導引氣流明顯時，颱風的行徑較規則，否則颱風的行徑較富變化（中央氣象局）。對台灣而言，颱風通常由台灣東岸登陸，使宜蘭至台東地區易受海岸侵蝕。

颱風引起激浪對海岸的侵蝕過程可分為二階段：第一階段是因為伴隨颱風中心的低氣壓環境使海水面上升，第二階段是颱風登陸時將波浪推向陸地，因此襲擊海岸的暴浪不僅速度猛烈，浪潮亦高於平常很多（石再添等，1995）。

二、東海岸地形地質

（一）臺灣東部海岸地形

海岸山脈以花東縱谷為界，分屬歐亞大陸板塊（西側）與菲律賓海洋板塊（東側）。海岸山脈就地質構造而言，原屬菲律賓海洋板塊前緣之第三紀島弧，並非臺灣之主體。由於板塊之間的聚合與衝撞作用，板塊間之擠撞使呂宋島弧北端延伸的部分凌駕大陸板塊邊緣，而使火山島弧與前弧盆沉積層推擠，形成海岸山脈。

許民陽（1993），本區地殼持續隆升，所以離水的地景，如海階、隆起海蝕凹壁、隆起海蝕洞及海蝕柱等處處可見。沿岸地層基盤主要由大港口層和都巒山層構成，前者岩性較弱，海階寬度較大；後者岩性堅硬，海階發育甚窄、末端多為海崖陡直入海，海蝕凹壁、海蝕洞等小地形也多保存於此地層中。海岸地形又可分為侵蝕地形和堆積地形，上述各類地形屬於前者，其中又以海階地形最為顯著；堆積地形則包括海灘、沙嘴及砂丘等，其中以海灘為主要堆積地貌。

（二）東海岸地質

海岸山脈是一個位於中央山脈東側的新第三紀沉積盆地，並以狹長的臺東縱谷和中央山脈相隔，從盛行的板塊構造理論來說，海岸山脈代表位於菲律賓海板塊最西端的一個火山岩漿弧，其西側的中央山脈則位於歐亞大陸板塊的東緣（畢慶昌，1972；Bowin et al., 1978；紀文榮等人，1981）。本區內地層以火山岩、含有火山物質的沉積岩、濁流作用造成的碎屑沉積岩和混雜無層理的混同層為其代表，如圖2-4-1。

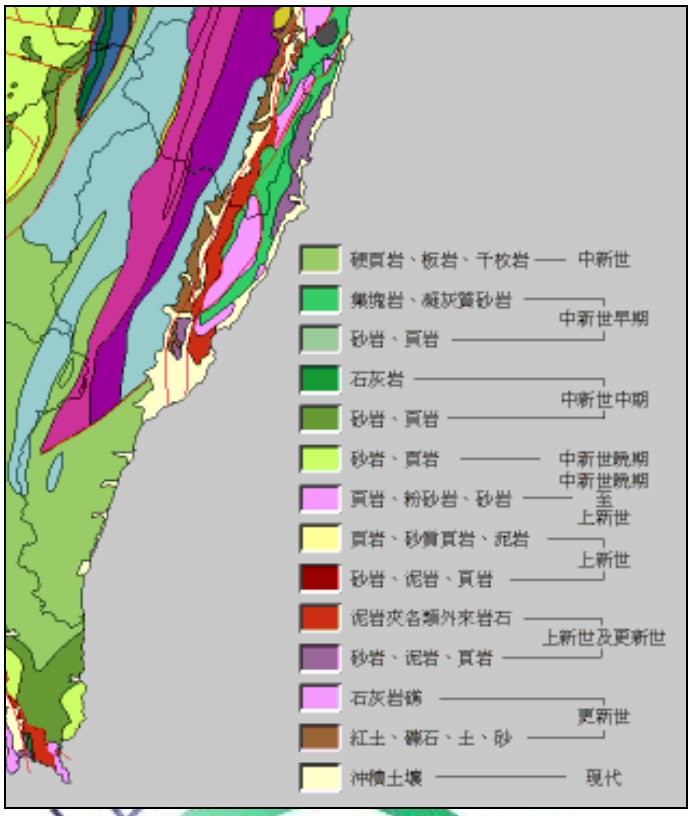


圖 2-4-1 臺東海岸地質圖-1 （中央地質調查所，1999）

海岸山脈及其附近島嶼之地質為新第三紀：(摘錄自：中國石油股份有限公司，地質概論）新第三紀由多量之安山岩與集塊岩、頁岩、砂岩、礫岩、少量之石灰岩及玄武岩組成，其總厚度達約6,000 公尺以上，地層種類如下。

1. 都巒山層

主要為安山岩集塊岩，並夾雜凝灰岩及石灰岩。其中含有輝長岩及蛇紋岩岩塊，其情形與集塊岩酷似。石梯坪、大港口東方一帶之集塊岩最上部，往往夾有石灰岩凸鏡體及孔蟲。都巒山層雖然包含時代不同之集塊岩，但由上列化石可知其大部份為與臺灣西部之公館凝灰岩及大寮層略為同時或稍為較老之地層。

2. 其他中新世地層

依據徐鐵良先生之大港口層、宇佐美衛之黑色頁岩、張麗旭先生之臺東貓山之石灰岩、臺東漁場附近之利吉層或富原層之砂頁岩、瑞源附近之上原層或利吉層、瑞豐附近之

雷光火層或利吉層中所含之有孔蟲化石，此等地層應屬於中新世晚期，此表示海岸山脈新第三紀中確有相當於臺灣西部之三峽群者。

3. 其他各地之大港口層或利吉層之大部份及奇美層
依據所含之浮游性有孔蟲群化石，應屬於上新世。卑南山礫岩可能屬於上新世，較臺灣西部之頭嵙山層稍老。日出附近之玄武岩為枕狀熔岩。

海岸山脈多為新第三紀及第四紀海洋性沈積，如泥岩、砂岩等，其中有數度海底酸性火山噴發之岩體侵入；最值得注意者，乃為海岸山脈南端分佈之利吉層，於泥岩內夾若干種外來物質，如基性火成岩等，搜集有關臺灣地質之示意圖經編輯與裁切如圖2-4-2及圖2-4-3。

何春蓀（1981）著作普通地質學對有關東海岸山脈地質沉積岩之說明如下：

1. 沈積岩(Sedimentary Rocks)
地表的岩石，受到如風化、侵蝕的外來作用形成碎屑、或生物遺骸等經過各種營力搬運到不同的地方沈積下來，再經過膠結岩化或是由於海水、其它溶液中物質的沈澱所形成的岩石，稱做沈積岩。

2. 大多數的沈積岩常表現出一層層的層次，這種成層的構造叫做層理(Bedding or Stratification)。這種構造隨著沈積時沈積物供應來源（顆粒大小、成分等的不同）的變化、或水流速度的變異、搬運時能量的大小不同等因素造成。這些沈積物若在平靜的環境下多呈水平之層次，一旦受到抬升或擠壓的作用時，會改變水平狀態，呈傾斜狀，甚或垂直、斷裂。

3. 沈積岩的分類
常依礦物成分和岩理的不同分為兩類，第一類叫碎屑狀岩(Clastic Rocks)，是由岩石碎屑或生物遺骸堆積後，經膠結而成岩石者，如：礫岩(Conglomerate)、砂岩(Sandstone)、

粉砂岩(Siltstone)、頁岩(Shale)、碎屑狀石灰岩(Clastic Limestone)，第二類叫非碎屑狀岩(Nonclastic Rocks)，是由溶解在水中的無機物經化學沈澱或沈澱物質經生物作用造成的，常見的有：石灰岩(CaCO3)、白雲岩(CaMg(CO3)2)、燧石(SiO2 及 SiO2.nH2O)、鹽岩(NaCl、CaSO4)、泥炭及煤(C、H、O)。

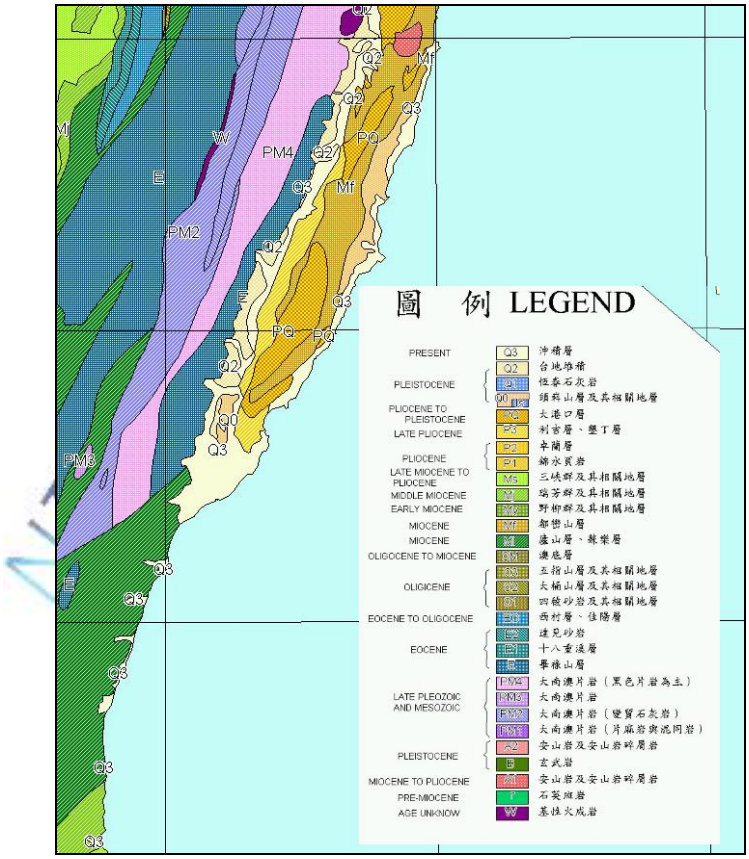


圖 2-4-2 臺東海岸地質圖-2（摘自中央地質調查所，1999）

圖 2-4-3 臺東海岸地質圖-3

（摘自 http://www.zhulong.com/huiyuan/index.asp）

許民陽（1993），對東部海岸的地質所作的描述，基於激烈的板塊運動與造山運動的地質背景，東部海岸出露的地層大致可區分為以下各層：

1. 都巒山層

分佈最廣，北從花蓮大坑南至臺東利吉村，長 150 公里，由島弧中數個火山在一千一百萬年至一千七百萬年前噴發而成，主要由安山岩質火成岩構成，岩相包括：

A. 凝灰岩、集塊岩、凝灰角礫岩等火山碎屑岩。

B. 以安山岩為主的熔岩，局部有玄武岩出現。

為火山岩流、火山碎屑岩再堆積火山碎屑岩所構成。此一岩層分布甚廣，在地形上都形成高峰山脊，如新港山、成廣澳山。此外由於都巒山層膠結良好，堅硬耐蝕，在海岸出露受海侵蝕易形成海蝕地形，造成優美景觀。由

於此層硬度大，抗蝕力強，許多地景美麗的景點如石門洞、石梯坪、八仙洞及三仙台等皆由此層構成。

2. 港口石灰岩

此層為沈積覆蓋在都巒山層之上，呈透鏡狀的石灰岩層，構成石灰岩的生物包括抱球藻、有孔蟲與珊瑚等。分布僅於港口村、秀姑巒溪下游、成功與東河鄉馬武窟溪兩側。

3. 大港口層

代表弧前盆地沈積物被抬升隆起的地層，舊名為大港口層，新的命名分為：

A. 蕃薯寮層：代表深海相砂頁岩互層沈積物，以水璉兩側蕃薯寮溪附近命名。

B. 八里灣層：可分為礫岩、泥岩與砂岩三種岩性，礫岩以水璉附近出現為代表，其餘的泥岩與頁岩相出現在北起的豐濱（舊名八里灣）南至泰源、富岡的沿海，岩性較弱，於海岸出露時常被侵蝕成海崖、海蝕平台，也是受蝕後退最嚴重的地區。

亦覆蓋在都巒山層之上，約在中新世晚期至上新世由生物或生物碎屑沈積而成。大港口層岩性軟弱或乾燥脆弱，或潮濕黏軟，故易因海蝕作用而致使海岸後退，或因坡腳損壞而崩塌，是易發生災害的地段。

4. 利吉層

以海岸山脈最南端的利吉村命名，以青灰色或黑色的泥岩為主，夾有許多角礫狀的砂岩塊與基性火成岩塊，大塊的甚至可以露出為山頭。此一混亂無層的地層代表歐亞大陸板塊與菲律賓板塊碰撞時，島弧與海溝間的沈積物遭強烈擠壓破壞成的碎屑產物，為板塊擠壓呈現的指標地層，此層泥岩時常形成顯著的惡地地形。

何春蓀（1986）「台灣地質圖概論-台灣地質圖說明書」，廬山層及蘇樂層為中央脊樑山脈之地層，代表所有分布在中央山脈的脊樑山脈及雪山山脈帶內中新世的硬頁岩和板岩系。它的標準地點是南投縣仁愛鄉東面的廬山溫泉，廬山層

大部分由黑色到深灰色的硬頁岩、板岩及千枚岩和深灰色的硬砂岩互層組成，含有零星散布的泥灰岩團塊，它的全部厚度估計當在數千公尺上下；本層北自宜蘭縣的蘭陽溪平原開始...以至東部的知本和大武一帶。

三、海岸侵蝕原因

臺灣島構造活動速率與沉積物堆積速率都屬於世界上最快速的地區之一，因此沉積環境變遷非常快速且複雜，山脈隆起速率平均每年可達1 公分，侵蝕速率每年約0.5 公分(Liu *et al.*, 2000, 2001)。造山過程中除了山脈的抬升之外，造山帶前緣的前陸盆地(foreland basin)則屬於沉降的盆地(Suppe, 1986; Chen *et al.*, 2001; 陳文山等 2000)，涵蓋範圍由海岸平原至東側臺灣海峽(Chou and Yu , 2002)。

海岸後退是一種破壞性的地形變遷，隨著海水的入侵或風暴激浪的衝擊，沿海陸地的淹沒與崩毀，不但國土流失、財物損毀，生命亦將不保，形成全球性自然災害(natural disasters or natural hazard)的一種(Rosenfeld，1994，Gares et.al.,1994)。

許民陽（1997）綜合多家學者的研究，發現影響最為顯著的因子有下列諸項：1.地質構造、2.風化作用、3.波浪作用、4.地殼升降或海準變動、5.陸源沈積物的供應、6.海床坡度、7.崩壞作用、8.海岸的曲折度、9.沿岸流產生的漂沙方向、10.海灘的寬窄與物質組成、11.人為因素。

海崖侵蝕系統(sea cliff erosion system)主要包括四個次系統－海崖(cliff)、海灘(beach)、海洋營力(marine process)和陸上營力(subaerial process) (Shih，1992)。

許民陽等（1999）對於花東海岸歷經十年的後退監測，以連續密集的野外觀察、測量、標本採集及定年，並對比航空照片、進行岩石力學實驗、海灘性質測量、崩壞現象分析、水文氣象分析、沈積物收支等分析，認為影響海岸後退的因子十分複雜，但以岩性、窄灘、豪雨及逕流、強浪及沈積物收支等對於花東海岸後退的影響最為主要。

由於風、海象、和海流在時間和空間不斷地在變化著，水位上昇或下降，平均海水水位的長期變動，土地大面積或局部的昇降等因素的作用，一個地方的地貌是不可能達到所謂『最後平衡狀態』的。因此，不論是在現在，還是未來，在海岸地區是不可能有所謂的固定關係存在,海岸本身在時間和空間上就是多變的–它的特徵就是不停地變化。

臺東海岸屬於侵蝕型海岸，大部份之海岸受到海潮波浪之侵蝕退縮。過去因臺東地區經濟活動尚不十分發達，故較少建造有效之防禦措施，自民國67 年起，逐漸針對侵蝕嚴重、人口密集與產業地段予以施設海堤及保護工。近年來自然環境生態意識興起，檢視海岸保護工將影響海景及生態；海岸之治理，期能於工法上再研究改進，以達國土保全及生態景觀雙贏之局面；結合河川治理，創造一個具安全性、多樣性、自然景觀及親水、休閒和遊憩之海岸環境（經濟部水利署第八河川局，2008）。

海岸變遷對人類的影響方面來看，海岸線後退不但是國土流失，更會影響到人類居住、通行、休閒娛樂、海岸環境污染、防治工程費用的增加以及自然景觀的破壞（張智原，2000）。

許榮中（2005）提出影響現代海岸變遷的主要因素如表2-4-1。

表2-4-1 影響現代海岸變遷的主要因素表

人為因素(Man-made)	自然因素(Natural)
1. 河川整治、水土保持或水庫興建。 2. 人工構造物（海堤、護岸、突堤、離岸堤及港口防波堤）的改變波場與流場及攔截沿岸漂沙。 3. 海崖保護。 4. 河川及海灘超採土砂。 5. 長期超抽地下水造成的海岸地層下陷。	1. 氣象因素（颱風及暴雨）。 2. 斜向入射波浪引起的沿岸輸砂。 3. 河川輸砂量的增減。

資料來源:本研究整理自臺灣海岸保護的轉型與生態工法實施之謝議

颱風期間由於其威力影響，往往會在台灣沿海發生暴潮，其成因為暴風使海面傾斜，同時氣壓降低，致使海面升高，而導致沿岸發生海水倒灌，造成災害。鄭允翔（2003），過去對暴潮的解釋為將其當作一長波，如圖2-4-4 所示，圖（a）中暴潮由颱風的威力使水面高漲，向岸邊傳遞，而圖（b）中暴潮波在進行中受到海水的黏性效應而漸漸衰減，而在圖（c）中暴潮波接近岸邊，海底底床深度減低，暴潮波受擁高而加大，使得海岸之水位異常性升高。所以東海岸海床陡峭，波浪激升的狀況加劇，更是造成海岸侵蝕的關鍵因子。

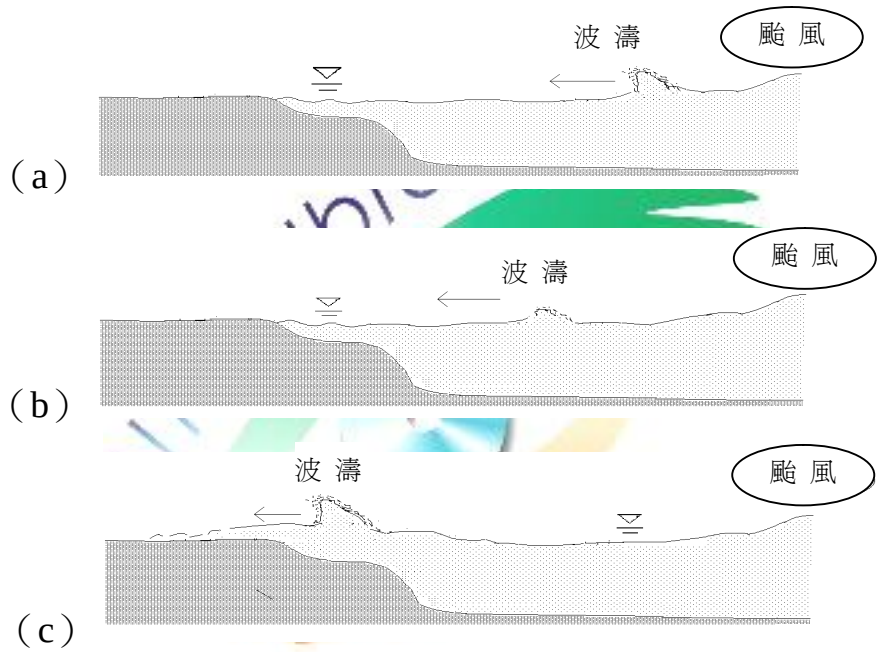


圖2-4-4 暴潮成因示意圖

四、工程維護管理

維護之定義：根據鄭達才（1999）所彙整之維護定義，以英國BS3811 為例，維護是運用全部技術和行政行動組合，也包括督導、試圖維持或回復一個項目，而可以發揮需求之功能的狀態；日本JIS Z8115 對維護之定義則為運用全部必須的處置與機能，去維持一個項目在可用及運轉之條件，或者去除故障、失效，使之恢復。

另外，Kececioglu（1995）則將維護定義為使無失效之單元(Non-Failed Units)維持在可靠且安全滿意之運轉狀態，假使單元

發生失效，則將其恢復至可靠且安全滿意之運轉狀態。因此，對維護之定義，簡言之，即『使設備維持在可用狀態或恢復故障缺陷之活動』。一般而言，設備的維護可分為兩種主要類型：

（一）預防維護(Preventive Maintenance，簡稱PM)

視工廠生產設備之運轉狀況，為使其保持(retain)在特定的狀況(specified condition)而做有計劃之維護工作。

（二）矯正維護(Corrective Maintenance，簡稱CM)

當工廠生產設備的單一系統或部分功能發生失效狀況，甚至全工廠當機時，為使設備復原(restore)至特定狀況才採取之維護行動。

Pham and Wang（1996）以維護程度(degree of maintenance)將維護分為五種狀況，其包括：

1. 完全維護(perfect maintenance)
2. 最小修復(minimal repair)
3. 不完全維護(imperfect maintenance)
4. 較糟維護(worse maintenance)
5. 最糟維護(worst maintenance)

其中，完全維護為設備經維護後會變成全新狀態(As Good As New)，即維護活動可使設備狀態回復至$t = 0$ 的全新狀態，且設備維護後與維護前具有相同的失效函數。最小修復乃是設備經維護後其狀態為如舊狀態(As Bad As Old)，即當設備發生突發故障時進行最小修復以消除故障，使設備之狀態回復至與失效前相同。而不完全維護則是設備實施維護後會使其狀態回復至較新的狀態，其回復程度會介於完全維護與最小修復之間，此即為不完全維護。一般而言，針對具有老化特性的設備，其維護通常屬於不完全維護。

內政部消防署（2005），全球環境永續指數(ESI)-降低天然災害傷害指數分析與建議之研究報告中提出：ESI 的分析過程，HRV(Hazard, Risk & Vulnerability Analysis)「危害-風險-易致災性分析模式」的概念是一個很重要的主體。相對於ESI 的其他指標

建構強調的壓力-狀態-回應(Pressure-State-Response, PSR)架構，來界定災害，探討壓力源和風險對象的回應，強調社會狀況暴露於災害的程度，易致災性的概念非常清楚，這樣的概念模型可以圖2-4-5 表示。因此，在風險的觀念上，指標整合的模式傾向RH模型(Risk Hazard Model)，所有的災害(Disaster)來自於危害(Hazard)的存在，在瞭解暴露於危害之下的人口及資產後，進而瞭解應變會消耗達成永續的資源分配與可能衝擊，這些都是易致災性的一部份。

