

97-23-7310

MOTC-IOT-96-H1DA003

港灣工程基本資料庫之建置與 應用(1/2)



交通部運輸研究所

中華民國 97 年 3 月

97-23-7310

MOTC-IOT-96-H1DA003

港灣工程基本資料庫之建置與 應用(1/2)

著者：謝明志、張道光、蘇青和、單誠基
賴聖耀、曾文傑、林雅雯

交通部運輸研究所

中華民國 97 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目資料

港灣工程基本資料庫之建置與應用. (1/2) / 謝明志等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運輸研究所, 民97. 03
面 ; 公分
參考書目:面
ISBN 978-986-01-3801-6(平裝)

1. 港埠工程 2. 港埠管理 3. 地理資訊系統

443. 2029

97006135

港灣工程基本資料庫之建置與應用(1/2)

著者：謝明志、張道光、蘇青和、單誠基、賴聖耀、曾文傑、林雅雯

出版機關：交通部運輸研究所

地址：台北市敦化北路 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 97 年 3 月

印刷者：承亞興企業有限公司

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：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

五南文化廣場：臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1009700775

ISBN：978-986-01-3801-6 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣工程基本資料庫之建置與應用(1/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-3801-6(平裝)	政府出版品統一編號 1009700775	運輸研究所出版品編號 97-23-7310	計畫編號 96-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、林雅雯 研究人員：賴聖耀、柯正龍、曾文傑 參與人員：陳義松、張阿平、李春榮、李昭明、何木火、陳毓清、魏瓊蓉、黃欣鳳、林隆貞 聯絡電話：04-26587172 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 96 年 01 月 至 96 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、貨櫃裝卸量			
摘要： 臺灣目前有四個國際商港及其輔助港，每個港在港埠的創建及長期的維護下，都累積了相當龐大的工程資料，本中心已利用地理資訊系統工具，將其中四個主要港口的碼頭、地質等資料加以數化建檔，且製作成查詢系統。本計畫規劃於今後兩年內，邀集本中心各研究群參與資料之收集及建置，繼續整補相關資料，並利用程式語言建立查詢管理流程，建置各分港及輔助港的查詢內容，另外針對台灣港埠所曾遭受的重大破壞，如颱風、地震等特定災損情形，計畫配合醫療救災環境之調查，嘗試建立港灣地區防救災體系。 本計畫在年度內依港研中心研究業務之類別，分六個子計畫來彙整中心歷年研究成果，擴建本所港研中心之港灣工程基本資料庫系統，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)建構港灣工程基本資料網路查詢系統、(六)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，包含桌上型及網路型地理資訊系統，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)港灣工程基本資料網路查詢系統建構。(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
97 年 3 月	212	200	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： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 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: Establishment and Application of Harbor Engineering Basic Database (1/2)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-01-3801-6 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009700775	IOT SERIAL NUMBER 97-23-7310	PROJECT NUMBER 96-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, Y. W. Lin. PROJECT STAFF: S. Y. Lai, C. L. Kao, W. J. Tseng PROJECT TECHNICIAN: Y. S. Chen, A. P. Zhang, C. R. Lee, Z. M. Lee, M. H. He, Y. Q. Chen, Q. R. Wei, X. F. Huang, L. Z. Lin . PHONE:04-26587172 FAX:04-26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2007 TO December 2007
KEY WORDS: Geographic information system, basic engineering data, soil liquefaction, seismic monitor, corrosion investigation, oceanographic investigation data, container load/unload figure			
ABSTRACT : <p>There are four international ports and their subsidiaries in Taiwan. In port establishment and the long-term maintenance, they all have accumulated a large amount of project information. This project expands the extent of geographic information system (GIS) in the Center. Many data sources are incorporated into MapInfo, and some powerful program languages are used to create the new consulting modules. The eight tasks conducted this year are as follows: (1) Expansion and design of system structure. (2) Renewing and expansion of 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 load and unloading data of wharves. (7) Establishment of web inquiry system of harbor engineering basic data. And (8) planning and establishing a disaster prevention and rescue system for harbor areas. Next year, the project will continue to establish a more complete system.</p> <p>The major tools, to establish this operation, are MapInfo (desk-top GIS) and Mapguide (Web GIS).</p>			
DATE OF PUBLICATION March 2007	NUMBER OF PAGES 212	PRICE 200	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣工程基本資料庫之建置與應用(1/2)

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
圖目錄.....	V
表目錄.....	X
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 港灣工程基本資料網路查詢系統建構.....	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.....	參-1
附錄一 審查意見及處理情形.....	附錄 1-1
附錄二 簡報資料.....	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^a 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 $0\% \leq FC \leq 10\%$ 液化判別圖(58 組液化及 70 組非液化案例)	5-29
圖 5-8 $10\% \leq FC \leq 20\%$ 液化判別圖(77 組液化及 95 組非液化案例)	5-29
圖 5-9 $20\% \leq FC \leq 30\%$ 液化判別圖(64 組液化及 32 組非液化案例)	5-30
圖 5-10 $30\% \leq FC \leq 40\%$ 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 臺北港區地圖圖層及選單下拉模式	6-7
圖 6-3 臺北港區鑽探孔位分佈圖	6-7
圖 6-4 臺北港區鑽孔柱狀圖	6-8

圖 6-5 地震強度選取對話框	6-8
圖 6-6 臺北港區鑽孔 Liao 液化機率分析結果柱狀圖	6-9
圖 6-7 臺北港區 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖	6-9
圖 6-8 臺北港區 Seed 抗液化安全係數柱狀圖	6-10
圖 6-9 臺北港區 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 臺北港區鑽孔 Lai 液化機率分析結果柱狀圖	6-13
圖 6-12 臺北港區 Lai_Prob+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖	6-13
圖 6-13 臺北港區 Lai 抗液化安全係數柱狀圖	6-14
圖 6-14 臺北港區 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 臺北港區地圖圖層及所開發之選單列	7-5
圖 7-3 臺北港區「碼頭設計及調查資料」選單下拉模式	7-5
圖 7-4 臺北港區碼頭位置分佈圖	7-6
圖 7-5 臺北港區碼頭使用功能主題圖	7-6
圖 7-6 臺北港區碼頭斷面圖之一	7-7
圖 8-1 查詢系統主畫面	8-5
圖 8-2 臺北港碼頭資料選單下拉及碼頭位置分佈圖	8-5
圖 8-3 臺北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 臺北港腐蝕速率調查成果展繪圖	8-7
圖 8-6 臺北港鋼板厚度調查成果展繪圖	8-9
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 臺中港貨櫃碼頭分佈位置圖.....	9-10
圖 9-8 臺中港單一碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪.....	9-10
圖 9-9 臺中港多選碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪.....	9-11
圖 9-10 臺中港全港碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪.....	9-11
圖 9-11 基隆港貨櫃碼頭分佈位置圖.....	9-10
圖 9-12 基隆港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪.....	9-10
圖 9-13 基隆港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪.....	9-11
圖 9-14 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 臺北港區地圖圖層及所開發之選單列.....	10-5
圖 10-3 臺北港區「堤防設計資料」選單下拉模式.....	10-5
圖 10-4 臺北港區堤防位置分佈圖.....	10-6
圖 10-5 臺北港區堤防結構型式主題圖.....	10-6
圖 10-6 臺北港區堤防斷面圖之一.....	10-7
圖 11-1 臺灣港區海氣象觀測資料地理資訊系統流程圖.....	11-2
圖 11-2 查詢主畫面.....	11-7
圖 11-3 臺北港區海氣象查詢表單及潮位測站位置展示圖.....	11-7
圖 11-4 臺北港潮位資料內容選取對話框.....	11-8
圖 11-5 臺北港潮位資料年份選取對話框.....	11-8

圖 11-6 臺北港潮位資料月季選取對話框.....	11-8
圖 11-7 臺北港潮位資料圖查詢結果之一.....	11-9
圖 11-8 臺北港海流資料圖查詢結果之一.....	11-9
圖 12-1 港灣工程基本資料網路查詢系統架構圖.....	12-2
圖 12-2 Internet Map Server 網際網路地圖伺服器系統架構圖.....	12-5
圖 12-3 港區工程基本資料網路查詢系統首頁.....	12-7
圖 12-4 使用者登入畫面.....	12-8
圖 12-5 基隆港區基本地圖及功能選單.....	12-8
圖 12-6 圖層管理功能畫面.....	12-9
圖 12-7 港埠規劃功能畫面.....	12-10
圖 12-8 港埠設施現況圖層畫面.....	12-10
圖 12-9 港埠設施未來規劃資料圖層畫面.....	12-11
圖 12-10 遙測影像圖層畫面.....	12-11
圖 12-11 基隆港鑽孔位置圖.....	12-12
圖 12-12 基隆港鑽孔柱狀圖.....	12-12
圖 12-13 基隆港鑽孔液化柱狀圖.....	12-13
圖 12-14 碼頭位置圖.....	12-14
圖 12-15 鋼版樁腐蝕調查碼頭位置圖.....	12-14
圖 12-16 碼頭斷面圖.....	12-15
圖 12-17 堤防位置結構型式圖.....	12-15
圖 12-18 堤防斷面圖.....	12-16
圖 12-19 潮位測站圖.....	12-16
圖 12-20 測站資料查詢畫面.....	12-17
圖 12-21 測站資料畫面.....	12-17

圖 13-1 防救災資源系統軟硬體架構圖	13-2
圖 13-2 防救災資源系統之系統架構圖	13-3
圖 13-3 防救災資源系統之系統首頁配置圖.....	13-5
圖 13-4 帳號檢核畫面	13-5
圖 13-5 系統之主畫面	13-6
圖 13-6 系統之功能列	13-6
圖 13-7 功能選單配置	13-7
圖 13-8 功具列配置.....	13-7
圖 13-9 系統之地圖區畫面.....	13-8
圖 13-10 帳號檢核畫面	13-9
圖 13-11 新增災害畫面	13-10
圖 13-12 新增災害結果畫面	13-10
圖 13-13 災害狀況異動畫面	13-11
圖 13-14 標準作業程序查詢畫面.....	13-12
圖 13-15 標準作業程序查詢結果畫面	13-12
圖 13-16 警戒範圍劃定畫面	13-13
圖 13-17 災情通報訊息輸入畫面.....	13-13

表 目 錄

表 4.1 碼頭設計使用資料檔案及資料錄說明.....	4-4
表 4.2 港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明.....	4-5
表 4.2 (續) 港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明	4-6
表 4.3 鑽孔之試驗資料檔案及資料錄說明	4-7
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.....	11-1

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，台灣發生集集大地震，距震央相隔三十餘公里的台中港，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。另由於台灣每年平均遭受 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 年來台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。對台灣港區而言，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项資料，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。臺灣地區位於北半球、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.)，該系統在臺灣之初建，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 臺灣大地基準 (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 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 4.2 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 4.3 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：碼頭管理查詢系統		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	欄位中文說明	資料型態及長度	備註
1	Num	碼頭編號	Char(10)	
2	Level	設計高程	Decimal (10.0)	單位：公尺
3	Guage	軌道長度	Decimal(7.3)	單位：公尺
4	Length	碼頭長度	Decimal(7.2)	單位：公尺
5	Depth	設計水深	Decimal(4.1)	單位：公尺
6	Usedate	啟用日期	Char(6)	YYMM
7	Fee	造價	Long Integer	單位：元
8	Berth	碼頭用途	Char(6)	
9	Lease	租用單位	Char(6)	
10	Rehdate	更新日期	Char(6)	YYMM

表 4.2 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 4.2 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 4.3 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。

