

96-15-7235

MOTC-IOT-95-H1DA003

運用地理資訊系統技術擴建港灣 工程基本資料之研究 (2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

96-15-7235

MOTC-IOT-95-H1DA003

運用地理資訊系統技術擴建港灣 工程基本資料之研究 (2/4)

著 者：謝明志、張道光、蘇青和、單誠基
賴聖耀、林雅雯、曾文傑

交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

運用地理資訊系統技術擴建港灣工程基本資料之
研究. (2/4) / 謝明志等著. -- 初版. -- 臺
北市：交通部運研所，民96
面： 公分
參考書目：面
ISBN 978-986-00-9230-1（平裝）

1. 港埠 - 管理 - 自動化 2. 地理資訊系統

443.2029

96005993

運用地理資訊系統技術擴建港灣工程基本資料之研究(2/4)

著 者：謝明志、張道光、蘇青和、單誠基、賴聖耀、林雅雯、曾文傑

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：臺北市敦化北路240號

網 址：www.ihmt.gov.tw（中文版＞中心出版品）

電 話：（04）26587176

出版年月：中華民國96年4月

印 刷 者：福島實業有限公司

版（刷）次冊數：初版一刷120冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定 價：300 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：（02）23496880

國家書坊臺視總店：臺北市八德路3段10號B1・電話：（02）25781515

五南文化廣場：臺中市中山路6號・電話：（04）22260330

GPN：1009600745

ISBN：978-986-00-9230-1（平裝）

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

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

96

運用地理資訊系統技術擴建港灣工程基本資料之研究
(2/4)

交通部運輸研究所

GPN: 1009600745

定價 300 元

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：運用地理資訊系統技術擴建港灣工程基本資料之研究 (2/4)			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-00-9230-1 (平裝)	政府出版品統一編號 1009600745	運輸研究所出版品編號 96-15-7235	計畫編號 95-H1DA003
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 總計畫主持人：謝明志 計畫主持人：張道光、蘇青和、單誠基 研究人員：賴聖耀、林雅雯、曾文傑 聯絡電話：04-26587172 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 95 年 01 月 至 95 年 12 月
關鍵詞：地理資訊系統、工程基本資料、土壤液化、地震監測、腐蝕調查、海氣象調查、貨櫃運量			
摘要： 本計畫在本年度內大幅擴建本所港研中心之地理資訊系統，依港研中心研究業務之類別，分五個子計畫來彙整中心歷年研究成果，並撰寫分析程式及查詢模組。年度內所執行的五個子計畫分別為：(一) 港灣地區地工資料建檔及液化自動分析模組之建立，(二) 港灣地區港工材料建檔及查詢展示模組之建立，(三) 港灣地區海氣象資料彙整建檔，(四) 港灣設施結構資料更新建置，(五) 運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究。建置作業所採用的主要工具，在桌上型地理資訊系統為 MapInfo 系統，在網路型地理資訊系統為 Mapguide 系統，並運用相關程式語言來開發應用模組。 年度內所完成的工作，計有八大項：(1) 系統架構擴建規劃設計，(2) 地質資料之更新及擴建，(3) 液化自動分析模組之建立及應用，(4) 海氣象調查資料查詢模組之更新及建構，(5) 碼頭板樁腐蝕調查資料查詢模組之建構，(6) 貨櫃碼頭運量查詢模組資料擴建，(7) 港灣地區地震及地下水位量測資料查詢模組新建，(8) 港灣地區防救災體系架構規劃建置。後續計畫將繼續擴增資料內容，期使所建資料庫系統更臻完善。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
96 年 4 月	254	300	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Application of GIS technique in expanding the inquiry system of harbor engineering basic data (2/4)			
ISBN (OR ISSN) 978-986-00-9230-1 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009600745	IOT SERIAL NUMBER 96-15-7235	PROJECT NUMBER 95-H1DA003
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PROJECT ADVISOR: M. J. Hsieh PRINCIPAL INVESTIGATOR: D. K. Chang, C. H. Su,, C. C. Shan, PROJECT STAFF: S. Y. Lai, Y. W. Lin. W. J. Tseng PHONE: 04-26587172 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2006 TO December. 2006
KEY WORDS: Geographic information system, engineering basic data, soil liquefaction, seismic monitor, corrosion investigation, oceanographic investigation data, container loading & unloading.			
ABSTRACT: This project expands the extent of geographic information system (GIS) in the Center. The major tools of this establishing operation are MapInfo (desk-top GIS) and Mapguide (web GIS). Many data sources are incorporated into MapInfo, and some powerful program languages are used to create the new consulting modules. Eight tasks are conducted this year as follows: (1) expansion of system structure, (2) updating and improving geologic database, (3) establishment of liquefaction auto-analysis modules, (4) expansion and application of consulting module of oceanographic data, (5) establishment of consulting module of corrosion data of steel piles, (6) establishment of consulting module of container loading and unloading data of wharves, (7) establishment of consulting module of seismic and groundwater data at harbor areas, and (8) planning and establishment of disaster prevention and rescue system at harbor areas. Next year, the project will continue to establish a more completed system.			
DATE OF PUBLICATION April 2007	NUMBER OF PAGES 254	PRICE 300	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

運用地理資訊系統技術擴建港灣工程基本資料之研究(2/4)

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
圖目錄.....	V
表目錄.....	XVI
第一章 計畫緣起及目的.....	1-1
第二章 地理資訊系統的應用	2-1
第三章 系統開發工具.....	3-1
第四章 資料處理及系統建置	4-1
第五章 系統應用模組開發使用	5-1
第六章 地質資料及液化分析模組查詢展示	6-1
第七章 碼頭資料查詢展示	7-1
第八章 碼頭鋼板樁腐蝕調查系統展示	8-1
第九章 貨櫃碼頭營運資料查詢展示	9-1
第十章 堤防資料查詢展示	10-1
第十一章 海氣象調查資料查詢展示	11-1
第十二章 港區地震及監測資料查詢展示	12-1
第十三章 港灣地區防救災體系之開發研究	13-1
第十四章 結論與建議.....	14-1
參考文獻.....	15-1
附錄 簡報資料.....	附錄 1-1
附錄 期末報告審查意見及處理情形	附錄 2-1

圖 目 錄

圖 5-1 地震規模 $M_w=7.5$ 時，不同細料含量之液化阻抗與 $(N_1)_{60}$ 關係	5-2
圖 5-2 應力折減係數 γ_d 的由來	5-4
圖 5-3 標準貫入試驗打擊能量比與深度之關係	5-8
圖 5-4 Seed 簡易經驗法	5-9
圖 5-5 Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法 (1983) 分析流程	5-12
圖 5-6 日本道路橋協會簡易經驗法 (1996) 分析流程	5-15
圖 5-7 0% FC 10% 液化判別圖(58 組液化及 70 組非液化案例)	5-29
圖 5-8 10% FC 20% 液化判別圖(77 組液化及 95 組非液化案例)	5-29
圖 5-9 20% FC 30% 液化判別圖(64 組液化及 32 組非液化案例)	5-30
圖 5-10 30% FC 40% 液化判別圖(37 組液化及 29 組非液化案例) ..	5-30
圖 5-11 FC=5%、FC=15%、FC=25%、FC=35%等液化判別式- $C(P)=0$ 之比較	5-31
圖 5-12 FC=5%、FC=15%、FC=25%、FC=35%等液化判別式($P=0.15$) 之比較	5-31
圖 5-13 液化案例之 $\sqrt{F_s}$ 值繪於常態或然率圖上	5-32
圖 5-14 非液化案例之 F_s 值繪於對數常態或然率圖上	5-32
圖 5-15 貝氏定理 $C(P)=0$ 、 $p=0.15$ 之抗液化安全係數與液化機率 之關係圖	5-33
圖 6-1 查詢系統主畫面	6-6
圖 6-2 布袋港區地圖圖層及選單下拉模式	6-7
圖 6-3 布袋港區鑽探孔位分佈圖	6-7

圖 6-4 布袋港區鑽孔柱狀圖.....	6-8
圖 6-5 地震強度選取對話框.....	6-8
圖 6-6 布袋港區鑽孔 Liao 液化機率分析結果柱狀圖.....	6-9
圖 6-7 布袋港區 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖.....	6-9
圖 6-8 布袋港區 Seed 抗液化安全係數柱狀圖.....	6-10
圖 6-9 布袋港區 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖.....	6-10
圖 6-10 Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式.....	6-12
圖 6-11 布袋港區鑽孔 Lai 液化機率分析結果柱狀圖.....	6-13
圖 6-12 布袋港區 Lai_Prob+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖.....	6-13
圖 6-13 布袋港區 Lai 抗液化安全係數柱狀圖.....	6-14
圖 6-14 布袋港區 Lai+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖.....	6-14
圖 6-15 地震下陷分析成果圖.....	6-15
圖 7-1 查詢系統主畫面.....	7-4
圖 7-2 蘇澳港區地圖圖層及所開發之選單列.....	7-5
圖 7-3 蘇澳港區「碼頭設計及調查資料」選單下拉模式.....	7-5
圖 7-4 蘇澳港區碼頭位置分佈圖.....	7-6
圖 7-5 蘇澳港區碼頭使用功能主題圖.....	7-6
圖 7-6 蘇澳港區碼頭斷面圖之一.....	7-7
圖 7-7 查詢系統主畫面.....	7-9
圖 7-8 安平港區地圖圖層及所開發之選單列.....	7-9
圖 7-9 安平港區「碼頭設計及調查資料」選單下拉模式.....	7-10
圖 7-10 安平港區碼頭位置分佈圖.....	7-10
圖 7-11 安平港區碼頭使用功能主題圖.....	7-11
圖 7-12 安平港區碼頭斷面圖之一.....	7-11

圖 8-1 查詢系統主畫面	8-5
圖 8-2 蘇澳港碼頭資料選單下拉及碼頭位置分佈圖.....	8-5
圖 8-3 蘇澳港腐蝕調查碼頭位置分佈圖.....	8-6
圖 8-4 檢測起迄點輸入對話框.....	8-6
圖 8-5 凸側凹面點取對話框.....	8-7
圖 8-6 蘇澳港腐蝕速率調查成果展繪圖.....	8-7
圖 8-7 檢測位置輸入對話框.....	8-8
圖 8-8 蘇澳港鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較圖	8-8
圖 8-9 蘇澳港鋼板厚度調查成果展繪圖.....	8-9
圖 8-10 蘇澳港鋼板凸側凹三面厚度比較圖.....	8-9
圖 8-11 查詢系統主畫圖	8-11
圖 8-12 安平港碼頭資料選單下拉及碼頭位置分佈圖.....	8-11
圖 8-13 安平港腐蝕調查碼頭位置分佈圖.....	8-12
圖 8-14 檢測點輸入話框	8-12
圖 8-15 安平港腐蝕速率調查成果展繪圖.....	8-13
圖 8-16 安平港鋼板厚度調查成果展繪圖.....	8-13
圖 9-1 查詢系統主畫面	9-7
圖 9-2 高雄港貨櫃碼頭分佈位置圖	9-7
圖 9-3 高雄港貨櫃裝卸量選單呈列狀況圖.....	9-8
圖 9-4 高雄港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪	9-8
圖 9-5 高雄港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪	9-9
圖 9-6 高雄港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪	9-9
圖 9-7 基隆港貨櫃碼頭分佈位置圖	9-10
圖 9-8 基隆港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪	9-10

圖 9-9 基隆港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪	9-11
圖 9-10 基隆港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪	9-11
圖 10-1 查詢系統主畫面	10-4
圖 10-2 蘇澳港區地圖圖層及所開發之選單列	10-4
圖 10-3 蘇澳港區「堤防設計資料」選單下拉模式	10-5
圖 10-4 蘇澳港區堤防位置分佈圖	10-5
圖 10-5 蘇澳港區堤防結構型式主題圖	10-6
圖 10-6 蘇澳港區堤防斷面圖之一	10-6
圖 10-7 查詢系統主畫圖	10-8
圖 10-8 安平港區地圖圖層及所開發之選單列	10-9
圖 10-9 安平港區「堤防設計資料」選單下拉模式	10-9
圖 10-10 安平港區堤防位置分佈圖	10-10
圖 10-11 安平港區堤防結構型式主題圖	10-10
圖 10-12 安平港區堤防斷面圖之一	10-11
圖 11-1 臺灣各主要商港位置示意圖	11-9
圖 11-2 基隆港現場海氣象觀測站位置示意圖	11-11
圖 11-3 高雄港區歷年風力、潮位、波浪、海流等測站位置圖	11-12
圖 11-4 花蓮港現場海氣象觀測站位置示意圖	11-12
圖 11-5 花蓮港區歷年風力、潮位、波浪、海流等測站位置圖	11-13
圖 11-6 蘇澳港現場海氣象觀測站位置示意圖	11-14
圖 11-7 安平港現場海氣象觀測站位置示意圖	11-15
圖 11-8 臺灣港區海氣象觀測資料地理資訊系統流程圖	11-22
圖 11-9 查詢主畫面	11-27
圖 11-10 蘇澳港區海氣象查詢表單及潮位測站位置展示圖	11-27

圖 11-11 蘇澳港潮位資料內容選取對話框.....	11-28
圖 11-12 蘇澳港潮位資料年份選取對話框.....	11-28
圖 11-13 蘇澳港潮位資料月季選取對話框.....	11-28
圖 11-14 蘇澳港潮位資料圖查詢結果之一.....	11-29
圖 11-15 蘇澳港波浪資料圖查詢結果之一.....	11-29
圖 11-16 查詢主畫面.....	11-32
圖 11-17 安平港區海氣象查詢表單及潮位測站位置展示圖.....	11-32
圖 11-18 安平港潮位資料內容選取對話框.....	11-33
圖 11-19 安平港潮位資料年份選取對話框.....	11-33
圖 11-20 安平港潮位資料月季選取對話框.....	11-33
圖 11-21 安平港潮位資料圖查詢結果之一.....	11-29
圖 11-15 安平港波浪資料圖查詢結果之一.....	11-29
圖 12-1 規劃與實設之整體系統設計-臺中港範例.....	12-2
圖 12-2 測站相關測量結果平面示意圖-臺中港範例.....	12-3
圖 12-3 測站相關測量結果斷面示意圖-臺中港範例.....	12-4
圖 12-4 測站主要地質調查內容與結果示意圖-臺中港範例.....	12-5
圖 12-5 整體擷取、傳輸與監測控制流程.....	12-6
圖 12-6 機房構造與配置示意圖.....	12-6
圖 12-7 安平港區地震分層監測站設置位置平面狀況.....	12-8
圖 12-8 安平港區地震分層監測站設置完成外貌狀況.....	12-8
圖 12-9 臺中港區地震分層監測站設置完成外貌狀況.....	12-9
圖 12-10 布袋港區地震分層監測站設置位置平面狀況.....	12-9
圖 12-11 布袋港區地震分層監測站設置完成外貌狀況.....	12-10
圖 12-12 臺北港區地震分層監測站設置位址平面狀況.....	12-10

圖 12-13 臺北港區地震分層監測站設置完成外貌狀況.....	12-11
圖 12-14 高雄港區地震分層監測站設置位置平面狀況.....	12-11
圖 12-15 高雄區地震分層監測站設置完成外貌狀況.....	12-12
圖 12-16 查詢主畫面.....	12-17
圖 12-17 臺中港區地震監測查詢表單下拉及監測站位置展示圖.....	12-17
圖 12-18 臺中港區之地震監測系統設置示意圖	12-18
圖 12-19 臺中港監測站所收錄地震之震央位置分佈圖.....	12-18
圖 12-20 臺中港南北向分層實測地震波記錄圖之一	12-19
圖 12-21 臺灣活斷層分佈位置疊合圖	12-19
圖 12-22 臺中港區地震監測資料年份選取對話框	12-20
圖 12-23 臺中港區地震監測資料月份選取對話框	12-20
圖 12-24 臺中港區地震監測資料日期選取對話框	12-20
圖 12-25 臺中港地震引置之水壓反應記錄圖之一	12-21
圖 12-26 臺北港區地震監測查詢表單下拉及監測站位置展示圖.....	12-24
圖 12-27 臺北港區之地震監測系統設置示意圖	12-24
圖 12-28 臺北港影響地震震央位置分佈圖.....	12-25
圖 12-29 臺北港南北向分層實測地震波記錄圖之一	12-25
圖 12-30 臺灣活斷層分佈位置疊合圖	12-26
圖 12-31 臺北港區地震監測資料年份選取對話框	12-26
圖 12-32 臺北港區地震監測資料月份選取對話框	12-26
圖 12-33 臺北港區地震監測資料日期選取對話框	12-27
圖 12-34 臺北港垂直向分層實測地震波記錄圖之一	12-27
圖 13-1 計畫工作流程圖	13-1
圖 13-2 資料庫儲存架構圖	13-4

圖 13-3 港灣空間資訊基本資料庫圖層展示.....	13-6
圖 13-4 港灣地區船席分佈圖	13-6
圖 13-5 防救災資源資料庫圖層展示	13-10
圖 13-6 港灣災害潛勢資料庫圖層展示	13-12
圖 13-7 防救災資源系統軟硬體架構圖	13-19
圖 13-8 系統架構圖	13-21
圖 13-9 系統首頁配置畫面	13-22
圖 13-10 帳號檢核畫面	13-22
圖 13-11 系統之主畫面	13-23
圖 13-12 系統之功能列	13-23
圖 13-13 功能選單配置	13-24
圖 13-14 功能列配置.....	13-24
圖 13-15 功具配置.....	13-25
圖 13-16 系統管理畫面	13-26
圖 13-17 新增災害畫面	13-26
圖 13-18 新增災害結果畫面.....	13-27
圖 13-19 災害狀況異動畫面	13-27
圖 13-20 標準作業程序查詢畫面.....	13-28
圖 13-21 標作業程序榻詢結果畫面	13-28

表 目 錄

表 4.1	碼頭設計使用資料檔案及資料錄說明.....	4-5
表 4.2	港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明.....	4-6
表 4.2 (續)	港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明.....	4-7
表 4.3a	鑽孔之試驗資料檔案及資料錄說明	4-8
表 4.3b	鑽孔之試驗資料檔案及資料錄說明	4-9
表 5.1	SPT-N 值簡易液化評估法之比較	5-6
表 9.1	貨櫃碼頭營運設計使用資料檔案及資料錄說明	9-1
表 11.1	資料庫表單之格式及登錄內容	11-16
表 11.2	臺灣主要商港觀測海流資料蒐集概況表.....	11-18
表 11.3	臺灣主要商港觀測海流資料蒐集概況表	11-19
表 11.4	臺灣主要商港觀測海流資料蒐集概況表	11-20
表 11.5	資料庫表單之格式及登錄內容	11-20
表 13.1	港灣空間資訊基本資料庫內容一覽表.....	13-4
表 13.2	防救災資源資料庫內容一覽表	13-7
表 13.3	災害潛勢資料庫內容一覽表.....	13-11
表 13.4	災害境況資料庫內容一覽表.....	13-13
表 13.5	防救災資源資料庫內容一覽表	13-15
表 13.6	防救災資源資料庫(表格資料)內容一覽表.....	13-16

第一章 計畫緣起及目的

1.1 計畫緣起

港灣工程基本資料種類繁多，大致可分為港區地形、土層分佈、港灣設施、碼頭設計、防波堤設計、規畫配置及海氣象等資料。因資料散見於各港不同單位中，查詢調閱甚為不便，本所港研中心已收錄有部份資料，且利用 MapInfo 地理資訊系統著手加以整合。為期充分發揮資料管理效益，宜開發資料應用模組，架構成一適當查詢系統，以多樣化表現方式呈現，建立友善介面供使用者使用。

本計畫針對地質、結構及海氣象相關資料進行整理篩選，擴充既有資料架構。資料庫內容包括地質調查、衛星圖資、碼頭堤防斷面設計、海氣象現場調查等，一般資料以向量圖檔、分析圖及統計表型態配合地理資訊展現，可使資料展現介面更具親和性。

資料應用模組開發方面，本計畫針對地質資料已撰寫柱狀圖展繪及地震液化機率分析模組，並著手開發 Seed 等不同分析模式，再以具有等值分析功能之軟體撰寫 Iwasaki 區域液化危險度分析應用模組，利用程式語言設計查詢架構及撰寫查詢程式，期將地質資料之鑽探報表、柱狀圖、單孔及多孔液化分析、港池全區液化危險度等成果，設計成連續展繪的程式模組，提供使用者依地震強度選單輸入地震數據，可一系列的查詢各種地震強度之模擬境況。

1.2 資料建置之重要性

大凡建築工程之規劃設計，皆以搜集環境特性資料為第一要務；而大型的港灣工程，其橫跨之區域動輒數公里以上，區域內的地質及海氣象資料之獲得，乃為最基本之規劃依據。若有完整的港區工程基本資料庫，則港灣建設在工程規劃階段，將可以節省龐大的經費、時間與人力。且因台灣地處環太平洋地震帶，港灣結構物的最大破壞力

乃為烈震強浪所帶來的強烈衝擊及其延生的土壤液化、變形等現象。依據 1989 年美國加州灣區烈震調查，受災最嚴重的位置，均在海灣淤泥層及填土區上，1994 年 1 月 17 日，加州又現烈震，報告指出嚴重災區也多在軟弱地層上。隔年同日(1995 年 1 月 17 日)，日本阪神發生加速度達 833 gal 的烈震，回填區大面積液化，可見震災之分佈與地質條件有絕對密切之關係。1999 年 9 月 21 日，臺灣發生集集大地震，距震央相隔三十餘公里的臺中港，1 號至 4A 等五座碼頭亦嚴重受創。對於地震這類不可預知的天然災害，若能事先確知那些地點於地震時較可能受創，當可事先採取適當之防範措施。另由於臺灣每年平均遭受 3.5 次的颱風侵襲，強風引致大浪，沖擊沿海港灣，對港灣海堤造成破壞，尤以東岸面對太平洋的港口，所帶來的損害最為劇烈。且近 20 年來臺灣沿海地區地層下陷問題嚴重，每遇豪雨暴潮，甚至平時大潮滿潮，即發生海水倒灌，財產損失不貲，布袋、安平兩港正座落於下陷嚴重的嘉南平原地區，因此港區新生地之填土高程，碼頭堤防之設計高程，宜先預留容許下陷量，以防範未然。對臺灣港區而言，建立完整的基本工程資料庫，除了規劃預算階段可獲得省時、省力、省錢等效益外，亦能達到災害防治的目的。將來並可依據這些資料來推估災害的可能發生程度及其它工程應用，以作為規劃設計及災害防治上的基本資料。

1.3 資料處理層級

一般對大量資料的處理可區分為三個層級，即規格化、系統化及應用性，對本研究而言，個項資料因提供單位不同，其表格及內容亦有差異，是故資料處理的第一個步驟即是妥善規劃港區的各項資料，訂定統一表格，使各種不同的資料經過整理而達同一規格。

就資料處理之系統化要求而言，即是要建立一個適合於管理及展示資料的資訊系統，本研究計劃所需求的資訊系統，基本上希望具有下列四項功能：

- (1) 建立港區基本地圖資料系統。

(2) 建立港區工程環境資料系統。

(3) 能展示港區相關資料。

(4) 應用資料並撰寫分析程式。

而本研究資料處理的第三個層次--應用性，乃以發揮上述第四項功能為其理想，即利用所建立的資料來撰寫分析程式推估相關工程性質，以供工程規劃參考。

1.4 資料建檔目的

由於港灣工程資料之獲得常需大量的人力、物力、財力及時間，故取得不易，因此須有計劃的彙整典藏各有關單位的珍貴資料，以避免因管理不善而造成資料的損毀或遺失。

電腦化的建檔方式能做大量而有系統的資料儲存工作，並可提供快速且有效的查詢作業服務，真正達到資料共用共享的益處，且未來新的資料又可迅速的補充，使資訊的流通更為便捷。相關資料及查詢系統建置完成後可達到下列目的：

1. 以數位化型式收集港埠空間資料及港灣工程基本資料。
2. 有效率的存取所收集及建置的資料。
3. 開發撰寫地震液化鑽孔分析不同模組。
4. 港區液化等值分析關聯模組設計，針對特定應用加以組合，調適成具目標性的應用系統。
5. 查詢程式撰寫，並提供中文下拉式選單供使用者使用，展示港區各項調查資料。
6. 提供工程依據：提供爾後港灣規劃、設計及工程研判上的需求。
7. 提供學術資料：可供各學術單位從事研究、分析所需的基本資料。

第二章 地理資訊系統的應用

2.1 地理資訊系統定義

地理資訊系統 (Geographic Information System), 簡稱 GIS, 是一套應用電腦來處理地理相關資料的資訊系統, 可視為一套電腦資訊的處理軟體。地理資訊系統之父 Tomlinson 曾說, 地理資訊系統並不是一個獨立的研究領域, 它是資訊處理與各種空間分析技術運用領域之間共同基礎。也因它涵蓋了多種領域的技術, 所以要給予一個明確的定義也相當困難。一般而言, 都認為 GIS 是一種資訊工具或資訊系統, 可用來儲存及處理各種類型的空間資料, 並給予適當的運用。國內學者施保旭曾表示: GIS 的精神, 在於它能將針對空間個體所得到的各種不同資訊加以整合。他也以軟體工具箱的角度, 對 GIS 提出一個概括性的定義, 他認為 GIS 乃是一組軟體, 它可以使我們:

1. 以數位化型式收集空間資料;
2. 有效率的存取這些資料;
3. 分析這些資料以得到衍生的資料;
4. 以使用者方便有效的方式展現數位化資料。

以及

5. 前述工具針對特定應用加以組合調適所得的應用系統。

而本定義的描述, 從資料收集、整理分析、到需求應用, 也正是一般 GIS 在業務運用上的發展程序。

2.2 地理資訊系統功能

地理資訊系統能幫我們處理什麼業務? 帶給我們什麼好處? 這是每個使用者最先想要瞭解的。通常, 它能為我們處理下列的幾個工作:

1. 圖資製作：將傳統的紙圖資料變成電腦檔案是一件相當吃重的工作，使用地理資訊系統工具，圖資的圖解數值化程序便可加以自動化，省時省力。
2. 資料更新：透過資料管理系統，電腦輔助繪圖工具，影像處理工具可更新貯存的資料，因為全為電腦檔案，修圖、套繪都變得輕鬆而精確。
3. 資料管理：利用電腦的硬碟、光碟、磁帶等貯存媒體可貯存大量的資料，並可利用資料庫來管理及運用這些資料。
4. 查詢分析：地理資料因為結合圖形與屬性資料，故在查詢分析時，要能夠同時針對圖形與屬性資料來進行。就查詢功能而言，主要包含簡單圖形與屬性資料選取、圖形與屬性雙向查詢、組合多重條件、進行複合查詢。就分析功能而言，主要包含有交集、差集、聯集分析、面積周長及距離度量、環框分析、資源偵測、網路分析等功能。
5. 資料展示：查詢分析的結果，可以透過電腦顯示器及繪圖機加以展示，資料展示方式包含有主題圖製作、統計圖表製作、圖形比例輸出控制、圖例製作、及成果配置圖製作等方式。
6. 決策支援：決策者可以利用地理資訊系統，做多種模擬分析，可客觀、公正的產生各種替選方案，以作最佳決策。

2.3 地理資訊系統的應用範疇

地理資訊系統因為涵蓋了各種相關部門的研究領域，也因此具備了極為廣泛的應用範疇，舉凡電腦製圖、都市規劃、國土計劃、地籍管理、土地稅徵收、自然資源分析及管理、交通運輸網路規劃、國防應用(如飛彈導引)，警車及消防車路線分派、學區規劃、工程應用、公共設施選址、汽車領航系統等。電信、電力、瓦斯、自來水、油氣等管線規劃與管理、旅遊導遊、山坡地開發規劃設計、商圈分析、及環境監控與管理等，均可以利用地理資訊系統來輔助。任何部門或單位，

只要其相關業務中與地理資料有點關聯的，都可以應用地理資訊系統來協助工作的進行。

第三章 系統開發工具

3.1 MapInfo 地理資訊系統

依據資料建檔工作所需具備之軟體基本功能，本研究採用美國 MapInfo 公司所發展的地理資訊系統應用軟體，該軟體即命名為 MapInfo，本研究以此來作為資料處理之主要軟體。MapInfo 在硬體匹配上分工作站版，PC 個人電腦版及麥金塔版，為顧及須提供資料予各港埠單位使用，本研究選用個人電腦版，該系統為視窗操作軟體，採用下拉式功能表模式，操作程序層次分明且極具效率，可提供使用者快速搜尋而取得所需要的功能。該系統主要的功能有：

1. 使用多用途資料模式，使用者可非常方便的組合 Lotus、DBASE 和任意圖層的資料。
2. 提供航空照片幾何校正功能，可直接在螢幕上數化，影像格式包含 GIF、TIF、PCX、BMP 和 TPG。
3. 可直接讀取.DBF (DBASE, FoxPro, Clipper)、Lotus1-2-3 和 Excel 檔案格式，在主從架構下透過選擇式查詢資料聯結 (SQL Data Link)，可直接查詢並讀取和 SYBASE 的資料庫。
4. 功能強大的簡報及出圖能力，搭配中文視窗操作系統，可將屬性或文字資料以實體 (True Type) 中文字顯示於圖上。
5. 提供編圖工具箱，方便圖形切割剪貼和字型選擇非常方便，且可依特定比例尺出圖，並繪製圖例。
6. 使用多重文件界面 (MDI)，可以很方便管理，並了解資料庫內每筆資料和圖形及統計表之間的關係。
7. 可配合資料內容產生大小不同之緩衝區，提供多種地圖投影方式，包括經緯度投影、橫麥卡托投影。

8. 具備多邊形交集、聯集分析，可隨時合併或分割大小不同的區域，甚至包含每個區域的屬性資料。
9. 可在 Windows，Macintosh，Sun 和 HP 上使用相同的使用者界面和資料格式，所開發的應用軟體可快速移植到其他硬體上。

3.2 MapBasic 系統語言開發環境

本研究另外採用 MapInfo 公司所提供的使用者發展語言環境 - MapBasic，來開發港區土層分佈資料查詢展示系統。MapBasic 的功能特性如下：

1. 提供程式發展者對於遠端資料庫查詢及更新的功能，使應用軟體可滿足主 / 從架構的需求。
2. 可以產生新的使用者界面，修改既有界面，或建立特殊需求的對話盒。
3. 可呼叫 Visual Basic 和 C 程式，編譯完成的程式可以在 MapInfo 內執行或成為一單獨可執行的模組。
4. 應用程式可在不同的硬體上執行。
5. 可經由一個專案檔案 (Project file) 連接多個小模組，因此程式發展者可同時發展個別的子模組。
6. 發展應用軟體時 MapBasic 提供下列兩種特性。
 - (1) 特殊事件控制 (Special Event Handlers)
 - (2) 交互處理溝通 (Inter-process Communication)

MapInfo 藉由 MapBasic 加以開發設計，可以做不同領域更專精的應用。目前的應用領域，包括 1.業務規劃，2.市場策略，3.公共管線，4.保險服務，5.自然環境，6.有線電視，7.環境品質，8.區域及都市計劃，9.學校教育，10.市政管理。可見其應用範圍極為廣泛，採用此一系統，將來在資源共享需求下，使用將更為便捷。

3.3 建檔附屬系統

MapInfo 為一圖檔處理極有效率的軟體工具，但在資料庫操作及對週邊設備之溝通上功能稍嫌不足。故本研究採用其它軟體來彌補 MapInfo 的這些缺憾：

1. 在數據資料庫之建立上，我們採用 MS FoxPro 及 MS Access 來建立基本表格檔。
2. 在影像檔案之輸入及編輯上，我們採用 Imagepals 影像軟體及掃描儀加以輔佐。
3. 基本地圖檔案係取用內政部資訊中心之基本圖檔，再利用 Auto CAD 軟體作圖檔轉入編輯，依據各港區所需的圖幅範圍結合成單一圖檔，再轉入 MapInfo 內使用。
4. 外建資料的傳送，係透過內部網路系統，將各資料送回 MapInfo 工作主機上，再將 FoxPro 及 Imagepals 所建立的檔案，轉成 MapInfo 的內部檔案，在 MapInfo 系統內加以聯結使用。

第四章 資料處理及系統建置

4.1 資料處理原則

要將龐大及不同格式之資料加以規格化，以提供工程上直接使用及學術上研究之便利，除了資料庫在結構上須作妥善地規劃外，其餘則全賴資料的整理及歸類。港區碼頭及地質資料不僅項目雜、數量多、且內容繁雜，要納入一個系統中，誠然不易。而且由不同單位產生之同一類報告其格式可能不盡相同，工程資料分類方法也多有不同。所以表格須先統一才能進行資料庫建置及系統設計等作業。

4.2 地圖座標系統

目前地圖投影的方式繁多，以致有許多的地圖座標系統。台灣地區位於北半球、低緯度區。為配合國際性座標，採用橫麥卡托投影座標系統(Universal Transversal Meccator，簡寫為 U.T.M.)，該系統在台灣之初建，乃民國六十九年聯勤測量署以南投埔里虎子山一等三角點為中心所完成之橫麥卡托二度分帶之全國三角點檢測工程。

由於基本控制點基樁長年暴露野外，容易因地震、颱風、豪雨等天然因素以及人為施工影響，遭致遺失或毀損，嚴重影響測量品質。內政部為建立完整、高精度之地圖座標基本控制點，自八十二年度開始辦理「應用全球定位系統實施台統一閩地區基本控制點測量計畫」，於臺閩地區設立八個衛星追蹤站、一等衛星控制點一〇五點及二等衛星控制點六二一點。八個衛星追蹤站分別於八十二及八十三年度在陽明山、墾丁、鳳林、金門、北港、太麻里、馬祖、東沙等地設置，由於衛星追蹤站為全天候二十四小時連續不斷接收衛星資訊之資料收集站，經由與國際追蹤站聯測解算可精確求得八衛星追蹤站絕對坐標，並做為各等級衛星控制點測量之依據。

國家坐標系統為各項測量之根本，內政部為建立統一之國家坐標

系統，並配合目前衛星定位測量廣泛應用之潮流趨勢，經邀請產、官、學界代表召開二次研討會及二次會議共同討論，訂定新的國家坐標系統，其定義如下：

1. 新國家坐標系統之名稱命名為 1997 台灣大地基準(TWD97)，其建構係採用國際地球參考框架(International Terrestrial Reference Frame 簡稱為 ITRF)。ITRF 為利用全球測站網之觀測資料成果推算所得之地心坐標系統，其方位採國際時間局(Bureau International de l'Heure 簡稱為 BIH)定義在 1984.0 時刻之方位。
2. 新國家坐標系統之參考橢球體採用 1980 年國際大地測量學與地球物理學協會(International Union of Geodesy and Geophysics 簡稱為 IUGG)公布之參考橢球體 (GRS80)，其橢球參數如下：

長半徑 $a = 6378137$ 公尺

扁率 $f = 1/298.257222101$

3. 臺灣、琉球嶼、綠島、蘭嶼及龜山島等地區之投影方式採用橫麥卡托投影經差二度分帶，其中央子午線為東經 121 度，投影原點向西平移 250,000 公尺，中央子午線尺度比為 0.9999；另澎湖、金門及馬祖等地區之投影方式，亦採用橫麥卡托投影經差二度分帶，其中央子午線定於東經 119 度，投影原點向西平移 250,000 公尺，中央子午線尺度比為 0.9999。

本報告即以臺灣地區之橫麥卡托投影經差二度分帶系統(簡稱 TM 系統)，來做為相關圖層的座標系統。

4.3 輔助記憶體資料貯存架構

因 Mapinfo 的資料庫為模仿 Foxpro 的資料庫架構，此種架構被稱為半資料庫，此乃指系統內不同類別的資料，需各自存放於不同目錄位置，以此來區分各類資料。故其在輔助記憶體內的資料儲存架構，需先妥善規劃。由於五個國際港之碼頭及土層鑽探試驗資料極其龐

大，且須考慮後續資料的新增，本研究規劃了一個 700Mb 容量的輔助記憶體，供 MapInfo 系統軟體 MapBasic 開發程式及港區資料貯存用。該輔助記憶體設定在 MapInfo 作主機的 D 槽，港區資料貯存在目錄 <Harbor-1> 下，以五個次目錄分別存放五大港區相關資料，包括各港區之基本地圖資料、碼頭設計及土層調查試驗資料等之相關資料庫檔案。

4.4 碼頭設計資料庫架構

在每一個港區目錄下，本研究將港區內各碼頭之分佈位置繪製於 Whrfdata.tab 資料庫圖層檔內，而圖上每一碼頭物件之屬性資料也對照登錄到資料庫表格檔內。碼頭屬性資料共設計成十個欄位，依序為碼頭編號，碼頭面設計高程，裝卸軌道長度，碼頭設計長度，碼頭設計水深，啟用日期，建造經費，碼頭用途，租用單位，更新日期等，其欄位名稱，中文說明，資料型態及長度如表 4.1 所示。

4.5 堤防設計資料庫架構

在每一個港區目錄下，本研究將港區內各堤防之分佈位置繪製於 bw_data.tab 資料庫圖層檔內，而圖上每一堤防物件之屬性資料也對照登錄到資料庫表格檔內。碼頭屬性資料共設計成十個欄位，依序為堤防檔名，位置描述，起迄里數，類別，底部高程，頂部高程等，其欄位名稱，中文說明，資料型態及長度如表 4.2 所示。

4.6 鑽孔位置及剖面土層資料錄說明

在每一個港區目錄下，本研究建置了兩類資料庫存放標準貫入試驗相關資料，將港區內各鑽孔之座標、高程、試驗公司等抬頭資料存放於 Welldata.dbf 資料庫表格檔內，此表格檔存有 28 個欄位，其欄位名稱、中文說明、資料型態及長度如表 4.3a 所示，存放於以港區英文名稱命名的目錄下，該表格檔除了存放這些基本資料外，還可利用 SQL

選取方式，選擇 Tag-Key，Pos_x，Pos_y 等三個欄位之資料，建置出一新的檔案，再由此新檔案製作出鑽孔位置分佈地圖檔。

另外，以 Welldata.dbf 的索引標籤 (Tag-Key) 欄位資料，做為該鑽孔之試驗資料檔案名稱，所建置的資料庫表格檔共具有 18 個欄位，其欄位名稱、中文說明、資料型態及長度如表 4.3b 所示。為了資料庫編輯的作業方便，這兩類資料庫都先用 Foxpro 或 Access 建檔，再轉入 MapInfo 內使用。

表 4.1 碼頭設計使用資料檔案及資料錄說明

系統名稱：港灣工程基本資料查詢系統			日期： / /	
檔案名稱：Whrfddata			檔案格式：表格(.DBF)	
檔案說明：碼頭設計及使用資料				
編號	欄位名稱	欄位說明	資料型態及長度	備 註
1	Name	斷面圖檔名	Char(10)	
2	No	碼頭編號	Char(8)	
3	wharf_1	附圖檔名	Char(10)	
4	Level	設計高程	Decimal (10.0)	單位：公尺
5	Length	碼頭長度	Decimal(7.2)	單位：公尺
6	Depth	設計水深	Decimal(4.1)	單位：公尺
7	rail_gauge	軌道長度	Decimal(7.3)	單位：公尺
8	using_date	啟用日期	Char(6)	YYMM
9	Fee	造價	Long Integer	單位：元
10	Berth	碼頭功能(中文)	Char(6)	
11	key_function	碼頭功能(英文)	Char(32)	
12	Type	結構型式	Char(10)	
13	gross_tonnage	設計船舶總噸位	Small Integer	單位：G.T.=100ft ³
14	Lease	租用單位	Char(6)	
15	rehab_date	更新日期	Char(12)	YYMM
16	Corrosion	施作腐蝕調查	Char(20)	Investigation/no
17	Material	鋼板材料型式	Char(25)	

表 4.2 堤防設計使用資料檔案及資料錄說明

系統名稱：港灣工程基本資料查詢系統			日期： / /	
檔案名稱：bw_data			檔案格式：表格(.DBF)	
檔案說明：碼頭設計及使用資料				
編號	欄位名稱	欄位說明	資料型態及長度	備 註
1	檔名	斷面圖檔名	Char(10)	
2	位置描述	堤防位置描述	Char(30)	
3	起迄里數	起迄里數	Char(30)	單位：公尺
4	類別	類別	Char(16)	
5	底部高程_m	堤防底部高程	Char(10)	單位：公尺
6	頂部高程_m	堤防頂部高程	Char(10)	單位：公尺

表 4.3a 港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明

系統名稱：港區土層分佈資料庫			日期： / /	
檔案名稱：Welldata			檔案格式：表格(.DBF)	
檔案說明：港區各鑽探孔位座標高程試驗公司等資料				
編號	欄位名稱	欄位中文說明	資料型態及長度	備 註
1	Tag_key	索引標籤	Char(10)	
2	Project	計劃名稱	Char(40)	
3	Hole_no	鑽孔名稱	Char(10)	
4	Offer_comp	提供單位	Char(40)	
5	Borin_comp	鑽探公司	Char(40)	
6	Test_comp	試驗公司	Char(40)	
7	Borin_date	鑽探日期	Date	MMDDYY
8	Locat_desc	鑽孔位置	Char(40)	
9	Pos_x	X 座標	Decimal(12,2)	
10	Pos_y	Y 座標	Decimal(12,2)	
11	Pos_z	高程	Decimal(7,2)	
12	Pizometer	水位計	Char(20)	
13	Pizo_depth	埋設深度	Decimal(7,2)	
14	H_angle	鑽孔傾角	Decimal(3,0)	
15	H_diameter	鑽孔孔徑	Decimal(6,0)	
16	H_depth	鑽孔深度	Decimal(7,2)	
17	Gw_level1	第 1 次地下水位 量測深度	Decimal(7,2)	
18	Gw_date1	第 1 次地下水位 量測日期	Date	MMDDYY
19	Gw_level2	第 2 次地下水位 量測深度	Decimal(7,2)	

表 4.3a 港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明(續)

20	Gw_date2	第 2 次地下水位 量測日期	Date	MMDDYY
21	Gw_level3	第 3 次地下水位 量測深度	Decimal(7,2)	
22	Gw_date3	第 3 次地下水位 量測日期	Date	MMDDYY
23	Gw_level4	第 4 次地下水位 量測深度	Decimal(7,2)	
24	Gw_date4	第 4 次地下水位 量測深度	Date	MMDDYY
25	Gw_level5	第 5 次地下水位 量測深度	Decimal(7,2)	
26	Gw_date5	第 5 次地下水位 量測深度	Date	MMDDYY
27	Gw_level6	第 6 次地下水位 量測深度	Decimal(7,2)	
28	Gw_date6	第 6 次地下水位 量測深度	Date	MMDDYY

表 4.3b 鑽孔之試驗資料檔案及資料錄說明

系統名稱：港區土層分佈資料庫			日期： / /	
檔案名稱：(tag-key)			檔案格式：表格(.DBF)	
檔案說明：鑽孔之試驗資料				
編號	欄位名稱	欄位中文說明	資料型態及長度	備 註
1	Depth	深度	Decimal(6,2)	
2	Desc	土 / 岩層說明	Char(40)	
3	Class	土壤岩石分類	Char(10)	
4	Smpl_rate	取樣率	Decimal(3,0)	
5	Rqd	岩心完整性	Decimal(3,0)	
6	N_value	錘擊數	Decimal(3,0)	
7	Smpl_no	採樣編號	Char(5)	
8	Gravel_%	礫石含量	Decimal(3,0)	
9	Snad_%	砂土含量	Decimal(3,0)	
10	Silt_%	粉土含量	Decimal(3,0)	
11	Clay_%	黏土含量	Decimal(3,0)	
12	Water_cont	自然含水量	Decimal(5.1)	
13	LL	液性限度	Decimal(5.1)	
14	PI	塑性指數	Decimal(5.1)	
15	Unt_weight	總體單位重	Decimal(5.2)	
16	W_gravity	比重	Decimal(5.2)	
17	Void_ratio	孔隙比	Decimal(5.2)	
18	D ₁₀	10%通過粒徑	Decimal(7.4)	
19	D ₅₀	50%通過粒徑	Decimal(7.4)	
20	Other_test	其它試驗	Char(20)	

第五章 系統應用模組開發使用

5.1 資料處理及模組運用

一個開發了某段時日的地理資訊應用系統，通常都已存放了許多相關的資料，這些資料，可以直接查詢取得，或以 SQL 條件式選取方式找尋目標資料，以統計圖表的方式展示，或以主題圖的方式展繪，但這些都僅止於基本資料的展現。資料要變得有用，須能夠作專業性的分析推估，將原始資料，轉化成專業資訊，將分析結果迅速展現在查詢者眼前。本研究乃針對此目標，接續上一年度開發土壤液化模組分析臺中港的地質資料後，本年度針對高雄港的地質資料來處理，運用分析模組製作產出各項成果。

5.2 土壤液化評估方法

利用標準貫入試驗的錘擊數(即 SPT-N 值)來評估土壤液化潛能，是最常被使用的方法，目前許多國家的設計規範都以 SPT-N 值評估法為基本方法，這部份也有不同的學者提出自己的理論及經驗公式，本研究引用較常被使用的方法；如(1) Seed 簡易經驗法(1997 NCEER Workshop)、(2) Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法(1983)、(3) 日本道路協會簡易經驗法(1996)、(4) Liao 液化機率分析法(1988)與(5) Lai 之判別分析法(2002)來進行分析，相關方法說明如下：

5.2.1 Seed 簡易經驗法

本方法首先由 Seed 與 Idriss (1971) 所提出；再根據震災案例與其經驗，Seed et al. (1983) 提出修正，考慮平均粒徑 (D_{50}) 對土層液化潛能影響；而於 1985 年 Seed 等人根據美國西部、阿拉斯加、日本、中國大陸與南美地區等地之液化與非液化資料，將 D_{50} 之影響改以細料含量 (Fines Content) 作為修正後，如圖 5-1 所示，才較為完善；此法

廣泛應用於美國地區，並納入 AASHTO 規範中。而 1997 NCEER Workshop 針對本分析法進行修正，並提出數個迴歸公式取代原本查閱圖表之方法，使本法對於工程界之實用性更行提高。

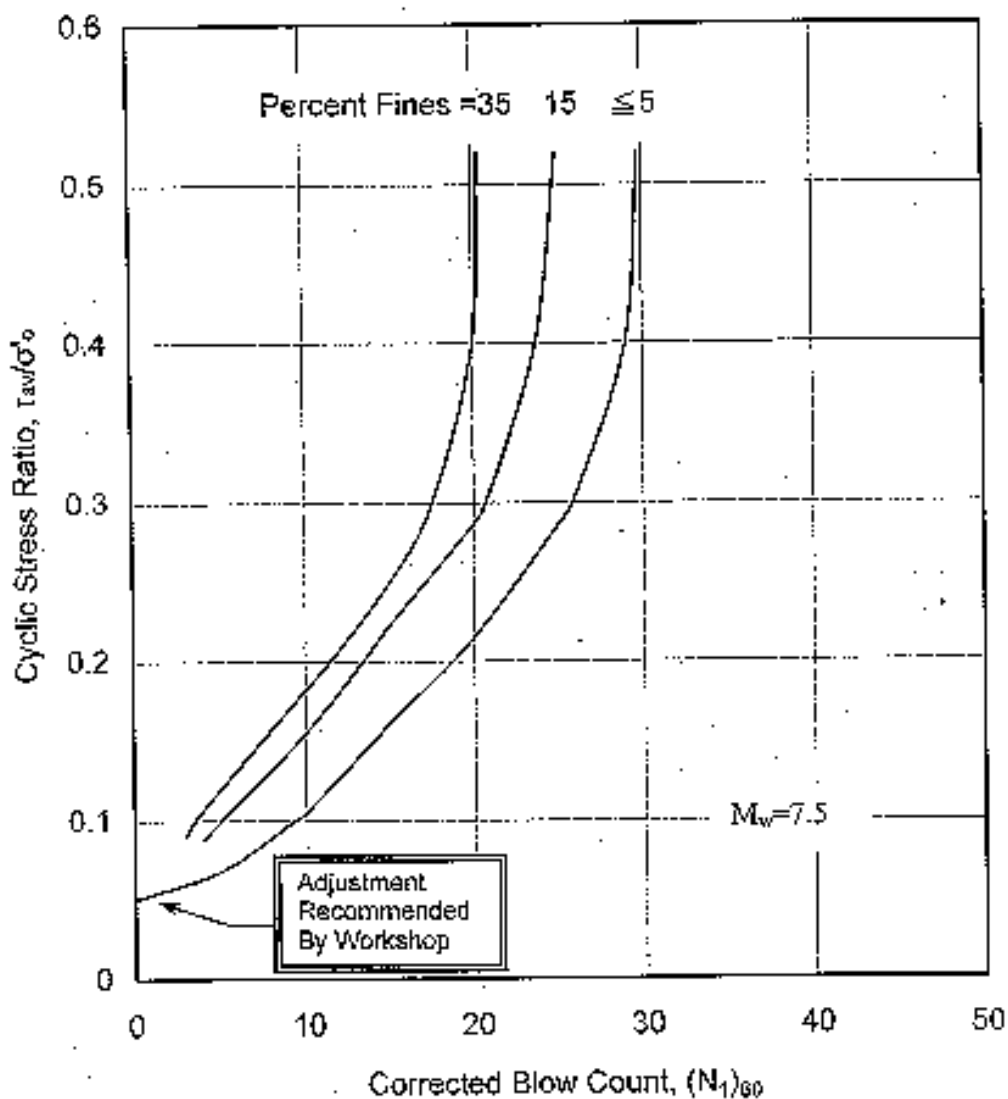


圖 5-1 地震規模 $M_w=7.5$ 時，不同細料含量之液化阻抗與 $(N_1)_{60}$ 關係
(修正自 Seed 等人，1985)

當地震來臨時，土層中剪應力主要為受到地盤向上傳遞之剪力波影響所致，因此首先假設深度 h 之土壤柱體為一剛性體，且最大地表加速度為 $a_{\max}$ ，則該土柱體底端之最大剪應力如圖 5-2 所示：

$$(\tau_{\max})_{\gamma} = \gamma \cdot h \cdot \frac{a_{\max}}{g} \dots\dots\dots (5-1)$$

式中， γ 為土壤單位重

h 為土層深度

$a_{\max}$ 為水平地表最大加速度

g 為重力加速度

$(\tau_{\max})_{\gamma}$ 為將土壤視為剛性體時之最大剪應力

但於土壤柱體受力時，如同一變形體，因此深度 h 之實際應力 $(\tau_{\max})_d$ 應小於 $(\tau_{\max})_{\gamma}$ ，以下式表示：

$$(\tau_{\max})_d = \gamma_d \cdot (\tau_{\max})_{\gamma} \dots\dots\dots (5-2)$$

式中， γ_d 為應力折減係數，為深度的函數，係根據 Blake (1998) 所提出之 γ_d 平均值建議公式，如 5-3 式所示：

$$\gamma_d = \frac{1.000 - 0.4113 z^{0.5} + 0.04052 z + 0.001753 z^{1.5}}{1.000 - 0.4177 z^{0.5} + 0.05729 z - 0.006205 z^{1.5} + 0.001210 z^2} \dots\dots (5-3)$$

$(\tau_{\max})_d$ 為地盤反應計算所求得深度 h 處之最大剪應力

實際地震發生時，地盤內所產生之震動波形極為複雜，故研判時多以 $(\tau_{\max})_d$ 之 65% 的剪應力為等值平均剪應力 (equivalent uniform average shear stress)。因此，等值平均反覆應力比 $\left(\frac{\tau_{ave}}{\sigma'_o}\right)$ 為：

$$\left(\frac{\tau_{av}}{\sigma'_o}\right)_{eq} = \left(\frac{\tau}{\sigma'_o}\right)_L = 0.65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \cdot \gamma_d \dots\dots\dots (5-4)$$

式中， τ_{ave} 為等值平均反覆剪應力

σ_o 為垂直覆土壓力

σ'_v 為有效垂直覆土壓力

$a_{\max}$ 為水平地表最大加速度

g 為重力加速度

γ_d 為應力折減係數，如式 3-3 所示

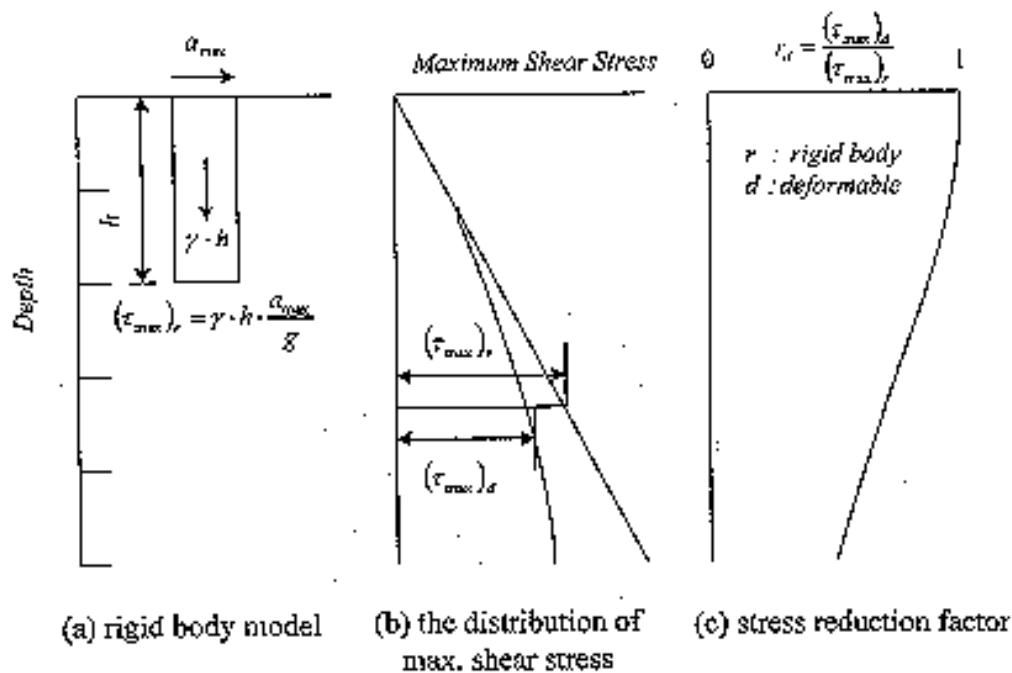


圖 5-2 應力折減係數 γ_d 的由來 (Seed 與 Idriss, 1971)

當相同土壤承受不同圍壓時，所得之標準貫入試驗 N 值亦將不同，再加上不同國家於施作標準貫入試驗之鑽桿能量亦不盡相同；因此必須對 N 值進行覆土壓修正，並於使用不同分析方法時，亦需考慮其不同之鑽桿能量比，使其符合各模式之基本資料型態，以免導致誤用與分析錯誤。各種 SPT- N 值簡易經驗法之綜合比較如表 5-1 所示，而 Seed 簡易法之鑽桿能量基準值為 60%，經此覆土壓與鑽桿能量修正後之 N 值為 $(N_1)_{60}$ ，如式 5-5 所示：

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot N \cdot \left(\frac{ER}{60} \right) \dots\dots\dots (5-5)$$

式中， $(N_1)_{60}$ 為經覆土壓修正與鑽桿能量修正後之 N 值

C_N 為覆土壓修正因子 (Overburden Stress Correction Factor)

N 為現地標準貫入試驗所得之 N 值

$\frac{ER}{60}$ 為能量修正係數

本文於 Seed 簡易經驗法中採用之覆土壓力修正因子為 Liao (1986) 所建議之公式計算而得，如式 5-6 所示，而 C_N 值之範圍，介定於 0.5 到 1.6 之間；而鑽桿能量比 (Energy Ratio) 乃參考亞新工程顧問公司於員林地區施作落錘能量檢測之結果，如圖 5-3 所示，其所建議之經驗公式，如式 5-6 所示：

$$C_N = \sqrt{\frac{P_a}{\sigma'_o}} \dots\dots\dots (5-6)$$

$$ER(\%) = 30 \cdot \frac{z}{11} + 50 \quad \text{for } z \leq 11 \text{ meters} \dots\dots\dots (5-7a)$$

$$ER(\%) = 80 \quad \text{for } z \geq 11 \text{ meters} \dots\dots\dots (5-7b)$$

式中， P_a 為 100kPa

σ'_o 為有效垂直覆土壓力

ER 為鑽桿能量比

z 為分析土層之深度 (meters)

表 5-1 SPT-N 值簡易液化評估法之比較
(參考黃富國等 , 1999)

		Seed	T&Y	JRA96	Liao
地震參數		PGA , M	PGA , M	PGA	PGA , M
土壤參數		N , FC	N , FC , γ	N , D50 , FC	N , FC
鑽桿能量比%		60	80	72	60
動態強度	循環次數	15	15	-	-
	振幅應變	5%	2.5~7.5%	-	-
剪應力特性		等值剪應力	等值剪應力	最大剪應力	-
方法特性		半經驗法	半經驗法	半經驗法	機率統計法
安全係數		1.25~1.5	疏鬆砂土層 N ₁ < 10, 取 1.5 中等緊密砂至 緊砂, 取 1.3	1.0	發生機率 0~1

由 $(N_1)_{60}$ 與反覆應力比之關係，包含細粒料修正關係，如圖 5-1 所示，可估計出地震規模 $M_w = 7.5$ 時，引起液化的反覆阻抗比 $(CRR_{7.5})$ ；為改善此查圖之步驟，1997 NCEER Workshop 亦根據圖 5-1 之趨勢建議一迴歸公式計算土層之抗液化強度，方便工程師使用。但若地震規模不為 7.5 時，則需乘以由 Idriss (1998) 建議之參數 MSF (Magnitude Scaling Factor) 修正至地震規模 M_w 為 7.5，始能套用於此模式下土層液化阻抗之計算；

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \dots\dots\dots (5-8)$$

$$CRR_{7.5} = \frac{a + cx + ex^2 + gx^3}{1 + bx + cx^2 + fx^3 + hx^4} \dots\dots\dots (5-9)$$

式中：M 為地震規模（Moment Magnitude）

$$x \text{ 為 } (N_1)_{60cs}, (N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60} \dots\dots\dots (5-10)$$

$$\alpha = \begin{cases} 0 & \text{for } FC \leq 5\% \\ \exp[1.76 - (190/FC^2)] & \text{for } 5\% < FC < 35\% \\ 5.0 & \text{for } FC \geq 35\% \end{cases}$$

$$\beta = \begin{cases} 1.0 & \text{for } FC \leq 5\% \\ [0.99 + (FC^{1.5}/1000)] & \text{for } 5\% < FC < 35\% \\ 1.2 & \text{for } FC \geq 35\% \end{cases}$$

a = 0.048 ; b = -0.1248 ; c = -0.004721 ; d = 0.009578 ;

e = 0.0006136 ; f = -0.0003285 ; g = -1.673E-05 ; h = 3.714E-06

最後計算該土層之抗液化安全係數如 5-11 式所示，其分析流程如圖 5-4 所示：

$$FS = \frac{CRR_{7.5} \cdot MSF}{CSR} \dots\dots\dots (5-11)$$

式中， $CRR_{7.5}$ 為地震規模 7.5 時土層抗液化反覆阻抗比

CSR 為設計地震規模下之土層反覆剪應力比

MSF 為 Magnitude Scaling Factor，如式 5-8 所示。

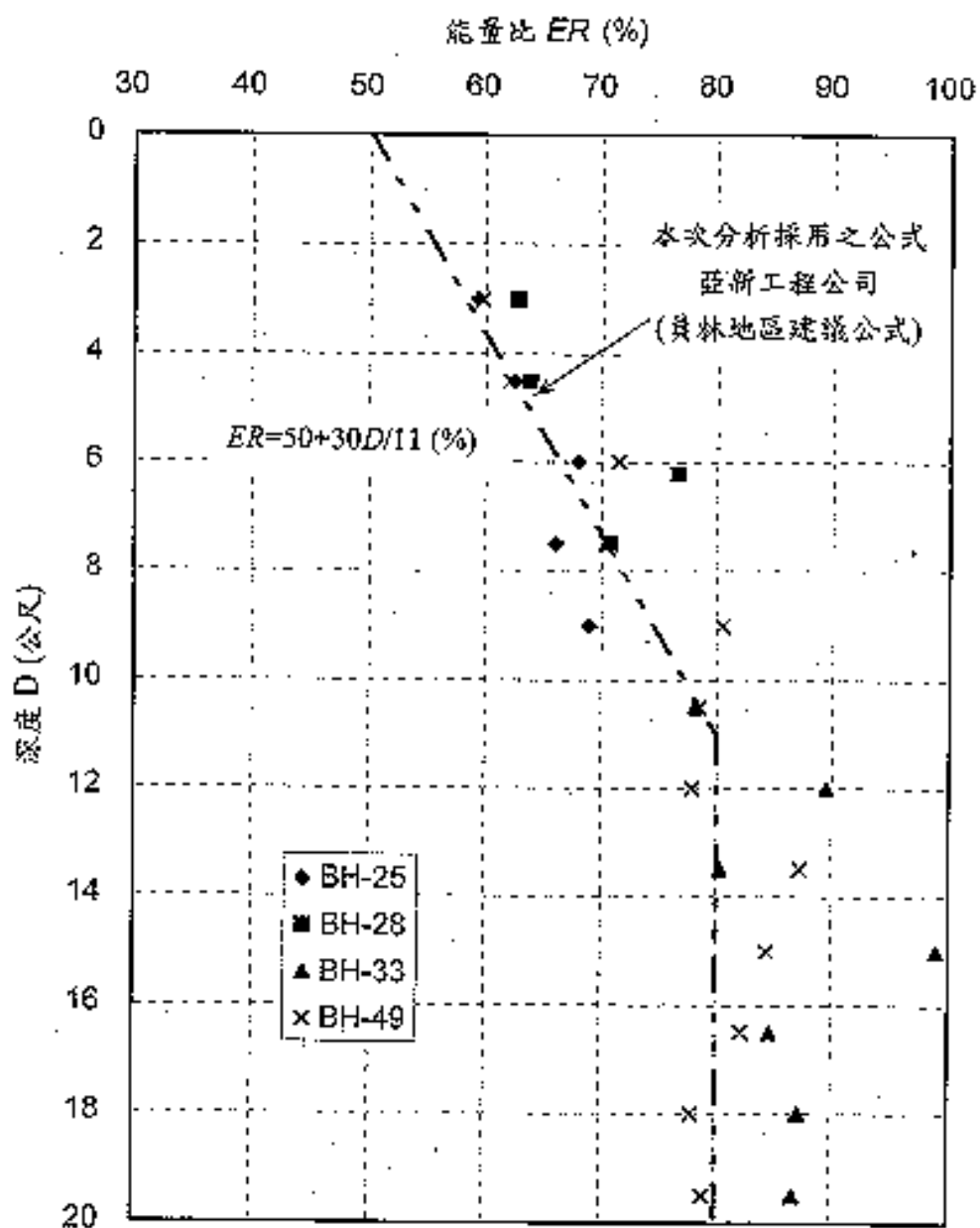


圖 5-3 標準貫入試驗打擊能量比與深度之關係
(亞新工程顧問公司, 2000)

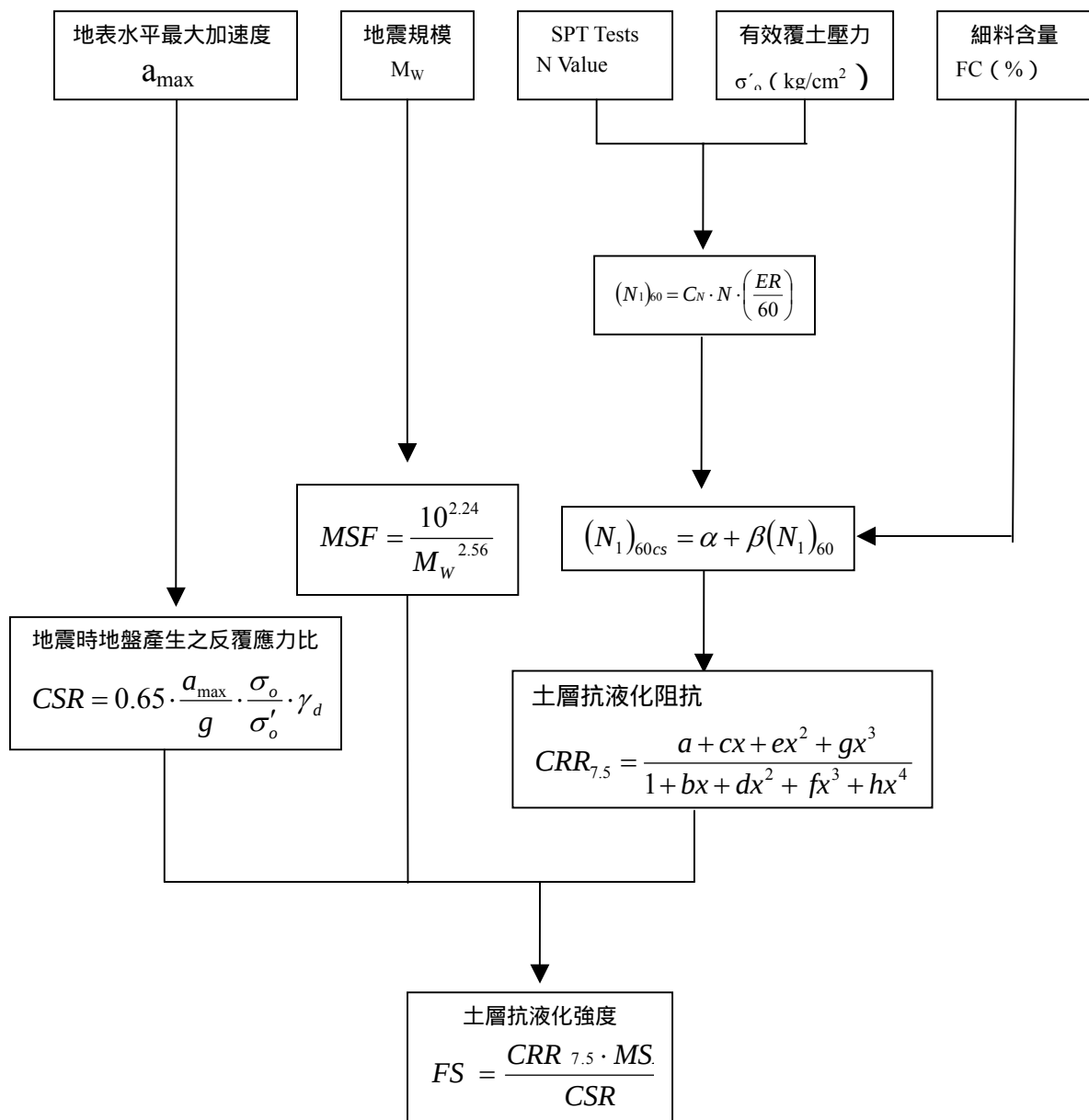


圖 5-4 Seed 簡易經驗法 (1997NCEER Workshop) 分析流程

5.2.2 Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法

本法為東京工業大學 Tokimatsu 與 Yoshimi 教授於 1983 年提出，為根據日本過去 10 次地震約 70 個地區案例，與世界各國約 20 個發生液化與非液化地區案例；此法略經修改後，近年來已納入日本建築學會與原子能委會之設計規範中。本簡易經驗法於土壤抗液化強度評估

上，主要是依據現地冰凍法所取得之不擾動試體土樣與傳統試體土樣，進行試驗室反覆三軸試驗，求出砂性土壤於不同相對密度（ $D_r = 50\sim 85\%$ ），在反覆振動作用 15 次下，產生雙向剪應變振幅分別為 2.5%、5%與 7%時的初始液化反覆剪應力比，並依據 Meyerhof (1957) 建議之標準貫入試驗 N 值與相對密度 D_r (%) 之關係式：

$$D_r = 21 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_o + 0.7}} \dots\dots\dots (5-12)$$

將 5-12 式轉換成可由現地土層深度之標準貫入試驗 N 值，求取砂土之抗液化強度：

$$\left(\frac{\tau}{\sigma'_o} \right)_R = a \cdot C_r \left[\frac{16\sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right] \dots\dots\dots (5-13)$$

$$N_a = (N_1)_{80} + \Delta N_f \dots\dots\dots (5-14)$$

$$(N_1)_{80} = \left(\frac{1.7}{\sigma'_o + 0.7} \right) N \cdot \left(\frac{ER}{80} \right)$$

$$\begin{aligned} \Delta N_f &= 0 && \text{for } FC \leq 5 \\ &= FC - 5 && \text{for } 5 \leq FC \leq 10 \\ &= 0.1 \cdot FC + 4 && \text{for } 10 \leq FC \end{aligned}$$

式中，a 為迴歸係數 0.45

C_r 為試驗室液化強度修正至現地液化強度之修正係數 0.57

n 為迴歸係數 14

N 為現地標準貫入試驗 N 值

$(N_1)_{80}$ 為經有效覆土壓力與鑽桿能量為 80%時修正之 N 值

ER 之計算如式 5-7 所示

σ'_o 為有效垂直覆土壓力 (kg/cm²)

ΔN_f 為細粒料含量修正係數。

C_s 為剪應變振幅係數 , $C_s = 80 \sim 90$, 若為大區域破壞時
Tokimatsu 與 Yoshimi 建議採 $C_s = 75$

C_s 之數值大小 , 應視現地液化時之破壞剪應變量大小而定 , 但 Tokimatsu 與 Yoshimi (1983) 並未明確給予量化固定值 , 僅依據現地土壤不擾動試體與重塑試體之反覆三軸試驗及單剪試驗結果 , 定出 C_s 值為 80~90 , 且建議在現場大區域破壞時 , C_s 取 75。

設計地震規模 M 對於現地工址於地面下深度 z 處土體 , 所受之平均反覆應力比為下式所示 :

$$CSR = (\tau_{ave}/\sigma'_o)_L = 0.1 \cdot (M - 1) \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \cdot \gamma_d \dots\dots\dots (5-15)$$

式中 , M 為芮氏地震規模

σ_o 為該深度土壤之垂直覆土壓力 (kg/cm²)

σ'_o 為該深度土壤之有效垂直覆土壓力 (kg/cm²)

a_{max} 為最大地表加速度 (g)

g 為重力加速度

γ_d 為應力折減係數 , 為土層深度 $z(m)$ 的函數 $\gamma_d = 1 - 0.015z$
計算安全係數如下式所示 , 其分析流程如圖 5-5 所示 :

$$F_L = \frac{\left(\tau / \sigma'_o \right)_R}{\left(\tau_{ave} / \sigma'_o \right)_L} \dots\dots\dots (5-16)$$

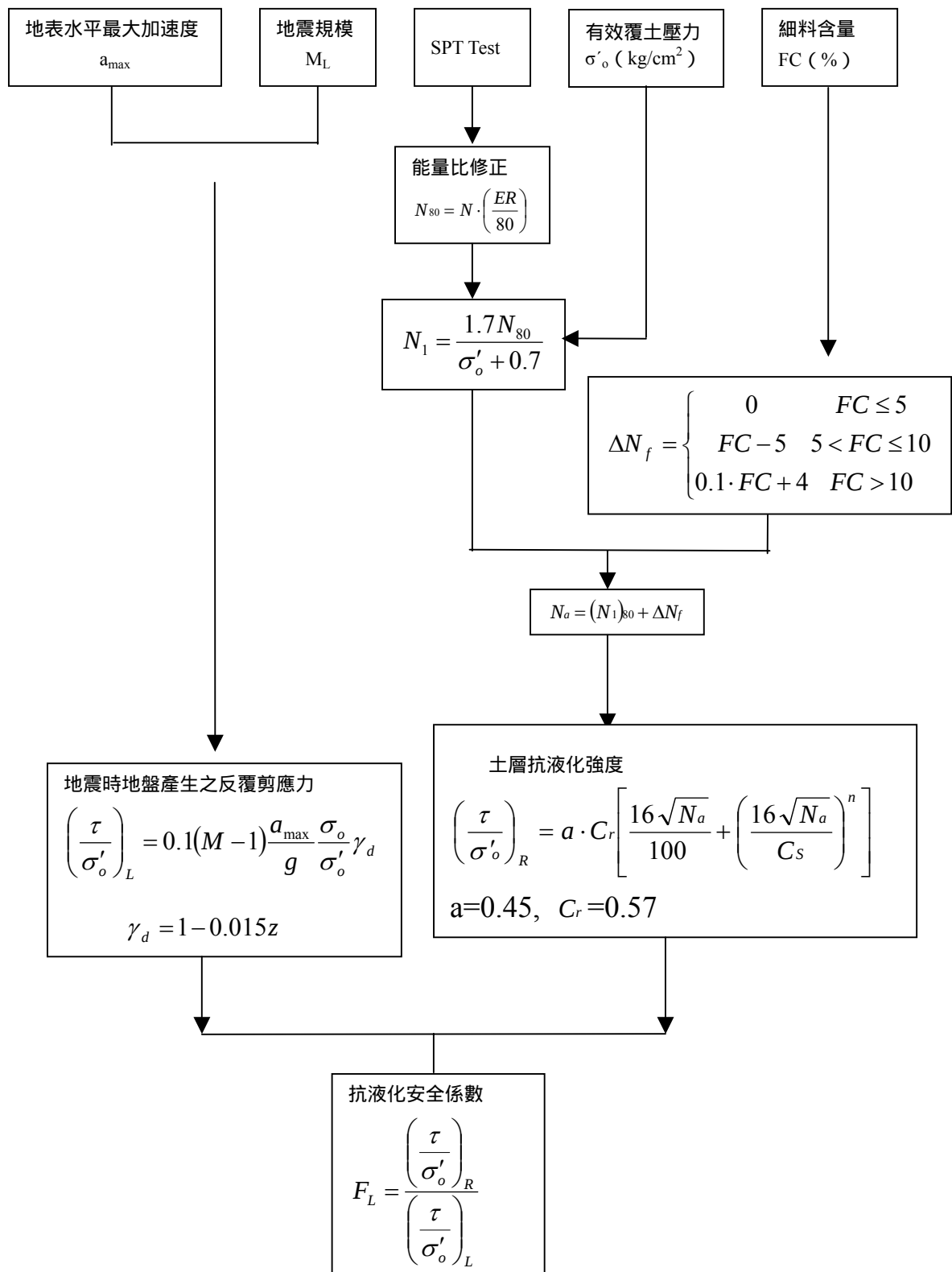


圖 5-5 Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法 (1983) 分析流程

5.2.3 日本道路橋協會簡易經驗法

1995 年日本阪神地震後，日本道路橋協會將此次地震液化經驗與學者相關研究結果整合後，重新擬定新的土壤液化潛能分析方法；而內政部建築研究所之研究計畫成果報告「建築技術規則建築構造設計規範（含解說）」（1998）有關液化評估方法，則已介紹日本道路橋協會簡易經驗法（JRA，1996）。規範中規定於下列情況下，須進行土壤液化潛能之判定：如（1）土層為沖積砂質土；（2）地下水位在地表面下 10m 以內且深度在 20m 以內；（3）土壤本身細料含量 $FC \leq 30\%$ 或塑性指數 $PI \leq 15$ ；（4）其平均粒徑 $D_{50} \leq 10\text{mm}$ 且 $D_{10} \leq 1\text{mm}$ ；其分析方法概述如下，分析流程如圖 5-6 所示。