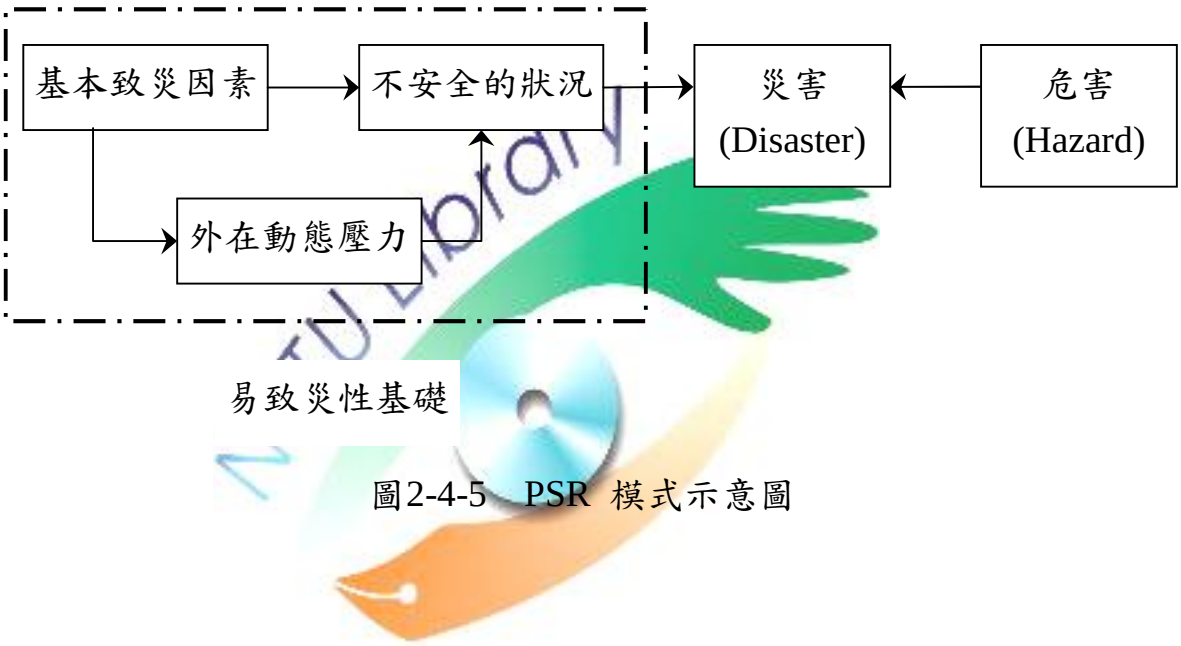


圖2-4-5　PSR 模式示意圖

第三章　研究方法與流程

第一節 研究方法

一、文獻回顧：

針對本研究之目的，蒐集國內外對海岸工程預算政策、工程生命週期、海岸工法、工程維護管理與災害模式等相關之研究，經由整理、歸納與分類，以瞭解維護管理研究領域之趨勢與方法，參酌其優劣點，期能對本研究有所助益。

二、資料蒐集：

蒐集彙整研究區歷年來海岸禦潮構造物，按興設科目新建（含增建）或維護（含修護、災修）之不同，逐件予以蒐集調查，並確認其施設年度、次數、經費與工法等，以利後續之分析研判。

三、統計分析：

將歷年興設之海岸工程或海岸段賦予案例編號，以由北而南海岸順序與時間序列縱斷面研究方式(Longitudinal Research)將資料分別表列，加以敘述研判、分析及檢討，期能萃取出案例工程生命週期之經費投資結構與關聯因素。

四、現場調查：

對特殊案例工程進行現場調查，視其自然條件、地質、灘岸型態與現有鄰近構造物、地形地物等情形等，藉以更加客觀與符合實際研判結果，進一步瞭解爾後工程施設維護管理之重點。

第二節 研究流程

本研究為能按部就班探討研究主題在進行時之流程大致分成六個步驟如下：（另繪製本研究流程圖，如圖 3-2-1）

一、確定問題、定義出研究目的及研究範圍的界定

確定所要研究的目標與所涵蓋的研究範圍。

二、調查蒐集資料與文獻回顧階段

調查彙整歷年來海岸構造物之施設年度、次數、經費與工法等

並廣泛蒐集及閱讀有關公共預算、工程生命週期、工程經濟、工程維護管理、臺東海岸概況與侵蝕原因探討及海岸防護工法之相關文獻、參考應用案例等。

三、建立研究方向與確定適合本研究海岸工程生命週期表現分析架構之建立

思考海岸工程在生命週期表現如何？確定研判分析的程序，除了考慮可行性之外，尚需考量案例選定的適用性、數據取得的可能性...等。

四、選定特殊工程案例並至現場調查與評估

接著深入探討歷年經費投入、例案工程工法分析與其他影響因子的關聯性釐清；係對海岸工程工法代表性之案例作現場的實地觀察，以做為各工法演變的現況詳實紀錄與驗證。

五、進行分析資料（調查統計與分類）、研判解析資料和歸納資料

以工程生命週期表現期間之經費與施設為研究主軸，探討海岸工程新建與維護之比較，統合所得到的數據予以分類、系統化...等，然後以統計案例工程與影響生命週期的關聯因素作對應，希望釐清研究課題的內容與方向加以歸納分析。

六、結論與建議的撰寫

比較與檢討海岸構造物施在工程生命週期期間之功能或成效等進行分析，並探討相關經費方面投資政策運用後與各關聯因素之強弱，以作為爾後工程施設興設或維護管理之參考。

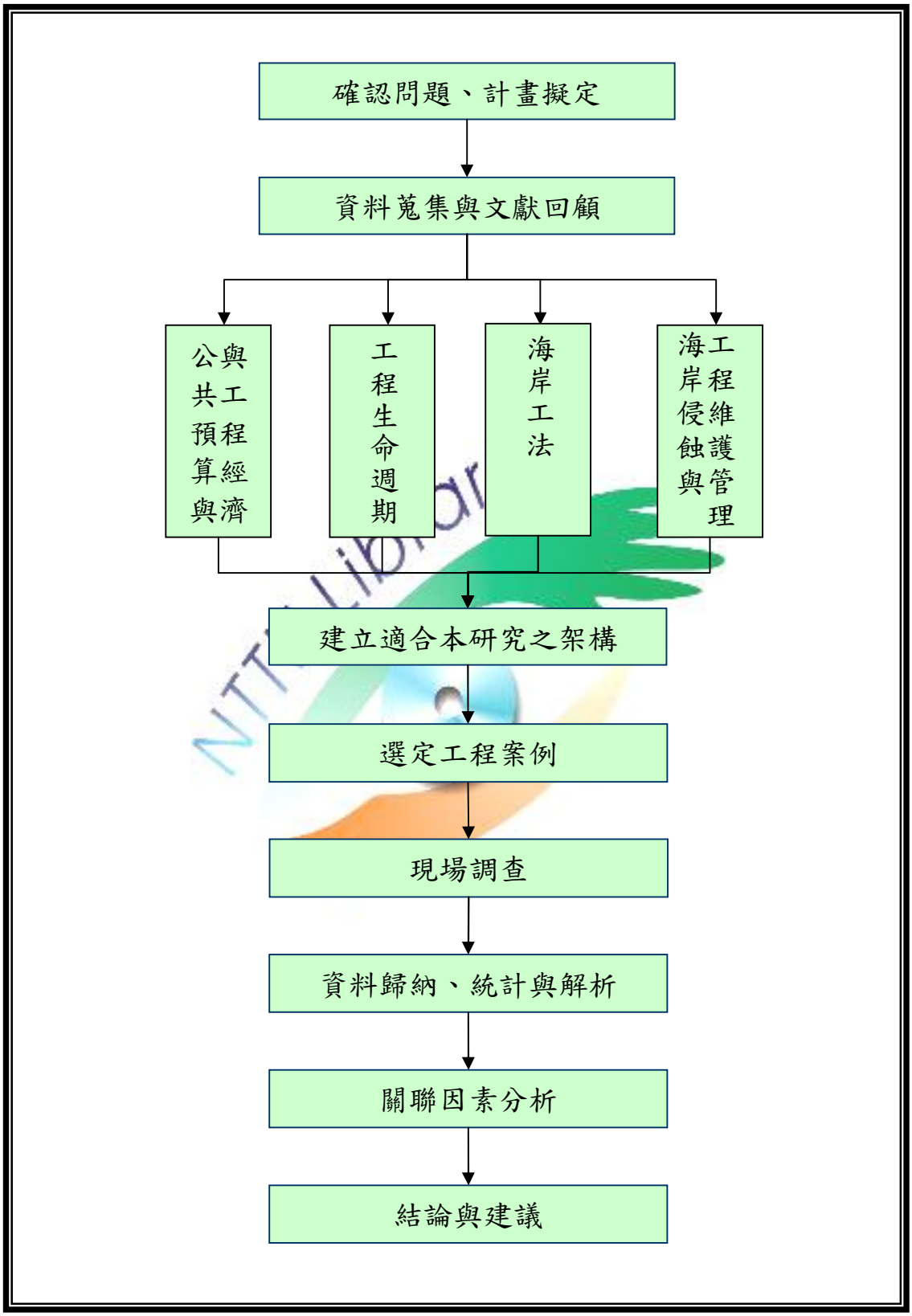


圖 3-2-1 論文研究流程圖

第四章　案例工程調查與工法演變

本章首先對案例工程調查之資料作系統化之統計，並對有關防護工法演變、防護策略、劇烈天候所造成災害、政府施政方針等方面資料，並按時間序列或海岸段順序，予以列表製圖；期能與各項影響因子萃取出相關性，對後續之分析有所助益。

第一節　案例工程調查統計

一、歷年案例工程統計及案例編碼原則：

（一）歷年案例工程統計

臺東海岸自西元 1981 年起至 2008 年計 28 年間之工程，計有 45 件主工程或海岸段，經逐年施設之各類構造物合計約有海堤 6,233 公尺及海岸保護工 21,295 公尺，本研究根據調查資料初步統計結果依興建之科目不同區分為新建工程 74 件（含不同樁號位置之增建）與維護（含修護及災修）工程 56 件，總計有 130 件案例工程。

（二）案例編碼原則

為便於分析篩選與歸類，本研究係依據由北而南順序、工法種類、興設科目及施工順序等原則採 3～5 碼編碼如下，

XX-X-X-X
①　②　③　④

其中：①代表：由北而南順序，②代表：工法種類，③代表：興設科目，增建或維護，④代表：施工前後順序；

編碼三碼代表新建 1 次後無增建或維護，例：27-A，即為興建編號 27 之海堤工程；至多五碼，例：31-B-R-4，即為編號 31 工程之消波工第 4 次修護工程，編碼表如表 4-1-1；依據上述原則將 130 件案例工程予以編號，如表 4-1-2。

表 4-1-1 歷年海岸案例工程編碼表

<table>
<tr><td colspan="5">工程編碼</td></tr>
<tr><td rowspan="2">首碼及二碼
（由北而南順序）</td><td colspan="2">三碼</td><td colspan="2">四碼</td><td rowspan="2">五碼
（施工順序）</td></tr>
<tr><td>工法種類</td><td>代碼</td><td>增建
（Enlarge）</td><td>修護、災修
（Repair）</td></tr>
<tr><td rowspan="6">01～45</td><td>海堤、護岸</td><td>A</td><td rowspan="6">E</td><td rowspan="6">R</td><td rowspan="6">1～9</td></tr>
<tr><td>消波工</td><td>B</td></tr>
<tr><td>突堤群</td><td>C</td></tr>
<tr><td>編籬定沙</td><td>D</td></tr>
<tr><td>軟性保護工程</td><td>E</td></tr>
<tr><td colspan="5">＊編碼說明：
1. 採五碼編碼，新建後無增建或修護者以三碼表示。
2. 第 2、3、4、5 碼間以”-”區隔，例：01-A-R-1。</td></tr>
</table>

資料來源：本研究訂定

NTU Library

表 4-1-2 歷年案例工程調查統計分析

海岸段	案例編號	新建(含增建)		維護(含災修)		施工次數		經費支出(百萬)及佔用百分比(%)				
								總經費 (1)	新建		維護	
		年度	經費	年度	經費	新建	維護	=(2)+(4)	經費 (2)	百分比 (3) =(2)/(1)*100	經費 (4)	百分比 (5) =(4)/(1)*100
01	01-A	1998	3.271			1	1	7.371	3.271	44.38%	4.100	55.62%
	01-A-R-1			2002	4.100							
02	02-B	1991	18.582			2	1	52.823	35.530	67.26%	17.293	32.74%
	02-B-E-1	2001	16.948									
	02-C-R-1			2006	17.293							
03	03-B	2002	21.254			1		21.254	21.254	100.00%	0.000	0.00%
04	04-B	1996	22.122			3	3	68.659	53.367	77.73%	15.292	22.27%
	04-B-E-1	1997	21.618									
	04-B-E-2	2001	9.627									
	04-B-R-1			2005	2.039							
	04-B-R-2			2006	9.040							
	04-B-R-3			2008	4.213							
05	05-B	1994	7.456			1		7.456	7.456	100.00%	0.000	0.00%
06	06-B	1990	7.913			1		7.913	7.913	100.00%	0.000	0.00%
07	07-B	2001	13.455			1		13.455	13.455	100.00%	0.000	0.00%
08	08-B	1995	10.400			3		22.313	22.313	100.00%	0.000	0.00%
	08-B-E-1	1997	2.515									
	08-B-E-2	2002	9.397									
09	09-A	1986	17.940			2	1	44.852	41.902	93.42%	2.950	6.58%
	09-A-E-1	1987	23.962									
	09-B-R-1			1994	2.950							
10	10-B	2001	10.980			1		10.980	10.980	100.00%	0.000	0.00%
11	11-B	1991	28.881			1		28.881	28.881	100.00%	0.000	0.00%
12	12-B	1991	23.574			2		33.110	33.110	100.00%	0.000	0.00%
	12-A-E-1	1998	9.536									
13	13-B	2002	15.937			1		15.937	15.937	100.00%	0.000	0.00%
14	14-A	1981	8.813			2	8	81.279	11.268	13.86%	70.011	86.14%
	14-A-E-1	1988	2.455									
	14-B-R-1			1983	12.148							
	14-B-R-2			1985	4.164							
	14-B-R-3			1989	3.226							
	14-B-R-4			1992	3.670							
	14-B-R-5			1997	0.590							
	14-B-R-6			1998	13.720							
	14-A-R-1			2000	12.941							
	14-B-R-7			2001	19.552							
15	15-A	1991	9.008			1	1	24.568	9.008	36.67%	15.560	63.33%
	15-B-R-1			1997	15.560							
16	16-B	1996	19.650			1		19.650	19.650	100.00%	0.000	0.00%
17	17-B	1991	15.371			1	3	43.837	15.371	35.06%	28.466	64.94%
	17-B-R-1			1994	5.200							
	17-B-R-2			2003	13.318							
	17-B-R-3			2007	9.948							
18	18-A	1998	23.498			1		23.498	23.498	100.00%	0.000	0.00%
19	19-B	1989	6.182			1		6.182	6.182	100.00%	0.000	0.00%
20	20-B	1995	20.371			1		20.371	20.371	100.00%	0.000	0.00%

NTU Library

（續）表 4-1-2 歷年案例工程調查統計分析

海岸段	案例編號	新建(含增建)		維護(含災修)		施工次數		經費支出(百萬)及佔用百分比(%)				
								總經費(1)	新建		維護	
		年度	經費	年度	經費	新建	維護	=(2)+(4)	經費(2)	百分比(3)=(2)/(1)*100	經費(4)	百分比(5)=(4)/(1)*100
21	21-B	1983	4.744			5	1	51.488	45.338	88.06%	6.150	11.94%
	21-B-E-1	1985	3.961									
	21-B-E-2	1986	5.987									
	21-B-E-3	1991	14.980									
	21-B-E-4	1997	15.667									
	21-B-R-1			1993	6.150							
22	22-B	1994	20.777			1	2	30.300	20.777	68.57%	9.523	31.43%
	22-B-R-1			1996	5.437							
	22-B-R-2			2008	4.086							
23	23-B	1992	21.770			2		34.780	34.780	100.00%	0.000	0.00%
	23-B-E-1	1994	13.010									
24	24-A	1993	6.152			1		6.152	6.152	100.00%	0.000	0.00%
25	25-A	1991	14.507			1		14.507	14.507	100.00%	0.000	0.00%
26	26-B	1997	10.468			1		10.468	10.468	100.00%	0.000	0.00%
27	27-A	1983	6.570			1	3	28.537	6.570	23.02%	21.967	76.98%
	27-A-R-1			2001	3.954							
	27-C-R-1			2005	17.050							
	27-A-R-2			2005	0.963							
28	28-A	1988	5.983			3	2	51.483	33.239	64.56%	18.244	35.44%
	28-A-E-1	1988	8.270									
	28-E-E-2	2004	18.986									
	28-C-R-1			2005	17.214							
	28-A-R-1			2007	1.030							
29	29-B	1996	20.431			1		20.431	20.431	100.00%	0.000	0.00%
30	30-A	2000	42.187			2	1	98.509	86.587	87.90%	11.922	12.10%
	30-A-E-1	2001	44.400									
	30-C-R-1			2004	11.922							
31	31-A	1984	59.302			4	9	227.497	116.334	51.14%	111.162	48.86%
	31-B-E-1	1986	31.614									
	31-B-E-2	1987	11.882									
	31-B-E-3	1991	13.537									
	31-B-R-1			1989	5.309							
	31-B-R-2			1993	11.753							
	31-B-R-3			1996	7.667							
	31-B-R-4			2000	19.085							
	31-C-R-1			2002	5.320							
	31-C-R-2			2002	20.759							
	31-C-R-3			2003	18.479							
	31-C-R-4			2004	13.544							
	31-C-R-5			2007	9.245							
32	32-B	1993	34.776			1	4	86.734	34.776	40.10%	51.957	59.90%
	32-C-R-1			2003	18.650							
	32-B-R-1			2003	1.691							
	32-C-R-2			2004	22.282							
	32-B-R-2			2008	9.335							

（續）表 4-1-2 歷年案例工程調查統計分析

海岸段	案例編號	新建(含增建)		維護(含災修)		施工次數		經費支出(百萬)及佔用百分比(%)				
		年度	經費	年度	經費	新建	維護	總經費(1)=(2)+(4)	新建		維護	
									經費(2)	百分比(3)=(2)/(1)*100	經費(4)	百分比(5)=(4)/(1)*100
33	33-B	1994	15.777			1	2	53.850	15.777	29.30%	38.073	70.70%
	33-C-R-1			2005	18.817							
	33-B-R-1			2006	19.256							
34	34-B	1988	13.964			2	3	38.003	23.663	62.27%	14.340	37.73%
	34-B-E-1	1991	9.699									
	34-B-R-1			1993	9.058							
	34-B-R-2			1997	1.832							
	34-B-R-3			2000	3.450							
35	35-B	2000	12.897			1		12.897	12.897	100.00%	0.000	0.00%
36	36-A	1999	7.688			1	3	28.856	7.688	26.64%	21.168	73.36%
	36-B-R-1			2001	2.145							
	36-D-R-1			2002	16.023							
	36-C-R-1			2003	3.000							
37	37-A	1999	7.455			1		7.455	7.455	100.00%	0.000	0.00%
38	38-B	2003	20.540			1		20.540	20.540	100.00%	0.000	0.00%
39	39-B	1988	11.668			4	2	84.716	60.523	71.44%	24.193	28.56%
	39-B-E-1	1992	12.216									
	39-A-E-1	1999	16.645									
	39-B-E-2	2003	19.994									
	39-B-R-1			1992	9.889							
	39-B-R-2			1997	14.304							
40	40-B	1994	22.991			3	1	60.359	47.599	78.86%	12.760	21.14%
	40-B-E-1	1995	18.447									
	40-B-E-2	1999	6.161									
	40-E-R-1			2004	12.760							
41	41-B	1988	8.657			3	2	48.735	38.874	79.77%	9.861	20.23%
	41-B-E-1	1992	9.824									
	41-B-E-2	1995	20.393									
	41-B-R-1			1992	6.761							
	41-B-R-2			2004	3.100							
42	42-A	1998	8.681			1	1	14.053	8.681	61.78%	5.372	38.22%
	42-B-R-1			2003	5.372							
43	43-B	1992	17.099			2	2	29.445	27.033	91.81%	2.412	8.19%
	43-B-E-1	1993	9.934									
	43-B-R-1			1995	1.812							
	43-B-R-2			2004	0.600							
44	44-B	1993	23.917			2		53.688	53.688	100.00%	0.000	0.00%
	44-B-E-1	2000	29.771									
45	45-B	1998	12.524			1		12.524	12.524	100.00%	0.000	0.00%
小計			**1167.618**		**512.78**	**74**	**56**	**1680.394**	**1167.618**		**512.776**	

資料來源：本研究整理

二、依海岸段編號順序對工程興設科目區分作次數統計

（一）按新建工程次數排序

以編號21 海岸段（新建5 次、維護1 次）最多，其次為編號31 海岸段（新建4 次、維護9 次）、編號39 海岸段（新建4 次、維護2 次）、編號28 及41 海岸段（新建3 次、維護2 次）、編號40 海岸段（新建3 次、維護1 次）、編號04 海岸段（新建3 次、維護3 次）。

（二）若按維護工程次數排序

以編號31 海岸段（維護9 次、新建4 次）維護次數最多最頻繁，其次為編號14 海岸段（維護8 次、新建2 次）、編號32 海岸段（維護4 次、新建1 次）、編號04 海岸段（維護3 次、新建3 次）、編號34 海岸段（維護3 次、新建2 次）、編號27 、17 及36 海岸段（維護3 次、新建1 次）；如圖4-1-1。

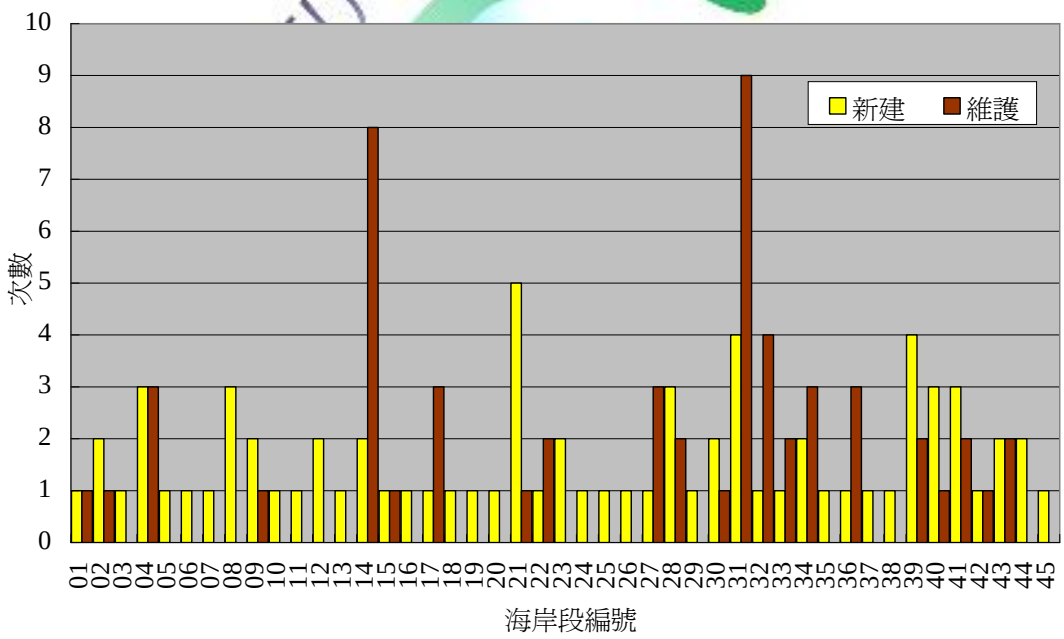


圖 4-1-1 按海岸段編號順序之興設科目次數比較圖

三、依年度工程興設科目件數區分統計

（一）按新建工程次數排序

以西元1991 年（新建9 件）最多，而依序為西元1988 年（新

建6 件），西元1994、1998、2001 年（新建5 件），西元1994、1998、2001 年（新建5 件），西元1992、1993、1995、1997及1999 年（新建4 件）；而西元1982、2005～2008 年無新（增）建海岸工程；如圖4-1-2 所示。

（二）再以維護工程次數排序

以西元2003 及2004 年（維護 6 件）最多，西元2005 年（維護5 件）次之，依序為西元1997 及2002 年（維護4 件），西元1992、1993、2000、2001、2006～2008 年（維護3 件），西元1989、1994、1996 年（維護2 件）；而西元1981、1982、1984、1986～1988、1990、1991、1999 年無維護（修護或災修）工程。