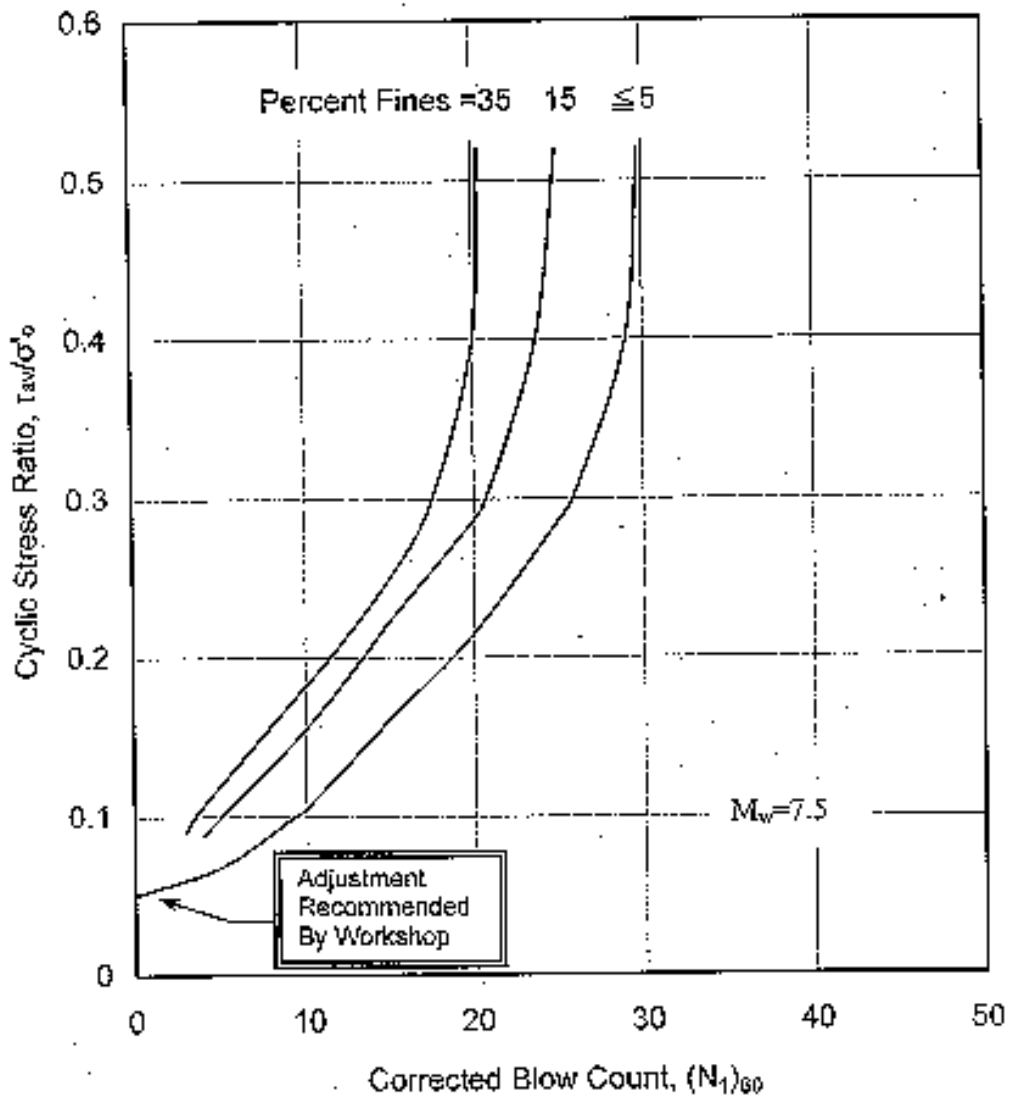


圖 5-1 地震規模 $M_w=7.5$ 時，不同細料含量之液化阻抗與 $(N_1)_{60}$ 關係 (修正自 Seed 等人，1985)

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：

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

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

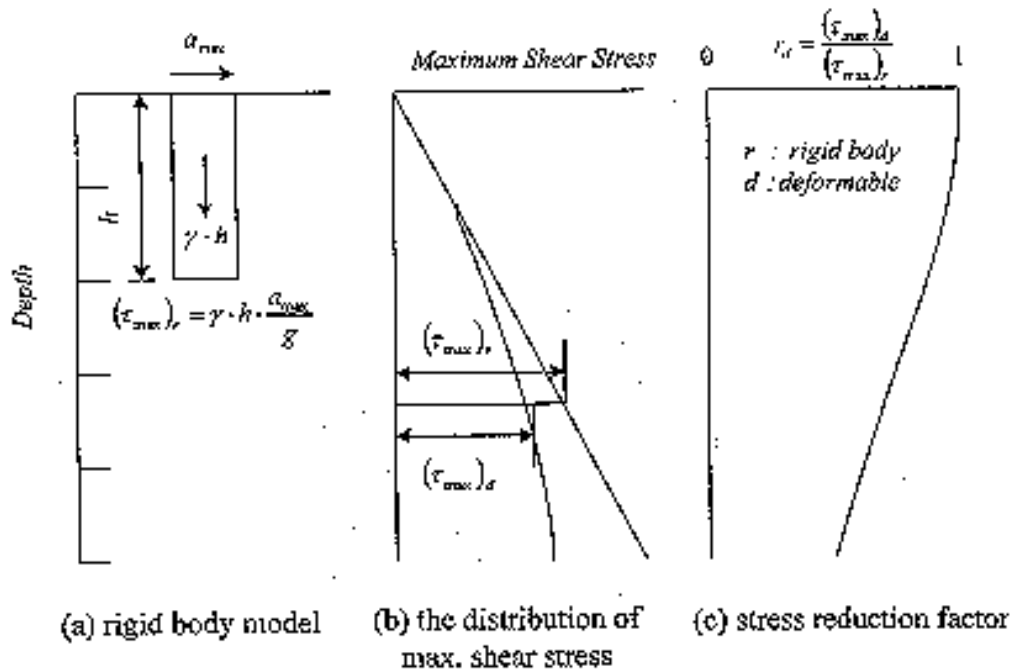


圖 5-2 應力折減係數 γ_d 的由來 (Seed 與 Idriss, 1971)

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 N1 < 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）

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

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

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

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。

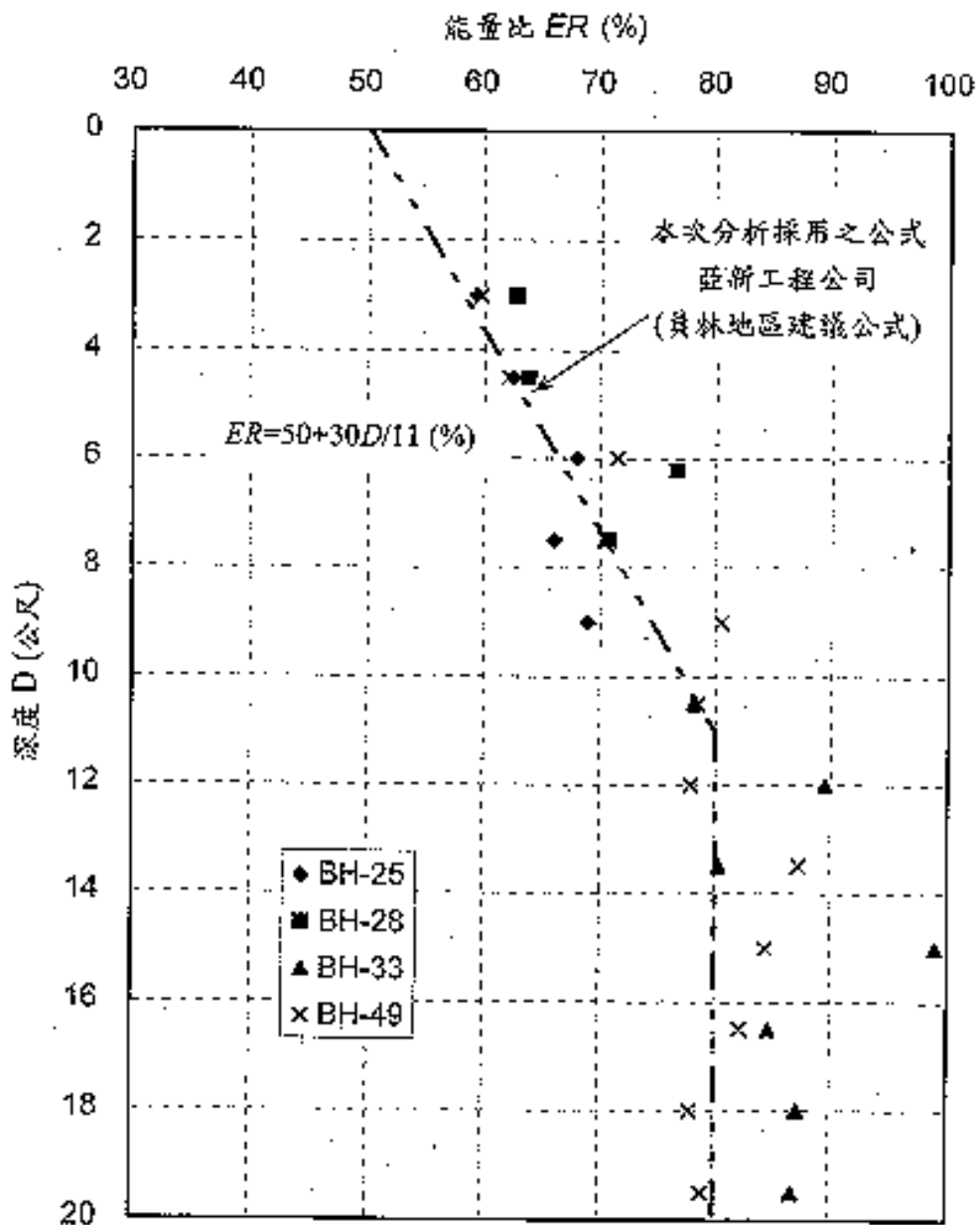


圖 5-3 標準貫入試驗打擊能量比與深度之關係
(亞新工程顧問公司，2000)

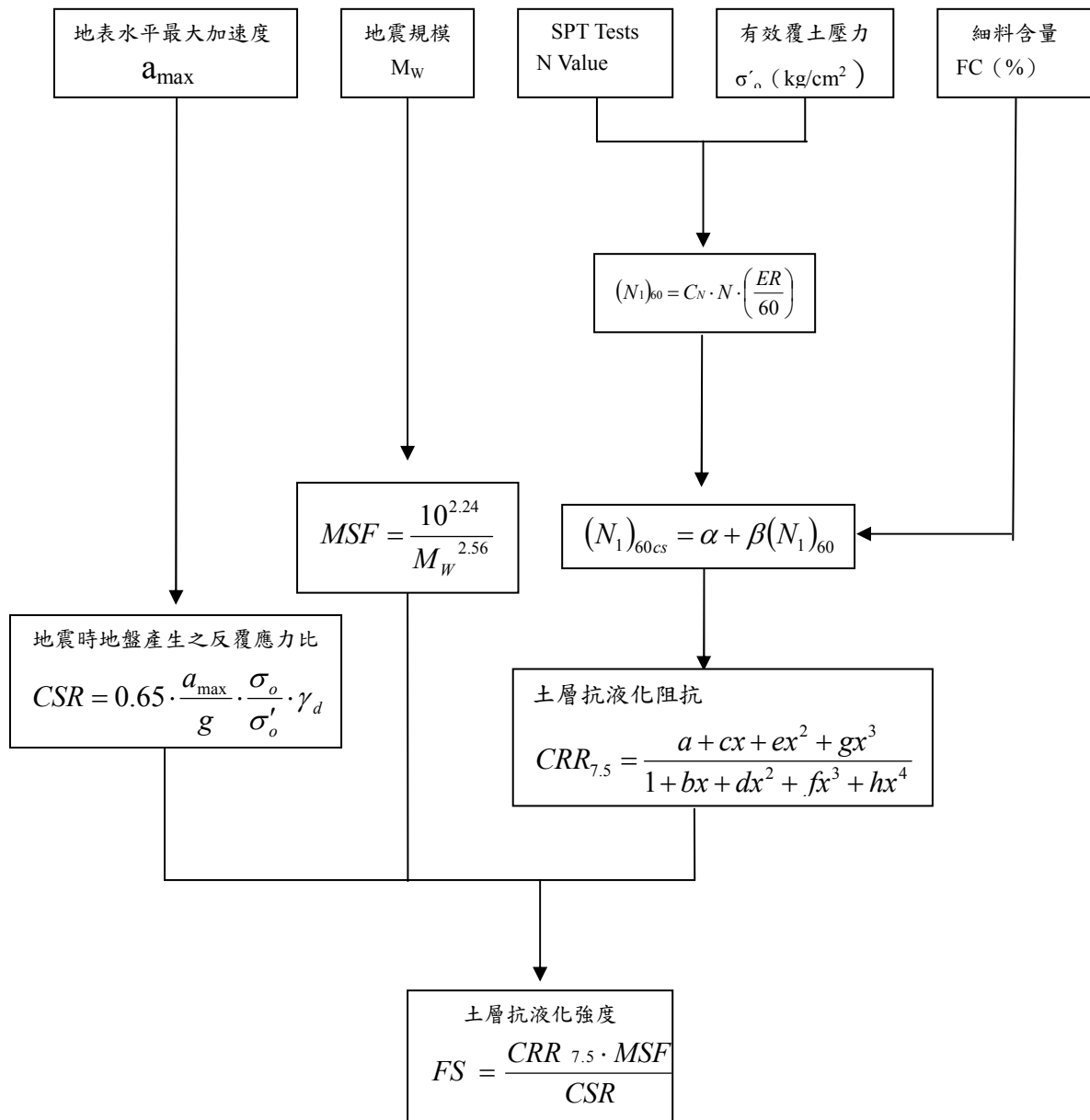


圖 5-4 Seed 簡易經驗法 (1997NCEER Workshop) 分析流程

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 ($Dr = 50\sim 85\%$)，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 Dr (%) 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/cm^2)

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 $80\sim 90$ ，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/cm^2)