首先計算地震力強度 L ，如式 5-17 所示：

$$L = \gamma_d \times k_{hc} \times \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \dots\dots\dots (5-17)$$

式中， L 為地震時地層之最大反覆剪應力比

σ_o 為垂直總覆土壓力（ kg/cm^2 ）

σ'_o 為垂直有效覆土壓力（ kg/cm^2 ）

γ_d 為應力折減係數， $\gamma_d = 1 - 0.015z$

k_{hc} 為設計水平震度係數

現地土層最大反覆抗液化強度比 R 如下：

$$R = c_w R_L \dots\dots\dots (5-18)$$

	$C_w = 1.0$	$(R_L \leq 0.1)$
式中，	$C_w = 3.3R_L + 0.67$	$(0.1 < R_L \leq 0.4)$
	$C_w = 2.0$	$(0.4 < R_L)$

$$R_L = 0.0882 \sqrt{\frac{N_a}{1.7}} \quad (N_a < 14)$$

$$R_L = 0.0882 \sqrt{\frac{N_a}{1.7}} + 1.6 \times 10^{-6} \times (N_a - 14)^{4.5} \quad (14 \leq N_a)$$

砂質土：

$$N_a = c_1 (N_1)_{72} + c_2 \dots\dots\dots (5-19)$$

式中， $N_1 = 1.7 \times \frac{N}{(\sigma'_o + 0.7)}$

$$(N_1)_{72} = N_1 \cdot \left(\frac{ER}{72} \right)$$

$$c_1 = \begin{cases} 1 \dots\dots\dots (0 \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40)/50 \dots\dots\dots (10\% \leq FC < 60\%) \\ (FC/20) - 1 \dots\dots\dots (60\% \leq FC) \end{cases}$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 \dots\dots\dots (0 \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10)/18 \dots\dots\dots (10\% \leq FC) \end{cases}$$

礫質土：

$$N_a = [1 - 0.36 \times \log(D_{50}/2)] \times N_1 \dots\dots\dots (5-20)$$

式中： c_w ， c_1 ， c_2 為修正係數

FC 為土壤之細料含量（%）

N 為現地標準貫入試驗之 N 值

σ'_o 為土壤之有效覆土壓力（ kg/cm^2 ）

N_1 為經有效覆土壓力修正後之 N 值

$(N_1)_{72}$ 為經本規範規定之打擊能量 72% 修正後之 N 值評估土層之抗液化安全係數如式 5-21 所示：

$$F_L = \frac{R}{L} \dots\dots\dots (5-21)$$

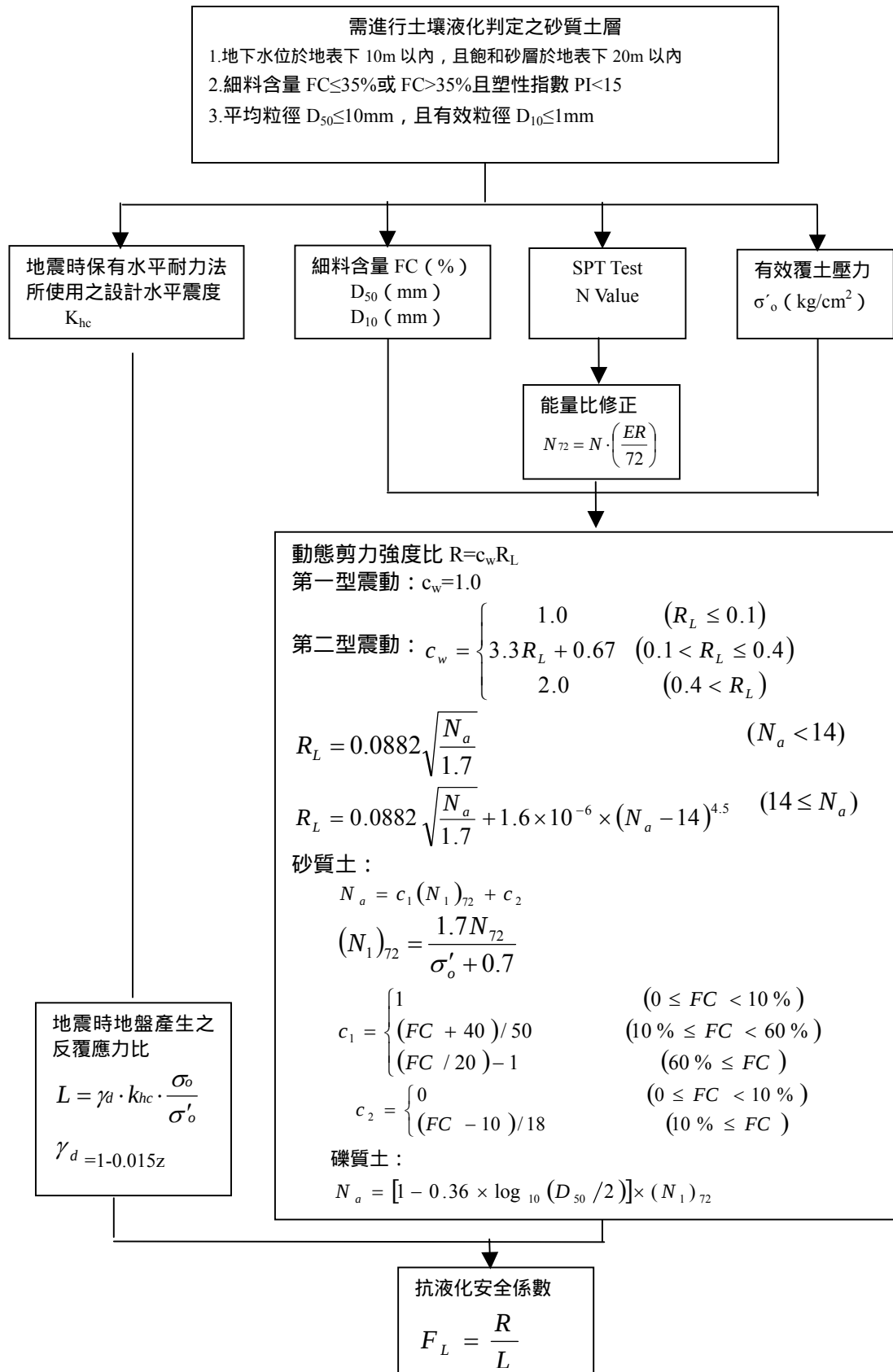


圖 5-6 日本道路橋協會簡易經驗法（1996）分析流程

5.2.4 Liao 液化機率分析方法

Liao et al. (1988) 以邏輯轉換 (Logic Transformation) 及最大似然性法 (Maximum Likelihood) 之推定分析, 將液化機率 P_L 表示成地震力參數及土壤特性參數之函數。Liao 蒐集了震災地區共 278 組 SPT 現場數據, 以邏輯迴歸方法進行分析, 建立以 SPT—N 值評估液化機之迴歸模式。此法之最大優點為允許更多影響液化特性之參數, 納入邏輯迴歸之評估中, 另一優點為能夠直接定量的表達工址可能發生液化之機率。

震災地區之 SPT 現場數據包括土壤抗液化之強度及地震引致土層之作用強度。地震引致土層的作用強度參數, 以無因次之反復應力比 τ_{av}/σ'_o 表示, 反復應力比為飽和砂土層因地震作用引起的平均剪應力 τ_{av} , 與砂土之有效覆土壓力 σ'_o 之比值, 此比值 Liao 乃根據 Seed et al. 之方法推求, 而以 SR 表示, 其計算式即為 5-4 式。

此法之土壤抗液化之強度參數以 SPT - N 值表示, 不過由於 SPT - N 值, 在鑽探時, 易受有效應力之影響。因此以現場資料和 SPT - N 值評估土壤液化潛能之前, 需將 N 值加以修正, 以求得抗液化強度之相關經驗式, 本參數 Liao 仍依據 Seed 之建議, 使用標準化參數 $(N_1)_{60}$ 值, 即將 SPT - N 值修正至有效覆土壓力為 1kg/cm^2 之正規化貫入值 N_1 , 再修正落錘能量為 60% 之正規化貫入值 $(N_1)_{60}$, 其計算式即為 5-5 式。

Liao, et al. (1988) 以 $SR = \tau_{av}/\sigma'_o$ 為地震力參數, 以 $(N_1)_{60}$ 為土壤液化特性參數, 所建立之液化機率 P_L 如下所示:

$$P_L = \frac{1}{\left\{1 + \exp\left[-\left(\beta_0 + \beta_1 \ln(SR) + \beta_2 (N_1)_{60}\right)\right]\right\}} \dots\dots\dots (5-22)$$

Liao, et al. (1988) 所蒐集世界各震災地區液化與非液化之 SPT 資料, 其中淨砂 ($FC \leq 12\%$) 有 182 組、泥砂 ($FC > 12\%$) 有 96 組、不分淨砂或泥砂之淨砂 / 泥砂共 278 組, 經其以邏輯迴歸法分析得液化

機率模式分別為：

1. 淨砂 (FC≤12%) 模式

$$P_L = \frac{1}{\{1 + \exp[-(16.447 + 6.4603 \ln(SR) - 0.3970(N_1)_{60})]\}} \dots\dots(5-23a)$$

2. 泥砂 (FC>12%) 模式

$$P_L = \frac{1}{\{1 + \exp[-(6.4831 + 2.6854 \ln(SR) - 0.1890(N_1)_{60})]\}} \dots\dots\dots(5-23b)$$

3. 不分淨砂、泥砂之淨砂 / 泥砂模式

$$P_L = \frac{1}{\{1 + \exp[-(10.167 + 4.1933 \ln(SR) - 0.24375(N_1)_{60})]\}} \dots\dots\dots(5-23c)$$

5.3 Lai(賴聖耀)之判別分析液化模式

賴聖耀(2003)利用判別分析(discriminant analysis)方法，依據所收集的 592 組國內外案例數據，(包括 Hwang et al. (2001)所蒐集 921 集集地震液化與非液化案例 288 組、Liao et al. (1988)所蒐集世界各國液化與非液化案例 278 組及 Boulanger et al.(1997)所蒐集美國 Loma Prieta 地震液化與非液化案例 26 組)，發展出一個以標準貫入試驗(SPT)評估土壤液化潛能之本土化及全球化分析模式。

以 SPT 評估土壤液化潛能之分析方法,須先建立土壤抗液化強度 XR 與 SPT-N 值之關係式或關係圖,欲求得 XR 與 SPT-N 值之關係，目前之統計方法約有三種：(1)判別分析法，(2)邏輯迴歸法，(3)最小錯誤分類法，由於各種方法皆各具特色及適用性，Lai 乃根據以上 592 組案例,利用多變數統計之判別分析方法，建立以標準貫入試驗值評估土壤液化潛能之判別模式，及其可能導致誤差判斷之機率。

5.3.1 判別分析

判別分析(discriminant analysis)是多變數統計分析之一個步驟，即將一群現地調查資料區分為兩個種類；就本文來講，是將地震區液化與非液化之 SPT 資料，加以統計分析求得適當之判別式區分液化與非液化兩個種類，以便能由工址之現地調查資料，評估工址之液化潛能，及其可能導致誤差判斷之機率。

依據 Christian & Swiger(1975)及賴聖耀(1990)之建議，進行判別分析之現地調查資料須符合三項假設，即：

1. 全部現地調查資料皆為隨機調查所得。
2. 判別分析之參數須符合常態分佈。
3. 現地調查資料兩種個別種類之變異性(variances)及相關性(correlation)須與全部調查資料之變異性、相關性相同。

若地震區液化與非液化之現地貫入試驗資料，符合上述三項假設，則其液化潛能之判別式，依 Christian & Swiger(1975)之意見，可表示如下式：

$$V = \left[X - \frac{1}{2}(\bar{X}_{\ell} + \bar{X}_{n\ell}) \right]^T S^{-1} (\bar{X}_{\ell} - \bar{X}_{n\ell}) \dots\dots\dots (5-24)$$

式中

V ：判別參數； $V \geq 0$ 表示非液化， $V < 0$ 表示液化。

X ：液化解釋參數之向量

$\bar{X}_{\ell}$ ：現地調查資料中，液化部分解釋參數平均值之向量，其中下標 ℓ 符號表示液化。

$\bar{X}_{n\ell}$ ：現地調查資料中，非液化部分解釋參數平均值之向量，其中下標 $n\ell$ 符號表示非液化。

S^{-1} ：全部調查資料變異性矩陣 S 之反矩陣。

由式(5-24)之判別分析，僅能尋找一條液化與非液化之理論分界曲線，本文以應用更廣泛之新的判別式(Lai, 1990)進行判別分析，新的判別式為式(5-24)結合誤差機率函數(function of probability of misclassification) $C(P)$ ，如式(5-25)所示，依此新的判別式可尋找數條液化與非液化之分界曲線，再依工程之重要程度，選擇較合理誤差機率函數之理想分界曲線。

$$V_p = \left[X - \frac{1}{2}(\bar{X}_\ell + \bar{X}_{n\ell}) \right]^T S^{-1} (\bar{X}_\ell - \bar{X}_{n\ell}) - C(P) \dots\dots\dots (5-25)$$

式中

V_p ：判別參數； $V_p \geq 0$ 表示非液化， $V_p < 0$ 表示液化，其中下標 P 符號表示誤差機率。

P ：誤差機率(probability of misclassification)

$C(P)$ ：誤差機率函數

式(5-24)及式(5-25)之液化解釋參數，包括地震強度解釋參數 SR ，及土壤抗液化強度之解釋參數 XR ，因此液化解釋參數之向量 X 可以下式表示：

$$X = \begin{Bmatrix} SR \\ XR \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (5-26)$$

現地調查資料中，液化部分解釋參數平均值 $\bar{X}_\ell$ 之向量可表示成下式：

$$\bar{X}_\ell = \begin{Bmatrix} \overline{SR}_\ell \\ \overline{XR}_\ell \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (5-27)$$

式中

$\overline{SR}_\ell$ ：液化部分地震強度解釋參數 SR_ℓ 之平均值。

$\overline{XR}_\ell$ ：液化部分土壤抗液化強度解釋參數 $\overline{XR}_\ell$ 之平均值。

而現地調查資料中，非液化部分解釋參數平均值 $\overline{X}_{n\ell}$ 之向量亦可表示成下式：

$$\overline{X}_{n\ell} = \left\{ \begin{matrix} \overline{SR}_{n\ell} \\ \overline{XR}_{n\ell} \end{matrix} \right\} \dots\dots\dots (5-28)$$

式中

$\overline{SR}_{n\ell}$ ：非液化部分地震強度解釋參數 $SR_{n\ell}$ 之平均值

$\overline{XR}_{n\ell}$ ：非液化部分土壤抗液化強度解釋參數 $XR_{n\ell}$ 之平均值

全部調查資料變異性矩陣 S 如下式所示：

$$S = \begin{bmatrix} \text{Var}(SR) & \text{Cov}(SR, XR) \\ \text{Cov}(SR, XR) & \text{Var}(XR) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (5-29)$$

式中

$\text{Var}(SR)$ ：地震強度解釋參數 SR 之變異數

$\text{Var}(XR)$ ：土壤抗液化強度解釋參數 XR 之變異數

$\text{Cov}(SR, XR)$ ： SR 與 XR 之協方差(covariance)

判別分析之判別式，除受液化解釋參數之影響，亦受誤差機率函數 $C(P)$ 之影響，而誤差機率 P ，並不是工址之液化機率，而是表示預測工址為非液化，事實上工址發生了液化之機率，亦即以該判別式區分液化與非液化有或然率 P 之可能誤差，其誤差機率之參數 α 如下式所示：

$$\alpha = (\overline{X}_\ell - \overline{X}_{n\ell})^T S^{-1} (\overline{X}_\ell - \overline{X}_{n\ell}) \dots\dots\dots (5-30)$$

而誤差機率函數 $C(P)$ 為誤差機率 P 及誤差機率參數 α 之函數，如下式所示：

$$C(P) = \sqrt{2\alpha} \operatorname{erf}^{-1}(1 - 2P) - \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (5-31)$$

式中

erf^{-1} ：為誤差函數 erf 之反函數

erf ：為誤差函數，其定義為：

$$\operatorname{erf}(Y) = \int_0^Y \frac{2}{\sqrt{\pi}} \exp(-X^2) dX \dots\dots\dots (5-32)$$

由以上之判別分析，可將現地之調查資料，加以統計分析，獲得適當之判別式 V_p ，其為地震強度解釋參數 SR 、土壤液化強度解釋參數 XR 及誤差機率函數 $C(P)$ 之函數，可表示成 $V_p = f[SR, XR, C(P)]$ ，以預測工址屬於液化或非液化，並說明該判別式可能導致誤差判斷之機率。

5.3.2 SPT 評估土壤液化潛能之參數

震災地區之 SPT 現場數據包括土壤抗液化之強度及地震引致土層之作用強度。地震引致土層的作用強度參數，以無因次之反復應力比 τ_{av}/σ'_o 表示，根據 Seed et al. (1985) 方法，反復應力比為飽和砂土層因地震作用引起的平均剪應力 τ_{av} ，與砂土之有效覆土壓力 σ'_o 之比值，並修正至地震規模 $M_w=7.5$ 以 $CSR_{7.5}$ 表示，其計算式如下所示：

$$CSR_{7.5} = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_o} = 0.65 \cdot \frac{\gamma d}{MSF} \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \dots\dots\dots (5-33)$$

其中，

$CSR_{7.5}$ ：修正至地震規模 $M_w=7.5$ 之反復應力比。

τ_{av} ：地震引致土層之平均剪應力， kg/cm^2 。

a_{max} ：地表最大水平加速度 m/sec^2 。

g ：重力加速度， m/sec^2 。

σ_o ：最初垂直覆土壓力， kg/cm^2 。

σ'_o ：有效覆土壓力， kg/cm^2 。

γ_d ：應力折減因數。

γ_m ：地震規模影響因素。

MSF：地震規模影響因素(Magnitude Scaling Factor)。

根據 Liao et al.(1988)所建議之土層深度 Z 與 γ_d 之關係式如下：

$$\begin{aligned}\gamma_d &= 1.0 - 0.00765Z, & Z &\leq 9.15 \text{ m} \\ &= 1.174 - 0.0267Z, & 9.15 \text{ m} < Z &\leq 23 \text{ m} \dots\dots\dots (5-34)\end{aligned}$$

根據 Idriss (1999)所建議之地震規模 M_w 與 MSF 之關係式如下：

$$\begin{aligned}\text{MSF} &= 37.9(M_w)^{-1.81} & \text{for } M_w > 5.75 \\ &= 1.625 & \text{for } M_w \leq 5.75 \dots\dots\dots (5-35)\end{aligned}$$

而土壤抗液化之強度參數以 SPT-N 值表示，不過由於 SPT-N 值，在鑽探時，易受有效應力及落錘能量之影響。因此以現場資料和 SPT-N 值評估土壤液化潛能之前，需將 N 值加以修正，本文以 Seed et al.(1985)建議使用一個新的標準化參數 $(N_1)_{60}$ 值其為進行標準貫入試驗時，施加於鑽桿之能量，為理論自由落錘能量之 60%所量測的貫入值。根據此提議， $(N_1)_{60}$ 值應為：

$$(N_1)_{60} = N_m \cdot C_n \cdot N \dots\dots\dots (5-36)$$

其中，

$(N_1)_{60}$ ：修正至落錘能量為 60%之正規化貫入值。

N_m ：落錘能量之修正係數， $N_m = (ER/60)$ ，ER 為落錘能量比(%)。

C_n ：有效覆土壓力之修正係數，依 Liao & Whitman(1986)之建議，

$$C_n = \sqrt{1/\sigma'_o} \quad , \quad \sigma'_o \text{ 為有效覆土壓力，kg/cm}^2。$$

N：標準貫入試驗值。

文內之 921 地震液化與非液化案例 288 組資料之落錘能量比 (Energy Ratio)，乃參考亞新工程顧問公司(2000)於員林地區施作落錘能量檢測之結果，其經驗公式如下所示：

$$ER=30*(Z/11)+50 \quad \text{for } Z \leq 11\text{m} \dots\dots\dots (5-37)$$

$$ER=80 \quad \text{for } Z>11\text{m} \dots\dots\dots (5-38)$$

5.3.3 SPT 評估液化潛能之判別模式

欲建立 SPT 評估液化潛能之判別式，首需檢視 SPT 資料是否符合判別分析之三項假設，本文以世界各震災區共 592 組資料進行檢定分析，由於 Lai 所蒐集之 SPT 資料為世界各地震區之調查結果，因此假設其屬於隨機資料，而液化參數之變異性、相關性及機率分佈之檢定，說明如下：

Lai 分別以 $0\% \leq FC \leq 10\%$ 、 $10\% \leq FC \leq 20\%$ 、 $20\% \leq FC \leq 30\%$ 與、 $30\% \leq FC \leq 40\%$ 等四組資料進行或然率圖檢定及統計分析，這些資料經或然率圖檢定，其結果顯示：SPT 試驗之 $\sqrt{(N_1)_{60}}$ 值符合常態分佈，而反復應力比 $CSR_{7.5}$ 符合對數常態分佈，因此若將反復應力比取對數 $\ln(CSR_{7.5})$ 即符合常態分佈。經統計分析， $\sqrt{(N_1)_{60}}$ 、 $\ln(CSR_{7.5})$ 兩解釋參數之液化、非液化與全部資料之變異係數相當一致，而 $\sqrt{(N_1)_{60}}$ 與 $\ln(CSR_{7.5})$ 之相關性，由液化、非液化與全部資料之相關係數，亦大致一致。

因此，Lai 以 $\sqrt{(N_1)_{60}}$ 為土壤抗液化強度之解釋參數，以 $\ln(CSR_{7.5})$ 為地震強度之解釋參數，根據第二節之判別分析，可得液化潛能之判別式，如式(5-39)所示：

$$\begin{aligned}
V_p = & \left[\left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\} - \frac{1}{2} \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{liq} + \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{non-liq} \right]^T \\
& \cdot \left[\begin{array}{cc} \text{Var}(\sqrt{(N_1)_{60}}) & \text{Cov}[\sqrt{(N_1)_{60}}, \ln(CSR_{7.5})] \\ \text{Cov}[\sqrt{(N_1)_{60}}, \ln(CSR_{7.5})] & \text{Var}[\ln(CSR_{7.5})] \end{array} \right]^{-1}_{liq. \text{ and } non-liq} \\
& \cdot \left[\left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{liq} - \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{non-liq} \right] - C(P)
\end{aligned} \quad ..(5-39)$$

誤差機率參數 α , 如式(5-40)

$$\begin{aligned}
\alpha = & \left[\left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{liq} - \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{non-liq} \right]^T \\
& \cdot \left[\begin{array}{cc} \text{Var}(\sqrt{(N_1)_{60}}) & \text{Cov}[\sqrt{(N_1)_{60}}, \ln(CSR_{7.5})] \\ \text{Cov}[\sqrt{(N_1)_{60}}, \ln(CSR_{7.5})] & \text{Var}[\ln(CSR_{7.5})] \end{array} \right]^{-1}_{liq. \text{ and } non-liq} \\
& \cdot \left[\left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{liq} - \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{non-liq} \right]
\end{aligned} \quad(5-40)$$

Lai 分別建立 $0\% \leq FC \leq 10\%$ 、 $10\% \leq FC \leq 20\%$ 、 $20\% \leq FC \leq 30\%$ 與、 $30\% \leq FC \leq 40\%$ 等四組 SPT 評估土壤液化潛能之判別模式，其分析結果如下所示：

模式一： $0\% \leq FC \leq 10\%$ 之液化判別模式

世界各震災區共 592 組資料，分析得 $0\% \leq FC \leq 10\%$ 之液化資料 58 組、非液化資料 70 組，進行判別分析得判別模式，如下式所示：

$$V_p = 0.9450876 \cdot \sqrt{(N_1)_{60}} - 2.406358 \cdot \ln(CSR_{7.5}) - 7.802606 - C(p) \dots (5-41)$$

其誤差機率參數 $\alpha = 1.917175$

其誤差機率函數 $C(P)$ ，如下式所示：

$$C(P) = 1.95815 \cdot \operatorname{erf}^{-1}(1 - 2P) - 0.9585875 \dots\dots\dots (5-42)$$

模式二：10% ≤ FC ≤ 20% 之判別模式

世界各震災區共 592 組資料，分析得 10% ≤ FC ≤ 20% 之液化資料 77 組、非液化資料 95 組，進行判別分析得判別模式，如下式所示：

$$V_p = 1.107534 \cdot \sqrt{(N_1)_{60}} - 2.245728 \cdot \ln(CSR_{7.5}) - 8.116554 - C(p) \dots\dots (5-43)$$

其誤差機率參數 $\alpha = 2.354608$

其誤差機率函數 $C(P)$ ，如下式所示：

$$C(P) = 2.170073 \cdot \operatorname{erf}^{-1}(1 - 2P) - 1.177304 \dots\dots\dots (5-44)$$

模式三：20% ≤ FC ≤ 30% 之判別模式

世界各震災區共 592 組資料，分析得 20% ≤ FC ≤ 30% 之液化資料 64 組、非液化資料 32 組，進行判別分析得判別模式，如下式所示：

$$V_p = 0.8621721 \cdot \sqrt{(N_1)_{60}} - 1.503677 \cdot \ln(CSR_{7.5}) - 5.65012 - C(p) \dots\dots (5-45)$$

其誤差機率參數 $\alpha = 2.171423$

其誤差機率函數 $C(P)$ ，如下式所示：

$$C(P) = 2.08395 \cdot \operatorname{erf}^{-1}(1 - 2P) - 1.085711 \dots\dots\dots (5-46)$$

模式四：30% ≤ FC ≤ 40% 之液化判別模式

世界各震災區共 592 組資料，分析得 30% ≤ FC ≤ 40% 之液化資料 37 組、非液化資料 29 組，進行判別分析得判別模式，如下式所示：

$$V_p = 0.8938813 \cdot \sqrt{(N_1)_{60}} - 1.403875 \cdot \ln(CSR_{7.5}) - 5.443882 - C(p) \dots\dots (5-47)$$

其誤差機率參數 $\alpha=2.078286$

其誤差機率函數 $C(P)$ ，如下式所示：

$$C(P) = 2.038767 \cdot \operatorname{erf}^{-1}(1-2P) - 1.039143 \dots\dots\dots (5-48)$$

為了使工程界瞭解判別模式之應用，分別將 $0\% \leq FC \leq 10\%$ 、 $10\% \leq FC \leq 20\%$ 、 $20\% \leq FC \leq 30\%$ 與、 $30\% \leq FC \leq 40\%$ 等四組判別模式，繪製於圖 5-7~圖 5-10，並以誤差機率函數 $C(P)=0$ 即液化與非液化誤差機率相等之判別式，劃於圖 5-11 互相比較，並進行統計迴歸，以 $CRR_{7.5} = CSR_{7.5}$ ，則抗液化強度 $CRR_{7.5}$ 與 $(N_1)_{60}$ 之關係如下式：

$$CRR_{7.5} = \exp[(0.3865548 + 0.0072398 \cdot FC) \sqrt{(N_1)_{60}} - (3.3597395 + 0.0186297 \cdot FC - 0.0001093 \cdot FC^2)] \dots\dots\dots (5-49)$$

理論上，以誤差機率函數 $C(P)=0$ 為判別式較合理，其誤差機率 p 約為 0.2，但工程實務上常以較保守之誤差機率為判別式，因此本文將誤差機率 $p=0.15$ 之判別式，亦劃於圖 5-12 互相比較，並進行統計迴歸，則抗液化強度 $CRR_{7.5}^*$ 與 $(N_1)_{60}$ 之關係如式如下：

$$CRR_{7.5}^* = \exp[(0.3865548 + 0.0072398 FC) \sqrt{(N_1)_{60}} - (3.6762598 + 0.0150227 FC + 0.0020571 FC^2 - 0.0000343 FC^3)] \dots\dots\dots (5-50)$$

由圖 5-11 及圖 5-12 $C(P)=0$ 、 $p=0.15$ 之判別式皆可發現：在相同之 $(N_1)_{60}$ ，抗液化強度反復應力比 $CRR_{7.5}$ 之大小分別為： $30\% \leq FC \leq 40\%$ 最大、 $20\% \leq FC \leq 30\%$ 次之、 $10\% \leq FC \leq 20\%$ 再次之、 $0\% \leq FC \leq 10\%$ 最小，與實際之土壤情況極為吻合；但於 $(N_1)_{60} \leq 5$ (以 $C(P)=0$ 為判別式) 及於 $(N_1)_{60} \leq 8$ 時 (以 $p=0.15$ 為判別式)，其各種土壤之抗液化強度反復應力比 $CRR_{7.5}$ 皆相當接近。

以上述 $C(P)=0$ 為判別式分析液化潛能，其土壤之抗液化強度， $CRR_{7.5}$ ，以式(5-49)計算，地震引致土層之作用強度， $CSR_{7.5}$ ，以式(5-33)計算，其抗液化之安全係數， F_s ，如下所示：

$$F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5} \dots\dots\dots (5-51)$$

以較保守之 $p=0.15$ 為判別式分析液化潛能,其土壤之抗液化強度, $CRR_{7.5}^*$, 以式(5-50)計算, 地震引致土層之作用強度, $CSR_{7.5}$, 以式(5-33)計算, 其抗液化之安全係數, F_s^* , 如下所示:

$$F_s^* = CRR_{7.5}^* / CSR_{7.5} \dots\dots\dots (5-52)$$

5.3.4 Lai 之液化機率模式

以判別模式分析液化潛能, 僅能計算土壤抗液化之安全係數, F_s 、 F_s^* 。本文進一步以貝氏定理(Juang et al., 1999) 分析土壤液化機率, 其分析方法如下式所示:

$$P_{LB} = \frac{f_L(F_s)}{f_L(F_s) + f_{NL}(F_s)} \dots\dots\dots (5-53)$$

式中:

P_{LB} : 貝氏定理分析之土壤液化機率。

$f_L(F_s)$: 為液化案例安全係數 F_s 之機率密度函數。

$f_{NL}(F_s)$: 為液化案例安全係數 F_s 之機率密度函數。

本文以式(5-49)至式(5-52)之判別模式,計算液化及非液化案例, 獲得 F_s 及 F_s^* , 這些資料經或然率圖檢定, 其結果如圖 5-13 至圖 5-14 所示, 由圖 5-13 液化案例安全係數 F_s 、 F_s^* 之或然率圖檢定顯示, 液化案例之 $\sqrt{F_s}$ 、 $\sqrt{F_s^*}$ 值符合常態分佈, 由圖 5-14 非液化案例安全係數 F_s 、 F_s^* 之或然率圖檢定顯示, 非液化案例之 F_s 、 F_s^* 值符合對數常態分佈, 因此液化案例安全係數之機率密度函數, $f_L(F_s)$ 、 $f_L(F_s^*)$, 可表示如下式:

$$f_L(F_s) = \frac{1}{0.188 * \sqrt{8\pi * F_s}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{F_s} - 0.763}{0.188} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (5-54)$$

$$f_L(F_S^*) = \frac{1}{0.171 * \sqrt{8\pi * F_S^*}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{F_S^*} - 0.678}{0.171} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (5-55)$$

非液化案例安全係數之機率密度函數， $f_{NL}(F_S)$ 、 $f_{NL}(F_S^*)$ ，可表示如下式：

$$f_{NL}(F_S) = \frac{1}{0.511 * F_S * \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(F_S) - 0.485}{0.511} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (5-56)$$

$$f_{NL}(F_S^*) = \frac{1}{0.513 * F_S^* * \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(F_S^*) - 0.260}{0.513} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (5-57)$$

將式(5-54)-式(5-57)代入式(5-53) 之貝氏定理，分析液化及非液化案例，獲得 (P_{LB}, F_S) 及 (P_{LB}^*, F_S^*) ，並以迴歸分析建立抗液化安全係數與液化機率之關係，如式(5-58)-式(5-59)及圖 5-15($R^2=0.99$, $R^{*2}=0.99$)所示：

$$P_{LB} = \frac{1}{1 + 0.6(F_S)^3 + 0.4(F_S)^8} \dots\dots\dots (5-58)$$

$$P_{LB}^* = \frac{1}{1 + 1.5(F_S^*)^3 + 1.9(F_S^*)^8} \dots\dots\dots (5-59)$$

由圖 5-15 顯示，以 $C(P)=0$ 為判別式，建立之抗液化安全係數與液化機率關係，當 $F_S=1$ 時， $P_{LB}=0.5$ 。以較保守之誤差機率 $p=0.15$ 為判別式，建立之抗液化安全係數與液化機率關係，當 $F_S^*=1$ 時， $P_{LB}^*=0.23$ 。

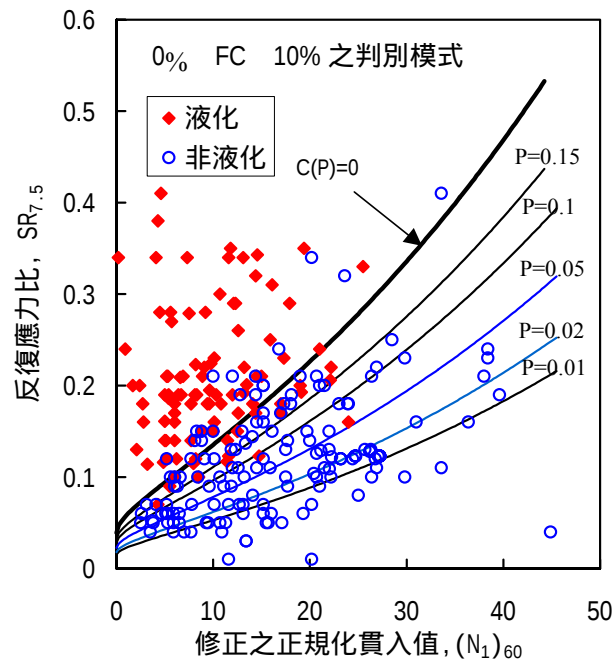


圖 5-7 0% FC 10% 液化判別圖
(58 組液化及 70 組非液化案例)

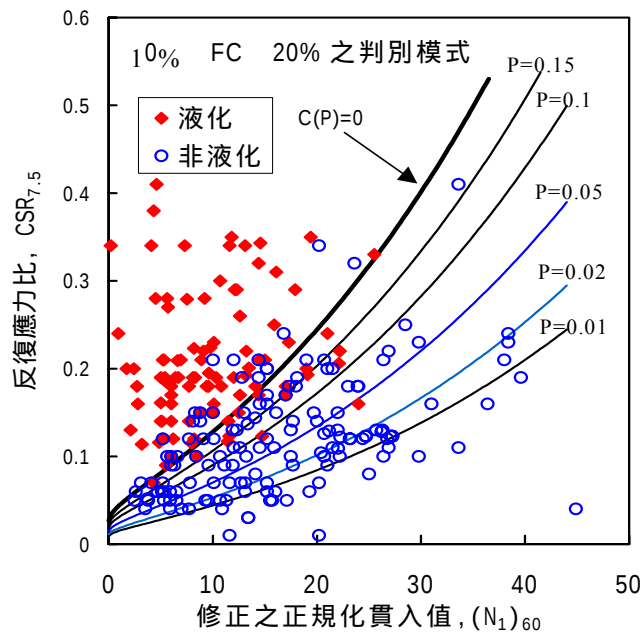


圖 5-8 10% FC 20% 液化判別圖
(77 組液化及 95 組非液化案例)

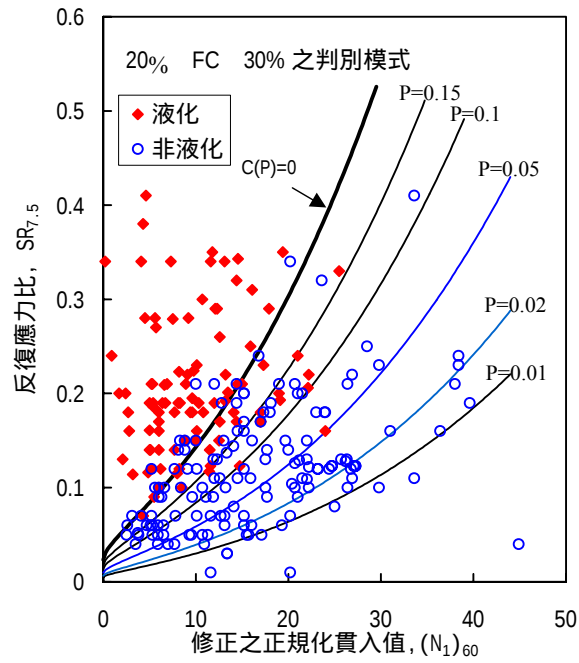


圖 5-9 20% FC 30% 液化判別圖
(64 組液化及 32 組非液化案例)

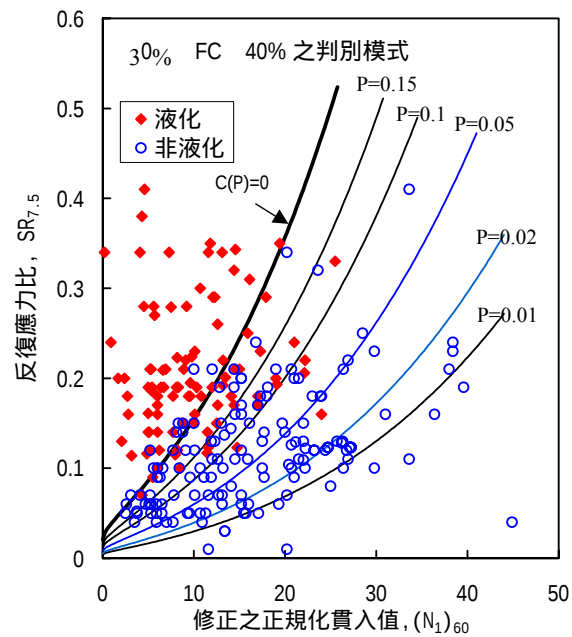


圖 5-10 30% FC 40% 液化判別圖
(37 組液化及 29 組非液化案例)

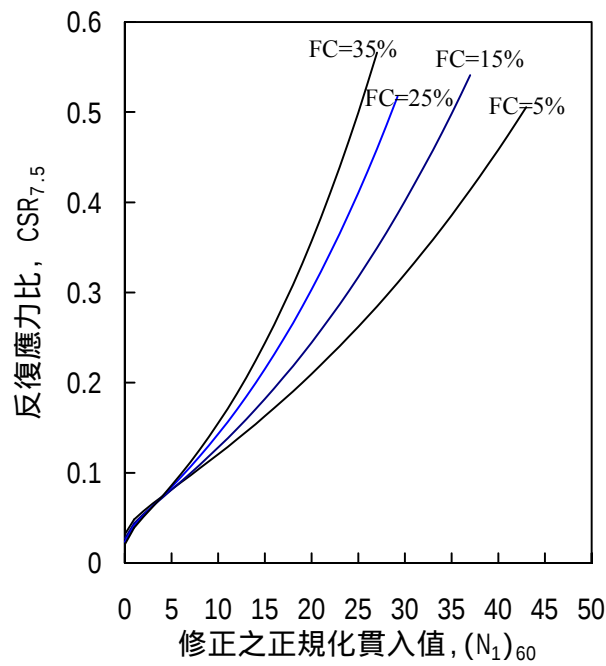


圖 5-11 FC=5%、FC=15%、FC=25%、FC=35%等
液化判別式- $C(P)=0$ 之比較

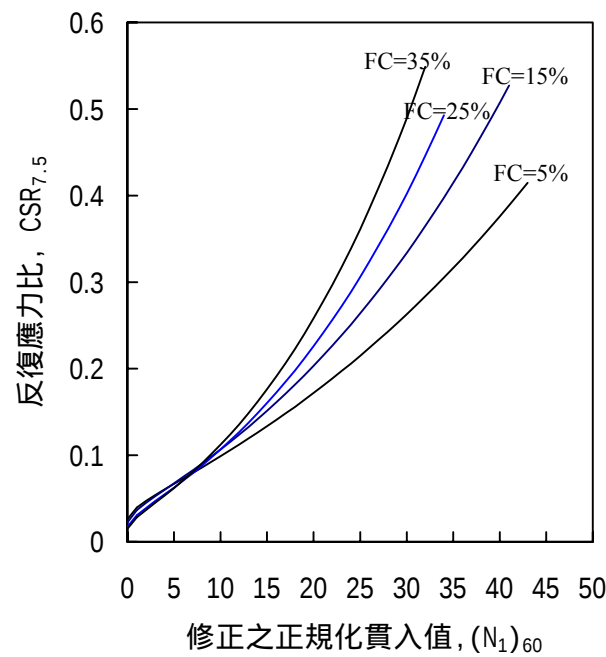


圖 5-12 FC=5%、FC=15%、FC=25%、FC=35%等
液化判別式($P=0.15$)之比較

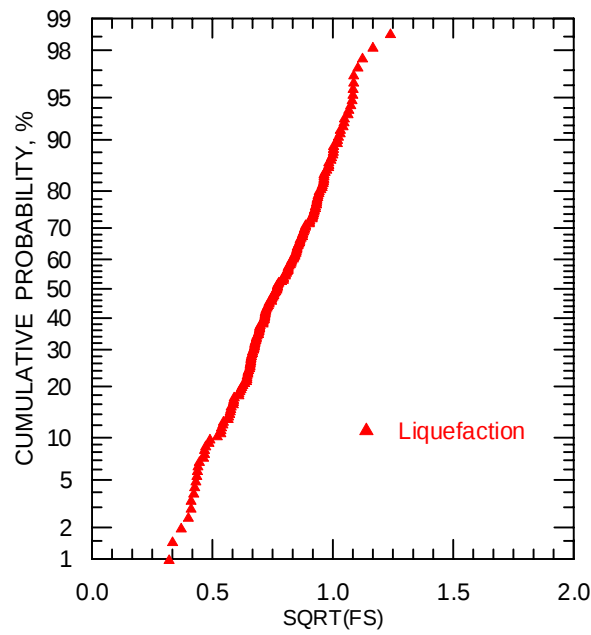


圖 5-13 液化案例之 $\sqrt{F_s}$ 值繪於常態或然率圖上

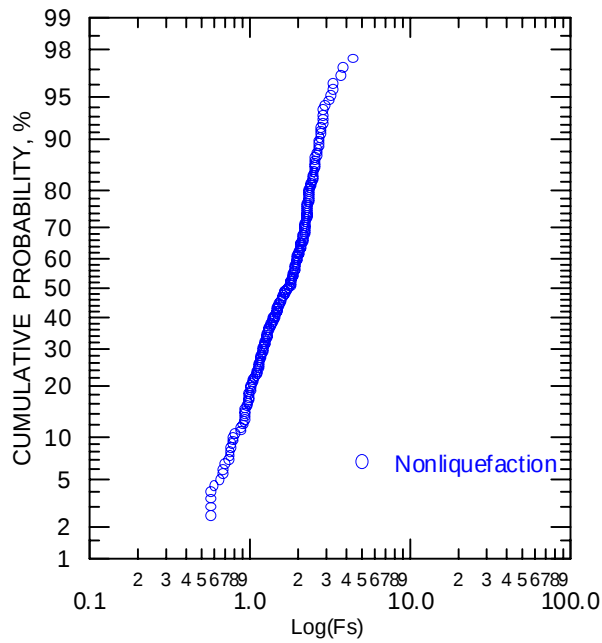


圖 5-14 非液化案例之 F_s 值繪於對數常態或然率圖上

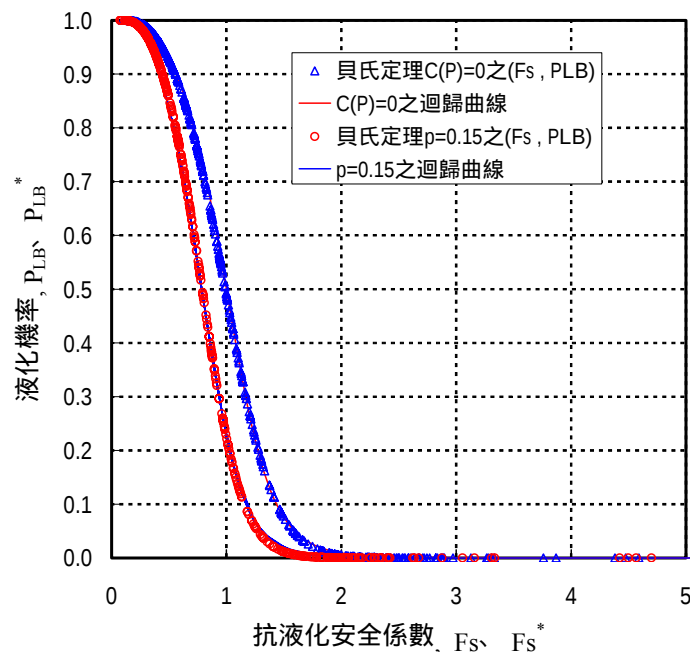


圖 5-15 貝氏定理 $C(P)=0$ 、 $p=0.15$ 之抗液化安全係數與液化機率之關係圖

5.4 液化危害度分析方法

上述各方法為針對鑽孔每個深度土層所採用的液化分析方法，而針對整個區域範圍（如台中港區）所採用的區域液化分析方法，目前可分為兩類：(一)若鑽孔液化分析結果是以安全係數來表示，則採用安全係數危害度分析法，(二)若鑽孔液化分析結果是以機率值來表示，則採用液化機率危害度分析法。此二法略述如下。

5.4.1 安全係數危害度分析

本研究採用 Iwasaki 之深度加權法加以評估。Iwasaki 等人(1982)考慮深度的影響，提出一評估液化潛能之深度加權法，建議以液化潛能指數(Liquefaction Potential Index)IL 表示任一鑽孔之液化危險程度。

$$IL = \int F(Z) \quad W(Z)dZ \dots\dots\dots (5-60)$$

其中

IL 為液化潛能指數，介於 0~100 之間

$$F(Z) = 1 - F_L(Z) \quad \text{for } F_L(Z) < 1.0$$

而 $F_L(Z) = R(Z) / L(Z)$

式中 $F_L(Z)$ ：深度 Z 之抗液化安全係數

$R(Z)$ ：深度 Z 之土壤抗液化強度

$L(Z)$ ：地震引至土層之剪應力

$$F(Z) = 0 \quad \text{for } F_L(Z) > 1.0$$

$$W(Z) = 10 - 0.5Z$$

Z ：距地表之深度，單位 m

H ：鑽孔深度

Iwasaki 等人(1982)依此分析過去 6 次地震中，64 個液化區域和 23 個非液化區域的資料，綜合整理後，提出下列指標：

IL 15 高度液化災害風險，地表發生明顯液化表徵機會較高，如噴砂或顯著沈陷等現象

5 IL < 15 中度液化災害風險，地表發生明顯液化表徵機會低，但深層可能液化，地表沈陷量不明顯。

0 < IL < 5 輕微液化災害風險，液化之可能性很低

IL = 0 非液化潛能區

5.4.2 液化機率危害度分析

依上述液化機率評估法分析，進行液化機率評估時，所獲得的結果僅為各鑽孔地表下某一深度之砂土層液化機率，對於整個鑽孔而言，液化危害程度如何仍無定論。因此，為了涵蓋土層各深度之液化

情形及更深入探討整個地區之液化危害程度分佈圖，則採用賴聖耀、謝明志 (1996) 之深度加權法加以評估。其在考慮深度的影響，提出一評估液化危險度之深度加權法，建議以液化危險度 P_{LW} 表示任一鑽孔之液化危險程度。

$$P_{LW} = \int_0^{20} PL(z) \cdot W(z) \cdot dz / \int_0^{20} W(z) \cdot dz \dots\dots\dots (5-61)$$

上式中

$P_L(z)$ ：為各孔各個深度之液化機率，介於 0~1 之間

P_{LW} ：為各孔之液化危險度，介於 0~1 之間

$W(z)$ ：為權重函數， z 為深度(公尺)。 $W(z) = 1-0.05z$

其液化危害度機率法之分級，依賴聖耀 (2001) 之建議，如下所示：

$P_{LW} \geq 0.3$ 高度液化災害風險，地表發生明顯液化表徵機會較高，如噴砂或顯著沈陷等現象。

$0.1 \leq P_{LW} < 0.3$ 中度液化災害風險，地表發生明顯液化表徵機會低，但深層可能液化，地表沈陷量不明顯。

$0 < P_{LW} < 0.1$ 輕微液化災害風險，液化之可能性很低

$P_{LW} = 0$ 非液化潛能區

5.5 液化分析展繪設計

本研究依依據上述鑽孔及區域分析方法，以 MapBasic 語言分別開發各個分析模組。在液化分析上主要考慮的兩個作用力為地震侵襲的破壞力與土壤本身的抵抗力，若破壞力大於抵抗力，土壤則發生液化現象。通常採用的分析方法裡，地震力的主要考慮變數有二：一為地震規模，另一為地表最大加速度。在系統程式的撰寫上，本研究採用對話框 (Dialog Frame) 架構設計，利用收音機式選鈕 (Radio Button)

的方法來選取地震規模及最大加速度這兩項資料，其數據的來源主要為台中港區歷年地震的統計結果，包含 50 年到 200 年的再現值，台中港區的最大地震紀錄值與日本神戶港區的烈震數據，以及新頒布的台灣地震分區圖甲乙兩區地震強度值。

5.5.2 鑽孔液化柱狀圖展繪設計

土壤抵抗力的主要考慮變數有三：即標準貫入試驗錘擊數 (SPT-N 值)，土壤類別及細粒料含量，這些數據可透過現地試驗與土壤分類試驗來獲得。再登錄到系統資料庫內。在程式設計上，可藉由港區土層分佈資料表格檔 (Welldata.tab) 之索引欄位，再索引到所點選之各個鑽孔之試驗資料檔，從該檔案中之相關欄位內可擷取出此三變數之數據。

將地震及各個深度之土壤變數代入所撰寫的液化分析函數內，經分析運算後可求得每一深度之抗液化安全係數或液化機率值。將這些分析的結果，以柱狀圖的方式展繪出來，若抗液化安全係數小於 1，表示會液化，則該土層用紅色展繪，若抗液化安全係數大於 1，表示不會液化，則該土層用綠色展繪。而粘土層等不會液化的土層，或深度 20m 以下，不考慮液化的土層則用藍色展繪。

另液化機率值之展繪，因機率範圍系由 0 到 1，所以在成果展繪上以液化機率等於 0 時 (即完全不液化) 用純白色表示，液化機率等於 1 時 (即完全液化) 用正紅色表示，隨著機率由 0 漸增其展繪顏色也由純白逐漸加深，系統使用者可由紅白顏色的深淺來判斷液化程度大小，而系統也會在每一色塊右方加註土壤分類符號及其安全係數或機率值。

5.5.3 全區液化危害度展繪設計

針對整個區域範圍所採用的區域液化分析方法，目前可分為兩類：(一) 若鑽孔液化分析結果是以安全係數來表示，則採用安全係數危害度分析法，(二) 若鑽孔液化分析結果是以機率值來表示，則採用液化機率危害度分析法。此二法略述如下。

1. 安全係數危害度分析

本研究採用 Iwasaki 之深度加權法加以評估。如 5.3.1 節所述，Iwasaki 等人(1982)建議以液化潛能指數 (Liquefaction Potential Index) IL 表示任一鑽孔之液化危險程度。本研究在推算出全港區每個鑽孔之 IL 值後，再施做全區域的等值分析，且依據 Iwasaki 的災害風險指標等級，標示不同的顏色，區分如下：

- IL ≥ 15 高度液化災害風險區，標示為紅色。
- 5 ≤ IL < 15 中度液化災害風險區，標示為黃色。
- 0 < IL < 5 輕微液化災害風險區，標示為綠色。
- IL = 0 非液化潛能區，標示為綠色。

2. 液化機率危害度分析

本研究採用賴聖耀 之深度加權法加以評估，如 5.3.2 節所述，賴聖耀 (2003) 建議以液化危險度 P_{LW} 表示任一鑽孔之液化危險程度。本研究在推算出全港區每個鑽孔之 P_{LW} 值後，再施做全區域的等值分析，且依據賴聖耀 的液化危害度機率法之分級，標示不同的顏色，區分如下：

- $P_{LW} ≥ 0.4$ 高度液化災害風險區，標示為紅色。
- $0.2 ≤ P_{LW} < 0.4$ 中度液化災害風險區，標示為黃色。
- $0 < P_{LW} < 0.2$ 輕微液化災害風險區，標示為綠色。
- $P_{LW} = 0$ 非液化潛能區，標示為綠色。

第六章 地質資料及液化分析模組查詢展示

本研究已建置的地質資料及新開發的各項液化分析查詢模組，係架構在本所港研中心所開發的「港區工程基本資料查詢系統」之下，該系統的查詢界面設計成下拉式選單方式。主選單共有六大項，分別為(1)港埠規劃、(2)鑽探資料、(3)碼頭設計及調查資料、(4)堤防設計資料、(5)地震監測、(6)海氣象現地調查等。由 MapInfo 進入此查詢系統，點選進入所欲查詢的港區，該港區地圖即展示在螢幕上，且原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單。系統操作及查詢說明如下：

6.1 系統操作程序

本系統之查詢設計，係以下拉式功能表配合物件選項的操作方式為主。使用者可在螢幕上選取所欲查詢的物件，再利用下拉式功能表來展示各項文件資料或繪製相關成果。系統內可查詢到基隆、台北、台中、高雄、花蓮、蘇澳等港區之碼頭、堤防、地質及相關文件資料，操作程序如下所示：

- 1.在視窗作業環境下，執行 MapInfo 系統，進入該系統內。
- 2.點選功能表 File \ Run MapBasic Program，選擇 d:\harbor-1 內的執行檔 harbor.mbx，按 OK 選鈕，即進入港區工程基本資料查詢系統。
- 3.此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、台中、布袋、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置。
- 4.利用滑鼠，點選其中任一港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「鑽探資料」主選單下之第一選項「顯示鑽孔位置圖」，系統則載入該港區之鑽孔位置分佈圖。或是點選「碼頭設計及調查資料」

主選單下之第一選單「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖。

5.利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標鑽孔位置及鄰近地形。

6.選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之物件。

(1) 若所點選的物件為鑽孔位置圖之鑽孔時，主功能表的第二選單(即「鑽探資料」選單)底下所附屬的次選項(即「鑽孔報表資料」選項)，以及「柱狀圖」功能項和四個鑽孔液化分析選項底下所附屬的同名稱次選項(即「單孔或多孔非排序展示」選項、「多孔展示__由西向東排序」選項、「多孔展示__由北向南排序」選項等)，會由啟始的無效狀態轉變為可點取的有效狀態。

(2) 若所點選的物件為碼頭分佈位置圖之任一碼頭時，主功能表的第三選單(即「碼頭設計及調查資料」選單)底下所附屬的幾個次選項(如「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「碼頭安全檢測影像資料」、「碼頭安全檢測調查記錄」等選項等)，會由啟始的無效狀態轉變為可點取的有效狀態。

(3) 若所點選的物件為堤防分佈位置圖之堤防時，主功能表的第四選單(即「堤防資料」選單)底下所附屬的次選項(如「堤防設計斷面圖」選項)，會由啟始的無效狀態轉變為可點取的有效狀態。

7.「鑽探資料」已設計成一系列的查詢步驟，包括資料本身的展示及液化分析的序列查詢：

(1) 當點選到標準貫入試驗鑽孔時，會有一深紅色正方形外框套住被點選的鑽孔位置實心圓標誌，此時可在第二主選單下點選「鑽孔報表資料」選項，系統會開出一新視窗，抬頭名稱為「鑽探資料報表」，視窗內會展示出該鑽探試驗各項數據文字資料。

(2) 若點選「柱狀圖」選項底下的次功能項如「多孔展示__由西向東排序」，則系統會開出另一視窗，抬頭名稱為「柱狀圖」，視

窗內會展繪出該鑽探結果之土層剖面柱狀圖，且會將兩個以上的柱狀圖由西向東排序展繪出來。

- (3) 若點選任一種液化分析之選項底下的任一次功能項，會出現一對話框，要求選擇地表規模及地表最大加速度，選用某一數值後系統即繪出鑽孔液化分析成果。
 - (4) 若欲查詢整個港區之液化分析成果，可點選其中一個液化分析方法底下的「全區液化危險性指數分佈分析」功能項，系統會依據選用的方法及地震強度，分析港區內每一鑽孔的液化推算結果，再與 Surfer 軟體結合，展繪出危害程度的等值分析結果。
- 8.當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被紅色斜紋所遮罩，此時可點選第六選項「碼頭設計斷面圖」，系統會自動開啟一新的視窗，展繪出該碼頭之斷面圖。又可點選第七選項「碼頭斷面文字資料」，系統會另以一新視窗列出該碼頭之概略描述。也可由「碼頭安全檢測影像資料」選項查詢該碼頭之影像資料，或利用「碼頭安全檢測調查記錄」、「碼頭重大維修記錄」查詢調查結果。
 - 9.若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 4 至 8，可繼續查詢所需港區之相關資料。
 - 10.結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

6.2 布袋港地質鑽探資料及液化分析查詢說明

6.2.1 進入查詢系統

- 1.按照 6.1 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖 6-1 所示。

2.將滑鼠遊標移至布袋港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出布袋港區基本地圖圖層，如圖 6-2 所示。而原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單。圖 6-2 也展示新設計的主選單「鑽探資料」功能項下拉查詢模式。

6.2.2 地質鑽探資料查詢

下拉查詢系統的第二主選單「鑽探資料」項，可查詢港區附近的鑽孔地質資料及強震下之土壤液化分析，此選單之下計有九個選項，其重要內容及查詢方式如下：

- 1.此選單之第一選項為「顯示鑽孔位置圖」，點選後螢幕主畫面港區地圖上隨即出現各個鑽孔位置之標示符號，該符號為藍色實心圓點。使用者可用滑鼠點選所欲查詢的鑽孔，來查看該鑽孔的報表資料及展繪該鑽孔的柱狀圖。布袋港的鑽探孔位分佈如圖 6-3 所示。
- 2.每一鑽孔之鑽探資料，可用文字或圖形方式來展示。文字資料之資料之展示，係設計成一般鑽探資料之報表格式，使用者在鑽孔位置分佈圖上，先利用滑鼠選取所欲查詢的鑽孔，再下拉「鑽探資料」選單，點選第三選項「鑽孔報表資料」，系統會從資料庫內抓取該鑽孔資料，依循鑽探報表格式在一新開視窗上填註各項資料，使用者可由此查獲該鑽孔之各項試驗數據。
- 3.鑽探結果之圖形展示，係循鑽探深度將各土層按其類別用不同顏色及圖樣繪製成柱狀圖形式，並標示各深度之錘擊強度值（即 SPT-N 值）。查詢方式仍須先用滑鼠在鑽孔位置分佈圖上選取所欲查詢的鑽孔，可選單孔作單孔柱狀圖的展繪，也可一次選取多孔作多孔柱狀圖展繪，（使用者只需在選取第一孔後，按住鍵盤<shift>鍵，則可繼續選取其它鑽孔來作多孔展繪）。鑽孔選取完畢，下拉「鑽探資料」選單，點選第四選項「柱狀圖」，再點選柱狀圖展繪排序方式，系統會從資料庫內抓取各鑽孔資料來繪圖，圖 6-4 所示為五個鑽孔由北向南排序之柱狀圖繪製結果。

6.2.3 Liao 液化機率分析成果展示

1. 柱狀圖繪製完畢後，所選取之鑽孔，也可接續來作液化機率分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的機率大小。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第五選項「Liao_液化機率分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 6-5 所示。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之液化機率分析圖，如圖 6-6 所示。該分析法係採用 Liao et al.(1988)之邏輯迴歸分析模式，而分析成果圖上採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表不會液化之土層，而白色到正紅色之顏色漸層變化代表液化機率由 0 到 1 之漸增變化程度，顏色愈紅代表機率值愈高，該土層愈容易發生液化。
2. 除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下的第五選項「Liao_液化機率分析」，拉出「Lai 全區液化危險性指數分佈分析」次選項，程式會呼叫機率危害度分析模組，將全港區所有鑽孔之危害度求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，依據賴聖耀的危險度分類等級，繪製分析成果，如圖 6-7 所示。其中液化危險性指數大於 0.4 者，以紅色展繪；界於 0.2 到 0.4 者，以黃色展繪；而小於 0.2 者，以綠色展繪。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。

6.2.4 Seed 液化分析成果展示

1. 柱狀圖繪製完畢後，所選取之鑽孔，可接續來作液化分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的可能。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第七選項「Seed_液化分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之抗液

化安全係數柱狀圖，如圖 6-8 所示。該分析法係採用 NCCER 修正之 Seed 簡易經驗法 (1997)，在分析成果圖上本系統採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表不會液化之土層，紅色代表安全係數小於 1，即會發生液化之土層。綠色代表安全係數大於 1，即不會發生液化之土層。

2.除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下的第七選項「Seed_液化分析」，拉出「Iwasaki 全區液化危險性指數分佈分析」次選項，程式會呼叫安全係數危害度分析模組，將全港區所有鑽孔之危害度求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，依據 Iwasaki 的危險度分類等級，繪製分析成果，如圖 6-9 所示。其中液化潛能指數大於 15 者，以紅色展繪；界於 5 到 15 者，以黃色展繪；而小於 5 者，以綠色展繪。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。

3.其它分析方法之推估結果，也可依據上述方法查詢而得。

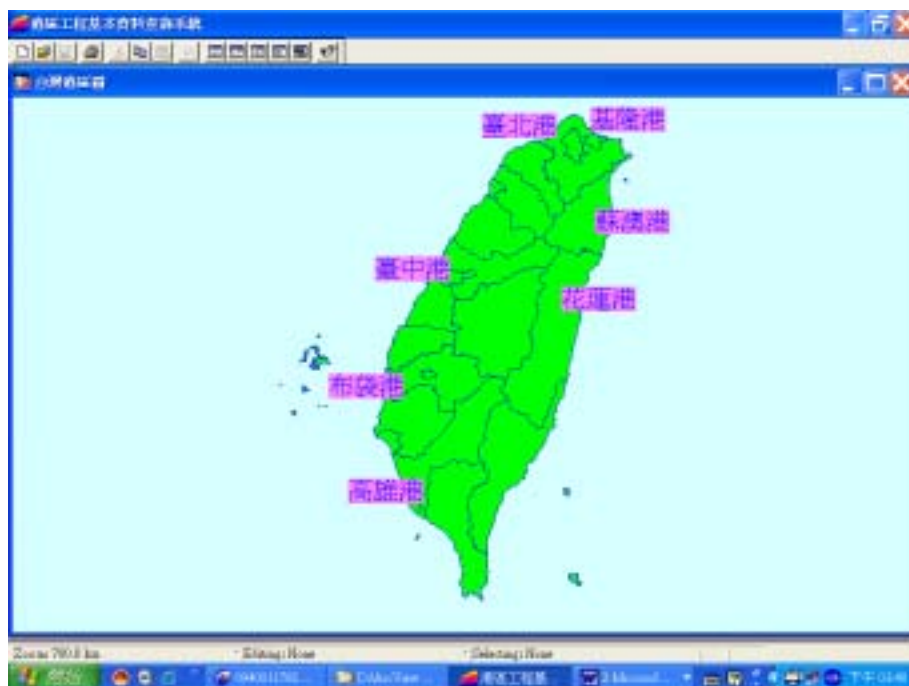


圖 6-1 查詢系統主畫面



圖 6-2 布袋港區地圖圖層及選單下拉模式

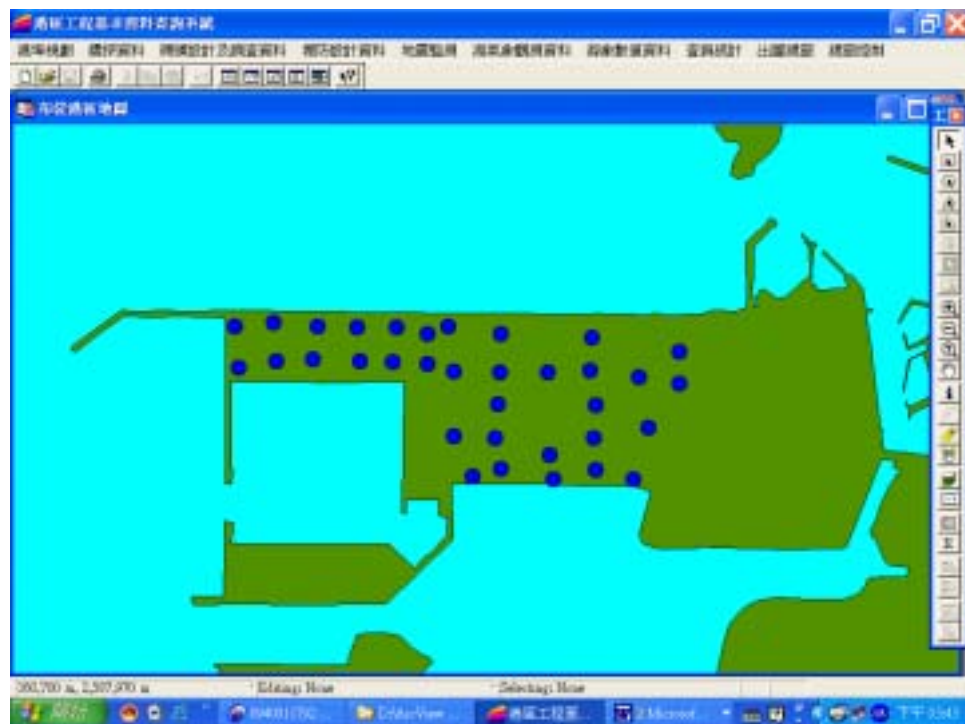


圖 6-3 布袋港區鑽探孔位分佈圖

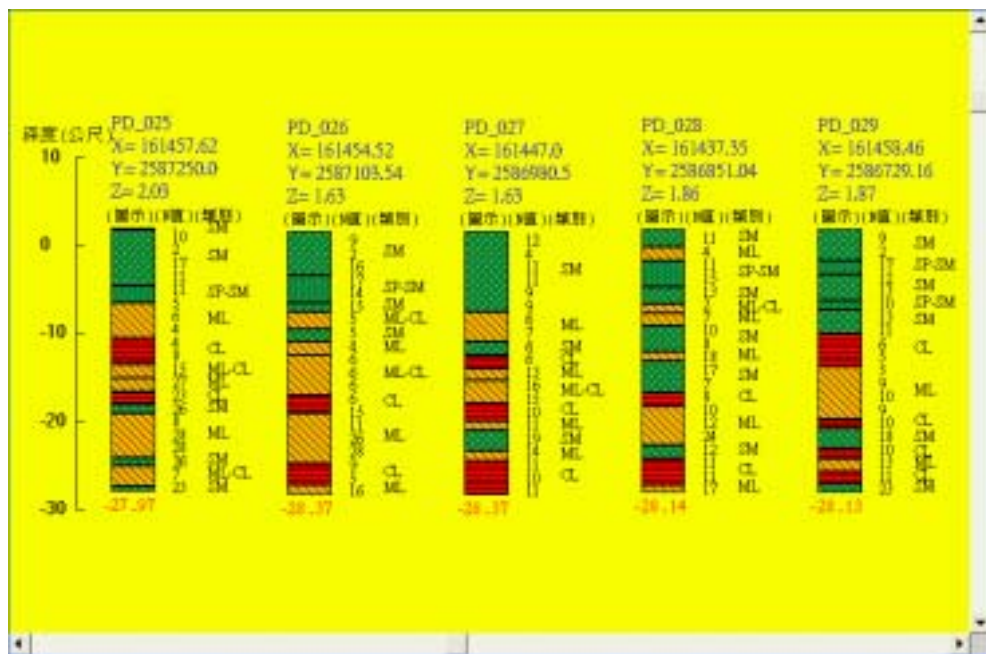


圖 6-4 布袋港區鑽孔柱狀圖

Figure 6-5 is a dialog box titled "請選擇地震強度" (Please select seismic intensity). It lists various seismic events with their magnitude (M) and maximum acceleration (g). The selected option is "1999年集集烈震台中港區:7.3M,0.163g".