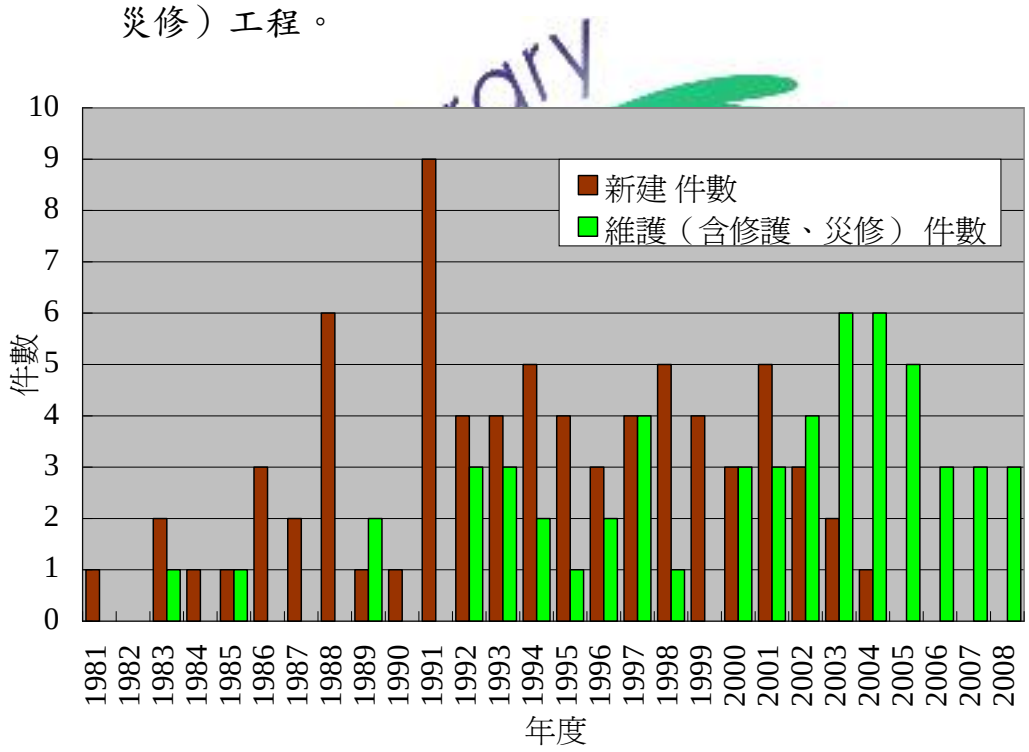


圖 4-1-2 按年度區分之興設科目次數比較圖

第二節　案例工程經費結構分析

一、以案例工程年度經費統計

自西元1981 至2008 年之案例工程海岸新（增）建構造物共投入約11 億6 仟7 佰萬元，維（修）護工程投入約5 億1 仟3 佰萬元，總投資經費計約16 億8 仟萬元，如表4-1-2。

（一）以案例工程海岸段歷年來之總經費作統計

1. 歷年總經費超過5,000 萬元之海岸段
   計有編號02、04、14、21、28、30、31、32、33、39、40 及44 等12 處海岸段，其中以編號31 海岸段投資經費達2 億2仟7 佰萬元最多。

2. 歷年總經費未達1,000 萬元之海岸段
   計有編號01、05、06、19、24 及37 等6 處海岸段，如圖4-2-1所示。

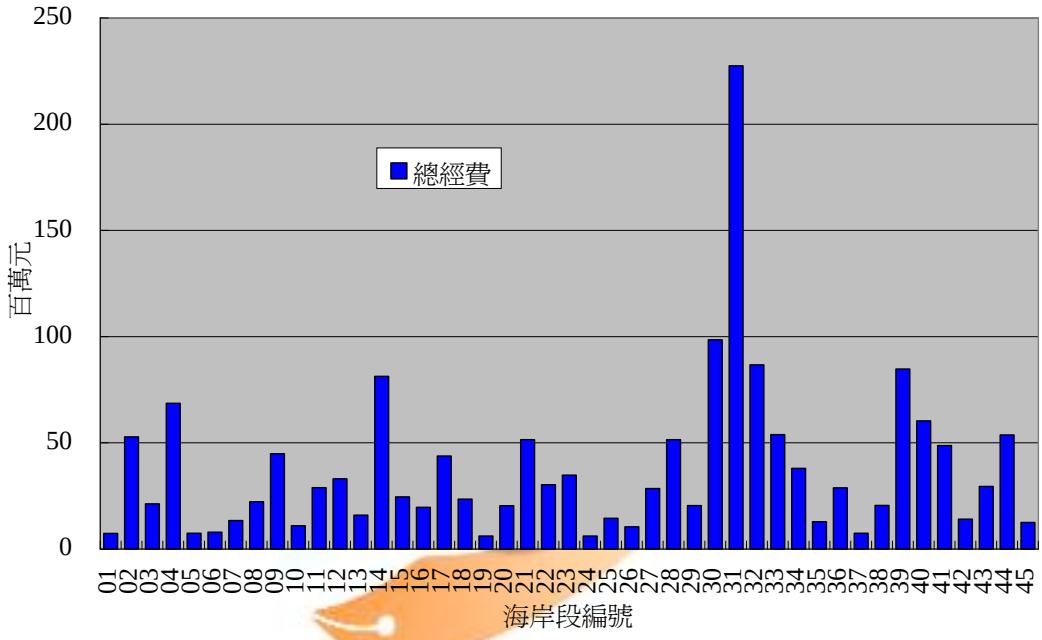


圖4-2-1 歷年案例工程海岸段設施總經費圖

（二）以案例工程海岸段興建科目不同之經費作統計

1. 新（增）建經費超過3,000 萬元之海岸段
   編號02、04、09、12、21、23、28、30、31、32、39、40、41 及44 等14 處海岸段，其中以編號31 海岸段投資經費達1 億1 仟6 佰萬元最多。

2. 維（修）護經費超過2,000 萬元之海岸段
   計有編號14、17、27、31、32、33、36 及39 等8 處海岸段，如圖4-2-2 所示。

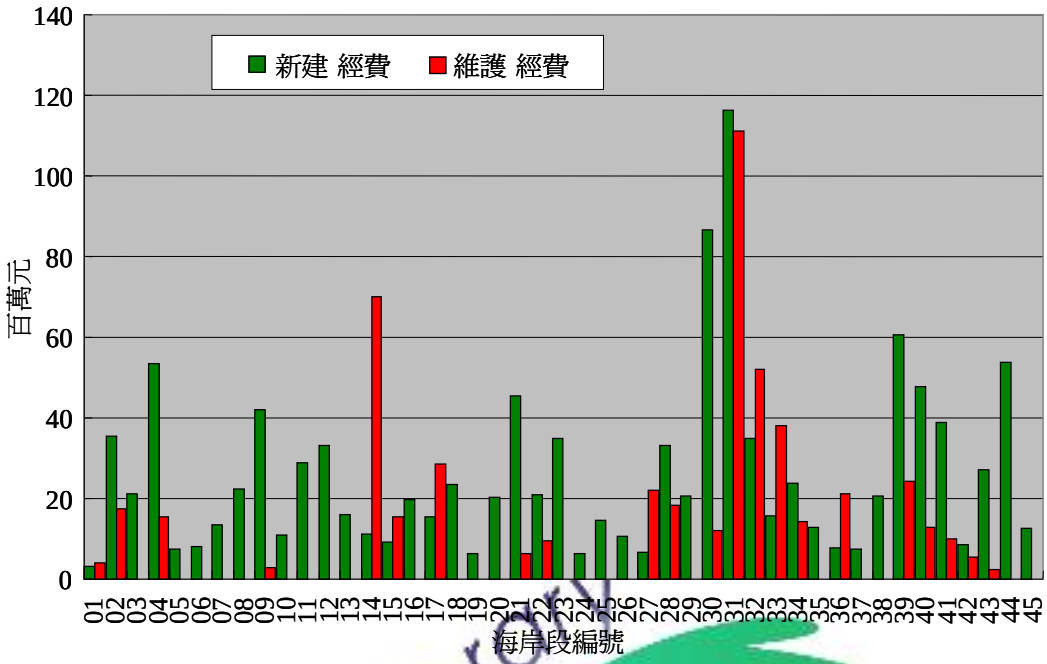


圖 4-2-2 案例工程海岸段興設科目經費比較圖

（三）以案例工程海岸段興建科目不同各佔百分比堆疊統計

1. 維護與新建經費比例大於50 %之海岸段

計有編號01、14、15、17、27、32、33 及36 等8 處海岸段；如圖4-2-3 所示。

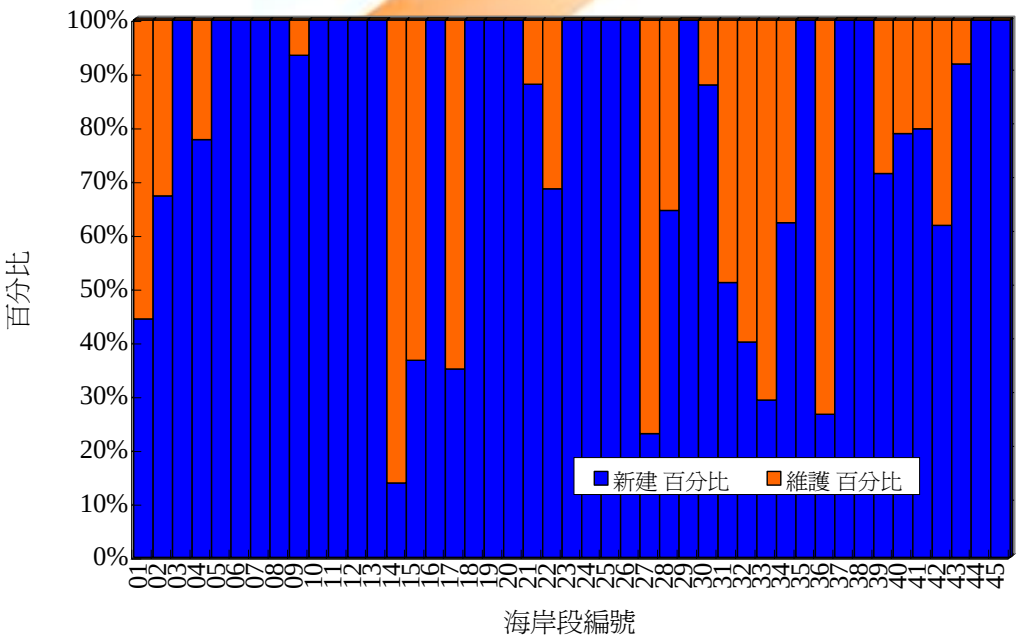


圖4-2-3 歷年案例工程海岸段設施新建與維護經費百分比堆疊圖

2. 由歷年海岸案例工程設施新建與維護經費百分比堆疊圖得知，某些海岸區段可能因某些關聯要素需要經常維護。
   （1）案例編號01 ～02 海岸段
   （2）案例編號14 ～15 海岸段
   （3）案例編號27 ～28 海岸段
   （4）案例編號31 ～34 海岸段
   （5）案例編號39 ～42 海岸段

二、按年度順序作經費投資統計

將西元1981～2008 年案例工程按年度順序之興設科目不同之投資經費作統計，並將年度內新建與維護經費各佔比例計算製表，如表4-2-1。

（一）依據表4-2-1 繪製歷年案例工程之新建、維護經費直條圖，並配合各年度新建、維護經費佔歷年來之總經費比例與累計百分比曲線，整合如圖4-2-4 所示，並經比較研判得知以下結果。

1. 經統計歷年來新建工程經費佔總工程經費之68.63 %，高於佔31.37 %之維護工程經費。
2. 西元1981～1988 年間為海岸工程萌芽期，新建工程經費遠超過維護工程經費，在西元1991 年～2001 年新建經費平均約5、6 仟萬，西元2001 年以後逐漸遞減，西元2005 年以後無新（增）建工程。
3. 在西元1981～1991 年間維護工程經費緩慢增加，而西元2000～2002 年間維護費用逐漸高於新建工程經費，在西元2003 年為歷年來維護經費最高，計約7 仟6 佰萬元，為當年新建經費之188 %，此階段乃管理維護為主要生命週期後期開始作延續工程生命之表現。
4. 西元2005～2008 年間之維護工程經費遞減，而且未編列新（增）建工程經費。

表4-2-1 歷年案例工程年度經費統計表

年度	經費			新建百分比		維護百分比	
	(1) 新建(百萬)	(2) 維護(百萬)	(3)=(1)+(2) 年度總經費	(7)=(1)÷(6) 新建%	(8)=歷年(7) 新建累計%	(9)=(2)÷(6) 維護%	(10)=歷年(9) 維護累計%
1981	8.813	0.000	8.813	0.53	0.53	0.00	0.00
1982	0.000	0.000	0.000	0.00	0.53	0.00	0.00
1983	11.314	12.148	23.462	0.68	1.20	0.73	0.73
1984	22.991	0.000	22.991	1.37	2.58	0.00	0.73
1985	20.371	4.164	24.535	1.22	3.80	0.25	0.98
1986	55.541	0.000	55.541	3.32	7.12	0.00	0.98
1987	35.844	0.000	35.844	2.14	9.26	0.00	0.98
1988	50.997	0.000	50.997	3.05	12.31	0.00	0.98
1989	6.182	8.535	14.717	0.37	12.68	0.51	1.49
1990	7.913	0.000	7.913	0.47	13.15	0.00	1.49
1991	148.140	0.000	148.140	8.86	22.01	0.00	1.49
1992	60.909	20.320	81.229	3.64	25.65	1.22	2.70
1993	74.779	26.961	101.740	4.47	30.12	1.61	4.31
1994	80.011	8.150	88.161	4.78	34.91	0.49	4.80
1995	69.610	1.812	71.422	4.16	39.07	0.11	4.91
1996	62.203	13.104	75.307	3.72	42.79	0.78	5.69
1997	50.268	32.286	82.554	3.01	45.79	1.93	7.62
1998	57.510	13.720	71.230	3.44	49.23	0.82	8.44
1999	37.949	0.000	37.949	2.27	51.50	0.00	8.44
2000	84.855	35.476	120.331	5.07	56.58	2.12	10.56
2001	95.409	25.651	121.060	5.70	62.28	1.53	12.10
2002	46.588	46.202	92.791	2.79	65.07	2.76	14.86
2003	40.534	76.159	116.693	2.42	67.49	4.55	19.41
2004	18.986	60.508	79.494	1.14	68.63	3.62	23.03
2005	0.000	56.083	56.083	0.00	68.63	3.35	26.39
2006	0.000	45.589	45.589	0.00	68.63	2.73	29.11
2007	0.000	20.223	20.223	0.00	68.63	1.21	30.32
2008	0.000	17.634	17.634	0.00	68.63	1.05	31.37
計	(4) 1167.618	(5) 512.776	(6) 1680.394	(10)=(4)÷(6)×100% 68.63%		(11)=(5)÷(6)×100% 31.37%	

資料來源：本研究整理

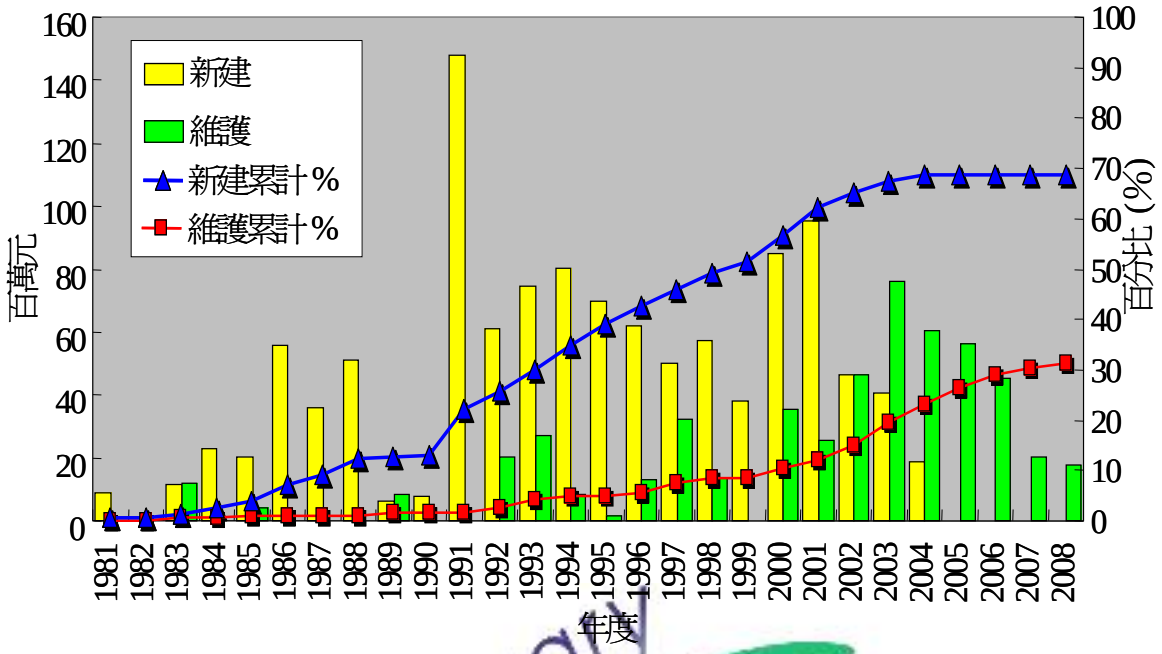


圖4-2-4 歷年案例工程設施經費與維護比例統計圖

（二）以年度工程總經費作統計

1. 歷年在本研究海岸範圍內自西元1981 年起投資，初期西元1980 年代興建之工程經費較少，僅有西元1986 及1988 年投資超過5,000 萬元。
2. 西元1990 年代對海岸保護所作的設施投資最多，除西元1990 及1999 年外，其餘年度均花費有6 仟萬以上之經費投資，而又以西元1991 年達到1 億4 仟8 佰萬元，為歷年來最多。
3. 在西元2000 ～2003 年期間，每年執行之海岸構造物設置經費平均達到1 億元以上，而自西元2004 年起至2008 年逐漸降低投資預算，如圖4-2-5 所示。

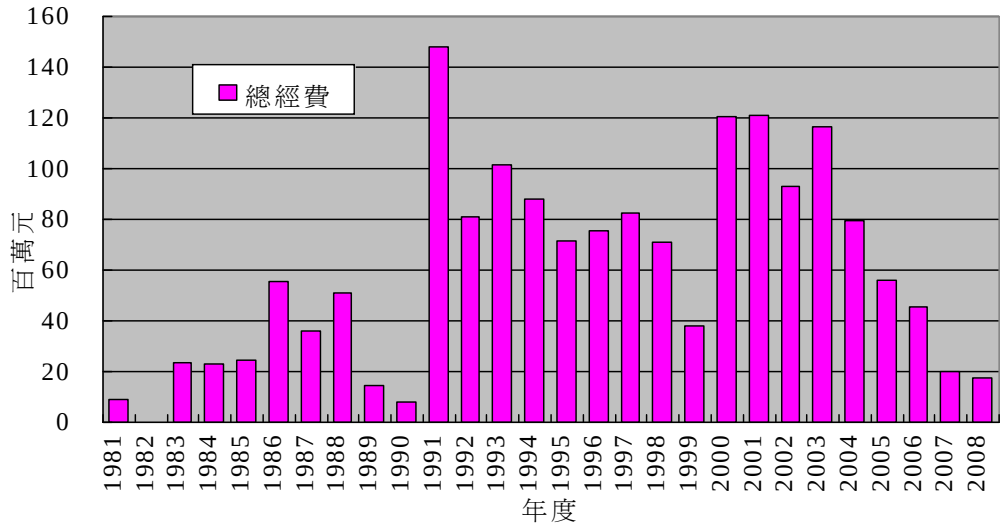


圖4-2-5 案例工程各年度經費圖

（三）以年度新建與維護佔百分比作彙總堆疊統計

1. 西元2000 年以前除西元1984 及1989 年外新建與維護經費比例均大於50 %，甚至有8 個年度僅新建而無維護工程。
2. 自西元2001 ～2004 年新建工程遞減，至西元2005～2008 年已無新建海岸工程，以維持自然海岸比例為政策目標，如圖4-2-6 所示。

圖 4-2-6 案例工程年度新建與維護經費百分比堆疊圖

第三節 海岸工程生命週期與防護歷程

本研究係依實務面上綜合整理海岸工程之生命週期流程概念，如圖 4-3-1 所示，並說明如后，另將於後續章節統計列表與分析研判。

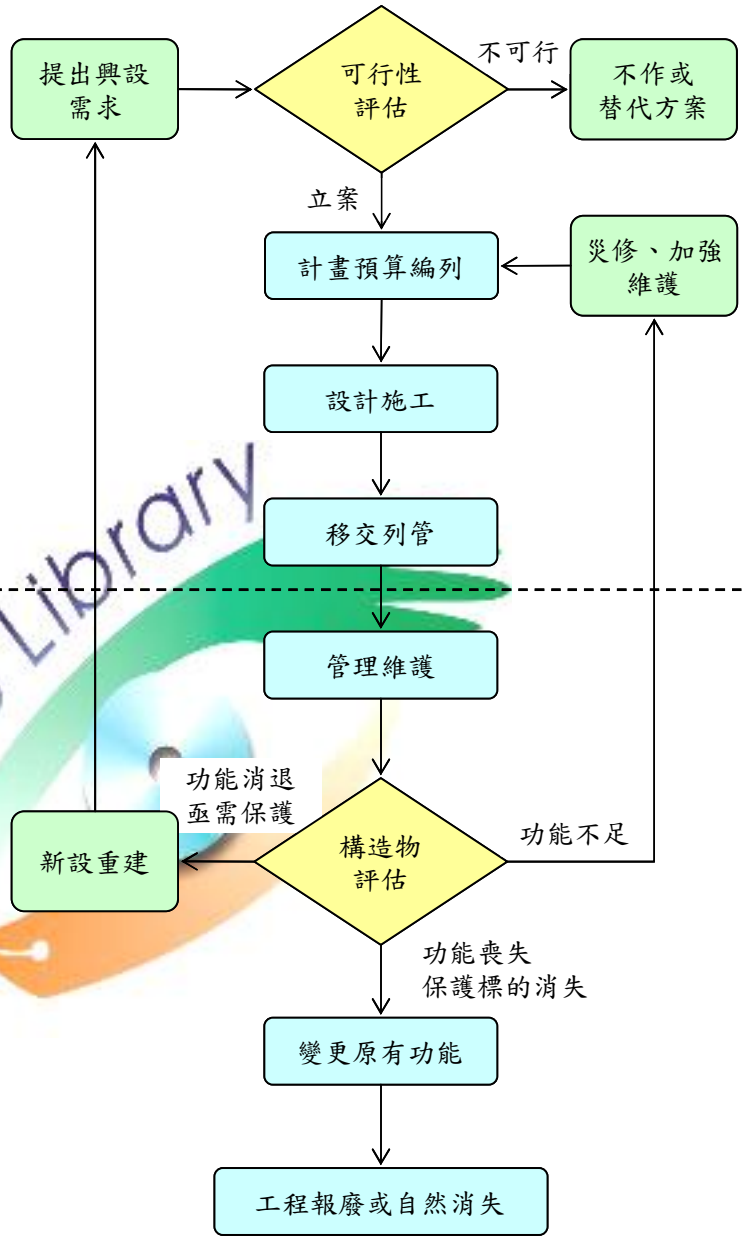
一、海岸工程生命週期概述

（一）興設階段（生命週期開始）

1. 可能影響的因子：海岸工程緣起於最基礎的致災因素先天條件的海岸段地形地質、公共政策的分配與執行、其他政經因素（聚落住居民之建議）與工法之選定等的影響因素。
2. 此階段依需求提出方案並進行可行性評估後，若經立案即編列預算、設計施工後移交管理單位入帳列管維護。
3. 另一方面在工程海岸段若因既設海岸構造物附近海岸經評估有急迫與必要性時即延伸增建海岸工程。

（二）管理維護階段（至生命週期結束）

1. 可能影響的因子：劇烈天候嚴峻之暴潮將造成構造物破壞、預算編列的政策方針、工法選定與其他的因素將決定是否增建、維護或災修，冀能保持原有海岸工程之禦潮效能。
2. 構造物經興建後即面對海浪劇烈衝擊考驗，經過一段時間後其主要功能不足後即須加強、維護，若功能消退而保護標的亟需保護時，即依需求提出方案並再進行可行性評估、立案、編列預算、設計施工、移交列管與維護。
3. 若構造物功能喪失且保護標的滅失，則海岸工程可能報廢或自然消失，而不再維護，工程生命週期終止。

區分階段	可能影響因子	流程圖
興設階段（生命週期開始）	1. 政策執行 2. 預算編列 3. 海岸地質、地形 4. 工法選定 5. 其他需求	
管理維護階段至生命週期結束	1. 劇烈天候 2. 預算編列 3. 工法選定 4. 其他需求	