σ'_o 為該深度土壤之有效垂直覆土壓力 (kg/cm^2)

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：

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

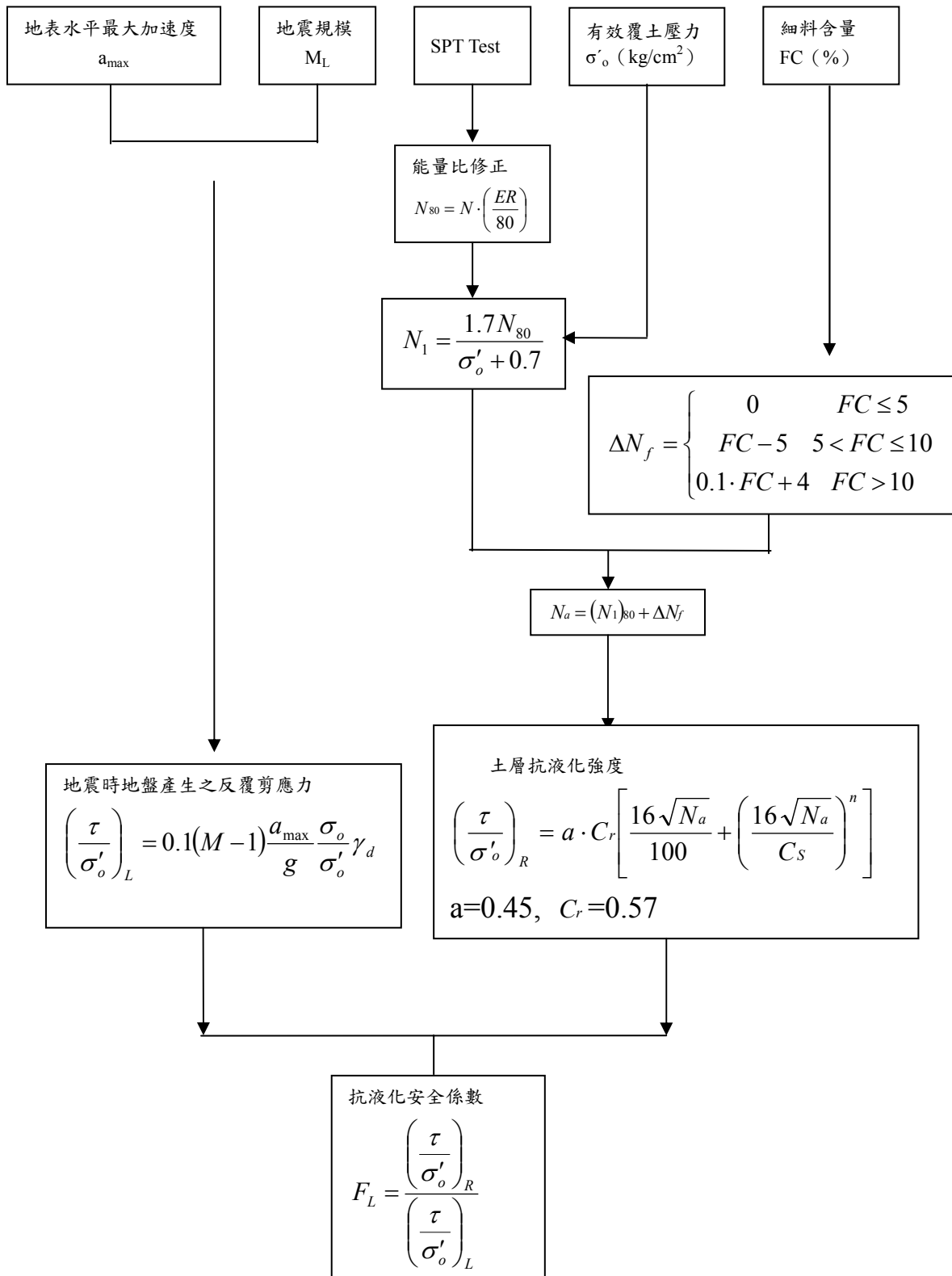


圖 5-5 Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法 (1983) 分析流程

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_l ， 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：

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

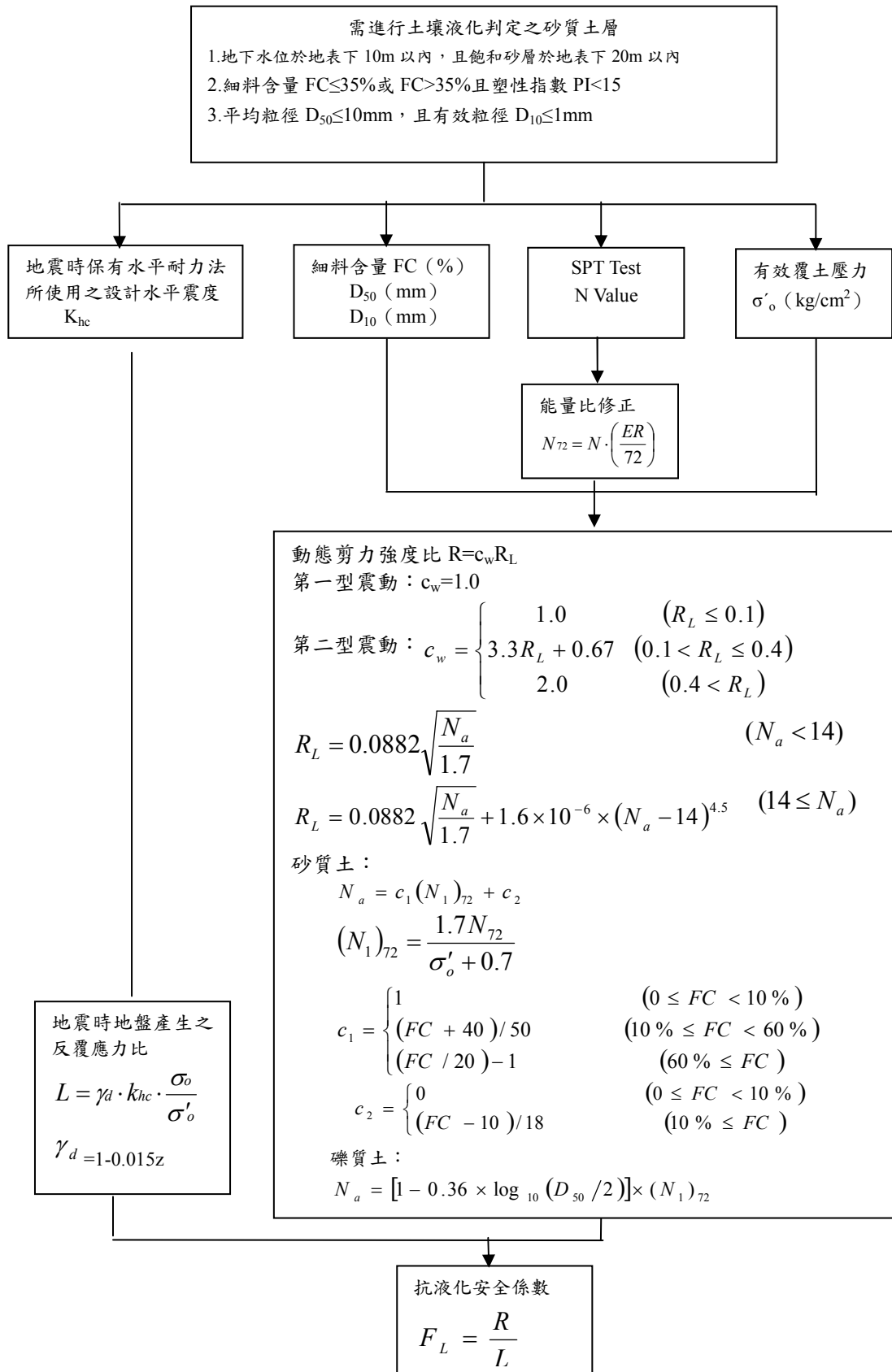


圖 5-6 日本道路橋協會簡易經驗法 (1996) 分析流程

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：

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

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

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

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：

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

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}_l ：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}_{nl} ：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 nl 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。

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

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

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

而現地調查資料中，非液化部分解釋參數平均值 X_{nl} 之向量亦可表示成下式：

$$\overline{X}_{nl} = \left\{ \begin{array}{c} \overline{SR}_{nl} \\ \overline{XR}_{nl} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (5-28)$$

式中

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

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

全部調查資料變異性矩陣 S 如下式所示：

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

式中

$Var(SR)$ ：地震強度解釋參數 SR 之變異數

$Var(XR)$ ：土壤抗液化強度解釋參數 XR 之變異數

$Cov(SR, XR)$ ： 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：

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

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/cm²。

σ'_o ：有效覆土壓力，kg/cm²。

γ_a ：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_a 之關係式如下：

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

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

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

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，

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

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：

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

誤差機率參數 α ，如式(5-40)

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

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：

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

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：

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

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：

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

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：

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

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：

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

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：

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

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。

$f_{NL}(F_S)$: 為非液化案例安全係數 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， $P_{LB}^*=0.23$ 。

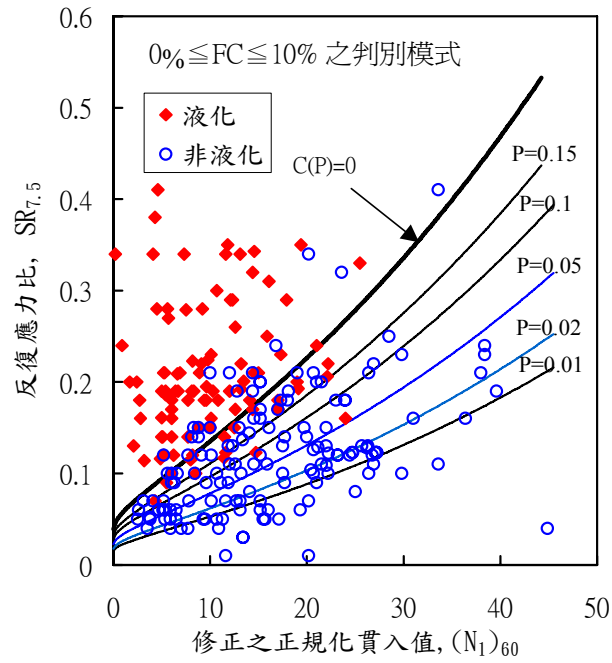


圖 5-7 $0\% \leq FC \leq 10\%$ 液化判别圖
(58 組液化及 70 組非液化案例)

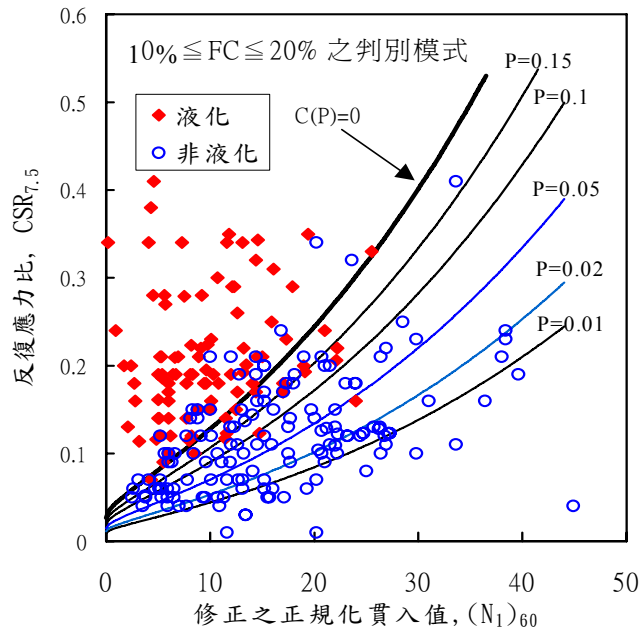


圖 5-8 $10\% \leq FC \leq 20\%$ 液化判别圖
(77 組液化及 95 組非液化案例)

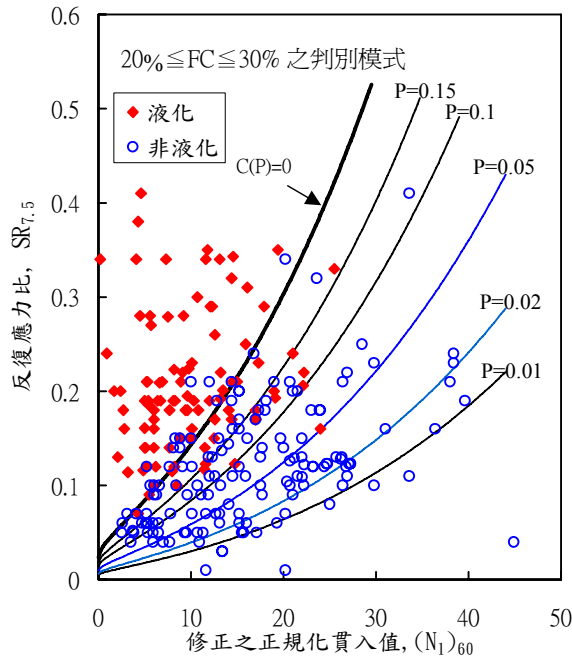


圖 5-9 20% ≤ FC ≤ 30% 液化判別圖
(64 組液化及 32 組非液化案例)