地震規模M	最大加速度g
5.0	0.03
5.5	0.05
6.0	0.075
6.5	0.10
7.0	0.15
7.5	0.25
1935年新竹台中烈震台中港區:7.1M	0.15g
1999年集集烈震台中港區:7.3M	0.163g
1995年阪神烈震神戶港區:7.2M	0.55g
台灣地震甲區:7.5M	0.33g
台灣地震乙區:7.5M	0.23g

地震規模M= ,最大加速度g=

確定 取消

圖 6-5 地震強度選取對話框

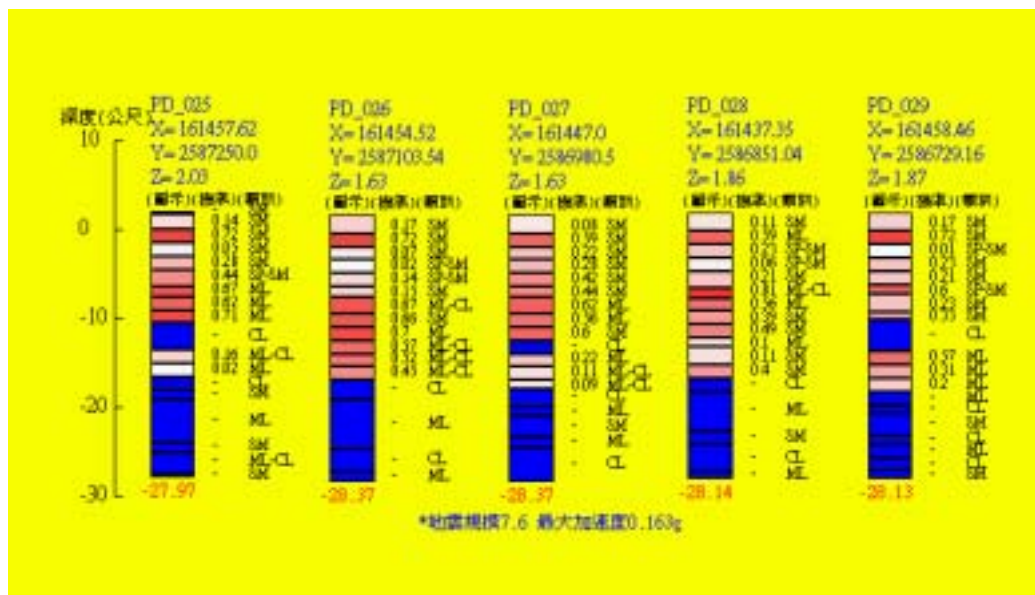


圖 6-6 布袋港區鑽孔 Liao 液化機率分析結果柱狀圖

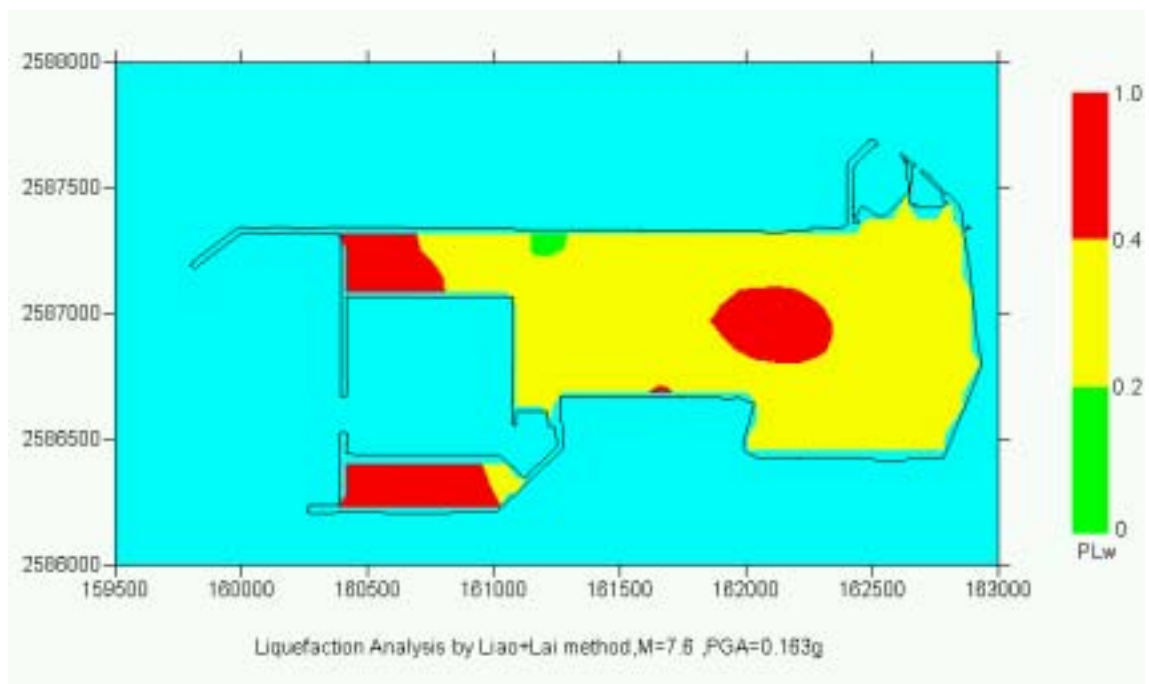


圖 6-7 布袋港區 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

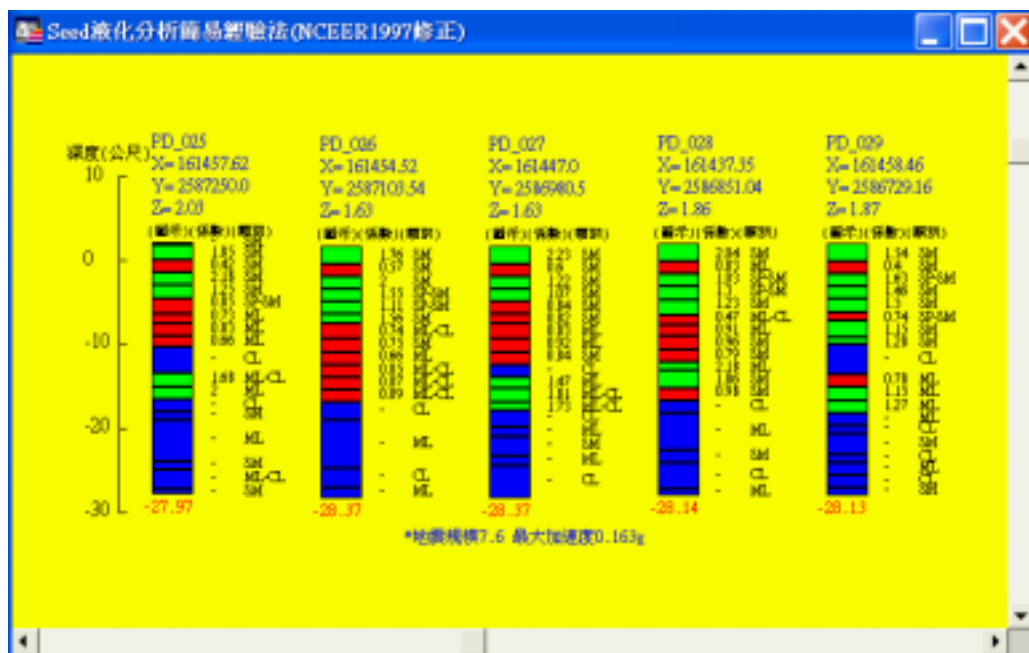


圖 6-8 布袋港區 Seed 抗液化安全係數柱狀圖

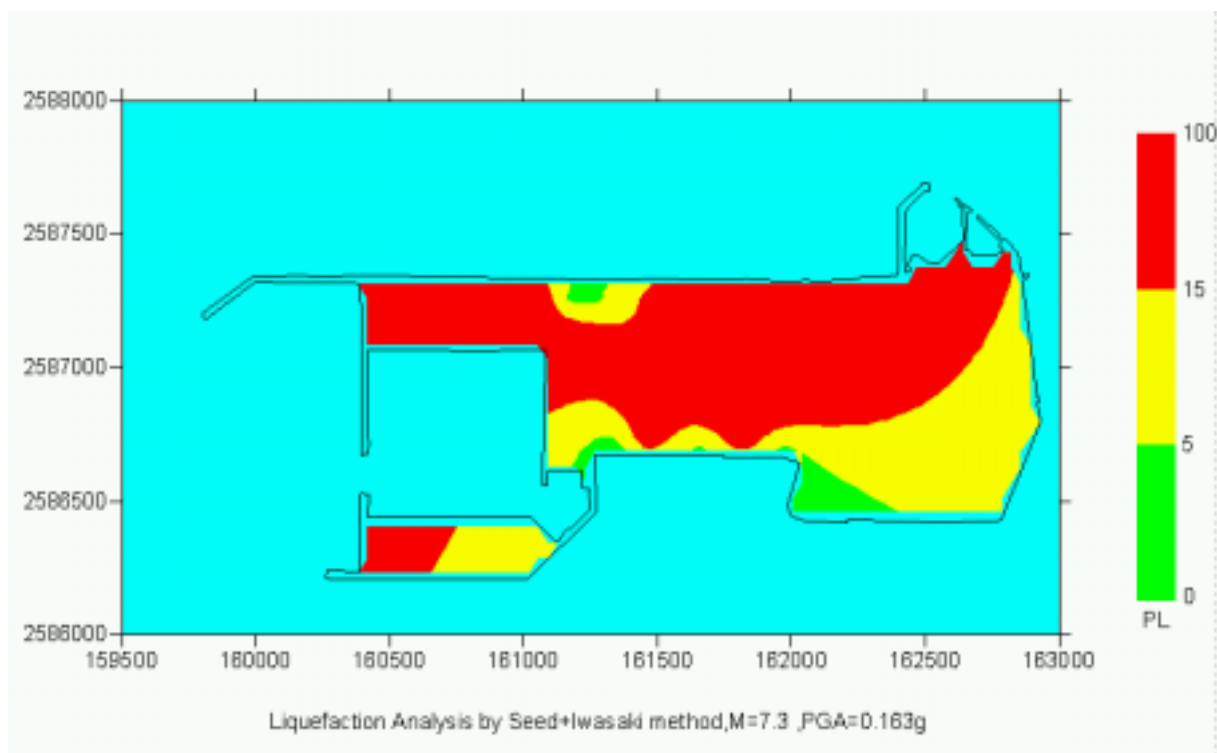


圖 6-9 布袋港區 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

6.2.5 Lai (賴聖耀, 2003) 本土化液化機率分析成果展示

1. 賴聖耀(2003)所收 921 集集地震及國外液化與非液化案例，利用判別分析(discriminant analysis)方法，發展出以標準貫入試驗(SPT) 評估土壤液化潛能之本土化安全係數及液化機率分析方法。利用 Lai 的方法，在查詢系統上可點取鑽孔來作液化分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的機率大小。Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式如圖 6-10 所示，使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第六選項「Lai_賴聖耀_本土化液化機率分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 6-5 所示。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之液化機率分析圖，如圖 6-11 所示。分析成果圖上採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表未做液化分析之土層，而白色到正紅色之顏色漸層變化代表液化機率由 0 到 1 之漸增變化程度，顏色愈紅代表機率值愈高，該土層愈容易發生液化。
2. 除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下，點選第六選項「Lai_賴聖耀_本土化液化機率分析」，拉出「Lai 全區液化危險性指數分佈分析」次選項，程式會呼叫機率危害度分析模組，將全港區所有鑽孔之危害度求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，依據賴聖耀的危險度分類等級，繪製分析成果，如圖 6-12 所示。其中液化危險性指數大於 0.4 者，以紅色展繪；界於 0.2 到 0.4 者，以黃色展繪；而小於 0.2 者，以綠色展繪。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。

6.2.6 Lai (賴聖耀, 2003) 本土化安全係數液化分析成果展示

1. 利用賴聖耀(2003)所發展的本土化安全係數分析方法，在查詢系統上可點取鑽孔來作液化分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的可能。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第十

選項「Lai_賴聖耀_本土化液化分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 6-5 所示。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之抗液化安全係數柱狀圖，如圖 6-13 所示。在分析成果圖上本系統採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表未做分析（不會液化）之土層，紅色代表安全係數小於 1，即會發生液化之土層。綠色代表安全係數大於 1，即不會發生液化之土層。

- 除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下的第十選項「Lai_賴聖耀_本土化液化分析」，拉出「Iwasaki 全區液化危險性指數分佈分析」次選項，程式會呼叫安全係數危害度分析模組，將全港區所有鑽孔之危害度求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，依據 Iwasaki 的危險度分類等級，繪製分析成果，如圖 6-14 所示。其中液化潛能指數大於 15 者，以紅色展繪；界於 5 到 15 者，以黃色展繪；而小於 5 者，以綠色展繪。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。
- 其它分析方法之推估結果，也可依據上述方法查詢而得。

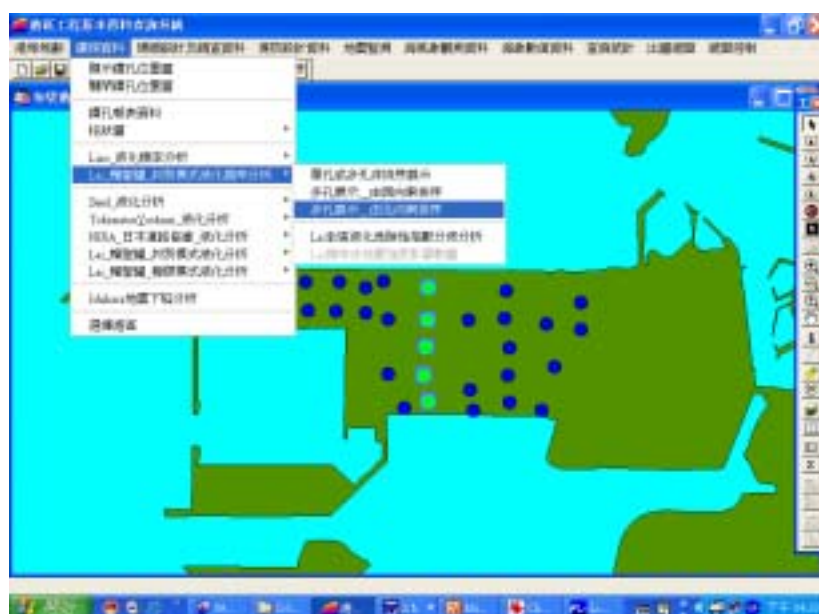


圖 6-10 Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式

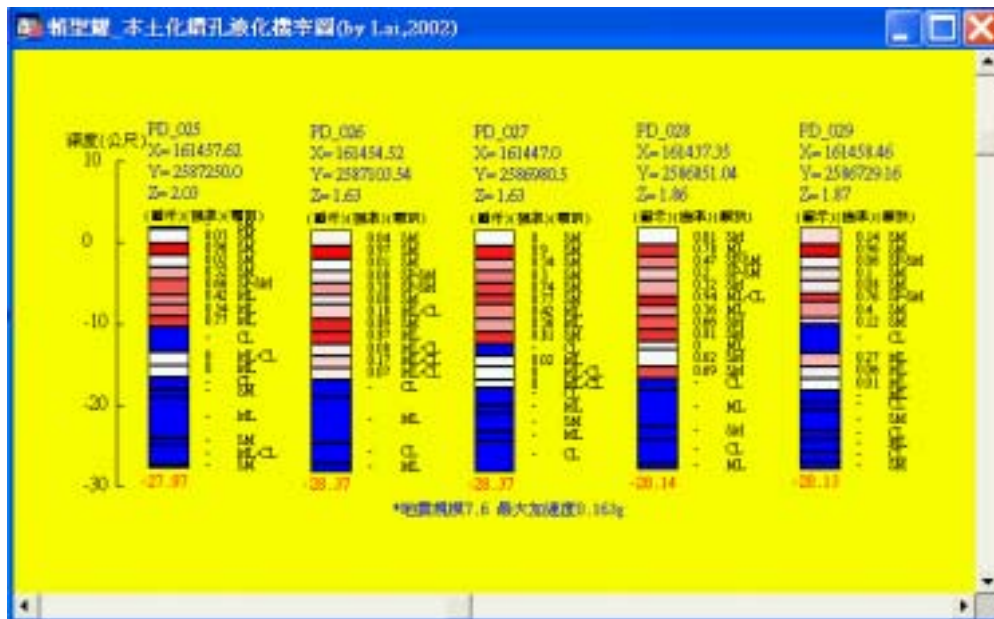


圖 6-11 布袋港區鑽孔 Lai 液化機率分析結果柱狀圖

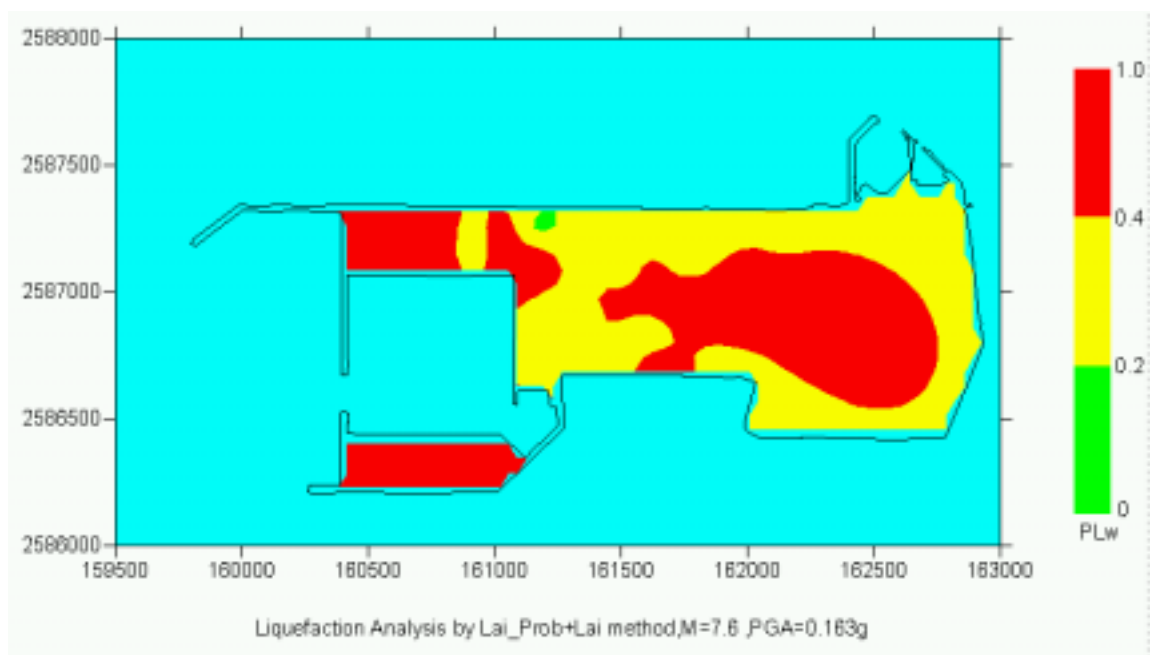


圖 6-12 布袋港區 Lai_Prob+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

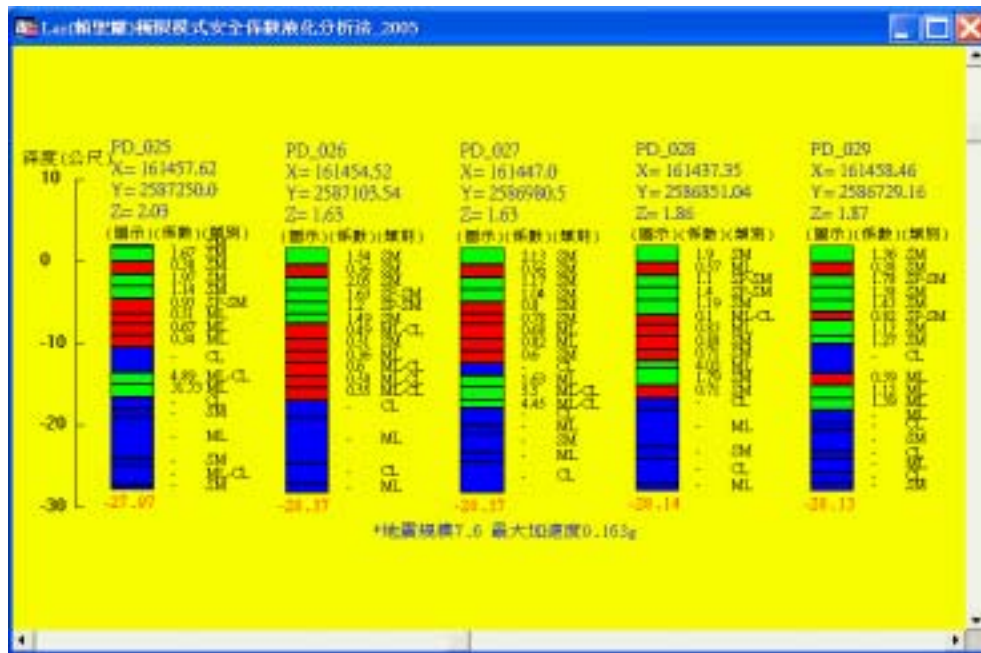


圖 6-13 布袋港區 Lai 抗液化安全係數柱狀圖

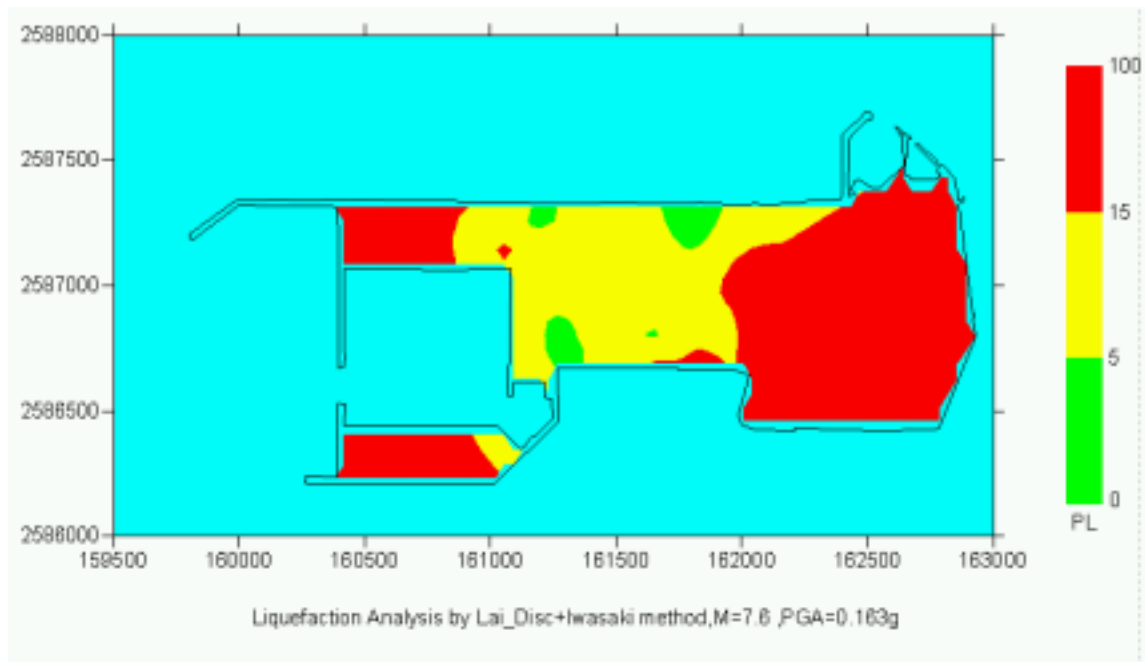


圖 6-14 布袋港區 Lai+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

6.2.7 Ishihara 地震下陷分析成果展示

本研究利用紀雲曜(1997)以回歸分析所求得的 Ishihara & Yashimine 安全係數與最大減應變關係曲線之函數，配合賴聖耀(2002)本土化液化分析所求得的安全係數，來撰寫地震下陷分析程式及下陷潛能繪圖模組，用以展繪不同強度之地震侵襲下，布袋港區因地震發生下陷的可能。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第十一選項「Ishihara 地震下陷分析」，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 6-5 所示。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即呼叫地震下陷分析模組，將全港區所有鑽孔之可能下陷量求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，繪製分析成果，如圖 6-15 所示。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。

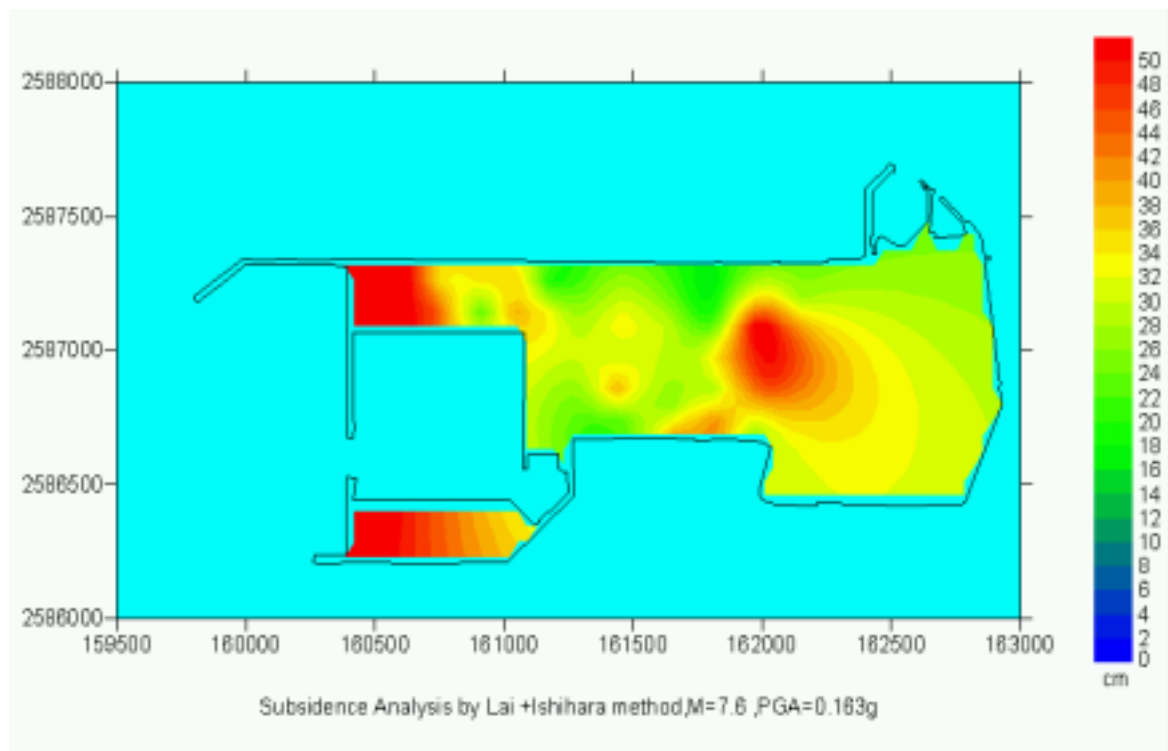


圖 6-15 地震下陷分析成果圖

6.3 安平港地質鑽探資料及液化分析查詢說明

6.3.1 進入查詢系統

- 1.按照 6.1 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖 6-16 所示。
- 2.將滑鼠遊標移至安平港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出安平港區基本地圖圖層，如圖 6-17 所示。而原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單。圖 6-17 也展示新設計的主選單「鑽探資料」功能項下拉查詢模式。

6.3.2 地質鑽探資料查詢

下拉查詢系統的第二主選單「鑽探資料」項，可查詢港區附近的鑽孔地質資料及強震下之土壤液化分析，此選單之下計有九個選項，其重要內容及查詢方式如下：

- 1.此選單之第一選項為「顯示鑽孔位置圖」，點選後螢幕主畫面港區地圖上隨即出現各個鑽孔位置之標示符號，該符號為藍色實心圓點。使用者可用滑鼠點選所欲查詢的鑽孔，來查看該鑽孔的報表資料及展繪該鑽孔的柱狀圖。安平港的鑽探孔位分佈如圖 6-18 所示。
- 2.每一鑽孔之鑽探資料，可用文字或圖形方式來展示。文字資料之資料之展示，係設計成一般鑽探資料之報表格式，使用者在鑽孔位置分佈圖上，先利用滑鼠選取所欲查詢的鑽孔，再下拉「鑽探資料」選單，點選第三選項「鑽孔報表資料」，系統會從資料庫內抓取該鑽孔資料，依循鑽探報表格式在一新開視窗上填註各項資料，使用者可由此查獲該鑽孔之各項試驗數據。
- 3.鑽探結果之圖形展示，係循鑽探深度將各土層按其類別用不同顏色及圖樣繪製成柱狀圖形式，並標示各深度之錘擊強度值（即 SPT-N

值)。查詢方式仍須先用滑鼠在鑽孔位置分佈圖上選取所欲查詢的鑽孔，可選單孔作單孔柱狀圖的展繪，也可一次選取多孔作多孔柱狀圖展繪，(使用者只需在選取第一孔後，按住鍵盤<shift>鍵，則可繼續選取其它鑽孔來作多孔展繪)。鑽孔選取完畢，下拉「鑽探資料」選單，點選第四選項「柱狀圖」，再點選柱狀圖展繪排序方式，系統會從資料庫內抓取各鑽孔資料來繪圖，圖 6-19 所示為五個鑽孔由北向南排序之柱狀圖繪製結果。

6.3.3 Liao 液化機率分析成果展示

- 1.柱狀圖繪製完畢後，所選取之鑽孔，也可接續來作液化機率分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的機率大小。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第五選項「Liao_液化機率分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 6-20 所示。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之液化機率分析圖，如圖 6-21 所示。該分析法係採用 Liao et al.(1988)之邏輯迴歸分析模式，而分析成果圖上採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表不會液化之土層，而白色到正紅色之顏色漸層變化代表液化機率由 0 到 1 之漸增變化程度，顏色愈紅代表機率值愈高，該土層愈容易發生液化。
- 2.除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下的第五選項「Liao_液化機率分析」，拉出「Lai 全區液化危險性指數分佈分析」次選項，程式會呼叫機率危害度分析模組，將全港區所有鑽孔之危害度求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，依據賴聖耀的危險度分類等級，繪製分析成果，如圖 6-22 所示。其中液化危險性指數大於 0.4 者，以紅色展繪；界於 0.2 到 0.4 者，以黃色展繪；而小於 0.2 者，以綠色展繪。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。

6.3.4 Seed 液化分析成果展示

1. 柱狀圖繪製完畢後，所選取之鑽孔，可接續來作液化分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的可能。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第七選項「Seed_液化分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之抗液化安全係數柱狀圖，如圖 6-23 所示。該分析法係採用 NCCER 修正之 Seed 簡易經驗法 (1997)，在分析成果圖上本系統採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表不會液化之土層，紅色代表安全係數小於 1，即會發生液化之土層。綠色代表安全係數大於 1，即不會發生液化之土層。
2. 除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下的第七選項「Seed_液化分析」，拉出「Iwasaki 全區液化危險性指數分佈分析」次選項，程式會呼叫安全係數危害度分析模組，將全港區所有鑽孔之危害度求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，依據 Iwasaki 的危險度分類等級，繪製分析成果，如圖 6-24 所示。其中液化潛能指數大於 15 者，以紅色展繪；界於 5 到 15 者，以黃色展繪；而小於 5 者，以綠色展繪。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。
3. 其它分析方法之推估結果，也可依據上述方法查詢而得。

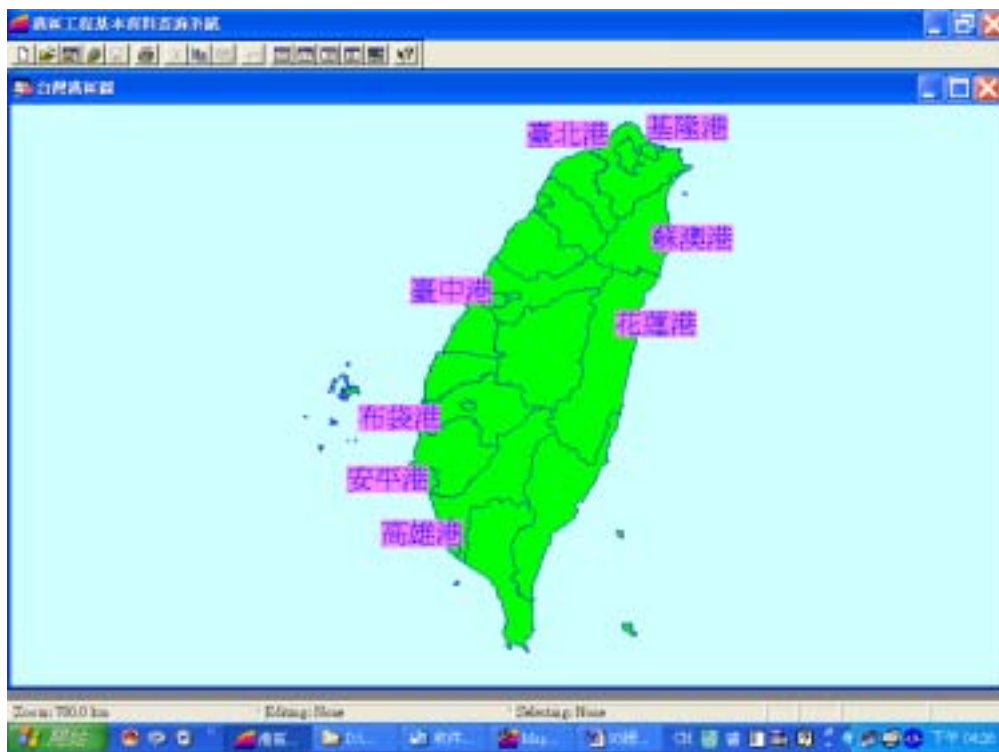


圖 6-16 查詢系統主畫面



圖 6-17 安平港區地圖圖層及選單下拉模式



圖 6-18 安平港區鑽探孔位分佈圖

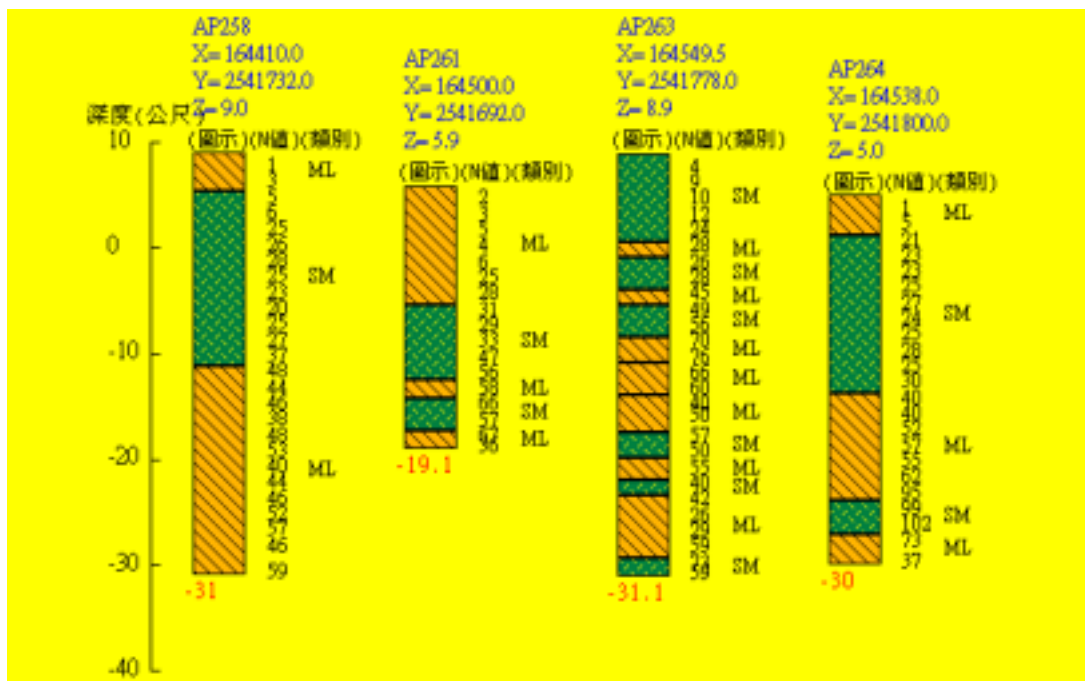


圖 6-19 安平港區鑽孔柱狀圖

請選擇地震強度

地震規模M 最大加速度g

☐ 5.0 0.03
☐ 5.5 0.05
☐ 6.0 0.075
☐ 6.5 0.10
☐ 7.0 0.15
☐ 7.5 0.25

☐ 1935年新竹台中烈震台中港區:7.1M,0.15g
☒ 1999年集集烈震台中港區:7.3M,0.163g
☐ 1995年阪神烈震神戶港區:7.2M,0.55g
☐ 台灣地震甲區:7.5M,0.33g
☐ 台灣地震乙區:7.5M,0.23g

地震規模M= ,最大加速度g=

圖 6-20 地震強度選取對話框

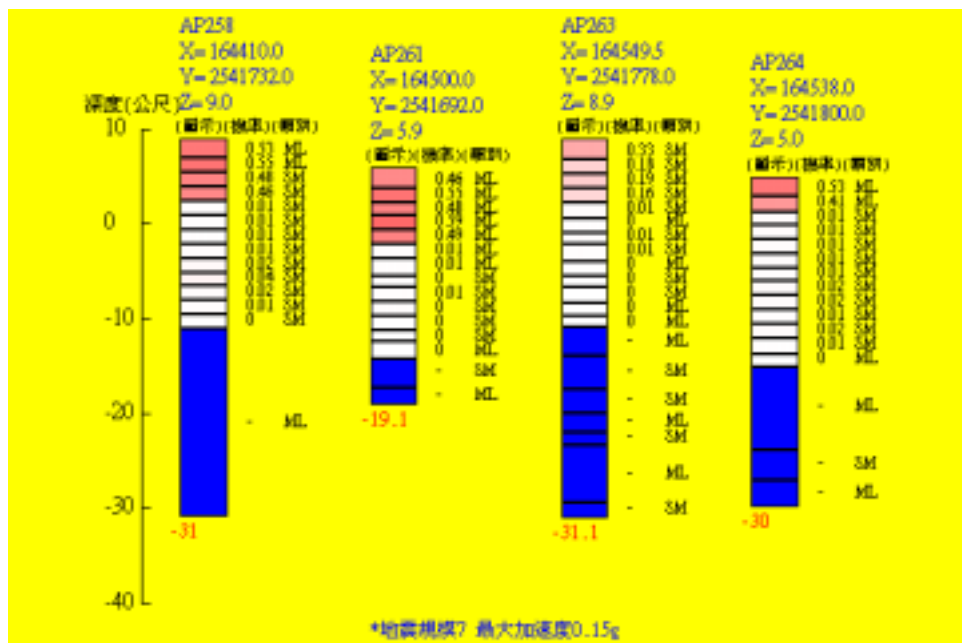


圖 6-21 安平港區鑽孔 Liao 液化機率分析結果柱狀圖

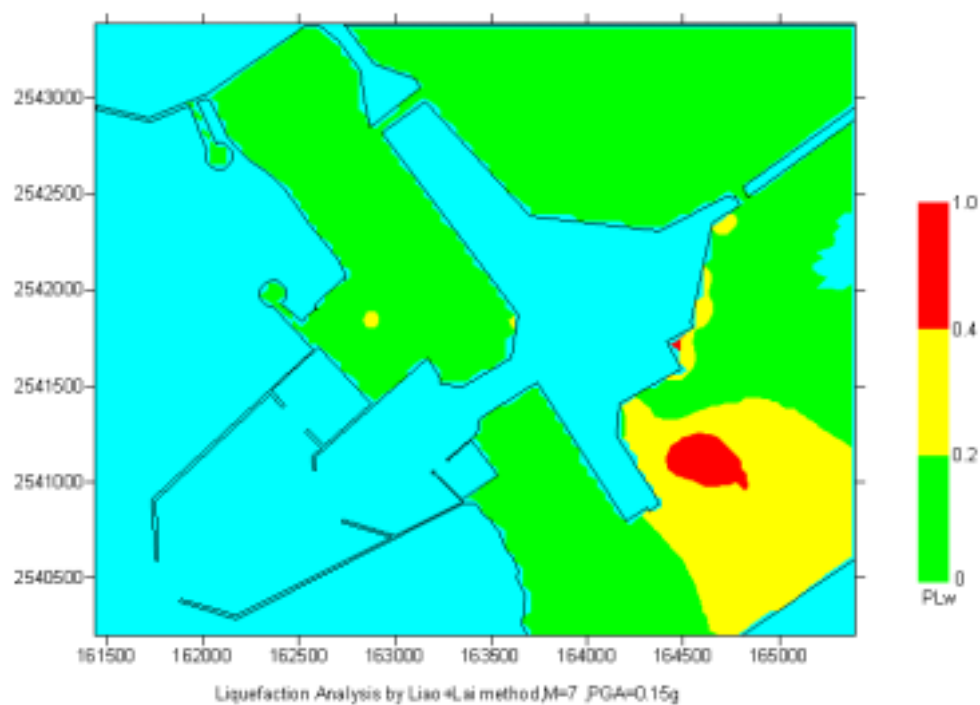


圖 6-22 安平港區 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

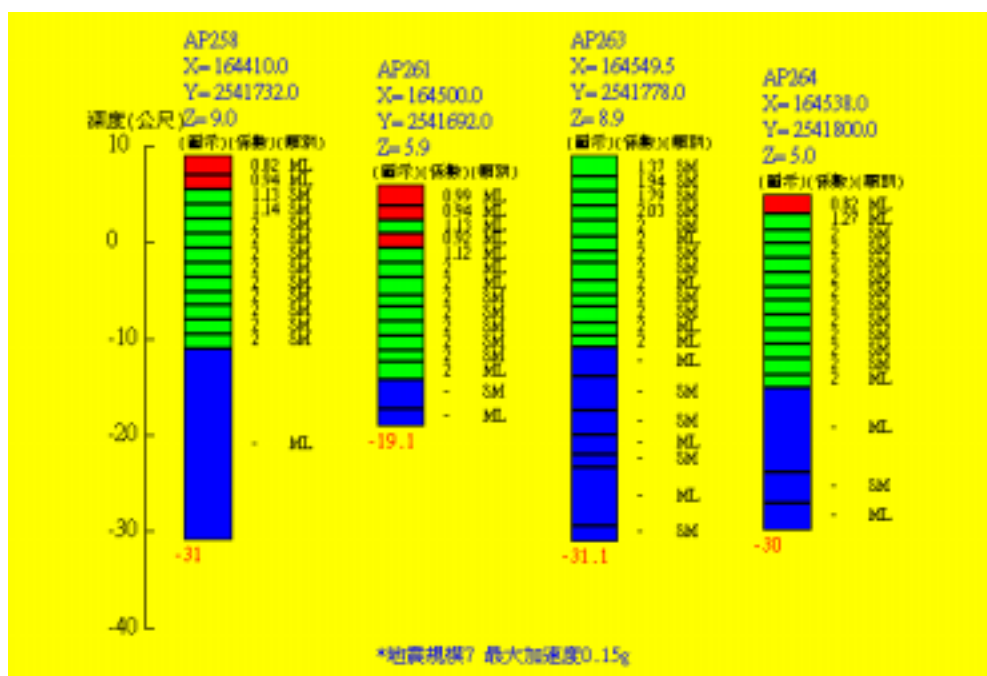


圖 6-23 安平港區 Seed 抗液化安全係數柱狀圖

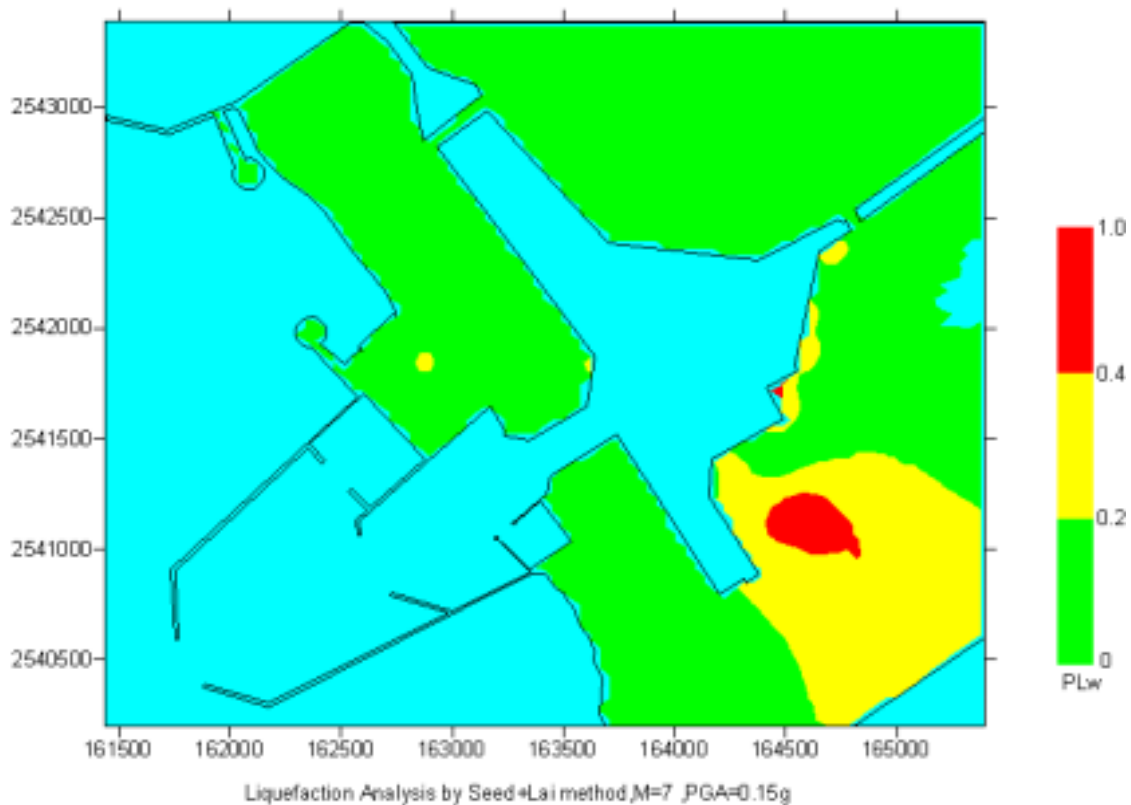


圖 6-24 安平港區 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

6.3.5 Lai (賴聖耀, 2003) 本土化液化機率分析成果展示

1. 賴聖耀(2003)所收 921 集集地震及國外液化與非液化案例，利用判別分析(discriminant analysis)方法，發展出以標準貫入試驗(SPT) 評估土壤液化潛能之本土化安全係數及液化機率分析方法。利用 Lai 的方法，在查詢系統上可點取鑽孔來作液化分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的機率大小。Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式如圖 6-25 所示，使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第六選項「Lai_賴聖耀_本土化液化機率分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 6-20 所示。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之液化機率分析圖，如圖 6-26 所示。分析成果圖上採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表未做液化分析之土層，而白色到正紅色之顏色漸層變化代表液化機率由 0 到 1 之漸增變化

程度，顏色愈紅代表機率值愈高，該土層愈容易發生液化。

2. 除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下，點選第六選項「Lai_賴聖耀_本土化液化機率分析」，拉出「Lai 全區液化危險性指數分佈分析」次選項，程式會呼叫機率危害度分析模組，將全港區所有鑽孔之危害度求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，依據賴聖耀的危險度分類等級，繪製分析成果，如圖 6-27 所示。其中液化危險性指數大於 0.4 者，以紅色展繪；界於 0.2 到 0.4 者，以黃色展繪；而小於 0.2 者，以綠色展繪。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。

6.3.6 Lai (賴聖耀, 2003) 本土化安全係數液化分析成果展示

1. 利用賴聖耀(2003)所發展的本土化安全係數分析方法，在查詢系統上可點取鑽孔來作液化分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的可能。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第十選項「Lai_賴聖耀_本土化液化分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 6-20 所示。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之抗液化安全係數柱狀圖，如圖 6-28 所示。在分析成果圖上本系統採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表未做分析(不會液化)之土層，紅色代表安全係數小於 1，即會發生液化之土層。綠色代表安全係數大於 1，即不會發生液化之土層。
2. 除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下的第十選項「Lai_賴聖耀_本土化液化分析」，拉出「Iwasaki 全區液化危險性指數分佈分析」次選項，程式會呼叫安全係數危害度分析模組，將全港區所有鑽孔之危害度求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，依據 Iwasaki 的危險度分類等級，繪製分析成果，如圖 6-29 所示。其中液化潛能指數大於

15 者，以紅色展繪；界於 5 到 15 者，以黃色展繪；而小於 5 者，以綠色展繪。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。

3. 其它分析方法之推估結果，也可依據上述方法查詢而得。



圖 6-25 Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式

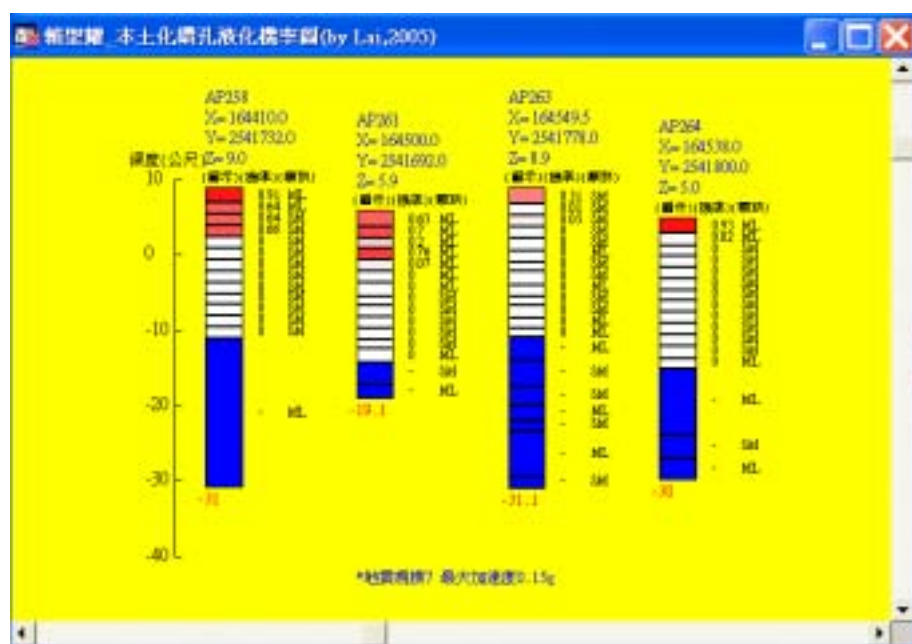


圖 6-26 安平港區鑽孔 Lai 液化機率分析結果柱狀圖

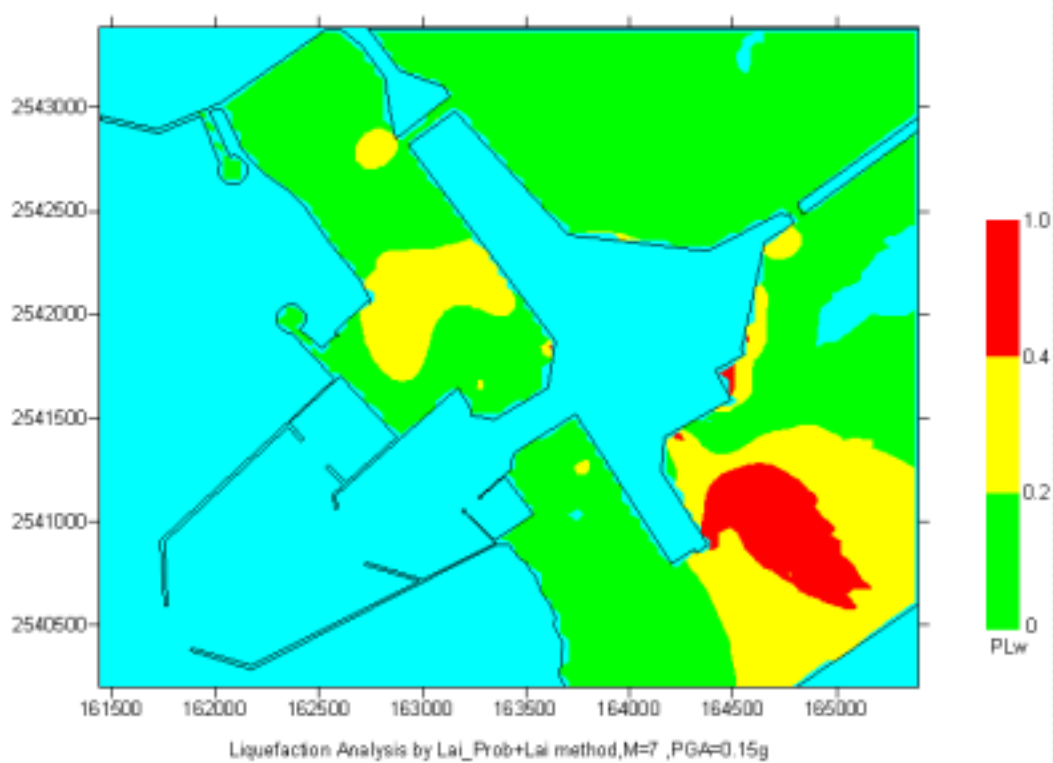


圖 6-27 安平港區 Lai_Prob+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

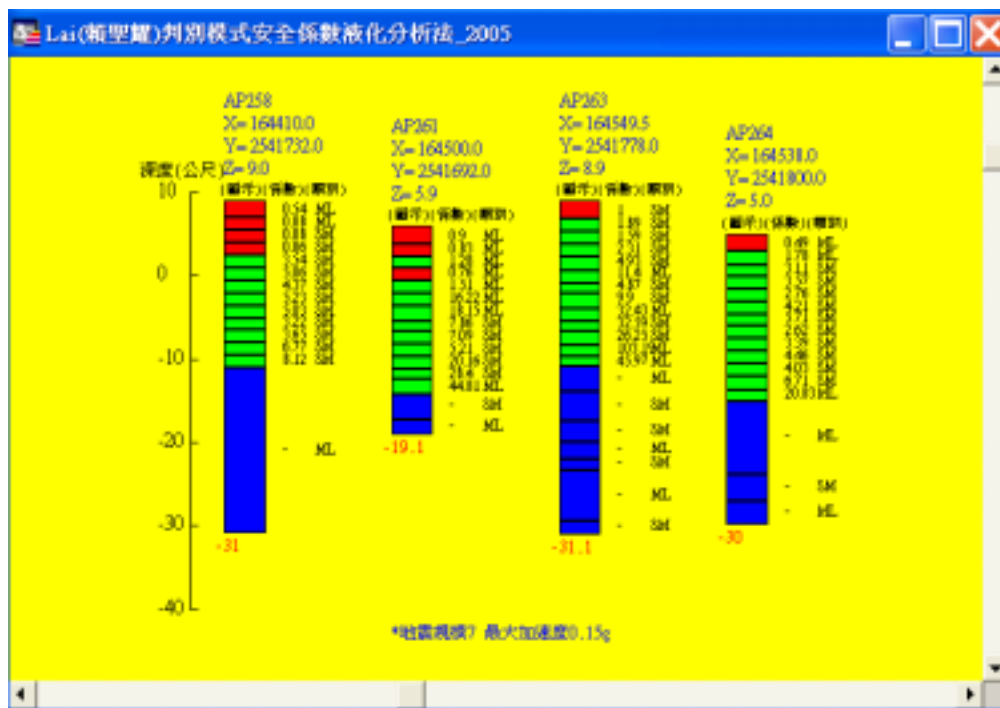


圖 6-28 安平港區 Lai 抗液化安全係數柱狀圖

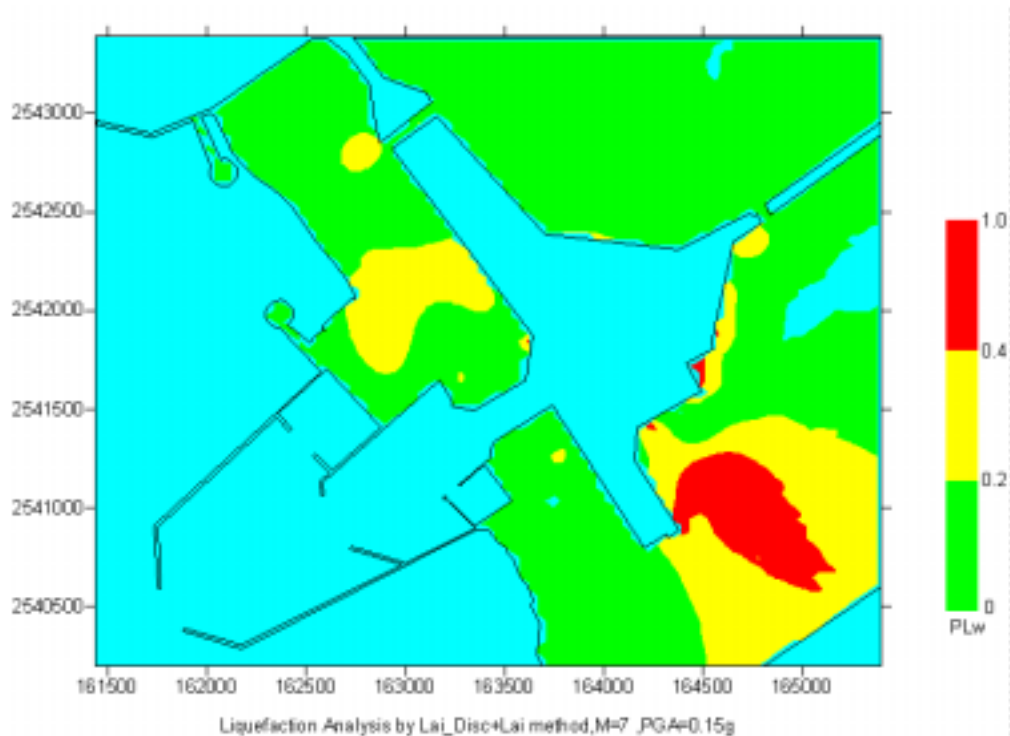


圖 6-29 安平港區 Lai+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

6.2.7 Ishihara 地震下陷分析成果展示

本研究利用紀雲曜) 以回歸分析所求得的 Ishihara & Yashimine 安全係數與最大減應變關係曲線之函數，配合賴聖耀 (2002) 本土化液化分析所求得的安全係數，來撰寫地震下陷分析程式及下陷潛能繪圖模組，用以展繪不同強度之地震侵襲下，安平港區因地震發生下陷的可能。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第十一選項「Ishihara 地震下陷分析」，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 6-20 所示。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即呼叫地震下陷分析模組，將全港區所有鑽孔之可能下陷量求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，繪製分析成果，如圖 6-30 所示。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。

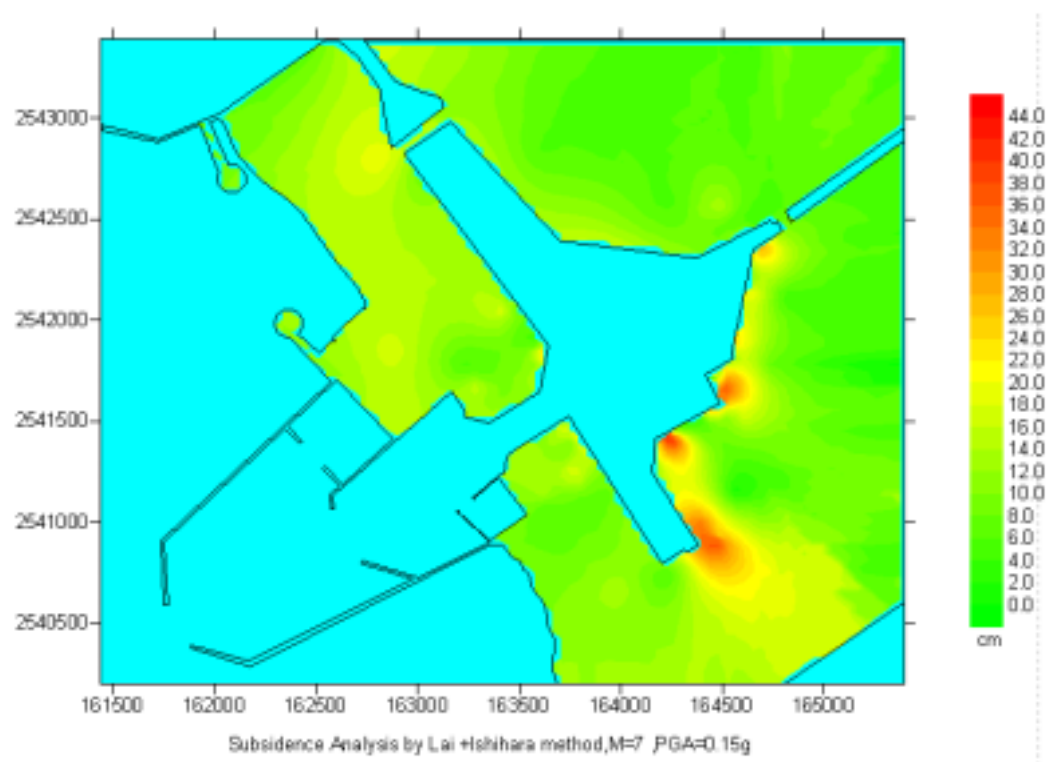


圖 6-30 地震下陷分析成果圖

第七章 碼頭資料查詢展示

本研究已建置的碼頭資料及各項查詢模組，係架構在本所港研中心所開發的「港區工程基本資料查詢系統」之下，該系統的查詢界面設計成下拉式選單方式。主選單共有六大項，分別為(1)港埠規劃、(2)鑽探資料 (3)碼頭設計及調查資料 (4)堤防設計資料 (5)地震監測、(6)海氣象現地調查等。由MapInfo 進入此查詢系統，點選進入所欲查詢的港區，該港區地圖即展示在螢幕上，且原有的MapInfo內定選單也同時全部更換成新設計的選單。系統操作及查詢說明如下：

7.1 系統操作程序

本系統之查詢設計，係以下拉式功能表配合物件選項的操作方式為主。使用者可在螢幕上選取所欲查詢的物件，再利用下拉式功能表來展示各項文件資料或繪製相關成果。系統內可查詢到基隆、台中、布袋、高雄、花蓮、蘇澳等港區之碼頭相關文件資料，操作程序如下所示：

1. 在視窗作業環境下，執行 MapInfo 系統，進入該系統內。
2. 點選功能表 File \ Run MapBasic Program，選擇 d: \ harbor-1 內的執行檔 harbor.mbx，按 OK 選鈕，即進入港區工程基本資料查詢系統。
3. 此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、台中、布袋、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置。
4. 利用滑鼠，點選其中任一港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第一選項「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖。

5. 利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標碼頭位置及鄰近地形。
6. 此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第三選項「展示碼頭使用功能」，系統則依各類碼頭之使用功能在碼頭位置圖上標繪不同顏色，此即碼頭功能主題圖。再點選第五選項「顯示圖例視窗」，系統則開啟該主題圖之圖例視窗。圖例視窗可以滑鼠拉大或平移至適當位置。
7. 圖例視窗顯示後，第五選項會更換文字內容為「隱藏圖例視窗」，點選該選項，系統則關閉該圖例視窗。
8. 此時可點選第四選項「關閉碼頭使用功能」，系統會出現詢問對話框，詢問是否儲存此主題圖，若不儲存可點選 Discard 鈕，系統隨即關閉此碼頭功能主題圖。
9. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之物件。若所點選的物件為碼頭分佈位置圖之任一碼頭時，主功能表的第三選單(即「碼頭設計及調查資料」選單)底下所附屬的幾個次選項(如「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「碼頭安全檢測影像資料」、「碼頭安全檢測調查記錄」等選項等)，會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
10. 當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被紅色斜紋所遮罩，此時可點選第六選項「碼頭設計斷面圖」，系統會自動開啟一新的視窗，展繪出該碼頭之斷面圖。又可點選第七選項「碼頭斷面文字資料」，系統會另以一新視窗列出該碼頭之概略描述。也可由「碼頭安全檢測影像資料」選項查詢該碼頭之影像資料，或利用「碼頭安全檢測調查記錄」、「碼頭重大維修記錄」查詢調查結果。
11. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 4 至 10，可繼續查詢所需港區之相關資料。

- 12.結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

7.2 蘇澳港碼頭設計及調查資料查詢說明

7.2.1 進入查詢系統

1. 按照上一節程式操作程序1至3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖 7-1所示。
2. 將滑鼠遊標移至蘇澳港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出蘇澳港區基本地圖圖層，如圖 7-2 所示。而原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單。而圖 7-3 也展示所設計的主選單「碼頭設計及調查資料」功能表單下拉模式。

7.2.2 碼頭設計及調查資料查詢

查詢系統的第三主選單「碼頭設計及調查資料」，可查詢港區內部的碼頭設計及腐蝕調查、貨櫃營運等資料，此選單之下計有二十二個選項，主要內容及查詢方式如下：

1. 此選單下拉後之第一選項為「顯示碼頭位置圖」，點選此選項後螢幕港區地圖畫面上隨即出現各個碼頭之分佈位置圖，每一碼頭(含後線)位置都以白色區塊展示。蘇澳港的碼頭位置分佈如圖 7-4 所示。碼頭位置分佈如圖顯示後，「碼頭設計及調查資料」選單底下所附屬的第三選項：「展示碼頭使用功能」選項，才會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
2. 點選第三選項「展示碼頭使用功能」，系統則依各類碼頭之使用功能在碼頭位置圖上標繪不同顏色，此即碼頭功能主題圖。再點選第五選項「顯示圖例視窗」，系統則開啟該主題圖之圖例視窗。圖例視窗可

以滑鼠拉大或平移至適當位置。蘇澳港的碼頭使用功能主題圖如圖 7-5 所示。

3. 圖例視窗顯示後，第五選項會更換文字內容為「隱藏圖例視窗」，點選該選項，系統則關閉該圖例視窗。
4. 再點選第四選項「關閉碼頭使用功能」，系統會出現詢問對話框，詢問是否儲存此主題圖，若不儲存可點選 Discard 鈕，系統隨即關閉此碼頭功能主題圖。
5. 當點選碼頭分佈位置圖之任一碼頭時，該碼頭區會被紅色斜紋所遮罩，此時「碼頭設計及調查資料」選單底下所附屬的第六選項：「碼頭設計斷面圖」選項，才會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。點選第該選項後，系統會自動開啟一新的視窗，展繪出該碼頭之斷面圖，如圖 7-6 所示。又可點選第七選項「碼頭斷面文字資料」，系統會另以一新視窗列出該碼頭之概略描述。也可由「碼頭安全檢測影像資料」選項查詢該碼頭之影像資料，或利用「碼頭安全檢測調查記錄」、「碼頭重大維修記錄」查詢調查結果。
6. 其它碼頭之設計斷面圖或文字描述資料，也可依照上述方法查詢而得。

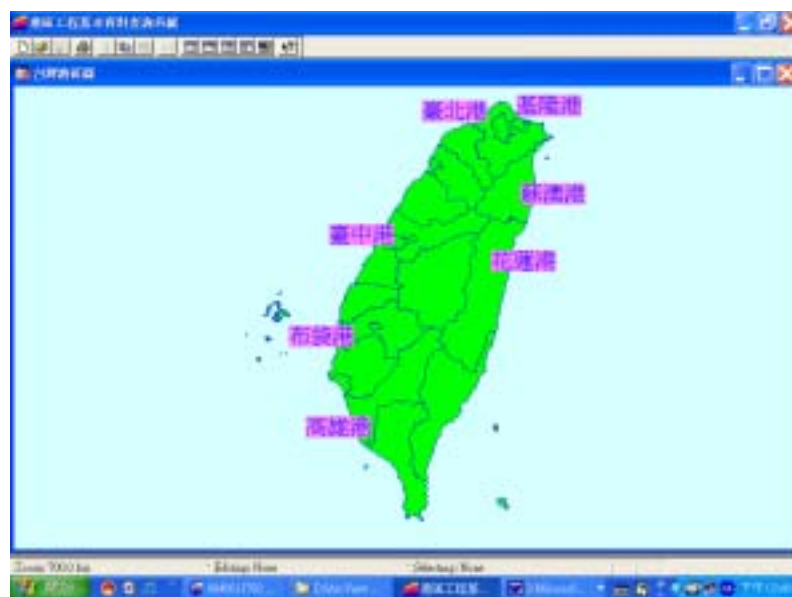


圖 7-1 查詢系統主畫面

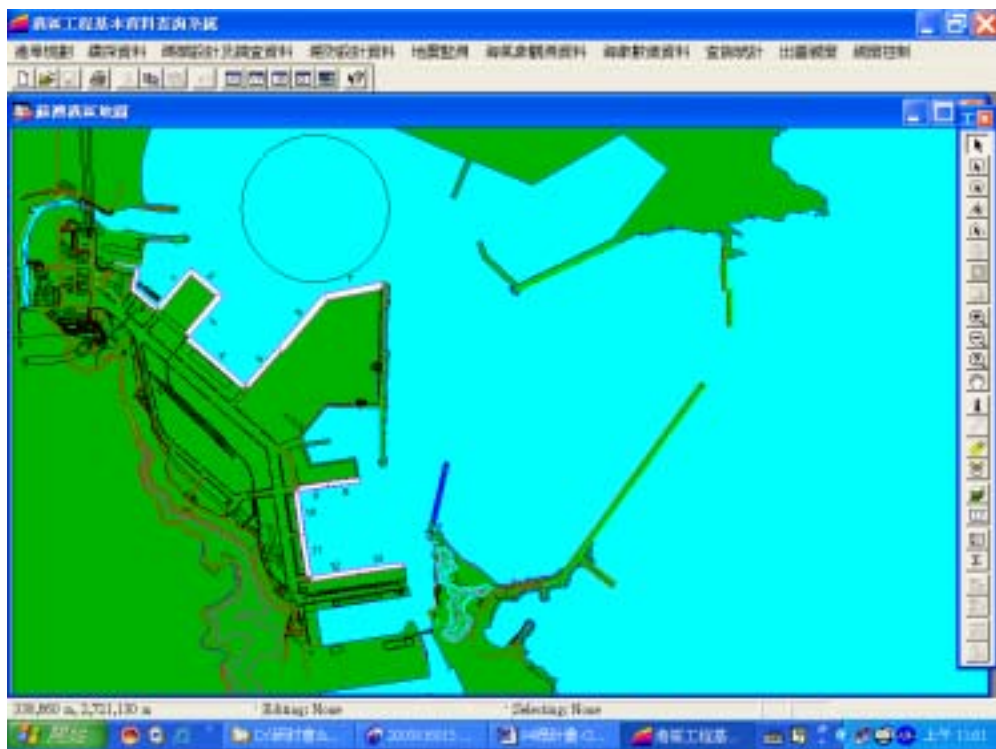


圖 7-4 蘇澳港區碼頭位置分佈圖

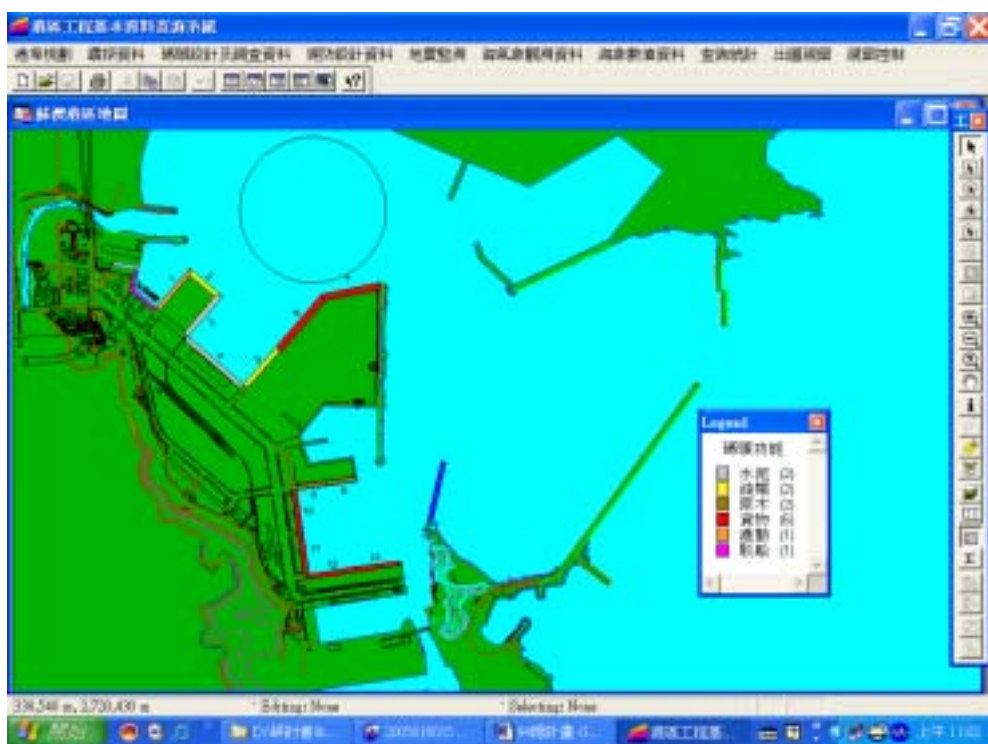


圖7-5 蘇澳港區碼頭使用功能主題圖

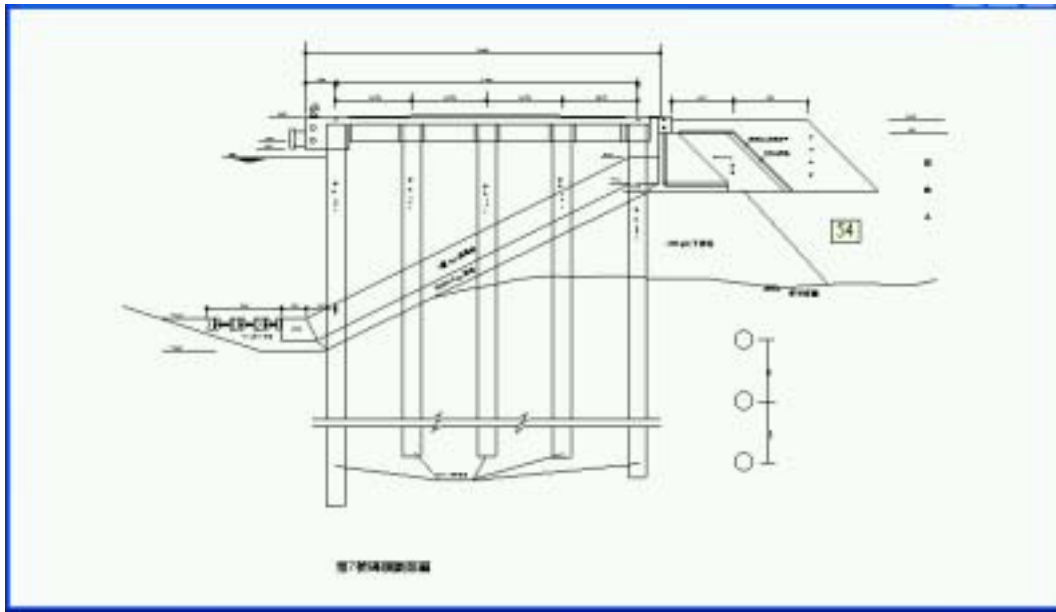


圖 7-6 蘇澳港區碼頭斷面圖之一

7.3 安平港碼頭設計及調查資料查詢說明

7.3.1 進入查詢系統

1. 按照上一節程式操作程序1至3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖 7-7所示。
2. 將滑鼠遊標移至安平港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出安平港區基本地圖圖層，如圖 7-8 所示。而原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單。而圖 7-9 也展示所設計的主選單「碼頭設計及調查資料」功能表單下拉模式。

7.3.2 碼頭設計及調查資料查詢

查詢系統的第三主選單「碼頭設計及調查資料」，可查詢港區內部的碼頭設計及腐蝕調查、貨櫃營運等資料，此選單之下計有二十二個選項，主要內容及查詢方式如下：

1. 此選單下拉後之第一選項為「顯示碼頭位置圖」，點選此選項後螢幕港區地圖畫面上隨即出現各個碼頭之分佈位置圖，每一碼頭(含後線)位置都以白色區塊展示。安平港的碼頭位置分佈如圖 7-10 所示。碼頭位置分佈如圖顯示後，「碼頭設計及調查資料」選單底下所附屬的第三選項：「展示碼頭使用功能」選項，才會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
2. 點選第三選項「展示碼頭使用功能」，系統則依各類碼頭之使用功能在碼頭位置圖上標繪不同顏色，此即碼頭功能主題圖。再點選第五選項「顯示圖例視窗」，系統則開啟該主題圖之圖例視窗。圖例視窗可以滑鼠拉大或平移至適當位置。安平港的碼頭使用功能主題圖如圖 7-11 所示。
3. 圖例視窗顯示後，第五選項會更換文字內容為「隱藏圖例視窗」，點選該選項，系統則關閉該圖例視窗。
4. 再點選第四選項「關閉碼頭使用功能」，系統會出現詢問對話框，詢問是否儲存此主題圖，若不儲存可點選 Discard 鈕，系統隨即關閉此碼頭功能主題圖。
5. 當點選碼頭分佈位置圖之任一碼頭時，該碼頭區會被紅色斜紋所遮罩，此時「碼頭設計及調查資料」選單底下所附屬的第六選項：「碼頭設計斷面圖」選項，才會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。點選該選項後，系統會自動開啟一新的視窗，展繪出該碼頭之斷面圖，如圖 7-12 所示。又可點選第七選項「碼頭斷面文字資料」，系統會另以一新視窗列出該碼頭之概略描述。也可由「碼頭安全檢測影像資料」選項查詢該碼頭之影像資料，或利用「碼頭安全檢測調查記錄」、「碼頭重大維修記錄」查詢調查結果。
6. 其它碼頭之設計斷面圖或文字描述資料，也可依照上述方法查詢而得