NTTU Library

資料來源：本研究整理繪製

圖4-3-1 海岸工程生命週期流程圖

二、海岸防護發展歷程

臺灣海岸防護歷史自日據時代西元 1937 年（民 26 年）實施「農業臺灣，工業日本」政策下，在嘉義開發海埔新生地肇始於與海爭地為開端，並在農漁牧及經濟發展等方面衝擊下，各式各類之海岸構造物在地方或住民零亂的興建後延續，直至西元 1972 年（民 61 年）海岸防護統由公部門編訂計畫檢討施設，並參酌國內外案例工法與修訂臺灣因應海岸管理之重大法規變革等措施，故在法制面或工程技術觀點上均有不同之演歷。

本研究廣泛蒐集相關資料以縱斷面研究觀點，將海岸防護之發展歷程重要的時間點，配合研究範圍段內歷年來所施設海岸工程之重要緣由與作法等，按時間順序歸類整理海岸防護歷程如圖 4-3-2。

NTTU Library

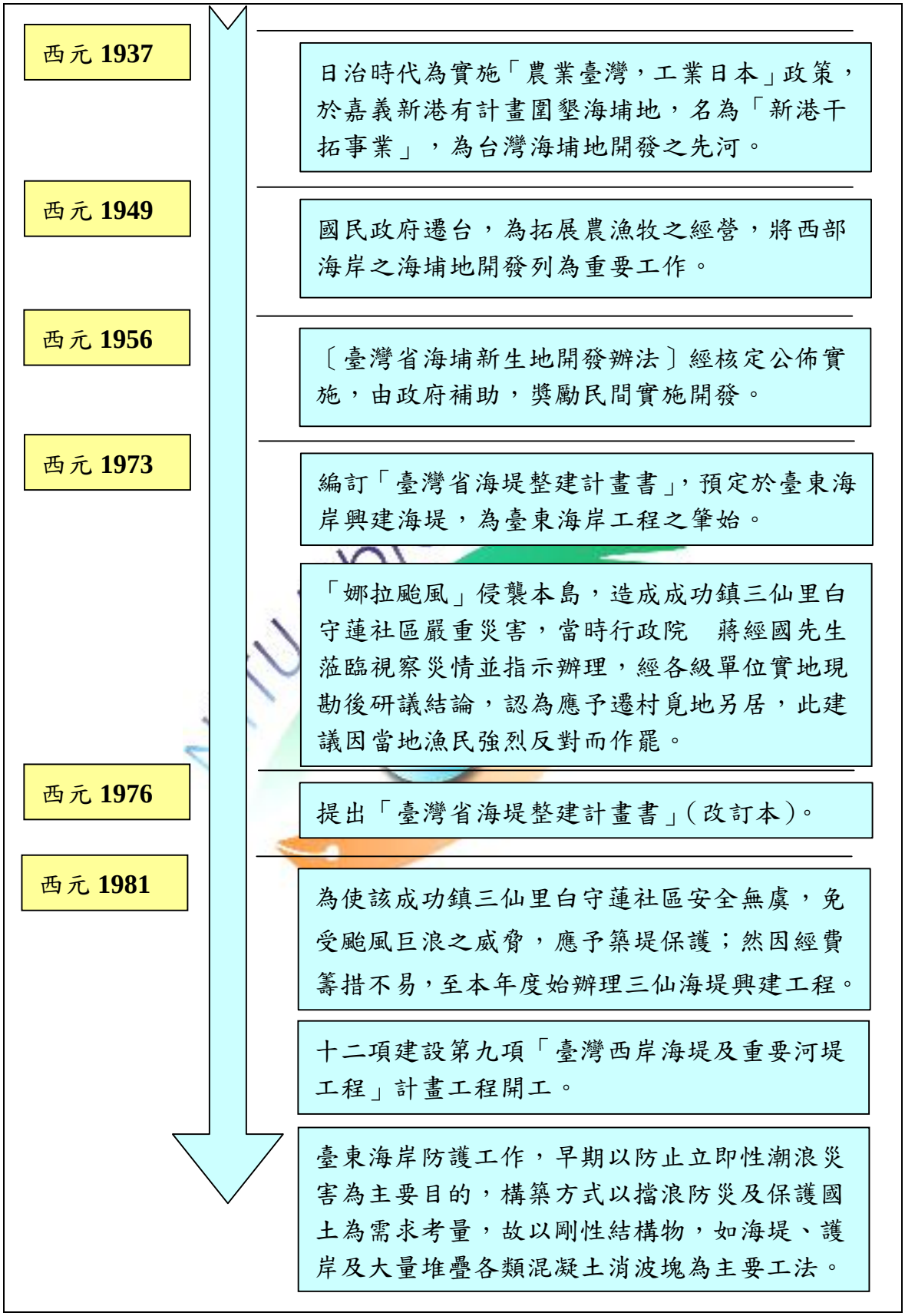
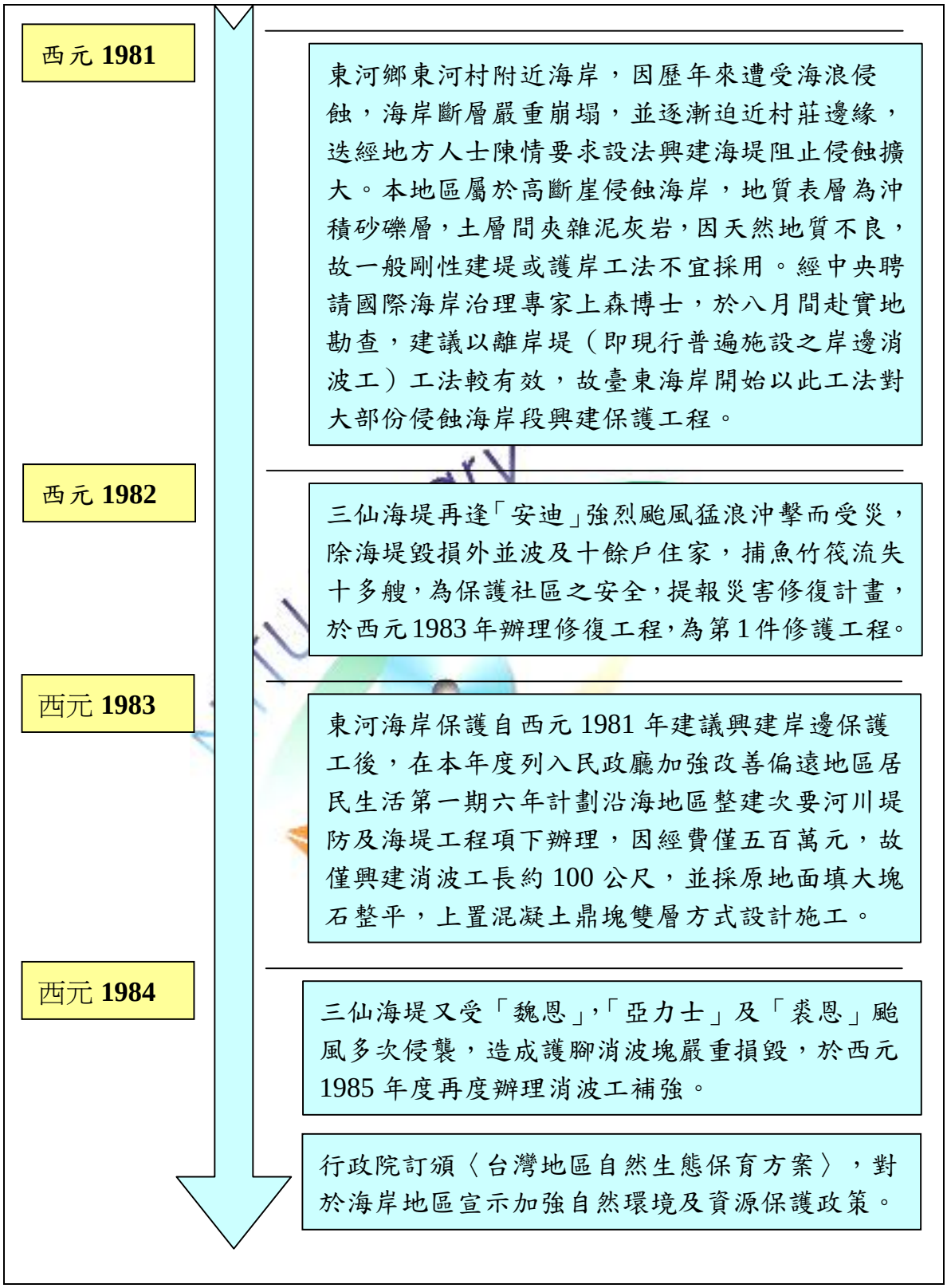
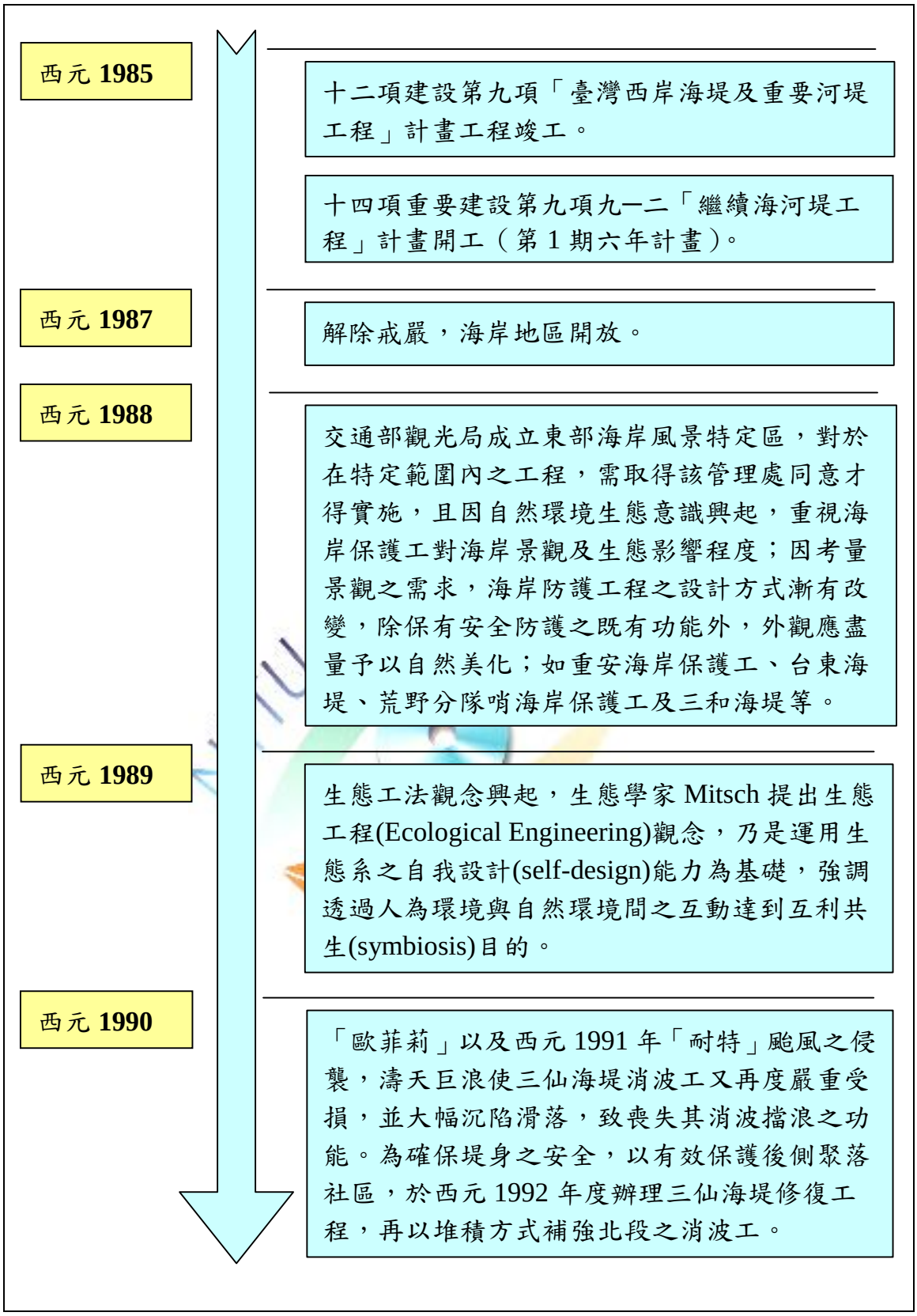