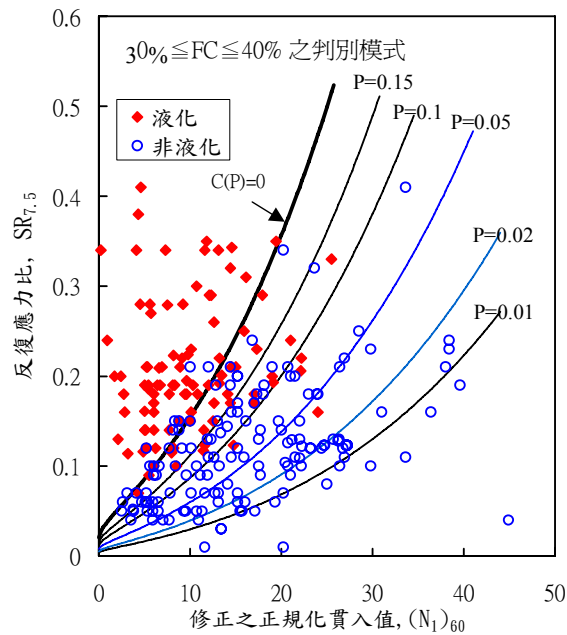


圖 5-10 30% ≤ FC ≤ 40% 液化判別圖
(37 組液化及 29 組非液化案例)

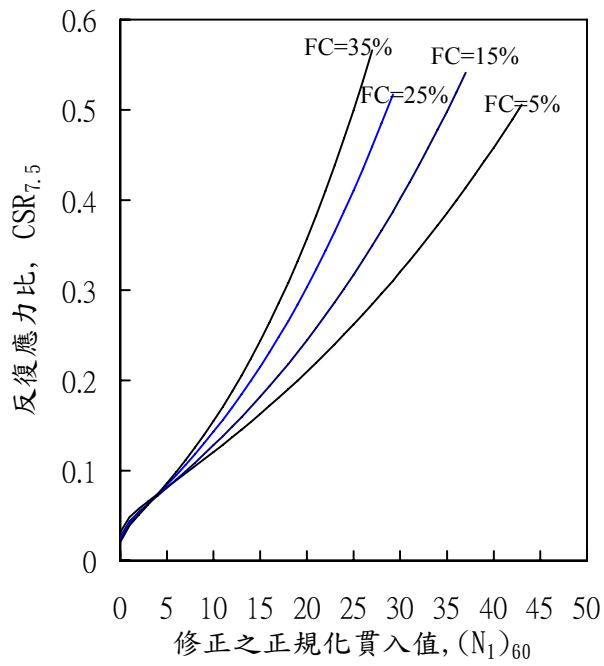


圖 5-11 FC=5%、FC=15%、FC=25%、FC=35%等
液化判別式-C(P)=0 之比較

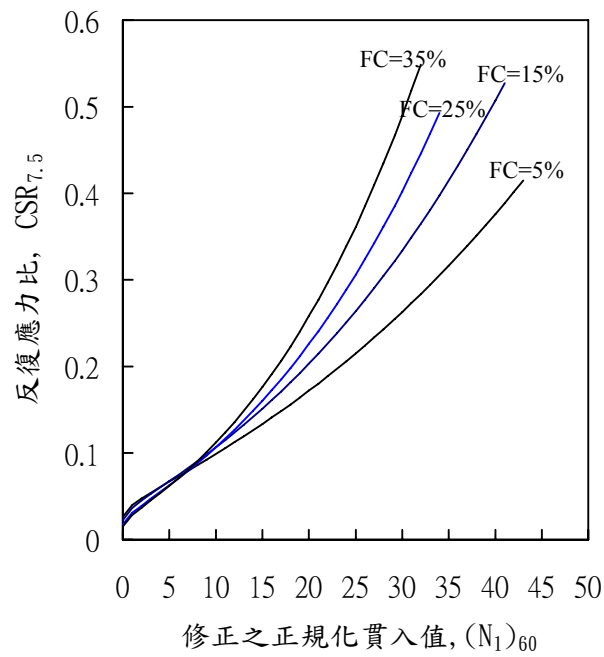


圖 5-12 FC=5%、FC=15%、FC=25%、FC=35%等
液化判別式(P=0.15)之比較

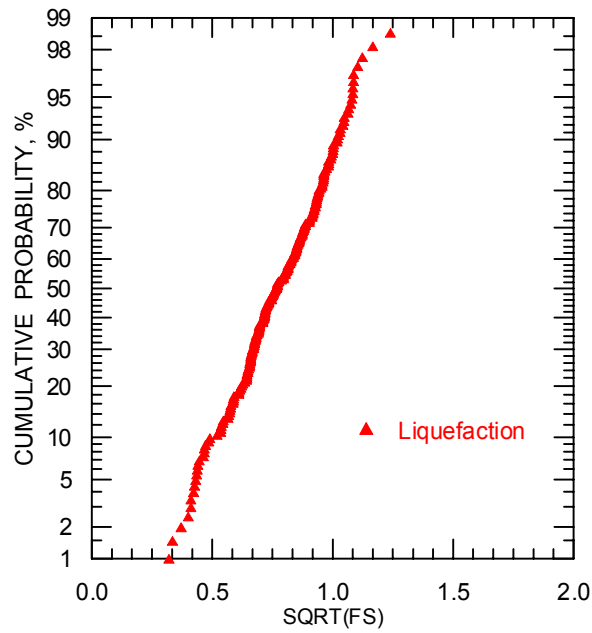


圖 5-13 液化案例之 $\sqrt{F_s}$ 值繪於常態或然率圖上

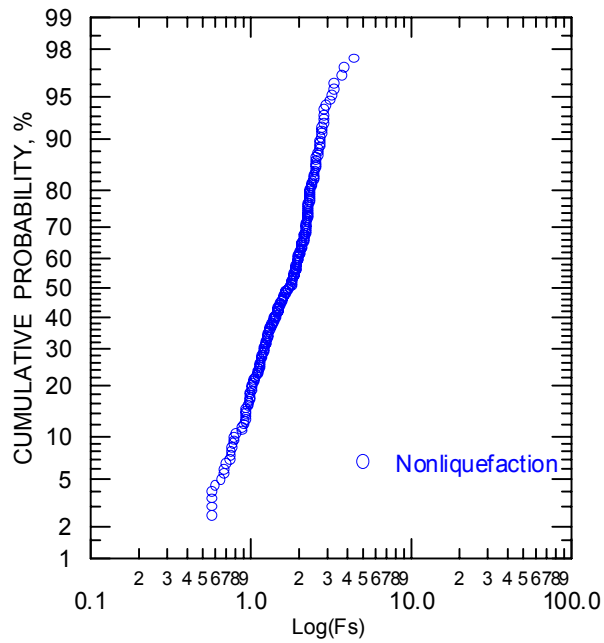


圖 5-14 非液化案例之 F_s 值繪於對數常態或然率圖上

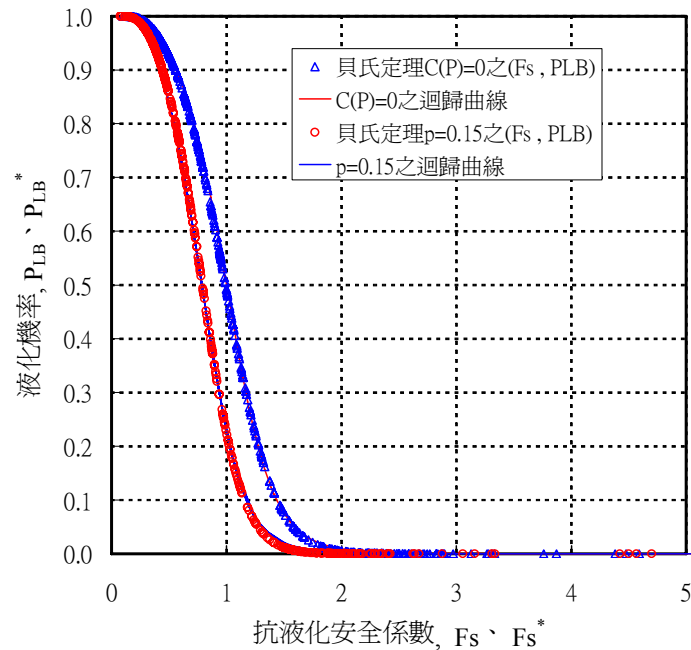


圖 5-15 貝氏定理 $C(P)=0$ 、 $p=0.15$ 之抗液化安全係數與液化機率之關係圖

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（如臺中港區）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。

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

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：

$IL \geq 15$ 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

$5 \leq IL < 15$ 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臺中港區歷年地震的統計結果，包含 50 年到 200 年的再現值，臺中港區的最大地震紀錄值與日本神戶港區的烈震數據，以及新頒布的臺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，因機率範圍係由 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遂漸加深，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：

$IL \geq 15$ 高度液化災害風險區，標示為紅色。

$5 \leq IL < 15$ 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：

$P_{LW} \geq 0.4$ 高度液化災害風險區，標示為紅色。

$0.2 \leq P_{LW} < 0.4$ 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)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、臺北、臺中、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. 此時螢幕會展繪出臺灣全島地圖，並標示基隆、臺北、臺中、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 臺北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臺灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖 6-1 所示。
2. 將滑鼠遊標移至臺北港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出臺北港區基本

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。臺北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。