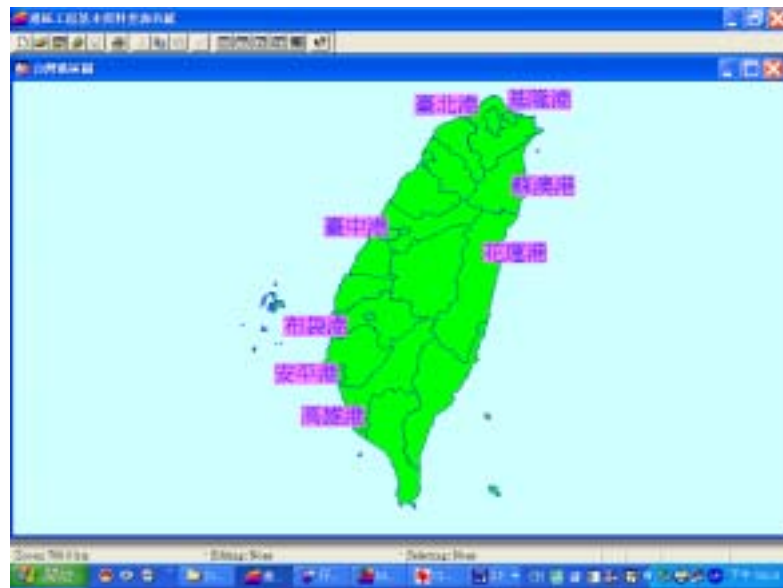


圖 7-7 查詢系統主畫面



圖 7-8 安平港區地圖圖層及所開發之選單列



圖 7-10 安平港區碼頭位置分佈圖

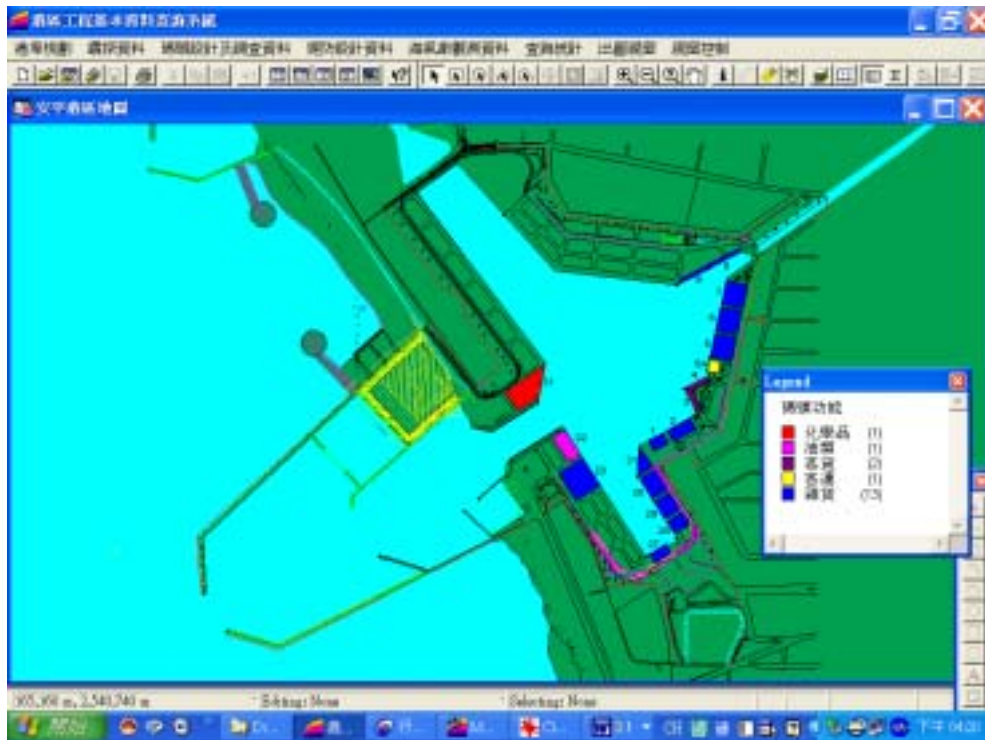


圖7-11 安平港區碼頭使用功能主題圖

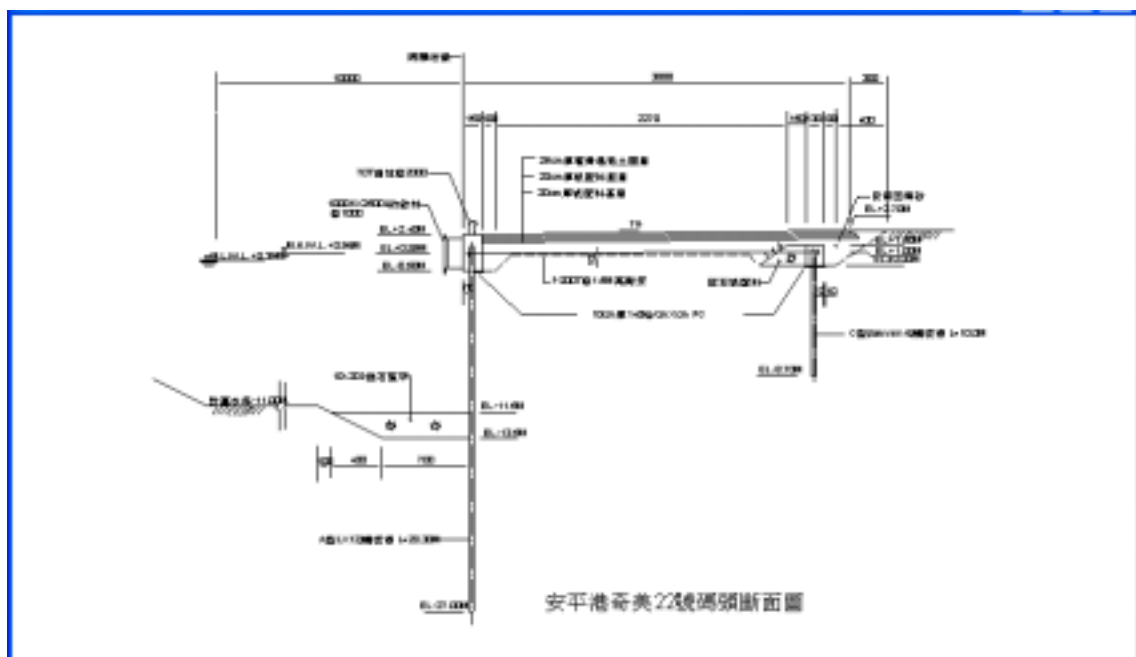


圖7-12 安平港區碼頭斷面圖之一

第八章 碼頭鋼板樁腐蝕調查系統展示

本研究所建置的港區鋼板樁檢測資料及新開發的查詢模組，係架構在本中心所開發的「港區工程基本資料查詢展示系統」之下，該系統的查詢界面設計成下拉式選單方式。主選單共有六大項，分別為(1)港埠規劃 (2)鑽探資料 (3)碼頭設計及調查資料 (4)堤防設計資料、(5)地震監測、(6)海氣象現地調查等。由 MapInfo 進入此查詢系統，點選進入所欲查詢的港區，該港區地圖即展示在螢幕上，且原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單，供使用者點取需用功能。

8.1 系統操作程序

系統之查詢設計，係以下拉式選單配合物件選項的操作方式為主。使用者可在螢幕上選取所欲查詢的物件，再利用下拉式選單來展示各項文件資料或繪製相關成果。港區碼頭鋼板樁檢測資料查詢展示之操作程序如下：

1. 在視窗作業環境下，執行 MapInfo 系統，進入該系統內。
2. 點取選單 File \ Run MapBasic Program，選擇 d: \ harbor-1 內的執行檔 harbor.mbx，按 OK 選鈕，即進入港區工程基本資料查詢展示系統。
3. 此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置。
4. 利用滑鼠，點選所欲查詢的港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第一選項「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖。

5. 再點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第十二選項「顯示腐蝕調查碼頭」，則有腐蝕調查的碼頭區塊會由白色轉變成紅色，可得知那些碼頭為鋼材所構建且有施做腐蝕調查。
6. 利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標位置及鄰近地形。
7. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之碼頭，此時主選單的第三功能項(即「碼頭設計及調查資料」功能項)底下所附屬的幾個次選項(即「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「關閉腐蝕調查碼頭」、「鋼板腐蝕速率展繪」、「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」、「海水水質分析成果展示」等功能項等)，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。
8. 當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被異色斜紋所遮罩，此時可在第三主選單下點選「鋼板腐蝕速率展繪」選項，系統會開啟「檢測起迄點輸入對話框」。輸入檢測起迄點後，若所點取的碼頭為 Z 型板樁所構築，因該型板樁具有凸側凹三個面，系統會再開啟一個「凸側凹面點取對話框」。使用者可依框內收音機鈕(Radio Button)選項點取某一面來繪圖，隨後系統即呼叫 surfer 程式，展繪該檢測段之腐蝕速率，圖中上半部設計為三維立體圖，下半部設計為等值分佈圖。
9. 接續在第三主選單下點選「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」選項，系統會先開啟「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」選項，系統會先開啟「檢測位置輸入對話框」。選取任一檢測位置，系統隨即展繪該位置之凸側凹三腐蝕速率比較圖。
10. 「鋼板厚度調查成果展繪選項」，其操作如步驟 8 所示。
11. 「鋼板凸側凹三面厚度比較」選項，其操作如步驟 9 所示。

12. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 4 至 11，可繼續查詢所需港區之相關資料。
13. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

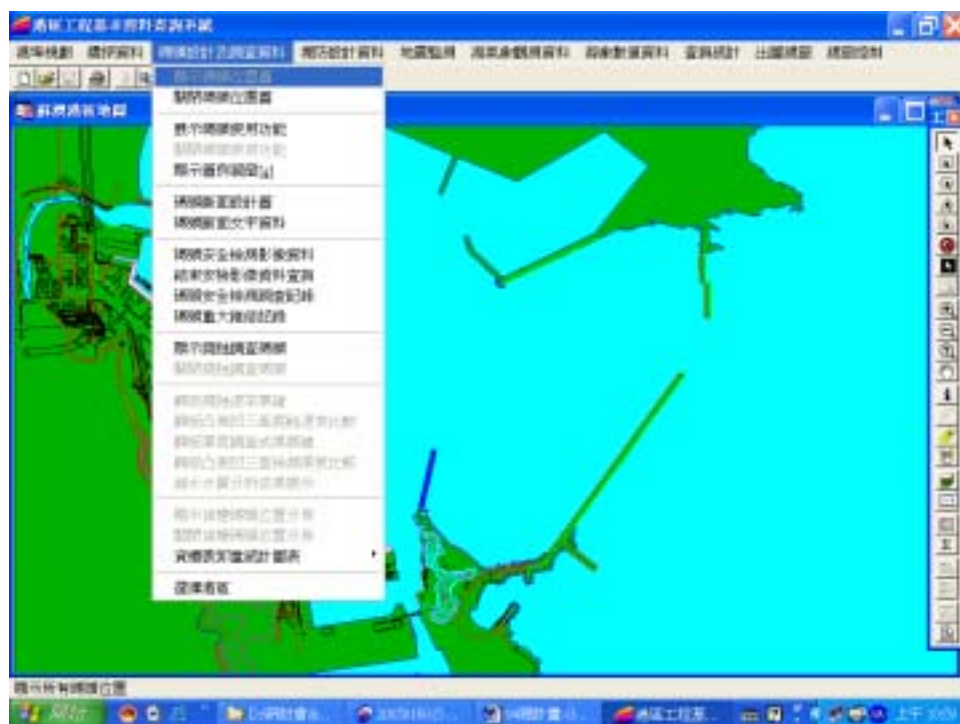
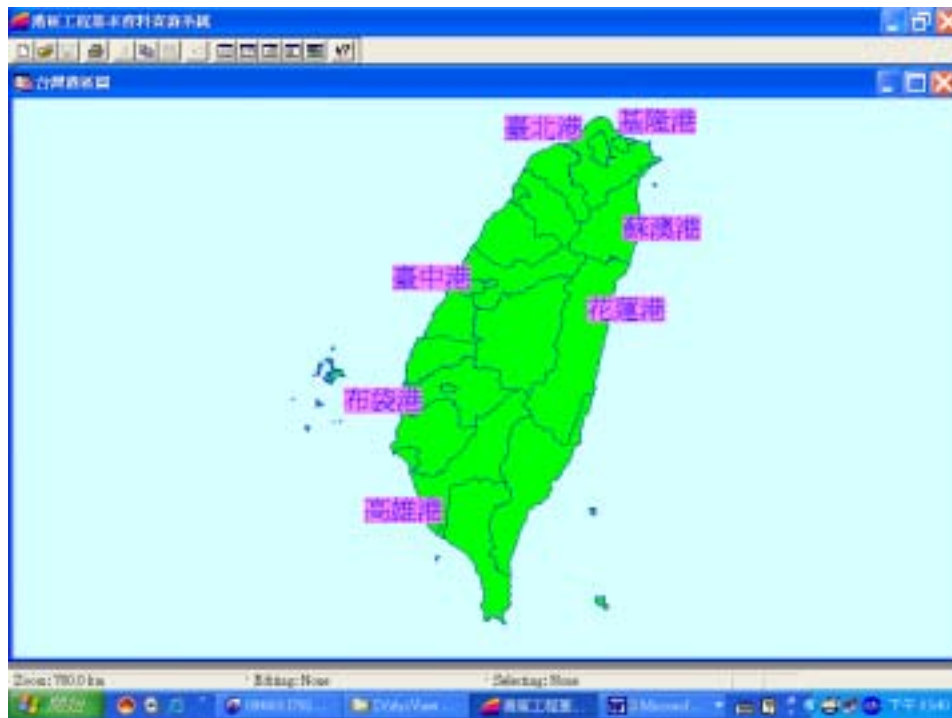
8.2 蘇澳港鋼板樁檢測資料查詢展示

蘇澳港區碼頭鋼板樁檢測資料查詢展示之操作程序如下：

1. 按照 8.1 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區（如基隆、台中、高雄、花蓮、蘇澳等港區）的分佈位置，如圖 8-1 所示。
2. 將滑鼠遊標移至蘇澳港標示文字區內，按滑鼠左鍵，可叫出蘇澳港區基本地圖圖層，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第一選項「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖，如圖 8-2 所示為蘇澳港碼頭位置分佈情形。
3. 再點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第十二選項「顯示腐蝕調查碼頭」，則有腐蝕調查的碼頭區塊會由白色轉變成紅色，如圖 8-3 所示為蘇澳港腐蝕調查碼頭分佈位置。
4. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之碼頭，此時選單列的第三主選單（即「碼頭設計及調查資料」選單）底下所附屬的幾個選項（即「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「關閉腐蝕調查碼頭」、「鋼板腐蝕速率展繪」、「鋼板凸測凹三面腐蝕速率比較」、「海水水質分析成果展示」等功能項等），會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
5. 當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被異色斜紋所遮罩，此時可在第三主選單下點選「鋼板腐蝕速率展繪」選項，系統會開啟「檢測起迄點輸入對話框」，如圖 8-4 所示。輸入檢測起迄點後，若所

點取的碼頭為 Z 型板樁所構築，因該型板樁具有凸側凹三個面，系統會再開啟一個「凸側凹面點取對話框」，如圖 8-5 所示。使用者可依框內收音機鈕(Radio Button)選項點取某一面來繪圖，隨後系統即呼叫 surfer 程式，展繪該檢測段之腐蝕速率，成果如圖 8-6 所示，圖中上方為三維立體圖，下方為等值分佈圖。

6. 接續在第三主選單下點選「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」選項，系統會先開啟「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」選項，系統會先開啟「檢測位置輸入對話框」，如圖 8-7 所示。選取任一檢測位置，系統隨即展繪該位置之凸側凹三腐蝕速率比較圖，如圖 8-8 所示。
7. 「鋼板厚度調查成果展繪選項」，其操作如步驟 5 所示。展繪成果如圖 8-9 所示。
8. 「鋼板凸側凹三面厚度比較」選項，其操作如步驟 6 所示。展繪成果如圖 8-10 所示。
9. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 2 至 8，可繼續查詢所需港區之相關資料。
10. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。



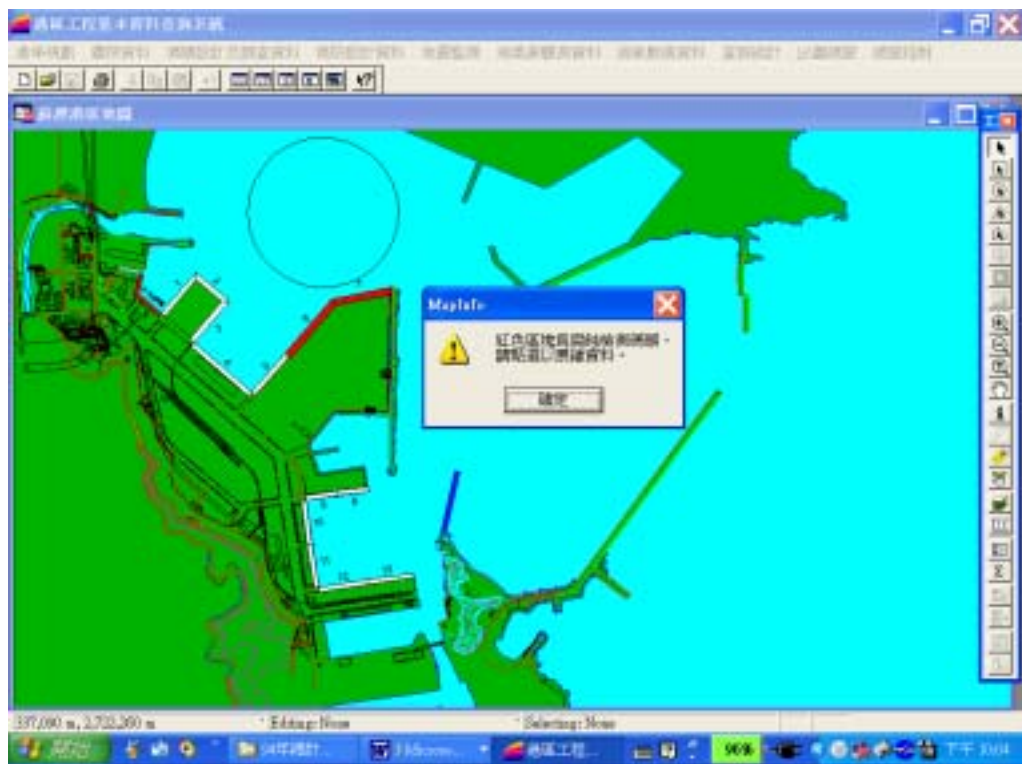


圖 8-3 蘇澳港腐蝕調查碼頭位置分佈圖

起迄點輸入對話框

本結構物岸線總長200m,等距佈設83個檢測點,請輸入展繪起迄點:

起點:	終點:
1	5
2	6
3	7
4	8
5	9
6	10

確定 取消

圖 8-4 檢測起迄點輸入對話框

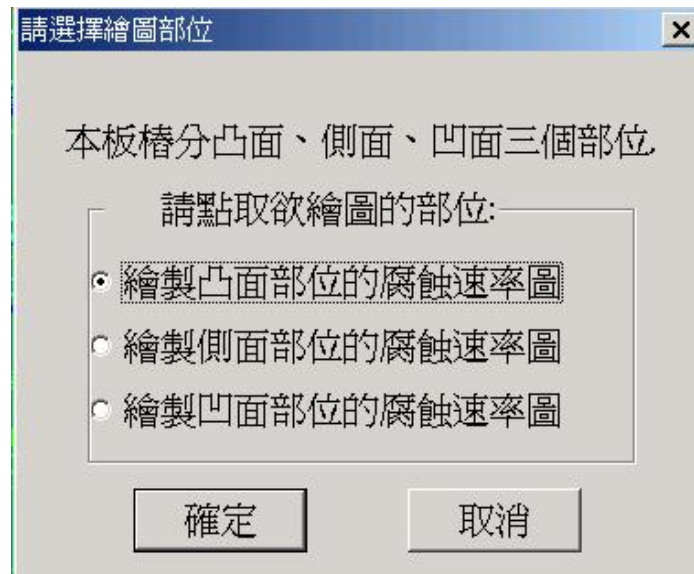


圖 8-5 凸側凹面點取對話框

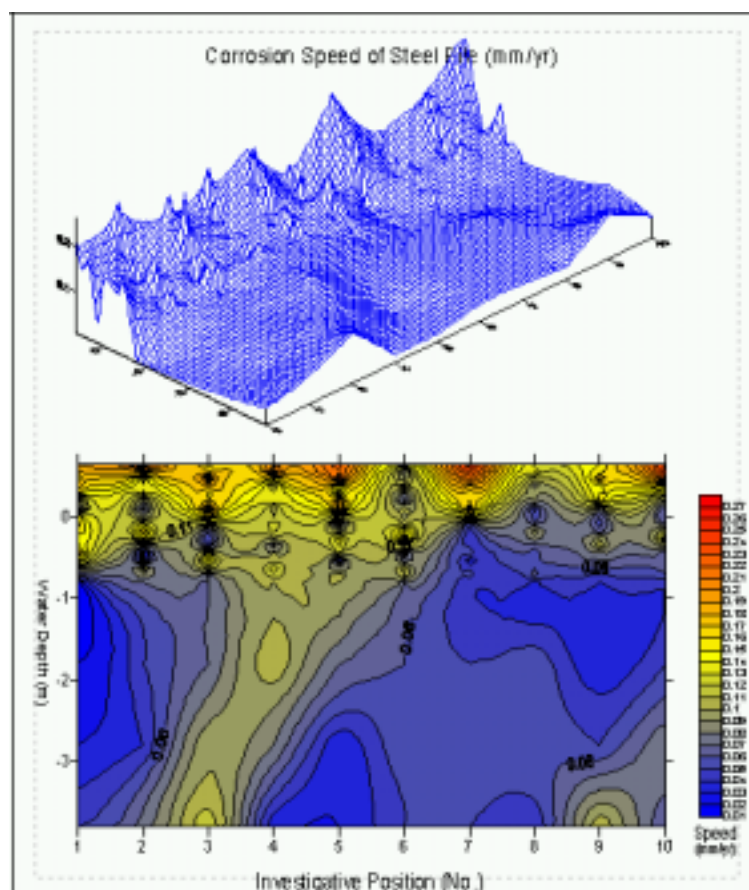


圖 8-6 蘇澳港腐蝕速率調查成果展繪圖

檢測位置輸入對話框

本結構物岸線總長200m,等距佈設83個檢測點,請輸入欲做比較之檢測位置:

檢測位置:

1
2
3
4
5
6

確定 取消

圖 8-7 檢測位置輸入對話框

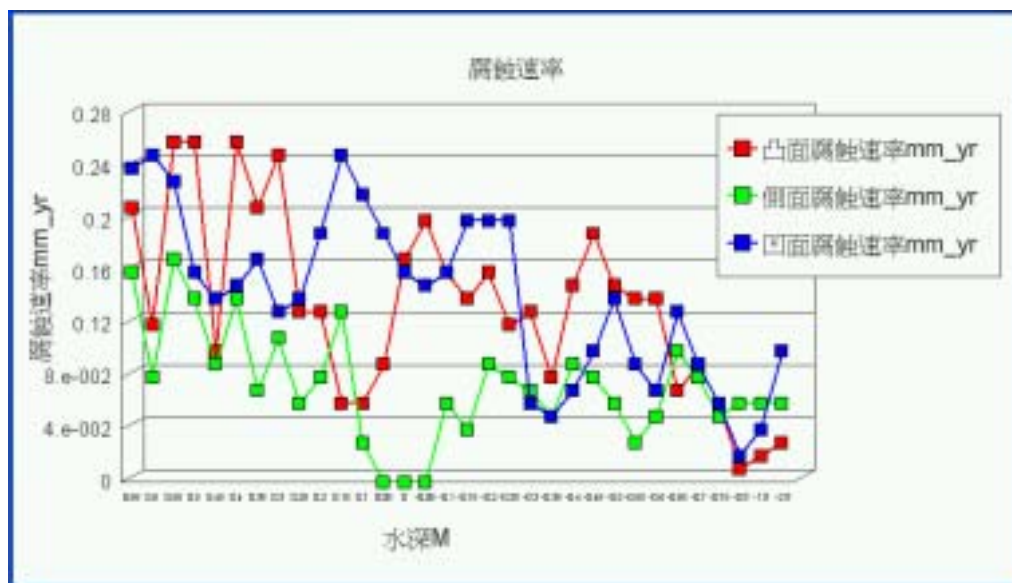


圖 8-8 蘇澳港鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較圖

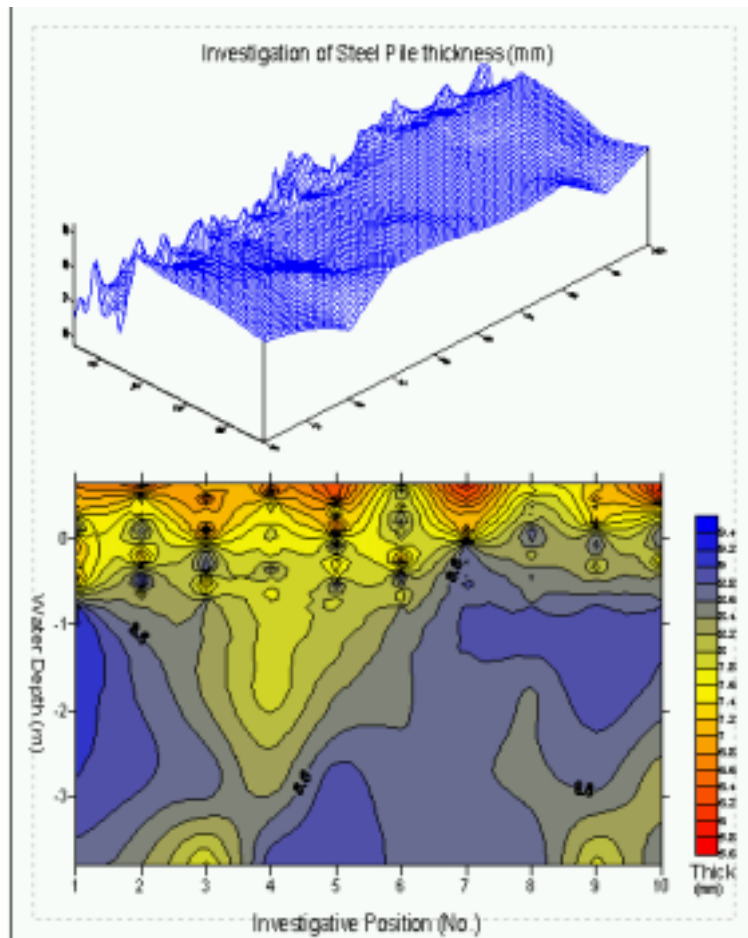


圖 8-9 蘇澳港鋼板厚度調查成果展繪圖

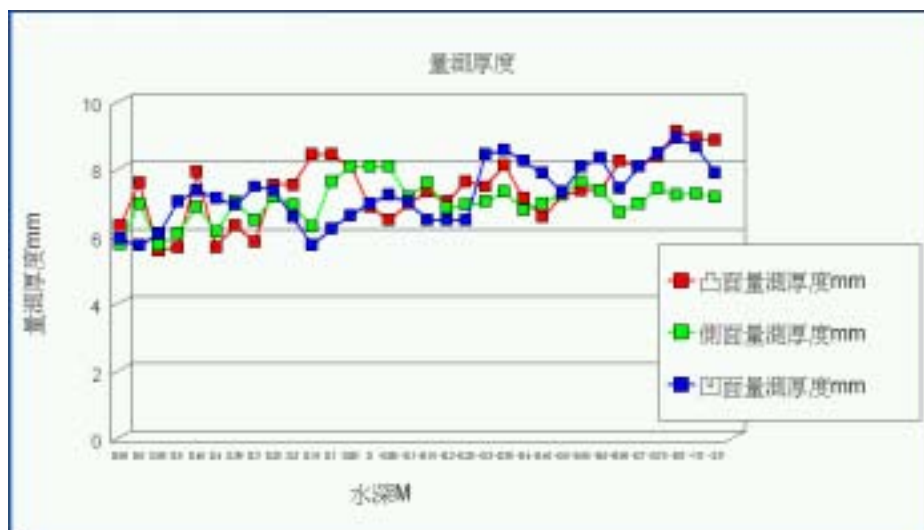


圖 8-10 蘇澳港鋼板凸側凹三面厚度比較圖

8.3 安平港鋼板樁檢測資料查詢展示

安平港區碼頭鋼板樁檢測資料查詢展示之操作程序如下：

1. 按照 8.1 節程式操作程序 1 至 3, 使用者可進入查詢系統的主畫面, 此時螢幕視窗會展繪出臺灣全島地圖與主要港區 (如基隆、臺中、高雄、花蓮、安平等港區) 的分佈位置, 如圖 8-11 所示。
2. 將滑鼠遊標移至安平港標示文字區內, 按滑鼠左鍵, 可叫出安平港區基本地圖圖層, 地圖以綠色標示陸面區域位置, 以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第一選項「顯示碼頭位置圖」, 系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖, 如圖 8-12 所示為安平港碼頭位置分佈情形。
3. 再點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第十二選項「顯示腐蝕調查碼頭」, 則有腐蝕調查的碼頭區塊會由白色轉變成紅色, 如圖 8-13 所示為安平港腐蝕調查碼頭分佈位置。
4. 選用工具箱內的點選工具, 再點選所欲查詢之碼頭, 此時選單列的第三主選單(即「碼頭設計及調查資料」選單)底下所附屬的幾個選項(即「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「關閉腐蝕調查碼頭」、「鋼板腐蝕速率展繪」、「鋼板凸測凹三面腐蝕速率比較」、「海水水質分析成果展示」等功能項等), 會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
5. 當點選到碼頭物件時, 該碼頭區會被異色斜紋所遮罩, 此時可在第三主選單下點選「鋼板腐蝕速率展繪」選項, 系統會開啟「檢測點輸入對話框」, 如圖 8-14 所示。輸入檢測起迄點後, 系統即呼叫 surfer 程式, 展繪該檢測段之腐蝕速率, 成果如圖 8-15 所示, 圖中上方為三維立體圖, 下方為等值分佈圖。
6. 「鋼板厚度調查成果展繪選項」, 其操作如步驟 5 所示。展繪成果如圖 8-16 所示。
7. 若要查詢另一港區的碼頭資料, 可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」, 則系統會跳回主畫面顯示港區位置

分佈圖。再依循步驟 2 至 6，可繼續查詢所需港區之相關資料。

8. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

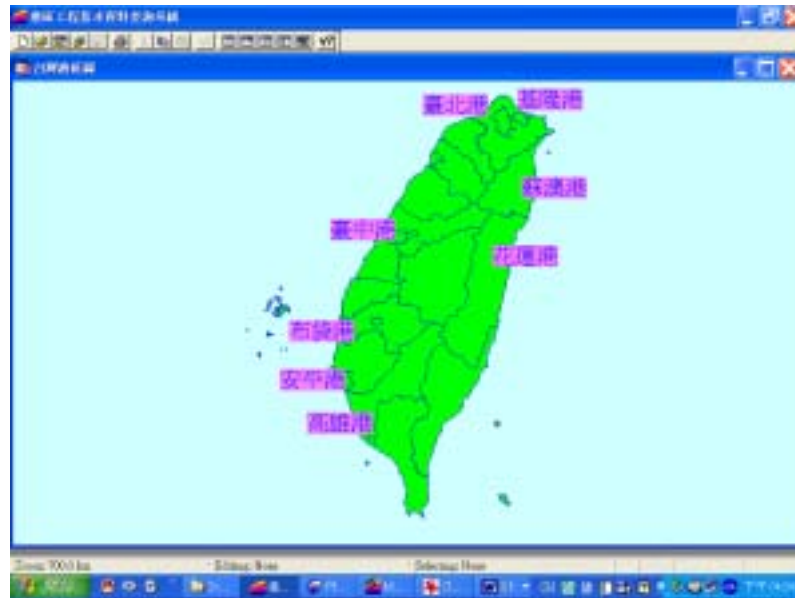


圖 8-11 查詢系統主畫面



圖 8-12 安平港碼頭資料選單下拉及碼頭位置分佈圖

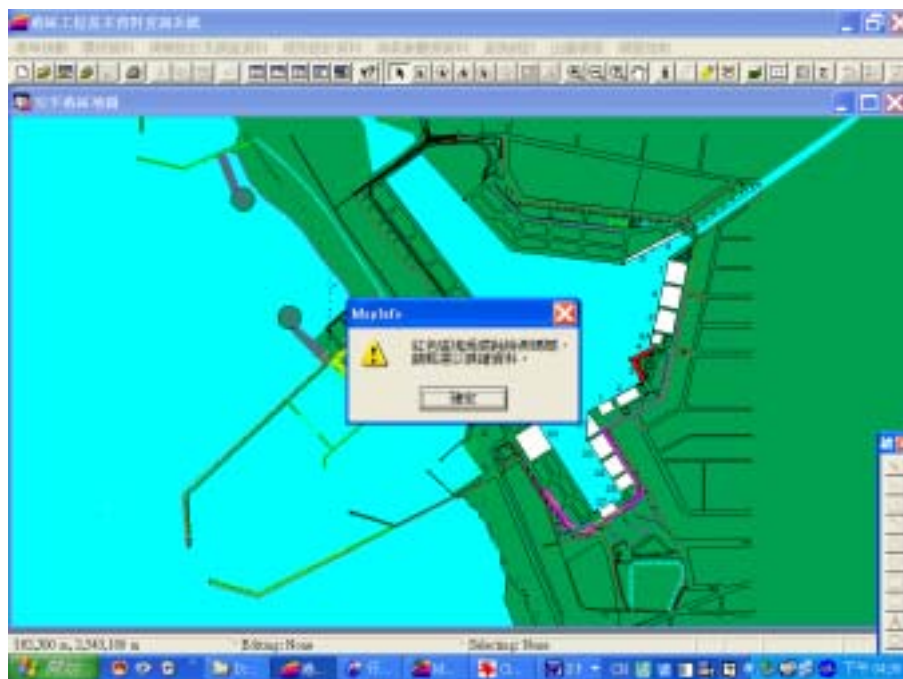


圖 8-13 安平港腐蝕調查碼頭位置分佈圖

腐蝕調查位置點取對話框

本碼頭分別於岸線 0m, 20m, 120m, 160m 等處佈設檢測點, 連續檢測 10 根鋼板樁, 請點取檢測點:

腐蝕調查位置

☒ 0m

☐ 20m

☐ 120m

☐ 160m

確定 取消

圖 8-14 檢測點輸入對話框

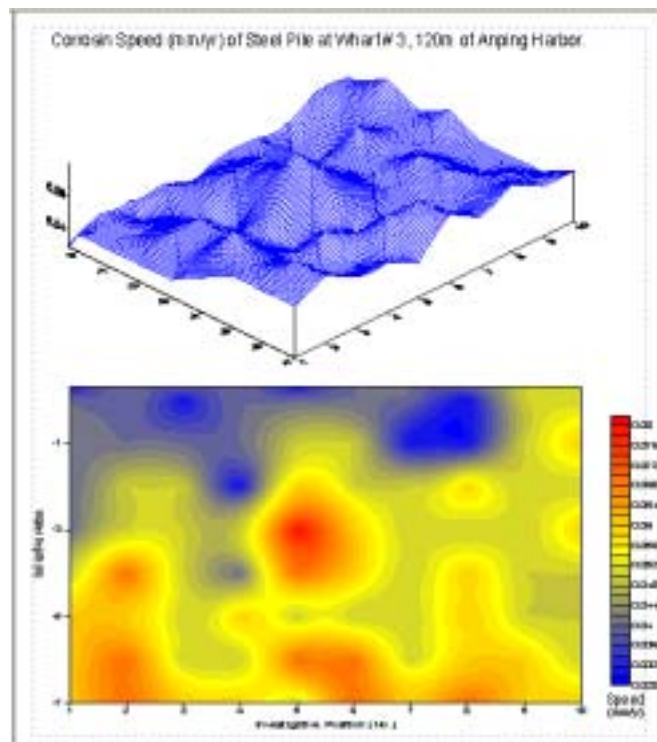


圖 8-15 安平港腐蝕速率調查成果展繪圖

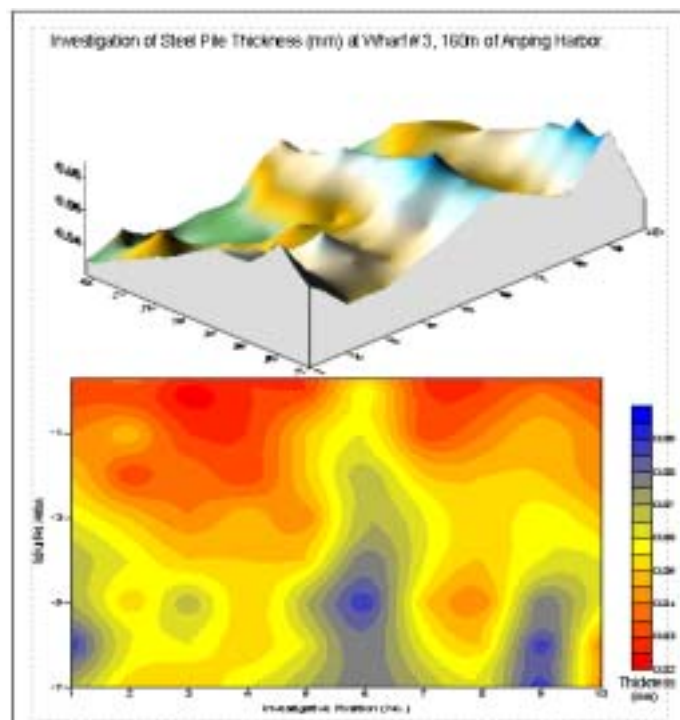


圖 8-16 安平港鋼板厚度調查成果展繪圖

第九章 貨櫃碼頭營運資料查詢展示

9.1 貨櫃碼頭營運資料配置圖層及屬性資料錄說明

本研究將高雄港台中港及基隆港港區內貨櫃碼頭之分佈位置繪製於 Container_TEU.tab 圖層檔內，而圖上每一貨櫃碼頭物件之屬性資料也對照登錄到資料庫表格檔內。以高雄港為例，貨櫃碼頭屬性資料共設計成十個欄位，依序為：碼頭、1998 年、1999 年、2000 年、2001 年、2002 年、2003 年、2004 年、2005 年、租賃公司等，其欄位名稱，中文說明，資料型態及長度如表 9.1 所示。

9.2 貨櫃碼頭營運資料查詢展示模組設計

9.2.1 查詢選單設計規劃

貨櫃碼頭營運資料經數化建檔後，貯放在「港區基本工程資料查詢展示系統」資料庫內。而相關資料之查詢，係設計成下拉式選單方式，配合對話框輸入查詢資料。查詢選單劃設為三項，分別為：

1. 顯示貨櫃碼頭位置分佈
2. 關閉貨櫃碼頭位置分佈
3. 貨櫃裝卸量統計圖表

該三項選單架構在查詢系統的第三主選單「碼頭設計及調查資料」項下，而「貨櫃裝卸量統計圖表」選單又可下拉出六個次選單：

1. 單一碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪
2. 單一碼頭_貨櫃裝卸量統計表展示
3. 多選碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪
4. 多選碼頭_貨櫃裝卸量統計表展示

5. 全港區_貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪

6. 全港區_貨櫃碼頭裝卸量統計表展示

表 9.1 貨櫃碼頭營運設計使用資料檔案及資料錄說明

系統名稱：港區基本工程資料查詢系統			日期： / /	
檔案名稱：Container_TEU			檔案格式：表格(.DBF)	
檔案說明：碼頭貨櫃裝卸量及登錄年度資料				
編號	欄位名稱	欄位中文說明	資料型態及長度	備 註
1	碼頭	碼頭編號	Char (15)	
2	1998 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
3	1999 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
4	2000 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
5	2001 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
6	2002 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
7	2003 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
8	2004 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
9	2004 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
10	租賃公司	租賃公司	Char (30)	

9.2.2 查詢模組設計規劃

貨櫃碼頭營運資料數化建檔後，貯放在資料庫高雄港及台中港港區底下。接著利用 MapBasic 程式語言，撰寫查詢及展繪模組，該模組命名為 Container_quantity，模組下分六個副程式，其功能依序說明如下：

- (1) Show_Container_Whrf 副程式：顯示貨櫃碼頭的位置。
- (2) Close_Container_Whrf 副程式：隱藏貨櫃碼頭的位置。
- (3) Whrf_TEU_graph 副程式：顯示所點選之貨櫃碼頭分年裝卸量三維柱狀展示圖。
- (4) Port_TEU_graph 副程式：顯示全港區貨櫃碼頭分年裝卸量三維柱

狀展示圖。

(5) Whrf_TEU_Table 副程式：顯示所點選之貨櫃碼頭分年裝卸量統計表。

(6) Port_TEU_Table 副程式：顯示全港區貨櫃碼頭分年裝卸量統計表。

9.3 貨櫃碼頭營運資料查詢展示操作程序

本研究所建置的貨櫃碼頭營運資料及新開發的查詢模組，係架構在本中心所開發的「港區基本工程資料查詢展示系統」之下，該系統的查詢界面設計成下拉式選單方式。主選單共有六大項，分別為(1)港埠規劃、(2)鑽探資料、(3)碼頭設計及調查資料、(4)堤防設計資料、(5)地震監測、(6)海氣象現地調查等。由 MapInfo 進入此查詢系統，點選進入所欲查詢的港區，該港區地圖即展示在螢幕上，且原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單，供使用者點取需用功能。

系統之查詢設計，係以下拉式選單配合物件選項的操作方式為主。使用者可在螢幕上選取所欲查詢的物件，再利用下拉式選單來展示各項文件資料或繪製相關成果。港區貨櫃碼頭營運資料查詢展示之操作程序如下：

1. 在視窗作業環境下，執行 MapInfo 系統，進入該系統內。
2. 點取選單 File \ Run MapBasic Program，選擇 d: \ harbor-1 內的執行檔 harbor.mbx，按 OK 選鈕，即進入港區工程基本資料查詢展示系統。
3. 此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置。
4. 利用滑鼠，點選欲查詢之港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第十九選項「顯示貨櫃

碼頭分佈位置圖」，系統則載入該港區之貨櫃碼頭位置分佈圖，貨櫃碼頭以黃色展繪。

5. 利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標位置及鄰近地形。
6. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之碼頭。若只點選一個碼頭，此時「貨櫃裝卸量統計圖表」功能項底下所附屬的次選項「單一碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。若點選兩個以上碼頭，此時「貨櫃裝卸量統計圖表」功能項底下所附屬的次選項「多選碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。
7. 點選選單：「碼頭設計及調查資料」\「貨櫃裝卸量統計圖表」\「單一碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，可查得該碼頭歷年貨櫃裝卸量統計成果圖。或點選：「碼頭設計及調查資料」\「貨櫃裝卸量統計圖表」\「多選碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，可查得所選取碼頭歷年貨櫃裝卸量統計成果圖。若點選：「碼頭設計及調查資料」\「貨櫃裝卸量統計圖表」\「全港區_貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪」，系統則展繪全港區碼頭歷年貨櫃裝卸量統計成果圖。統計圖展繪後，接著可以展示統計表。使用者可依自己的需求來查詢資料。
8. 若要查詢另一港區的相關資料，可點選第一主功能項下的“選擇港區”功能，則系統會跳回主畫面。可依循步驟 4 至 7，繼續查詢其他港區的資料。
9. 結束查詢，可由功能表的最後一個功能項“視窗控制”下拉出“離開系統”次功能項，點選後則可停止本程式的執行。

9.4 高雄港貨櫃碼頭營運資料查詢展示

高雄港貨櫃碼頭營運資料查詢展示之操作程序如下：

1. 按照 9.3 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，

此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、台中、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置，如圖 9-1 所示。

2. 利用滑鼠，點選高雄港，則螢幕展繪出高雄港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第十九選項「顯示貨櫃碼頭分佈位置圖」，系統則載入該港區之貨櫃碼頭位置分佈圖，貨櫃碼頭以黃色展繪，如圖 9-2 所示。
3. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之碼頭。若只點選一個碼頭，此時「貨櫃裝卸量統計圖表」功能項底下所附屬的次選項「單一碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。若點選兩個以上碼頭，此時「貨櫃裝卸量統計圖表」功能項底下所附屬的次選項「多選碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。選單呈列狀況如圖 9-3 所示。
4. 點選選單：「碼頭設計及調查資料」\「貨櫃裝卸量統計圖表」\「單一碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，可查得該碼頭歷年貨櫃裝卸量統計成果圖，高雄港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪如圖 9-4 所示。
5. 或點選選單：「碼頭設計及調查資料」\「貨櫃裝卸量統計圖表」\「多選碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，可查得所選取碼頭歷年貨櫃裝卸量統計成果圖，高雄港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪如圖 9-5 所示。
6. 若點選選單：「碼頭設計及調查資料」\「貨櫃裝卸量統計圖表」\「全港區_貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪」，系統則展繪全港區碼頭歷年貨櫃裝卸量統計成果圖。高雄港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪如圖 9-6 所示。
7. 統計圖展繪後，接著可以展示統計表。使用者可依自己的需求來查詢資料。

9.5 基隆港貨櫃碼頭營運資料查詢展示

基隆港貨櫃碼頭營運資料查詢展示之操作程序如下：

1. 按照 9.3 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、台中、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置，如圖 9-1 所示。
2. 利用滑鼠，點選基隆港，則螢幕展繪出基隆港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第十九選項「顯示貨櫃碼頭分佈位置圖」，系統則載入該港區之貨櫃碼頭位置分佈圖，貨櫃碼頭以黃色展繪，如圖 9-7 所示。
3. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之碼頭。若只點選一個碼頭，此時「貨櫃裝卸量統計圖表」功能項底下所附屬的次選項「單一碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。若點選兩個以上碼頭，此時「貨櫃裝卸量統計圖表」功能項底下所附屬的次選項「多選碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。
4. 點選選單：「碼頭設計及調查資料」\「貨櫃裝卸量統計圖表」\「單一碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，可查得該碼頭歷年貨櫃裝卸量統計成果圖，基隆港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪如圖 9-8 所示。
5. 或點選選單：「碼頭設計及調查資料」\「貨櫃裝卸量統計圖表」\「多選碼頭_貨櫃裝卸量統計圖展繪」，可查得所選取碼頭歷年貨櫃裝卸量統計成果圖，基隆港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪如圖 9-9 所示。
6. 若點選選單：「碼頭設計及調查資料」\「貨櫃裝卸量統計圖表」\「全港區_貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪」，系統則展繪全港區碼頭歷年貨櫃裝卸量統計成果圖。基隆港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪如圖 9-10 所示。
7. 統計圖展繪後，接著可以展示統計表。使用者可依自己的需求來查詢資料。

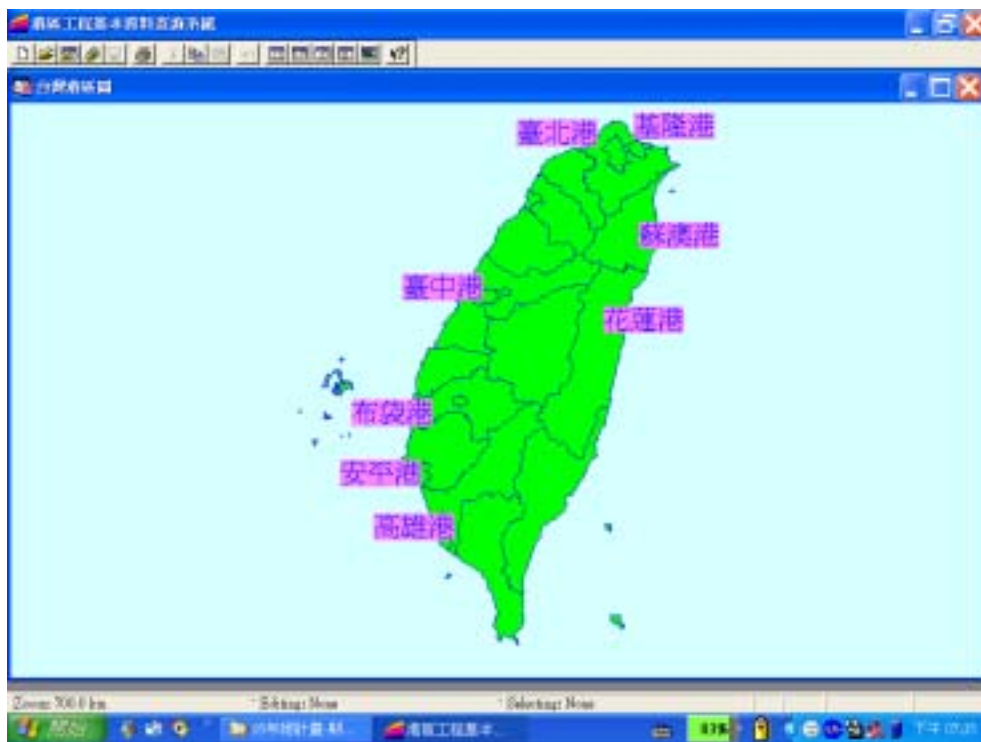


圖 9-1 查詢系統主畫面

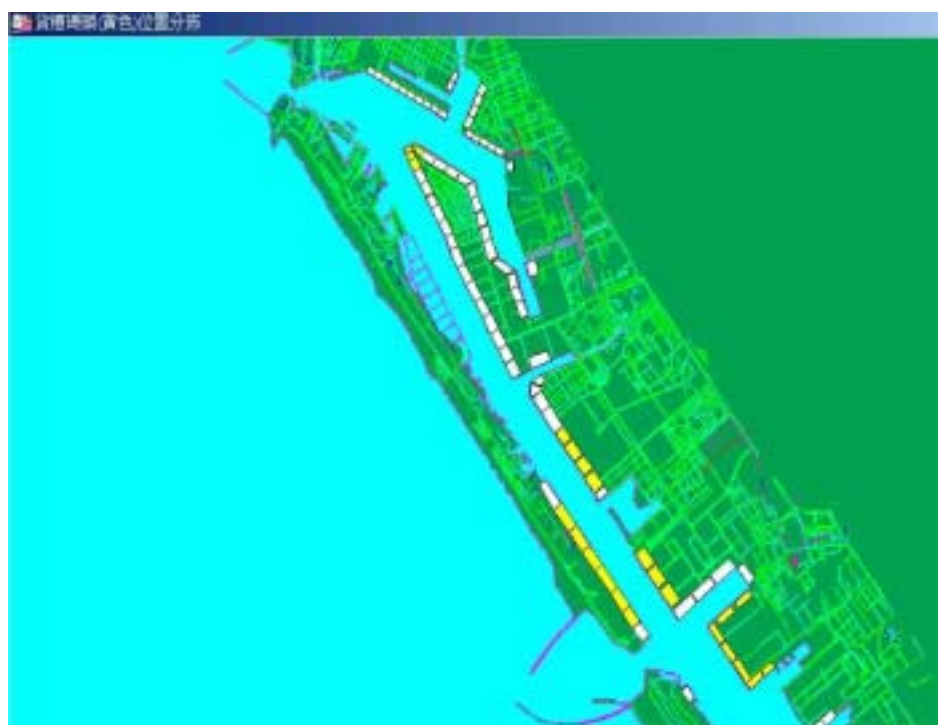


圖 9-2 高雄港貨櫃碼頭分佈位置圖



圖 9-3 高雄港貨櫃裝卸量選單呈列狀況圖

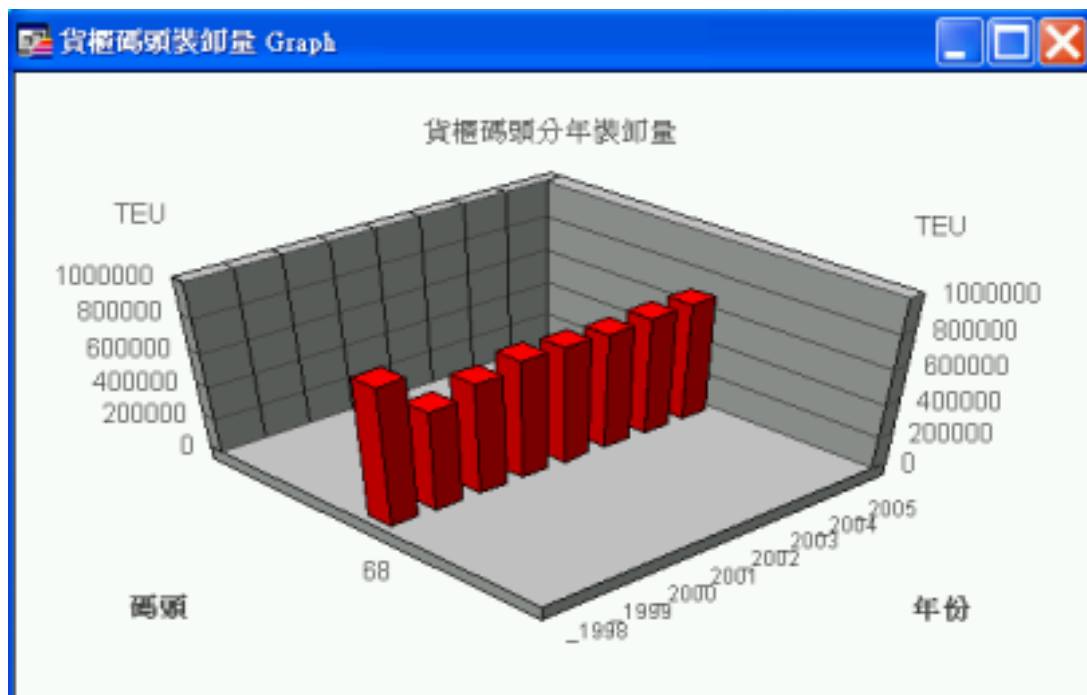


圖 9-4 高雄港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

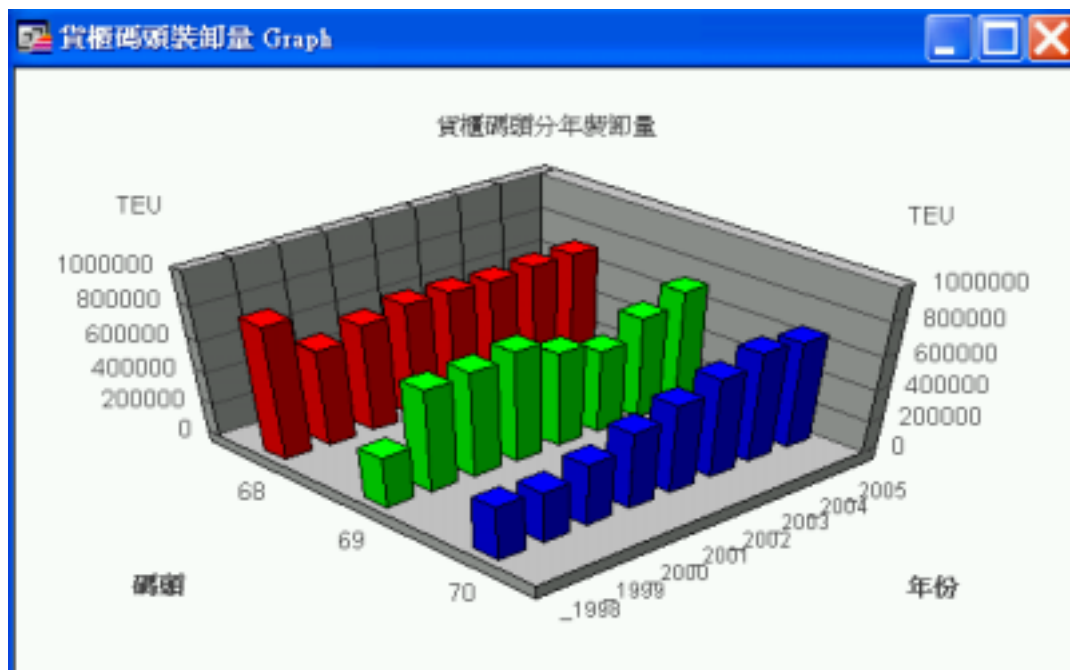


圖 9-5 高雄港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

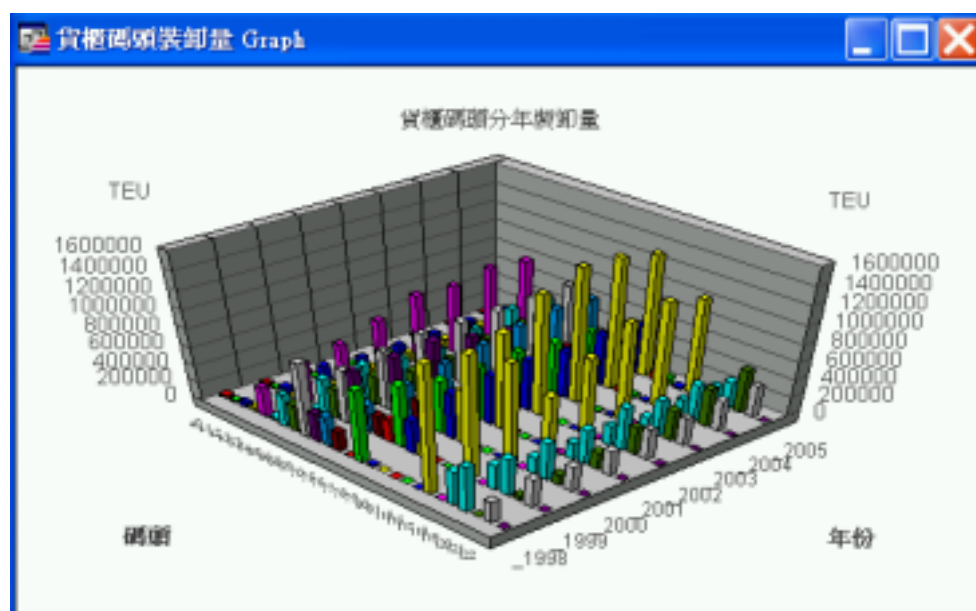


圖 9-6 高雄港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪



圖 9-7 基隆港貨櫃碼頭分佈位置圖

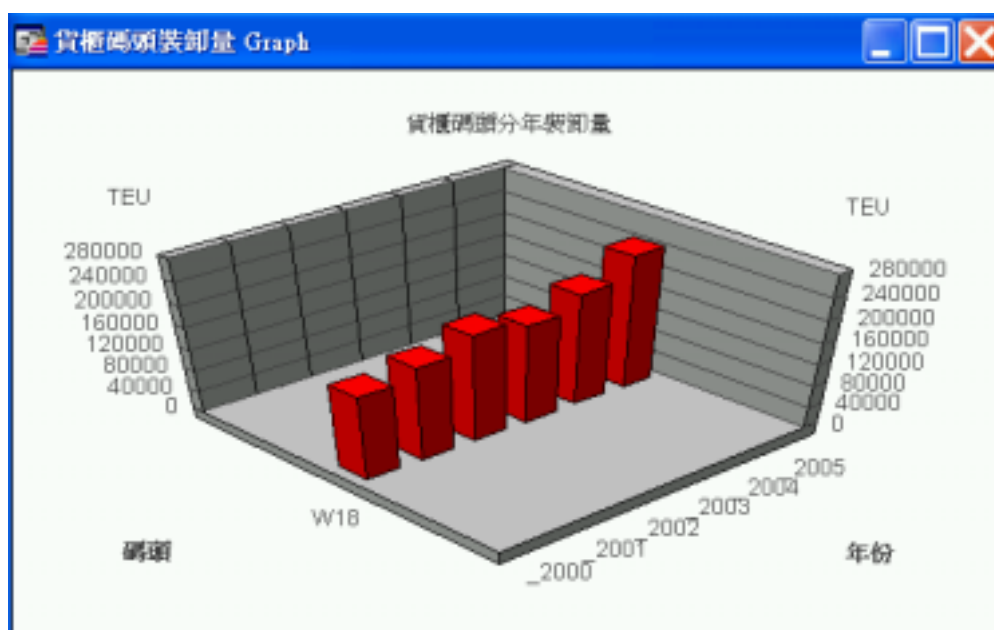


圖 9-8 基隆港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

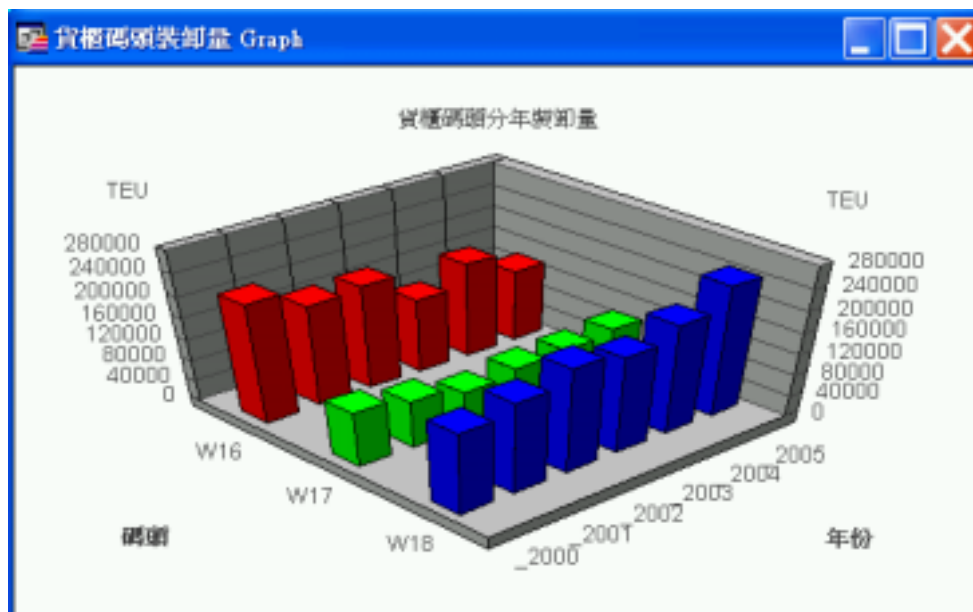


圖 9-9 基隆港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

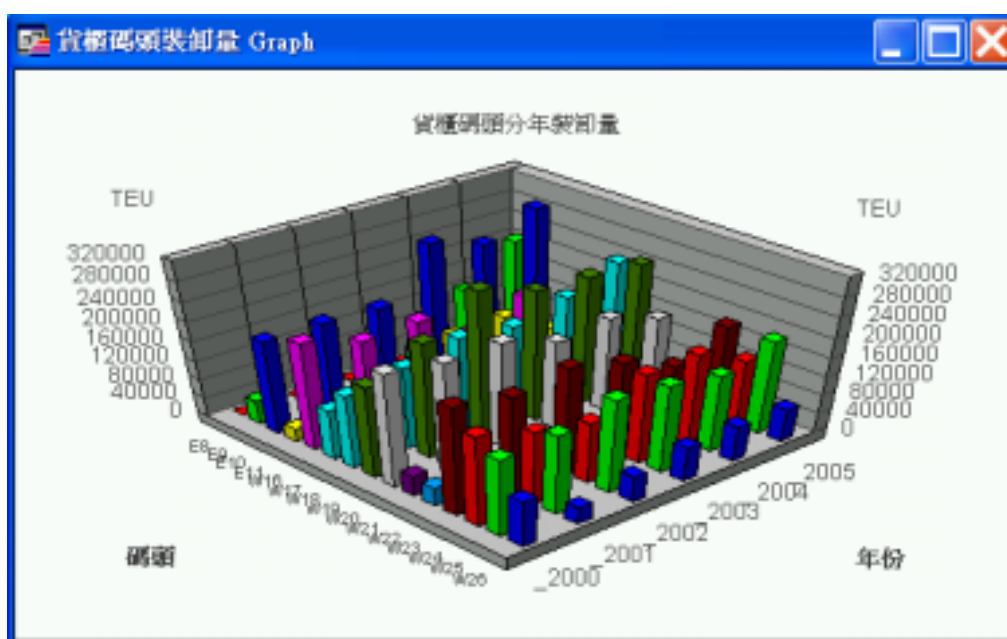


圖 9-10 基隆港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪

第十章 堤防資料查詢展示

本研究已建置的堤防資料及各項查詢模組，係架構在本所港研中心所開發的「港區工程基本資料查詢系統」之下，該系統的查詢界面設計成下拉式選單方式。主選單共有六大項，分別為(1)港埠規劃、(2)鑽探資料 (3)碼頭設計及調查資料 (4)堤防設計資料 (5)地震監測、(6)海氣象現地調查等。由MapInfo 進入此查詢系統，點選進入所欲查詢的港區，該港區地圖即展示在螢幕上，且原有的MapInfo內定選單也同時全部更換成新設計的選單。系統操作及查詢說明如下：

10.1 系統操作程序

本系統之查詢設計，係以下拉式功能表配合物件選項的操作方式為主。使用者可在螢幕上選取所欲查詢的物件，再利用下拉式功能表來展示各項文件資料或繪製相關成果。系統內可查詢到基隆、台中、布袋、安平、高雄、花蓮、蘇澳等港區之堤防相關資料，操作程序如下所示：

1. 在視窗作業環境下，執行 MapInfo 系統，進入該系統內。
2. 點選功能表 File \ Run MapBasic Program，選擇 d:\harbor-1 內的執行檔 harbor.mbx，按 OK 選鈕，即進入港區工程基本資料查詢系統。
3. 此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、台中、布袋、安平、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置。
4. 利用滑鼠，點選其中任一港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「堤防設計資料」主選單下之第一選項「顯示堤防位置圖」，系統則載入該港區之堤防位置分佈圖。
5. 利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標堤防位置及鄰近地形。

6. 此時可點選「堤防設計資料」主選單下之第三選項「展示堤防結構型式」，系統則依各類堤防之結構型式在堤防位置圖上標繪不同顏色，此即堤防功能主題圖。再點選第五選項「顯示圖例視窗」，系統則開啟該主題圖之圖例視窗。圖例視窗可以滑鼠拉大或平移至適當位置。
7. 圖例視窗顯示後，第五選項會更換文字內容為「隱藏圖例視窗」，點選該選項，系統則關閉該圖例視窗。
8. 此時可點選第四選項「關閉堤防結構型式」，系統會出現詢問對話框，詢問是否儲存此主題圖，若不儲存可點選 鈕，系統隨即關閉此堤防功能主題圖。
9. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之物件。若所點選的物件為堤防分佈位置圖之任一堤防時，「堤防設計資料」選單底下所附屬的「堤防設計斷面圖」選項，會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
10. 當點選到堤防物件時，該堤防區會被紅色斜紋所遮罩，此時可點選第六選項「堤防設計斷面圖」，系統會自動開啟一新的視窗，展繪出該堤防之斷面圖。
11. 若要查詢另一港區的堤防資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 4 至 10，可繼續查詢所需港區之相關資料。
12. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

10.2 蘇澳港堤防設計資料查詢說明

10.2.1 進入查詢系統

1. 按照10.1節程式操作程序1至3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖

10-1所示。

2. 將滑鼠遊標移至蘇澳港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出蘇澳港區基本地圖圖層，如圖 10-2 所示。而原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單。而圖 10-3 也展示所設計的主選單「堤防設計資料」功能表單下拉模式。

10.2.2 堤防設計資料查詢

查詢系統的第四主選單「堤防設計資料」，可查詢港區內部的堤防設計等資料，此選單之下計有七個選項，主要內容及查詢方式如下：

1. 此選單下拉後之第一選項為「顯示堤防位置圖」，點選此選項後螢幕港區地圖畫面上隨即出現各個堤防之分佈位置圖，每一堤防位置都以白色區塊展示。蘇澳港的堤防位置分佈如圖 10-4 所示。堤防位置分佈如圖顯示後，「堤防設計資料」選單底下所附屬的第三選項：「展示堤防結構型式」選項，才會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
2. 點選第三選項「展示堤防結構型式」，系統則依各類堤防之結構型式在堤防位置圖上標繪不同顏色，此即堤防功能主題圖。再點選第五選項「顯示圖例視窗」，系統則開啟該主題圖之圖例視窗。圖例視窗可以滑鼠拉大或平移至適當位置。蘇澳港的堤防結構型式主題圖如圖 10-5 所示。
3. 圖例視窗顯示後，第五選項會更換文字內容為「隱藏圖例視窗」，點選該選項，系統則關閉該圖例視窗。
4. 再點選第四選項「關閉堤防結構型式」，系統會出現詢問對話框，詢問是否儲存此主題圖，若不儲存可點選 Discard 鈕，系統隨即關閉此堤防功能主題圖。
5. 當點選堤防分佈位置圖之任一堤防時，該堤防區會被紅色斜紋所遮罩，此時「堤防設計資料」選單底下所附屬的第六選項：「堤防設計

斷面圖」選項，才會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。點選第該選項後，系統會自動開啟一新的視窗，展繪出該堤防之斷面圖，如圖 10-6 所示。。