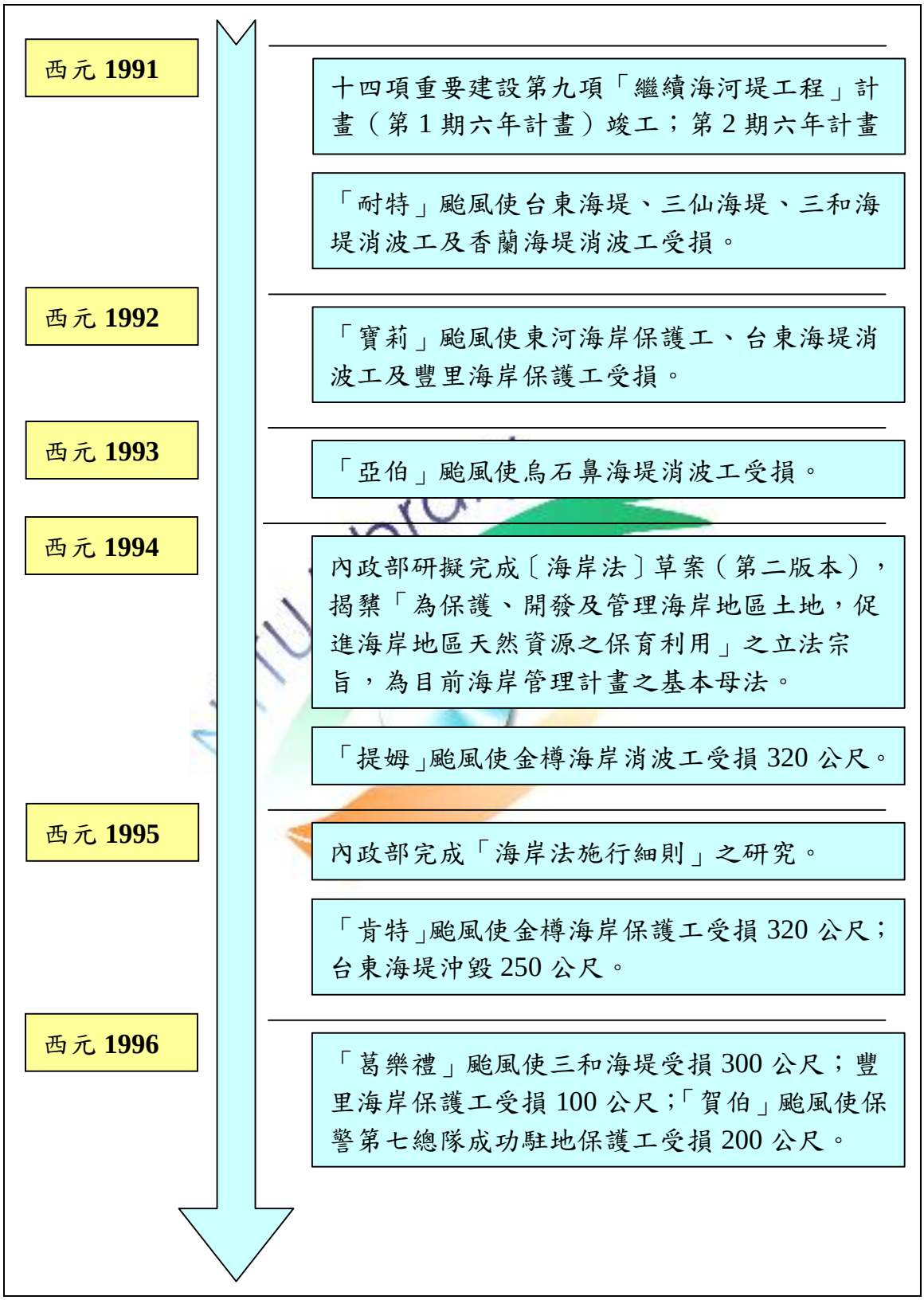
圖4-3-2 海岸防護發展歷程



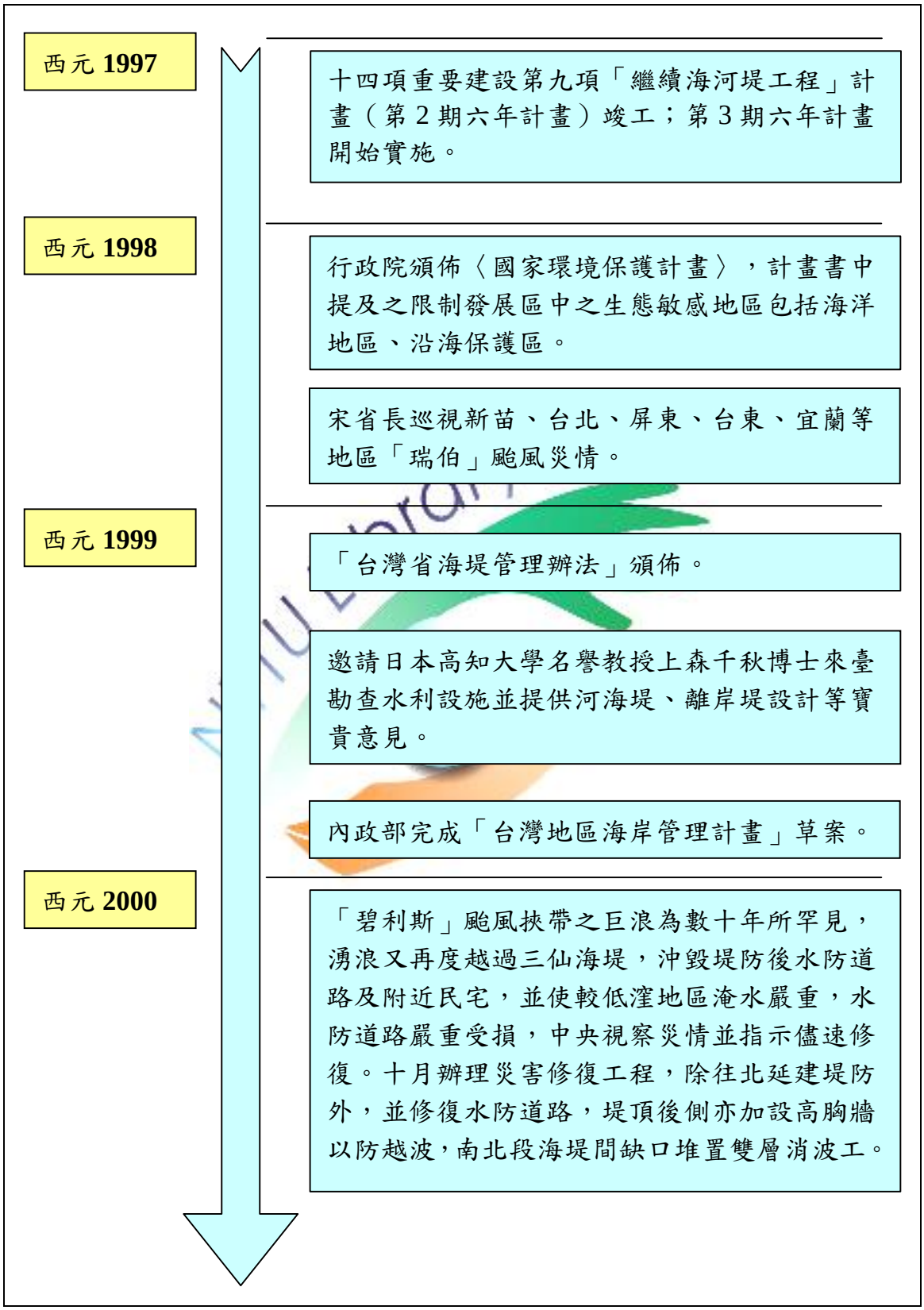
（續）圖 4-3-2 海岸防護發展歷程



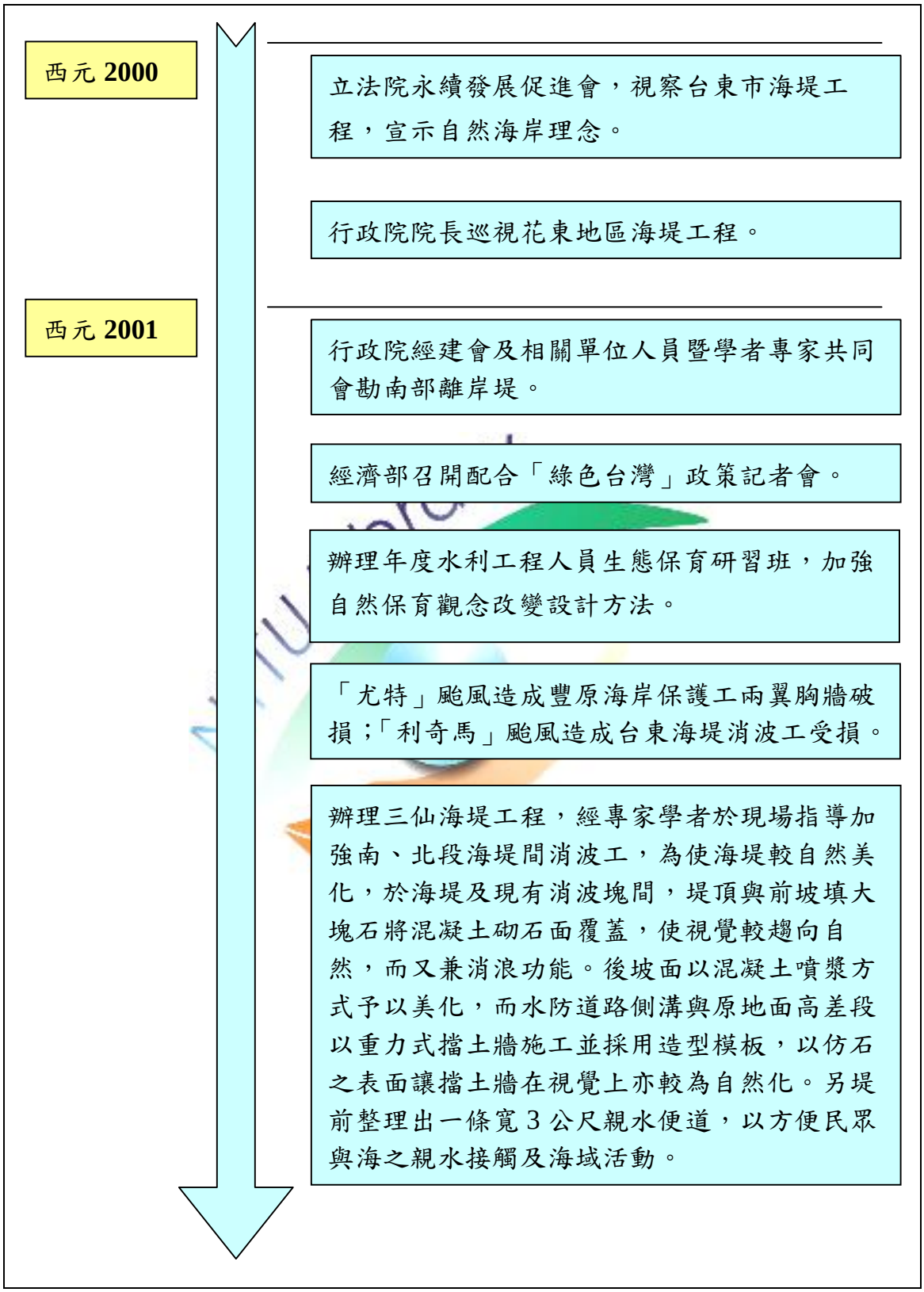
（續）圖 4-3-2 海岸防護發展歷程



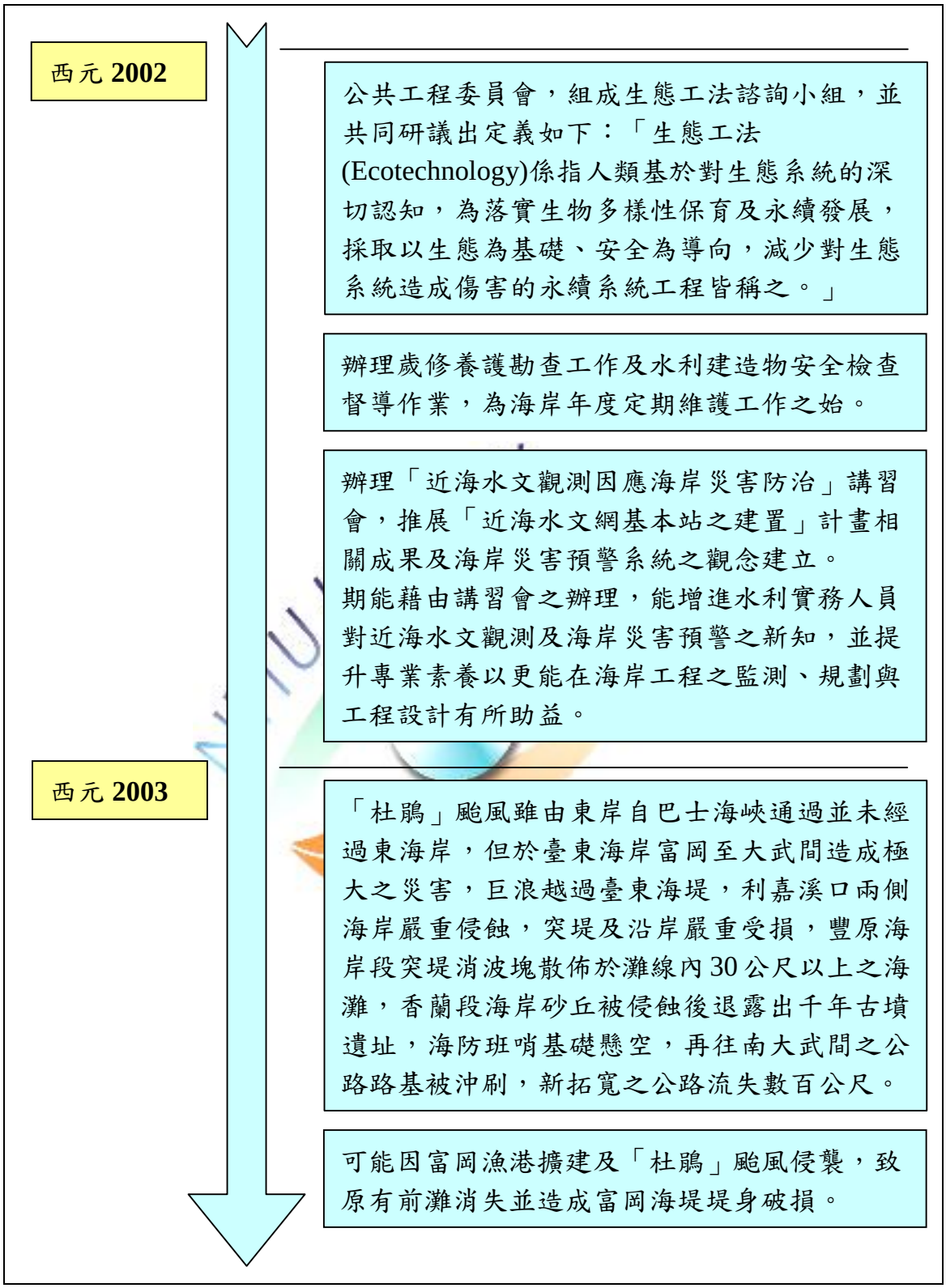
（續）圖 4-3-2 海岸防護發展歷程



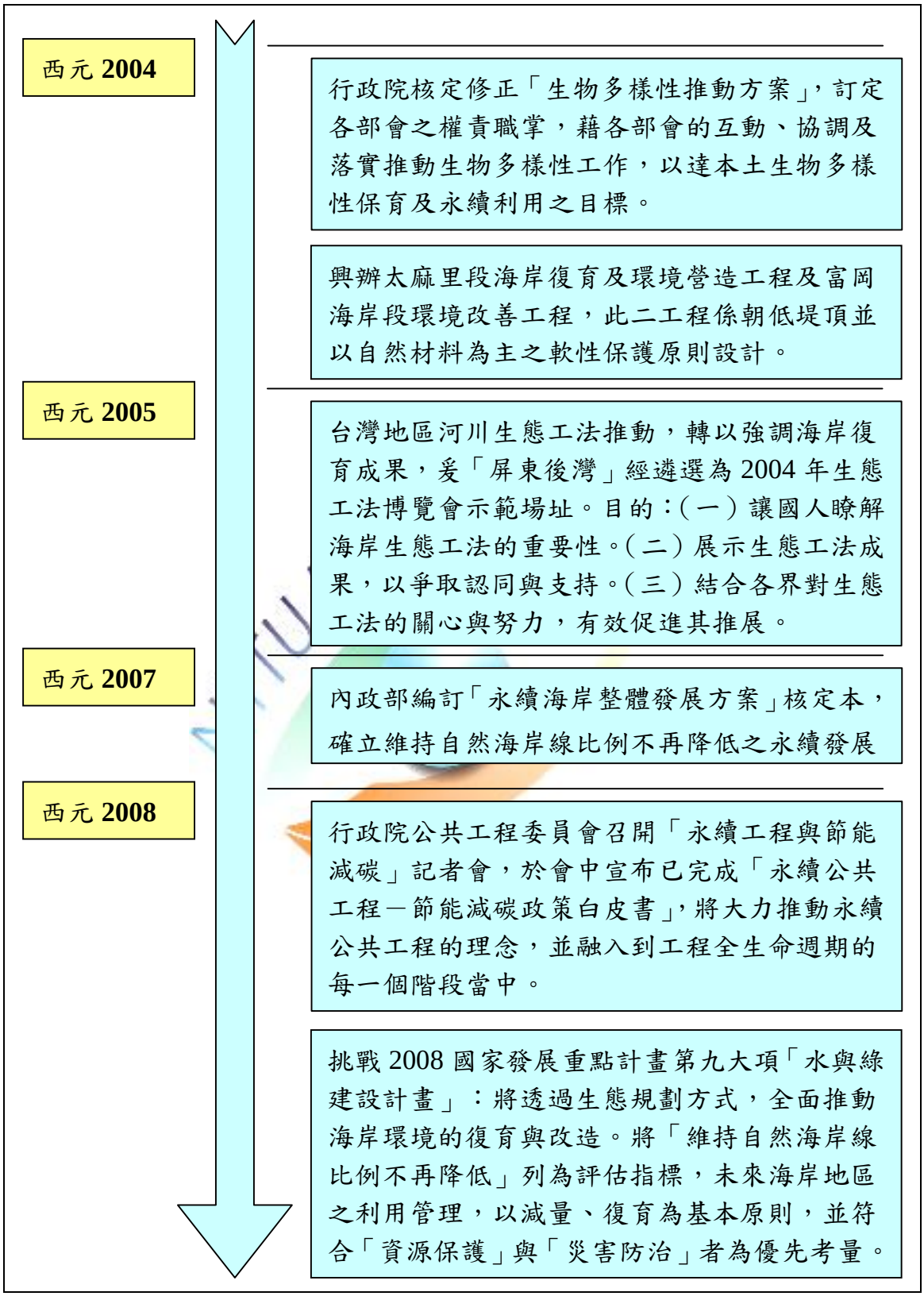
（續）圖 4-3-2 海岸防護發展歷程



（續）圖 4-3-2 海岸防護發展歷程



（續）圖 4-3-2 海岸防護發展歷程



（續）圖 4-3-2 海岸防護發展歷程

第四節 案例工程工法演變

一、案例工程工法演變調查統計

（一）再依據表4-1-2 歷年案例工程調查統計分析表，整理按年度區分將各類工法件數予以統計列表，如表4-4-1。

表 4-4-1 各年度案例工程工法統計表

年度	海堤	消波工	突堤	編籬定砂	軟性工程	小計
	A	B	C	D	E	
1981	1					1
1982						0
1983	1	2				3
1984	1					1
1985		2				2
1986	1	2				3
1987	1	1				2
1988	3	3				6
1989		3				3
1990		1				1
1991	2	7				9
1992		7				7
1993	1	6				7
1994		7				7
1995		5				5
1996		5				5
1997		8				8
1998	4	2				6
1999	3	1				4
2000	2	4				6
2001	2	6				8
2002	1	3	2	1		7
2003		5	3			8
2004		2	3		2	7
2005	1	1	3			5
2006		2	1			3
2007	1	1	1			3
2008		3				3
小計	25	89	13	1	2	130

資料來源：本研究整理

NTTU Library

（二）按海岸構造物工法統計分析，研究段歷年興設130 件海岸工程之工法經統計以消波工89 件最多佔68.5 %、海堤（護岸）25 件、佔19.2 %次之、突堤養灘工程13 件佔10 %、自然軟性工程2 件佔1.5 %，而以編籬定砂1 件佔0.8 %最少；如圖4-4-1 所示。

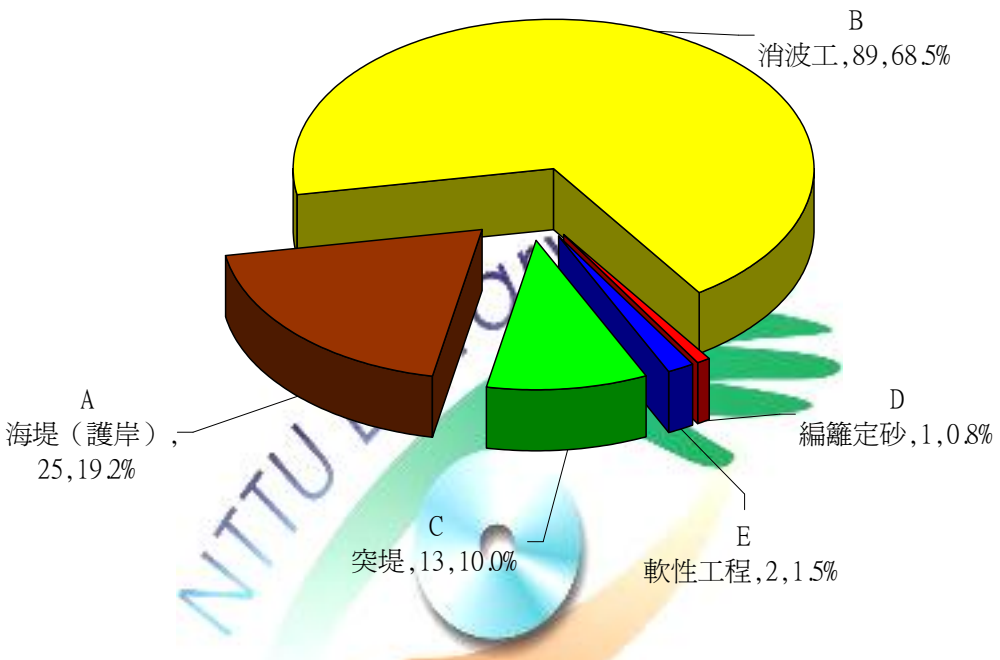


圖 4-4-1 案例工程各類工法比例圖

（三）另將45 件主工程（海岸段）之興設時間、防護工法種類以表格方式顯示，如表4-4-2；經研判發現早期之工法為剛性海堤配合混凝土異型塊消波工為主要防護設施，自西元2002 年後生態自然養灘及軟性工法之興替取而代之。

表 4-4-2 歷年案例工程工法演變表

工法 / 年度 / 編號	海堤	消波工	突堤群	編籬定砂	軟性保護工程
14	●1981	●1983			
27	●1983				
21		●1983			
31	●1984	●1986	●2002		
09	●1986	●1994			
28	●1988		●2005		●2004
24	●1993				
34		●1988			
39	●1999	●1992			
41		●1988			
19		●1989			
06		●1990			
02		●1991	●2006		
11		●1991			
12	●1998	●1991			
15	●1991	●1997			
17		●1991			
25		●1991			
23		●1992			
43		●1992			
32		●1993	●2003		
44		●1993			
05		●1994			

NTTU Library

（續）表 4-4-2 歷年案例工程工法演變表

工法 / 年度 / 編號	海堤	消波工	突堤群	編籬定砂	軟性保護工程
22		●1994			
33		●1994	●2005		
40		●1994			●2004
08		●1995			
20		●1995			
04		●1996			
16		●1996			
29		●1996			
26		●1997			
01	●1998				
18	●1998				
42	●1998	●2003			
45		●1998			
36	●1999	●2001	●2003	●2002	
37	●1999				
30	●2000		●2004		
35		●2000			
07		●2001			
10		●2001			
03		●2002			
13		●2002			
38		●2003			

資料來源：本研究整理

NTU Library

二、案例工程工法演變分析

（一）經統計結果西元1981～1988 年間以興建剛性構造物海堤或護岸為主，西元1994～1997 年及西元2005～2008 年不曾以海堤作保護工法；西元1991～1997 年及西元2001～2004 年施設混凝土消波塊為主。

（二）西元2000 年由河川整治開始之生態工程理念興起，海岸工法自西元2002 年開始拋放消波塊成為突堤群，以達攔砂養灘效果、增加海岸縱深，另一方面仿效日本編籬定砂工法引用於編號36 海岸段，施設案例編號36-D-R-1工程，為新工法之嘗試。

（三）西元2004 年於編號28 及40 海岸段分別施設案例編號28-E-E-2 及40-E-R-1 工程採用低堤頂、利用自然材料、透水性並配合栽植海岸原生植物以達綠美化效果之海岸工程，讓防護設施較符合生態、環境保育之理念，以減少對環境之衝擊；歷年案例工程施設工法比較分析，如圖 4-4-2。

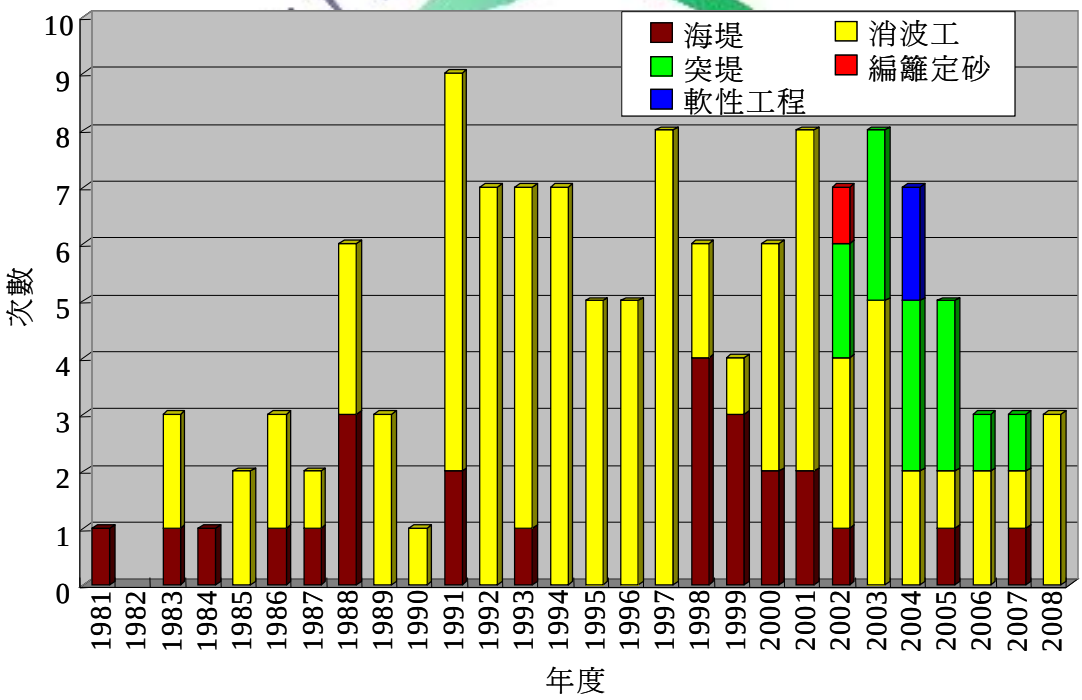


圖 4-4-2 歷年案例工程施設工法比較分析圖

三、海岸保護工法演變歷程

海岸工程工法從早期大多以抵禦立即性浪潮之混凝土剛性結構為主要工法、至 1981 年期間演變以混凝土材料之消波塊作為

海岸工程主體構造，因研究區海岸段海底陡峭，故其效果不明顯，侵蝕情形依然不斷發生，西元 2000 年後則受生態概念影響開始以消波塊設置突堤期能達成養灘成果，但其產生之突堤效應也應亟待觀察與監測，西元 2002 年曾於編號 36 海岸段施設案例編號 31-C-R-1 工程，嘗試施作編籬定砂工法 400 公尺，現此段灘面尚屬穩定，至西元 2004 年海岸工程之施作漸朝低堤頂、以自然材料為主之軟性保護工程及環境營造為目的遞演，海岸工法施作原因歷程分析及代表性之工程案例，如表 4-4-3。

表 4-4-3 案例工程工法施作原因歷程分析表

年度（西元）	臺東海岸工法施作原因歷程分析表	代表性工程案例
1981	大多以防止立即性潮浪災害為主要目的，其構築方式以達擋浪防災、保護國土為需求考量，故皆以砌塊石坡面海堤及堆積消波塊保護工方式辦理。後以剛性結構海堤及堆置各類混凝土消波塊為主要工法。	編號14-A 工程 海堤工程
1981	東河村附近海岸，嚴重崩塌屬於高斷崖侵蝕海岸，地質表層為沖積砂礫層，間夾雜泥灰岩，地質不良維護海岸頗困難，故工法亦不宜採用建堤或護岸工法。經中央聘請國際海岸治理專家上森博士，赴實地勘查，建議以離岸堤（即現行普遍施設之岸邊消波工）工法較有效。	編號21-B 工程 消波塊保護工
2000	公共工程委員會，組成生態工法諮詢小組，並共同研議出定義如下：「生態工法(Ecotechnology)係指人類基於對生態系統的深切認知，為落實生物多樣性保育及永續發展，採取以生態為基礎、安全為導向，減少對生態系統造成傷害的永續系統工程皆稱之。」；故改以突堤消浪養灘，期能增加灘岸縱深，自然抑制波浪溯升，減緩侵蝕。	編號31-C-R-1 突堤養灘工法
2002	仿效日本海岸技術於豐原海岸段施作編籬定砂工程。	編號36-D-R-1工程 編籬定砂工法
2004	生態工法政策採低堤頂、自然材料為主軟性保護工程，利用緩坡排塊石並覆土，將原有海岸防護設施予以改善使之較近乎自然、生態理念，以減低對海岸環境景觀之衝擊。	編號28-E-E-2工程 編號40-E-R-1工程 自然軟性保護工程

資料來源：本研究整理

四、代表性工法案例工程概述

現依據表4-3-3，選定歷年來海岸工程工法6 件代表性海岸段逐一說明其工程演歷並配合相關紀錄照片分述如后：

（一）編號14 海岸段

1. 選定為代表性海堤工法說明：為臺東海岸防護海堤工程之始，而歷年來新（增）建2 次、維護高達8 次，早期受劇烈天候之影響成災嚴重，是標準的代表性工程。
2. 此海岸段位於成功鎮三仙里於西元1973 年遭受「娜拉」颱風侵襲，使沿海土地、房屋漁具流失，造成嚴重災害，經當時行政院長蒞臨視察災情，指示中央及省府設法研辦，案經中央及省府遵示多次派員實地研討後，認為該地區因民屋過度靠近海邊，極易遭受海浪沖蝕，建議遷村易地覓居為結論，惟大多數漁民均因出海不方便為由不同意遷移。
3. 西元 1978 年（民 67）省府（民政廳）在全省沿海居民生活改善第一期五年基本計畫內於西元 1981 年（民 70）（第三年）列入興建海堤，以混凝土襯砌塊石坡面方式設計施工。
4. 西元1982 年（民71）遭受「安迪」強烈颱風猛浪衝擊時而受災除海堤毀損外亦波及十餘戶住家，竹筏流失十多艘，為保護本地區之安全，災後即由主管機關提報災害修復計畫辦理修護工程。
5. 西元1984 年（民73）間魏恩，亞力士及裘恩颱風多次侵襲，造成護腳工消波塊嚴重損毀，故於西元1985年再度辦理消波工之修護補強。
6. 西元1990 年（民79）歐菲莉，西元1991 年（民80）耐特颱風、西元1996 年（民85）葛樂禮颱風及西元2000 年（民89）碧利斯颱風之侵襲，淘天巨浪使消波工受損嚴重，大幅沉陷滑落，喪失其消波擋浪之功能為確保堤身之安全，以有效保護後側聚落社區，陸續辦理災修工程而再以消波

塊堆積方式修護補強。

7. 西元2000 年（民89）施工後，經專家學者指導加強消波工及前、後坡之綠美化工程，前坡由堤頂以1：3.2 ~1：5.0 之坡度採視覺上較為自然材料填置直徑50cm大塊石，而人工化後坡面則採混凝土噴漿方式予以美化，
8. 編號 14 海岸段歷年照片如圖 4-4-3。

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 14 海岸段西元 1981 年照片-1</td><td>編號 14 海岸段西元 1981 年照片-2</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 14 海岸段西元 1983 年照片</td><td>編號 14 海岸段西元 1985 年照片</td></tr>
</table>

編號 14 海岸段西元 1998 年照片

編號 14 海岸段西元 2007 年照片

編號 14 海岸段西元 2009 年照片

圖 4-4-3 編號 14 海岸段歷年照片

（二）編號21 海岸段

1. 選定為消波塊保護代表性工法說明：為臺東海岸防護工程消波塊工法之始，而歷年來施設之工程新（增）建5 次、維護1 次，本海岸段之保護工消波塊種類有4 種，綿延於海岸長度約有1,148 公尺。
2. 此海岸段屬於高斷崖侵蝕海岸，地質為沖積砂礫層，其間夾雜泥灰岩，地質不良，故工法不宜採用建堤或護岸工法，經中央聘請國際海岸治理專家上治博士，於西元1981 年勘查後建議以離岸堤（即現行普遍施設之岸邊消波工），故於

西元1983 年辦理，因經費有限，僅興建消波塊保護工長約100 公尺。

3. 在西元 1985 （民 74）、1986 （民 75）及 1991 年（民 80）於加強改善偏遠地區居民生活計畫項下再興建消波塊保護工。

4. 西元 1991 年（民 80）耐特與 1992 年（民 81）歐瑪、寶莉颱風侵襲，再造成消波工嚴重損壞，喪失其消波功能故於西元 1993 年（民 82）辦理海岸保護工修護工程，以消波塊拋放方式補強修護，於西元 1997 年（民 86）再度辦理海岸保護工之延建工程。

5. 編號21 海岸段歷年照片如圖4-4-4。

編號 21 海岸段西元 1983 年照片

編號 21 海岸段西元 1984 年照片

編號 21 海岸段西元 1997 年照片

編號 21 海岸段西元 2009 年照片

圖 4-4-4 編號 21 海岸段歷年照片

（三）編號31 海岸段

1. 選定為突堤養灘代表性工法說明：本海岸段為臺東首善之區之臺東市沿海，歷年來施設之工程新（增）建4 次、維護9 次，投資經費為所有案例工程最多，高達2 億2 仟7 佰萬元；而自西元2002 年起開始以消波塊拋放成突堤、至西元2007 年止，計施作突堤工程5 件，為本研究範圍突堤工法之最。

2. 往昔本海岸較之西元1983年（民72）時，灘岸綿延約百餘公尺，地方政府為增加公園綠地提供市民遊憩場所，曾於民60 年代時將大同路濱海地帶，闢為河濱公園，一般居民及觀光遊客都會到此公園遊憩觀海，天氣晴朗時，遠眺綠島，蘭嶼視野極佳，但因台東市日漸繁榮，需求之大量砂石料悉由本海岸段旁砂石來源之卑南溪採取，經年累月由於砂石源之流失，導致海灘線日漸退縮，而失去波浪最佳之緩衝空間，再加上市區之日漸發展，居住範圍日漸擴大致已緊鄰海岸線，每遇颱風來襲巨浪碎波常直接衝擊民宅及馬路上，若屬強烈或超級颱風，滔天巨浪，更對民眾及海濱公園造成重大破壞，雖曾積極在沿岸種植木麻黃造林，藉以防潮，但因海灘不夠寬廣，林相單薄，致無法有效承受巨浪沖擊而效果不彰。