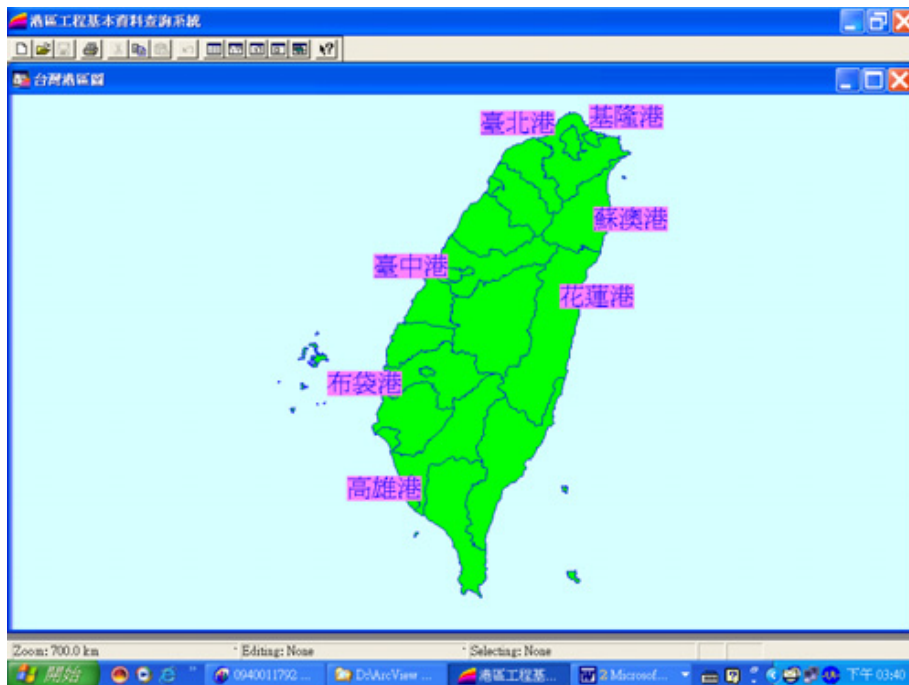


圖 6-1 查詢系統主畫面



圖 6-2 臺北港區地圖圖層及選單下拉模式

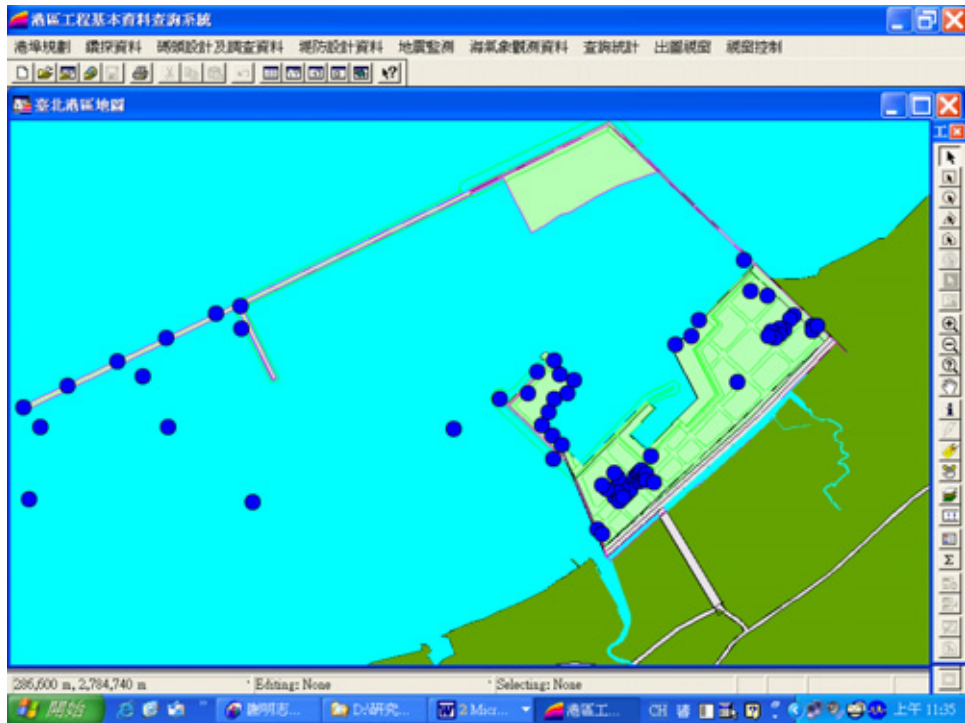


圖 6-3 臺北港區鑽探孔位分佈圖

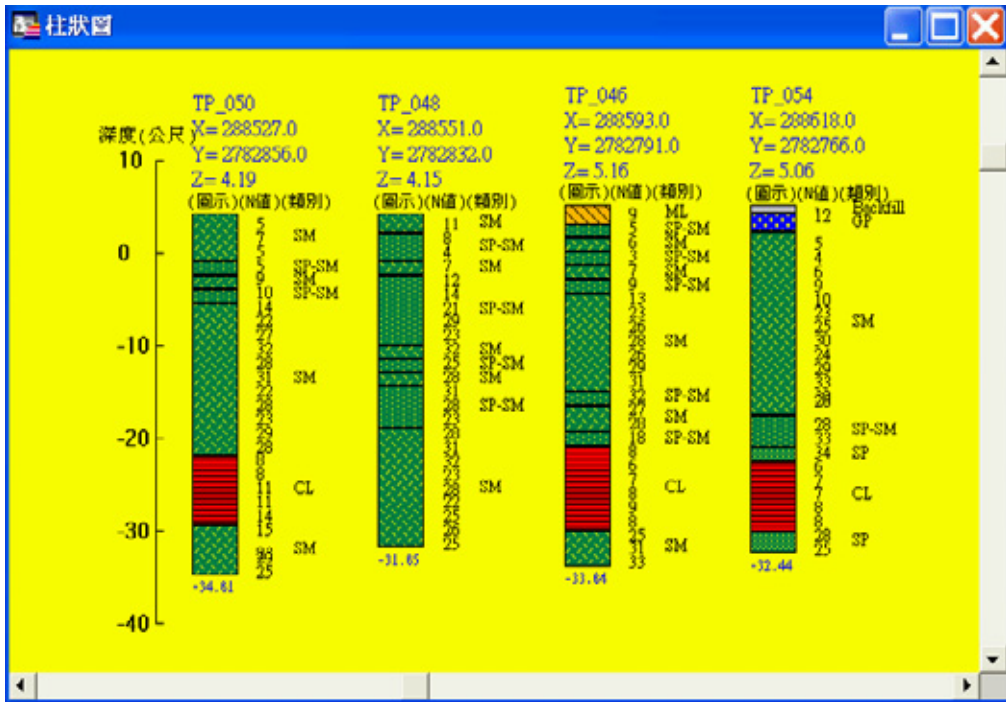


圖 6-4 臺北港區鑽孔柱狀圖

Figure 6-5 is a dialog box titled "請選擇地震強度" (Please select seismic intensity). It contains radio button options for different earthquake magnitudes (M) and maximum accelerations (g). The options are:

- 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

At the bottom, there are input fields for "地震規模M=" and "最大加速度g=", and buttons for "確定" (OK) and "取消" (Cancel).