6. 其它堤防之設計斷面圖資料，也可依照上述方法查詢而得。

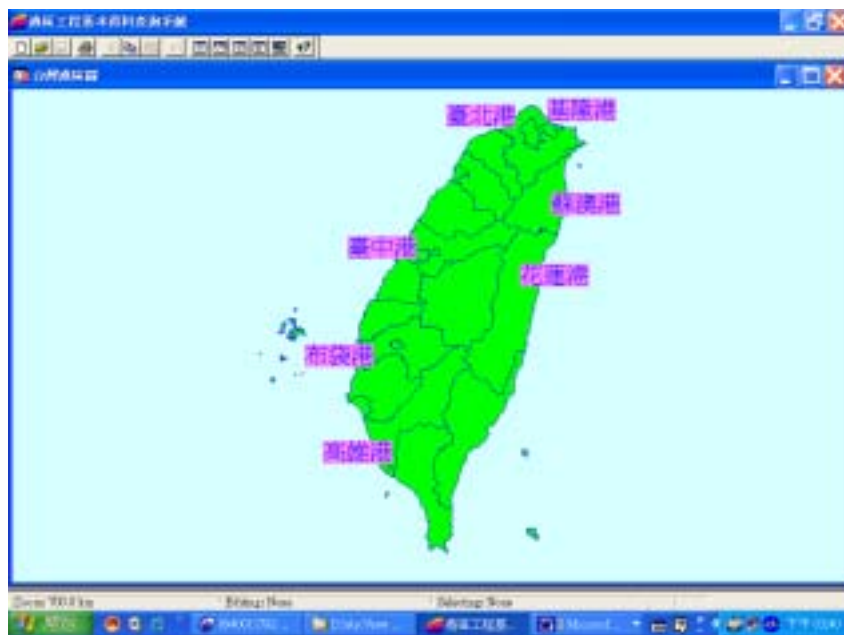


圖 10-1 查詢系統主畫面

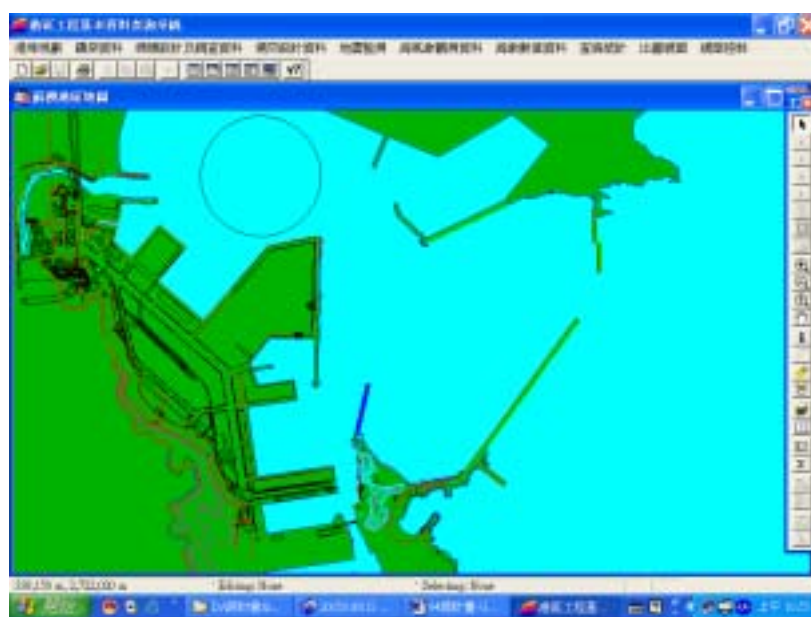


圖 10-2 蘇澳港區地圖圖層及所開發之選單列

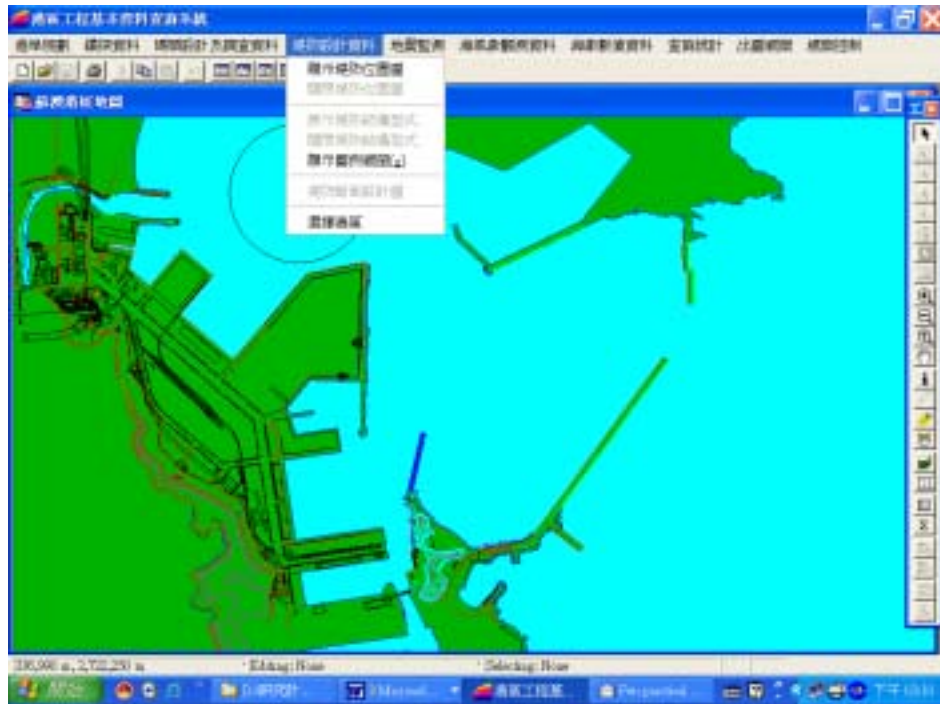


圖 10-3 蘇澳港區「堤防設計資料」選單下拉模式



圖 10-4 蘇澳港區堤防位置分佈圖

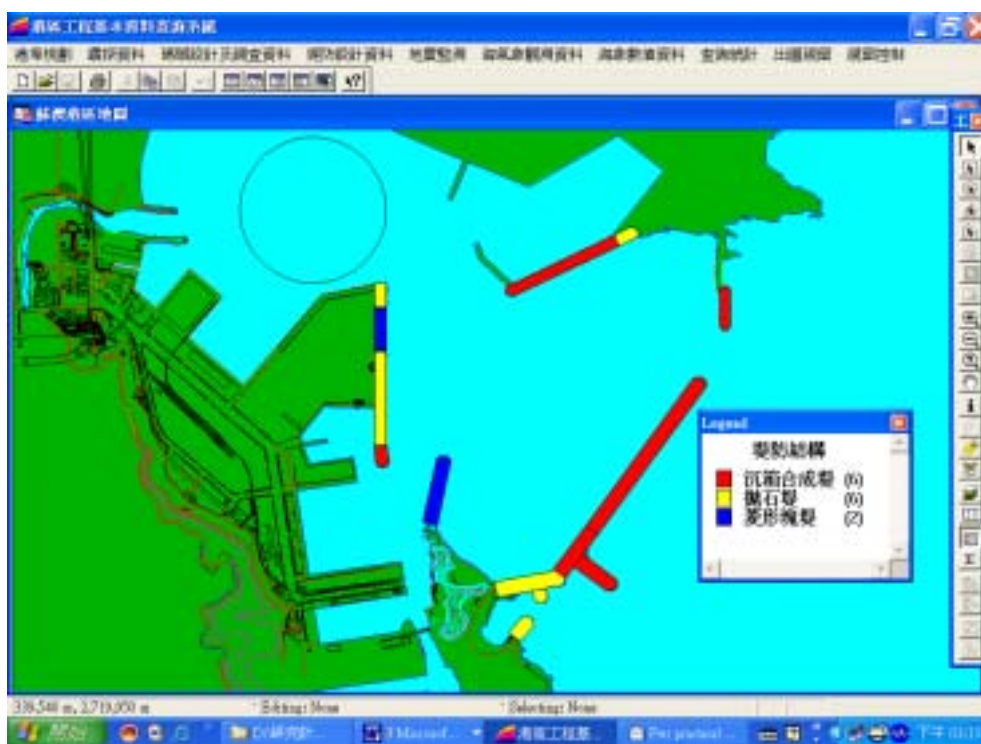


圖10-5 蘇澳港區堤防結構型式主題圖

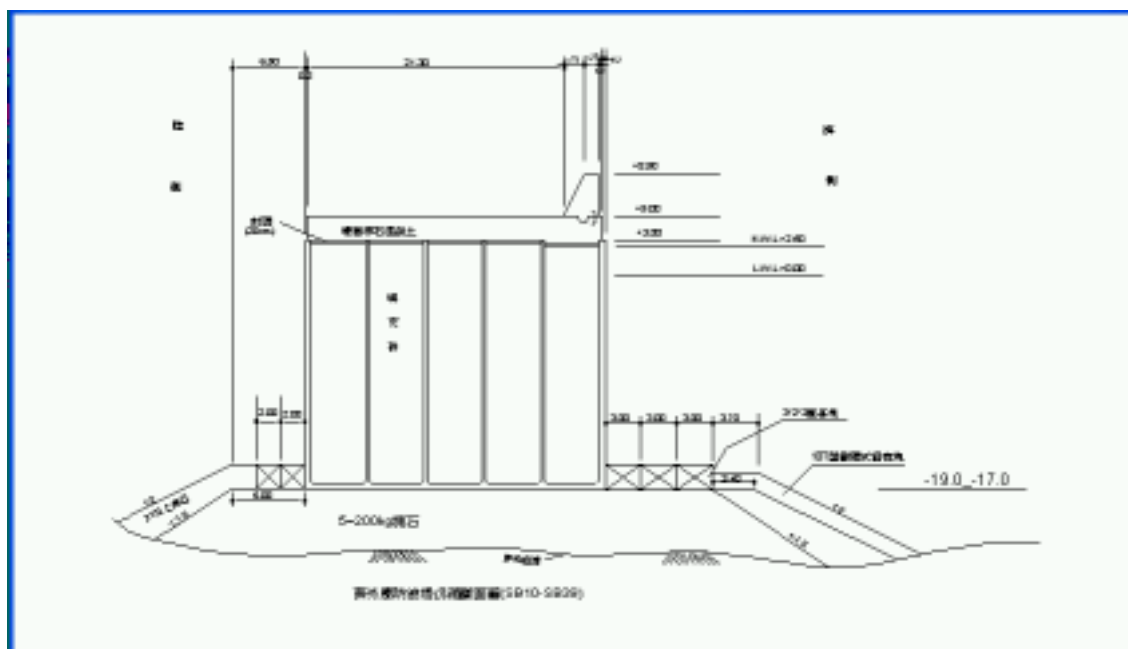


圖10-6 蘇澳港區堤防斷面圖之一

10.3 安平港堤防設計資料查詢說明

10.3.1 進入查詢系統

1. 按照10.1節程式操作程序1至3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖10-7所示。
2. 將滑鼠遊標移至安平港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出安平港區基本地圖圖層，如圖10-8所示。而原有的MapInfo內定選單也同時全部更換成新設計的選單。而圖10-9也展示所設計的主選單「堤防設計資料」功能表單下拉模式。

10.3.2 堤防設計資料查詢

查詢系統的第四主選單「堤防設計資料」，可查詢港區內部的堤防設計等資料，此選單之下計有七個選項，主要內容及查詢方式如下：

1. 此選單下拉後之第一選項為「顯示堤防位置圖」，點選此選項後螢幕港區地圖畫面上隨即出現各個堤防之分佈位置圖，每一堤防位置都以白色區塊展示。安平港的堤防位置分佈如圖10-10所示。堤防位置分佈如圖顯示後，「堤防設計資料」選單底下所附屬的第三選項：「展示堤防結構型式」選項，才會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
2. 點選第三選項「展示堤防結構型式」，系統則依各類堤防之結構型式在堤防位置圖上標繪不同顏色，此即堤防功能主題圖。再點選第五選項「顯示圖例視窗」，系統則開啟該主題圖之圖例視窗。圖例視窗可以滑鼠拉大或平移至適當位置。安平港的堤防結構型式主題圖如圖10-11所示。
3. 圖例視窗顯示後，第五選項會更換文字內容為「隱藏圖例視窗」，點選該選項，系統則關閉該圖例視窗。
4. 再點選第四選項「關閉堤防結構型式」，系統會出現詢問對話框，詢

問是否儲存此主題圖，若不儲存可點選 **Discard** 鈕，系統隨即關閉此堤防功能主題圖。

5. 當點選堤防分佈位置圖之任一堤防時，該堤防區會被紅色斜紋所遮罩，此時「堤防設計資料」選單底下所附屬的第六選項：「堤防設計斷面圖」選項，才會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。點選第該選項後，系統會自動開啟一新的視窗，展繪出該堤防之斷面圖，如圖 10-12 所示。。
6. 其它堤防之設計斷面圖資料，也可依照上述方法查詢而得。

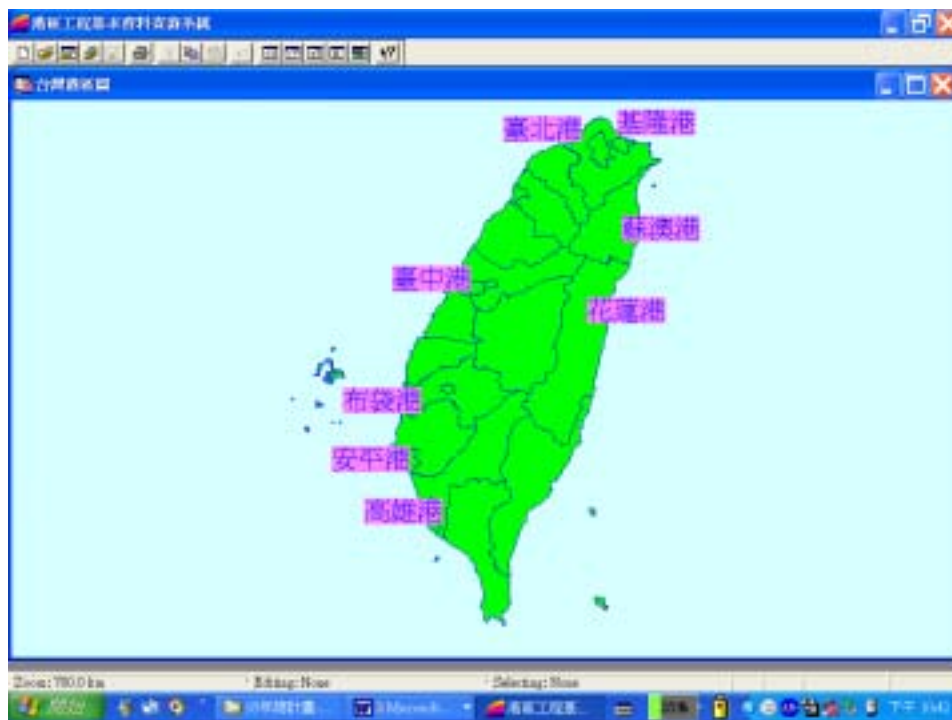


圖 10-7 查詢系統主畫面



圖 10-10 安平港區堤防位置分佈圖



圖10-11 安平港區堤防結構型式主題圖

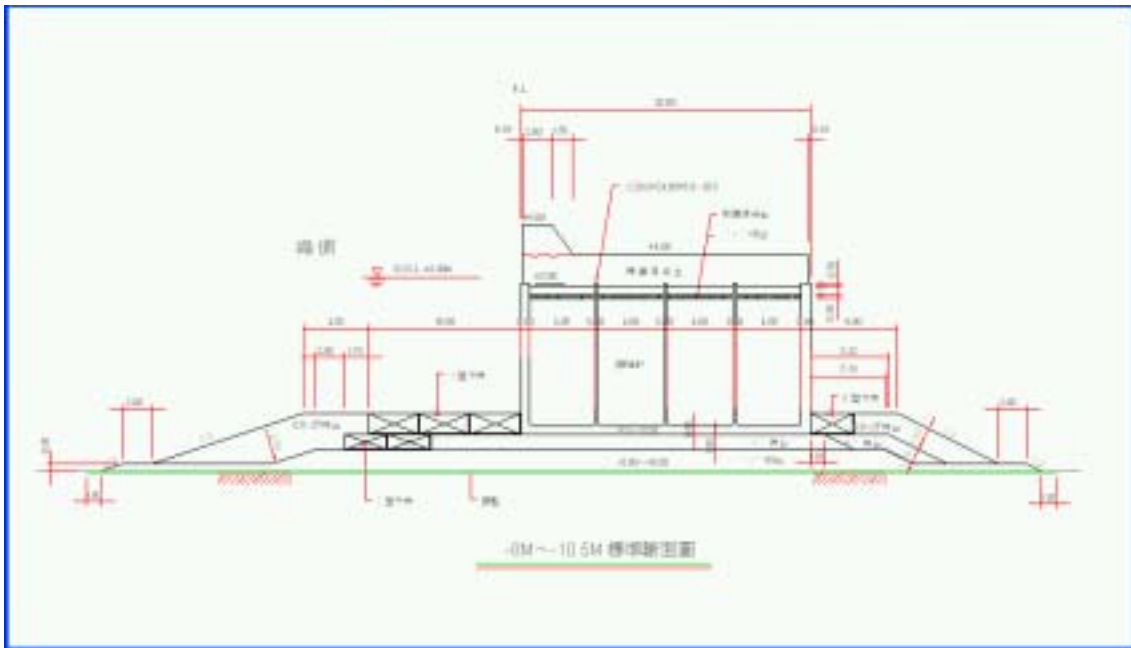


圖10-12 安平港區堤防斷面圖之一

第十一章 海氣象調查資料查詢展示

11.1 臺灣主要商港歷年海氣象觀測資料蒐集

臺灣各主要商港歷年海氣象觀測資料之蒐集分析作業，至本年度為止共計彙整產出基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港及安平港等六個港口之現場觀測資料，各港位置如示意圖 11-1，資料項目包括潮汐、海流、風力及波浪等 4 項，蒐集成果包括本中心自行辦理之現場觀測記錄，及蒐集自各港務局、中央氣象局、水利署等單位之觀測資料，分述如下：

11.1.1 潮汐資料蒐集

基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港及安平港等 6 個港口，其觀測潮汐資料蒐集概況表如表 11-1。

基隆港潮位站(測站 1)早期是由臺灣電力公司勘測隊安裝後，再由基隆港務局管理，測站位置為 $25^{\circ}08'28''\text{N}$, $121^{\circ}44'23''\text{E}$ ，如附圖 11-2。2002 年 6 月本所港灣技術研究中心於同位置安裝 Water Log 公司之潮位計(測站 2)，另本中心於 2001 年 6 月中旬在基隆港東防波堤堤頭外水深 44 公尺處安置 AWCP 即時傳送監測系統(測站 A)，也具量測水位功能。潮汐測站 1 蒐集的資料為 1966~2005 年約有 37 年(計有 426 個月)，測站 2 蒐集 2002~2005 年約有 4 年(計有 40 個月)，測站 A 蒐集 2001~2005 年約有 5 年(計有 51 個月)。

臺中港潮汐觀測方面，1981 年 2 月 1 日本所港灣技術研究中心前身港灣技術研究所成立時，由於地緣之便，臺中港務局將潮位站與風速站轉交由本所港灣技術研究中心負責，潮位站由原先的南內堤堤頭，位移至現在的四號碼頭地方，如圖 11-3。由先前的浮筒自記式的史蒂芬 A-71 型儀器，到目前美國 HANDAR 公司的無線傳送壓力式自動感應儀器，1999 年 10 月 18 日因 921 集集大地震臺中港務局重新整

修 1 4 號碼頭，而將潮位站拆除，2001 年 3 月 31 日碼頭整修完成後重新安裝 Water Log 公司之潮位計，目前正常運轉，資料傳輸正常。另本中心於 2003 年 7 月，在臺中港北防波堤堤頭 150 公尺外、水深 25 公尺處(測站 A) 安置 AWCP 即時傳送監測系統，也具量測水位功能。測站 8 蒐集的資料為 1971~2005 年約有 33 年(計有 362 個月)，測站 A 蒐集 2001~2005 年約有 5 年(計有 45 個月)。

高雄港務局測量隊甚早即於第一港口 10 號碼頭(稱測站 1)與第二港口各安置潮位站(稱測站 2)，並負責維修及提供報表資料，狀況良好，2003 年 6 月本所港研中心在十號碼頭原站(稱測站 X)安裝一具壓力式潮位儀監測系統。第一港口(10 號碼頭)測站位置為 $22^{\circ}37'04''N$ ， $121^{\circ}16'02''E$ ，第二港口測站位置 $22^{\circ}33'35''N$ ， $121^{\circ}18'31''E$ ，如圖 11-4。另本中心於 2000 年 12 月，在高雄一港口與二港口間亦即高雄市中區污水處理廠附近海域處(測站 A) 安置 AWCP 即時傳送監測系統，也具量測水位功能，2005 年 8 月 20 日已改在二港口外約 700 公尺之新觀測站(稱測站 R)。。第一港口潮汐測站 1 蒐集的資料為 1971~2003 年約有 32 年(計有 391 個月)，第二港口潮汐測站 2，蒐集 1992~2003 年有 12 年(計有 126 個月)，測站 A(測站 R)蒐集 2002~2005 年約有 4 年(計有 37 個月)，測站 X 蒐集 2003~2005 年僅有 3 年(計有 31 個月)。

花蓮港 1997 年 1 月由中央氣象局海象中心在花蓮港安裝潮位站(稱測站 B)並由港務局管理，測站位置為 $23^{\circ}59'36''N$ ， $121^{\circ}37'42''E$ ，如附圖 11-5。本所港灣技術研究中心 2002 年 6 月另於堤頭(稱測站 T) 安裝 Water Log 公司之潮位計，同時進行觀測。另本中心於 2000 年 9 月，在花蓮港東防波堤往南延長 380 公尺水深 34 公尺處(測站 3) 安置 AWCP 即時傳送監測系統，也具量測水位功能。潮汐測站 B 蒐集的資料為 1980~2005 年約有 19 年(計有 196 個月)，測站 T 蒐集 2002~2005 年約有 4 年(計有 38 個月)，測站 3 蒐集 2002~2005 年約有 4 年(計有 46 個月)。

蘇澳港潮位站(稱測站 1)，位置為 $24^{\circ}36'04''N$ ， $121^{\circ}51'32''E$ ，由

臺灣電力公司勘測隊安裝後，由港務局管理至今。2003 年 6 月本中心在原站(稱測站 2)安裝一具壓力式潮位儀監測系統，如附圖 11-6。。另本中心於 2002 年 7 月，在蘇澳港港口外 700 公尺水深約 25 公尺處(測站 A) 安置 AWCP 即時傳送監測系統，也具量測水位功能。潮汐測站 1 蒐集的資料為 1981~2005 年約有 24 年(計有 235 個月)，測站 2 蒐集 2003~2005 年僅有 3 年(計有 29 個月)，測站 A 蒐集 2002~2005 年約有 4 年(計有 41 個月)。

安平港之潮位觀測資料係利用安平海上觀測樁上 Inter Ocean Systems 裝置之海氣象觀測系統取得，使用儀器為 S-4ADW 潮波流儀(壓力式)，裝設位置為水下 5 米處(稱測站 1)，測站位置為 $22^{\circ}56'37''N$ ， $120^{\circ}08'10''E$ (WGS-84)，如附圖 11-7。另港務局於港內安平港分局旁碼頭(稱測站 A)也設有長期水位觀測。潮汐測站 1 蒐集的資料為 1999~2005 年約有 7 年(計有 72 個月)，測站 A 蒐集 2003~2004 年(計有 24 個月)，測站 B 蒐集 2003~2004 年(計有 15 個月)，測站 X 蒐集 1979~1993 年約有 15 年(計有 172 個月)。

11.1.2 海流資料蒐集

基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港及安平港等 6 個港口，其觀測海流資料蒐集概況表如表 11-2。

基隆港海流之觀測本所港灣技術研究中心於 2001 年 6 月中旬安置挪威 NORTEK 公司之剖面海流與表面波浪(波高、週期及波向)即時傳送監測系統(AWCP)，安裝在基隆港東防波堤堤頭外水深 44 公尺處(測站 A)，如附圖 11-2。測站 A 海流觀測 2001~2005 年間約有 5 年(計有 51 個月)。

臺中港海流之觀測方面，因臺中港務局北防波堤延長工程開始展開整平拋石工作影響到儀器安全，2000 年 8 月 18 日暫時停止量測並將設備收回。2003 年 5 月臺中港務局北防波堤延長工程完成後本所隨即在 2003 年 7 月 5 日就安裝完成(挪威 NORTEK 公司)波高波向與剖面海

流即時傳送監測系統，安裝在臺中港北防波堤堤頭 150 公尺外、水深 25 公尺處(測站 A)，如附圖 11-3。海流觀測在 1994 ~1997 年間計有 4 個觀測站(測站 1、2、N、4 等)，其位置如附圖 11-3，總計約有 47 個月資料，測站 A 蒐集 2003~2005 年約有 3 年(計有 28 個月)。

高雄港海流觀測在 1992~2002 年間計有 12 個觀測站，為測站 I、J、O、Q、C、D、E、U、V、W、S、T 等，其位置如附圖 11-4，總計約有 61 個月資料。2000 年 12 月中旬經會勘後選定在高雄一港口與二港口間亦即高雄市中區污水處理廠附近海域(測站 A)，安裝挪威 NORTEK 公司之剖面海流與表面波浪(波高、週期及波向)即時傳送監測系統(AWCP)，如圖 11-4，以進行長期觀測，2005 年 8 月 20 日已改在二港口外約 700 公尺之新觀測站(稱測站 R)，測站 A(測站 R)蒐集 2001~2005 年約有 4 年(計有 46 個月)。

花蓮港本中心在花蓮港外觀測站水深 25 公尺(測站 2)，其位置如附圖 11-5，安裝一部挪威 AANDERAA 公司之 RCM-9 自記式海流儀，每 10 分鐘量測一次速向資料，測站 2 蒐集 1994,2000 年(計有 15 個月)，2000 年 9 月 8 日本中心在花蓮港東防波堤往南延長 380 公尺水深 34 公尺處(測站 3)，安裝挪威 NORTEK 公司剖面海流與表面波浪(波高、週期及波向)即時監測系統(AWCP)，如附圖 11-5。另本中心於 2005 年 7 月 1 日至 2005 年 11 月 30 日間於美崙溪口南附近水深 13M 處(測站 N)及花蓮溪口南附近水深 20M 處(測站 S)，位置如圖 11-5，各安裝一組 NORTEK 公司之剖面海流與波浪即時監測系統。測站 3 蒐集 2000~2005 年約有 6 年(計有 59 個月)，測站 N 及測站 S 蒐集 2005 年(各有 5 個月)，測站 4 及測站 5 蒐集 1994 年間(總計有 11 個月)。

蘇澳港海流觀測方面，1998 年 10 月 12 日本中心在蘇澳港外三仙台附近水深 23 尺處(測站 V)，位置如圖 11-6，安裝一部挪威 AANDERAA 公司之 RCM-9 自記式海流儀，每 10 分鐘量測一次速向資料。本中心於 2002 年 7 月 19 日於蘇澳港港口外 700 公尺水深約 25 公尺處(測站 A)，安置挪威 NORTEK 公司剖面海流與表面波浪(波高、週期及波向)即時監測系統(AWCP)海流觀測站，如附圖 11-6。測站 A

蒐集的資料為 2002~2005 年約有 4 年(計有 42 個月),測站 V 蒐集 1999~2000(計有 6 個月)。

安平港海流之觀測數據取自安平觀測樁(測站 1)水下 5 米之 Inter Ocean 公司生產之 S-4ADW 潮波流儀,該儀器可同步觀測 VE、VN 及水位變化等資料,並得以求出波浪、海流及水位變化,觀測樁測站位置為 $22^{\circ}56'37''\text{N}$, $120^{\circ}08'10''\text{E}$ (WGS-84),如附圖 11-7。測站 1 蒐集的資料為 1999~2005 年約有 7 年(計有 62 個月)。

11.1.3 風力資料蒐集

基隆港風力觀測方面,2002 年 6 月本所港灣技術研究中心安裝 Young Brand 風速計於基隆港測站 1(如圖 11-2)。測站 W 之風速儀屬中央氣象局所有,其位置為 $25^{\circ}08'05''\text{N}$, $121^{\circ}43'56''\text{E}$,如附圖 11-2。氣象局測站 W,其蒐集的資料為 1999~2005 計 6 年(計有 84 個月),測站 1 蒐集 2002~2005 年(計有 43 個月)。

臺中港風之觀測 2001 年 6 月本所港灣技術研究中心于北防風林處(測站 7)重新安裝 Young Brand 風速計。儀器高度約 10m,其位置如附圖 11-3。測站 W 之風速儀屬中央氣象局所有,其位置為 $24^{\circ}15'31''\text{N}$, $120^{\circ}30'54''\text{E}$,如附圖 11-3。風力測站 7 蒐集的資料為 1993~2005 計 9 年(計有 83 個月),另於測站 3 蒐集 1994~1996 年(計有 25 個月),測站 B 蒐集 1996~1997 年(計有 12 個月),氣象局測站 W 蒐集的資料為 1996,1997,2004,2005 年(計有 30 個月)。

高雄港 2003 年 6 月本所港研中心在十號碼頭安裝一具風速風向即時傳送監測系統(稱測站 X),至今都在正常運轉中且資料完整。測站之位置如圖 11-4。高雄港壽山風力觀測站(稱測站 B)風速儀屬中央氣象局所有,測站之位置為 $22^{\circ}34'05''\text{N}$, $120^{\circ}18'29''\text{E}$,如附圖 11-4。風力氣象局觀測壽山站 B 蒐集的資料為 1999~2005 年計 7 年(計有 84 個月),測站 X 蒐集 2003~2005 年計 3 年(計有 30 個月)。

花蓮港 2002 年 6 月本中心安裝 Young Brand 風速計於測站 W(如附圖 1.6)。花蓮港花崗山測站(稱測站 A)風速儀屬中央氣象局所有，其位置如附圖 11-5。風力氣象局觀測花崗山測 A 站，蒐集 1990~2005 年計 16 年(計有 192 個月)，港務局大樓測站 W 蒐集 2002~2005 年計 4 年(計有 43 個月)。

蘇澳港 2003 年 6 月本中心安裝一具風速風向即時傳送監測系統(稱測站 2)，至今都在正常運轉中且資料完整。其位置如附圖 11-6。蘇澳港原風測站(稱測站 W)之風速儀屬中央氣象局所有。風力觀測氣象局 W 站，蒐集 1999 至 2005 年計 7 年(計有 84 個月)，測站 2 蒐集 2003~2005 年計 3 年(計有 31 個月)。

安平港風之觀測同樣本所港灣技術研究中心係利用位於安平港海上觀測樁頂安裝之 Young Brand 風速計為之。風速計之施測範圍為 0 60 米/秒，最大陣風則可測至 80 米/秒，測站 1 之位置為 $22^{\circ}56'37''N$ ， $120^{\circ}08'10''E$ (WGS-84)，風速計安裝之高度約為海平面上 14 米，如附圖 11-7。風力觀測 1 站，蒐集 1999 至 2005 年計 7 年(計有 74 個月)。

11.1.4 波浪資料蒐集

基隆港波浪之觀測，1999 年 1 月基隆港務局測量隊裝設一組日本 kijao 公司之超音波式波浪儀，於基隆港外水深 32 公尺處(測站 3)，如附圖 11-2，1999 年 10 月 20 日受到釣漁船下錨接斷有將近 10 處斷裂處，進水不堪使用。本中心於 2001 年 6 月中旬安置挪威 NORTEK 公司之剖面海流表面波浪與潮汐之監測系統(AWCP)，安裝在基隆港東防波堤堤頭外水深 44 公尺處(測站 A)，如附圖 11-2。波浪觀測 A 站蒐集 2001~2005 年計 5 年(計有 52 個月)，測站 3 在 1999 年(計有 10 個月)。

臺中港波浪之觀測方面，因臺中港務局北防波堤延長工程開始展開整平拋石工作影響到儀器安全，2000 年 8 月 18 日暫時停止量測並將設備收回。2003 年 5 月臺中港務局北防波堤延長工程完成後本所隨即在 2003 年 7 月 5 日就安裝完成(挪威 NORTEK 公司)波高波向與剖面海

流即時傳送監測系統，安裝在臺中港北防波堤堤頭 150 公尺外、水深 25 公尺處(測站 A)，如附圖 11-3。測站 A 蒐集 1999~2005 年計 5 年(缺 2001,2002)(計有 40 個月)。另波浪觀測 1 站，其位置如附圖 11-3，在 1994~1997 年計 4 年(計有 31 個月)，測站 2 蒐集 1994~1996 年(計有 13 個月)，測站 4 蒐集 1994~1996 年(計有 16 個月)。

高雄港以往的各项觀測工作均是視工程需要才臨時設立觀測站，但海象觀測應該是屬於長期的觀測，所以本中心在 89 年度成立預算購置挪威 NORTEK 公司之剖面海流與波浪即時監測系統，2000 年 12 月中旬經會勘後選定在高雄一港口與二港口間亦即高雄市中區污水處理廠附近海域(測站 A)，如圖 11-4，以進行長期觀測。2001 年 6 月 23 日奇比颱風經過形成之外圍環流影響以致海底電纜遭受到外力拉扯受損後，暫時以自記方式量測，2002 年 6 月重新補放，已正常運轉，2005 年 8 月 20 日已改在二港口外約 700 公尺之新觀測站(稱測站 R)。波浪觀測站 A(測站 R)，蒐集的資料 2001~2005 年計 5 年(計有 47 個月)。

花蓮港務局並沒有測量隊或勘測隊的編制，因此從 1989 年 12 月本中心即在此設置二個波浪觀測站。一個在港外稱測站 1 觀測站水深 25 公尺，如附圖 11-5，使用荷蘭 DATAWELL 公司出品之浮球式波浪儀，2000 年 8 月 22 日因碧利斯颱風已遭破壞，停止觀測。另一個在東防波堤往南延長 380 公尺水深 34 公尺處(測站 2)，此處安裝之儀器為超音波式波浪儀，已使用 8 年，時常故障，2000 年 9 月停止觀測。本中心在花蓮港東防波堤往南延長 380 公尺水深 34 公尺處(測站 3)，於 2000 年 9 月 8 日安裝挪威 NORTEK 公司之剖面海流與表面波浪(波高週期及波向)即時傳送監測系統(簡稱 AWCP)。另本中心於 2005 年 7 月 1 日至 2005 年 11 月 30 日間於美崙溪口南附近水深 13M 處(測站 N)及花蓮溪口南附近水深 20M 處(測站 S)，位置如圖 11-5，各安裝一組 NORTEK 公司之剖面海流與波浪即時監測系統。波浪測站 1，觀測在 1990~1992 年(計有 36 個月)，測站 2 蒐集 1993~2000 年約有 8 年(計有 86 個月)，測站 3 蒐集 2000~2005 年計 6 年(計有 61 個月)，測站 N 及測站 S 蒐集 2005 年(各有 5 個月)。

蘇澳港自 1998 年 10 月 12 日本中心在蘇澳港外三仙台附近水深 23 尺處安裝一部浮球式波浪儀(測站 V) , 2000 年 10 月停止觀測。本中心於 2002 年 7 月 19 日於蘇澳港外約 700m 附近(測站 A)水深約 25 公尺處設置挪威 NORTEK 公司之剖面海流與表面波浪(波高 週期及波向)即時傳送監測系統(簡稱 AWCP)波浪觀測站, 其位置如附圖 11-6。波浪測站 A 觀測在 2001~2005 年計 5 年(計有 55 個月), 測站 V 蒐集 1999~2000 年(計有 21 個月)。

安平港波浪資料之蒐集, 為安平觀測樁水下 5 米處(測站 1)之 Inter Ocean S-4ADW 潮波儀所測得之 2Hz 水位變化時間序列處理而得, 測站位置為 $22^{\circ}56'37''\text{N}$, $120^{\circ}08'10''\text{E}$ (WGS-84) , 如附圖 11-7。波浪測站 1 觀測在 1999~2005 年計有 7 年(計有 71 個月)。

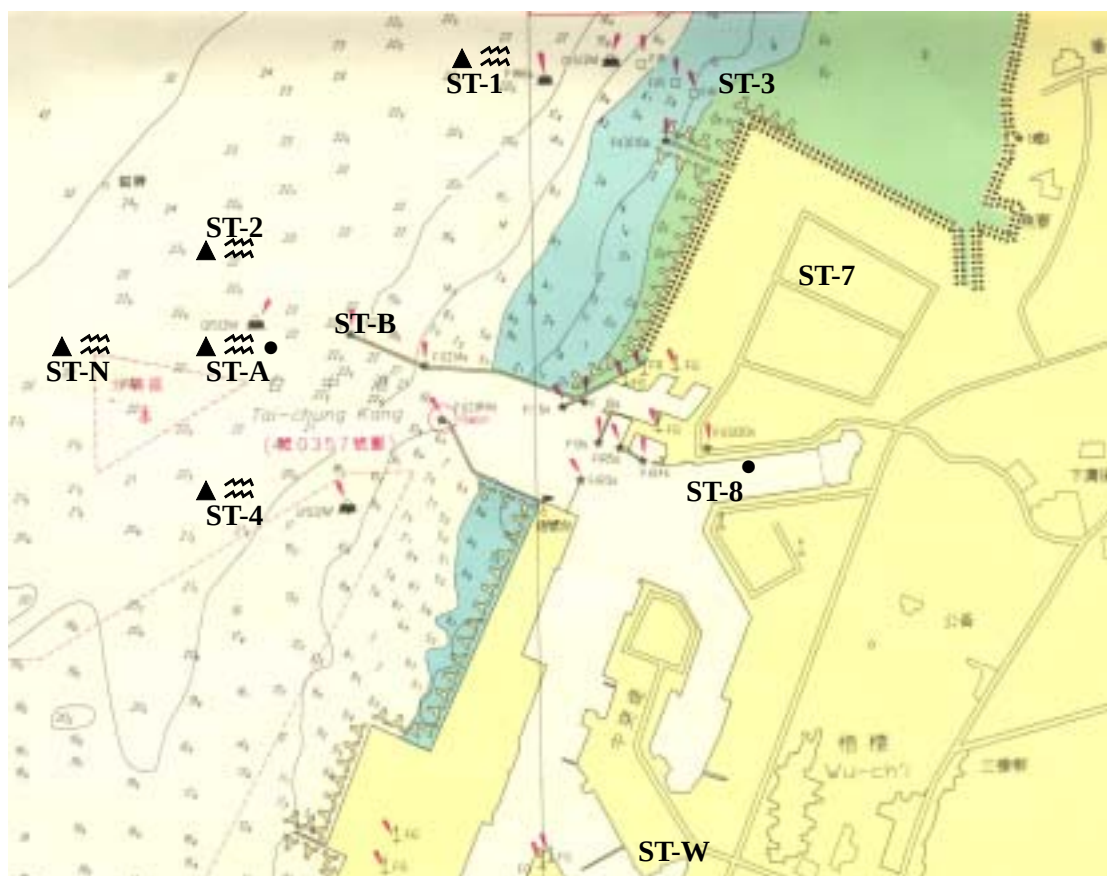


圖 11-1 臺灣各主要商港位置示意圖



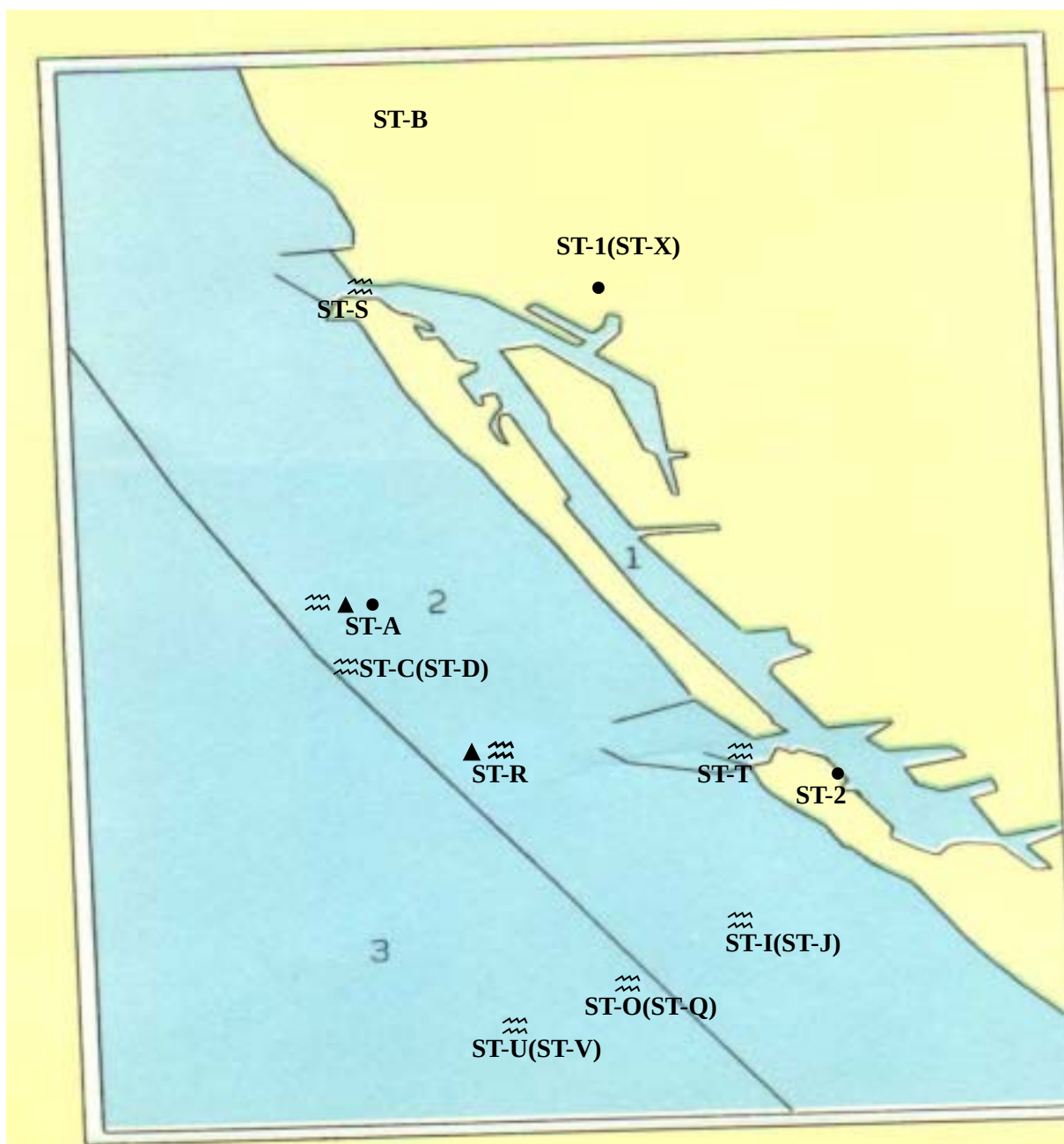
● : 潮位站 : 風速站 ▲ : 波浪站 ≡ : 海流站

圖 11-2 基隆港現場海氣象觀測站位置示意圖



● :潮位站 :風速站 ▲ :波浪站 ≍ :海流站

圖 11-3 臺中港區歷年風力、潮位、波浪、海流等測站位置圖



● : 潮位站 △ : 風速站 ▲ : 波浪站 ≡ : 海流站

圖 11-4 高雄港現場海氣象觀測站位置示意圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心花蓮港觀測站儀器安裝位置圖

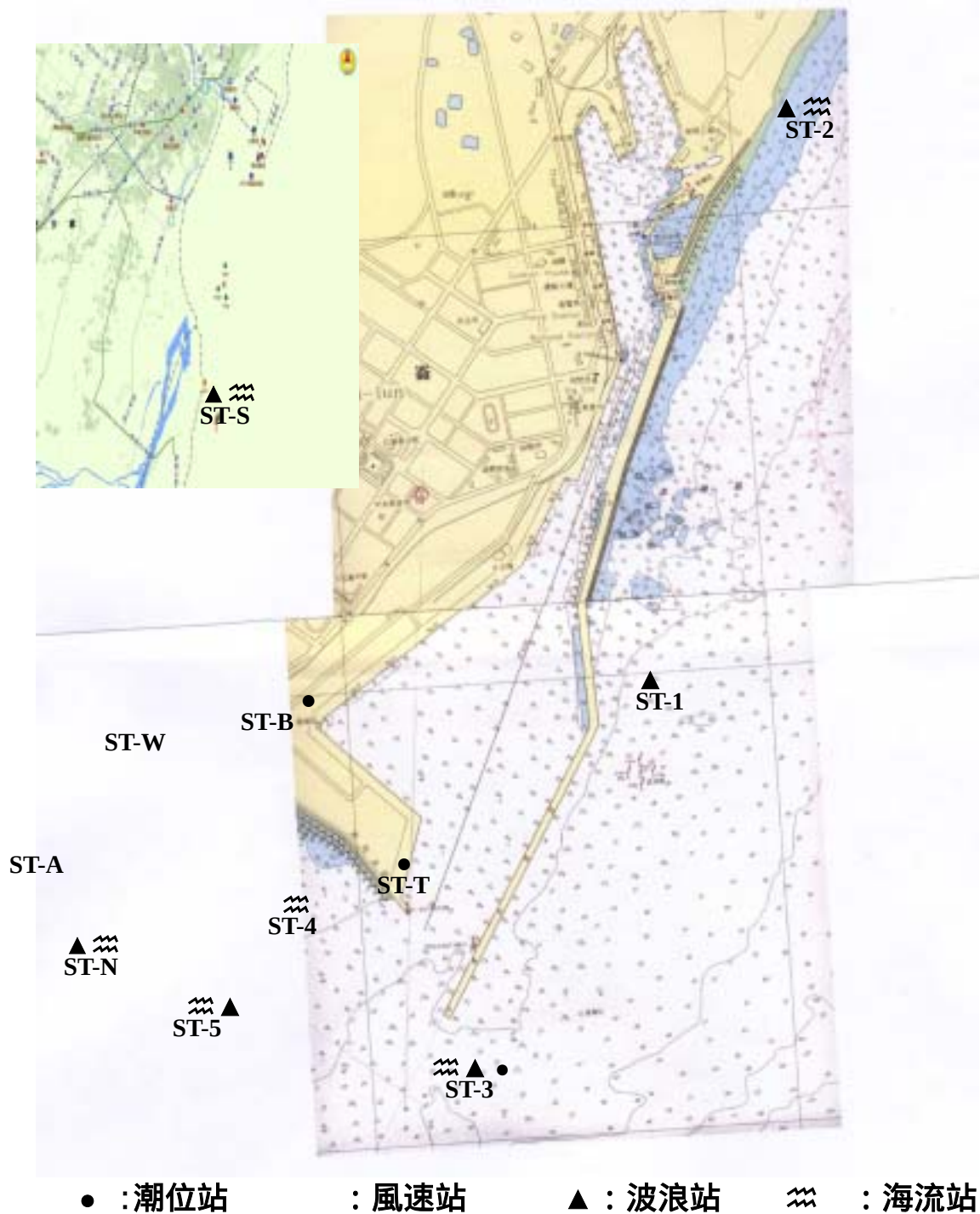


圖 11-5 花蓮港區歷年風力、潮位、波浪、海流等測站位置圖



圖 11-6 蘇澳港現場海氣象觀測站位置示意圖



● : 潮位站 : 風速站 ▲ : 波浪站 ≡ : 海流站

圖 11-7 安平港現場海氣象觀測站位置示意圖

表 11-1 臺灣主要商港觀測潮汐資料蒐集概況表

序 號	資料 類別	港區 名稱	測 站	經度 緯度	觀測 期間	觀測 單位	備註 (觀測儀器)
1	潮位	基隆港 (KL)	1	25°08'28"N 121°44'23" E	1966/01-2000/12	基隆港務局	浮筒式自記式
2	潮位	基隆港 (KL)	2	25°08'28"N 121°44'23" E	2002/07-2006/12 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
3	潮位	基隆港 (KL)	A	25°10'00"N 121°44'50" E	2001/06-2006/05	港研中心	AWCP
4	潮位	基隆港 (KL)	A	25°09'50"N 121°44'50" E	2006/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
5	潮位	臺中港 (TC)	8	24°17'15"N 120°31'58" E	1971/03-1981/01	台中港務局	浮筒自記式
6	潮位	臺中港 (TC)	8	24°17'22.3"N 120°31'58" E	1981/02-1989/11	港研中心	浮筒自記式
7	潮位	臺中港 (TC)	8	24°17'22.3"N 120°31'28 E	1989/12-2006/12 (觀測中)	港研中心	Water Log
8	潮位	臺中港 (TC)	A	24°18'00"N 120°29'10" E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
9	潮位	臺中港 (TC)	A	24°18'10"N 120°28'30" E	2003/07-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
10	潮位	高雄港 (KH)	1	22°32'30"N 120°17'40" E	1971/01-2003/12 (觀測中)	高雄港務局	
11	潮位	高雄港 (KH)	X	22°32'30"N 120°17'40" E	2003/06-2006/12 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
12	潮位	高雄港 (KH)	2	22°33'10"N 120°18'38" E	1988/01-2006/12 (觀測中)	高雄港務局	
13	潮位	高雄港 (KH)	A	22°34'29"N 120°15'40" E	2000/12-2005/08	港研中心	AWCP
14	潮位	高雄港 (KH)	R	22°32'30"N 120°17'40" E	2005/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
15	潮位	花蓮港 (HL)	T	23°58'31"N 121°37'07" E	2001/07-2006/12 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
16	潮位	花蓮港 (HL)	B	23°59'36"N 121°37'42" E	1980/01-2006/12 (觀測中)	中央氣象局	
17	潮位	花蓮港 (HL)	3	23°58'00"N 121°37'30" E	2000/09-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP

序號	資料類別	港區名稱	測站	經度 緯度	觀測期間	觀測單位	備註 (觀測儀器)
18	潮位	蘇澳港 (SA)	2	24°35'33"N 121°51'56" E	1994/07-2006/12 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
19	潮位	蘇澳港 (SA)	1	24°36'04"N 121°51'32" E	1981/01-2006/12 (觀測中)	中央氣象局	
20	潮位	蘇澳港 (SA)	A	24°35'20"N 121°53'10" E	2002/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
21	潮位	安平港 (AP)	1	22°56'37"N 120°08'10" E	1999/10-2006/12 (觀測中)	港研中心	S4 觀測樁
22	潮位	安平港 (AP)	A	22°59'02"N 120°12'50" E	2003/01-2006/12 (觀測中)	高雄港務局	
23	潮位	安平港 (AP)	B	22°58'27"N 120°11'08" E	2003/01-2006/12 (觀測中)	高雄港務局	
24	潮位	安平港 (AP)	X	22°58'46"N 120°12'07" E	1979/03-1993/12	高雄港務局	

註：測站位置請參各港區位置示意圖。

表 11-2 臺灣主要商港觀測海流資料蒐集概況表

序號	資料類別	港區名稱	測站	精度緯度	觀測期間	觀測單位	備註 (觀測儀器)
1	海流	基隆港 (KL)	A	25°10'00"N 121°44'50" E	2001/06-2006/05	港研中心	AWCP
2	海流	基隆港 (KL)	A	25°09'50"N 121°44'50" E	2006/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
3	海流	臺中港 (TC)	A	24°18'00"N 120°29'10" E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
4	海流	臺中港 (TC)	A	24°18'10"N 120°28'40" E	2003/07-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
5	海流	臺中港 (TC)	1	24°19'06"N 120°30'52" E	1994/09-1997/03 (停止觀測)	港研中心	RCM-9
6	海流	臺中港 (TC)	2	24°18'00"N 120°29'04" E	1994/10-1996/02	港研中心	RCM-9
7	海流	臺中港 (TC)	N	24°17'58"N 120°29'06" E	1995/09-1996/02	港研中心	RCM-9
8	海流	臺中港 (TC)	4	24°16'55"N 120°29'22" E	1994/09-1995/12	港研中心	RCM-9
9	海流	高雄港 (KH)	A	22°34'29"N 120°15'40" E	2000/12-2005/08	港研中心	AWCP
10	海流	高雄港 (KH)	R	22°32'30"N 120°17'40" E	2005/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
11	海流	高雄港 (KH)	I,J	22°30'38"N 120°19'31" E	1992/01-1992/12	港研中心	RCM-7 (上下兩層)
12	海流	高雄港 (KH)	O,Q	22°29'28"N 120°18'18" E	1992/01-1992/12	港研中心	RCM-7 (上下兩層)
13	海流	花蓮港 (HL)	3	23°58'00"N 121°37'30" E	2000/09-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
14	海流	花蓮港 (HL)	2	24°00'07"N 121°38'25" E	1994/05-1994/11 2000/01-2000/08	港研中心	RCM9
15	海流	花蓮港 (HL)	4	23°58'13"N 121°37'18" E	1994/06-1994/09	港研中心	RCM9
16	海流	花蓮港 (HL)	5	23°58'04"N 121°37'09" E	1994/05-1994/11	港研中心	RCM9
17	海流	花蓮港 (HL)	N	23°58'10"N 121°37'10" E	2005/07-2005/11	港研中心	AWCP
18	海流	花蓮港 (HL)	S	23°55'40"N 121°37'01" E	2005/07-2005/11	港研中心	AWCP
19	海流	蘇澳港 (SA)	V	24°35'52"N 121°54'42" E	1999/11-2000/05	港研中心	RCM
20	海流	蘇澳港 (SA)	A	24°35'20"N 121°53'10" E	2002/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
21	海流	安平港 (AP)	1	22°56'37"N 120°08'10" E	1999/10-2006/12 (觀測中)	港研中心	S4 觀測樁

註：測站位置請參各港區位置示意圖。

表 11-3 臺灣主要商港觀測風資料蒐集概況表

序號	資料類別	港區名稱	測站	精度緯度	觀測期間	觀測單位	備註 (觀測儀器)
1	風	基隆港 (KL)	1	25°08'28"N 121°44'23" E	2002/06-2006/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
2	風	基隆港 (KL)	W	25°08'05"N 121°43'56" E	1999/01-2006/12 (觀測中)	中央氣象局	
3	風	臺中港 (TC)	7	24°18'24"N 120°31'23" E	1971/01-1981/01	台中港務局	Young Brand 風速計
4	風	臺中港 (TC)	7	24°18'24"N 120°31'23" E	1981/02-2006/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
5	風	臺中港 (TC)	3	24°18'49"N 120°31'31" E	1994/01-1996/03	港研中心	
6	風	臺中港 (TC)	B	24°17'59"N 120°28'58 E	1996/09-1997/11	港研中心	
7	風	臺中港 (TC)	W	24°15'31"N 121°30'54 E	1996/09-2006/12 (觀測中)	中央氣象局	
8	風	高雄港 (KH)	X	22°36'54"N 120°17'19" E	2002/06-2006/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
9	風	高雄港 (KH)	B	22°34'05"N 120°18'29" E	1999/01-2006/12 (觀測中)	中央氣象局	
10	風	花蓮港 (HL)	W	23°58'53"N 121°36'43" E	2002/06-2006/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
11	風	花蓮港 (HL)	A	23°58'23"N 121°36'13" E	1981/02-2006/12 (觀測中)	中央氣象局	
12	風	蘇澳港 (SA)	2	24°35'33"N 121°51'57 E	2003/06-2006/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
13	風	蘇澳港 (SA)	W	24°35'43"N 121°51'37 E	1999/01-2006/12 (觀測中)	中央氣象局	
14	風	安平港 (AP)	1	22°56'37"N 120°08'10" E	1999/10-2006/12 (觀測中)	港研中心	觀測樁 Young Brand 風速計

註：測站位置請參各港區位置示意圖。

表 11-4 臺灣主要商港觀測波浪資料蒐集概況表

序號	資料類別	港區名稱	測站	精度緯度	觀測期間	觀測單位	備註 (觀測儀器)
1	波浪	基隆港 (KL)	A	25°10'00"N 121°44'50" E	2001/06-2006/05	港研中心	AWCP
2	波浪	基隆港 (KL)	A	25°09'50"N 121°44'50" E	2006/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
3	波浪	基隆港 (KL)	3	25°09'49"N 121°45'29" E	1999/01-1999/10	港研中心	
4	波浪	臺中港 (TC)	A	24°18'10"N 120°28'40" E	2003/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
5	波浪	臺中港 (TC)	A	24°18'00"N 120°29'10" E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
6	波浪	臺中港 (TC)	1	24°19'06"N 120°30'52" E	1994/09-1997/03	港研中心	Datawell 浮球 式波浪儀
7	波浪	臺中港 (TC)	2	24°18'00"N 120°29'04" E	1994/10-1996/02	港研中心	Datawell 浮球 式波浪儀
8	波浪	臺中港 (TC)	4	24°16'55"N 120°29'22" E	1994/09-1995/12	港研中心	Datawell 浮球 式波浪儀
9	波浪	高雄港 (KH)	A	22°34'29"N 120°15'40" E	2000/12-2005/08	港研中心	AWCP
10	波浪	高雄港 (KH)	R	22°32'30"N 120°17'40" E	2005/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
11	波浪	花蓮港 (HL)	3	23°58'00"N 121°37'30" E	2000/09-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
12	波浪	花蓮港 (HL)	2	24°00'07"N 121°38'25" E	1993/05-2000/08 2000/01-2000/08	港研中心	Datawell 浮球 式波浪儀
13	波浪	花蓮港 (HL)	1	23°58'28"N 121°38'12" E	1990/01-1992/12	港研中心	Datawell 浮球 式波浪儀
14	波浪	花蓮港 (HL)	N	23°58'10"N 121°37'10" E	2005/07-2005/11	港研中心	AWCP
15	波浪	花蓮港 (HL)	S	23°55'40"N 121°37'01" E	2005/07-2005/11	港研中心	AWCP
16	波浪	蘇澳港 (SA)	V	24°35'52"N 121°54'43" E	1999/11-2000/10	港研中心	
17	波浪	蘇澳港 (SA)	A	24°35'20"N 121°53'10" E	2002/08-2006/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
18	波浪	安平港 (AP)	1	22°56'37"N 120°08'10" E	1999/10-2006/12 (觀測中)	港研中心	S4 觀測樁

註：測站位置請參各港區位置示意圖。

11.2 海氣象調查資料查詢設計

海氣象調查資料經分析後將產生資料檔、資料圖、報表、統計表及統計圖等有用的資料或資訊，本研究運用 MapInfo 地理資訊系統，將各種檔案鍵入資料庫系統，並撰寫查詢展示程式，提供查詢及引用。為方便系統程式之撰寫及設計，本系統以資料庫表單作為查詢之依據，表單之格式及部分登錄內容如表 11-5 所示。

表 11-5 資料庫表單之格式及登錄內容

序 號	方法	港區	類別	年份	月 季	點 區	碼 1	碼 2	X 座標	Y 座標	檔 圖 表 說明	目錄	全檔名	副 檔 名	內 容
1	現場	台中港	波浪	1994	6月	點	1	1	199988.49	2690653.16	表	D:\GisF1\TC\W\	V946C11.PS	ps	波浪月報表
2	現場	台中港	波浪	1994	7月	點	1	1	199988.49	2690653.16	表	D:\GisF1\TC\W\	V947TC11.PS	ps	波浪月報表
3	現場	台中港	波浪	1994	8月	點	1	1	199988.49	2690653.16	表	D:\GisF1\TC\W\	V948TC11.PS	ps	波浪月資料圖
4	現場	台中港	波浪	1994	6月	點	1	2	199988.49	2690653.16	圖	D:\GisF1\TC\W\	V948TC11.PS	ps	波浪月資料圖
5	現場	台中港	波浪	1994	7月	點	1	2	199988.49	2690653.16	圖	D:\GisF1\TC\W\	V948TC11.PS	ps	波浪月資料圖
6	現場	台中港	波浪	1994	8月	點	1	2	199988.49	2690653.16	圖	D:\GisF1\TC\W\	V948TC11.PS	ps	波浪月資料圖
7	現場	台中港	波浪	1994	6月	點	1	0	199988.49	2690653.16	圖	D:\GisF1\TC\W\	V948TC10.1HE	1HE	波浪月資料檔
8	現場	台中港	波浪	1994	7月	點	1	0	199988.49	2690653.16	圖	D:\GisF1\TC\W\	V948TC10.1HE	1HE	波浪月資料檔
9	現場	台中港	波浪	1994	8月	點	1	0	199988.49	2690653.16	圖	D:\GisF1\TC\W\	V948TC10.1HE	1HE	波浪月資料檔

現場觀測海氣象資料圖表查詢系統流程如圖 11-8 所示，查詢項目包括有風力、波浪、潮汐及海流等 4 項。進入系統，主畫面即顯示台灣地圖及標示所有港區位置，以滑鼠選一港區，則背景顯示港區詳細地圖及標示所有測點位置，以滑鼠選一測點，則列出下拉式標題：(1)潮汐、(2)海流、(3)風力、(4)波浪，以滑鼠點選任一主項目，接著再進入下一層點選子項目。查詢內容除重要的統計圖或統計表，各觀測站或觀測區，皆有測站(區)位置、儀器安置、記錄期間等說明。

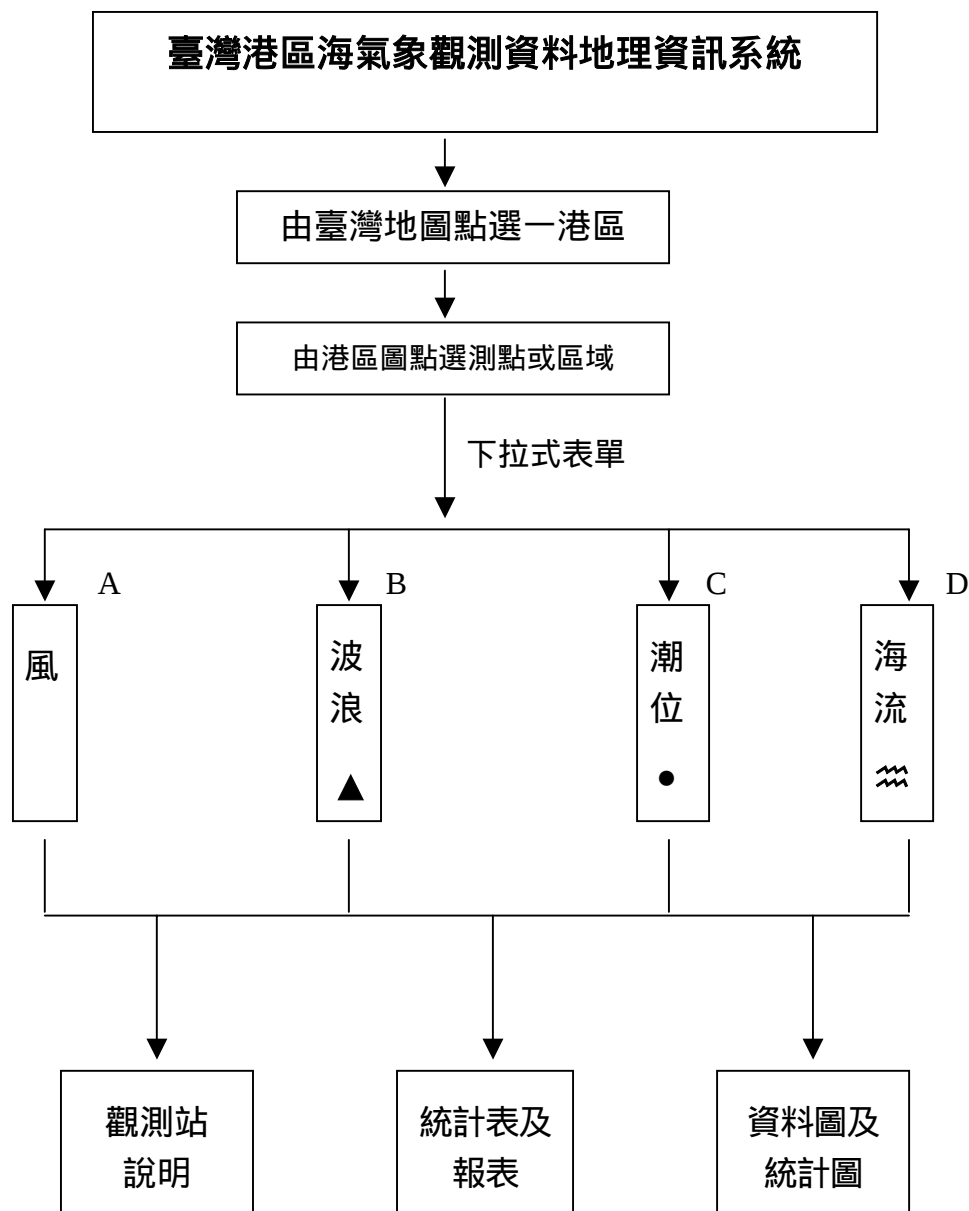


圖 11-8 臺灣港區海氣象觀測資料地理資訊系統流程圖

11.3 查詢選單與檔案關聯說明

查詢選單與目的檔案之關聯，係依據檔案類型由系統呼叫不同的執行程式來開啟。檔案之類型都紀錄在資料庫表單內。海氣象查詢選單依調查資料目前分為四大類，即：1)潮汐、2)海流、3)風力、4)波浪。每一類之內容都涵蓋數種統計圖表及說明文件，各類資料內容、檔案類型與其查詢過程之關聯如下所示：

1)潮汐資料：內容 → 查詢過程 → 檔案類型：

潮位測站說明：	→ PS 檔(例 TIM1TC40.PS)
潮位觀測記錄表	→ PS 檔(例 T971TC40.PS)
潮汐統計表	→ PS 檔(例 T970TC42.PS)
潮汐調和常數表	→ PS 檔(例 T970TC43.PS)
潮汐分潮振幅值圖	→ PS 檔(例 T970TC4K.PS)
潮汐資料	→選年→選月→ASC 檔(例 T971TC40.1HE)
潮汐月報表	→選年→選月→PS 檔(例 T971TC41.PS)
潮汐月歷線圖	→選年→選月→PS 檔(例 T971TC4I.PS)
潮汐能譜圖	→選年→選月→PS 檔(例 T971TC4J.PS)

2)海流資料：內容 → 查詢過程 → 檔案類型：

海流測站說明：	→ PS 檔(例 CIM1TC40.PS)
海流觀測記錄表	→ PS 檔(例 C971TC40.PS)
海流統計表	→ PS 檔(例 C970TC45.PS)
潮流調和常數表	→ PS 檔(例 C970TC46.PS)
分潮流長短軸值圖	→ PS 檔(例 C970TC4N.PS)
海流資料	→選年→選月→ASC 檔(例 C971TC40.1HE)
海流月報表	→選年→選月→PS 檔(例 C971TC41.PS)
流速及流向聯合分佈	→選年→選月→PS 檔(例 C971TC42.PS)
海流月資料圖	→選年→選月→PS 檔(例 C971TC4I.PS)
海流玫瑰圖	→選年→選月→PS 檔(例 C971TC4J.PS)
潮流橢圓圖	→選年→選月→PS 檔(例 C971TC4K.PS)
海流能譜圖	→選年→選月→PS 檔(例 C971TC4L.PS)
海流 PVD 圖	→選年→選月→PS 檔(例 C971TC4M.PS)

3)風力資料：內容 → 查詢過程 → 檔案類型：

風測站說明：	→ PS 檔(例 WIM1TC40.PS)
風觀測記錄表	→ PS 檔(例 W971TC40.PS)
風統計表	→ PS 檔(例 W970TC45.PS)
風資料	→選年→選月→ASC 檔(例 W971TC40.1HE)
風月報表	→選年→選月→PS 檔(例 W971TC41.PS)
風速及風向聯合分佈	→選年→選月→PS 檔(例 W971TC42.PS)
風月資料圖	→選年→選月→PS 檔(例 W971TC4I.PS)

風玫瑰圖 →選年→選月→ PS 檔(例 W971TC4J.PS)

4)波浪資料：內容 → 查詢過程 → 檔案類型：

波浪測站說明：	→ PS 檔(例 VIM1TC40.PS)
波浪觀測記錄表	→ PS 檔(例 V971TC40.PS)
波浪統計表	→ PS 檔(例 V970TC45.PS)
波浪資料	→選年→選月→ASC 檔(例 V971TC40.1HE)
波浪月報表	→選年→選月→ PS 檔(例 V971TC41.PS)
波高及週期聯合分佈	→選年→選月→ PS 檔(例 V971TC42.PS)
波浪資料圖	→選年→選月→ PS 檔(例 V971TC4I.PS)
波浪方塊圖	→選年→選月→ PS 檔(例 V971TC4J.PS)
波浪玫瑰圖	→選年→選月→ PS 檔(例 V971TC4K.PS)

11.4 系統操作程序

本中心所開發的「港區工程基本資料查詢系統」內第六個主選單即為「海氣象現地調查」選單，使用者可在此選單下查詢各類海氣象現地調查資料，系統操作程序如下所示：

1. 在視窗作業環境下，執行MapInfo系統，進入該系統內。
2. 點選功能表File \ Run MapBasic Program，選擇d:\ harbor-1內的執行檔harbor-2003.mbx，按OK選鈕，即進入港區工程基本資料查詢系統。
3. 此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置。
4. 利用滑鼠，點選其中任一港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「海氣象現地調查」主選單下之第一選項「潮位測站顯示」，系統則載入該港區之潮位測站位置分佈圖。或是點選第七選項「流測站顯示」，系統則載入該港區之流測站位置分佈圖。其他測站也可依此方式顯示。當所叫用的測站位置圖顯示在螢幕上時，該功能表底下所附屬的測站關閉功能項，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。

5. 利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標位置及鄰近地形。
6. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之物件。當所點選的物件為測站位置時，系統即進入資料庫表單搜尋該測站之內容項目，隨後在螢幕上顯示「資料內容選取對話框」，對話框內展列該測站所登錄的所有內容項目，使用者可選取需用項目。
7. 選取完需用項目後，系統即進入資料庫表單搜尋該項目之登錄年份，隨後在螢幕上顯示「年份選取對話框」，對話框內展列該測站所登錄的所有年份，使用者可依需用選取。
8. 選取完目標年份後，系統即進入資料庫表單搜尋該年份之登錄月季，隨後在螢幕上顯示「月季選取對話框」，對話框內展列該測站所登錄的所有月季，使用者可依需用選取。
9. 選取完目標月季後，系統即進入資料庫表單搜尋該月季之資料檔案，隨後在螢幕上顯示查詢結果。
10. 使用者可依循步驟6至9，繼續查詢其他資料內容。
11. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 4 至 11，可繼續查詢所需港區之相關資料。
12. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

11.5 蘇澳港海氣象調查資料查詢展示

蘇澳港海氣象調查資料查詢展示系統操作程序如下所示：

1. 按照11.4節程式操作程序1至3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區（如基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區）的分佈位置，如圖11-9所示。
2. 將滑鼠遊標移至蘇澳港標示文字區內，按滑鼠左鍵，可叫出蘇澳港

區基本地圖圖層，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「海氣象現地調查」主功能項下之第一選單「潮位測站顯示」，系統則載入該港區之潮位測站位置分佈圖。或是點選第七選單「流測站顯示」，系統則載入該港區之流測站位置分佈圖。其他測站也可依此方式顯示。當所叫用的測站位置圖顯示在螢幕上時，該功能表底下所附屬的測站關閉功能項，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。蘇澳港區海氣象查詢表單下拉及潮位測站位置展示如圖11-10所示。

3. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之物件。當所點選的物件為測站位置時，系統即進入資料庫表單搜尋該測站之內容項目，隨後在螢幕上顯示「資料內容選取對話框」如圖11-11，對話框內展列該測站所登錄的所有內容項目，使用者可選取需用項目。
4. 選取完需用項目後，系統即進入資料庫表單搜尋該項目之登錄年份，隨後在螢幕上顯示「年份選取對話框」如圖11-12，對話框內展列該測站所登錄的所有年份，使用者可依需用選取。
5. 選取完目標年份後，系統即進入資料庫表單搜尋該年份之登錄月季，隨後在螢幕上顯示「月季選取對話框」如圖11-13，對話框內展列該測站所登錄的所有月季，使用者可依需用選取。
6. 選取完目標月季後，系統即進入資料庫表單搜尋該月季之資料檔案，隨後在螢幕上顯示查詢結果，圖11-14為蘇澳港潮位資料圖查詢結果之一。
7. 使用者可依循步驟3至6，繼續查詢其他資料內容。如圖11-15為蘇澳港波浪資料圖查詢結果之一。
8. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟4至11，可繼續查詢所需港區之相關資料。
9. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

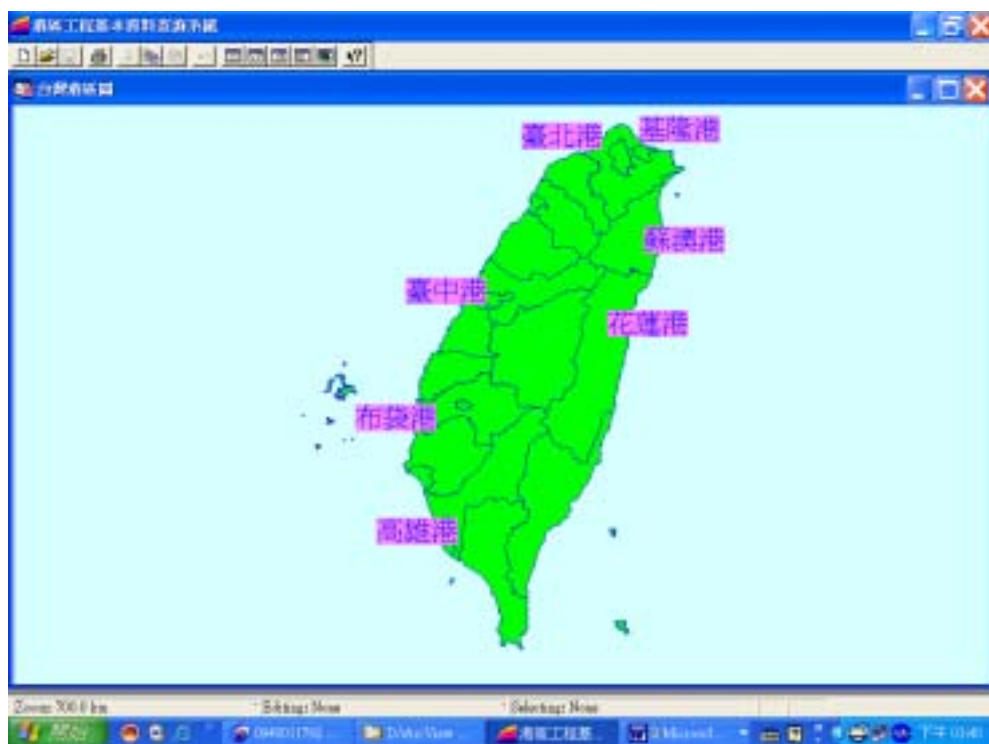


圖 11-9 查詢主畫面



圖 11-10 蘇澳港區海氣象查詢表單及潮位測站位置展示圖

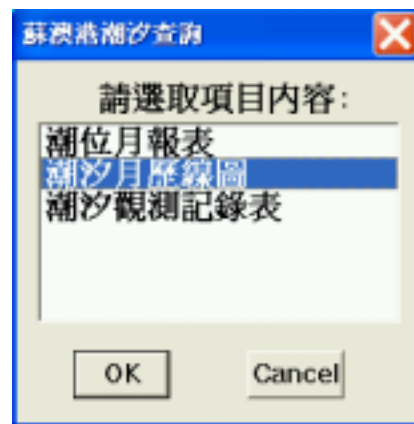


圖 11-11 蘇澳港潮位資料內容選取對話框



圖 11-12 蘇澳港潮位資料年份選取對話框

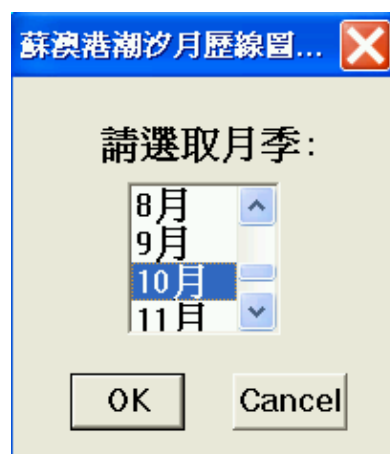


圖 11-13 蘇澳港潮位資料月季選取對話框

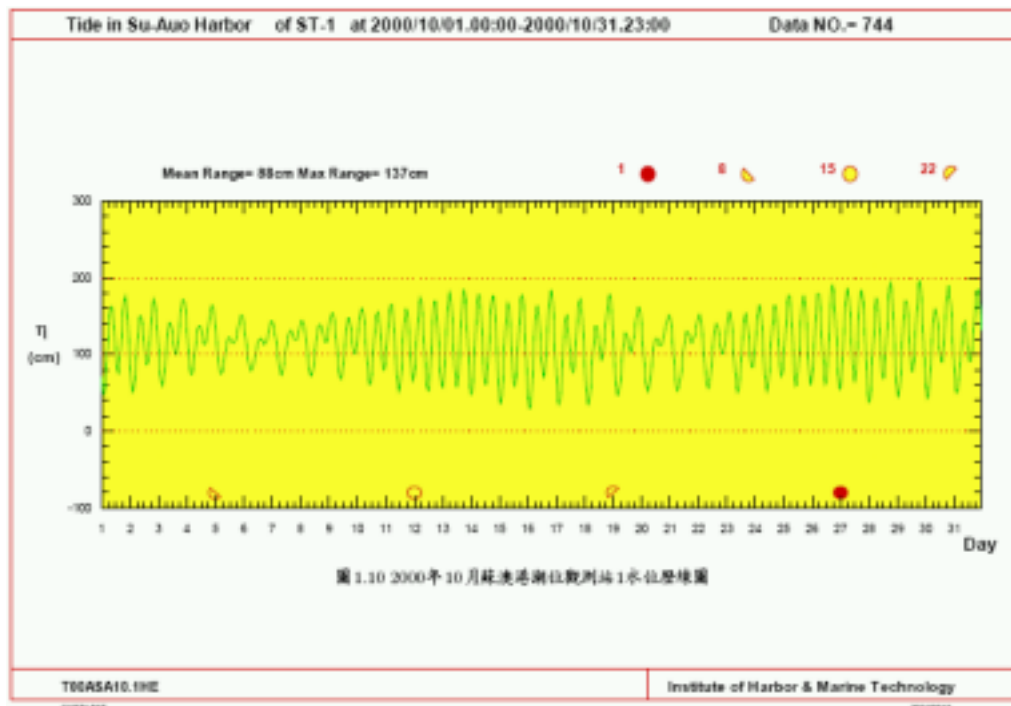


圖 11-14 蘇澳港潮位資料圖查詢結果之一

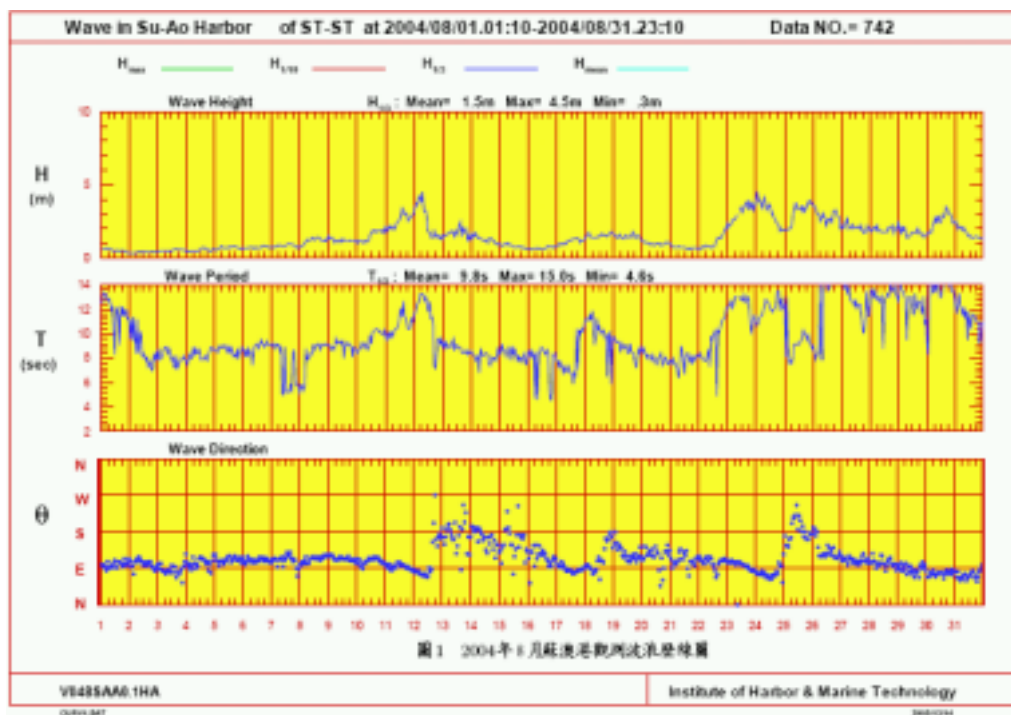


圖 11-15 蘇澳港波浪資料圖查詢結果之一

11.6 安平港海氣象調查資料查詢展示

安平港海氣象調查資料查詢展示系統操作程序如下所示：

1. 按照11.4節程式操作程序1至3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出臺灣全島地圖與主要港區（如基隆、臺中、安平、高雄、花蓮、蘇澳等港區）的分佈位置，如圖11-16所示。
2. 將滑鼠遊標移至安平港標示文字區內，按滑鼠左鍵，可叫出安平港區基本地圖圖層，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「海氣象現地調查」主功能項下之第一選單「潮位測站顯示」，系統則載入該港區之潮位測站位置分佈圖。或是點選第七選單「流測站顯示」，系統則載入該港區之流測站位置分佈圖。其他測站也可依此方式顯示。當所叫用的測站位置圖顯示在螢幕上時，該功能表底下所附屬的測站關閉功能項，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。安平港區海氣象查詢表單下拉及潮位測站位置展示如圖11-17所示。
3. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之物件。當所點選的物件為測站位置時，系統即進入資料庫表單搜尋該測站之內容項目，隨後在螢幕上顯示「資料內容選取對話框」如圖11-18，對話框內展列該測站所登錄的所有內容項目，使用者可選取需用項目。
4. 選取完需用項目後，系統即進入資料庫表單搜尋該項目之登錄年份，隨後在螢幕上顯示「年份選取對話框」如圖11-19，對話框內展列該測站所登錄的所有年份，使用者可依需用選取。
5. 選取完目標年份後，系統即進入資料庫表單搜尋該年份之登錄月季，隨後在螢幕上顯示「月季選取對話框」如圖11-20，對話框內展列該測站所登錄的所有月季，使用者可依需用選取。
6. 選取完目標月季後，系統即進入資料庫表單搜尋該月季之資料檔案，隨後在螢幕上顯示查詢結果，圖11-21為安平港潮位資料圖查詢結果之一。
7. 使用者可依循步驟3至6，繼續查詢其他資料內容。如圖11-22為安平