3. 為能保護本段居民安全及海濱公園之施設，於西元1984年（民73）提列計畫興建海堤495 公尺，同年動工後即遇魏恩颱風來襲，施工中又受比爾颱風環流影響，再度嚴重沖蝕海灘，至西元1985 年（民74）完工。該工程為兼具防護及配合後側海濱公園景觀，採階梯式坡面設計，階高0.6 公尺，階深1.8 公尺共九階，堤頂寬6 公尺，臨海側設防波牆高1.2 公尺，後坡S=1：2 混凝土襯砌塊石，完工後立即有效防止波浪對後側居民之威脅。

4. 於西元1986 年（民75）及1987 年（民76）遇韋恩颱風再度辦理延長工程，西元1992 年（民81）受歐馬、寶莉、泰德等颱風相繼過境，造成部份消波工嚴重損壞及堤防前淤

積，此後數年歷經艾貝、傑魯得、蘇珊等颱風侵襲，消波工嚴重陷落，故於西元1996 年（民87）再次辦理海堤修護工程。

5. 西元1994 年（民83）地方陳情，經勘查後核列計畫繼續辦理南端消波工延長工程，施工至此即不再辦理延建工程。
6. 西元2001 年（民90）受利奇馬颱風侵襲，致部分消波工又受損嚴重，於西元2002 年（民91）再度辦理修護工程，另為能增加砂灘寬度而以消波塊設置二座突堤，期能以自然拱沙方式造就更寬廣之沙灘。
7. 西元2002 年（民91）整建工程，再設置突堤四座，以消波塊堆積拋放，每座間距160 公尺。
8. 編號21 海岸段歷年照片如圖4-4-5。

Library

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 31 海岸段西元 1986 年照片-1</td><td>編號 31 海岸段西元 1986 年照片-2</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 31 海岸段西元 1986 年照片-3</td><td>編號 31 海岸段西元 1989 年照片</td></tr>
</table>

編號 31 海岸段西元 1993 年照片

編號 31 海岸段西元 1996 年照片

編號 31 海岸段西元 2002 年照片

編號 31 海岸段西元 2007 年照片

編號 31 海岸段西元 2009 年照片

圖 4-4-5 編號 31 海岸段歷年照片

（四）編號36 海岸段

1. 選定為突堤養灘代表性工法說明：是唯一嘗試編籬定砂新工法，期以自然攔砂方式，增廣本海岸段砂灘寬度。
2. 本段海岸位於台東市豐原里，後側有東部地區海岸巡防局之

海防營舍，因常年受潮浪侵蝕而逐年退縮，每遇颱風過境掀起滔天巨浪險象環生，未免海岸繼續退縮並維護海防管區安全，於西元1999 年（民88）辦理保護工程，採較不衝擊景觀之方式設計，以混凝土方塊作護腳工，坡面為1：2 坡度混凝土襯砌塊石，堤頂寬4 公尺，臨海側設1公尺高防波牆，施工後前坡面及護腳工回填土方，並於表面填客土植林綠美化。

3. 但西元2001 年（民90）因西馬隆、奇比、尤特、潭美及利奇馬等颱風相繼來襲或外圍環流影響，巨浪不斷沖蝕，致原有前坡之植生及覆土植被侵蝕殆盡，並造成兩側翼牆斜裂，經緊急辦理搶險予以填補修護原有破損保護工。
4. 西元2002 年（民91）而在南端段另以竹林編製圍籬定砂工編籬定砂400 M及突堤6 座，1座/100 M，期能增加灘岸縱深以較大之自然消波段減低颱風巨浪破壞，以免本段海岸災害之再度發生。；西元2003 年（民92）再辦理維護工程，施設突堤5 座。
5. 編號36 海岸段歷年照片如圖4-4-6。

編號 36 海岸段西元 2003 年照片

編號 36 海岸段西元 2006 年照片

編號 36 海岸段西元 2002 年照片	編號 36 海岸段西元 2006 年照片

圖 4-4-6 編號 36 海岸段歷年照片

（五）編號28 海岸段

1. 選定為自然軟性工法說明：是自然軟性海堤工法之代表利用透水性材料並配合栽植海岸原生植物之海岸工程，讓防護設施較符合生態、環境保育。
2. 位於臺東市富岡漁港南側海岸地區，後側屬漁村聚落，每遇颱風來襲滔天巨浪常造成災害，經居民屢次陳情興建海堤予以保護，故於西元1983 年（民72）中央補助台灣省政府提高農民所得加強漁農村建設方案內，專案計畫補助辦理，在加路蘭溪出海口北側興建長350 公尺堤防，施工後即產生保護後側居民之立即效果。
3. 相對於加路蘭溪出海口南岸地區，因尚無海堤保護，飽受風災之苦，故西元1988 年（民77）編列計畫興建海堤415 公尺，完工後迄今，本段海岸即未再有災情發生，但於富岡一號海堤（溪口北橋段）北側與富岡加路蘭溪間，每遇颱風巨浪，亦危及後側民宅，故於西元2001 年（民90）編列計畫辦理消波塊保護工程。
4. 西元2003 年可能因富岡漁港擴建及「杜鵑」颱風侵襲，杜鵑颱風重創臺東，富岡海堤遭浪擊沖毀，有4輛路過的車輛翻落路旁稻田中，致原有前灘消失造成堤身破損。故於西元2004 及2005 年延建300 公尺、佈置突堤群；以及階梯式海

堤，陸側植生且配置漿砌排水溝，海側坡面則以台階式RC格框填置大塊石，減少海浪沖擊岸堤並引流滲入格框底層。另外也在格框海堤後建排水溝，引導上岸的水浪流入地下砂石層再回流入海；階梯格框施工法，不只消減浪擊與固堤，也可以養灘造地。

5. 編號28 海岸段歷年照片如圖4-4-7。

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 28 海岸段西元 1982 年照片</td><td>編號 28 海岸段西元 1983 年照片</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 28 海岸段西元 1988 年照片</td><td>編號 28 海岸段西元 2007 年照片</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 28 海岸段西元 2003 年照片-1</td><td>編號 28 海岸段西元 2003 年照片-2</td></tr>
</table>

編號 28 海岸段西元 2003 年照片-3	編號 28 海岸段西元 2004 年照片
編號 28 海岸段西元 2009 年照片-1	編號 28 海岸段西元 2009 年照片-2

圖 4-4-7 編號 28 海岸段歷年照片

（六）編號40 海岸段

1. 選定為自然軟性工法說明：是採用塊石護坡工法並配合海岸植物，充分利用自然材料為主體以符合生態、環境保育之理念，以減少對環境之衝擊。
2. 此處於西元1994、1995 及1999 年興建海岸消波塊保護工，總計有1,160 公尺，以維護保安林地後之墳墓免於浪潮侵襲，這些海岸保護工經歷多次颱風破壞，已凌亂散佈不利海岸景觀。
3. 西元2004 年於消波塊保護工後施設塊石土堤，採自然生態工法；堤頂高程11 m，堤前坡度1:25 之塊石護坡，並在堤前及堤頂進行植生。經歷2 年後，植生狀況良好。本段海岸目前後灘保護工及土堤頂上已生長木麻黃及林投，海灘面亦已

回淤，復育效果佳；顯示除較大的颱風波浪會造成一時的破壞外，在一般不阻斷砂源的情況下，海岸會有自動回復的功能。

4. 編號40 海岸段歷年照片如圖4-4-8。

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 40 海岸段西元 1994 年照片</td><td>編號 40 海岸段西元 1994 年照片</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 40 海岸段西元 1994 年照片</td><td>編號 40 海岸段西元 2003 年照片</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>編號 40 海岸段西元 2009 年照片-1</td><td>編號 40 海岸段西元 2009 年照片-2</td></tr>
</table>

圖 4-4-8 編號 40 海岸段歷年照片

第五章 影響案例工程關聯因素探討

海岸工程主要是為了能夠減低陸地的災害，本研究為探討海岸工程之關聯因素，係參考內政部消防署（2005），在全球環境永續指數(ESI-2005)－降低天然災害傷害指數分析與建議研究報告所提及之PSR模式(Pressure- State- Response)，嘗試將造成災害之因素計有基本致災因素（如：地質地形等）、外在的動態壓力（如：劇烈天候影響產生暴潮）、工法選定與公部門對海岸保護政策或海岸主管機關的施政計畫等四項重要因子，描繪出海岸工程興設關聯因素示意圖，如圖5-1 所示，並於後續節次以研究範圍海岸段之案例工程為樣本加以探討研判。

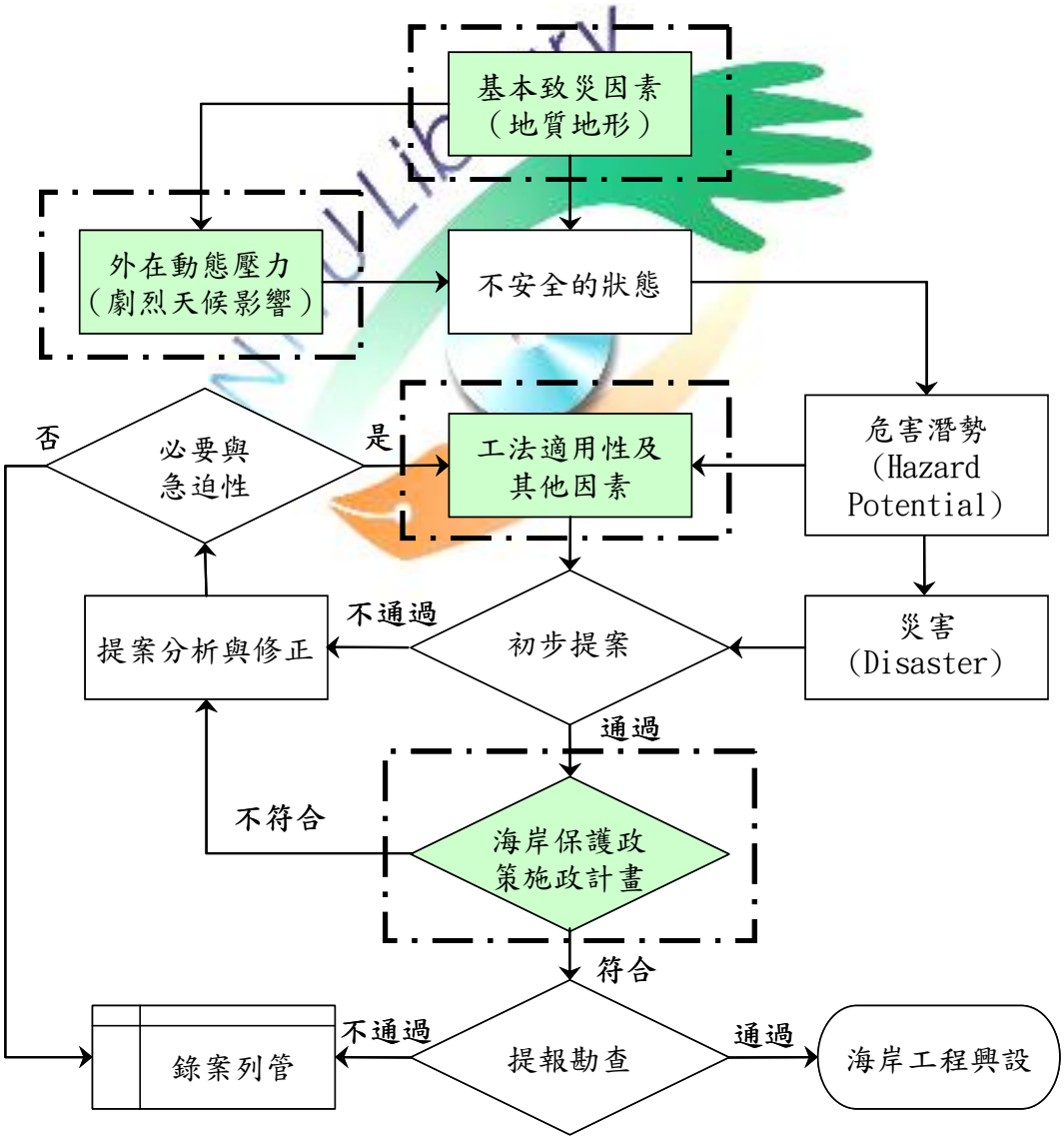


圖 5-1 海岸工程興設關聯因素示意圖

第一節　臺東海岸地質地形

東部海岸因海岸山脈面海矗立，岸邊多懸崖峭壁，海底坡降陡峻，距灘岸不遠處即為深海，臺灣東部海底地形如圖 5-1-1。

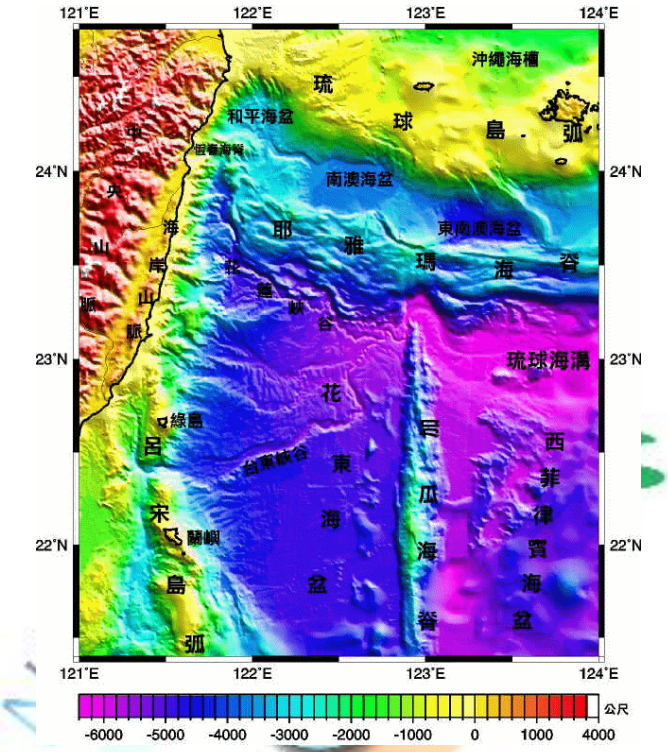


圖 5-1-1 臺灣東部周圍海域海底地形圖

（摘自：國科會海洋科學研究中心海洋資料庫，1998 年 12 月）

臺東海岸以卑南溪為界分為南、北段，南段海岸長約 67 公里沿海較順直，屬沙灘海濱，灘地坡度約七分之一至十五分之一；北段海岸長約 105 公里，除少數小河川流域及狹窄之更新世不含紅土之海階平原外，餘均為濱臨太平洋蜿蜒曲折之懸崖絕壁。

大武、臺東間之斷層崖海岸平直，因岩層堅硬並於崖下有數十公尺沙混礫石灘可消減部分波能，故後退速度轉慢，但金崙至大武間之沿海公路每於颱風來襲時，駁崁即被破壞，交通受阻。大港口至臺東間除於加路蘭附近有珊瑚礁外，其餘屬於東部海岸山脈東麓之海岸砂、頁岩段丘，地質較鬆軟，於颱風暴浪作用下，侵蝕速度相當快，尤以成功至都蘭間為甚。

研究區地質狀況依據蒐集之臺灣地質圖，研判地質分佈狀況得知，臺東海岸地質概有 1. 沉積層：泥砂、礫石、生物堆積或珊瑚礁岩，2. 海岸山脈之大港口層：泥岩、頁岩、礫岩，3. 都巒山層：集塊岩、凝灰質砂岩，4. 利吉層：泥岩，5. 三和海岸以南縱谷山脈之蘇樂層：泥質板岩、頁岩及砂岩， 6. 盧山層：泥質板岩、板岩、千枚岩及變質砂岩等。

參考第二章文獻資料專家學者對東海岸山脈之地質研究與描述，綜合整理後依海岸侵蝕之程度概約分為 4 類岩性，羅列說明如表 5-1-1。

表 5-1-1 海岸地質分類調查表

岩 層	區段範圍	岩 性	岩 相
火成岩（都巒山層）	八仙洞、三仙台	岩性膠結良好，堅硬耐蝕，在海岸出露受海侵蝕易形成海蝕地形，硬度大，抗蝕力強，在地形上成為高峰山脊。	集塊岩、凝灰質砂岩、火山碎屑岩、安山岩、玄武岩
沉積岩（、大港口層、蘇樂層及盧山層）	東河（馬武窟溪）、成功（三仙附近）、富岡的沿海、三和海岸以南	岩性較弱，於海岸出露時常被侵蝕成海崖、海蝕平台，是受侵蝕後退嚴重的地區。	泥岩、泥質板岩、礫岩、砂岩、粉砂岩、變質砂岩、頁岩、千枚岩、碎屑狀石灰岩、石灰岩、白雲岩、燧石、鹽岩、泥炭及煤
混同層（利吉層、崩積層）	長濱以南至東河沿岸、富岡以南至三和、各河口附近	土質鬆散，岩性凝結力最弱，此層受侵蝕後退嚴重。	泥砂、礫石、生物堆積或珊瑚礁岩
沖積層	各河口	土質鬆散，凝結力最弱，受侵蝕後退最嚴重	土、砂、礫

資料來源：本研究整理

NTTU Library

依據表 5-1-1 之 4 類岩層分別對研究範圍案例工程與海岸段進行地形地質調查與分析，另配合臺東海岸之灘岸類型約有沙岸、礁岩、礫石灘，若因灘岸短促、高差較大，海岸長年受海浪入侵或風暴激浪的衝擊，沿海陸地崩毀，形成高崖之型態易受海岸侵蝕等 4 類因子，本研究範圍編號 03 海岸段照片，如圖 5-1-2。

圖 5-1-2 編號 03 海岸段沉積岩高崖地形

再調查海岸段附近之天然地形（岬灣、礁岩島）、河口或人為構造物（漁港）等 3 項因子，亦可能對海浪之流向及反射波等造成干擾，並可能加快波浪流速侵蝕灘岸，進而對河川砂源補充海岸侵淤情形有著重要影響；故對案例工程之海岸地質地形 11 項相關因子進行調查並彙集成表，如表 5-1-2。

在台東市區段附近即編號 31 ～編號 36 之海岸段地質為混同層之崩積土層，土質軟弱，在這十餘公里之海岸即有卑南溪、太平溪及利嘉溪等三條溪流出口圍繞，並位於人口密集、活動頻繁的地段，自西元 1984 年起至今，經統計有新建工程 10 件，維護補強工程 21 件，合計 31 件，佔歷年來總建設件數約 23.8 %。

珊瑚礁島地形對海岸亦有顯著影響，例如位於成功鎮三仙台珊瑚礁群北面之編號 14 海岸段，屢次遭受劇烈天候造成重大災害，歷年來新建工程 2 次，修護及災修工程計有 8 次。

表 5-1-2 海岸地質地形調查表

地質 地形 海岸編號	地質				灘岸型態				附近地形		
	火成岩	沉積岩	混同層	沖積層	砂岸	礁岩	礫石	高崖	岬灣	漁港	河口
01	●						●	●			●
02		●			●						
03		●					●	●			
04		●					●	●			
05			●				●				
06			●		●			●			
07			●		●						
08			●		●						●
09			●		●			●	●		
10			●			●			●		
11			●				●		●		
12			●				●		●		●
13			●		●				●		
14				●			●		●		●
15		●				●		●	●	●	
16		●			●			●	●		
17		●			●			●	●		
18		●					●	●			
19			●				●				
20			●		●						
21				●			●	●			●
22				●			●	●		●	●
23			●				●	●		●	

NTTU Library

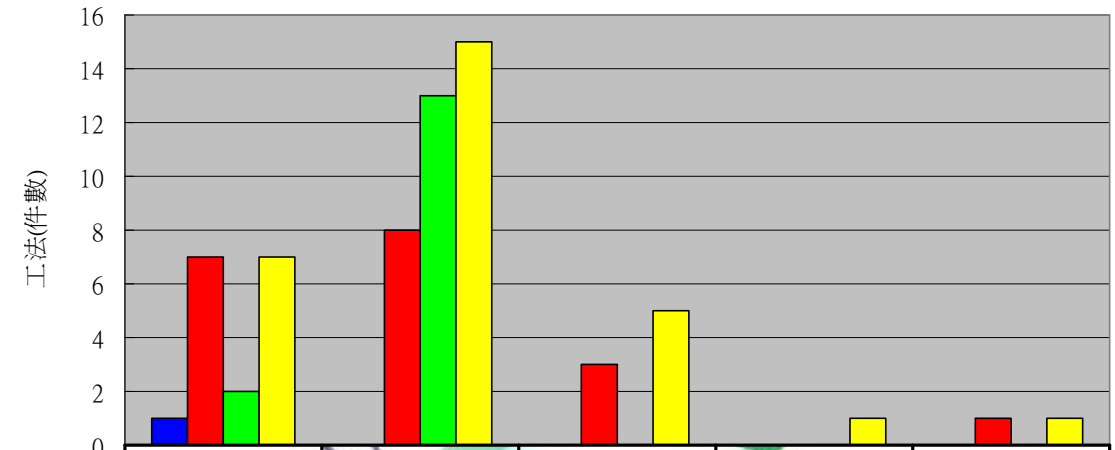
（續）表 5-1-2 海岸地質地形調查表

地質 / 地形 / 海岸編號	地質				灘岸型態				附近地形		
	火成岩	沉積岩	混同層	沖積層	砂岸	礁岩	礫石	高崖	岬灣	漁港	河口
24		●					●		●		
25		●					●		●	●	
26			●				●				●
27		●			●						
28		●					●			●	
29				●			●			●	●
30				●	●						●
31				●			●				●
32				●			●	●			●
33				●			●				●
34				●	●						●
35				●	●						●
36				●	●						●
37				●	●						●
38			●		●						
39		●			●						
40				●	●						●
41				●	●						●
42		●			●			●			
43				●			●				●
44				●			●			●	●
45		●					●				

資料來源：本研究整理

NTTU Library

再依據表 4-4-2 歷年案例工程工法配合表 5-1-2 海岸地質地形調查比較，以最軟弱易受侵蝕之沖積層 29 件最多，海岸工程工法與地質應無關聯性，可能海岸工法種類僅限於剛性構造物（海堤與消波工），而早期公部門於工程設計時以阻止立即潮害為著眼，無依地質岩相不同而有其對應工法之概略原則，可能依地形或易於立即保護與施工為考量，逕行設計施工，如圖 5-1-3。



	海堤	消波工	突堤群	編籬定砂	軟性保護工程
火成岩	1				
沉積岩	7	8	3		1
混同層	2	13			
沖積層	7	15	5	1	1

圖 5-1-3 案例工程地質與工法調查比較圖

臺東海岸在海底地形及底質方面除極少處有局部性之海岸地形資料，及聯勤海測圖可資概略性之參考外，其實測資料缺乏。然而從防護工程設計需要言，至少要有自陸上高程 20 公尺至水深 100 公尺海岸範圍內之地形資料才足以研判分析；目前臺東海岸僅有臺東市區段自富岡港口以南至利嘉溪口於西元 2005 及 2006 年於劇烈天候前後灘岸侵淤情形比較數據之地質資料。因此在地質影響海岸工程構造物分析上仍需取得更詳細之全海岸段資料，俾做進一步研判與分析。

第二節 劇烈天氣影響

一、颱風路徑分類與災害統計

颱風為臺灣氣象天災中危害最大的，根據謝等（1998）一百年（西元1897~1996年）來的氣象資料，每年大約有3~4 個颱風侵襲臺灣，其中以七、八、九月份最多，中央氣象局對侵臺颱風路徑，經統計歸納所採用的九類路徑描述如表5-2-1 及如圖5-2-1。其分類如下：