圖 6-5 地震強度選取對話框

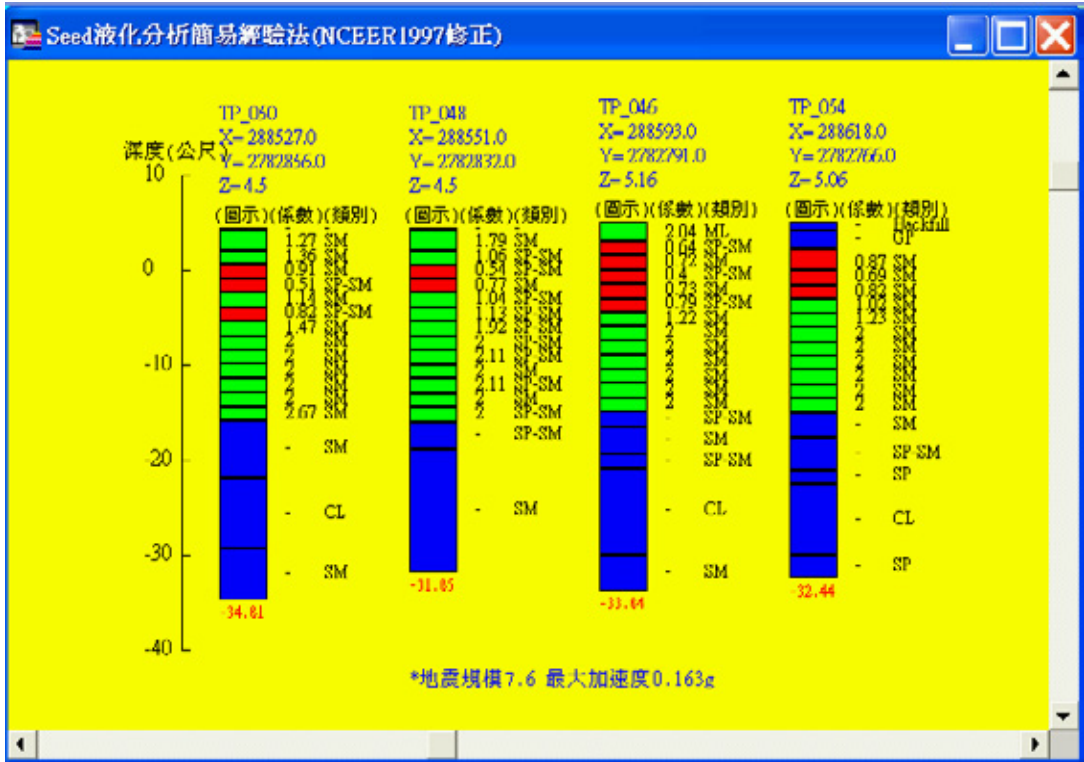


圖 6-8 臺北港區 Seed 抗液化安全係數柱狀圖

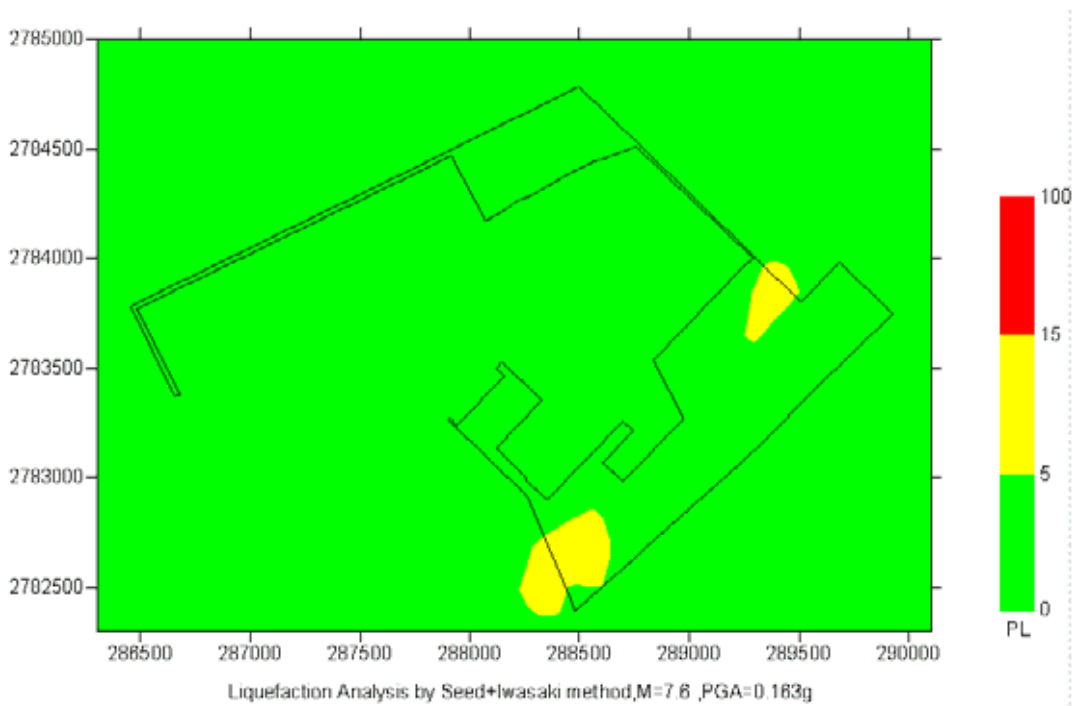


圖 6-9 臺北港區 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

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

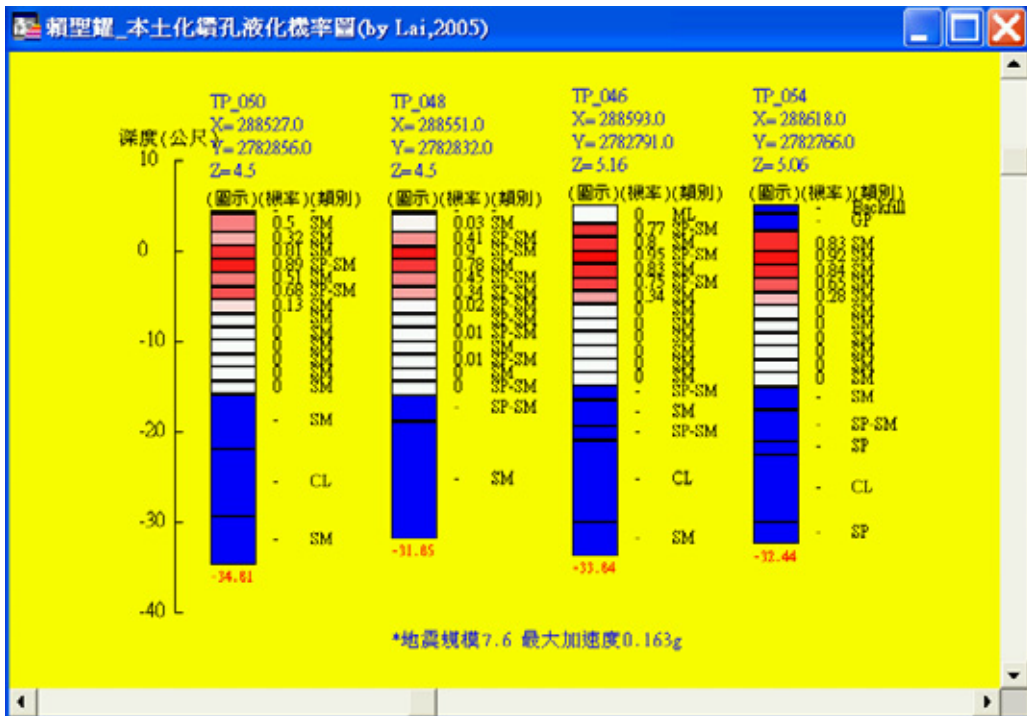


圖 6-11 臺北港區鑽孔 Lai 液化機率分析結果柱狀圖

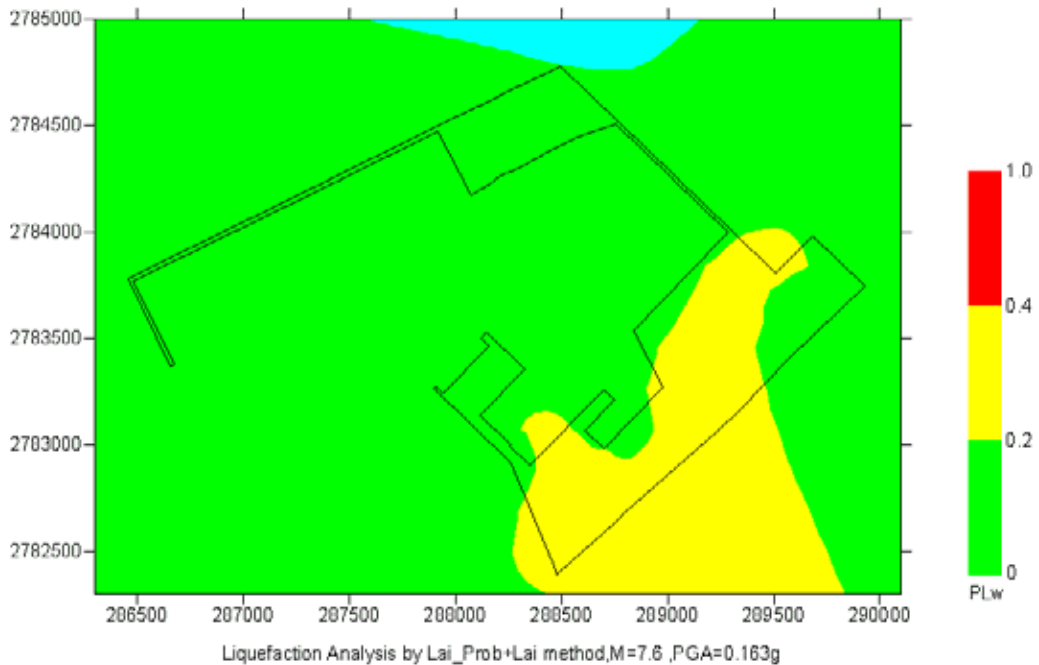


圖 6-12 臺北港區 Lai_Prob+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

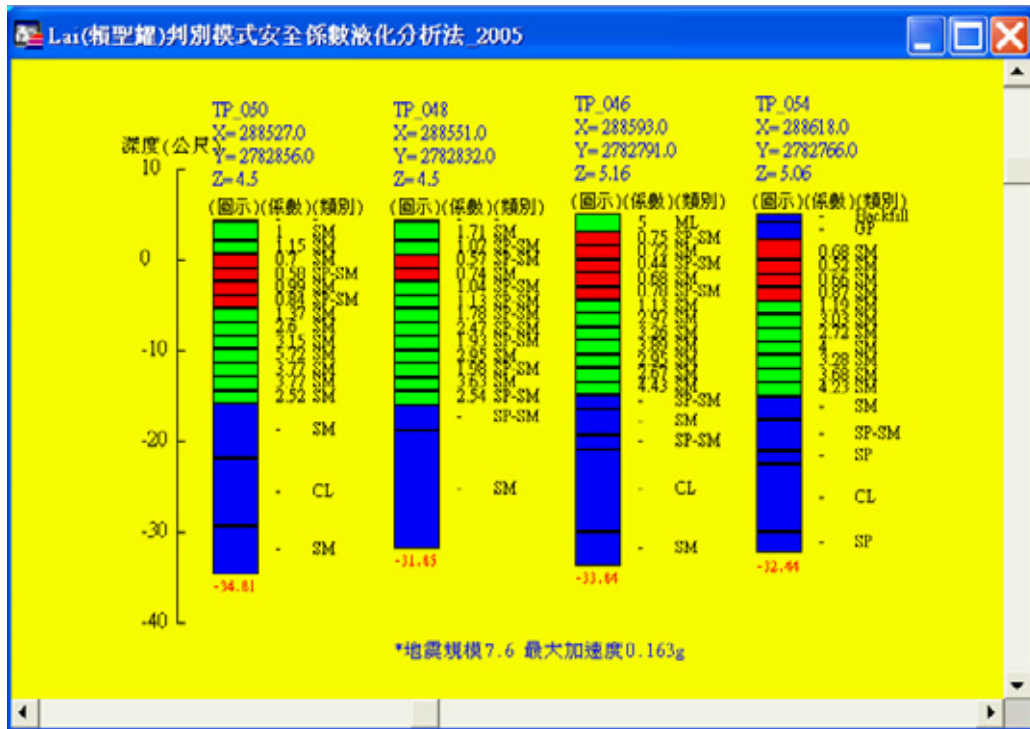


圖 6-13 臺北港區 Lai 抗液化安全係數柱狀圖

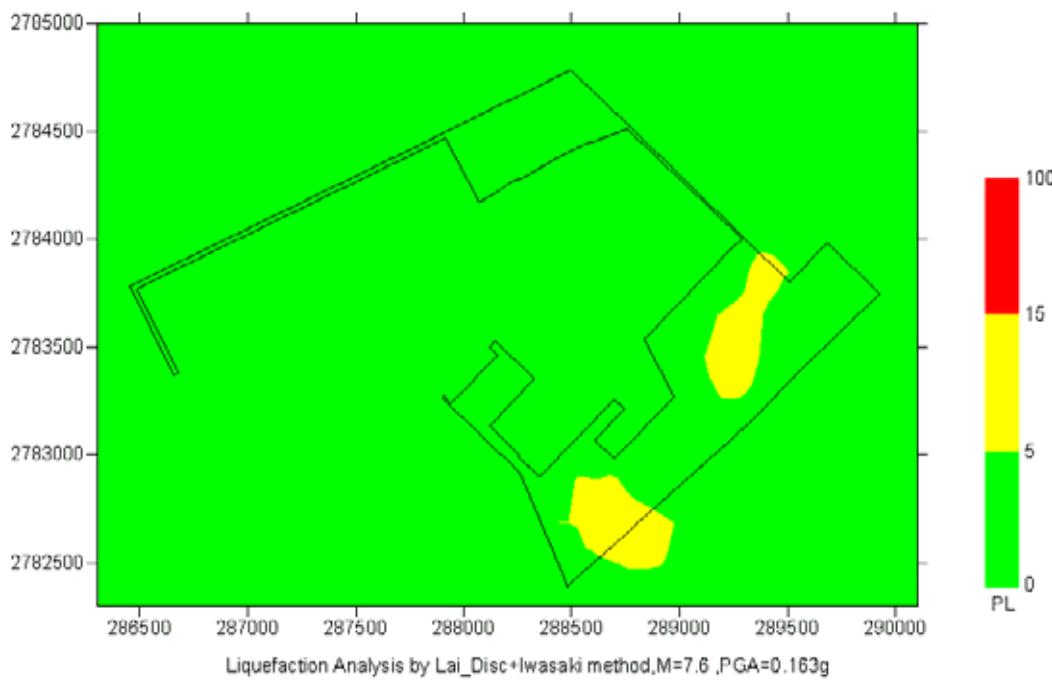


圖 6-14 臺北港區 Lai+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

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，臺北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。

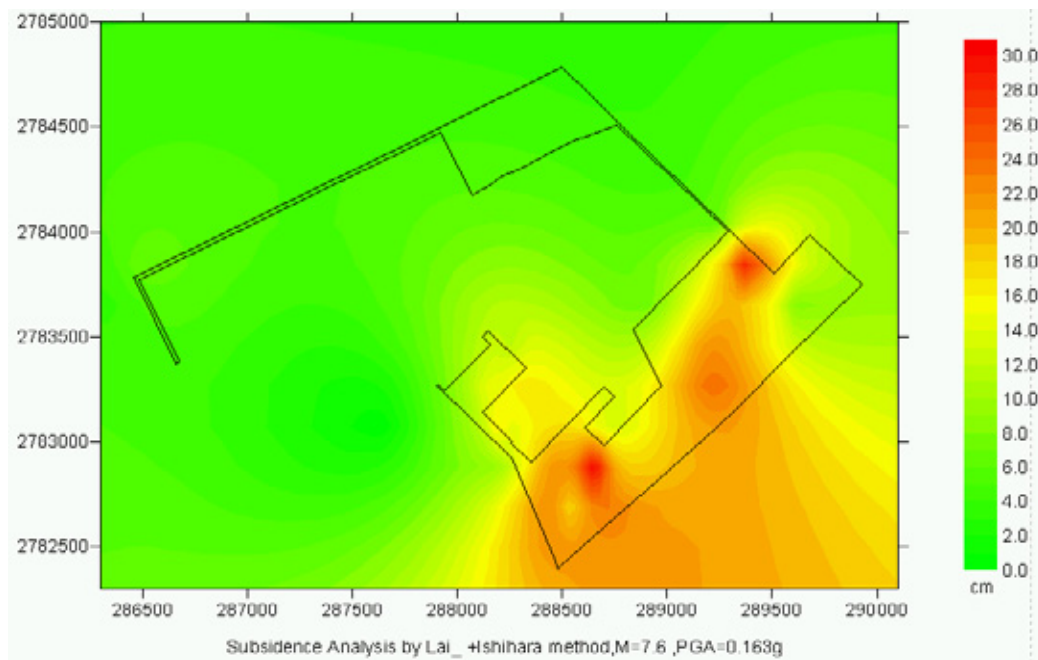


圖 6-15 地震下陷分析成果圖

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)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、臺北、臺中、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、臺北、臺中、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 臺北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. 將滑鼠遊標移至臺北港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出臺北港區基本地圖圖層，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。臺北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。臺北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。

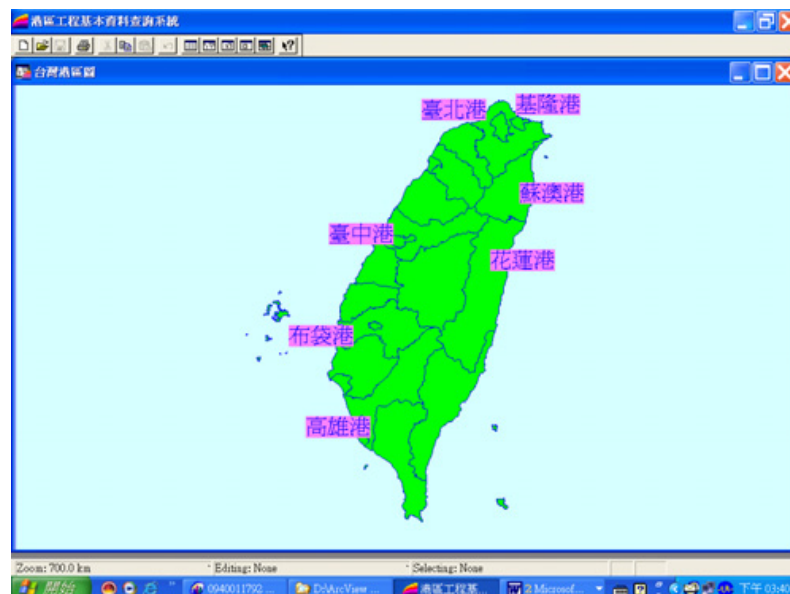


圖 7-1 查詢系統主畫面



圖 7-2 臺北港區地圖圖層及所開發之選單列



圖 7-3 臺北港區「碼頭設計及調查資料」選單下拉模式



圖 7-4 臺北港區碼頭位置分佈圖



圖 7-5 臺北港區碼頭使用功能主題圖

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)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_2007.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、臺北、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 臺北港鋼板樁檢測資料查詢展示

臺北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、臺北、臺中、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「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 所示為臺北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 所示為臺北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，系統

即呼叫 surfer 程式，展繪該檢測段之腐蝕速率，成果如圖 8-5 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 8-6 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 8，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。