港波浪資料圖查詢結果之一。

8. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟4至11，可繼續查詢所需港區之相關資料。
9. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

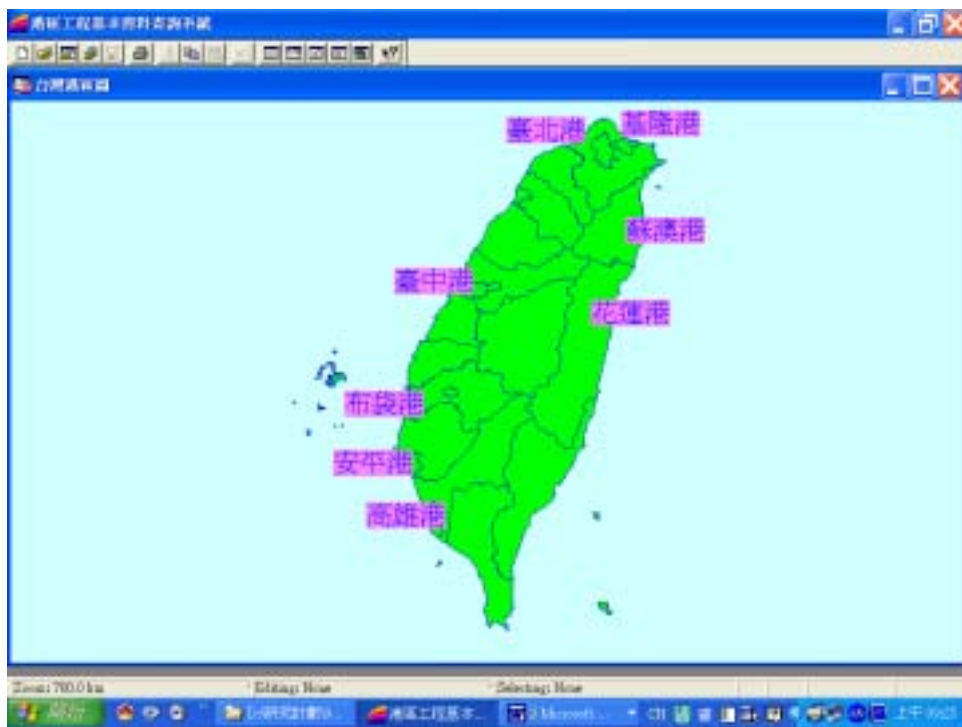


圖 11-16 查詢主畫面

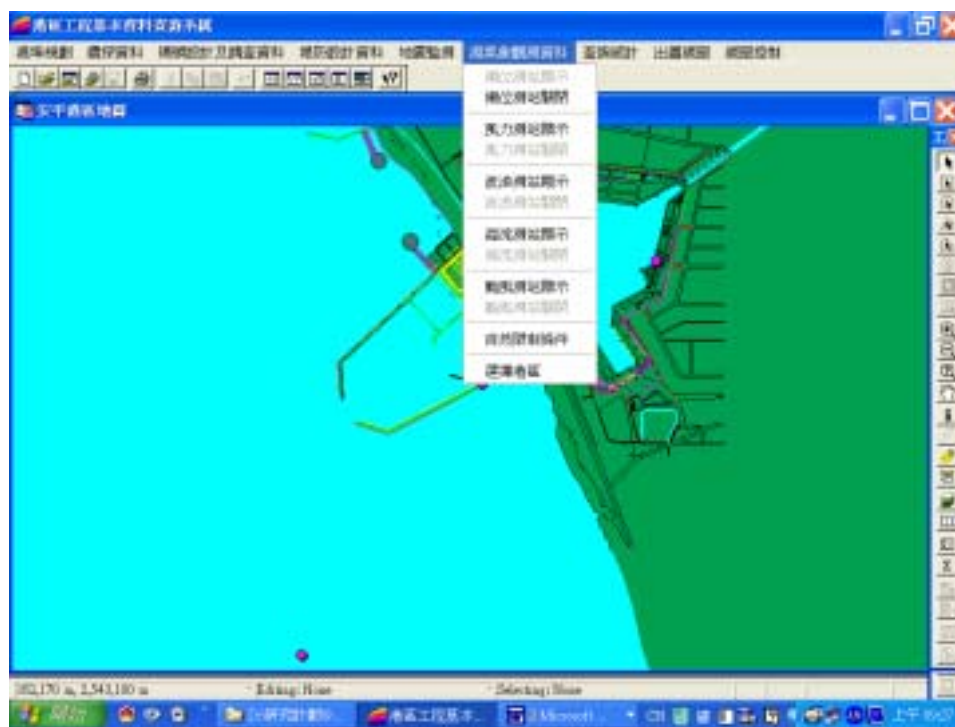


圖 11-17 安平港區海氣象查詢表單及潮位測站位置展示圖

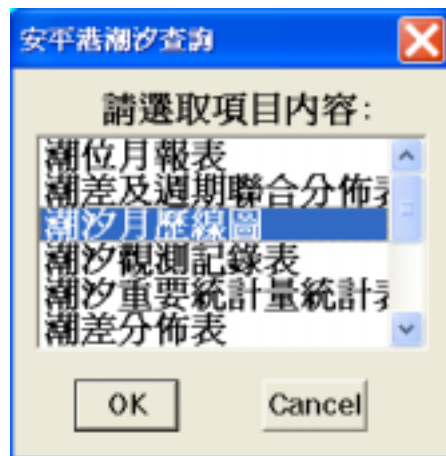


圖 11-18 安平港潮位資料內容選取對話框



圖 11-19 安平港潮位資料年份選取對話框

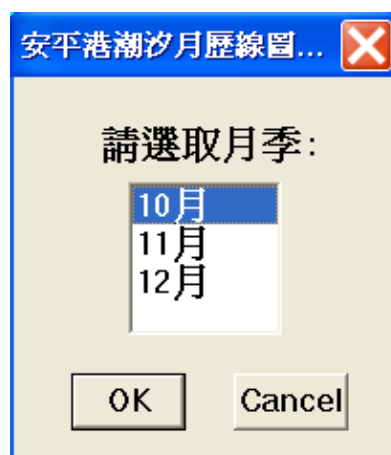


圖 11-20 安平港潮位資料月季選取對話框

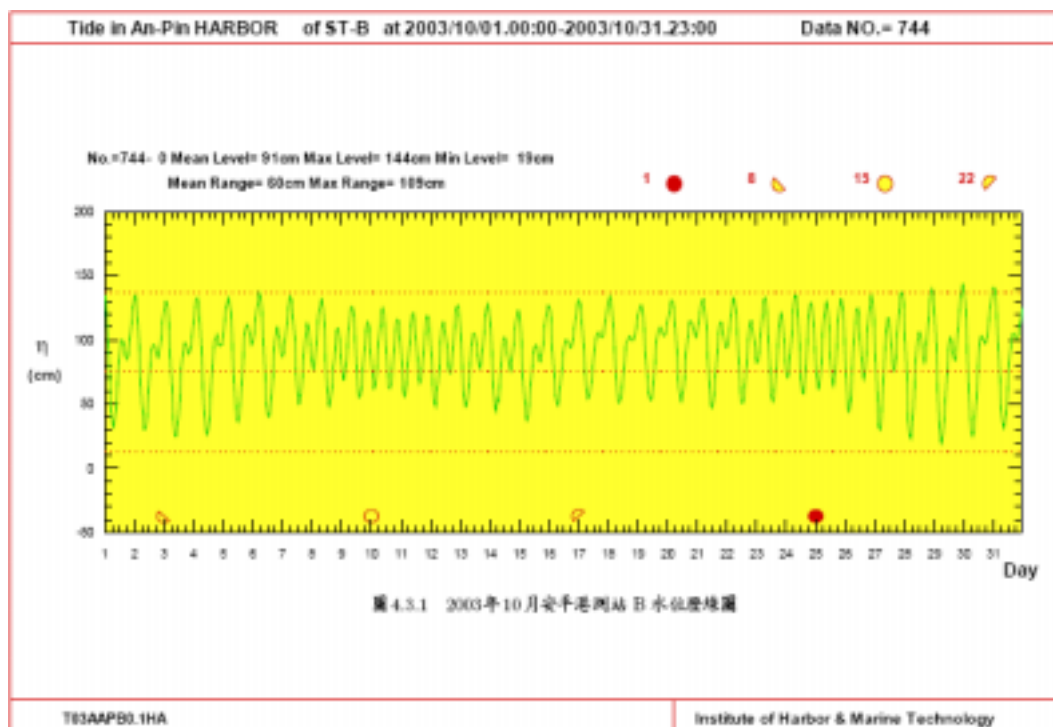


圖 11-21 安平港潮位資料圖查詢結果之一

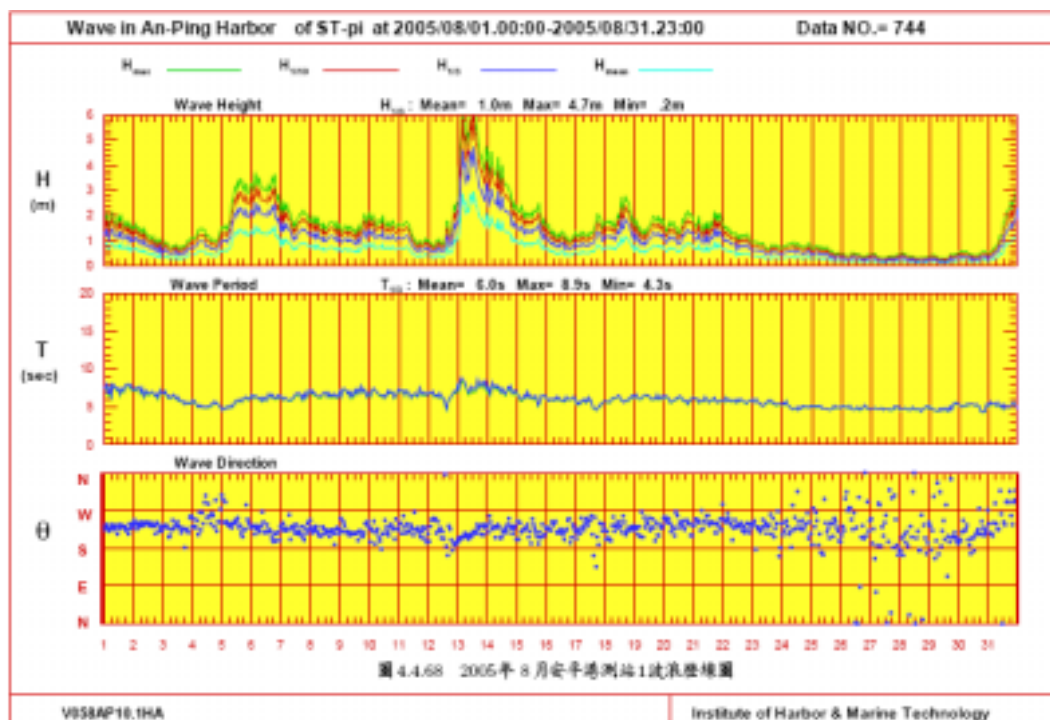


圖 11-22 安平港波浪資料圖查詢結果之一

第十二章 港區地震及地下水位量測資料彙整建置

12.1 港區監測系統設置目的

港區監測系統設置之主要目的在於，建置各港自動化之港區地震分層監測系統，分層監測港區地層與水壓於地震時之反應波，並將測得之資料彙整建置成資料庫，方便碼頭地震資料之查詢，如港灣地區地震分層監測之設置資訊、港區歷史地震資訊與歷史地震統計資訊等，並為港區地層震動特性、地層放大效應、動態孔隙水壓變化及地震時各港區之場址效應等之研究資料，進而瞭解港區沖積地層之地震振動特性，提供碼頭結構物設計及港區地震工程研究之參考與應用。

12.2 系統之規劃設計

本研究各監測站之系統規劃設計，依設置目的原則上均採統一之規劃設計，其整體系統規劃設計之特性，以臺中港區監測站為例，摘要說明如下：

1. 本系統為分層監測系統

本研究系統共設計地震監測井 4 孔，採用埋入型地震計分孔分層安置，規劃深度為 GL-10 m、GL-20 m、GL-100 m 及 GL-283 m 等 4 層，另加地表型地震計一組共 5 層測點。

2. 各層地層震動與即時水壓反應均採同步監測

每一監測系統均配置水壓計 6 支分置於 3 孔監測井，規劃深度為 3 M、6 M、10 M、15 M、20 M、30 M。

3. 監測記錄

本系統於每監測層均記錄 X、Y、V 三方向之振波，連同水壓計共 21ch 之訊號同步觀測記錄，記錄方式依不同之啟動設定分為定時激發記錄與即時感測記錄。

4. 資料儲存與傳送

全站 21ch 之感測資料均以 Cable 聯結至現地測站機房之先進數位化自動記錄集錄系統，感測資料係預存於集錄系統，再收錄於 IC 卡上取回分析，或經電腦利用數位專線連線自動傳輸或強迫傳輸送回港研中心，透過數位專線亦可由港研中心直接遙控或監視現地監測狀況。

測站規劃與實設之整體系統設計範例如圖 12-1。

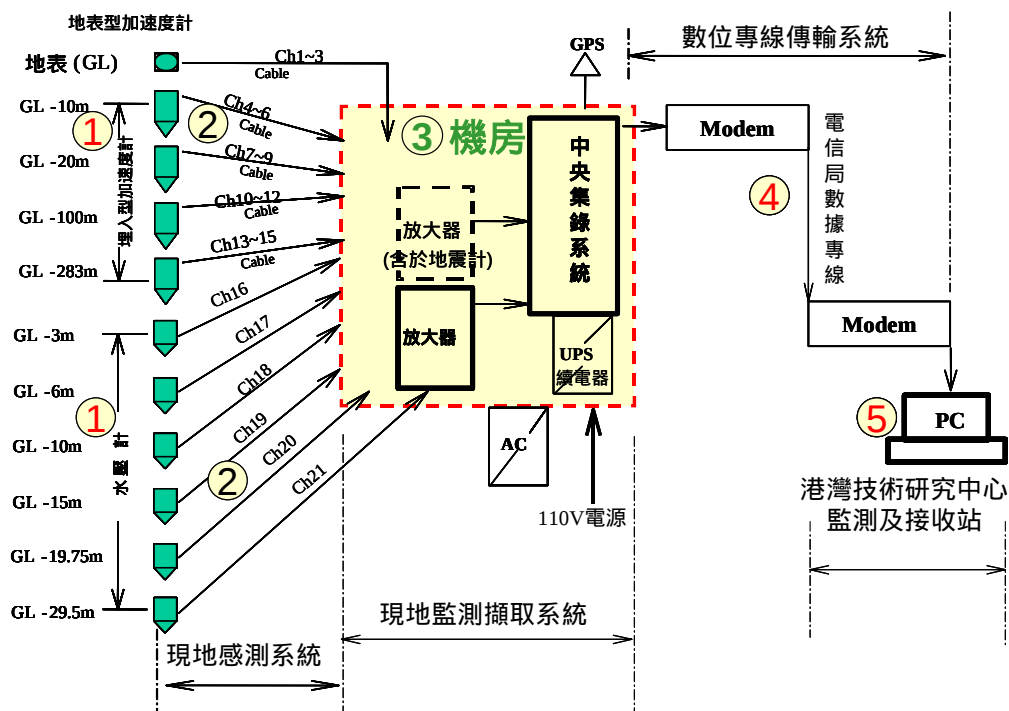


圖 12-1 規劃與實設之整體系統設計-臺中港範例

12.3 系統設置

本研究之系統設置工作，依設置目的其主要工作內容與執行要領如下：

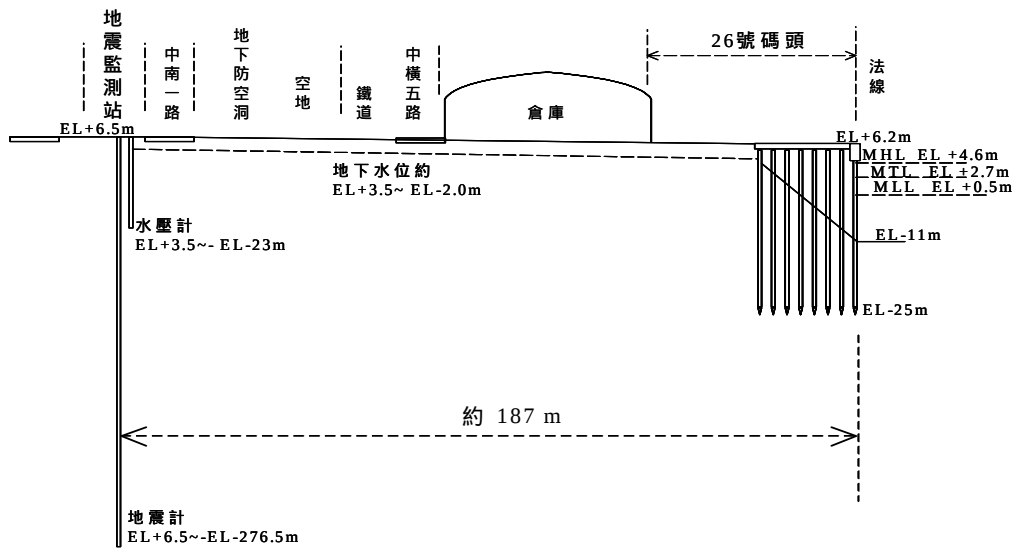


圖 12-3 測站相關測量結果斷面示意圖-臺中港範例

設計分層水壓震波測點深度為 GL-3 m、GL-6 m、GL-10 m、GL-15 m、GL-20 m 及 GL-30 m 等 6 層。監測儀之埋設要領主要必須注意監測井之適當鑽設間距、感測器之確實回填埋設、感測器之確實埋設深度、感測器之確實正位與感測器埋設前後之校正等。

配合研究需求，測站內應實施適當之地質調查，以臺中港測站為範例，主要地質調查結果與內容如圖 12-4。

3. 系統組合與設定

整體系統主要係由現地感測系統、現地監測擷取系統、數位專線傳輸系統及港研中心之監控與接收系統組成（各港設計系統組成如圖 12-1 之臺中港範例）。

主要設定應包括：電信局數位專線與 Modem 之設定(含傳輸速率)、放大器之設定(含感測器監之相對校正)、Data logger 之設定(含基本資料、擷取頻率與啟動設定等)等。

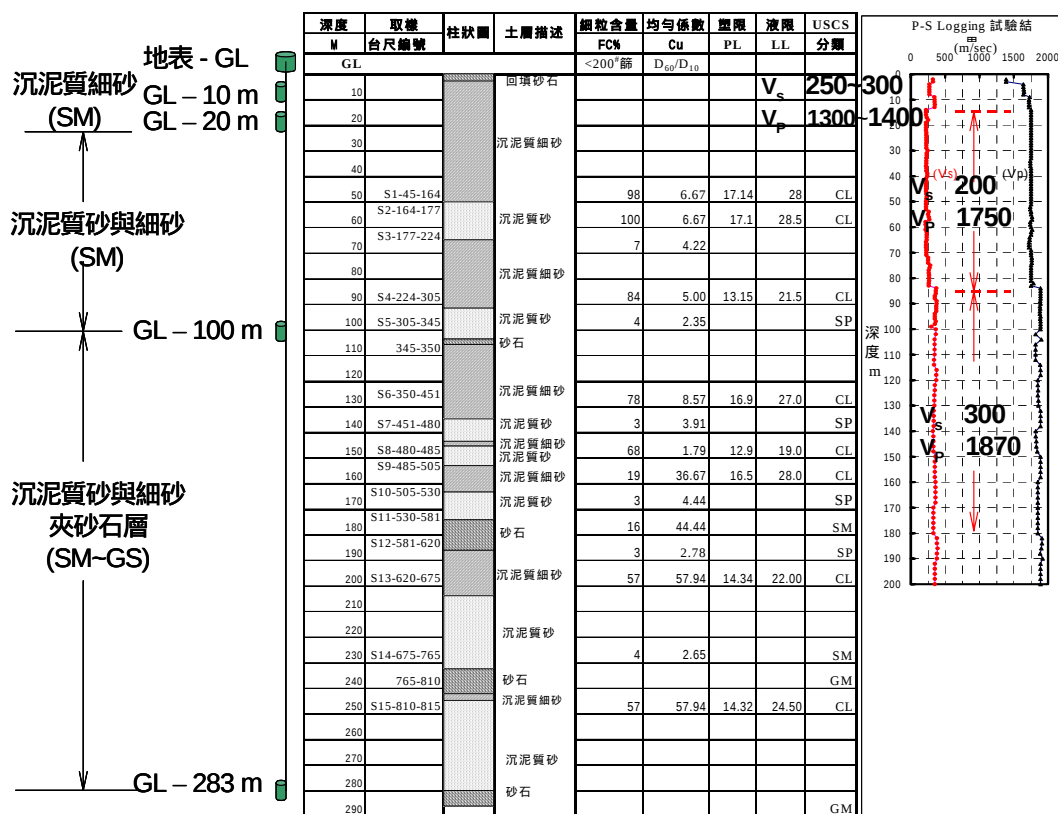


圖 12-4 測站主要地質調查內容與結果示意圖-臺中港範例

12.4 資料擷取、傳輸與監測控制

本研究系統資料擷取頻率設定為 100 HZ。現地監測擷取共有地層震動反應感測 5 層測點，每點均包括水平東西、南北向及垂直向 3ch 之感測。水壓反應感測 6 層測點，每點以 1ch 感測，地層震動反應與水壓反應共計感測 21ch，全部以 Cable 連結至現地測站機房，21ch 採同步監測與訊號傳輸，21ch 之即時感測資料首先全部集錄預存於機房內之中央集錄系統，再利用電信局之數位專線傳輸網路，與港研中心監控站之電腦軟體，將預存中央集錄系統之資料傳輸至港研中心監控站收錄之，整體擷取、傳輸與監測控制流程如圖 12-1 與 2-5。

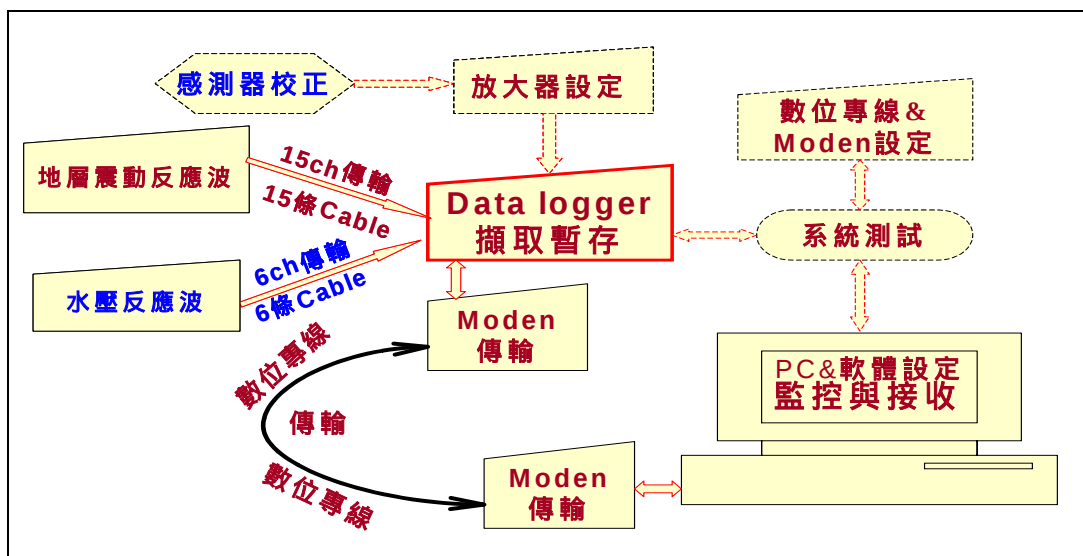


圖 12-5 整體擷取、傳輸與監測控制流程

現地監測站機房內主要配置有 Moden、冷氣、機架、集錄系統、水壓計信號放大器、地震計信號調整器及續電器等。機房構造與配置如圖 12-6。

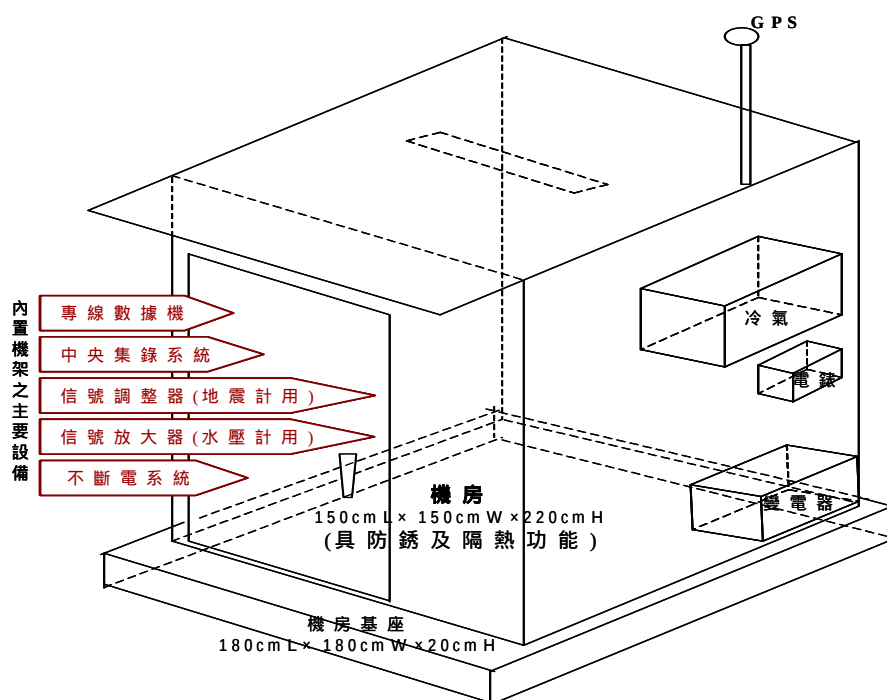


圖 12-6 機房構造與配置示意圖

於港研中心設置接收與監控站，利用電腦與軟體，除可收錄資料外，亦可直接遙控現地測站之感測設定與監視感測狀態，並設定控制記錄方式分為定時激發啟動記錄與即時感測啟動記錄。

12.5 各港監測站設置狀況

本所港研中心直至目前各港已建測站狀況：

1. 安平港區地震分層監測站

係第一座完整的港區地震分層監測系統，於西元 2000 年建置完成，於 2002 年進行第一次檢修。監測站設置位置平面與完成外貌狀況如圖 12-7 與圖 12-8。

2. 臺中港區地震分層監測站

臺中港區地震分層監測站於西元 2001 年 8 月建置完成。監測站設置位置平面與完成外貌狀況如圖 12-2 與圖 12-9。

3. 布袋港區地震分層監測站

布袋港區地震分層監測站於西元 2002 年元月建置完成。監測站設置位置平面與完成外貌狀況如圖 12-10 與圖 12-11。

4. 臺北港區地震分層監測站

臺北港區地震分層監測站於西元 2002 年建置完成。監測站設置位置平面與完成外貌狀況如圖 12-12 與圖 12-13。

5. 高雄港區地震分層監測站

高雄港區地震分層監測站高於 2003 年建置完成。監測站設置位置平面與完成外貌狀況如圖 12-14 與圖 12-15。

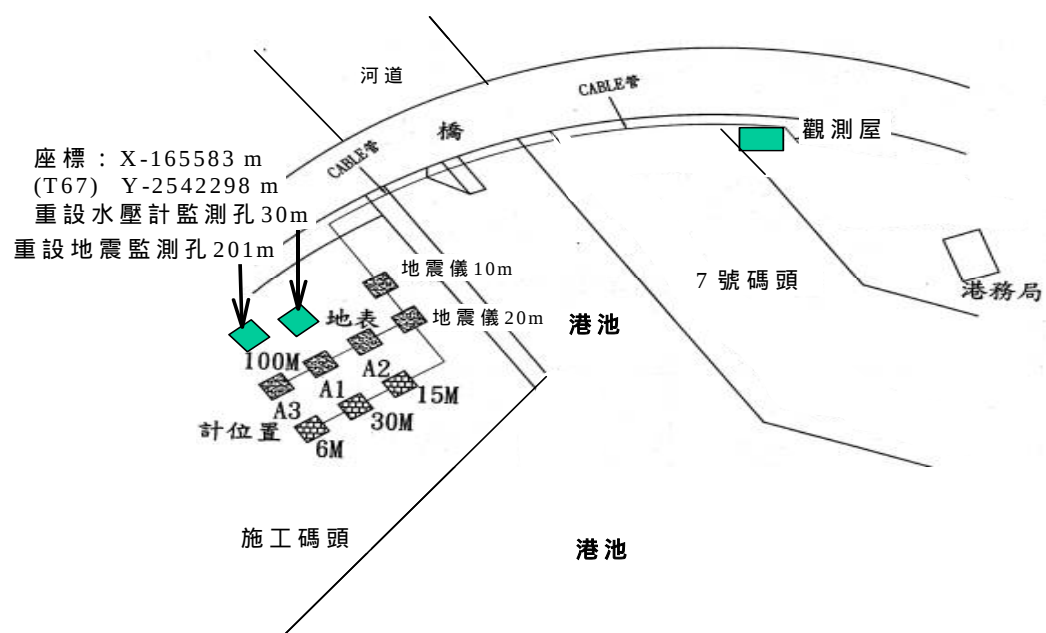


圖 12-7 安平港區地震分層監測站設置位置平面狀況



圖 12-8 安平港區地震分層監測站設置完成外貌狀況



圖 12-9 臺中港區地震分層監測站設置完成外貌狀況

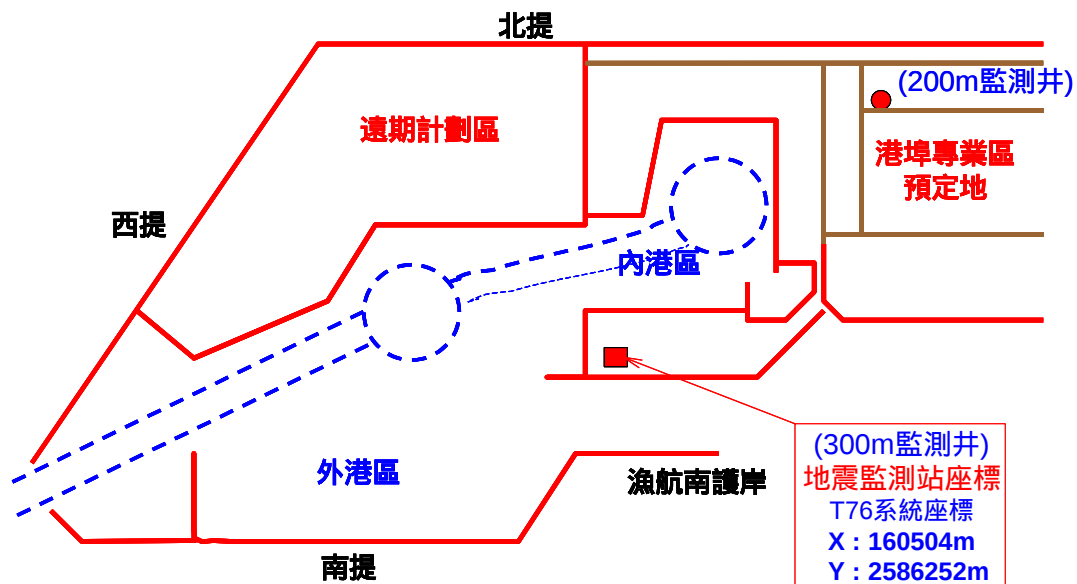


圖 12-10 布袋港區地震分層監測站設置位置平面狀況



圖 12-11 布袋港區地震分層監測站設置完成外貌狀況

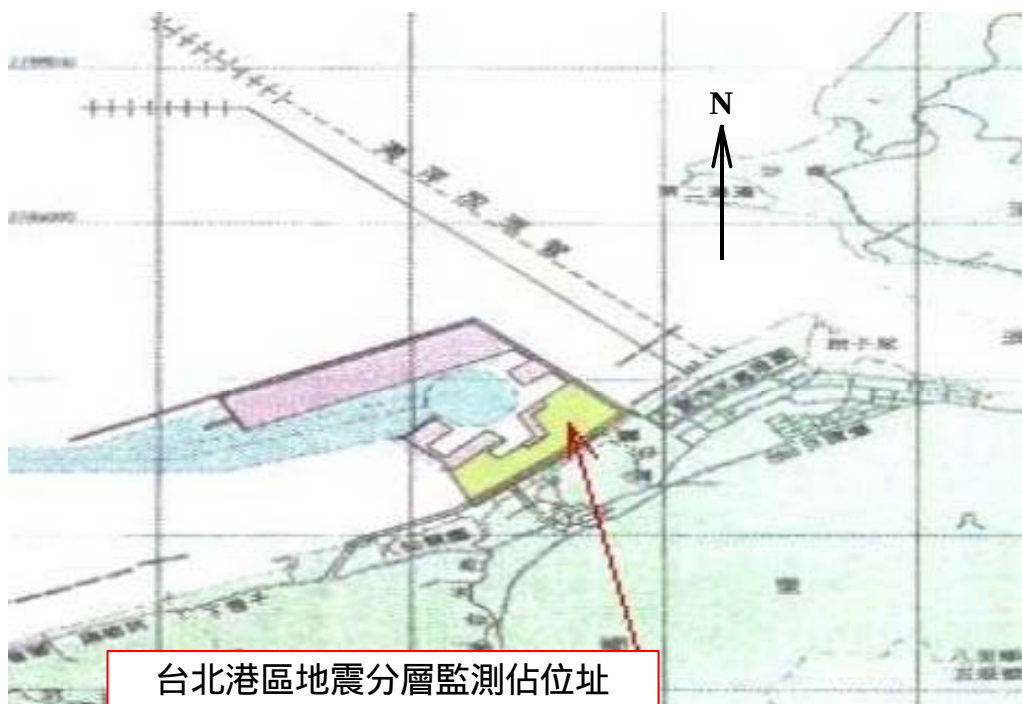


圖 12-12 臺北港區地震分層監測站設置位址平面狀況



圖 12-13 臺北港區地震分層監測站設置完成外貌狀況

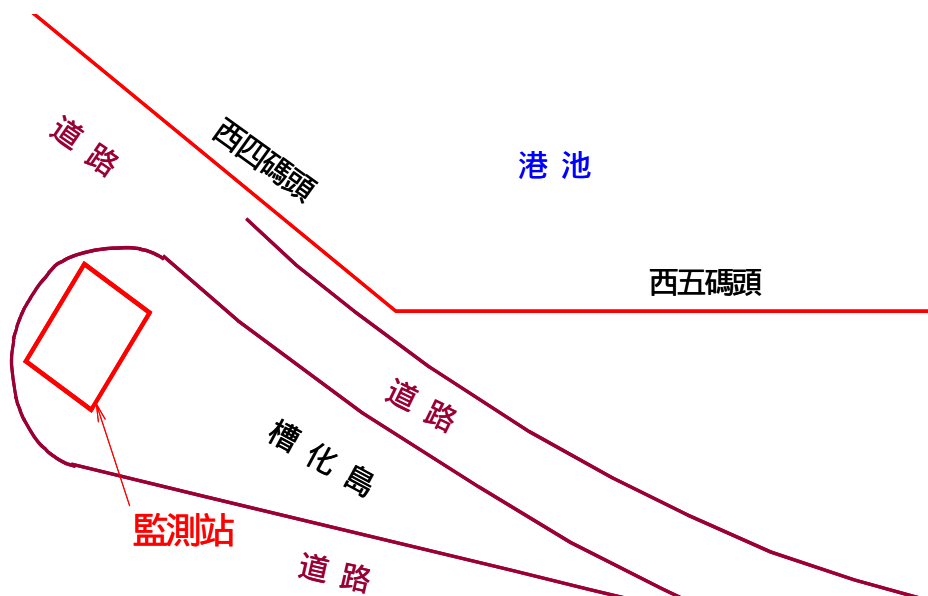


圖 12-14 高雄港區地震分層監測站設置位置平面狀況



12-15 高雄區地震分層監測站設置完成外貌狀況

12.6 地震及地下水位量測資料在地理資訊系統上之應用

12.6.1 系統操作程序

本所港研中心所開發的「港區工程基本資料查詢系統」內第五個主選單即為「地震監測」選單，使用者可在此選單下查詢地震及地下水位量測資料，系統操作程序如下所示：

1. 在視窗作業環境下，執行 MapInfo 系統，進入該系統內。
2. 點選功能表 File \ Run MapBasic Program，選擇 d: \ harbor-1 內的執行檔 harbor.mbx，按 OK 選鈕，即進入港區工程基本資料查詢系統。
3. 此時螢幕會展繪出臺灣全島地圖，並標示如基隆、臺北、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區等港區的分佈位置。
4. 利用滑鼠，點選其中任一港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「地震監測」主選單下之第一選項「地震監測系統位置顯示」，

系統則展示該港區之地震監測系統設置位置圖。系統設置位置圖以箭靶標誌標記，表示所有地震之震波傳向此位置而由記錄器收錄當地之訊號。

5. 點選「地震監測」主選單下之第三選項「地震監測系統示意圖顯示」，系統則展示該港區之地震監測系統設置示意圖。
6. 在系統內，港區地震監測資料之查詢設計成兩種方式：一為依震央位置查詢，另一為依地震發生日期查詢。點選「地震監測」主選單下之第五選項「港區地震監測資料查詢」，可下拉出這兩項查詢選項。
7. 點選「依震央位置查詢」選項，系統則展示該港區地震監測站所收錄之影響地震震央位置分佈圖。各個影響地震震央位置都標以紅色星星記號，意表地震能量釋放之源點。此時可點選任一震央位置標記，系統隨即啟動 powerpoint 檔，展示該位置所曾發生之地震，其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 powerpoint 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖，最後為該地震引置之水壓反應記錄圖。
8. 當點選「依震央位置查詢」選項之後，該選項下之第三次選項「臺灣活斷層分佈位置顯示」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。點選後，臺灣活斷層分佈位置圖層隨即疊合顯示在地震震央位置分佈圖上，供使用者參考臺灣各地斷層分佈情形。而點選「關閉臺灣活斷層分佈位置圖」次選項之後，此圖層即退出畫面。
9. 利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標位置及鄰近地形。
10. 點選「港區地震監測資料查詢」選項所下拉出之「依地震發生日期查詢」次選項後，系統即進入資料庫表單搜尋該港地震監測站所登

錄之資料年份，隨後在螢幕上顯示「年份選取對話框」，對話框內展列該測站所登錄的所有年份，使用者可依需用選取。

11. 選取完目標年份後，系統即進入資料庫表單搜尋該年份之登錄月份，隨後在螢幕上顯示「月份選取對話框」，對話框內展列該選取年份所包括的所有月份，使用者可依需用選取。
12. 選取完目標月份後，系統即進入資料庫表單搜尋該月份之登錄日期，隨後在螢幕上顯示「日期選取對話框」，對話框內展列該選取月份所包括的所有日期，使用者可依需用選取。
13. 選取完目標日期後，系統隨即進入資料庫表單搜尋該日期之資料檔案，並啟動 powerpoint 檔，展示該位置所曾發生之地震，其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 powerpoint 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖，最後為該地震引置之水壓反應記錄圖。
14. 使用者可依循步驟 6 至 13，繼續查詢其他資料內容。
15. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 2 至 8，可繼續查詢所需港區之相關資料。
16. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，點選最後一個選項「離開系統」，則可停止本程式的執行。

12.6.2 臺中港地震及地下水位量測資料查詢展示

臺中港地震及地下水位量測資料查詢展示系統操作程序如下示：

1. 按照 12.6.1 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出臺灣全島地圖與主要港區（如基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區）的分佈位置，如圖 12-16 所示。

2. 將滑鼠遊標移至臺中港標示文字區內，按滑鼠左鍵，可叫出臺中港區基本地圖圖層，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「地震監測」主選單下之第一選項「地震監測系統位置顯示」，系統則展示該港區之地震監測系統設置位置圖。系統設置位置圖以箭靶標誌標記，表示所有地震之震波傳向此位置而由記錄器收錄當地之訊號。臺中港區地震監測查詢表單下拉及監測站位置展示如圖 12-17 所示。
3. 點選「地震監測」主選單下之第三選項「地震監測系統示意圖顯示」，系統則展示該港區之地震監測系統設置示意圖如圖 12-18 所示。
4. 在系統內，港區地震監測資料之查詢設計成兩種方式：一為依震央位置查詢，另一為依地震發生日期查詢。點選「地震監測」主選單下之第五選項「港區地震監測資料查詢」，可下拉出這兩項查詢次選項。
5. 點選「依震央位置查詢」次選項，系統則展示該港區地震監測站所收錄之地震其震央位置分佈圖。各個地震震央位置都標以紅色星星記號，意表地震能量釋放之源點。震央位置分佈如圖 12-19 所示。此時可點選任一震央位置標記，系統隨即啟動 powerpoint 檔，展示該位置所曾發生之地震，其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 powerpoint 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖，最後為該地震引置之水壓反應記錄圖。圖 12-20 所示為南北向分層實測波記錄圖。
6. 當點選「依震央位置查詢」次選項之後，該選項列之第三次選項「臺灣活斷層分佈位置顯示」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。點選後，臺灣活斷層分佈位置圖層隨即疊合顯示在地震震央位置分佈圖上，供使用者參考臺灣各地斷層分佈情形。圖 12-21 所示為臺灣活斷層分佈位置疊合圖。而點選「關閉臺灣活斷層分佈位置圖」次選項之後，此圖層即退出畫面。

7. 點選「港區地震監測資料查詢」選項所下拉出之「依地震發生日期查詢」次選項後，系統即進入資料庫表單搜尋該港地震監測站所登錄之資料年份，隨後在螢幕上顯示「年份選取對話框」，對話框內展列該測站所登錄的所有年份，如圖 12-22 所示，使用者可依需用選取。
8. 選取完目標年份後，系統即進入資料庫表單搜尋該年份之登錄月份，隨後在螢幕上顯示「月份選取對話框」，對話框內展列該選取年份所包括的所有月份，如圖 12-23 所示，使用者可依需用選取。
9. 選取完目標月份後，系統即進入資料庫表單搜尋該月份之登錄日期，隨後在螢幕上顯示「日期選取對話框」，對話框內展列該選取月份所包括的所有日期，如圖 12-24 所示，使用者可依需用選取。
10. 選取完目標日期後，系統隨即進入資料庫表單搜尋該日期之資料檔案，並啟動 powerpoint 檔，展示該位置所曾發生之地震，其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 powerpoint 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖，最後為該地震引置之水壓反應記錄圖。圖 12-25 所示為地震引置之水壓反應記錄圖。
11. 使用者可依循步驟 3 至 10，繼續查詢其他資料內容。
12. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 2 至 8，可繼續查詢所需港區之相關資料。
13. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

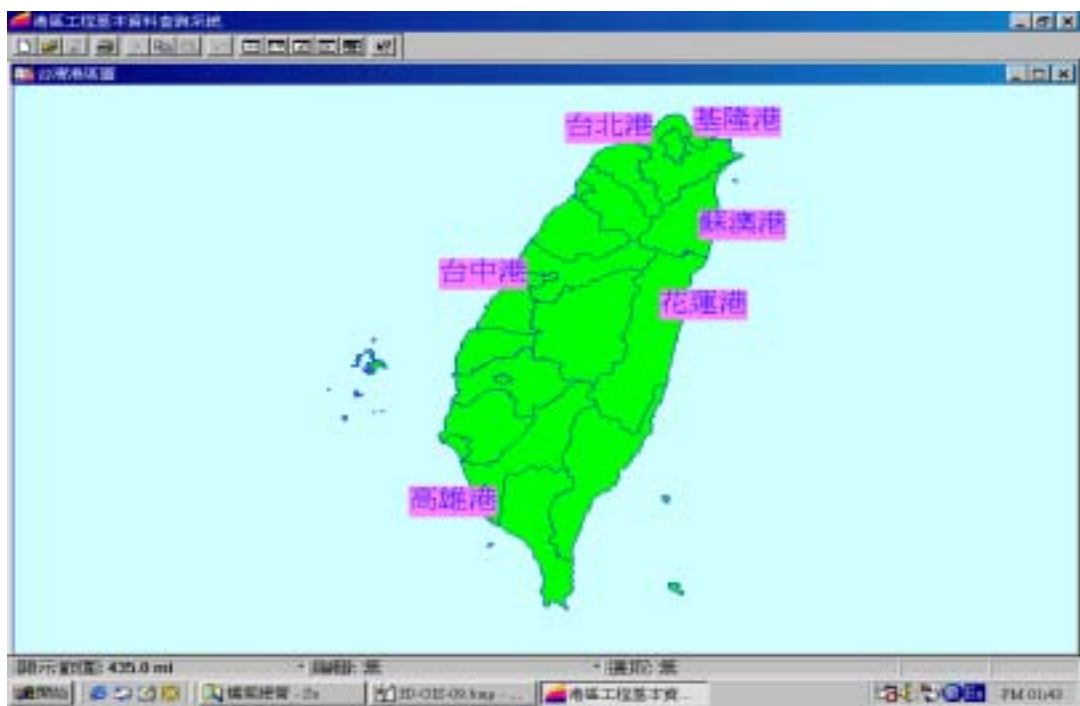


圖 12-16 查詢主畫面

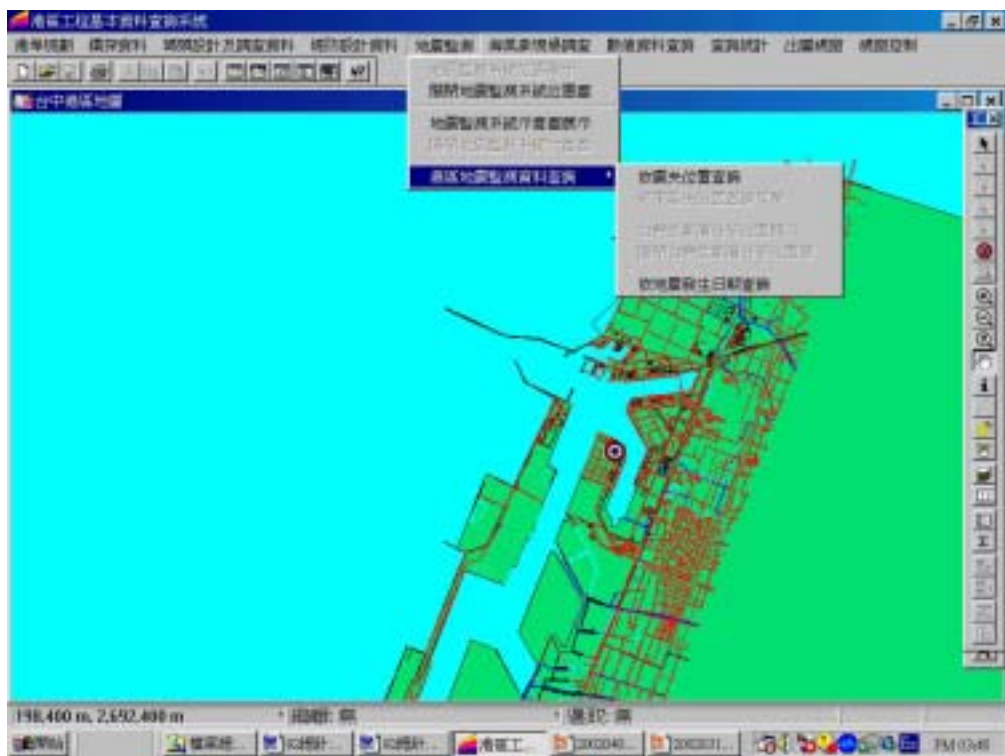


圖 12-17 臺中港區地震監測查詢表單下拉及監測站位置展示圖

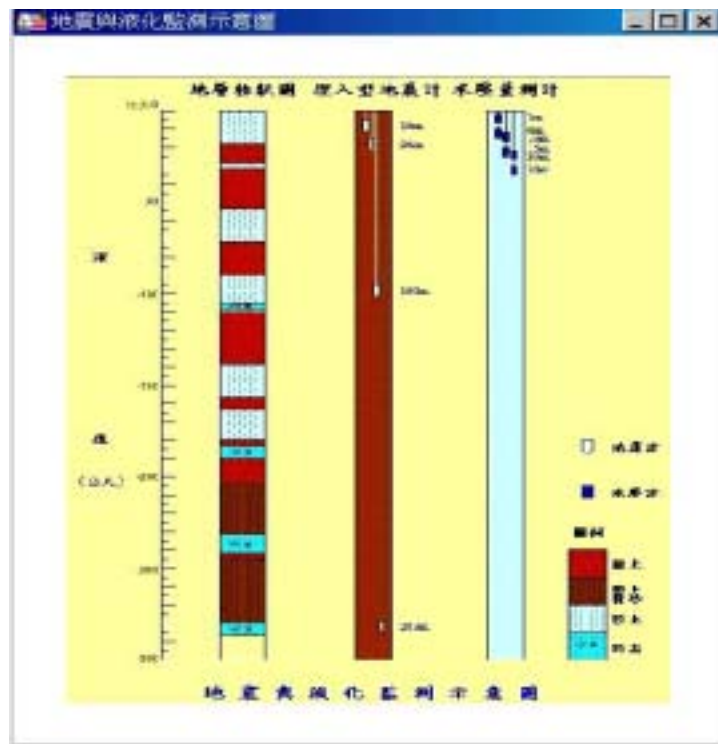
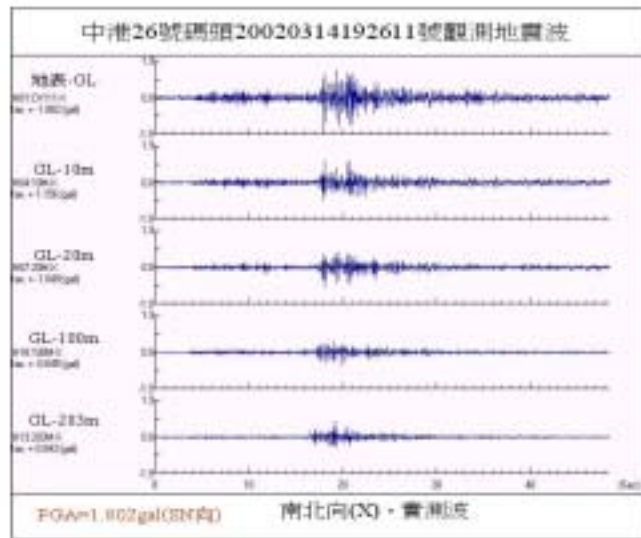


圖 12-18 臺中港區之地震監測系統設置示意圖



圖 12-19 臺中港監測站所收錄地震之震央位置分佈圖

台中港區地震及動態孔隙水壓監測



台中港地震監測記錄 (華立-編製)

20020314192611號 3-3圖

2002台中港資料

圖 12-20 臺中港南北向分層實測地震波記錄圖之一



圖 12-21 臺灣活斷層分佈位置疊合圖



圖 12-22 臺中港區地震監測資料年份選取對話框



圖 12-23 臺中港區地震監測資料月份選取對話框

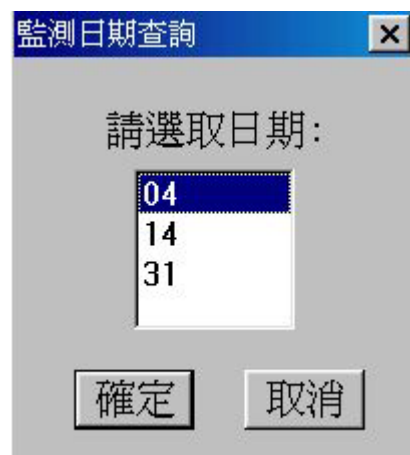
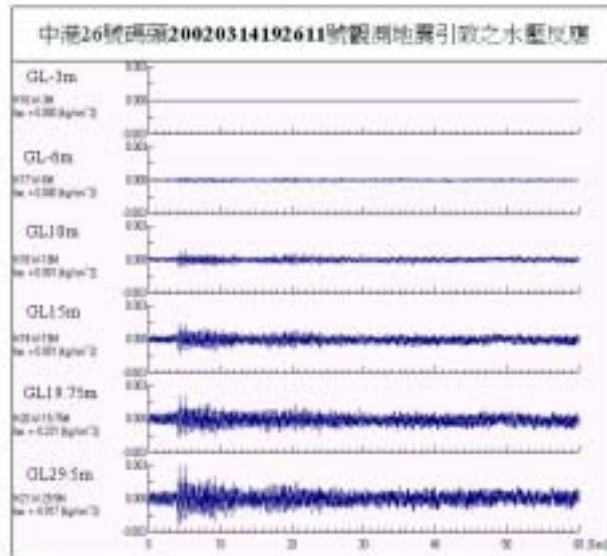


圖 12-24 臺中港區地震監測資料日期選取對話框

台中港區地震及動態孔隙水壓監測



台中港地震監測系統圖報 (鄭百立 編製)

20020314192611號 3-5頁

附2002台中港資料

圖 12-25 臺中港地震引置之水壓反應記錄圖之一

12.6.3 臺北港地震及地下水位量測資料查詢展示

臺北港地震及地下水位量測資料查詢展示系統操作程序如下示：

1. 按照 12.6.1 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出臺灣全島地圖與主要港區（如基隆、臺北、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區）的分佈位置，如圖 12-16 所示。
2. 將滑鼠遊標移至臺北港標示文字區內，按滑鼠左鍵，可叫出臺北港區基本地圖圖層，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「地震監測」主選單下之第一選項「地震監測系統位置顯示」，系統則展示該港區之地震監測系統設置位置圖。系統設置位置圖以箭靶標誌標記，表示所有地震之震波傳向此

位置而由記錄器收錄當地之訊號。臺北港區地震監測查詢表單下拉及監測站位置展示如圖 12-26 所示。

3. 點選「地震監測」主選單下之第三選項「地震監測系統示意圖顯示」，系統則展示該港區之地震監測系統設置示意圖如圖 12-27 所示。
4. 在系統內，港區地震監測資料之查詢設計成兩種方式：一為依震央位置查詢，另一為依地震發生日期查詢。點選「地震監測」主選單下之第五選項「港區地震監測資料查詢」，可下拉出這兩項查詢次選項。
5. 點選「依震央位置查詢」次選項，系統則展示該港區地震監測站所收錄之影響地震震央位置分佈圖。各個影響地震震央位置都標以紅色星星記號，意表地震能量釋放之源點。震央位置分佈如圖 12-28 所示。此時可點選任一震央位置標記，系統隨即啟動 Excel 檔，展示該位置所曾發生之地震，其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 Excel 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖，最後為該地震引置之水壓反應記錄圖。圖 12-29 所示為南北向分層實測波記錄圖。
6. 當點選「依震央位置查詢」次選項之後，該選項列之第三次選項「臺灣活斷層分佈位置顯示」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。點選後，臺灣活斷層分佈位置圖層隨即疊合顯示在地震震央位置分佈圖上，供使用者參考臺灣各地斷層分佈情形。圖 12-30 所示為臺灣活斷層分佈位置疊合圖。而點選「關閉臺灣活斷層分佈位置圖」功能項之後，此圖層即退出畫面。
7. 點選「港區地震監測資料查詢」選項所下拉出之「依地震發生日期查詢」次選項後，系統即進入資料庫表單搜尋該港地震監測站所登錄之資料年份，隨後在螢幕上顯示「年份選取對話框」，對話框內展列該測站所登錄的所有年份，如圖 12-31 所示，使用者可依需用選取。

8. 選取完目標年份後，系統即進入資料庫表單搜尋該年份之登錄月份，隨後在螢幕上顯示「月份選取對話框」，對話框內展列該選取年份所包括的所有月份，如圖 12-32 所示，使用者可依需用選取。
9. 選取完目標月份後，系統即進入資料庫表單搜尋該月份之登錄日期，隨後在螢幕上顯示「日期選取對話框」，對話框內展列該選取月份所包括的所有日期，如圖 12-33 所示，使用者可依需用選取。
10. 選取完目標日期後，系統隨即進入資料庫表單搜尋該日期之資料檔案，並啟動 Excel 檔，展示該位置所曾發生之地震，其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 Excel 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖。圖 12-34 所示為臺北港垂直向分層實測地震波記錄圖之一。
11. 使用者可依循步驟 3 至 10，繼續查詢其他資料內容。
12. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 2 至 8，可繼續查詢所需港區之相關資料。
13. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。



圖 12-26 臺北港區地震監測查詢表單下拉及監測站位置展示圖

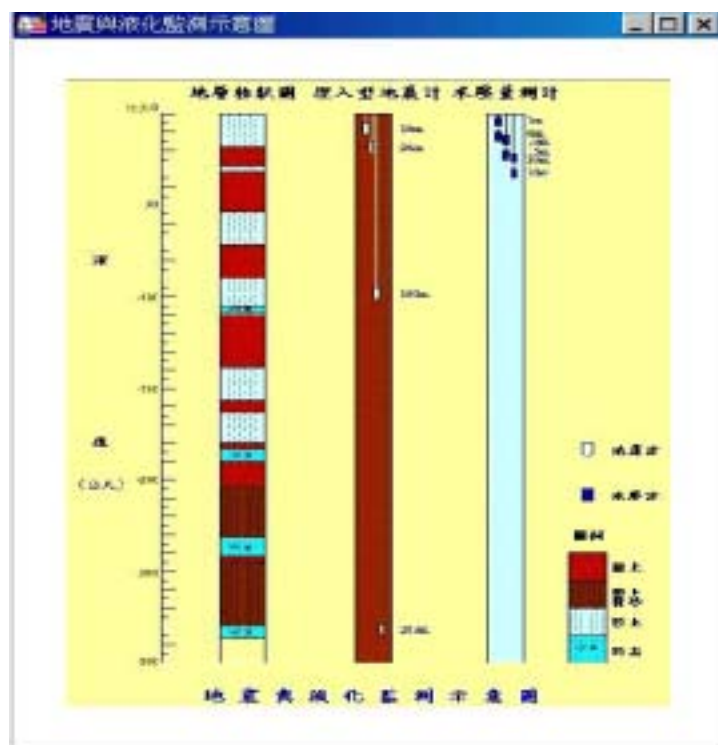


圖 12-27 臺北港區之地震監測系統設置示意圖



圖 12-28 臺北港影響地震震央位置分佈圖

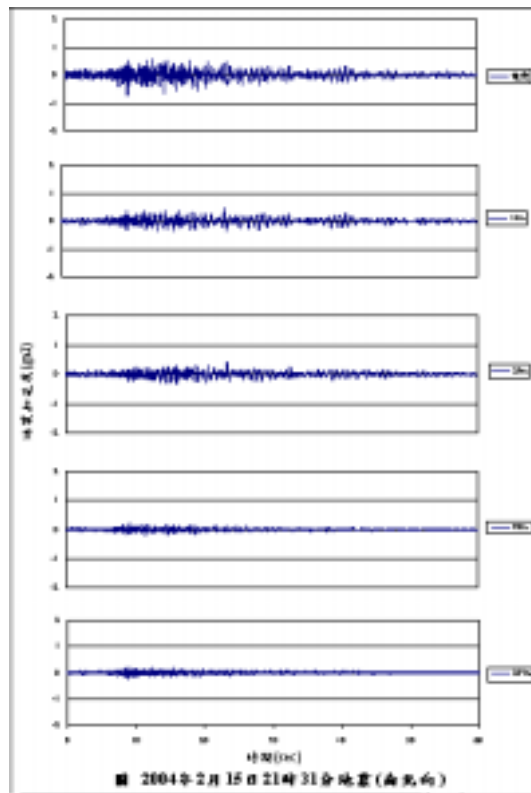


圖 12-29 臺北港南北向分層實測地震波記錄圖之一



圖 12-30 臺灣活斷層分佈位置疊合圖

圖 12-31 臺北港區地震監測資料年份選取對話框

圖 12-32 臺北港區地震監測資料月份選取對話框

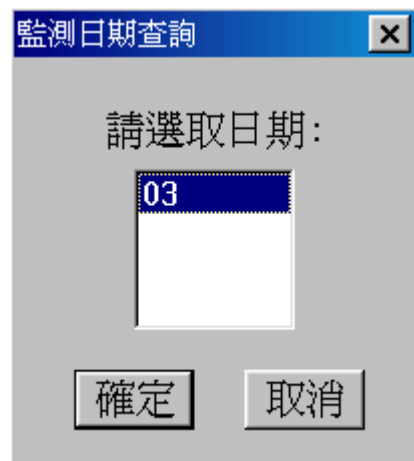


圖 12-33 臺北港區地震監測資料日期選取對話框

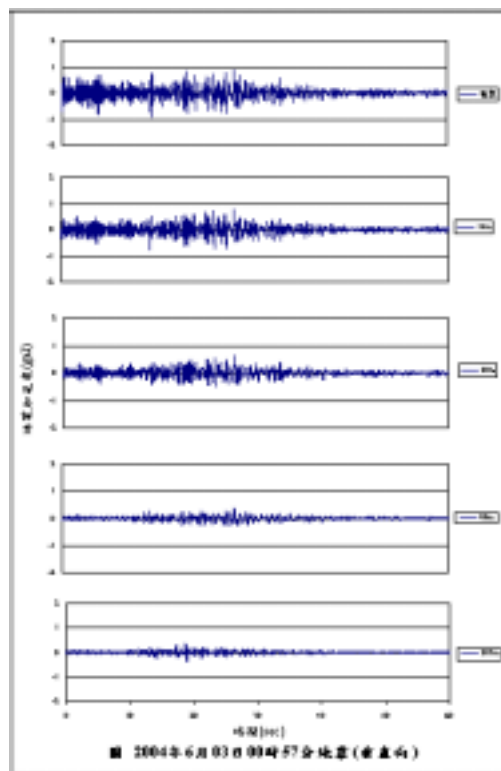


圖 12-34 臺北港垂直向分層實測地震波記錄圖之一

第十三章 港灣地區防救災體系之開發研究

13.1 港區災害防救資訊系統建置

本研究結合本所港灣研究中心之港灣工程基本資料庫，及本所資訊組之全國路網數值圖，並調查收集港埠及鄰近地區防救災相關資源，試圖建置港灣地區防救災資料庫與應用資料庫。再利用 Mapguide 網路地理資訊系統，展示港區災害潛勢區、防救災資源分佈地點以及災害防救相關作業事項等，期盼能提供臺中港務局防救災工作相關業務單位人員，執行港區災害防救之規劃與管理之使用。

13.1.1 系統建置流程

港區災害防救資訊系統分為資料庫與災害防救資訊系統，本計畫採用下圖(如 圖 13-1)之工作流程為港區災害防救資訊系統之開發之依據：

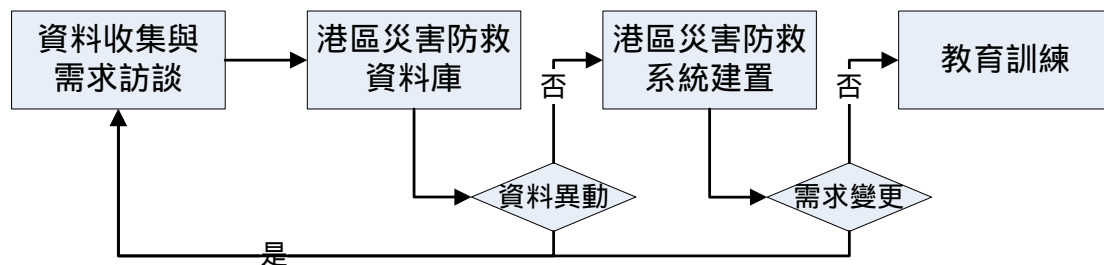


圖 13-1 計畫工作流程圖

1. 資料收集與需求訪談

在進行資料庫建置與系統開發前，必須對使用者進行功能需求訪談，而訪談內容則依據所設計之訪談表單進行之。除了功能需求外，本計畫另一主要工作為港區災害防救資料庫之建置，因為此工作主要以港區內災害防救資料為主，因此無法進行現地之資料驗證與檢核工作。

2.港區災害防救資料庫建置

港區災害防救資料庫之內置內容以港灣研究中心與臺中港所提供之數位化資料為主，而資料庫設計原則，則需符合系統功能之設計需求。如果有資料異動，則針對異動部份再進行資料收集工作。資料庫圖層與資料表欄位規劃方向須符合現況與易於維護，並符合資料正規劃的原則。

3.港區災害防救系統建置

資料庫建置後，便可進行系統之規劃與建置工作，依據與使用者訪談結果，並考慮於計畫有限的經費之下，選定適合軟、硬體架構，並規劃系統之使用對象、資料安全性、與功能內容。透過不定期之工作會議與聯繫，確認是否有需求變更。若需進行變更，則修正系統各項規劃內容。

4.教育訓練：

於系統建置完成後，本計畫規劃進行系統之教育訓練工作。而規劃之教育訓練課程包括兩部份，一是針對臺中港之資料維護人員所進行的系統操作課程。一是針對臺中港內系統管理者進行之系統維護與資料庫管理課程。

13.1.2 系統功能需求訪談

綜合各期之簡報與審查意見，與歷次至臺中港所進行之報告，以及工作會議討論結果，系統之需求共包含以下幾個要點：

- 1.本年度以建置完整之系統架構為原則，並以目前可取得之臺中港相關資料為建置基礎，而細部基本資料則逐年增加並納入本系統。
- 2.本系統主要之使用人員為救災決策者，本系統可提供決策者即時之災害資訊與相關救災進度與流程，以輔助救災決策參考。
- 3.本系統另一種使用人員為值班人員，本系統可提供值班人員於災前

管理查詢相關防救災資源、災害歷史、以及潛在災害點查詢等，並可於災中輸入災情資訊、進行災情通報，而系統於災害發生後則可提供災害之處置作業、與歸檔紀錄等工作。

4. 依災害分類與災害規模進行各項應變流程之查詢工作。
5. 可於系統 GIS 畫面上點選災害位置並輸入災害種類、災害等級等資訊，系統立即列出相對應之應變流程與程序供指揮官決策用。

為符合以上之系統功能需求，在資料庫與系統功能方面須相互配合，始能符合計畫之建置目的與需求。

13.2 資料庫建置

本計畫中，由於需整合不同類型之各式地理資訊資料，故圖形資料庫的建立即為應用系統建置的重點工作之一，在包羅萬象的地理資訊資料庫中，為便利使用者快速查詢檢索需求之圖資，需將各種圖形資料予以適當系統分類建立成目錄索引，而各圖層資料均由基本圖層構成，因此若基本圖層資料能予以適當分類歸納加以建立管理，則本計畫之災害應變支援決策系統所用之圖形不僅能提供各相關單位於建立業務相關圖時共享共用，更可整體提昇各基本圖形資料的應用效能。

故本計畫系統設計中一項重要且必須先期完成的工作項目，即所有地理圖形資料須先依各項特徵屬性分類歸納，然後據此進行圖籍管理架構規劃作業。

13.2.1 資料庫儲存架構

資料經過收集後，依據資料庫之規劃內容進行資料之整合工作，而圖資資料整合格式採用 ESRI 的 Shape File 格式，待整理完成後則分別依屬性與空間兩部份進行資料庫之建置工作，在屬性資料方面，本計畫採用 Microsoft SQL 2000 資料庫為儲存系統，而空間資料方面則採用 ESRI 公司的 Shapefile 格式。而屬性與空間資料則以一索引欄位進行彼此之鏈結與溝通工作(如圖 13-2)。

港區災害防救資料庫儲存架構

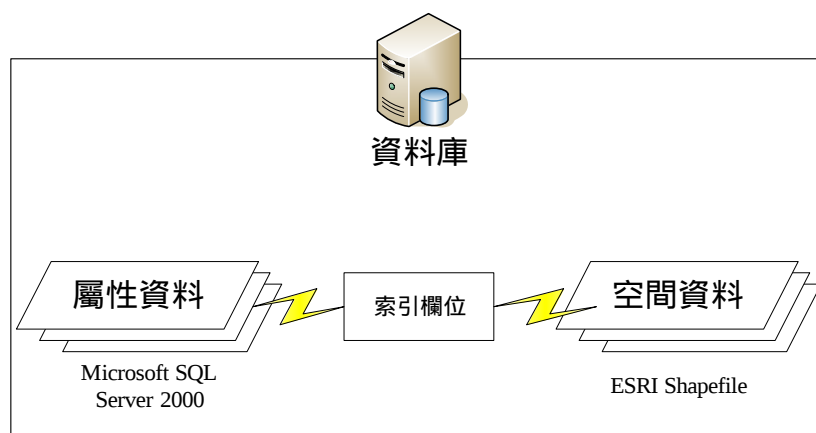


圖 13-2 資料庫儲存架構圖

本系統之資料庫建置內容包括港灣空間資訊基本資料庫、災害潛勢資料庫、災害境況資料庫、防救災資源資料庫等四大部分，以下就此四部分進行資料庫規劃說明，而詳細之圖層欄位規劃如附錄四。

13.2.2 港灣空間資訊基本資料庫

港灣空間資訊基本料庫之建置內容規劃如表 13-1：

表 13-1 港灣空間資訊基本資料庫內容一覽表

圖層大項	圖層內容		圖層名稱	格式
基本圖	市區	行政區域*	縣市圖(TGCountry)	面
			鄉鎮市區圖(TGTown)	面
			村里圖(TGVillage)	面
		道路	橋樑(TGBridge)	點
			公路圖(TGRoad)	線
			鐵路圖(TGRail)	線
		水系	水系圖(TGRiver)	面
	港區	港區範圍	港區範圍圖(TGRegion)	面
		港區規劃圖	港區規劃圖(TGPlane)	面
		港區設施圖	貨櫃場(TGContain)	面
			碼頭(TGDock)	面
			航道(TGShipL)	線

			回船池(TGShipR)	面
			辦公室(TGOffice)	面
			倉庫(TGWareHose)	面
			油槽(TGOil)	面
		衛星影像	臺中港福衛二號衛星影像(TGHarbor)	影像

*行政區包含範圍有臺中縣市行政區，與研究範圍不同。(資料坐標為 TWD97)