表 5-2-1 颱風侵台路徑分類表

類別	路 徑 描 述
第一類	通過臺灣北部海上，向西或向西北行進者。
第二類	通過臺灣北部，向西或向西北行進者。
第三類	通過臺灣中部，向西或向西北行進者。
第四類	通過臺灣南部，向西或向西北行進者。
第五類	通過臺灣南部海上，向西或向西北行進者。
第六類	沿東岸或沿東部海上北行者。
第七類	沿西岸或沿臺灣海峽北行者。
第八類	自太平洋西行而後「東北」轉向。
第九類	南海生成移入。
第0類	不屬於以上九類之特殊路徑者。

資料來源：整理自中央氣象局

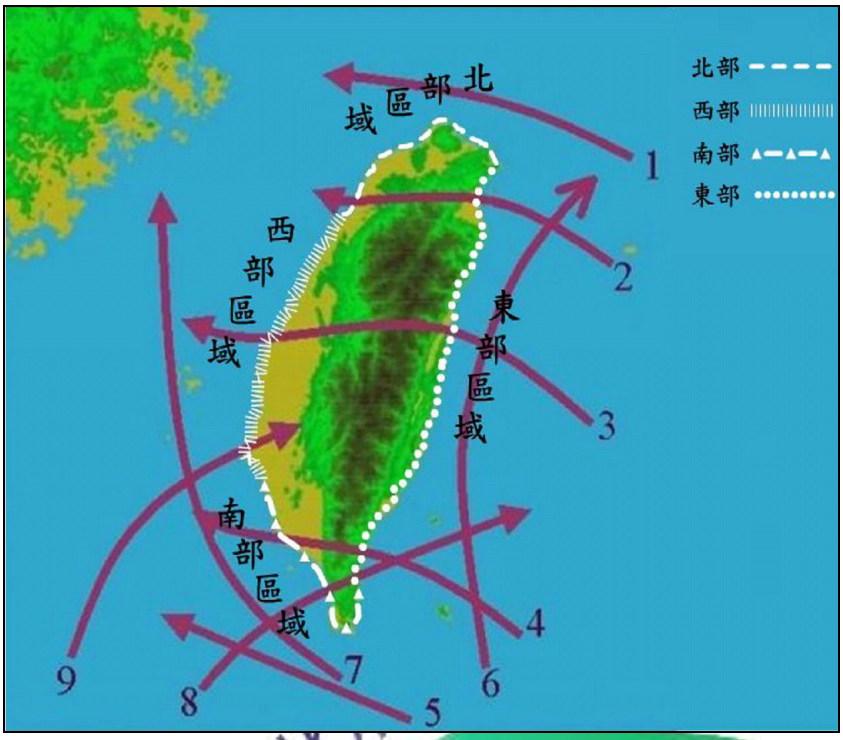


圖 5-2-1 侵台颱風路徑分類圖

颱風給廣大地區帶來充足的雨水，成為與人類生活和生產關係的降雨系統，但颱風也總是帶來各種災害；颱風的破壞力主要由強風、豪雨和暴潮三個因素引起。

颱風暴潮是指颱風所造成的異常水位，屬於氣象潮，就是當颱風移向陸地時，由於強風和低氣壓的作用，使海水向海岸方向強力堆積，水位猛漲，海浪排山倒海般向灘岸上溯，強烈的颱風暴潮能使沿海水位上升5～6 公尺，造成嚴重的海岸侵蝕進而破壞沿岸設施構造物，對人民生命財產形成威脅。

本研究依據中央氣象局歷年來颱風資料庫資料，統計自西元1981 ～2008 年曾對本島發佈海上陸上颱風警報的颱風有155個，未侵台的有48個，對臺灣造成影響的有107 個，每年平均約有3.8 個。

由過去學者專家研究指出，暴潮量主要受到颱風威力及行進路徑等因素所影響（張國棟、何崇華，2002），故對歷年颱風侵台路徑作統計，如表5-2-2。

表 5-2-2 西元 1981~2008 年颱風侵台路徑統計表

年度	有發警報颱風數	颱風路徑類型												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	特殊路徑	未侵台	侵台總數	造成東部災害數
1981	6		2			1	1			1		1	5	
1982	4				2		1					1	3	1
1983	3					2						1	2	
1984	5		1		1	1	2						5	3
1985	5	2				2	1						5	
1986	6			1		1	1				3		6	
1987	7					2	2					3	4	
1988	3									1		2	1	
1989	1			1									1	
1990	7	1	1	1			1			1		2	5	1
1991	8		1			1					2	4	4	1
1992	5			2			1					2	3	1
1993	3					1						2	1	1
1994	6	1	1	2			2						6	1
1995	5					1		1	1	1		1	4	1
1996	5		1					1	1			2	3	2
1997	4	1		1								2	2	
1998	5			1			2			2			5	
1999	3					1		1				1	2	
2000	7			1			3				1	2	5	1
2001	10			1	2	1		1	1		2	2	8	2
2002	3	1								1		1	2	
2003	9				1	1			1			6	3	1
2004	9	1					3			1		4	5	
2005	7	1		3								3	4	1
2006	7		1	1	1					1		3	4	
2007	6	1	1	2	1							1	5	
2008	6		3	1								2	4	
合計	155	9	12	18	8	15	20	4	4	9	8	48	107	17

資料來源：整理自中央氣象局歷史颱風資料庫

NTTU Library

調查歷史資料西元1973 年至2008 年間臺東海岸防護工程歷年造成災害的颱風數彙集整理如表5-2-3。

表 5-2-3 西元 1973 年~2008 年歷年颱風對臺東海岸成災統計表

年度	颱風名稱	災害概況
1973	「娜拉」	造成成功鎮三仙里白守蓮社區嚴重災害，當時行政院 蔣經國先生蒞臨視察災情並指示辦理，經各級單位實地研議，認為應予遷村覓地另居，此建議因當地漁民強烈反對而作罷。為能使該成功鎮三仙里白守蓮社區安全無虞，使其免受颱風巨浪之威脅，故應予築堤保護；然因經費籌措不易，至1981年度始辦理案例編號14-A海堤興建工程。
1982	「安迪」	猛浪衝擊案例編號14-A海堤工程，除海堤毀損外居民住家亦波及十餘戶，竹筏流失十多隻。
1984	「魏恩」，「亞力士」，「裘恩」	颱風多次侵襲，又造成案例編號14-A海堤工程護腳消波塊嚴重損毀。
1990	「歐菲莉」	案例編號34-B保護工0+000~0+150、0+500~0+550段消波工受損200公尺。
1991	「耐特」	案例編號31-A海堤0+100~0+400段消波工受損300公尺；案例編號14-A海堤0+160~0+580段消波工受損420公尺；案例編號39-A-E-1海堤0+000~0+500段消波工受損500公尺；案例編號41-B保護工0+000~0+400段消波工受損400公尺。
1992	「寶莉」	案例編號21-B保護工0+300~0+500段消波工受損200公尺；案例編號14-A海堤0+000~0+500段消波工受損500公尺；案例編號34-B保護工0+000~0+750段消波工受損750公尺。
1993	「亞伯」	案例編號09-A海堤0-040~0+160段消波工受損200公尺。
1994	「提姆」	案例編號22-B保護工受損320公尺。
1995	「肯特」	案例編號22-B保護工0+105~0+425段消波工受損320公尺；案例編號14-A海堤0+250~0+500段消波工沖毀250公尺。
1996	「葛樂禮」	案例編號39-A-E-1海堤0+000~0+300段消波工受損300公尺；案例編號34-B保護工0+000~0+100段消波工受損100公尺。
	「賀伯」	案例編號15-A保護工保警第七總隊成功駐地0-040~0+000、0+097~0+257段消波工受損200公尺。
2000	「碧利斯」	案例編號14-A海堤0+070~0+472段水防道路嚴重受損。
2001	「尤特」	案例編號36-A海堤兩翼胸牆破損。
	「利奇馬」	造成案例編號31-A海堤0+650~0+800段消波工下陷受損。
2003	「杜鵑」	造成案例編號32-B保護工破損長度約495公尺。
2005	「海棠」	造成案例編號28-A海堤0+180~0+200處海堤坡面破損約寬20M,高5M。

資料來源：本研究整理

因臺灣由中央山脈區隔，颱風往往通過本島後即減弱或快速通過，依據10 類颱風路徑研判，颱風對臺東海岸較具影響之路徑為第2、3、4、6、8及0 類，經統計比較歷年來颱風侵台總數、影響東部颱風數與形成災害數，除西元1993 年亞伯颱風為行徑路線為第5 類自恆春半島南方掠過，外圍環流長浪影響造成編號09 海岸段災害外，其餘對臺東海岸的影響有著正相關性，如西元1984 年、1990～1996 年、2000 年及2001 年，由此可知劇烈天候激浪對海岸工程之生命週期有著關聯性，歷年影響臺東之災害對照，如表5-2-4。

表 5-2-4 歷年影響臺東之颱風路徑與災害對照統計表

年度	侵台總數	造成東部災害數	對東部影響之路徑2、3、4、6、8、0類	年度	侵台總數	造成東部災害數	對東部影響之路徑2、3、4、6、8、0類
1981	5		3	1996	3	2	2
1982	3	1	3	1997	2		1
1983	2		0	1998	5		3
1984	5	3	4	1999	2		0
1985	5		1	2000	5	1	5
1986	6		5	2001	8	2	6
1987	4		2	2002	2		0
1988	1		0	2003	3	1	2
1989	1		1	2004	5		3
1990	5	1	3	2005	4	1	3
1991	4	1	3	2006	4		3
1992	3	1	3	2007	5		4
1993	1	1	0	2008	4		4
1994	6	1	5	合計	107	17	70
1995	4	1	1				

資料來源：本研究整理

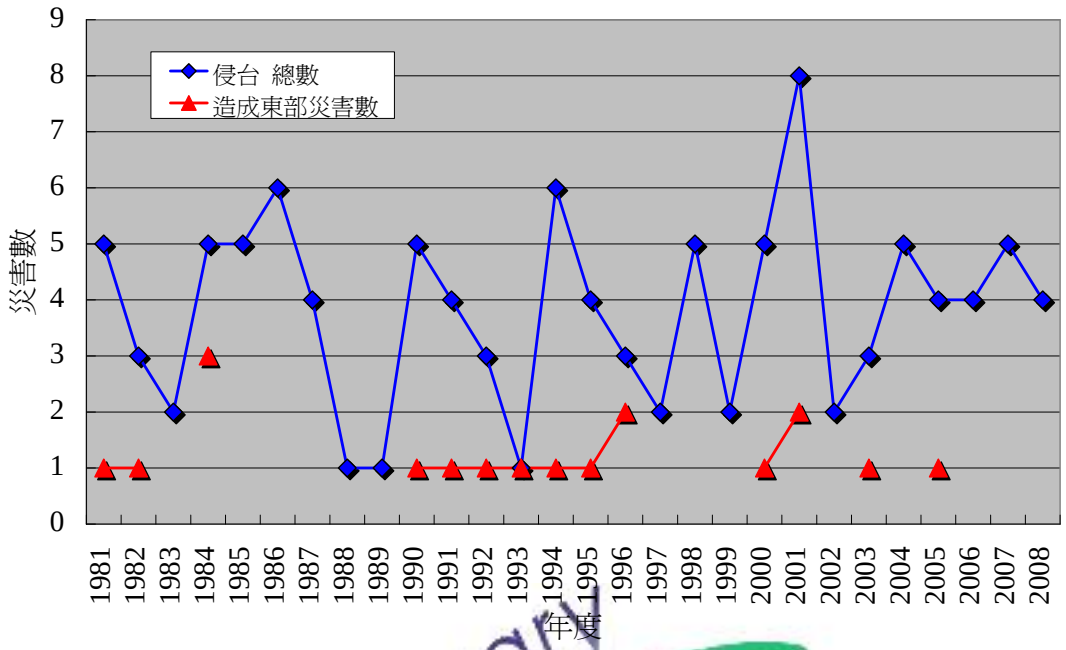


圖 5-2-2 歷年颱風對臺東影響海岸受災趨勢比較圖

另依據表5-2-2 及表5-2-3 作分析，西元1984、1996、2001年臺東海岸保護設施受風災影響的頻率較高，西元1985～1989 年、1997～1999 年及2006～2008 年侵襲臺灣的颱風未對臺東海岸構造物造成損壞，如圖5-2-2。

二、海岸工程構造物種類受劇烈氣候成災情形與分析

（一）再依據表5-2-3 對臺東海岸工程歷年成災之工法種類作統計，其中以海堤（護岸）與消波塊保護工為主要災害構造物，歷年成災次數比較，如圖5-2-3 所示。

1. 海堤構造物：於西元1981、1982、1984、1993、2000、2001及2005 年計有7 件海岸段需修補或災修；以歷年施設之海堤（護岸）25 件計算，約佔28 %。

2. 消波塊構造物：於西元1990、1994、2001 及2003 年各有1次，西元1995 年2 次，西元1992 及1996 年有3 次，而以西元1991 年發生4 次最多，總計發生有16 件海岸段遭受破壞而檢討修護、加強或重新排放堆疊；以歷年施設之消波塊保護工89 件，約佔18 %。

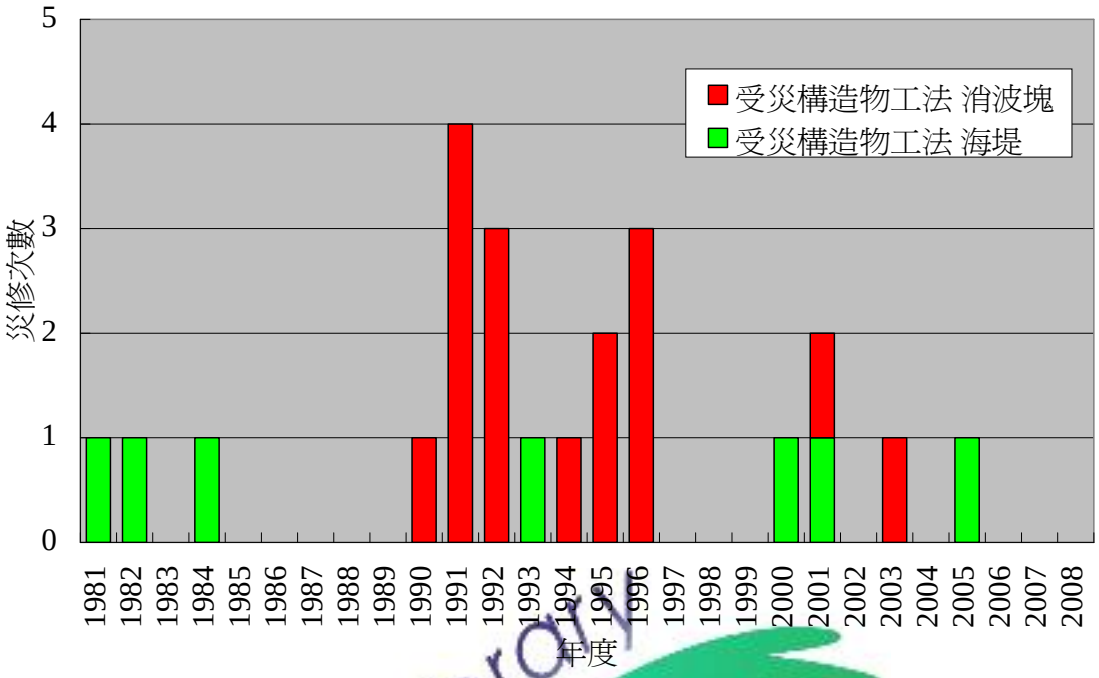


圖 5-2-3 西元 1981～2008 年歷年臺東海岸構造物受災統計圖

（二）突堤工法自西元2002 年起計有13 件工程，因其混凝土塊主要拋放於低潮線以下而成基座，期能增加灘岸縱深影響海流、漂砂方向，所以施設後即受海浪衝擊最劇烈，往往經過一段時間後達成養灘效果後隱沒或下陷成為灘岸之一部份，故無法災修，如圖5-2-5 案例編號33-C-R-1 工程完工照片。

圖 5-2-4　案例編號 33-C-R-1 工程突堤完工照片

（三）編籬定砂乃為自然保護工法之一，僅限施作於較平緩之長沙灘，如圖4-3-6，案例編號36-D-R-1 工程於西元2002 年完成編籬定砂施工相片，與現況比較，經數年後歷經颱風巨浪侵蝕，防風功能已不存，定砂作用有限。

（四）軟性自然保護工法：自西元2004 年起始有案例編號28-E-E-2及案例編號40-E-R-1 工程等2 件，至今現況植被良好，構造物完整且未受災損。

（五）將工法類別與颱風成災之12 處海岸段調查對照發現，以消波塊保護工受損佔受災海岸段總數比例較高，除了編號27 海岸段外，其餘11 處海岸段有消波塊保護工災修情形，如表5-2-5；所以消波塊整齊堆疊或零亂拋放成堤成岸之工法在臺東海岸海底地形如此陡峭，加上頻繁的颱風與季風影響形成洶湧波浪的環境中，如何能夠保持禦潮效能、減低災害應是個重要的研究與探討課題。

表 5-2-5 案例工程工法類別與颱風災害調查對照表

海岸編號	工法類別					災害						
	海堤	消波工	突堤群	編籬定砂	軟性保護工程	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次
09	●1986	●1994				●1993						
14	●1981	●1983				●1973	●1982	●1984	●1991	●1992	●1995	●2000
15	●1991	●1997				●1996						
21		●1983				●1992						
22		●1994				●1994	●1995					
27	●1983		●2005			●2005						
31	●1984	●1986	●2002			●1991	●2001					
32		●1993	●2003			●2003						
34		●1988				●1990	●1992	●1996				
36	●1999	●2001	●2003	●2002		●2001						
39	●1999	●1992				●1991	●1996					
41		●1988				●1991						

資料來源：本研究整理

三、地質地形因素受劇烈氣候成災情形分析

再依地質、地形及工法類別等將案例工程受天然氣候影響成災之次數調查分析，如表5-2-6，經比較發現以下情形：

（一）地質為劇烈天然致災最基礎之因素，在12 處成災之海岸段中有9 個地質為最軟弱易侵蝕之沖積層，佔75 %。

（二）附近地形為岬灣（礁岩島）、漁港（人為構造物）以及河口之海岸段受災最明顯，除了編號39 海岸段外，其餘均有以上三種地形之一；其中又以案例編號14 海岸段災修達7 次為臺東海岸受劇烈天候影響最嚴重之海岸段；研判劇烈天氣產生暴潮時可能因為附近地形使波浪反（折）射、沿岸流、加速或增加其動能，對陸地及構造物造成侵蝕破壞。

表 5-2-6 案例工程地質地形與颱風災害調查對照表

海岸編號	地質				灘岸型態				附近地形			災害
	火成岩	沉積岩	混同層	沖積層	砂岸	礁岩	礫石	高崖	岬灣	漁港	河口	
09			●		●			●	●			●1993
14				●			●		●		●	●1973 ~2000，計7 次
15		●				●		●	●	●		●1996
21				●			●	●			●	●1992
22				●			●	●		●	●	●1994、1995，計2 次
27		●					●			●		●2005
31				●			●				●	●1991、2001，計2 次
32				●			●	●			●	●2003
34				●	●						●	●1990、1992、1996，計3 次
36				●	●						●	●2001
39				●	●							●1991、1996，計2 次
41				●	●						●	●1991

資料來源：本研究整理

第三節　海岸工法與維護週期關聯分析

綜觀臺灣海岸防護相關計畫大致為每5～6 年為1 期，考量每一期之經費多寡差異，本研究以期距為3 年作案例工程之維護週期分析，使每一階段計畫均有兩次之統計數據。

（一）經統計歷年來維護總件數為56件，其中以0～3 年即實施維護工程25 件為最多、佔44.6 %，其次依序為3～6 年維護16 件、佔28.6 %，6～9 年維護及9～12 年維護6 件、各佔10.7 %，15～18 年維護2 件、佔3.6 %，而以12～15 年維護1 件、佔1.8 %最少，如圖5-3-1 所示。

（二）一般來說建築物的耐用年限為50年，而經常受潮濕、腐蝕環境之給排水管路則為15年，研究範圍需維護之海岸段中6 年內即需維護之比例佔了總維護件數之73.2 %，顯示海岸工程受天然的浪潮與氣候破壞嚴重，致耐久性欠佳。

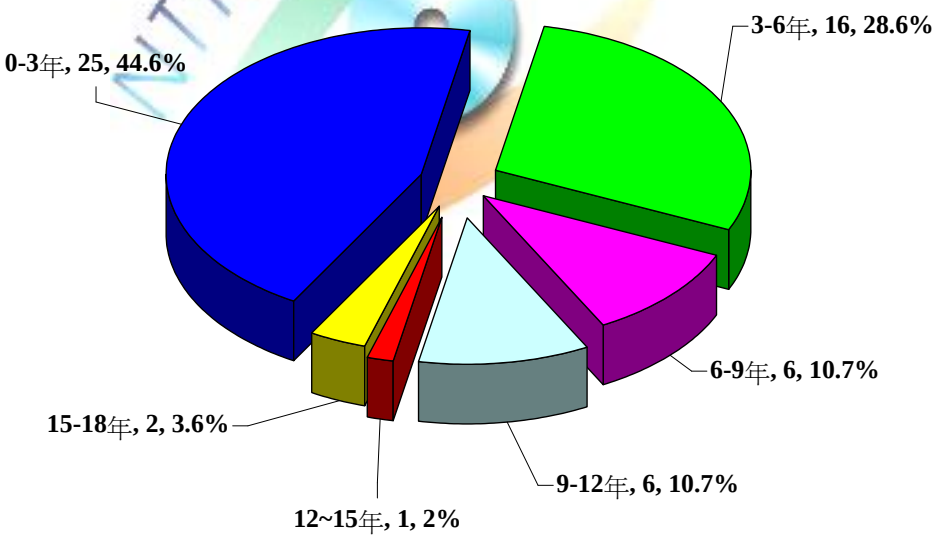


圖 5-3-1 歷年海岸工程設施維護週期分析圖

經調查本研究範圍之案例工程海岸工法計有海堤、消波工、突堤群、編籬定砂及軟性工法等5 項（詳如第二章第三節），依表 4-1-2 歷年案例工程統計表，調查45 個案例工程編號海岸段之新建次數、維護

次數與週期等數據，配合其採用之工法種類等彙整，如表5-3-1。

（一）維護時間為0～3 年之案例工程：其中以案例編號14之海岸段工程有5次最多，而且總維護次數為8 次，是受災害最嚴重之海岸段。

（二）其次為編號31 海岸段有4次，其工程總維護次數為9 次為所有案例工程最多，再其次是案例工程編號36 海岸段，經常維護有3 次，為歷年來所採用之工法種類最多（海堤、消波工、突堤及編籬定砂工法）之海岸段。

（三）編號04、32及34 海岸段之0～3 年即需工程維護各有2 次，亦是受侵蝕嚴重之海岸。

（四）統計發現在0～3 年即需維護之13處海岸段中，消波塊保護工法有11處，佔約84.5 %；在曾經維護之23處海岸段中，亦佔約82.6 %，表示此種工法歷年來修護頻繁。

（五）不曾維護之案例工程海岸段計有22 處，其中以編號08 海岸段之工程增建為3 次最多，而編號12 及23 海岸段歷年來增建2 次；而編號05～08、編號10～13、編號18～20及編號23～26海岸段經施設海岸工程後，沿岸穩定無災害與維修。

（六）另再以施設工法之角度探討，在不曾維護之海岸段中有18處採用消波塊保護工法，所以此工法對某些海岸段有著正面的禦潮效果。

（七）在17處採用海堤（護岸）工法的海岸段，即有12處海岸段曾經維修補強，其比例約佔70 %，顯示剛性海岸工法的災損亦高。

（八）由以上得知本研究範圍內案例工程之海岸工法非生命週期在維護管理階段之無關聯要素。

表 5-3-1　歷年案例工程工法與維護週期對照表

海岸段編號	新建次數	維護次數	維護週期						不曾維護	工法				
			0-3年	3-6年	6-9年	9-12年	12-15年	15-18年		海堤	消波工	突堤群	編籬定砂	軟性保護工程
14	2	8	5	3						●	●			
31	4	9	4	3	2					●	●	●		
36	1	3	3							●	●	●	●	
04	3	3	2			1					●			
32	1	4	2	1		1					●	●		
34	2	3	2	1							●			
17	1	3	1	1	1						●			
22	1	2	1			1					●			
27	1	3	1	1				1		●		●		
28	3	2	1					1		●		●		●
33	1	2	1			1					●			
43	2	2	1		1						●			
44	2	1	1							●	●			
01	1	1		1						●				
15	1	1		1						●	●			
30	2	1		1						●				
39	4	1		1						●	●			
41	3	2		1		1					●			
42	1	1		1						●	●			
09	2	1			1					●	●			
21	5	1			1						●			
40	3	1				1					●			●
02	2	1					1				●			