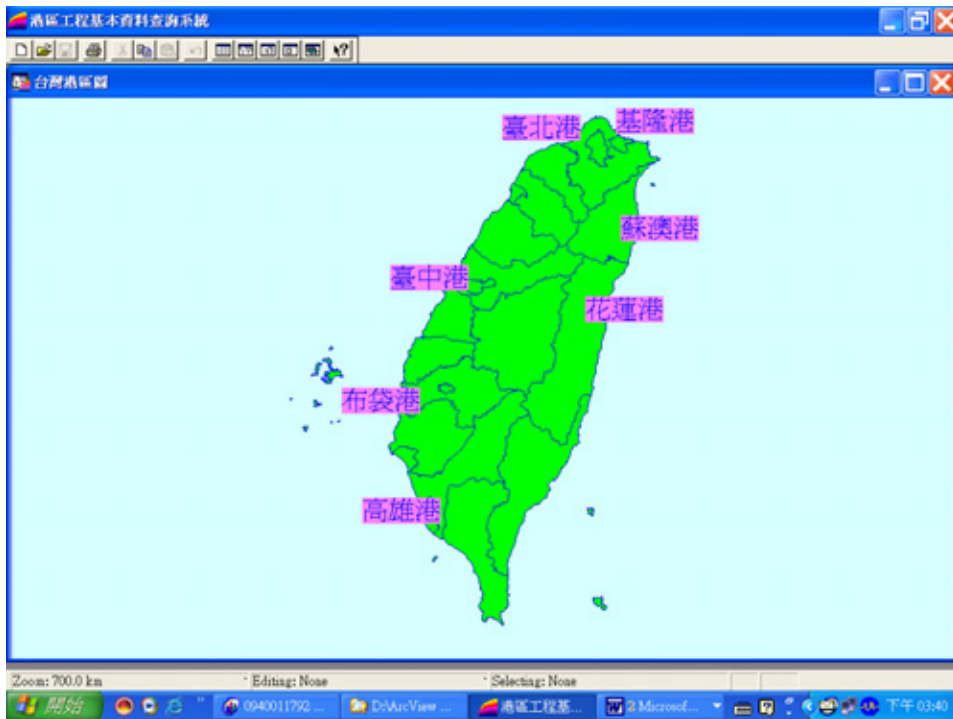


圖 8-1 查詢系統主畫面



圖 8-2 臺北港碼頭資料選單下拉及碼頭位置分佈圖

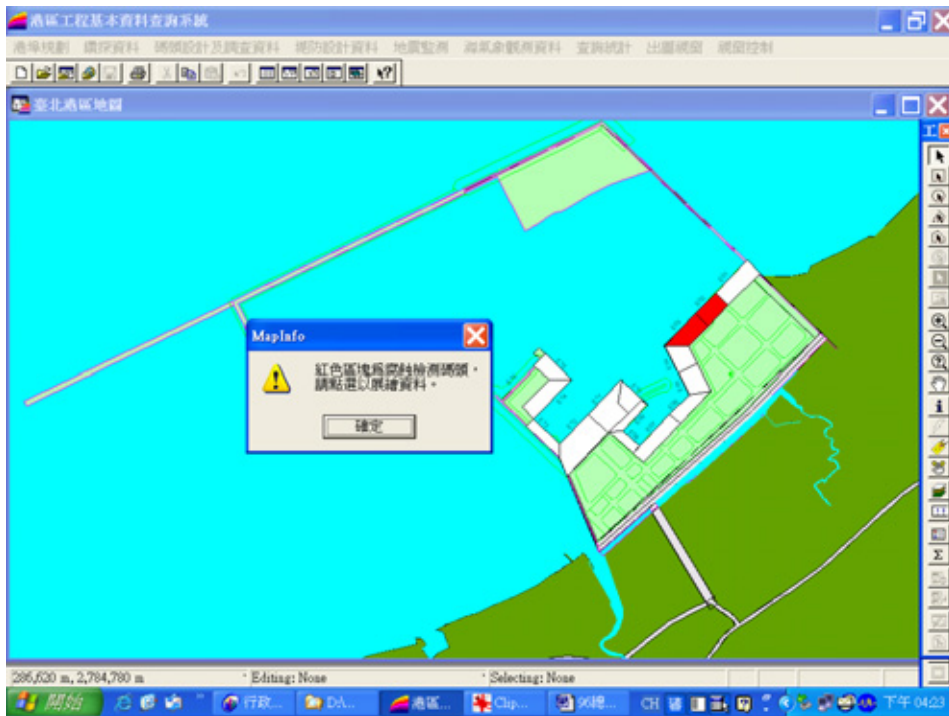


圖 8-3 臺北港腐蝕調查碼頭位置分佈圖

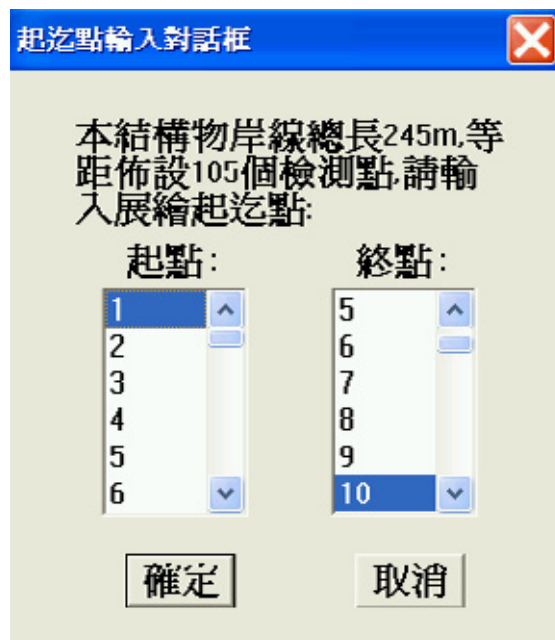


圖 8-4 檢測起迄點輸入對話框

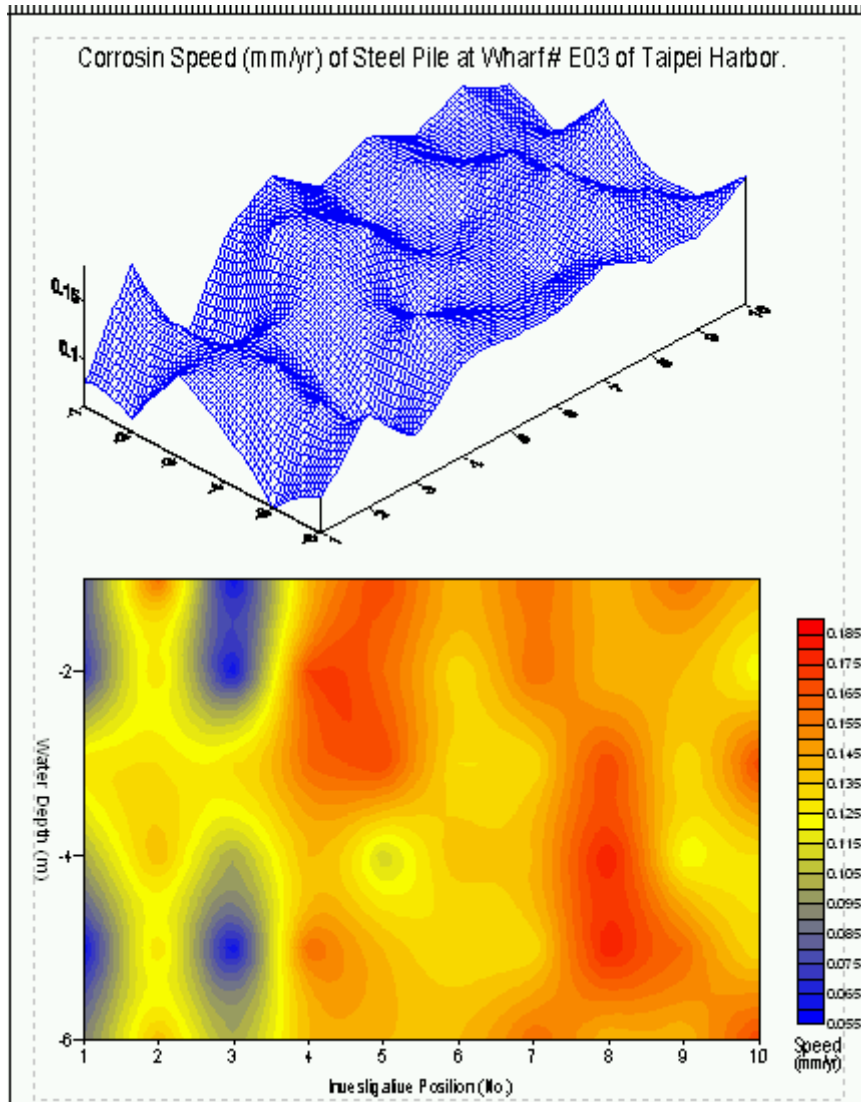


圖 8-5 臺北港腐蝕速率調查成果展繪圖

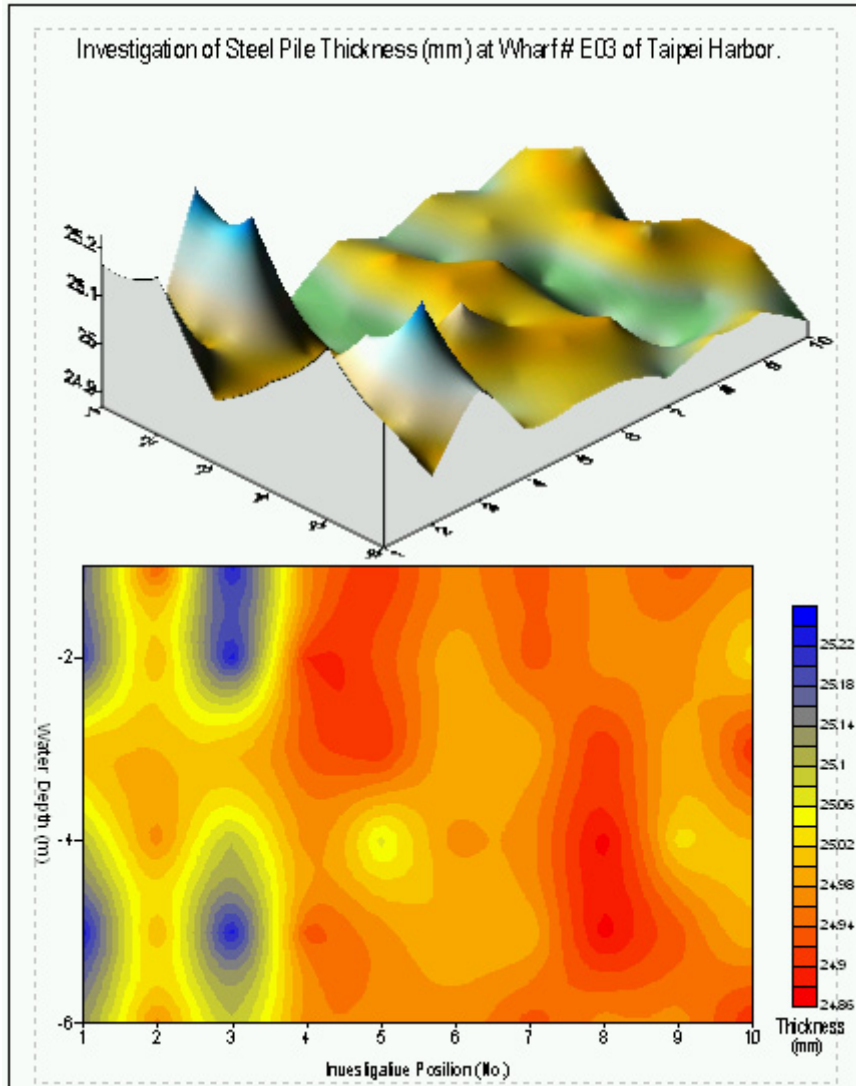


圖 8-6 臺北港鋼板厚度調查成果展繪圖

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、臺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六個欄位，依序為：碼頭、1998 年、1999 年、2000 年、2001 年、2002 年、2003 年、2004 年、2005 年、2006 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	2005 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
10	2006 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
11	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、臺中港及基隆港港區資料夾底下。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、臺北、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、臺中、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 臺中港貨櫃碼頭營運資料查詢展示

臺中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、臺中、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，點選臺中港，則螢幕展繪出臺中港區的向量地圖，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，臺中港單一碼頭貨櫃區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，臺中港多選碼頭貨櫃區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。臺中港全港碼頭貨櫃區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。

9.6 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、臺中、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 9-11 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 9-12 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 9-13 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 9-14 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。