圖層展示如 圖 13-3、 圖 13-4，而細部項目說明如下：

1.行政區域圖

行政區域圖包括臺中縣市行政區域圖、臺中縣市各鄉鎮市區圖、村里圖、橋樑等圖層，此類資料圖層為本系統之背景資料圖層，使用者可以於系統中參考這些圖層，輔助確認空間位置。

2.道路圖

道路圖包括公路圖、鐵路圖等圖層，此類圖層為防救災作業需要之圖層，在避難路線規劃以及緊急醫療路線規劃方面都需要有這些圖層。

3.水系圖

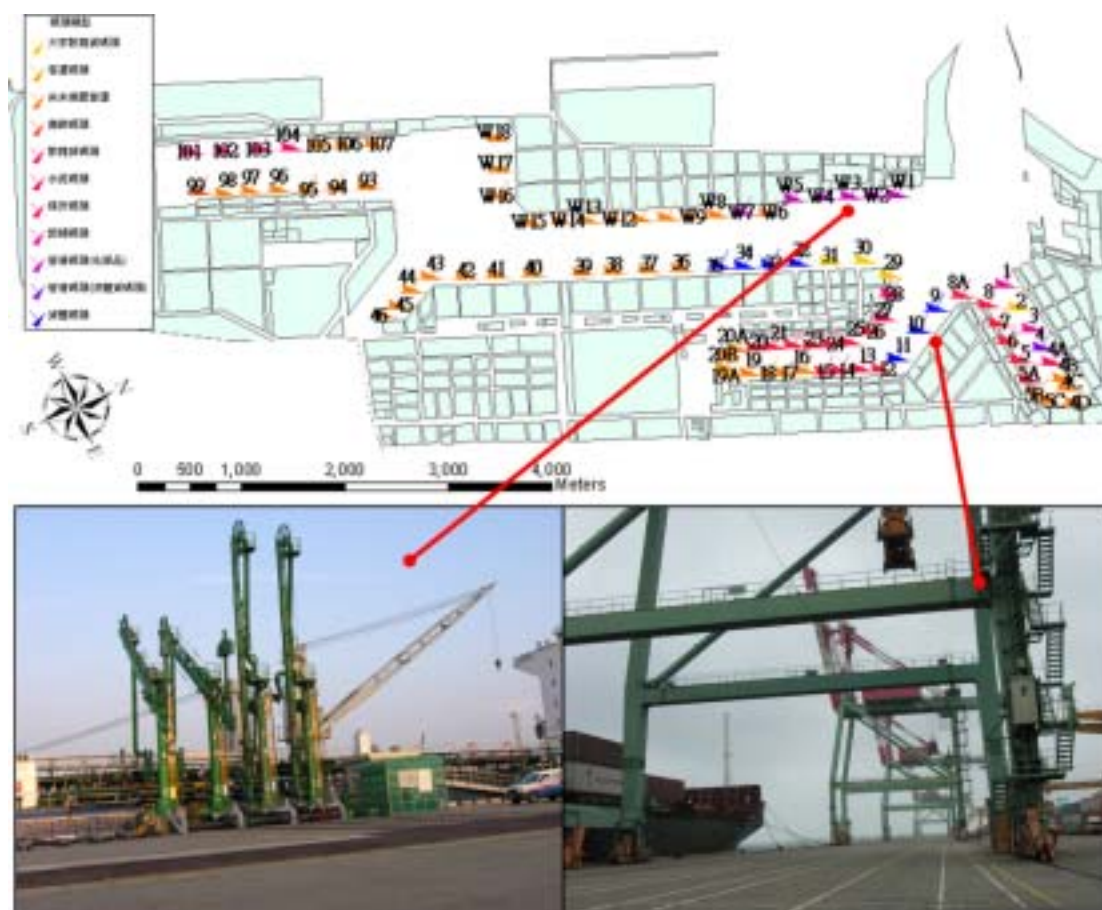
道路圖為臺中縣、市轄區內之水系資料。

4.港區範圍圖與規劃圖

港區範圍圖包括港區範圍與實際臺中港之管轄範圍圖，而港區規劃圖則為港區不同使用之地區劃分圖，這些圖層皆屬於面的資料。

5.港區設施圖

港區設施目前規劃之圖層包括貨櫃場、倉庫、油槽、臺中港航道、碼頭等圖層，由此資料可了解臺中港內之設施空間分佈情形，以進一步評估可能之潛在危險區。



6. 衛星影像

衛星影像圖為今年二月所拍攝之福衛二號影像，其空間解析度為兩米之彩色融合影像，而此影像將建置於系統中，以作為系統之參考底圖使用。

13.2.3 防救災資源資料庫

防救災資源資料庫，為本系統重要之資料庫，為災害搶救與防救不可或缺的資料項之一，而建置的內容規劃如表 13-2、圖 13-5：

表 13-2 防救災資源資料庫內容一覽表

圖層大項	圖層內容	圖層名稱	格式
資源圖	港區內警察單位轄區	警察單位轄區分佈圖(TGPArea)	面
	港區內消防隊轄區	消防隊轄區(TGFArea)	面
	周圍地區警察局據點	周圍地區警察局據點圖(TGRes_A)	點
	周圍地區消防據點	周圍地區消防據點圖(TGRes_A)	點
	周圍地區醫療據點	周圍地區醫療據點圖(TGRes_A)	點
	周圍地區公園據點	周圍地區公園據點圖(TGRes_A)	點
	周圍地區學校據點	周圍地區學校據點圖(TGRes_A)	點
	周圍地區避難據點	周圍地區避難據點圖(TGRes_A)	點
	周圍地區物資據點	周圍地區物資據點圖(TGRes_B)	點
	醫療動線	醫療動線圖(TGEmgLine)	線
	避難路線	避難路圖(TGSLine)	線
	救援動線	救援動線圖(TGResLine)	線
	消防栓	消防栓圖(TGHydrant)	點
	消防自來水管線	消防自來水管線圖(TGWLline)	線
	台電消防栓	台電消防栓圖(TGTPHydrant)	點
	台電消防管線	台電消防管線圖(TGTPWLline)	線
	列管廠庫	列管廠庫(TGCompany)	點
	列管廠庫範圍	列管廠庫範圍(TGCompanyA)	面
	鄰近水池	鄰近水池圖(TGPool)	面
	道路路寬圖	道路路寬圖(TGRoadW)	面

(資料坐標為 TWD97)

而細部項目說明下：

1.港區內警察單位轄區圖

本圖主要規劃建置臺中港區內之警察單位之轄區範圍，當災害發生後，可依據此圖找到應通報之警察單位。

2.港區內消防隊轄區圖

本圖規劃建置臺中港區內之消防單位的管轄區域範圍，當災害發生後，可依據此圖找到應尋求哪一個消防隊的支援。

3.周圍地區警察局據點圖

本圖主要呈現臺中市相關之警察局據點之空間位置分佈與聯絡方式。

4.周圍地區消防據點圖

本圖主要呈現臺中市相關之消防隊據點之空間位置分佈與聯絡方式。

5.周圍地區醫療據點圖

本圖主要呈現臺中市與臺中港周圍相關之醫療據點空間位置分佈與聯絡方式，而醫療據點包括私立醫院與公立醫院等。

6.周圍地區公園據點圖

本圖主要呈現臺中市與臺中港周圍相關地區之公園據點空間位置分佈與聯絡方式。

7.周圍地區學校據點圖

周圍地區學校據點圖主要呈現臺中港周圍學校據點空間位置分佈與聯絡方式，而學校包括高、中、小學與大專院校等。

8.周圍地區避難據點圖

周圍地區避難據點圖主要呈現臺中港周圍避難據點空間位置分

佈與聯絡方式。

9.周圍地區物資據點圖

周圍地區物資據點圖主要呈現臺中港周圍擁有物資的百貨業者、日常用品連鎖業者等的空間位置分佈與聯絡方式。

10.醫療動線圖

醫療動線圖主要規劃港區內災害發生之位置與醫療院所間，傷患緊急用送救護的路線規劃狀況。

11.避難路線圖

避難路線圖主要規劃港區內災害發生時，人員緊急疏散至安全地點之路線規劃狀況。

12.救援動線圖

救援動線圖主要規劃港區內災害發生後，救難人員與機具駐進之救援路線規劃圖。

13.消防栓圖

消防栓圖主要為港區內消防栓等相關救災設備所在位置。

14.消防自來水管線圖

消防自來水管線圖主要為港區內消防自來水管線之分佈位置。

15.台電消防栓圖：

台電消防栓圖主要為台電廠區內消防栓等相關救災設備所在位置。

16.台電消防自來水管線圖：

台電消防自來水管線圖主要為台電廠區內消防自來水管線之分佈位置。

17. 列管廠庫與範圍圖

列管廠庫與範圍圖主要為港區駐進之公司與廠房之空間分佈位置。

18. 鄰近水池圖

鄰近水池圖主要為港區內與週遭鄰近之水池分佈位置，可供消防車取水之參考。

19. 道路路寬圖

道路路寬圖主要為港區內與週遭鄰近之道路分佈位置，以路寬為圖面之範圍顯示，可作為救護車運送傷患時之重要參考。

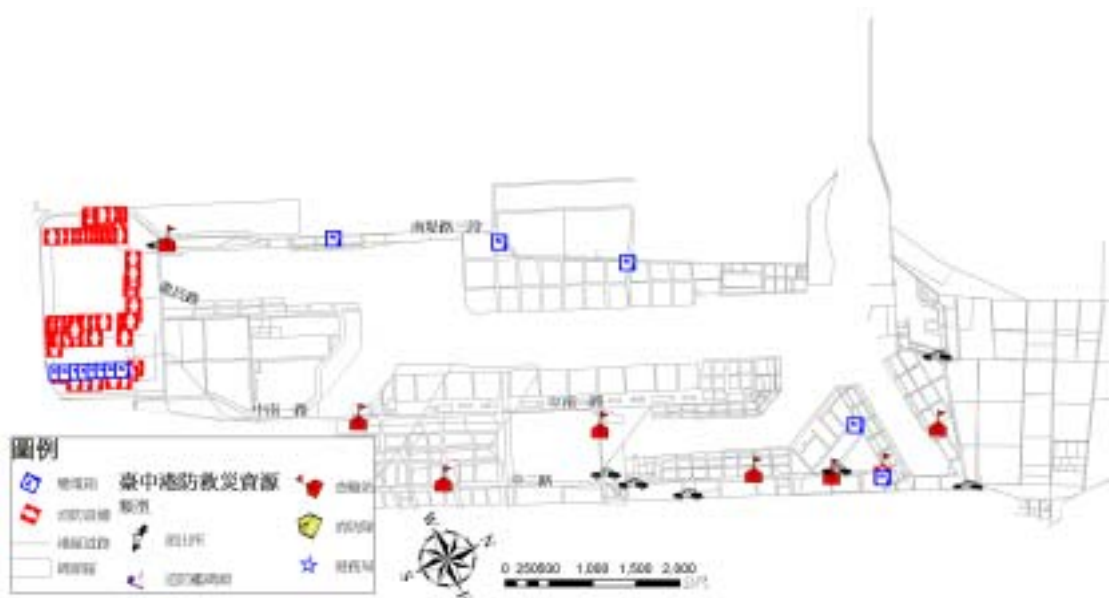


圖 13-5 防救災資源資料庫圖層展示

13.2.4 災害潛勢資料庫

災害潛勢資料庫，主要呈現臺中港區潛在之災害位置分佈狀況，而建置的內容規劃如表 13-3、圖 13-6：

表 13-3 災害潛勢資料庫內容一覽表

圖層大項	圖層內容	圖層名稱	格式
潛勢圖	爆炸災害潛勢	災害潛勢圖(TGPHaz)	面
	化災潛勢	災害潛勢圖(TGPHaz)	面
	火災潛勢	災害潛勢圖(TGPHaz)	面
	重機災害潛勢	災害潛勢圖(TGPHaz)	面
	零星爆炸,化災潛勢區	災害潛勢圖(TGPHaz)	面
	船舶災害潛勢	災害潛勢圖(TGPHaz)	面

(資料坐標為 TWD97)

而細部項目說明下：

1.災害潛勢圖

災害潛勢圖主要呈現的災害包括爆炸災害、化學災害、與重機械的災害，此圖層中可列出潛在之災害發生位置與基本之屬性狀況，例如公司名稱等。

2.船舶災害潛勢圖

船舶災害潛勢圖主要呈現港區內發生船舶災害的可能潛在位置，據此可加以評估船舶停靠的位置。

3.火災潛勢圖

火災潛勢圖主要是呈現港區內倉庫區可能引發化災之可能潛勢範圍，藉以評估可能其影響範圍。

4.油(化學)污染潛勢圖

油(化學)污染潛勢圖為港區內之油以及化學儲油槽的潛勢污染分佈狀況。

5.毒化物洩漏潛勢表

毒化物洩漏潛勢主要呈現港區內具有毒化學物質的單位，其內之有毒化學物質狀況表。



圖 13-6 港灣災害潛勢資料庫圖層展示

13.2.5 災害境況資料庫

災害境況資料庫，主要呈現臺中港區災害發生後之影響與分佈境況位置圖，而建置的內容規劃如表 13-4。

表 13-4 災害境況資料庫內容一覽表

圖層大項	圖層內容	圖層名稱	格式
境況圖	火災爆炸境況	500 公秉儲槽爆炸圖(TGExpl500)	面
		700 公秉儲槽爆炸圖(TGExpl700)	面
		2500 公秉儲槽爆炸圖(TGExpl2500)	面
		20000 公秉儲槽爆炸圖(TGExpl20000)	面
		30000 公秉儲槽爆炸圖(TGExpl30000)	面
		50000 公秉儲槽爆炸圖(TGExpl50000)	面
		160000 公秉儲槽爆炸圖(TGExpl160000)	面
	儲槽洩漏境況	丙酮儲槽洩漏各風向境況圖(Acetone)	面
		甲醇儲槽洩漏各風向境況圖(Methanol)	面
		苯乙烯儲槽洩漏各風向境況圖(Styrene)	面
	土壤液化境況	地震規模 M=6.5，地震最大加速度 0.1g 引起之土壤液化境況圖(M65A01)	影像
		地震規模 M=7.0，地震最大加速度 0.13g 引起之土壤液化境況圖(M70A013)	影像
		地震規模 M=7.5，地震最大加速度 0.16g 引起之土壤液化境況圖(M75A016)	影像
		地震規模 M=7.5，地震最大加速度 0.20g 引起之土壤液化境況圖(M75A020)	影像
		地震規模 M=7.5，地震最大加速度 0.25g 引起之土壤液化境況圖(M75A025)	影像
		地震規模 M=7.5，地震最大加速度 0.33g 引起之土壤液化境況圖(M75A033)	影像

資料來源：本研究分析。(資料坐標為 TWD97)

而細部項目說明下：

1.火災爆炸境況圖：

火災爆炸境況圖主要呈現港區內不同儲槽容量之化學(油)品爆

炸後所產生的影響範圍，本計畫共以實際儲槽大小 500、700、2,500、20,000、30,000、50,000、160,000 公秉並以實際之空間位置進行模擬，因此可疊合於其他圖層資料。

2. 儲槽洩漏境況圖

儲槽洩漏境況圖為港區內發生儲槽洩漏後所產生煙霧、有毒氣體等危害物質之影響範圍，而各季節因為風向知不同而有所差異，本研究共模擬三種較具危險性之化學物質甲醇、苯乙烯、丙酮，分別以夏季風向、冬季風向與八個主要風向進行達 30 種之模擬結果，而擴散物質之濃度分類則採用各物質之安全與危險濃度為分級依據，因此使用者可依據分級結果立即研判其危險性。以上是採用 ALOHA 軟體進行模擬後，在將此結果轉換成地理資訊系統之格式(ESRI Shapefile)，因此亦具有坐標資訊。

3. 土壤液化境況圖

土壤液化境況圖主要模擬地震災害發生後所，港區內土壤所產生的液化潛勢狀況，本研究採用交通部港灣研究中心之研究結果，並將之與以進行空間定位，而得到六種不同震度與地表加速度下之土壤液化潛勢情形，而此成果資料可與其他圖層資料相互疊合。

13.2.6 資料庫建置成果

本計畫建置完成之資料庫包括基本圖共計 32,070 筆、衛星影像圖共計 1 筆，潛勢圖共計 28 筆、境況圖共計 43 筆，資源圖共計 2,748 筆資料（表 13-5）。

表 13-5 防救災資源資料庫內容一覽表

圖層大項	圖層內容	圖層名稱	格式	數量
基本圖	行政區域	縣市圖	面	2
		鄉鎮市區圖	面	29
		村里圖	面	595
	道路	橋樑	點	925
		公路圖	線	29,694
		鐵路圖	線	12
	水系	水系圖	面	266
	港區範圍	港區範圍圖	面	1
	港區規劃圖	港區規劃圖	面	41
	港區設施圖	貨櫃場	面	21
		碼頭	面	90
		航道	線	1
		回船池	面	2
		辦公室	面	139
		倉庫	面	62
		油槽	面	190
衛星影像	衛星影像	臺中港福衛二號衛星影像	影像	1
潛勢圖	爆炸災害潛勢	災害潛勢圖	面	5
	化災潛勢	災害潛勢圖	面	7
	火災潛勢	災害潛勢圖	面	5
	重機災害潛勢	災害潛勢圖	面	6
	零星爆炸,化災潛勢區	災害潛勢圖	面	3
	船舶災害潛勢	災害潛勢圖	面	2
境況圖	儲槽洩漏境況	儲槽洩漏境況境況圖	面	30
	火災爆炸境況	火災爆炸境況圖	面	7
	土壤液化境況	土壤液化境況圖	影像	6
資源圖	港區內警察單位轄區	警察單位轄區分佈圖	面	5
	港區內消防隊轄區	消防隊轄區	面	3
	周圍地區警察局據點	周圍地區警察局據點圖	點	12
	周圍地區消防據點	周圍地區消防據點圖	點	114
	周圍地區醫療據點	周圍地區醫療據點圖	點	72
	周圍地區公園據點	周圍地區公園據點圖	點	7
	周圍地區學校據點	周圍地區學校據點圖	點	211
	周圍地區避難據點	周圍地區避難據點圖	點	75

	周圍地區物資據點	周圍地區物資據點圖	點	10
	醫療動線	醫療動線圖	線	39
	避難路線	避難路圖	線	9
	救援動線	救援動線圖	線	18
	消防栓	消防栓圖	點	234
	消防自來水管線	消防自來水管線圖	線	321
	台電消防栓	台電消防栓	點	462
	台電消防管線	台電消防栓圖	線	431
	列管廠庫	列管廠庫圖	點	96
	列管廠庫範圍	列管廠庫範圍圖	面	96
	鄰近水池	鄰近水池圖	面	532
	道路路寬圖	道路路寬圖	面	1

而屬於資料表部分包括港區內重要化學儲槽廠商之防救災資源以及儲槽化學品資料以及消防局資防救災資源等，其中防救災資源資料共計 278 筆、儲槽化學品資料共計 73 筆，詳細清單如附錄三，而統計內容則如下列表：

表 13-6 防救災資源資料庫(表格資料)內容一覽表

資料大項	表格名稱	數量
防救災資源	億昇公司防救災資源	25
	匯僑西二廠	13
	匯僑西五廠	13
	和勝倉儲	23
	和桐公司	22
	宏恕倉儲	21
	永聖公司	37
	臺中港消防隊防救災設備一覽表	73
	臺中港特約醫院一覽表	17
	臺中縣災民臨時收容所清冊	34
危險品資料	億昇公司危險品資料	27
	匯僑西二廠危險品資料	16
	匯僑西五廠	10
	和勝倉儲	10
	宏恕倉儲	10

13.3 系統建置

經本計畫程式開發人員與業主單位及港務局相關人員訪談結果，目前臺中港務局應變小組人員編制不足，因此人力都集中在救災作業與協調聯繫為主，所以無多餘人力進行系統之操作與資訊登錄作業，因此期望此系統能以簡易操作為原則，作為輔助決策的參考。

同時臺中港務消防隊於今年已完成『即時監控系統』之建置作業，該系統功能主要為消防救災車輛之派遣與監控，也可將現地照片回傳至消防隊勤務指揮中心。除車輛派遣與監控外，此系統亦具鄰近空間資訊之查詢功能與車輛派遣記錄查詢等。因為該系統為單機作業、且供消防隊使用，因此可與本系統進行搭配使用，而本系統之功能則強化防救災作業程序、各類災害標準作業程序、災害現況顯示、潛在危險點分析、防救災資源查詢等功能上。

針對以上之背景與使用者之訪談，並綜合參考期中簡報各委員針對系統之功能所提出之意見，系統之功能須滿足以下需求：

1. 系統設計需以實際救災為優先，系統功能應朝向圖形化、簡易操作為目標。
2. 因無多餘人力進行系統資料登錄，因此系統需輸入之內容應以選項或勾選為主，省卻資料登打之時間。
3. 因港務局人力不足，各組無法依據實際應變小組之編制進行實際之作業操作。
4. 具有歷史事件之查詢功能。
5. 具有事件處理功能，增加報陳資訊與上級指示功能，可發送處置通告。

因此系統之建置規劃如下：

13.3.1 系統架構

本計畫之系統架構依據期中報告之修正意見與歷次工作會議之結論，進行設計開發，而系統架構之內容依軟硬體架構規劃、使用者規劃、系統功能架構規劃等三部份進行說明。

13.3.1.1 軟、硬體架構規劃

於系統之硬體規劃方面（如圖 13-7），建議港灣地區防救災地理資訊系統主機需具備以下硬體規格如下：

- 1.中央處理器(CPU)：Intel®Xeon 處理器 2.8GHz/533MHz 以上。
- 2.記憶體(RAM)1G 以上。
- 3.硬碟容量：總容量 600G 以上。

而軟體系統架構則建議如下：

- 1.網際網路地理資訊系統：MapGuide Server 6.5。
- 2.資料庫軟體：MicroSoft SQL 2005。
- 3.網頁伺服器軟體：Windows Server 2003 & IIS。

在實作方面，系統規劃一個伺服器主機，分別提供為網路伺服器服務、地理資訊系統伺服器服務、資料庫伺服器服務，而彼此透過內部應用程式及地理資訊系統進行連結。而此伺服器建議放至於臺中港港灣中心資訊室，透過內部權限控管，進行安全管制。而資料庫部份則需考量港灣中心之經費與未來規劃配置進行細部訪談，方能完成規劃。

網路伺服器服務為連接使用者的窗口，主要之功能為接收來自網際網路之使用者的要求，並將此要求傳給地理資訊系統伺服器、資料庫伺服器，當此兩伺服器做出回應後，即回傳所回覆之訊息給予使用者。

地理資訊伺服器為連接資料庫伺服器及網路伺服器的窗口，主要之功能為接收來自網路伺服器之需求，運算並處理空間資訊、且取得資料庫伺服器所回傳之資料，並回覆予網路伺服器。

資料庫伺服器則扮演地理資訊系統伺服器與資料間的橋梁，主要之功能為接收來自地理資訊系統伺服器之需求，取得屬性資料，並回覆予地理資訊系統伺服器。

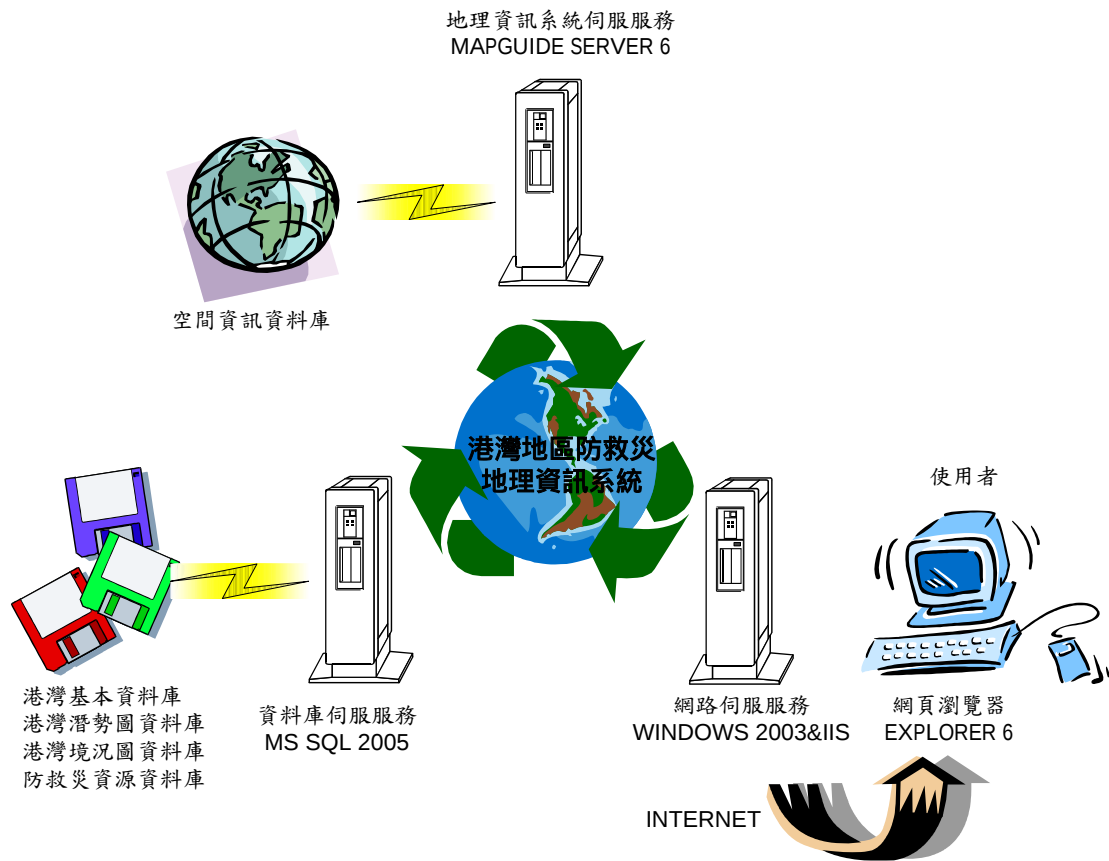


圖 13-7 防救災資源系統軟硬體架構圖

資料來源：本研究規劃。

13.3.1.2 使用者規劃

系統之使用者規劃包含三個部份，一為系統管理員、一為應變中心值班人員，一為應變中心指揮官，而依權限不同，有限制的進行各項功能操作。

1. 系統管理者

系統管理者的功能權限可進行帳號之啟用管理工作，針對系統之使用者賬戶可進行啟用與停止的工作。

2. 應變中心人員

為本系統最主要之使用者，也是輸入災情資訊最主要的人員。它可以執行的功能範圍包括：

- (1)使用者資料維護。
- (2)防救災資源資料與災害歷史資料之維護，避難路線、境況模擬、潛勢區、防救災作業等資料之查詢。
- (3)顯示即時災情、輸入最新災情，輸入災情處置，災情確認，災情傳遞，動態資訊鏈結等功能。

3. 應變中心指揮官

應變中心之指揮官主要是於災害發生時可瀏覽即時之最新災情，並可瀏覽各分組之災害應變流程，可藉此輔助下達防救災之決策。

13.3.1.3 系統功能架構規劃

根據上述之系統功能需求，本系統之功能規劃共為四個部份（如圖 13-8），分別為系統首頁、系統管理模組、事件監控模組、動態資訊模組，以滿足使用者之需求與本研究之標準作業程序之落實。

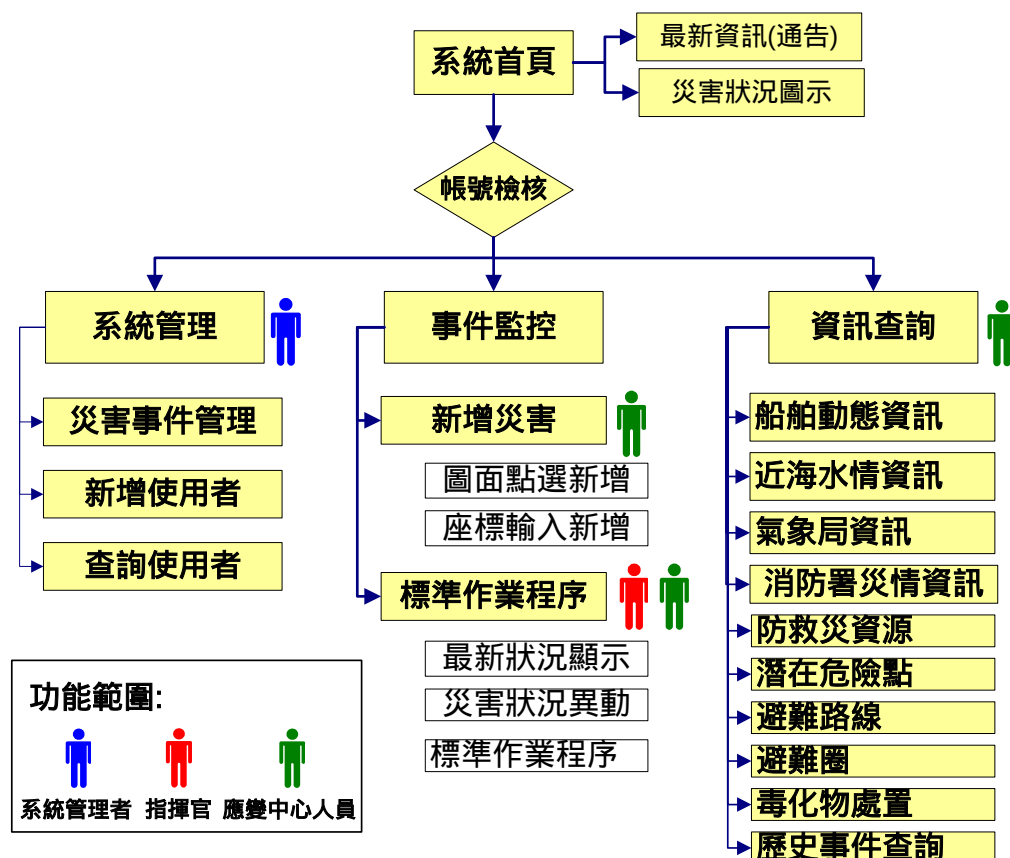


圖 13-8 系統架構圖

13.3.2 系統功能規劃

13.3.2.1 系統首頁

系統使用者無須登錄系統即可於首頁中了解最新災情資訊，而所規劃之功能項目包括：

1. 最新通告資訊顯示：配合標準作業程序，顯示各單位應辦理之工作或注意事項。
2. 災害狀況圖示：以地圖方式顯示港埠地區之災害狀況(災害類型與最新處置現況)。
3. 進入系統：輸入帳號密碼，以進入事件監控與動態資訊模組之各項操作功能。
4. 系統管理作業：輸入帳號密碼，以進入系統管理模組。

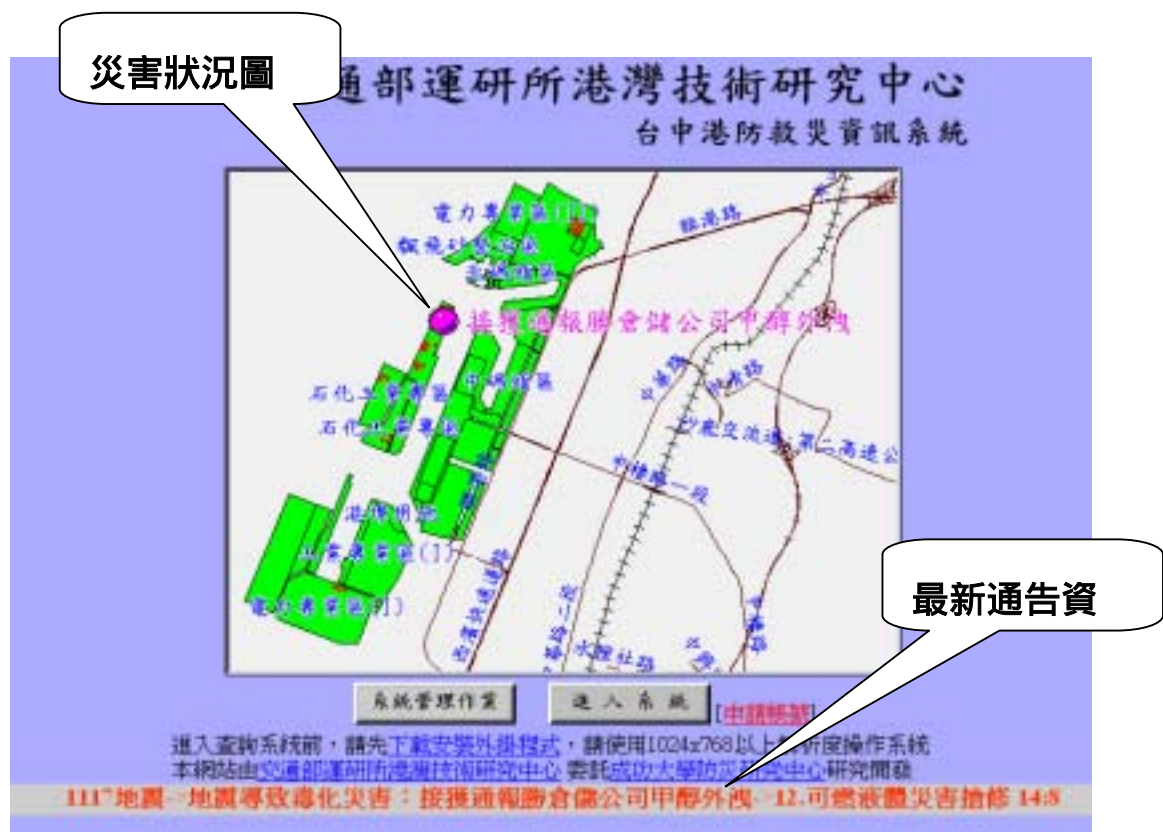


圖 13-9 系統首頁配置畫面

The screenshot shows a web browser window with the address 'http://map.dprc.ncku.edu.tw - 身份確認 - Micr...'. The main content area has a blue background and contains the text '請輸入以下資料' (Please enter the following information). Below this text are two input fields: '帳號:' (Account) and '密碼:' (Password). At the bottom of the form are two buttons: '登入' (Login) and '關閉視窗' (Close Window). Below the buttons, there is a red text box with the message: '本系統僅供防救災單位使用 不開放一般民眾進入' (This system is only for disaster prevention and relief units, not open to the general public). The browser's address bar and taskbar are visible at the bottom.

圖 13-10 帳號檢核畫面

13.3.2.2 系統主畫面配置

當使用者通過檢核後，會有歡迎訊息出現，同時會開啟系統之主畫面，而主畫面配置如 圖 13-11 之內容：

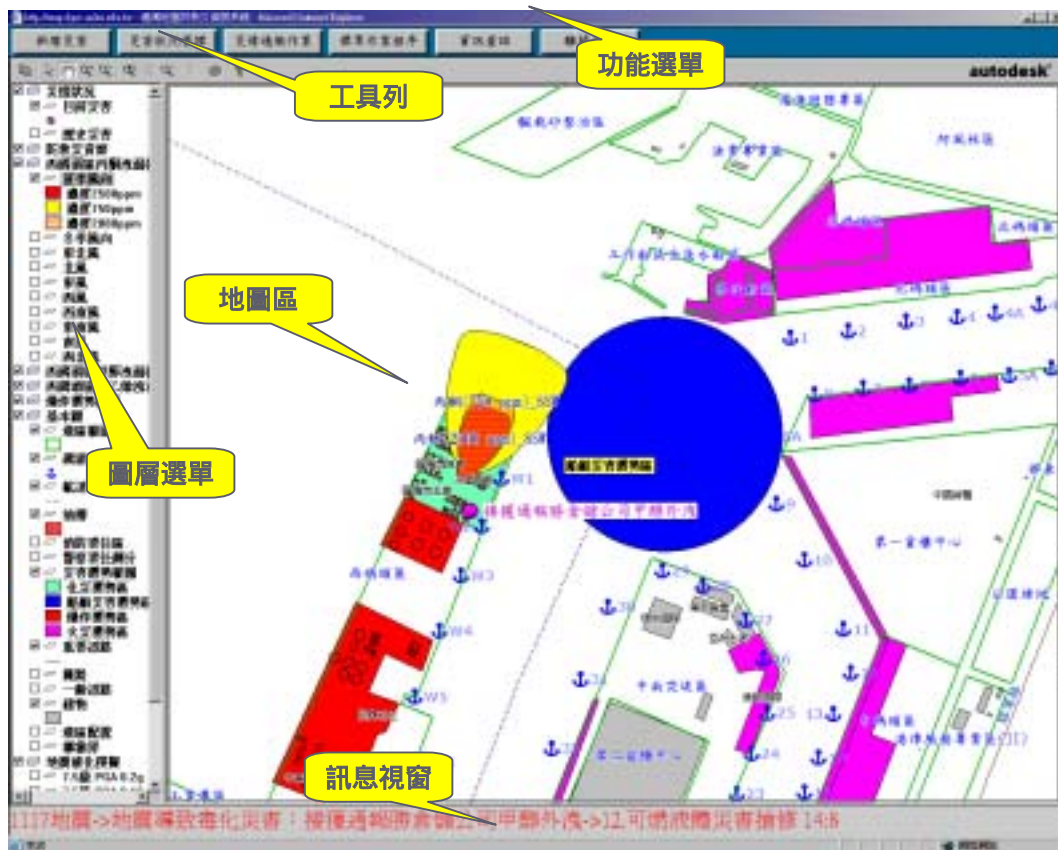


圖 13-11 系統之主畫面

資料來源：本研究規劃。

1. 功能選單

在系統之最上方為功能選單的位置（如 圖 13-12），由此處可切換各功能，『功能選單』的功能規劃包括『新增災害』、『標準作業程序』、『災害狀況異動』、『資訊查詢』、『回到首頁』等功能。



圖 13-12 系統之功能列

2.圖層選單

『圖層選單』位於系統畫面之左側位置（如 圖 13-13），會顯示各圖層之圖例狀況，同時可以進成圖層顯示設定，當設定圖層顯示後(方框打勾)，則於地圖區會立即顯現該圖層，而設定為不顯示時，圖層也會自動關閉。

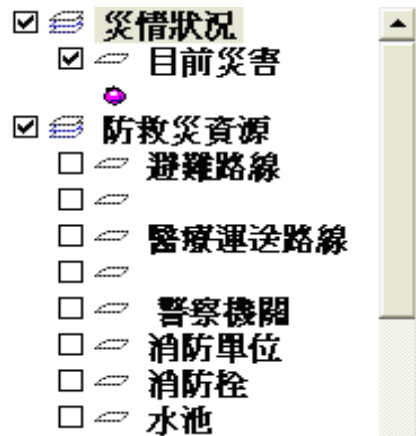


圖 13-13 功能選單配置

3.功具列

『功具列』位於系統畫面之中間偏上方的位置（如 圖 13-14），主要提供地圖區的控制工具，而這些工具包括『複製』、『選取』、『平移』、『放大』、『縮小』、『恢復視景』等功能。



圖 13-14 功具列配置

4.地圖區

『地圖區』位於系統畫面之中間的位置（如 圖 13-15），主要提供空間資料之顯示位置，可利用於『功具列』的各項工具進行地圖的操作，包含選取以及屬行查詢的功能。

當使用者在地圖區按下滑鼠右鍵，會開啟一個選單，於選單中可以選取的功能包括『選取工具』、『平移』、『重新整理』、『列印』、『複製』、『縮放』、『選取』、『閱讀』、『輔助』等功能。

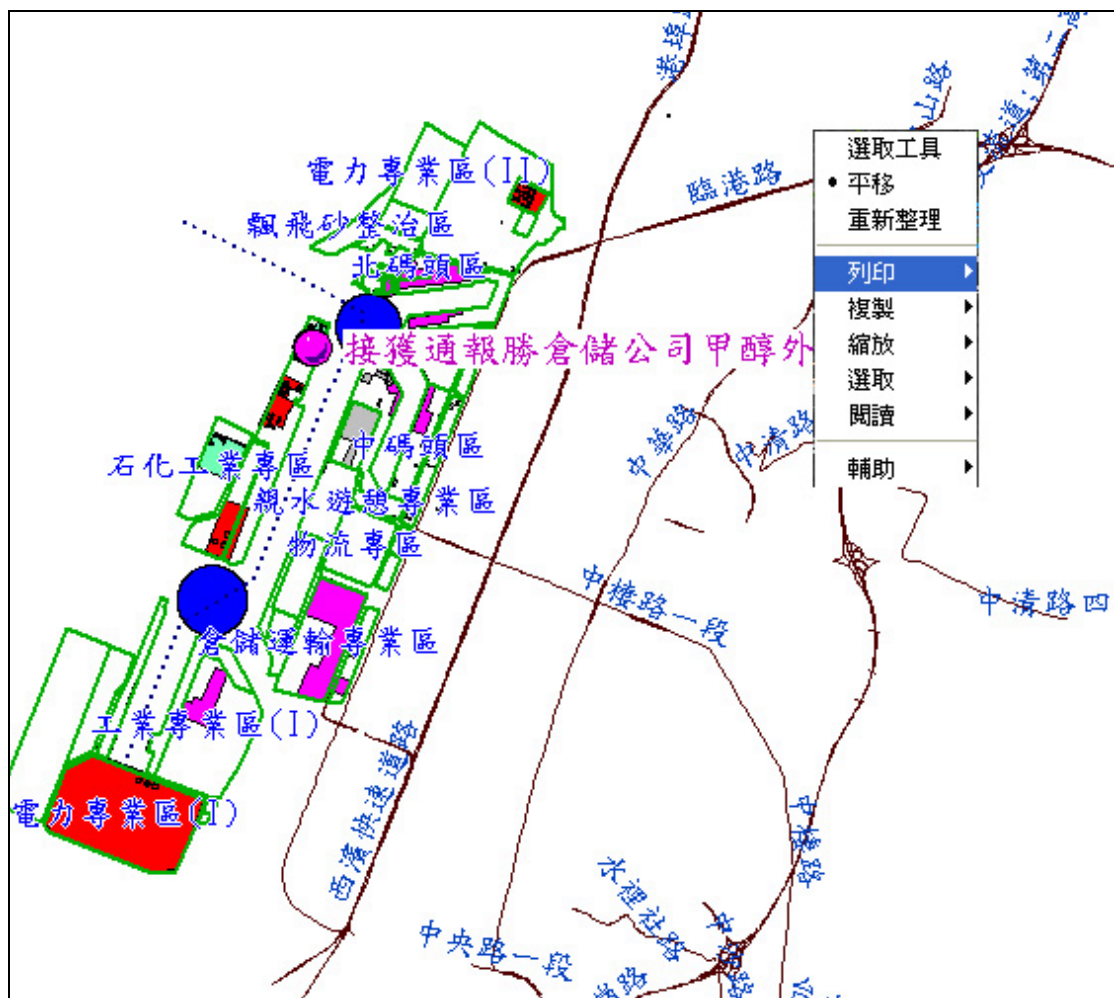


圖 13-15 功具列配置

13.3.2.3 系統功能說明

1. 系統管理模組

本模組可進行災害事件之管理與系統使用者之資料維護工作，而所規劃之功能項目包括：

- (1)災害事件管理:可查詢災害事件、新增災害事件等功能。而在災害事件查詢中，可以查詢事件之地點、規模、處置作為等狀況。
- (2)新增使用者：可新增系統之使用者。
- (3)查詢使用者：可查詢系統之使用者基本資料。



使用者ID	姓名	權限	新增日期	修改	刪除
b	b	決策者	2006/11/5 下午 01:56:13	修改	刪除
t	t	一般使用者	2006/11/4 下午 09:45:00	修改	刪除
boon	boon	決策者	2006/11/4 下午 06:37:00	修改	刪除
e	e	系統管理員	2006/10/31 下午 03:46:19	修改	刪除
test1	測試者	一般使用者	2006/10/31 下午 03:24:54	修改	刪除

圖 13-16 系統管理畫面

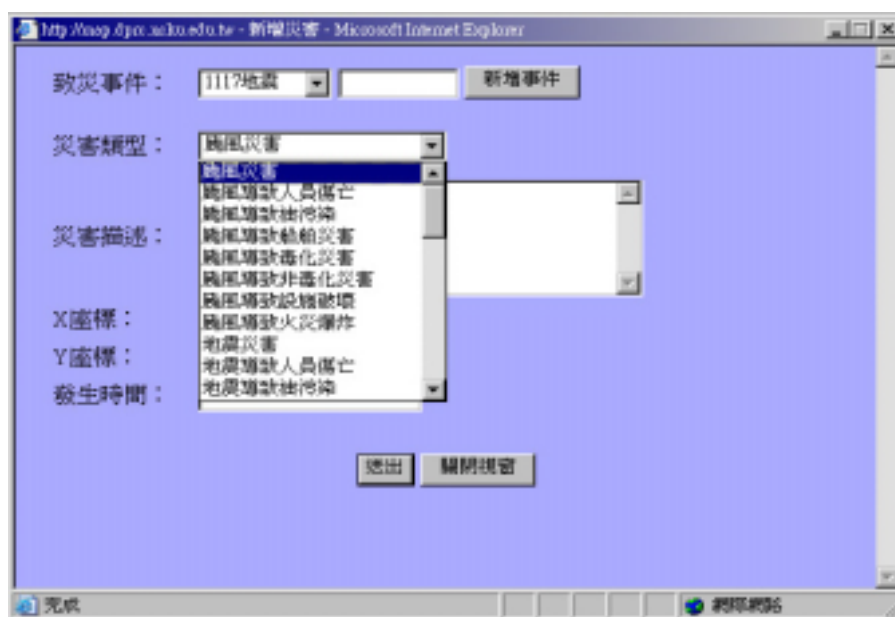
2. 事件監控模組

本模組可進行事件之監控作業，從事件之發生、誘發之災害處置與事件結束所有之處置標準作業程序。

而所規劃之功能項目包括：

(1) 新增災害

- a. 圖面點選新增：可於圖面點選災害位置進行新增，於地圖中點選後，會出現災害資訊輸入視窗，於此視窗中，輸入相關欄位進行資訊之登錄作業。
- b. 輸入新增：選取此功能後，出現災害資訊輸入視窗，輸入坐標資訊及相關欄位進行資訊之登錄作業。



新增災害 - Microsoft Internet Explorer

致災事件：

災害類型：

災害描述：

X座標：

Y座標：

發生時間：

圖 13-17 新增災害畫面

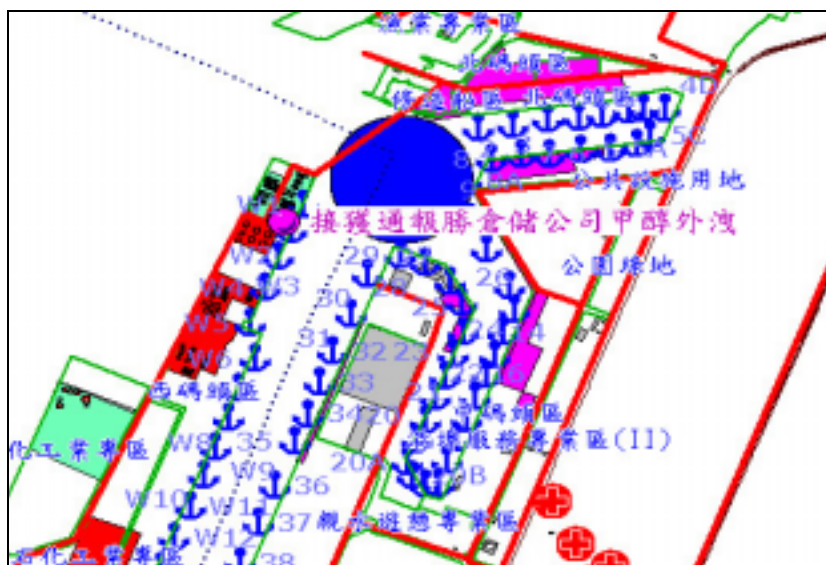


圖 13-18 新增災害結果畫面

(2)事件監控

- a.最新狀態顯示：點選此功能可以開新視窗並以列表方式顯示本次事件中，引發各種災害之最新狀態，而狀態列表中應顯示的內容包括災害類型、時間、地點、現況說明等內容。同時系統會自動顯示該災害相關之救災資源、避難圈、避難路線、醫療資源、潛在危險點、標準作業程序等資訊。
- b.災害狀況異動：點選此功能後應變小組人員可以新增災害狀態，包括災害規模、警戒範圍、影響範圍等相關描述。



圖 13-19 災害狀況異動畫面

c.標準作業程序：各組成員可進行標準作業程序之確認與檢核工作，而主畫面會顯示此次事件所誘發之災害以及各災害每一個時間點之災害狀況與作業描述清單，而按下『SOP』按鈕後，即可進行此狀況之標準作業程序查詢與確認工作（圖 13-21），使用者確實可檢核各項標準作業程序是否完成，如果是則按下『完成作業程序』按鈕後，完成輸入及確認標準作業程序工作。

災情描述	災害類別	最新狀況	發生時間	狀況	修改	刪除	SOP	結束
接獲通報勝食醬公司甲酚外洩	地震導致毒化災害	12.可燃液體災害搶修	2006/11/17 14:17:25	新增	編輯	刪除	檢視	☐

圖 13-20 標準作業程序查詢畫面



圖 13-21 標準作業程序查詢結果畫面

3. 資訊查詢模組：

本模組可查詢資料庫之內容項目包括：

(1)災害潛勢區：包括化學災害災潛勢區、火災爆炸潛勢區、船舶災

害潛勢區、重機災害潛勢區、零星火災爆炸潛勢區等資料。

(2)境況模擬資料：包括地震誘發之土壤液化模擬、火災爆炸模擬、毒化物擴散模擬圖層資料。

(3)防救災資源：包括消防單位、警察局、收容所、學校、醫院、救災避難圈、搶救機具與器材、疏散路線、災害搶救支援路線、病患後送路線等資訊。

(4)災害歷史：包括系統上線後所有輸入並紀錄之災害歷程（時間、致災原因、災害類型、災害狀況、標準作業程序、處置說明...等）。

除此之外亦可查詢其他相關系統所提供之臺中港相關即時動態資訊，而所規劃相關系統鏈結之項目包括：

(1)船舶動態資訊：可鏈結至臺中港務局(<http://www.tchb.gov.tw/live01.php?targ=tr4>)，查看最新之船舶動態。

(2)近海水情資訊：可鏈結至港灣環境資訊網(<http://isohe.ihmt.gov.tw/index.aspx>)，查看最新海象、風力等資訊。

(3)氣象局資訊：可鏈結至交通部氣象局全球資訊網(<http://www.cwb.gov.tw/>)，查看最新之氣象資訊。

(4)消防署災情資訊：可鏈結至消防署(<http://www.cwb.gov.tw/>)，查看最新之氣象資訊。

(5)防救災資源資：行政院災害防會防救災資源資料庫(http://210.69.173.20/ha_gaba/index.htm)進行防救災資源查詢。

(6)毒化物處置：環保署毒性化學物質災害防救查詢系統(<http://http://www.eric.org.tw/home.htm>)。

第十四章 結論與建議

14.1 結 論

1. 港灣工程基本資料種類繁多，大致可分為港區地形、土層分佈、港灣設施、碼頭設計、防波堤設計、規劃配置及海氣象等資料。因資料散見於各港不同單位中，查詢調閱甚為不便，本所港研中心已收錄有部份資料，且利用地理資訊系統著手加以整合。為期充分發揮資料管理效益，宜開發資料應用模組，架構成一適當查詢系統，以多樣化表現方式呈現，建立友善介面供使用者使用。
2. 港區地質等相關資料之獲取，常需耗費大量的人力經費及時間，取得極為不易，這些珍貴的資料，值得有系統的加以收集整理，一來避免資料散失，二來可作港區規劃及工程維護之參考依據。
3. 資料除了作有系統的收集整理及建檔貯存之外，更需善加利用既有資料，如增加分析功能以及提供主事者方便調閱查詢，以達決策支援之功效，故本研究利用 MapInfo 地理資訊系統及 MapBasic 程式語言撰寫查詢分析系統，以提升資料的使用價值。
4. 查詢系統及資料庫之建檔工作為一永久性的計畫，須不斷的補充更新，使各港區資料庫更趨完備。
5. 地理資訊系統，除了整理典藏珍貴資料，及快速便捷的查詢展示外，也應對所典藏的資料提供分析應用的功能。本研究利用軟體工具來設計分析模組，由資料庫內擷取地質資料，展繪各鑽孔及全區域的可能液化程度，可提供工程人員設計參考，預做災害防治處理。
6. 在港區地震及地下水位量測資料彙整建置之研究上，已分別在臺中、臺北、高雄、蘇澳等港區安裝監測站，量測 300m 深度至地表間各土層之震波及近表層水壓。目前已收錄臺中港區三年資料、臺北港區一年資料，相關測站將持續進行資料監測。

7. 為確保地震發生時位於軟弱沖積土層上碼頭結構物之安全，針對地震於港區地盤所產生之效應進行監測是必要的。其監測資料可幫助瞭解港區沖積地層之地震振動特性，提供碼頭結構物設計及港區地震工程研究之參考與應用。
8. 地理資訊系統不僅能建置長久性資料，且查詢快速便捷，更可撰寫應用模組進行資料分析，在資料保存及分析上，是一個極佳的開發工具。
9. 在港灣地區防救災體系之開發研究方面，因臺中港區內有大量碼頭供船舶作業、物資輸送與儲存之用途，因此，港區內於日常作業中時有船舶碰撞事件與油污洩漏事件等災害發生，尤其西碼頭區具有危險性質之化學物品，對臺中港區內之安全與環保造成潛在之嚴重威脅。若遇到重大天然災害而引發其他二次災害，將對港區造成莫大威脅；故整體港區之災害潛勢分析為規劃港區防救災空間體系不容忽視之要項。本研究針對港區之災害潛勢進行調查與資料收集，並整理出船舶災害、倉儲火災危害、高架設施之重機危害等潛勢資料建置、與土壤液化、儲槽爆炸、化學儲槽毒氣外洩等漏境況模擬分析。此災害潛勢資料庫與境況模擬分析成果，對港區各單位在防救災等作為有重要的參考價值。
10. 臺中港區幅員遼闊，且鄰近地區之大型石化工廠與化學儲槽一旦發生災害，以港區本身之防救災資源可能面臨救災人力與物力不足的狀況。甚且，港區內缺乏醫療據點、以及可提供臨時災害庇護之大型室內建築空間。因此，鄰近港區之臺中縣、市災害防救資源，將成為港區一旦發生重大災害時之主要協助。本研究調查與整理臺中縣、市鄰近港區之避難據點、物資據點、醫療據點以及可處理化學傷害的大型醫療院所據點資料，配合避難道路系統、救援道路系統與醫療救傷路徑系統等路徑規則，可供災害應變指揮官瞭解更廣泛之防救災資源狀況，可做為指揮調度之參考。

14.2 建議

1. 國內各港及研究機構雖有許多基本工程資料可供參考利用，可惜這些資料散見於各有關單位，保存及調閱皆甚為不便，故利用軟體工具將資料數化，有系統的整理分析並儲存鍵置成資料庫，彙整在一系統下查詢管理，已是一個可行的問題解決方法。
2. 港區資料涵蓋項目廣泛，不僅碼頭、地質、風潮波流等特性資料值得加以建置典藏，其他有關港區的土地利用、人文景觀、社經條件資料之建置分析，都具有參考利用的價值，這些尚待後續計畫繼續努力。
3. 本研究在查詢分析系統上所撰寫的土壤液化分析模組，計有美國、日本及本國等方法，其中本國賴聖耀之方法為目前各項液化潛能評估法中最具有嚴謹統計推算之模式，值得推薦引用。
4. 施做全區域的液化危險度分析時，在安全係數的評估方法上，Iwasaki 等人所採用的方法，只對深度做累加計算，若遇到深度不足 20m 的鑽孔，求算出來的該孔液化潛能指數會偏小，即會使液化的可能性偏低。而在機率分析的評估方法上，賴聖耀所提的方法，有考慮深度的影響而除上深度的累加值，這會減少鑽孔深度不足導致液化潛能指數偏小的影響，此結果也較符合現狀。然而，對於欲作分析的鑽孔，仍建議在規劃及執行現地試驗時，鑽探深度以超過地下 20m 為宜。
5. 本研究地下水位的深度，係依據鑽探報告內所登錄的數據，但在海邊若遇漲退潮，水位會受影響，且烈震來襲時，因水壓受震盪而增高，水位也會提升。如何才能得到一個較合理的水位值，有需要再做進一步的監測及研究。
6. 本研究承繼本所港研中心地理資訊系統的建置業務，繼續擴建臺灣各國際商港及其輔助港、國內商港等港區之工程基本資料庫。這些擴建工作乃是由不同研究群組彙整資料而以資料預備較完整的港

口開始建置。目前海氣象調查資料已完成臺中、高雄、花蓮、基隆、蘇澳、安平等六港之建置，腐蝕調查資料已完成基隆、花蓮、高雄、蘇澳、安平等五港之建置，地震及地下水位監測資料已完成臺中及臺北港之建置，貨櫃運量資料已新增上年度基隆、臺中、高雄三港之數據，而查詢系統的規劃及程式模組的設計乃是依據這些資料來撰寫及除錯。目前資料項的查詢架構已完成設計，其餘各港之相關資料將分年繼續彙整建置。

7. 在港區資料系統之整建方面，臺中港區內設施繁多，各項設施主管權責亦分屬不同業務單位，使得港區內相關資料分散於各業務單位，且資料仍多以紙本型態保存，不僅使得相關單位進行港區相關規劃時難以取得資料，後續港區環境資料更新的進行恐需花費大量經費與人力。本研究建議臺中港應配合未來資訊港/電子港的建置規則，同時針對港區內各設施、設備之資訊，進行更新、資料數位化之工作，並朝向資料統一倉儲管理，分責進行維護的資料庫管理架構，以利未來與中央之資料倉儲與共通資料標準及圖資流通服務接軌。

參考文獻

1. 日本道路協會 (1996),「道路橋示方書.同解說」, V 耐震設計篇。
2. 木下武雄 (1997),「日本之防災體系-政府與民眾之互動」, 第一屆全國防災學術研討會。
3. 李咸亨、謝浩明 (1988),「大地工程地質資料庫系統及台北市區建檔研究」, 內政部營建署。
4. 何明錦、李威儀 (1998),「從都市防災系統檢討實質空間之防救功能 - (一)防救災交通動線系統及防救據點」, 內政部建築研究所。
5. 何明錦、洪鴻智 (2002),「應用 HAZ-Taiwan 系統進行都市計畫防災規劃方法與方式探討」, 內政部建築研究所。
6. 何明錦, 張益三 (2004),「台南市都市防災空間系統示範計畫」, 內政部建築研究所。
7. 林宜君 (1997),「地震時消防計畫和災害情報收集對策之研究-本阪神、淡路大震災的教訓啟示」, 現代消防。
8. 陳景文、林宏翰 (2000),「高雄都會區土壤液化潛能微分區」, 地工技術, 第 82 期, PP.7-1 7-18
9. 陳桂清、饒正、柯正龍、張道光、羅建明、林受勳、邱永芳、何良勝 (2002),「花蓮港外港防波堤及碼頭鋼板樁監測」, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, CHMT-9101。
10. 陳桂清、柯正龍、饒正、林玲煥、張道光、羅建明、林受勳、邱永芳、何良勝 (2000),「花蓮港構造物檢測」, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, MOTC-IOT-IHMT-HE8907。
11. 陳冠宇、簡仲璟、蘇青和、曾相茂 (2002),「邊緣波引致港池共振的機制-以花蓮港為例」, 第十三屆水利工程研討會。

12. 張金機，曾相茂 (1993)「高雄海域海氣象調查研究」，專刊第 89 號，港灣技術研究所。
13. 張益三 (1999)，「以鄰里單元的理論觀點來探討都市防災計畫」，第六屆海峽兩岸環境保護研討會。
14. 張益三、蔡柏全 (2002)，「都市災害防救管理體系及避難圈域適宜規模之探究-以嘉義市為例」，國立成功大學都市計畫研究所。
15. 賴聖耀 (1990)，「以標準貫入試驗值建立土壤液化潛能判別模式」，中國土木水利工程學刊，第二卷，第四期，PP.301-311。
16. 賴聖耀、謝明志 (1996)，「台中港區土壤液化危險度分析與應用」八十五年度港灣大地工程研討會 PP.7-1 7-18。
17. 賴聖耀、謝明志 (2000)，「港灣地區土壤液化與震陷潛能評估」，港灣工程耐震安全評估與災害防治研討會。
18. 賴聖耀 (2001)，「台中港北碼頭區之液化潛能與碼頭穩定性分析」，2001 地震災害境況模擬研討會。
19. 賴聖耀 (2003)，「以 SPT 試驗評估液化潛能之本土化模式」，第二十五屆海洋工程研討會，pp.749-755。
20. 賴聖耀、陳圭璋、陳志芳、李豐博、謝明志、賴瑞應 (2005)，「高雄港區震波放大效應及液化潛能評估之研究」，93 年度防救災專案計畫成果研討會。
21. 謝明志、單誠基、賴聖耀、李延恭 (1997)，「地理資訊系統在港灣工程資料查詢展示之應用」，第十九屆海洋工程研討會，pp.627-632。
22. 謝明志 (2001)，「地理資訊系統在砂質港區地質資料建置及液化分析之應用」，2001 地震災害境況模擬研討會。
23. 謝明志 (2002a)，「港區液化潛能圖製作自動化研究」，液化潛能評

估方法及潛能圖之製作研討會，國家地震中心，台北。

24. 謝明志 (2002b),「GIS 應用於台中港區土壤液化潛能之評估」,2002 中華地理資訊學會年會暨學術研討會，台中。
25. 謝明志、單誠基、蘇青和、曾相茂、蘇吉立、曾文傑、郭明哲、康英仁 (2002),「地理資訊系統在台中港區工程基本資料查詢展示之應用」,第 24 屆海洋工程研討會，pp.759-764。
26. 謝明志、蘇青和、單誠基、曾文傑 (2003),「地理資訊系統在花蓮港區工程基本資料查詢展示之應用」,第 25 屆海洋工程研討會，pp.835-839。
27. 謝明志、賴聖耀、單誠基、蘇青和、曾文傑 (2004)「地理資訊系統在高雄港區工程基本資料查詢展示之應用」,第 26 屆海洋工程研討會，725 頁-729 頁。
28. 謝明志、賴聖耀、陳志芳、曾文傑 (2005)「地理資訊系統在布袋港區地層下陷及土壤液化分析之應用」,2005 中華地理資訊學會年會及研討會。
29. 謝明志、蘇青和、賴聖耀、單誠基、陳明宗、張道光、曾文傑 (2005)「地理資訊系統在基隆港區工程基本資料查詢展示之應用」,第 27 屆海洋工程研討會，725 頁-729 頁。
30. 謝明志、賴聖耀、單誠基、曾文傑、林雅雯(2006)「地理資訊系統在布袋港區工程基本資料查詢展示之應用」,第 28 屆海洋工程研討會，929 頁-933 頁。
31. 謝基政、林炳森 (2000),「南投地區土壤液化評估方法之研究」,中興大學碩士論文，pp.24-45。
32. 饒正、陳桂清、柯正龍、張道光(2002),「碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究」,交通部運輸研究所港灣技術研究中心，MOTC-IOT-IHMT-MA9001。

33. 蘇青和 (1998)「高雄港近岸及港內地區海流特性之研究」, 港灣技術研究所, 基本研究報告, 87-研(十一)-1。
34. 蘇青和、廖慶堂 (2002),「台中港觀測潮汐資料專刊 (1971~2001)」, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告, 91-86-734, MOTC-IOT-91-MA07-03。
35. 蘇青和、廖慶堂 (2002),「花蓮港觀測潮汐資料專刊 (1980~2001)」, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告。
36. 蘇青和、廖慶堂 (2002),「高雄港觀測潮汐資料專刊 (1971~2001)」, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告, MOTC-IOT-91-MA07-03, 91-82-732。
37. 蘇青和 (2004a),「2003 年海氣象資料年報—風力部份」, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告, MOTC-IOT-93-H2DA005-1。
38. 蘇青和 (2004b),「2003 年海氣象資料年報—潮汐部份」, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告, MOTC-IOT-93-H2DA005-2。
39. 蘇青和 (2004c),「2003 年海氣象資料年報—波浪部份」, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告, MOTC-IOT-93-H2DA005-3。
40. 蘇青和 (2004d),「2003 年海氣象資料年報—海流部份」, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 基本研究報告, MOTC-IOT-93-H2DA005-4。
41. Hsieh, M.J., Shan, C. C., Lai, S.Y., Su, C. H. and W. J. Tseng (2005),” GIS Application on the Engineering Basic Data at the Port of Kaohsiung”, International Symposium on PACON 2005 Harmonization of Port and Industry Nov. 2005, Zhang-Hua, Taiwan.

42. Iwasaki, T., Arakawa, T. and K. Tokida (1982), "Simplified Procedures for Assessing Soil Liquefaction During Earthquakes," Soil Dynamics and Earthquake Engineering Conference Southampton, pp.925-939.
43. Lai, S. Y., Chen, K. C., Hsieh, M. J., Lee , F. B., Su , J. L and Chen, J. F (2003), " Geotechnic Monitoring and Measures against Liquefaction at Harbor Area", Taiwan Society of Disaster Medicine , Vol.1 , Supplement A.
44. Lai, S.Y., Hsu S.C., and M.J. Hsieh (2004), "Discriminant Model for Evaluating Soil Liquefaction Potential Using CPT Data, " Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 130(12), pp1271-1282.
45. Lai, S.Y., Lin, P. S., Hsieh, M.J. and H. F. Jim (2005)," Regression Model for Evaluating Liquefaction Potential by Discriminant Analysis of the SPT N value", Canadian Geotechnical Journal. Vol. 42, No. 3, pp.856-875.
46. Lai, S.Y., Hsieh, M.J. and Y. F. Chiu (2005)," Taiwan Model for Evaluating Liquefaction Potential Using SPT Data", International Symposium on PACON 2005 Harmonization of Port and Industry Nov. 2005, Zhang-Hua, Taiwan.
47. Lai, S.Y., Hsieh, M.J., Lee , F. B., Chen, J. F., Su , J. L., Lai, R. I. and Y. W. Lin (2006)," CPT-Based Method for Evaluating Liquefaction Potential on Discriminant Analyses", International Symposium on Geohazards Mitigation Nov. 1, 2006, Tainan, Taiwan.
48. Lai, S.Y., Hsieh, M.J., Cheng, W. T., and P. S. Lin (2006)," Verifications and Physical Interpretations of the Discriminant Model for Evaluating Liquefaction Potential on SPT-N value", Taipei 2006 International Symposium on New Generation Design Codes for Geotechnical Engineering Practice. Nov. 2~3, 2006, Taipei, Taiwan.
49. Liao, S.S.C., Veneziano, D. and R.V. Whitman (1988), "Regression Models for Evaluating Liquefaction Probability, " J. of Geot. Engr.,

ASCE, Vol.114, No.4, pp.389~411.

50. MapInfo Corporation. 2004a. MapBsic Development Environment Reference Guide. Troy, New York.
51. MapInfo Corporation. 2004b. MapInfo Professional User's Guide. Troy, New York.
52. Roberson, Peter K., and Cathrine E. Wride (1998), "Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on SPT and CPT," Proceedings of the MCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soil.