NTU Library

（續）表 5-3-1　歷年案例工程工法與維護週期對照表

海岸段編號	新建次數	維護次數	維護週期						不曾維護	工法				
			0-3年	3-6年	6-9年	9-12年	12-15年	15-18年		海堤	消波工	突堤群	編籬定砂	軟性保護工程
08	3								3		●			
12	2								2	●	●			
23	2								2		●			
03	1								1		●			
05	1								1		●			
06	1								1		●			
07	1								1		●			
10	1								1		●			
11	1								1		●			
13	1								1		●			
16	1								1		●			
18	1								1	●				
19	1								1		●			
20	1								1		●			
24	1								1	●				
25	1								1	●				
26	1								1		●			
29	1								1		●			
35	1								1		●			
37	1								1	●				
38	1								1		●			
45	1								1		●			
小計	74	56	25	16	6	6	1	2						

資料來源：本研究整理

NYTU Library

第四節 海岸保護公共政策

海岸地區在自然環境方面具有高度的敏感性與脆弱性，另一方面在則又是人口聚集之處；公共政策是對地方發展國民生活有著重要的目標指向，對海岸而言，維護國土、保障人民生命財產與永續環境的經營更是公部門的挑戰，彙集自日據時代至今，歷年來臺灣海岸「計畫性」公共保護政策，其有關於政府的公共建設預算分配與計畫執行等，如表 5-4-1。

另彙整西元 1984～2008 年歷年來其他有關臺東海岸公共政策，新工法推展及法案規章之頒訂等，其對自然保育的觀念與工法的演變有著重要影響，如表 5-4-2。

依據臺灣海岸保護「計畫性」公共政策歷程及臺東海岸公共政策歷程等，探討公共政策對本研究段案例工程之影響：

（一）西元1981 年起公部門辦理「十二項重要建設五年計畫」，第九項「台灣西岸海堤及重要河堤工程」計畫開始實施，因早期政府財政預算拮据，經濟發展與公共建設均著重於西部，在後山東部地區對海岸工程的投資分配有限，至西元1985 年平均每年僅針對1 件重點海岸段作防護措施。

（二）西元1986～1991 年辦理「十四項重要建設六年計畫」項下「繼續河海堤工程」計畫開工，稱為第1 期六年計畫；在西元1986 年工程經費首次達到5,500 萬元，詳如表4-2-1，另於西元1987 年解除戒嚴，因海岸地區開放，近海活動開發與利用之限制已大幅取消，公部門對海岸保護逐漸頻繁，故西元1988 年新建6 件，又於西元1991 年為第1 期六年計畫之期終年度，此年度新建工程高達9 件為歷年最多，是否為預算執行績效著眼，或因此計畫之中央預算編列分配不均所造成之結果，尚待查證。

（三）西元1992～1997 年賡續辦理「十四項重要建設六年計畫」「繼續河海堤工程」，為第2 期六年計畫；有鑑於前1 期六年計畫中工程件數分配不均之問題，在此階段平均每年有4 件海

岸工程執行；在西元1998～2003 年之第3 期六年計畫亦同，顯示公部門對海岸工程之設置經驗逐漸正規化。

表 5-4-1 臺灣海岸保護「計畫性」公共政策歷程表

年度		海岸保護（計畫性）公共政策內容	備考
民國	西元		
日據時代	1937～1945	日據時代，各事業機構為其本身需要，多自行建堤保護；惟此等海堤構造簡陋，其興建、管理、維護，向無統一計畫。1937 年為實施「農業臺灣，工業日本」政策，於嘉義新港有計畫圍墾海埔地，名為「新港干拓事業」，為臺灣海埔地開發之先河。	
光復後	1946～1971	光復後，由於人口增加，沿海地區多相繼開發利用，對海岸防護的需求遂與日俱增。公部門為應民眾需要，乃擇其重要部份，由省、縣及地方人民配合建堤；此外，為開發海埔新生地，也由輔導會及前土資會共同興建部份海埔地圍堤。	
光復初期至民國61年	1972	公部門從事海堤整建工作；除開始辦理整體規劃外，更覓籌經費，努力加強辦理實質整建工作，此期間多為片段性的修建工作。	
60年代初期	1972～1980	公部門繼續從事海堤整建計畫的改訂工作，於西元1976 年（民65）十二月提出「臺灣省海堤整建計畫書(改訂本)」，而此後之整建工作遂以此為依據。	
71年至74年	1981～1985	辦理「十二項重要建設五年計畫」，第九項「臺灣西岸海堤及重要河堤工程」計畫實施。	
75年至80年	1986～1991	辦理「十四項重要建設六年計畫」，第九項九—二「繼續河海堤工程」計畫，第1 期六年計畫。	
81年至86年	1992～1997	辦理「十四項重要建設後續六年計畫」，「繼續河海堤工程」計畫，第2 期六年計畫。	
87年至92年	1998～2003	辦理「十四項重要建設第九項防洪排水計畫全省海堤工程後續六年計畫」，第3 期六年計畫。	
93至97年度	2004～2008	辦理「海韻風華營造計畫」。	
98至103年度	2009～2014	辦理「海岸環境營造6 年計畫」，期以「海岸永續經營」之理念，以改善既有海堤景觀及海岸生態環境。	

資料來源：本研究整理

表 5-4-2 臺東海岸公共政策歷程表

年度(西元)	有關臺東海岸公共政策內容	備考
1984	行政院訂頒〈臺灣地區自然生態保育方案〉，對於海岸地區宣示加強自然環境及資源保護政策。	
1987	解除戒嚴，海岸地區開放。	
1988	交通部觀光局成立東部海岸風景特定區，對於在特定範圍內之工程，需取得該管理處同意才得實施，且因自然環境生態意識興起，重視海岸保護工影響海岸景觀及生態。	
1989	生態學家Mitsch提出生態工程（Ecological Engineering）觀念，乃是運用生態系之自我設計（self design）能力為基礎，強調透過人為環境與自然環境間之互動達到互利共生（symbiosis）目的。	
1994	內政部研擬完成〔海岸法〕草案（第二版本），揭櫫「為保護、開發及管理海岸地區土地，促進海岸地區天然資源之保育利用」之立法宗旨，為目前海岸管理計畫之基本母法。	
1995	內政部完成「海岸法施行細則」之研究。	
1998	行政院頒佈〈國家環境保護計畫〉，計畫書中提及之限制發展區中之生態敏感地區包括海洋地區、沿海保護區。	
1999	臺灣省海堤管理辦法頒佈。	
2001	生態工法萌芽期，公共工程委員會辦理水利工程人員生態保育研習班。	
2002	公共工程委員會，組成生態工法諮詢小組，並共同研議出定義如下：「生態工法(Ecotechnology)係指人類基於對生態系統的深切認知，為落實生物多樣性保育及永續發展，採取以生態為基礎、安全為導向，減少對生態系統造成傷害的永續系統工程皆稱之」	
2004	行政院於核定修正「生物多樣性推動方案」，訂定各部會之權責職掌，藉各部會的互動、協調及落實推動生物多樣性工作，以達本土生物多樣性保育及永續利用之目標。	
2006	內政部推動海岸法及海岸永續發展方案推動計畫（西元2006～2012年）；公共工程委員會執行海岸工法適宜性分析計畫（西元2006～2009年）；海岸政策環境影響評估推動計畫（西元2006～2012年）。	
2008	行政院公共工程委員會完成「永續公共工程－節能減碳政策白皮書」，將大力推動永續公共工程的理念，並融入到工程全生命週期的每一個階段當中。	
	挑戰2008國家發展重點計畫第九大項「水與綠建設計畫」：將透過生態規劃方式，全面推動海岸環境的復育與改造。業將「維持自然海岸線比例不再降低」列為評估指標，未來海岸地區之利用管理，應以減量、復育為基本原則，並以符合「資源保護」與「災害防治」者為優先考量。	

資料來源：本研究整理

（四）因自然保育觀念興起及生態工法趨勢，海岸工程逐漸去水泥化而利用自然介質作為主要材料，並開始思考如何減少對環境之破壞，故自西元2002 年起逐年降低新建工程件數，西元2005 年後至今無新建工程，並逐漸朝海岸管理方向執行。

（五）採逐年統計維護費用分佈情形，找出維護費用的關係，研判於在西元1985～2002 年間，每4～6 年有週期性維護高峰，回顧臺灣海岸保護歷史，政府在西元1985 年前海岸工程因預算有限、政策與工法仍處於萌芽期，故維護較少，而西元2002 年後行政院公共工程委員會實行之生態工法觀念與技術逐漸推廣，以往傳統剛性海岸構造物破壞自然景觀之作為已式微，而著重於設施之恢復自然景觀為目標的低投資維護管理機制，延續工程之生命週期，如圖5-4-1 所示。

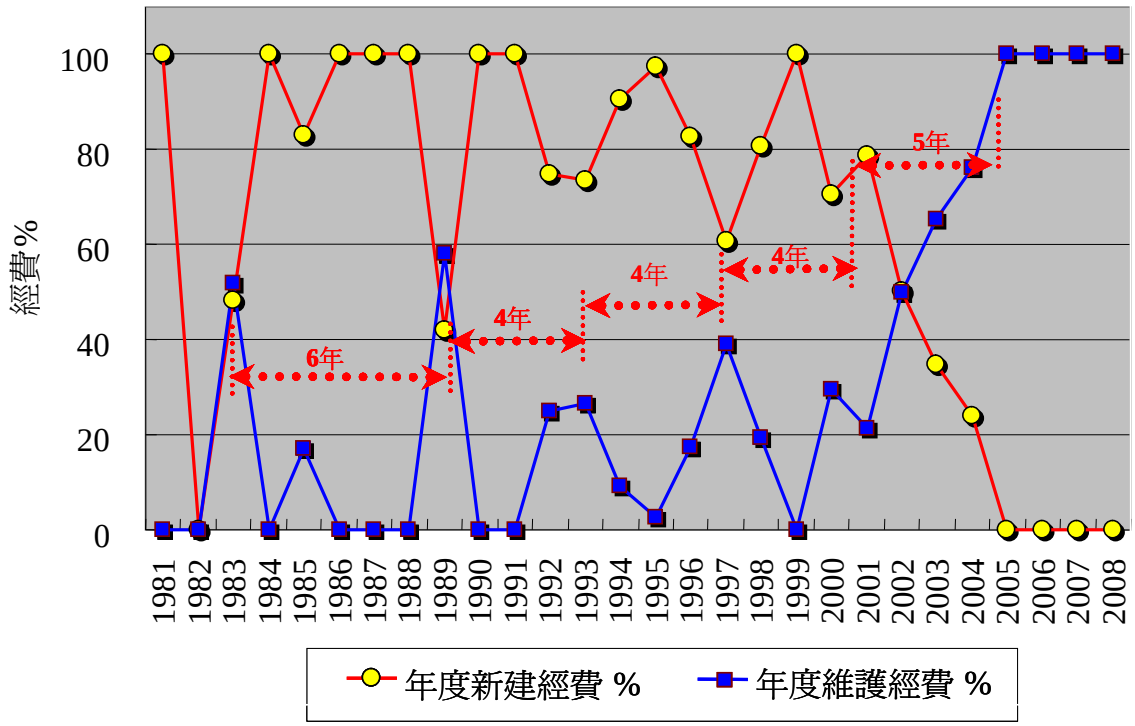


圖5-4-1 歷年案例工程設施經費比例折線圖

第六章　結論與建議

第一節 結論

本研究以台東縣 172 公里海岸範圍內 45 個主工程海岸段，自西元 1981～2008 年間歷年來 130 件案例工程之工程經費為主要數據，並藉由統計比較方式研判資料，配合調查海岸工程工法的演遞、探討地質地形、劇烈天候及公共政策等關聯因素對海岸工程生命週期之影響，以下是本研究所得之結果：

一、在案例工程經費結構分析方面，雖然截至西元2008 年止，歷年來新建工程經費佔總工程經費之68.63 %，遠高於31.37 %維護工程經費，但自西元2005 年起已無新（增）建工程，現階段已依「維持自然海岸不再降低」之基本原則作為海岸保護政策，預期數年後，海岸工程維護總經費將超過新建總經費，著重於維護管理機制、以自然保育為主要海岸策略。

二、海岸段天然之地質、附近地形是影響海岸工程的最基礎關聯因素，在案例編號30 ～編號36 之海岸段地質、土層軟弱易受沖蝕，而且在這十餘公里之海岸即有三條溪流出口，溪流的砂源對海岸的補充或形成強勁的沿岸流對陸地帶來影響，為歷年來在此海岸段所施設的工程件數及投資經費最多，自西元1984 年起至今，經統計有新建工程10 件，維護補強工程21 件，合計31 件，佔歷年來總建設件數約23.8 %。

三、公共政策對海岸保護工法演變產生影響，從早期西元1981 年起為防止立即潮浪災害，而籌建以混凝土材料為主之剛性海岸工程，歷經20 餘年，有鑑於海岸自然景觀逐漸遭受破壞，西元2000 年後自然保育理念興起及公共工程委員會推動生態工法政策之影響，西元2002 年海岸工程以突堤方式期能自然產生養灘效果，增加海岸縱深抑制波浪侵蝕；並在西元2004 年施作漸朝低堤頂、以自然材料為主軟性保護工程及環境營造為目的之工法遞演。

四、西元1986 年以前政府之計畫性之海岸政策作為生疏，而且預算短絀，無整體之妥善運用經費，西元1986 年起辦理第1 期六年計

畫，中央預算有編列分配不均或為求計畫執行績效而集中運用於一個年度之情形；但在第2、3 期六年計畫時，公部門之計畫作業逐漸純熟，經費運用已正規化；由臺東海岸130 個工程案例中顯示，海岸工程約以4～6 年為維護高峰重現期，似與計畫性政策每5～6 年為一期別不謀而合，應為重要關聯因素。另由工法種類關聯分析顯示，臺東海岸採用之五種工法維護週期並無太大差異，顯示工法並非為關鍵影響因素。

五、由於混凝土工程構造物設計年限一般約為50 年，本研究雖取得28年資料，仍難以判定海岸工程生命週期之完整歷程，惟在45 件主工程中，雖無生命週期終止之案例，但確有禦潮構造物一經設置後即受海浪劇烈衝擊考驗，經過一段時間後其主要功能消退、結構物隱沒或下陷成為灘岸一部份，在仍需保護海岸的政策下原地進行維護（修護）或增建，形成海岸工程生命週期從未停滯並且不斷延續之特殊狀況。

第二節 建議

一、研究資料本身的限制

（一）部份資料無法分離可能產生的誤差：由於各案例工程海岸段之區分與範圍不均衡，工程於評估設計階段可能因地域性、經費調配或考量概括性等因素，其工程涵蓋內容將包含兩個以上海岸段，若有這種情形，則工程經費之區別與分列不易，本研究之作法僅能以主要工程項目分割後並加上一定比例之管理費或其他費用予以概算，故易產生誤差。

（二）資料收集完整度問題：本研究之數據係取自一般性海堤之水利主管機關，在研究範圍區內尚有事業性海堤部份：漁業及公路事業主管機關轄管之海岸構造物，若能取得相關資訊亦應一併調查統計與探討，更能驗證關聯因素之強弱徵象。

（三）資料落差：例如海堤與消波塊工法往往是共伴而生，混凝土消波塊最常被作為基礎護腳工，有時其規劃或施設經費比原始主體海堤構造物投資更大，對各項工法間分析比較上有重大影響。

二、爾後可供研究方向之建議

（一）本研究僅對案例工程之直接成本視為主要經費，在實務方面若以成本分析角度探討時應涵括海岸工程在計畫階段對工程範圍之中長期觀察、監測與規劃等前置作業費用。

（二）在海岸工程工法方面應可參考日本超級堤防之方式，加寬堤防縱深、設計前坡長且平緩之高規格堤防或護岸，以削弱暴潮波浪上溯力，減低災害發生情形；超級堤防興建因需龐大土地與經費、較長時間之妥善規劃及對環境的影響評估等，若能克服這些問題，於部份重點海岸段嘗試採用此種工法概念進行規劃設計，將是值得投資的對策研究。

NTTU Library

參考文獻

中文文獻

公共建設工程經費估算編列手冊（2001）。行政院公共工程委員會。

內政部（2007）。永續海岸整體發展方案核定本。

內政部消防署（2005）。2005全球環境永續指數(ESI)-降低天然災害傷害指數分析與建議。

中華民國海洋及水下技術協會（2005）。台灣沿海觀光遊憩資源與防災地理資訊系統之建立。

行政院國家科學委員會（2000）。專題研究計畫－永續台灣的評量系統（第二年度報告）。

行政院（2005）。「國土復育策略方案暨行動計畫」。

石再添（1995）。台灣地理概論。台灣中華書局，頁214。

石再添、張瑞津、林雪美、張政亮、劉明錡、陳政典（1995）。台灣東部河口地區之地形學研究，師大地理研究報告，第24期，頁38。

何春蓀（1981）。普通地質學。國立編譯館主編，五南圖書出版公司印行。

何春蓀（1986）。臺灣地質概論-臺灣地質圖說明書。經濟部中央地質調查所出版。

李維峰、郭耀禎、廖惠菁（2004）。生命週期維護管理工程，財團法人臺灣營建研究所年報。

林明志（1998）。學校建築生命週期履歷表之研究—以台北市國民小學為例。國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文。

林鍾沂（1991）。「國會與預算」。台北：商鼎文化事業。

NTTU Library

徐仁輝（2002）。「公共財務管理」。台北：智勝文化事業有限公司。

徐鐵良（1956）。台灣東部海岸山脈地質。台灣省地質調查所彙刊，第八號，頁15-41。

許民陽（1993）。台灣海岸的地形景觀與景觀保育。生活中的地球科學。網址：http://www.geoscience.tmue.edu.tw/

許民陽（1997）。海岸後退研究的概觀。中國地理學會會刊，第25期，頁89～102。

許民陽、高慶珍、高鵬飛、鄭紹龍（1999）。花東海岸後退研究－長濱以南至台東段。國立台灣大學地理學系地理學報，第26期，頁75～97。

許榮中（2005）。台灣海岸保護的轉型與生態工法實施之謝議。

許榮中（2008）。海岸防護工程對環境的影響，頁38。

許榮中、蔡清標（2008）。海岸開發與保育。《工程小叢書—鑽石海岸系列》，財團法人中興工程科技研究發展基金會，頁82。

孫宕越（1982）。地理學辭典。台北：正中書局。

陳崇華（2004）。台十一線海岸公路邊坡崩塌災害分析。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。

陳屏甫（2005）。國道預力混凝土橋與鋼橋生命週期成本評估個案之研究。碩士論文。

郭一羽等（2001）。水域生態工程，中華大學水域生態環境研究中心。

郭金棟（2003）。海岸整治與生態工法應用之案例介紹。行政院公共工程委員會，《2003 年生態工法人材培訓講習會》教材，頁9-1至9-35。

郭金棟（2004）。海岸保護：海岸環境創造序論。科技圖書股份有限公司。

NTU Library

黃清和、蔡立宏、林東廷（2006）。生態型海岸保護工法研究，建國科大學報第二十五卷第四期。

黃議德（2002）。海岸巨人-消波塊。國立海洋科技博物館籌備處簡訊第18 期。

曾宏陽（2001）。台灣海岸地區規劃開發法治化之研究。台灣大學法律研究所碩士論文。

張石角(1993)。臺灣海岸之自然環境與國土資源評估。工程環境會刊，第13期，頁3-17。

張金機、王慶福、單誠基、劉文雄、曾文傑、馬維倫（1994）。海岸及港灣構造物設計基準，頁7-62。

張智強、 林利國、程金龍（2004）。營建創新科技研討會，營建生命週期管理之探討。

張智原（2000）。台灣西北部海岸變遷之研究－淡水河口至新竹頭前溪口。中國文化大學地學研究所碩士論文。

張國棟、何崇華（2002）。台灣東部異常水位分析。第*24* 屆海洋工程研討會論文集，頁437～444。

經濟部水利署第八河川局（2002）。台東海岸防護工作檢討。

經濟部水利署第八河川局（2007）。海岸環境營造計畫總檢討及改善策略研究（1/2）。

經濟部水利署第八河川局（2008）。海岸環境營造計畫總檢討及改善策略研究（2/2）。

鄭允翔（2003）。颱風暴潮與颱風特性關係之研究。國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。

鄭達才（1999）。設備維護管理現在與未來。中國生產力中心。

蔡慧敏、江進富（2002）。台灣海岸管理政策的永續性。「永續指標與

政策研討會論文集」，國科會永續發展委員會。台北。

劉平妹、王鑫、許民陽（1990）。台灣海岸地區之地形演變。台灣大學地質系，行政院科技顧問組委託計畫，頁104。

劉健雄（1985）。工程經濟投資評估（初版）。台北：淡江書局。

謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降（1998）。百年侵臺颱風路徑圖集及其應用（第二階段之三）。中央氣象局專題研究報告，CWB86-1M-01，頁497。

謝定亞、郭斯傑、許凱麟（2002）。應用生命週期成本分析提高公共建設效益之研究。行政院公共工程委員會委託台灣營建研究院研究專案。

魏嘉雄（1993）。建築物更新計畫之生命週期管理探討-以國際觀光旅館為例。台北科技大學土木與防災研究所碩士論文。

NTTU Library

英文文獻

Chou, Y. W., and H. S. Yu (2002). “Structural Expressions of Flexural Extension in the Arc-Continent Collisional Foredeep of Western Taiwan.” *Geological Society of America Special Paper*. 358, pp.1-12.

Gares,P.A, Sherman,D.J, Nordstrom.K.F(1994). Geomorphology and natural hazard, Geomorphology, 10, pp.1-18.

Goldin, D. & Kanellakis(1995). P. “On similarity queries for time-series data:constraint specification and implementation.” In proceedings of the 1st.

Kercecioglu, D.(1995).“Maintainability, Availability, & Operational Readiness Engineering”, Prentice Hall PTR.

Liu, T. K., Y. G. Chen, W. S. Chen, and S. H. Jiang(2000). "*Rates of Cooling and Denudation of the Early Penglai Orogeny, Taiwan, as Assessed by Fission-Track Constraints*." *Tectonophysics*, 320, pp.69-82.

Liu, T. K., S. R. Hsieh, Y. G. Chen and W. S. Chen(2001). "Thermo-Kinematic Evolution of the Obliquely Collisional Taiwan Mountain Belt as Revealed by Fission Track Ages for Detrital Zircons." *Earth and Planetary Science Letters* , 186, pp.45-56.

Pham, H. and Wang, H.(1996)."Optimal Maintenance Policies for Several Imperfect Maintenance Models", International Journal of Systems Science (to appear).

Periklis, A.(2002). "Data Clustering Techniques", March 2002.URL: http://www.cs.toronto.edu/~periklis/pubs/depth.pdf

Rosenfeld,C.L,(1994). The geomorphological dimensions of natural disaters , Geomorpgology,10, pp.27-36.

Suppe, J.(1986)."Reactivated Normal Faults in the Western Taiwan Fold-Thrust Belt." *Memoir of the Geological Society of China*, 7, pp.187-200.

Tiong, L. K. R. (1995). Risks and guarantees in BOT tender. *Journal of Construction Engineering and Management*, 121(2), pp.183-188.

Tou J. T., Gonzalez R. C.(1974). Pattern Recognition Principles, Addison-Wesley,Reading, pp.94-97.

NTU Library