附 錄

運用地理資訊系統技術擴建 港灣工程基本資料之研究(2/4)

執行單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

計畫編號：95-研(D3)

計畫時程：95.1.1~95.12.31

95年GIS計畫配置

總計畫：運用地理資訊系統技術擴建港灣工程基本資料之研究

子計畫(一)：港灣地區地工資料建檔及液化自動分析模組之建立

建置港區：安平港

子計畫(二)：港灣地區港工材料建檔及查詢展示模組之建立

建置港區：安平港

子計畫(三)：港灣地區海氣象資料彙整建檔

建置港區：安平港

子計畫(四)：港灣設施結構資料更新建置

建置港區：安平港

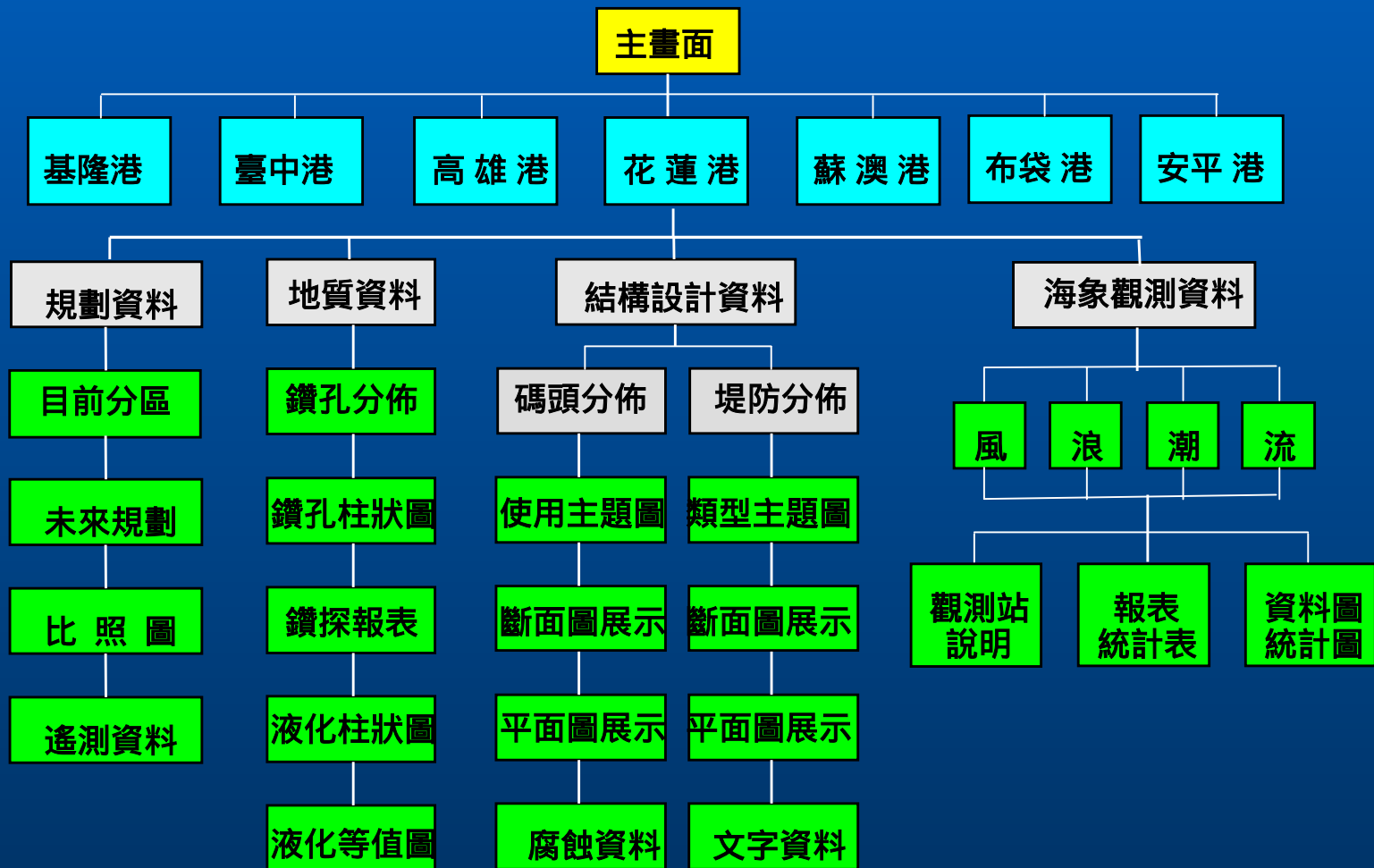
子計畫(五)：運用GIS技術建立港灣地區防救災體系之研究

建置港區：臺中港

一、計畫緣起

- 延續並擴大本中心地理資訊系統(GIS)的開發建構。
- 將散見各單位之港灣工程資料彙整數化，建檔儲存。
- 利用地理資訊系統工具開發應用模組，架構成查詢系統。

發展規劃



二、系統建置工具

- MapInfo：建置規劃配置及基本圖層。
- Foxpro：建置地質屬性資料表單。
- AutoCAD：繪製碼頭、堤防斷面圖。
- CWText、Plot88及TecPlot：產出海氣象調查成果圖表。
- MapBasic：撰寫查詢及分析模組，設計查詢展示系統。

三、資料收集彙整

安平港資料：

- 港區地質鑽探及試驗報告**21**冊
- 碼頭斷面設計圖資料(#1~9,21~23,27~31)
- 堤防斷面設計圖資料(防波堤、護岸、凸堤)
- 第3、4號碼頭鋼板樁腐蝕調查資料
- 海氣象歷年調查資料

其他資料：

- 基隆、臺中、高雄港**94**年貨櫃碼頭營運資料
- 本中心**94**年海氣象年報資料
- 高雄港碼頭斷面更新資料

四、資料數化建檔

1. 港區基本圖轉檔製作
2. 港區現況配置圖製作
3. 港區未來規劃圖製作
4. 鑽孔位置分不圖製作
5. 地質屬性資料檔建置
6. 碼頭斷面圖繪製轉檔製作
7. 碼頭位置配置圖製作
8. 堤防斷面圖製作
9. 堤防位置配置圖製作

港區資料查詢系統

95年資料量(一)

分類\數量	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	布袋港	安平港
碼頭斷面數化圖	55	44	100	25	13	6	18
碼頭條件資料表	55	30	80	25	13	1	1
鑽探記錄資料表	276	135	869	21	119	34	273
港區鑽孔資料表	1	1	1	1	1	1	1
堤防斷面數化圖	51	37	22	25	14	30	12
港區規劃圖	2	2	2	2	2	2	2
自然條件資料表	1	1	1	1	1		
港區數化圖	1	1	1	1	1	1	1
水系數化圖	1	1	1	1	1	1	1
碼頭分佈數化圖	1	1	1	1	1	1	1
鑽孔分佈數化圖	1	1	1	1	1	1	1
堤防分佈數化圖	1	1	1	1	1	1	1

☆ 鑽探報表、鑽孔柱狀圖、液化柱狀圖、區域液化等值圖、震陷分佈圖由程式產生

港區資料查詢系統

分類\數量	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	安平港
風力調查圖表	212	395	266	275	514	704
潮位調查圖表	1068	860	1227	589	601	1437
波浪調查圖表	277	155	162	677	202	868
海流調查圖表	522	395	417	230	125	708
碼頭貨櫃裝卸年份	6	6	8			
碼頭板樁腐蝕調查表	6		5	5	3	2

合計:6882筆

五、查詢架構擴建及程式模組開發

- a. 安平港查詢架構建置
- b. 安平港液化分析法展繪程式設計
- c. 安平港震陷分析法展繪程式設計
- d. 安平港腐蝕調查展示程式設計
- e. 安平港海象調查資料查詢程式設計

使用者介面

- 利用MapBasic程式語言，在MapInfo上開發使用者介面。
- 此客製化介面包括：
 - 全新選單
 - 下拉式選項
 - 客製化對話框

啟動系統，選擇港區



查詢系統展示項目

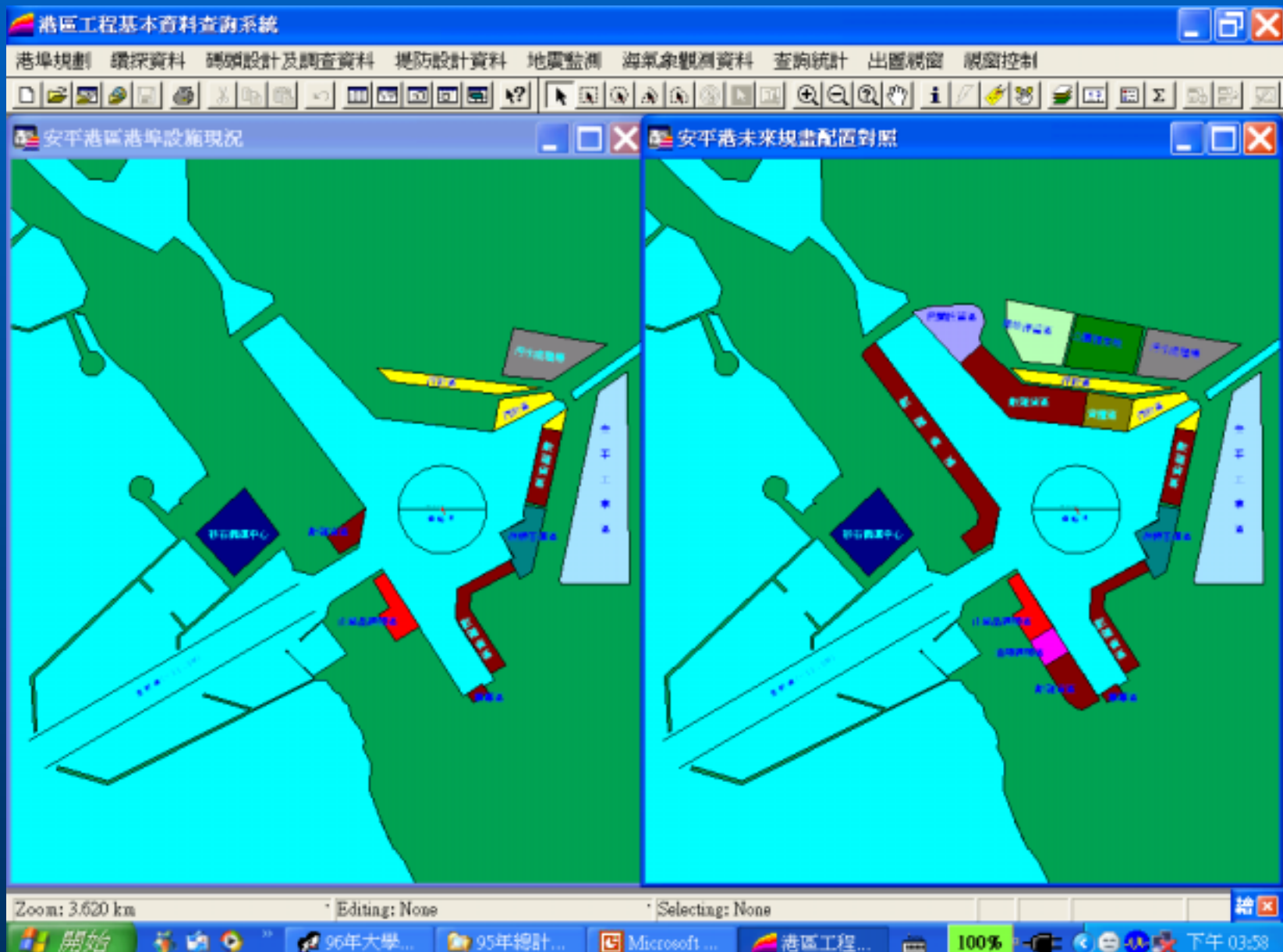
- (1) 港埠規劃：含港區目前配置圖、未來規劃圖、規劃比對圖等次選單。
- (2) 地質鑽探：含港區鑽孔分佈圖、鑽探報表展示、鑽孔柱狀圖展繪、液化柱狀圖展繪等次選單。
- (3) 碼頭資料：含港區碼頭位置分佈圖、碼頭功能主題圖、碼頭設計斷面圖展示、貨櫃碼頭運量展繪等次選單。
- (4) 堤防資料：含港區堤防位置分佈圖、堤防型式主題圖、堤防設計斷面圖展示等次選單。
- (5) 海氣象現地調查：含風、潮、浪、流等資料之測站位置次選單及資料查詢對話框。

六、資料成果展示

(1)、港埠規劃資料

- 含港區目前配置圖、
未來規劃圖、
目前及未來規劃對照圖等。
- 直接建置資料圖檔，
提供查詢使用。

安平港區目前配置及未來規劃對照圖



(2)、地質資料處理

建置兩類資料表單，存放相關試驗資料：

- 一、通用資料表單：主要存放港區內各鑽孔之座標、高程、試驗公司、鑽探日期，地下水位等通用資料。
- 二、鑽孔貫入試驗表單：乃依鑽探深度，登錄各深度之土壤岩石類別、標準貫入試驗錘擊數、砂礫含量等資料建置成鑽孔試驗資料表。

← 安平港鑽孔位置分佈圖
(共計273孔，累進深度9622m)

鑽探試驗資料報表

鑽孔編號：AP188

計劃名稱：奇美實業-安平港#2鑽孔區碼頭樁基工程鑽探及土壤試驗報告書

鑽孔編號：BH-2

X座標：163718.2

鑽孔傾角：0

提供單位：高雄港務局港埠工程處

鑽孔孔徑：0 cm

鑽探公司：春田工程技術顧問有限公司

鑽孔深度：45 m

試驗公司：國立成功大學公共工程研究中心

(1.觀測井 2.水壓計)

鑽探日期：07/20/2000

埋設深度：0 m

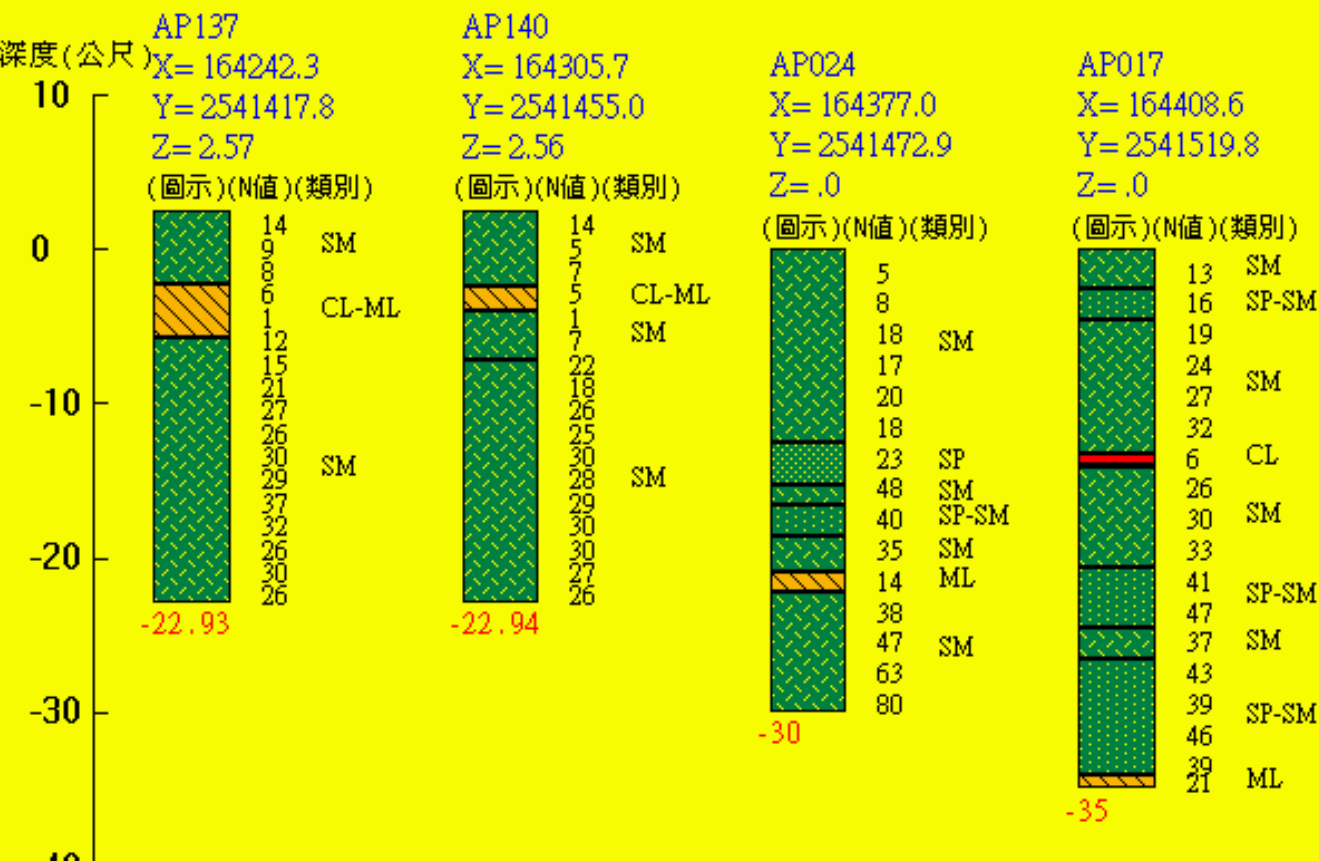
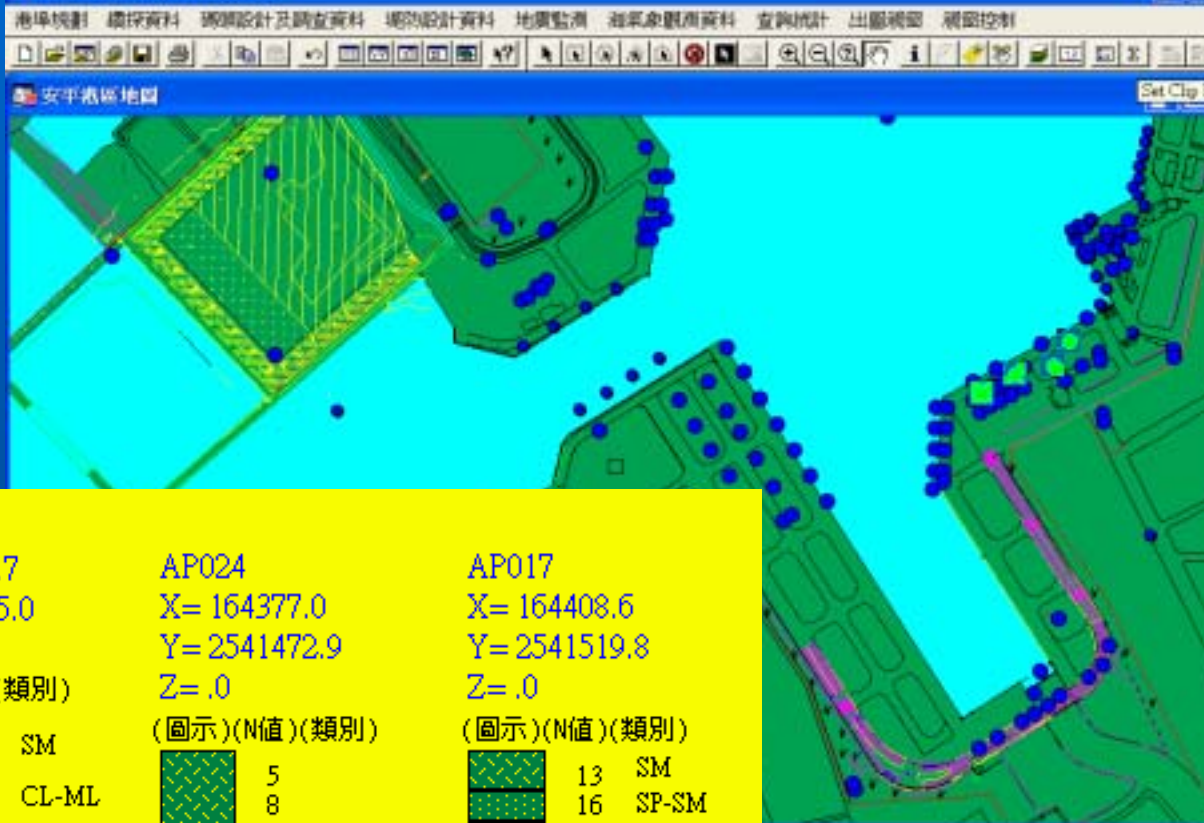
地下水位深度：3.04 m

日期：

深度 (m)	土壤岩層說明	土壤 岩石 分類	取 樣 率	RQD	N 值	採 樣 編號	礫 石 %	砂 土 %	粉 土 %	黏 土 %	自然 含 水 量 %	液 性 限 度 %	塑 性 指 數	總 單 位 重 tn/m ³	比 重 Gs	孔 隙 比 e
0.0																
1.5	棕灰色回填砂土含木塊等雜物		0	17	S-1	0	84	13	3	13.2	0.0	0.0	1.74	2.65	0.74	
2.85	棕灰夾黑灰色泥細砂含貝殼		0	6	S-2	0	80	14	6	23.4	0.0	0.0	1.88	2.66	0.76	
4.35	棕灰夾黑灰色泥細砂含貝殼		0	15	S-3	0	88	10	2	24.7	0.0	0.0	2.06	2.67	0.62	
5.85	棕灰夾黑灰色泥細砂含貝殼		0	16	S-4	0	87	8	5	23.8	0.0	0.0	2.03	2.67	0.63	
6.7																
7.35	灰色泥質黏土夾細砂含貝殼		0	4	S-5	0	79	16	5	24.4	0.0	0.0	2.03	2.69	0.64	
8.85	棕灰或灰色泥細砂含貝殼		0	14	S-6	0	92	6	2	26.4	0.0	0.0	1.99	2.66	0.7	
9.6																
10.35	棕灰或灰色泥細砂含貝殼		0	23	S-7	0	76	20	4	20.7	0.0	0.0	2.07	2.67	0.56	
11.0																
11.85	棕灰或灰色泥細砂含貝殼		0	17	S-8	0	88	9	3	25.9	0.0	0.0	2.01	2.67	0.67	

點選任一鑽孔，
可展示鑽探報表

點選鑽孔， 展繪地質柱狀圖



一號二號碼頭區
地質柱狀圖展繪

液化分析模組(砂質港區):

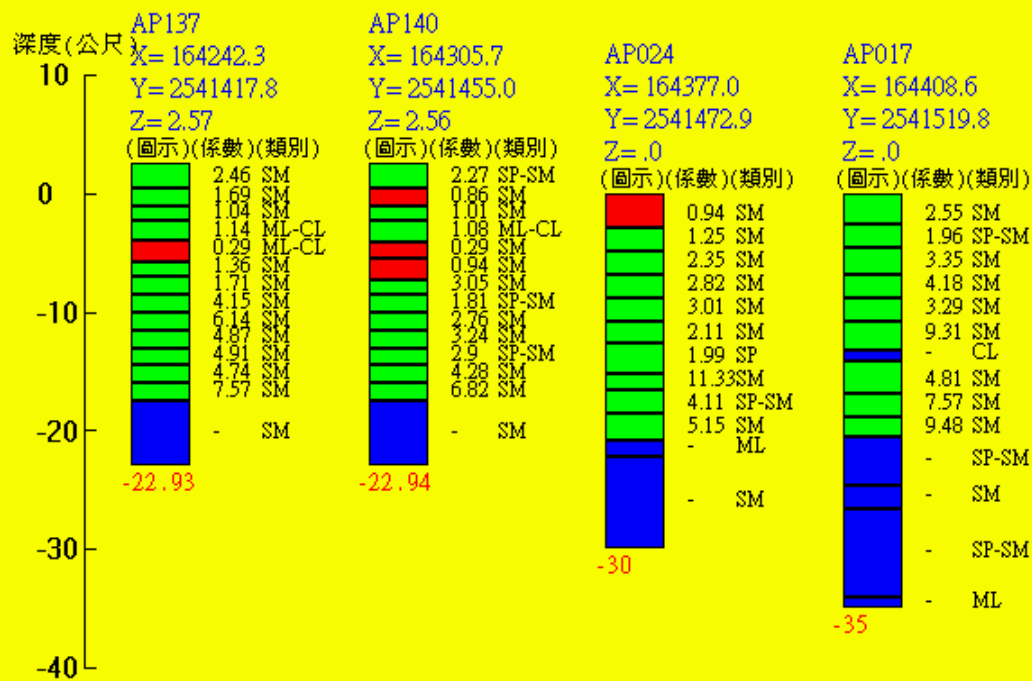
液化柱狀圖

液化危險度分佈圖

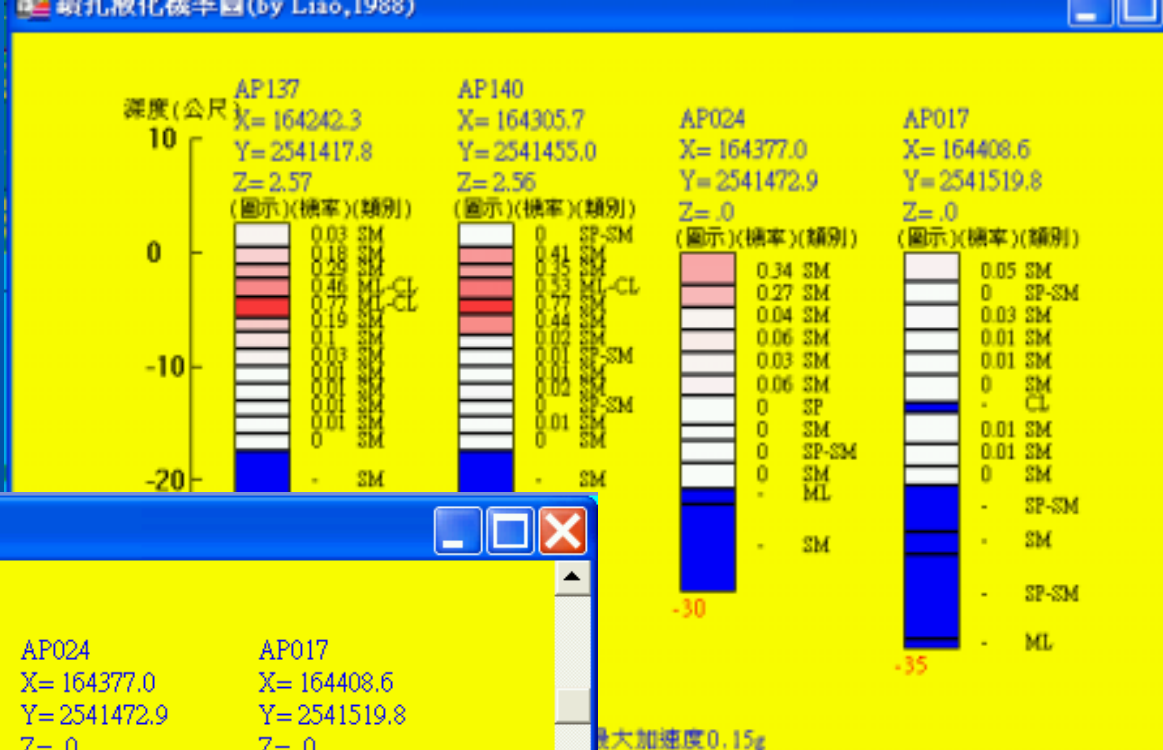
地震下陷分佈圖

液化安全係數柱狀圖展繪

Lai(賴聖耀)判別模式安全係數液化分析法_2005



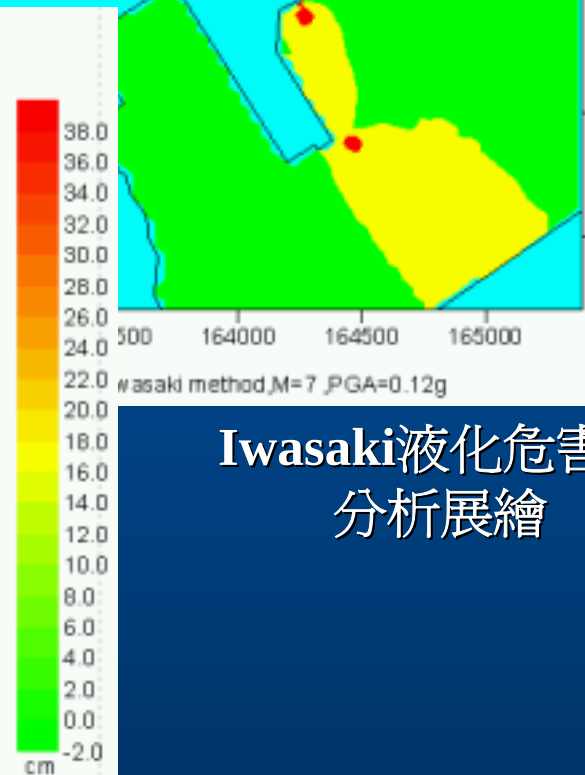
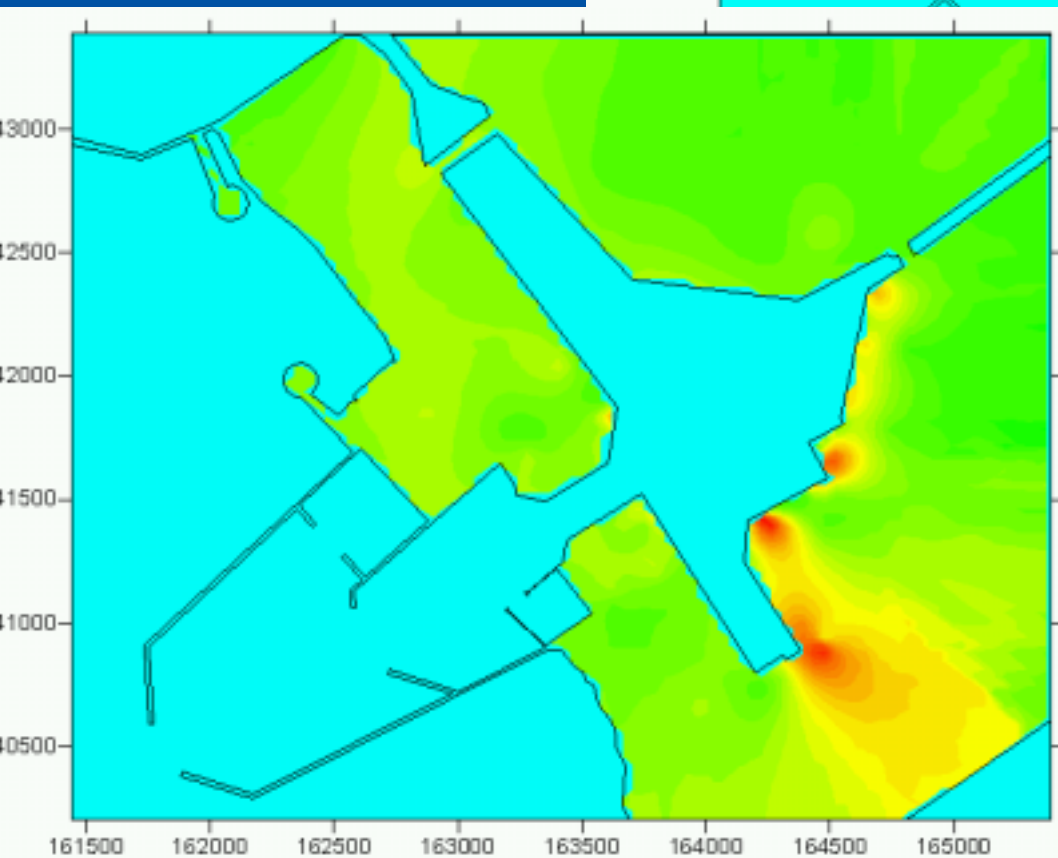
*地震規模7 最大加速度0.15g



液化機率柱狀圖展繪

液化分析模組(砂質港區):
液化柱狀圖
液化危險度分佈圖
地震下陷分佈圖

Ishihara地震下陷
分析展繪

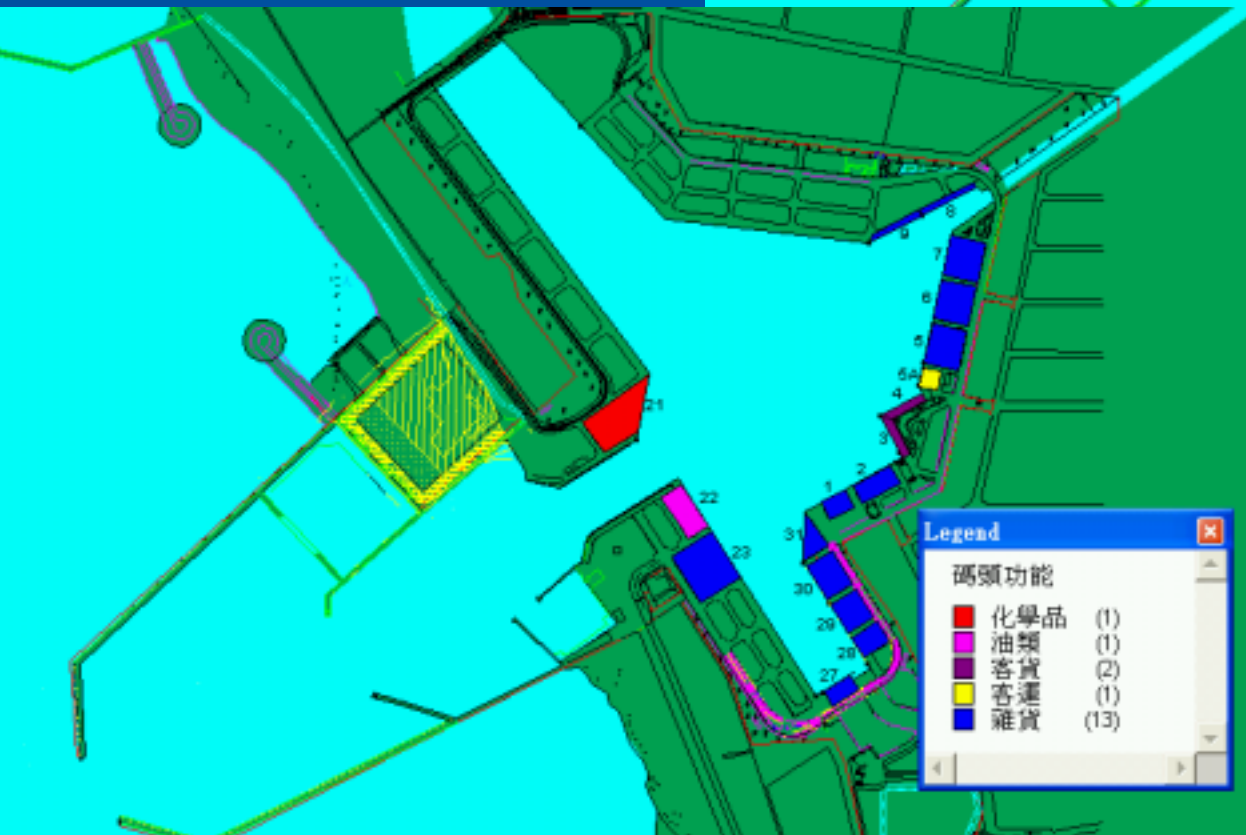


Iwasaki液化危害度
分析展繪

(3)、碼頭斷面設計資料

- 碼頭設計斷面圖：是先利用Auto CAD軟體製作，將各港務局所提供之碼頭設計斷面圖描繪成檔，再編號命名轉存入MapInfo系統內。
- 碼頭屬性資料表：也利用系統之資料庫編輯功能，建置成表格檔案，分十個欄位依序存放碼頭編號、碼頭面設計高程、裝御軌道長度、碼頭設計長度、碼頭設計水深、啟用日期、建造經費、碼頭用途、租用單位、更新日期等資料，提供系統查閱使用。

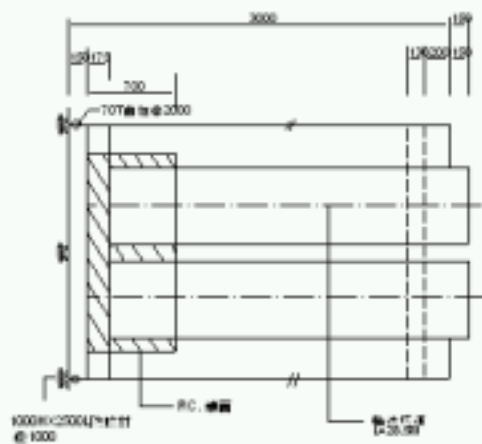
碼頭功能主題圖



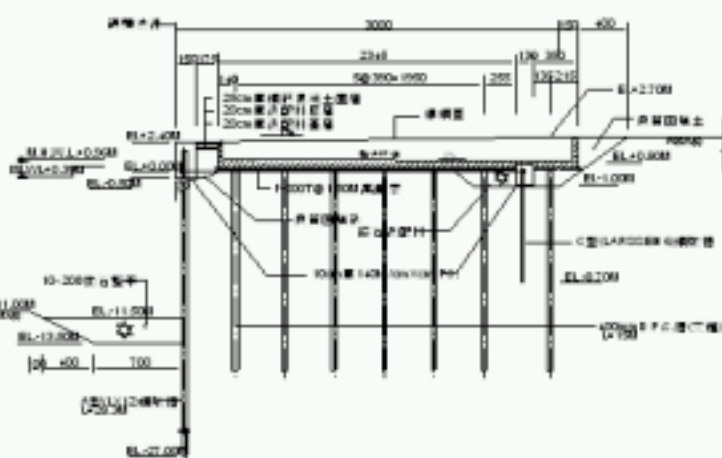
碼頭位置分佈圖



碼頭設計斷面圖展示



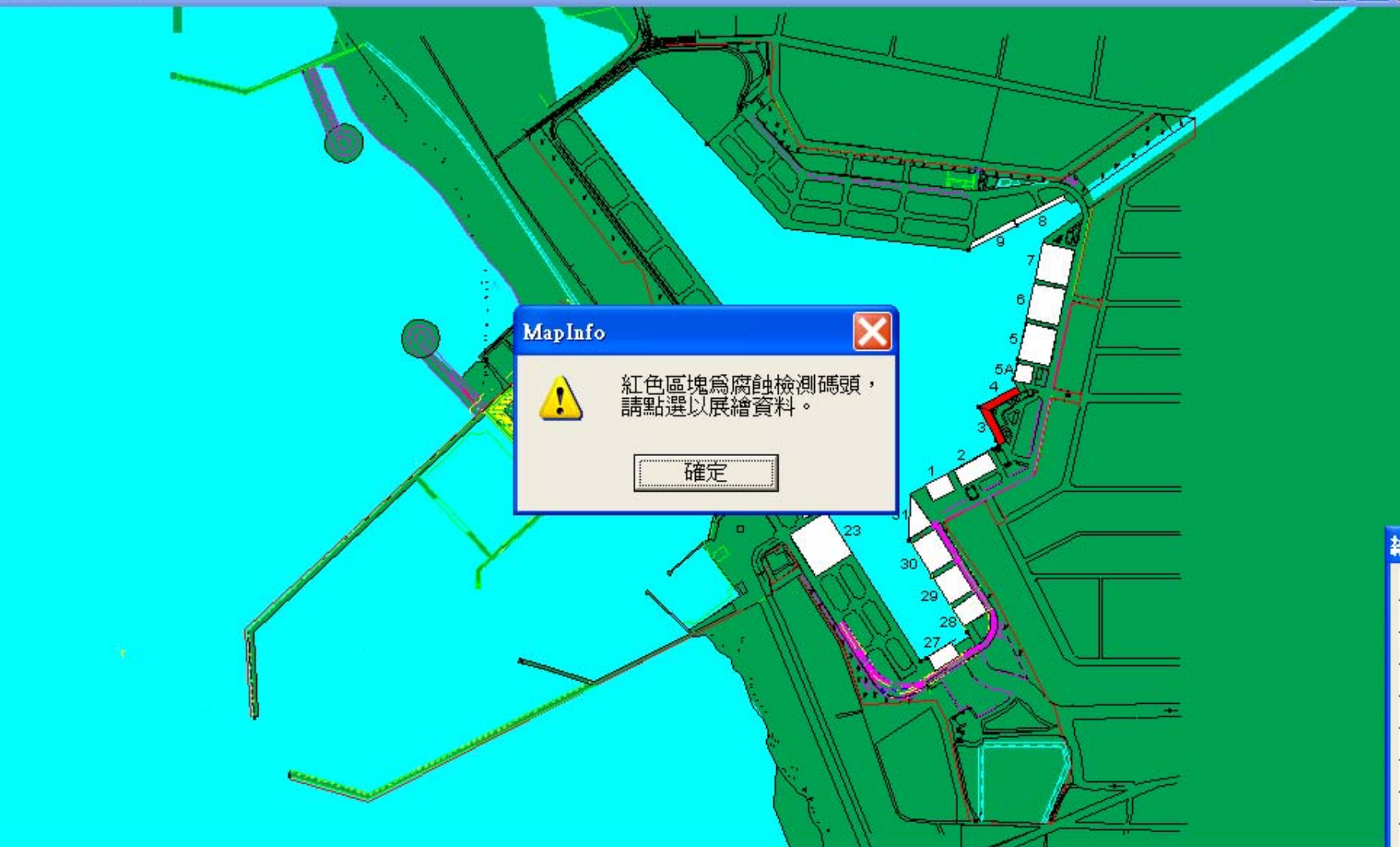
平面图



安平港奇美23號碼頭斷面圖



安平港區地圖



MapInfo



紅色區塊為腐蝕檢測碼頭，
請點選以展繪資料。

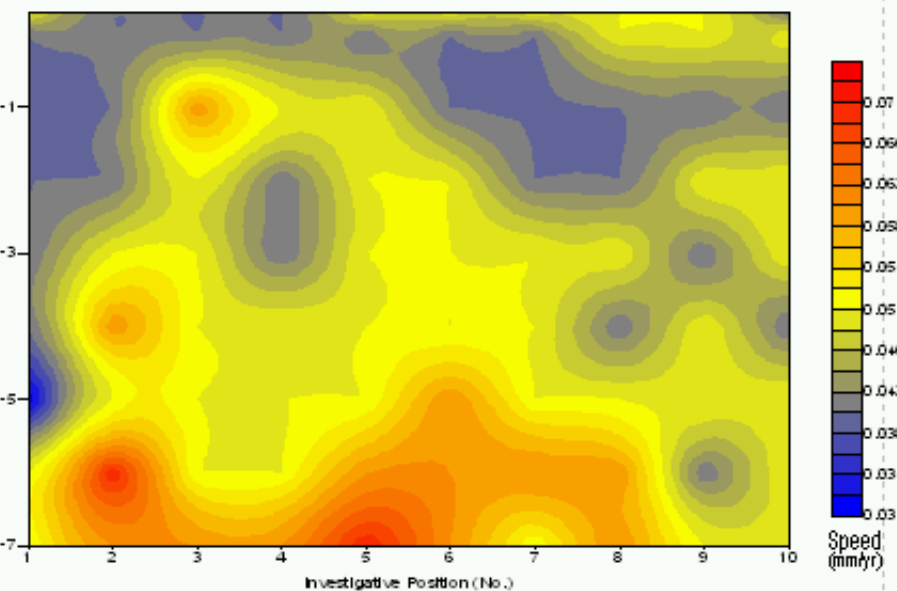
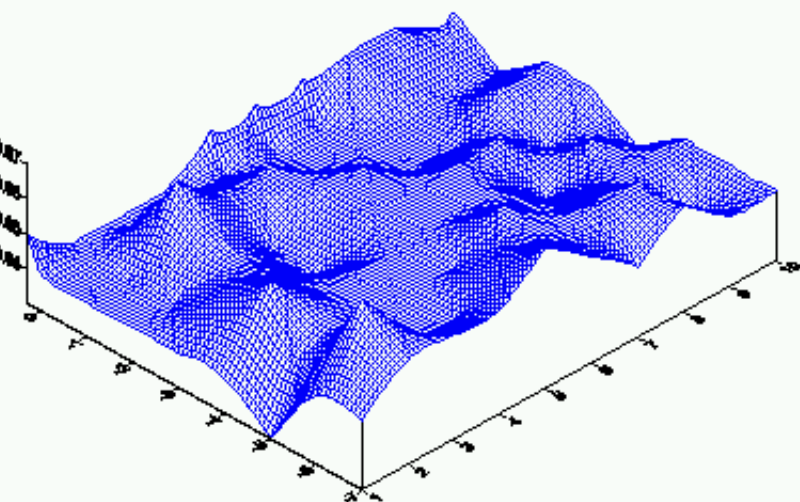
確定

,640 m, 2,543,200 m

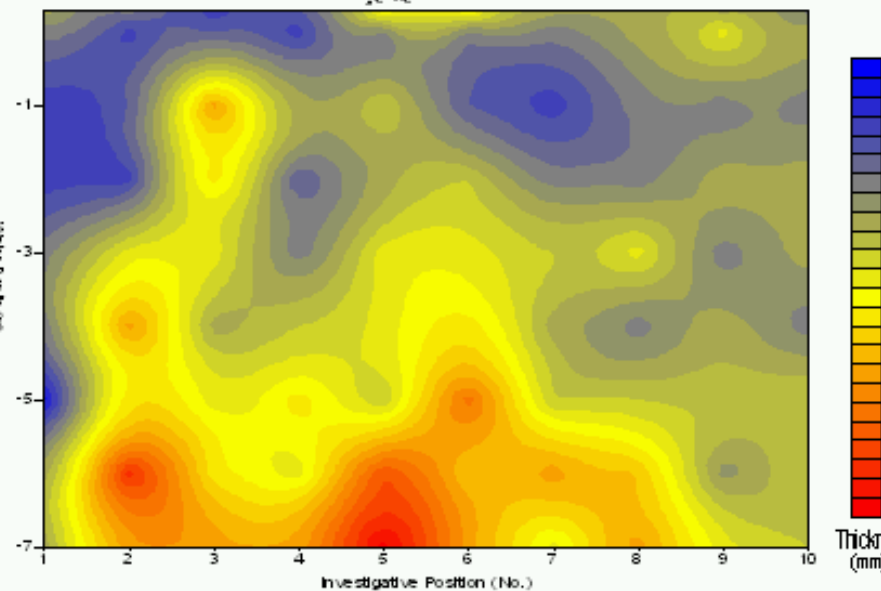
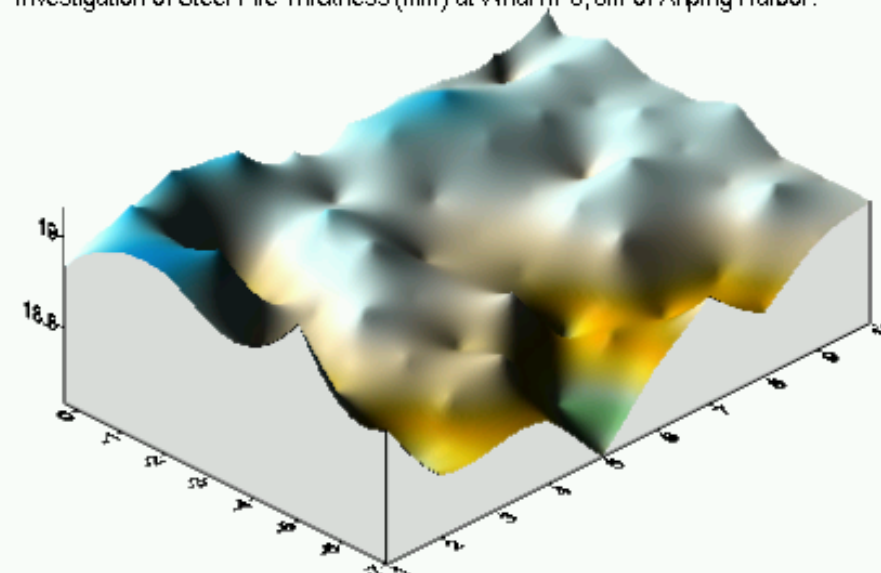
Editing: None

Selecting: None

Corrosin Speed (mm/yr) of Steel Pile at Wharf# 3, 0m of Anping Harbor.



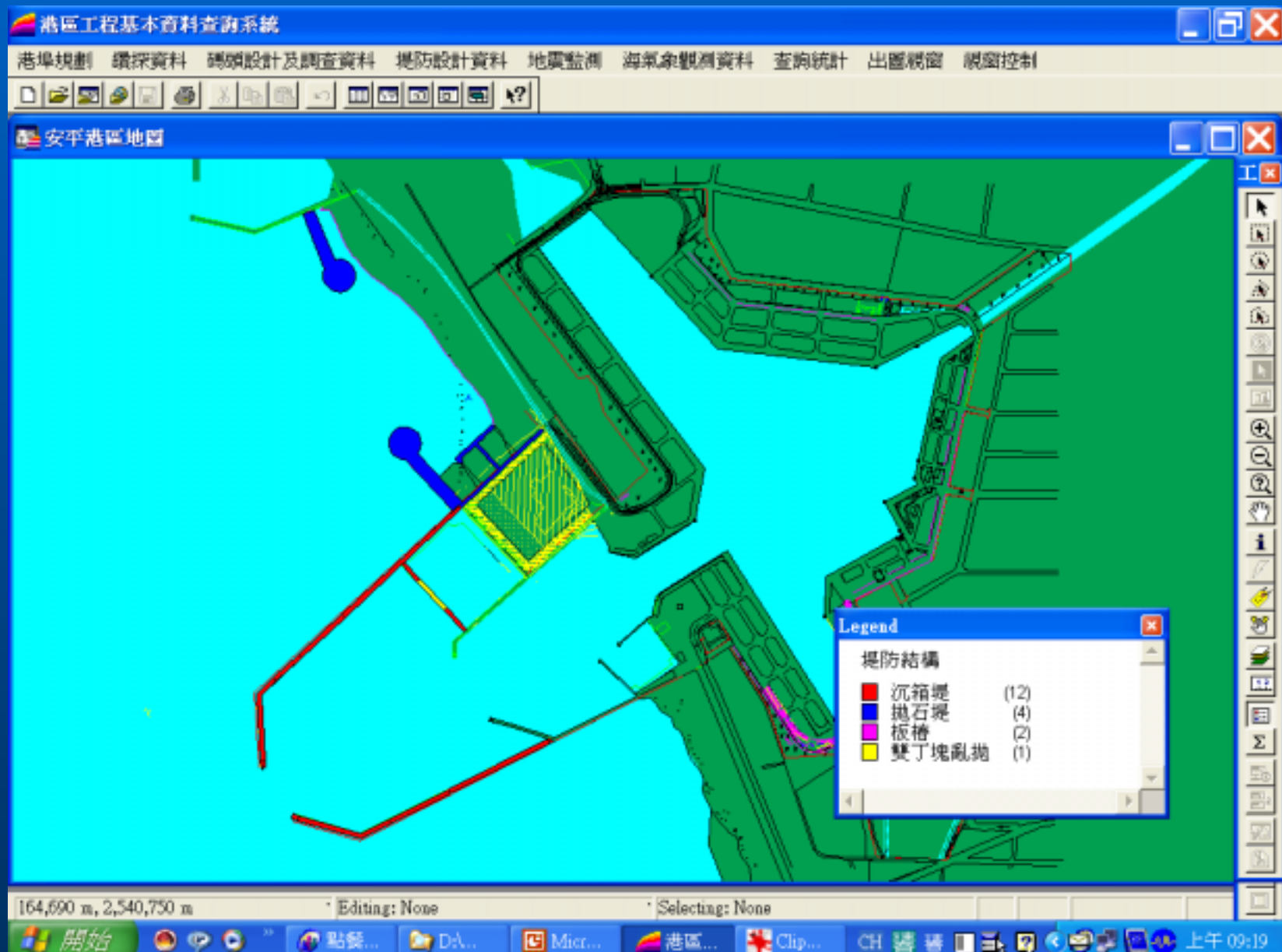
Investigation of Steel Pile Thickness (mm) at Wharf# 3, 0m of Anping Harbor.



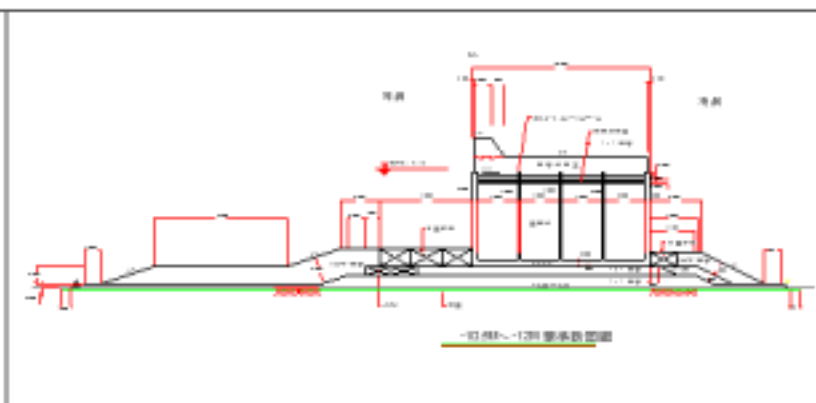
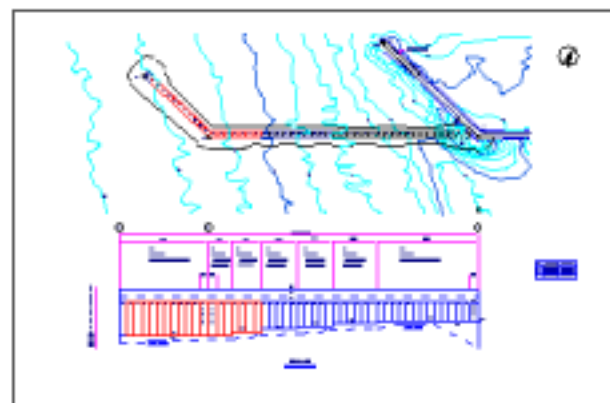
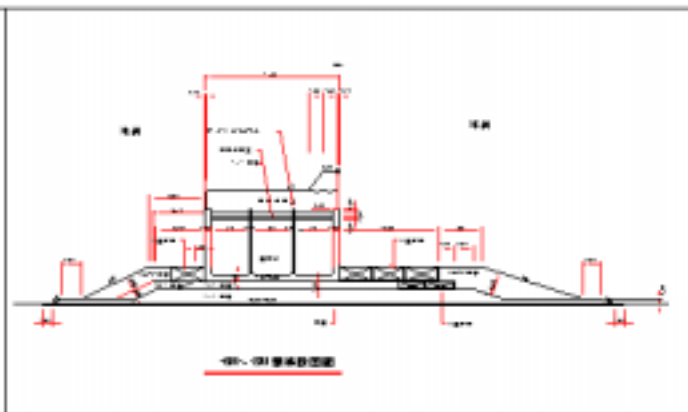
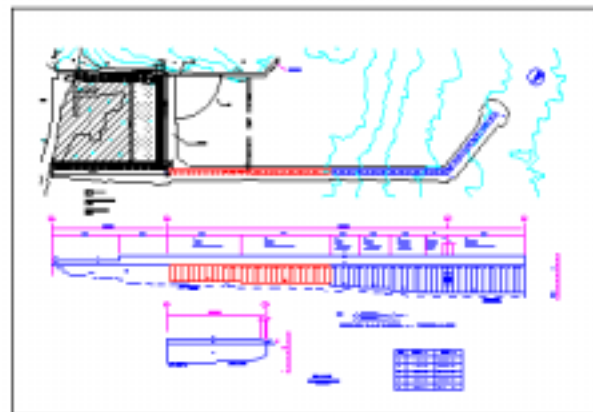
(4)、堤防斷面設計資料

- 堤防設計斷面圖：是先利用Auto CAD軟體製作，將各港務局所提供之堤防設計斷面圖描繪成檔，再編號命名轉存入MapInfo系統內。
- 堤防屬性資料表：也利用系統之資料庫編輯功能，建置成表格檔案，分六個欄位依序存放堤防編號、位置描述、起迄里數、構造類別、底部高程、頂部高程等資料，提供系統查閱使用。

堤防結構類別主題圖



堤防斷面圖



(5)、海氣象現地調查資料

- 臺中港海氣象現地調查資料，項目包括歷年調查之潮汐、波浪、海流、風資料等。
- 所收錄之原始資料先以Fortran程式整理運算，轉成物理量，接著利用CWText、Plot88及TecPlot軟體產出海氣象調查成果圖表。
- 將所建之各項資料依類別存放，再以MapBasic程式語言來撰寫查詢模組。

海氣象觀測站分佈位置(風★,潮●,浪▲,流■)



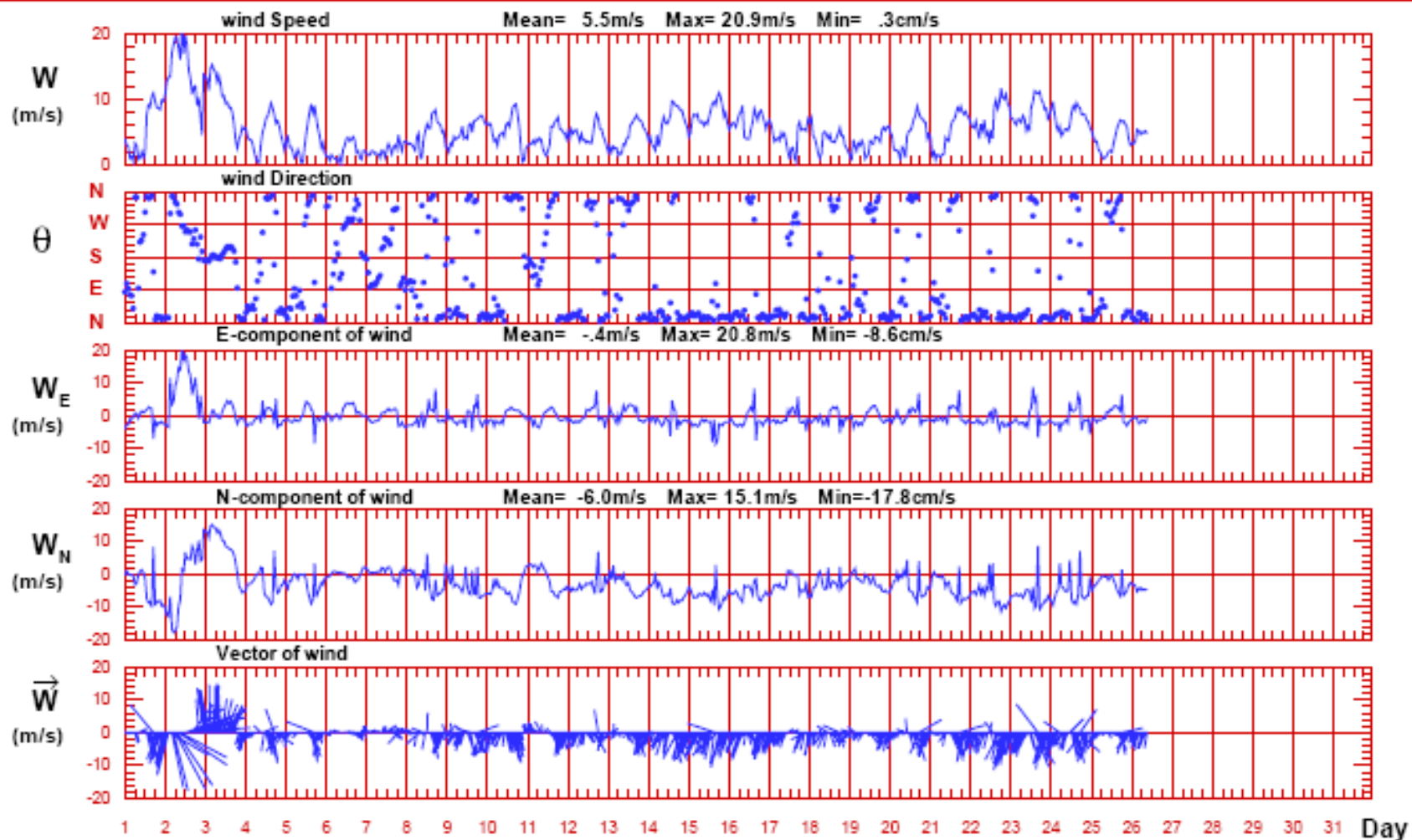


圖 4.4.73 2005 年 10 月安平港測站 1 風歷線圖

風資料查詢成果之一：歷線圖

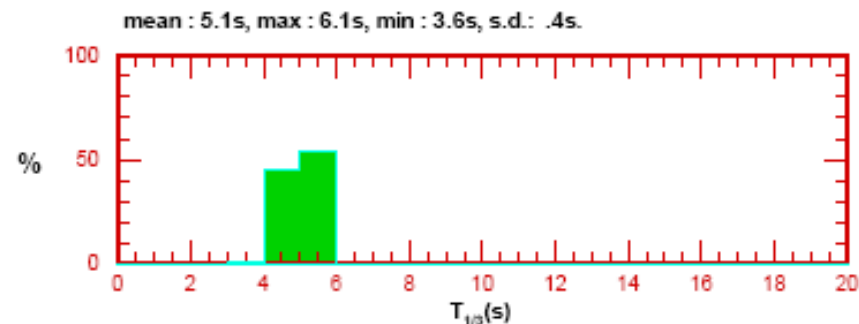
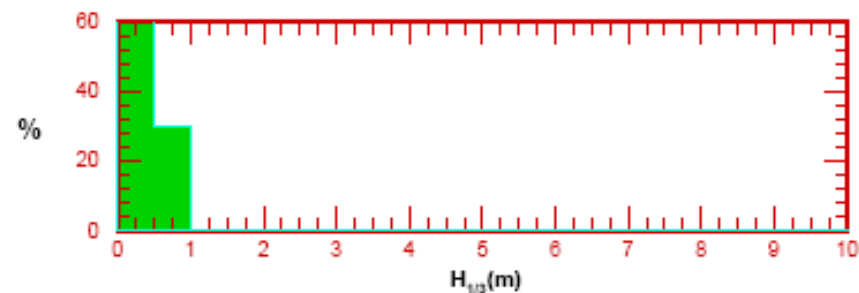


圖 4.3.14 2004年11月安平港測站 B 水位歷線圖

Histogram of wave $H_{1/3}$, $T_{1/3}$ and Direction

Wave in An-Ping Harbor of ST-1 at 2005/11/01.11:00-2005/11/30.23:00

mean : .44m, max : .85m, min : .17m, s.d.: .14m. N= 704



Data no. 704

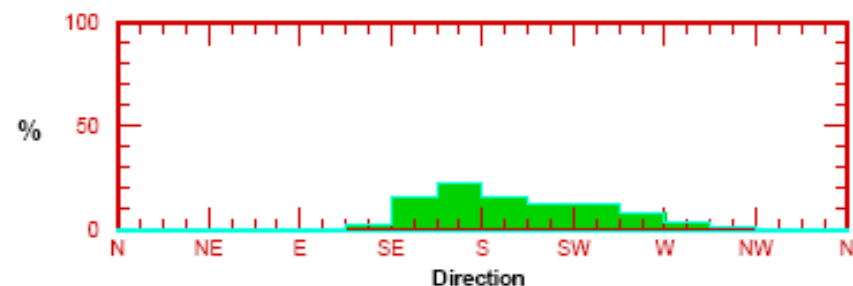


圖7.4.98 2005年11月安平港測站1波高波向及週期方塊圖

Rose Diagram of Current

Current in An-Ping Harbor of ST-1 at 2005/11/01.00:00-2005/11/30.23:00
mean : 17.2cm/s, max : 53.3cm/s. Total data no. 72

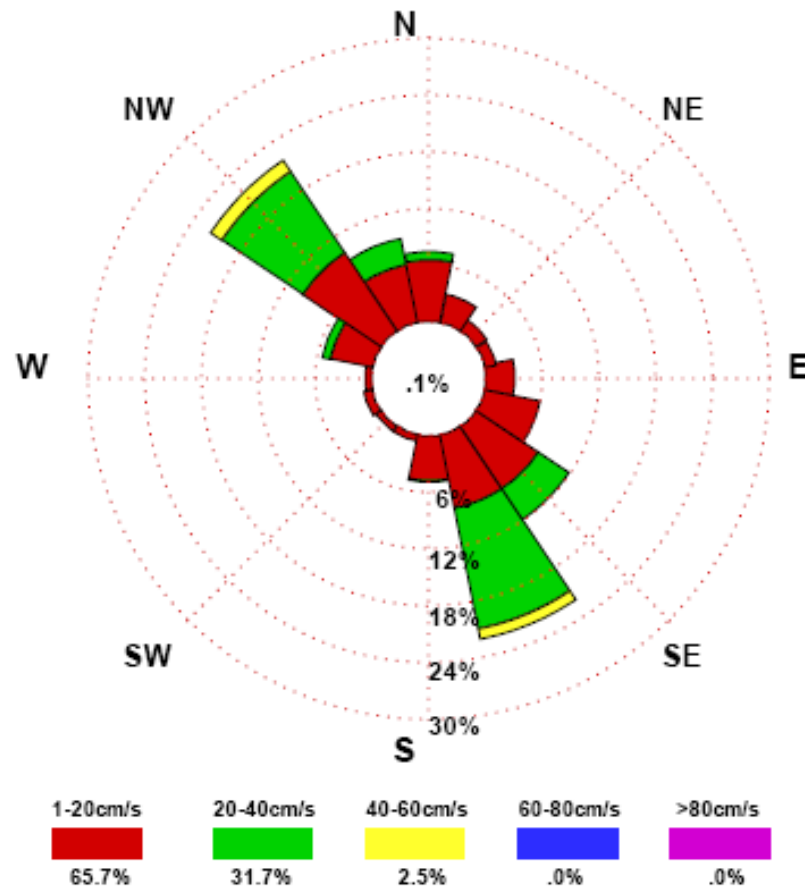


圖 8.4.88 2005 年 11 月安平港 1 站海流玫瑰圖

七、運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究

•計畫源起

- 防救災作業的推動涉及許多資源的整合，透過地理資訊技術結合港灣地區防救災體系，可有效且準確地進行港埠地區之安全維護，建構區域性安全體系。
- 分四個年度完成四大港埠地區的防救災資訊系統，第一年為高雄港，臺中港為第二年(95年度)實施對象。

■成果說明

95年度以臺中港為對象，已獲致下列具體成果：

針對港埠地區的潛在災害與防救災資源，進行調查與分析並建立防救災資料庫。

針對港埠地區完成颱風等主要災害的防救災作業流程，完成電子化作業。

建置完成港埠地區的防救災地理資訊系統，說明如下：

防救災資料庫建立

防救災資源

搶救能力-(消防、警政、民間救難)。

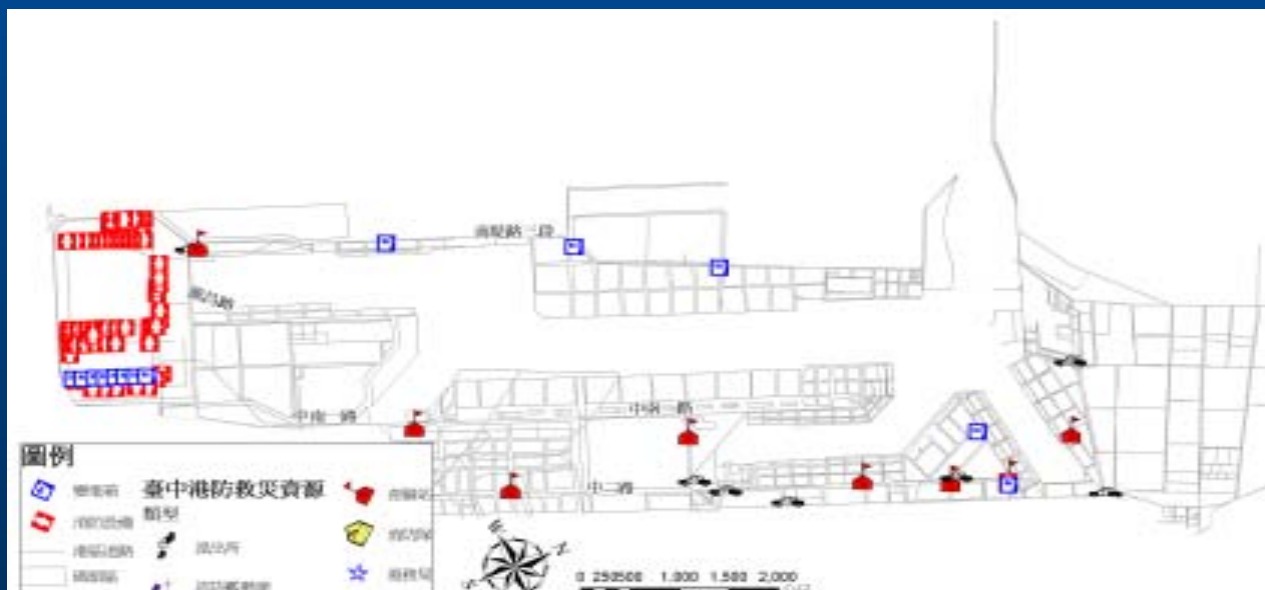
醫療能力-(醫療院所、病床數量、特殊醫療)。

安置能力-(收容所、學校、公園)。

災害潛勢

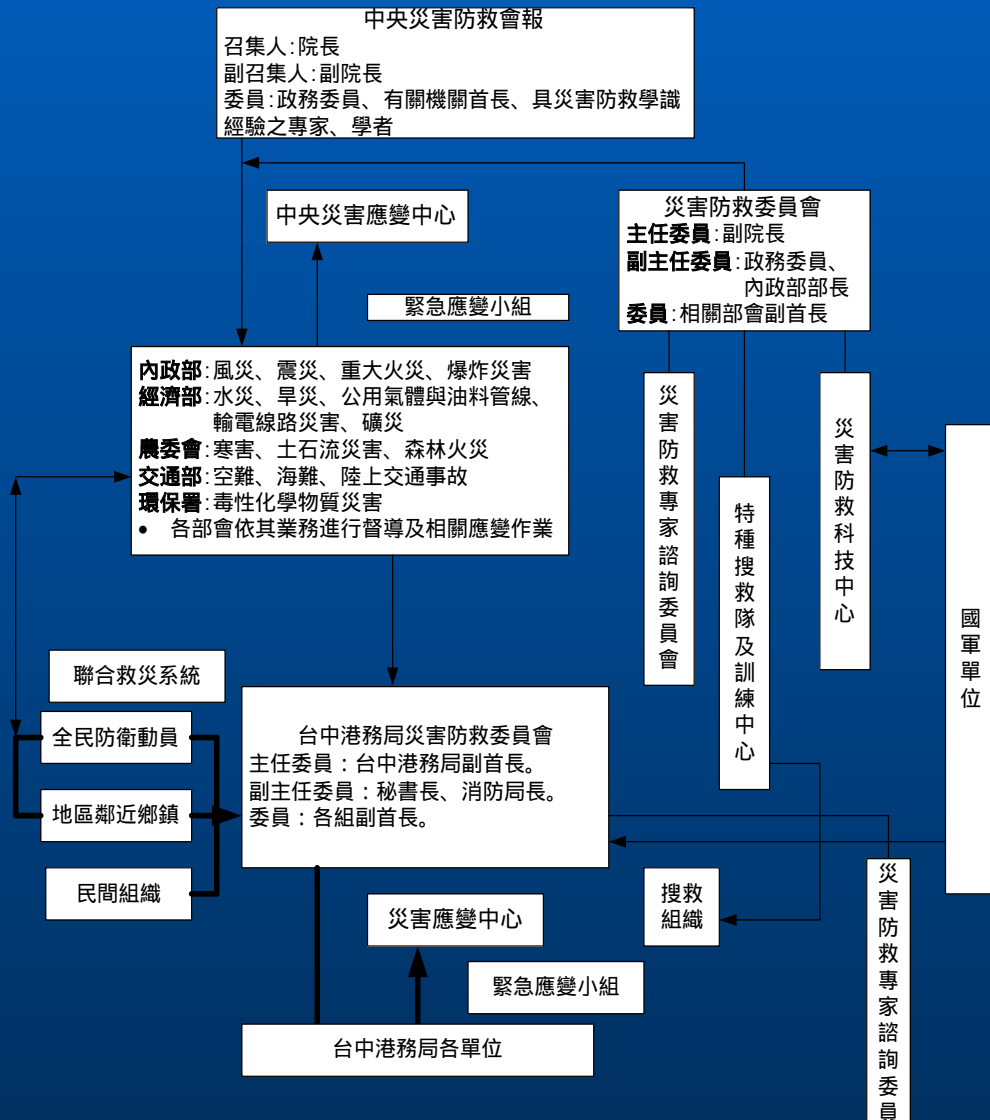
爆炸、化學、重機、船舶、火災、油污染、毒化物洩漏境況模擬

地震、爆炸、毒氣物質擴散



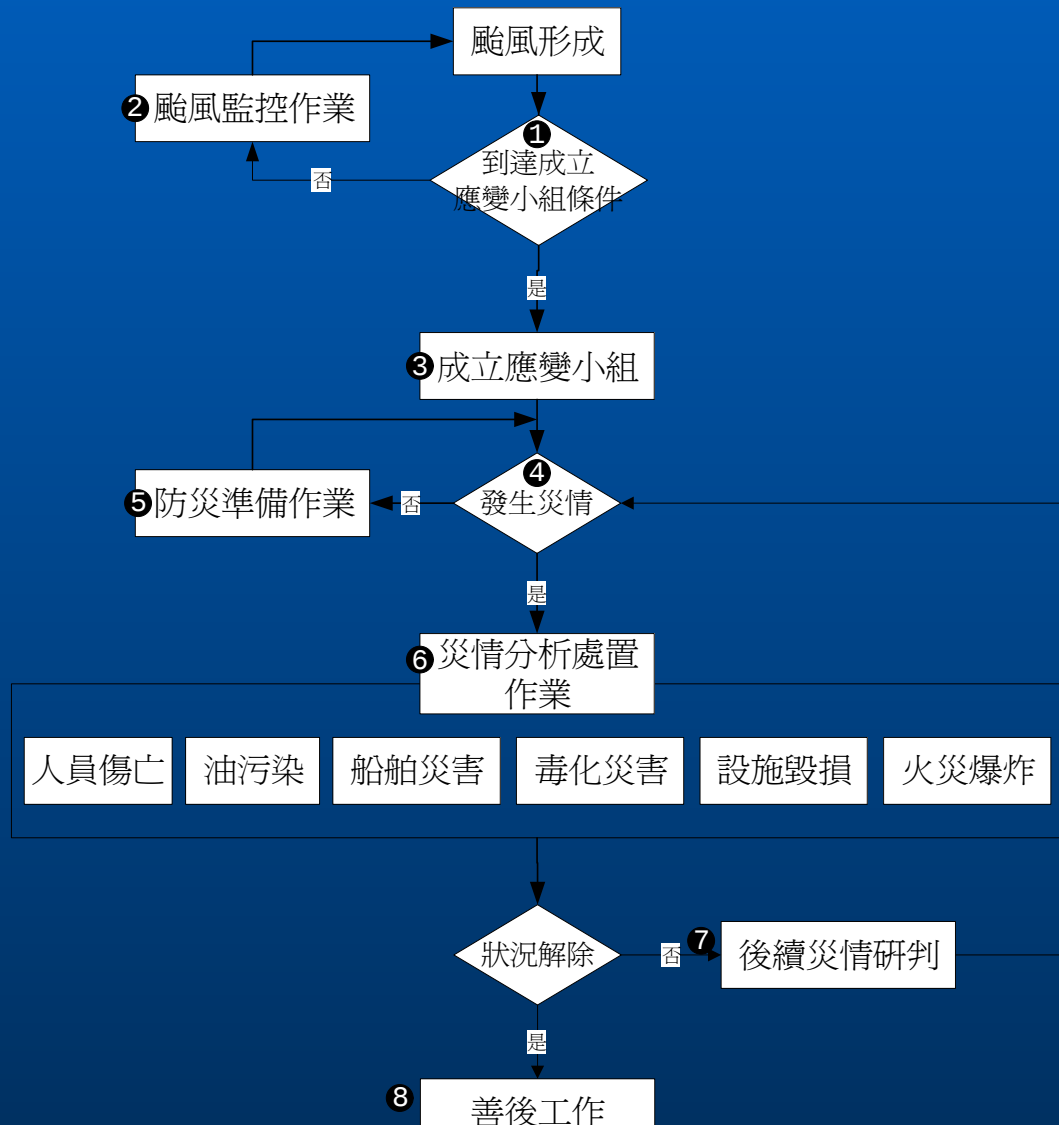
港埤地區災害防救對策研擬

規劃救災避難圈
規劃防救災路徑系統
建立地區聯合救災系統



各類災害標準作業流程擬定

- 颱風災害
- 重大油污染
- 毒性化學物質
- 海嘯災害
- 船舶火災爆炸
- 地震災害
- 重大職業傷害
- 重大傷亡事故
- 航道及水下破壞



防救災地理資訊系統建置

事件監控		動態資訊	模組列
功能列			工具列
新增災害 圖面點選新增 座標輸入新增			地圖區
標準作業程序 最新狀態顯示 災害狀況異動 標準作業程序			
資訊查詢 防救災資源 潛在危險點 避難路線 避難圈 毒化物處置			
龍王颱風→西碼頭中美合公司氣體外洩			訊息視窗

八、結論(一)

1. 港區工程等基本資料之獲取，常需耗費大量的人力經費及時間，取得極為不易，這些珍貴的資料，值得有系統的加以收集整理，一來避免資料散失，二來可作港區規劃及工程維護之參考依據。
2. 港灣工程基本資料種類繁多，為充分發揮資料管理效益，宜開發資料應用模組，架構成一適當查詢系統，以多樣化表現方式呈現，建立友善介面供使用者使用。
3. 資料除了作有系統的收集整理及建檔貯存之外，更需善加利用暨有資料，如加增分析功能以及提供主事者方便調閱查詢，以達決策支援之功效，故本研究利用MapInfo地理資訊系統及MapBasic程式語言撰寫查詢分析系統，以提升資料的使用價值。

八、結論(二)

- 4.查詢系統及資料庫之建檔工作為一永久性的計劃，須不斷的補充更新，使各港區資料庫更趨完備。
- 5.國內各港及研究機構雖有許多基本工程資料可供參考利用，可惜這些資料散見於各有關單位，保存及調閱皆甚為不便，故利用軟體工具將資料數化，有系統的整理分析並儲存鍵置成資料庫，彙整在一系統下查詢管理，已是一個可行的問題解決方法。

簡報完畢

敬請指正

期末報告審查意見及處理情形

審查單位	審查意見	處理情形
長榮大學郭塗城教授	1. 審查報告第 12-18 頁，圖 12-19，圖示說明不易懂，請修正。 2. 碼頭上管線配置建議未來加入本研究所建構之資訊系統，這些資料有助於碼頭維修及災害救助。 3. 港區外土地使用情況及路網建議未來加入本研究所建構之資訊系統，因為這些資料是港埠開發基礎資料。	1. 原為「臺中港影響地震震央位置分佈圖」，修正為「臺中港監測站所收錄地震之震央位置分佈圖」 2. 維生管線資料若能取得精確之座標，即會加入系統內。 3. 相關港區資料將於後續防救災計畫中增建
交通部科技顧問室 許書王技正	1. 對於資料的正確性如何確認，應有一致性的做法，俾趨永續(如腐蝕調查資料)。 2. 建議加入資料庫與其他相關資料庫連結的思考及運用。 3. 防救災對於港灣甚為重要，是否未來考量加入模組(目前僅見高雄及臺中港)。 4. 因應相關單位亦有建置資料庫的情況下，建議未來應調查相關的已建置、將建置之資料庫間的相容性。 5. 建議未來宜有使用手冊以供應用。 6. 港區構造改變與資料庫維護的相關性應如何處理？	1. 目前是採取提供資料時，同時與港務局檢核資料內容。 2. 參照辦理 3. 防救災計畫將在未來兩年陸續加入基隆、花蓮兩港之系統資料及功能模組，最後再做通盤檢討。 4. 參照辦理 5. 目前已製作高雄港使用手冊，其它港可參照使用。 6. 考慮建置定期通報機制，以定期更新資料。

港研中心朱金元科 長	資訊必須及時，因此在建置過程如何保持最新資料，可能需與港務局討論。 建置之資料內容如何提供相關單位使用？網路查詢之作業進行狀況如何？	1.參照辦理 2.目前是以光碟片備份最新資料,定期提供港務局更新。而網路查詢之作業已列入 96 年度工作項目，將進行轉檔及系統開發等工作
---------------	---	---