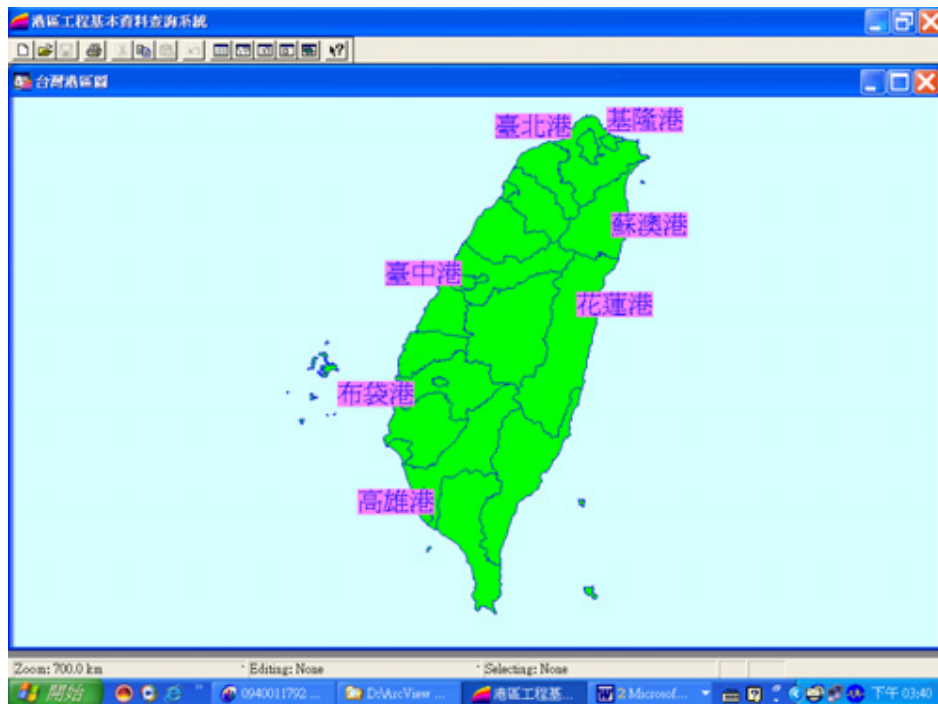


圖 9-1 查詢系統主畫面

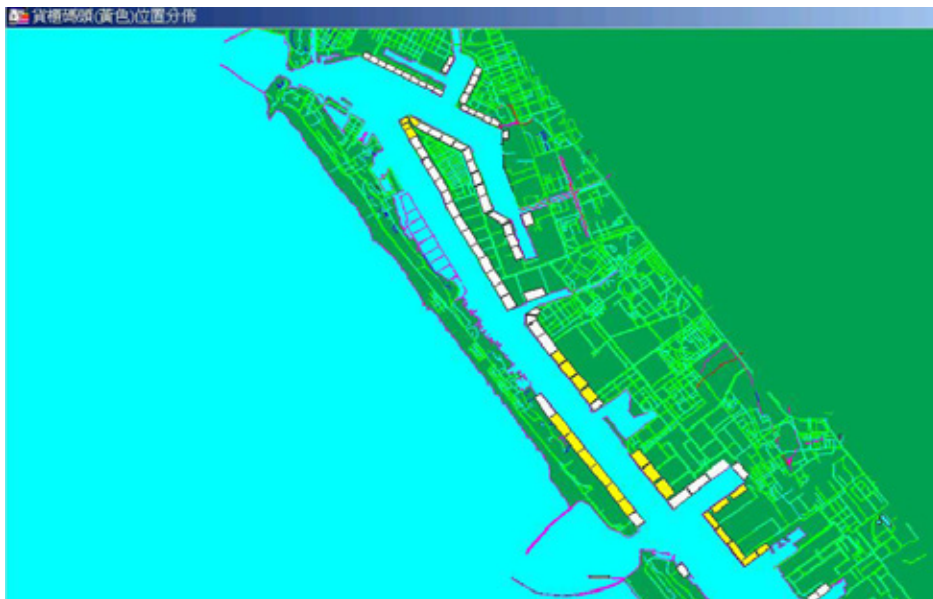


圖 9-2 高雄港貨櫃碼頭分佈位置圖

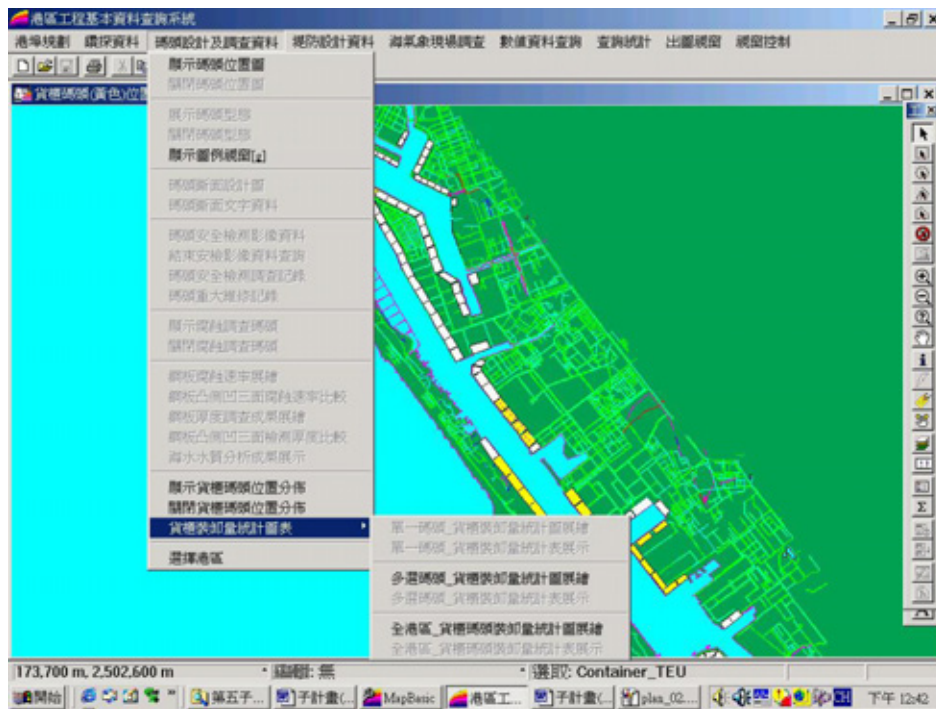


圖 9-3 高雄港貨櫃裝卸量選單呈列狀況圖

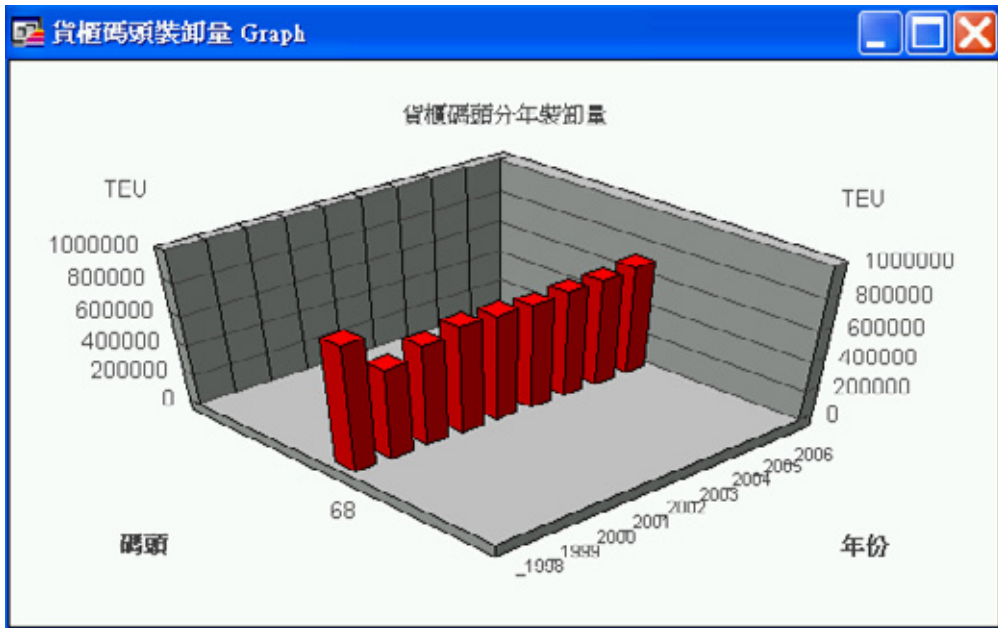


圖 9-4 高雄港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

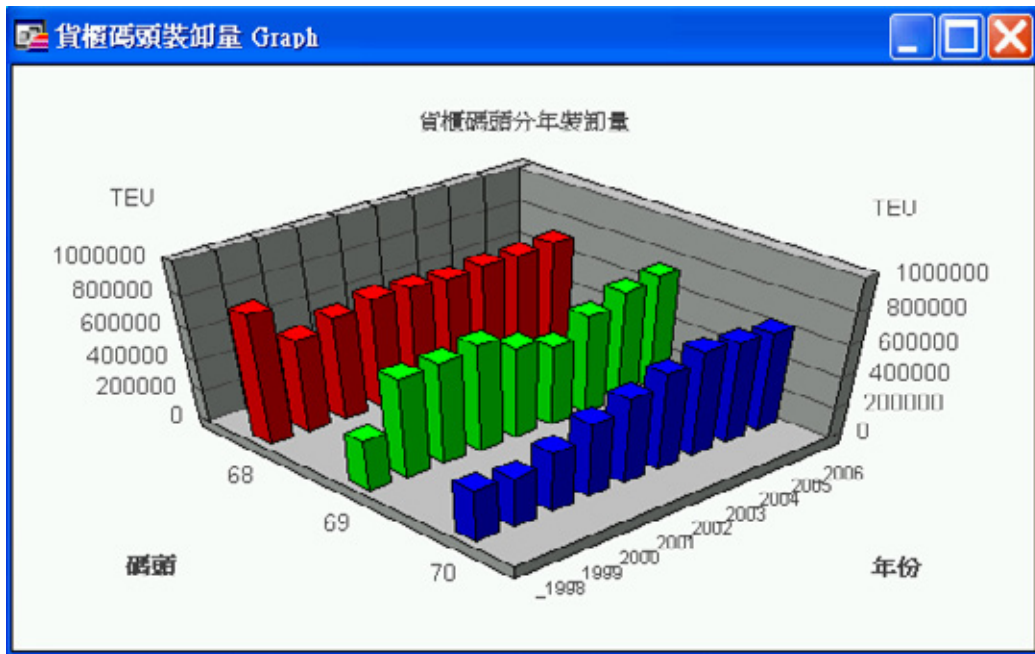


圖 9-5 高雄港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

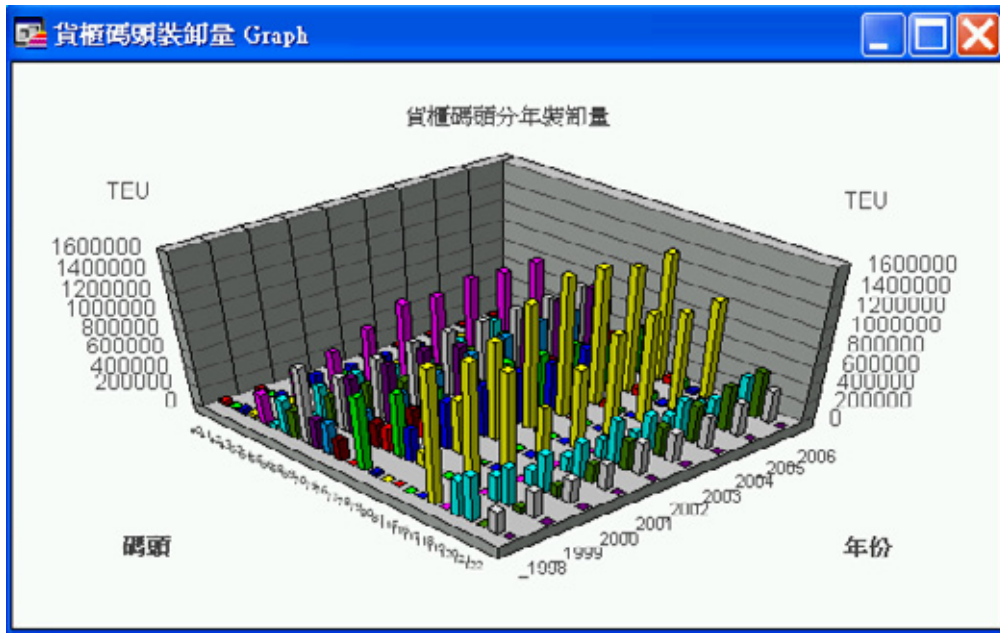


圖 9-6 高雄港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪



圖 9-7 臺中港貨櫃碼頭分佈位置圖

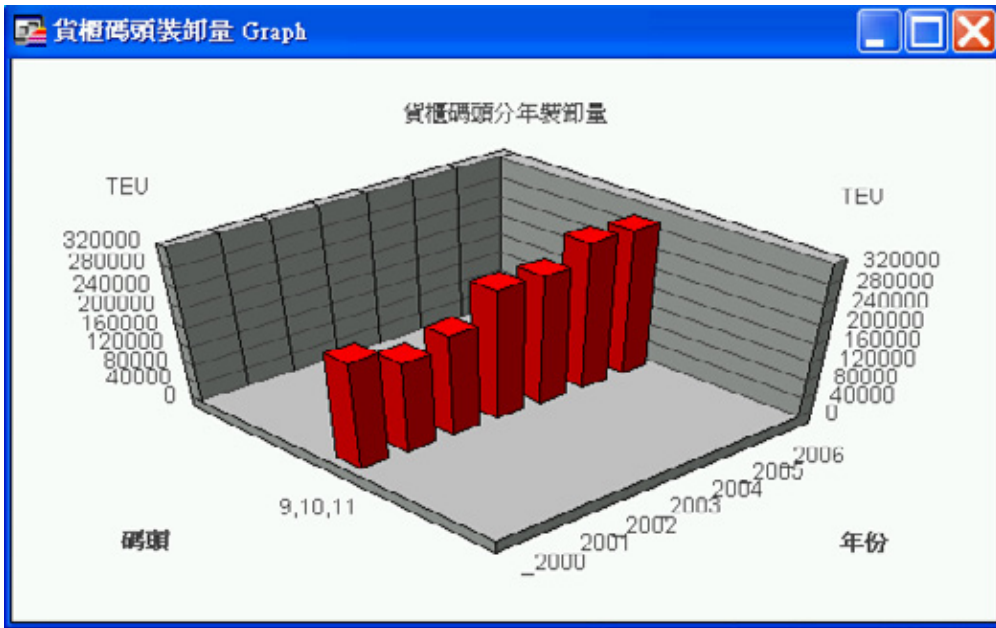


圖 9-8 臺中港單一碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪

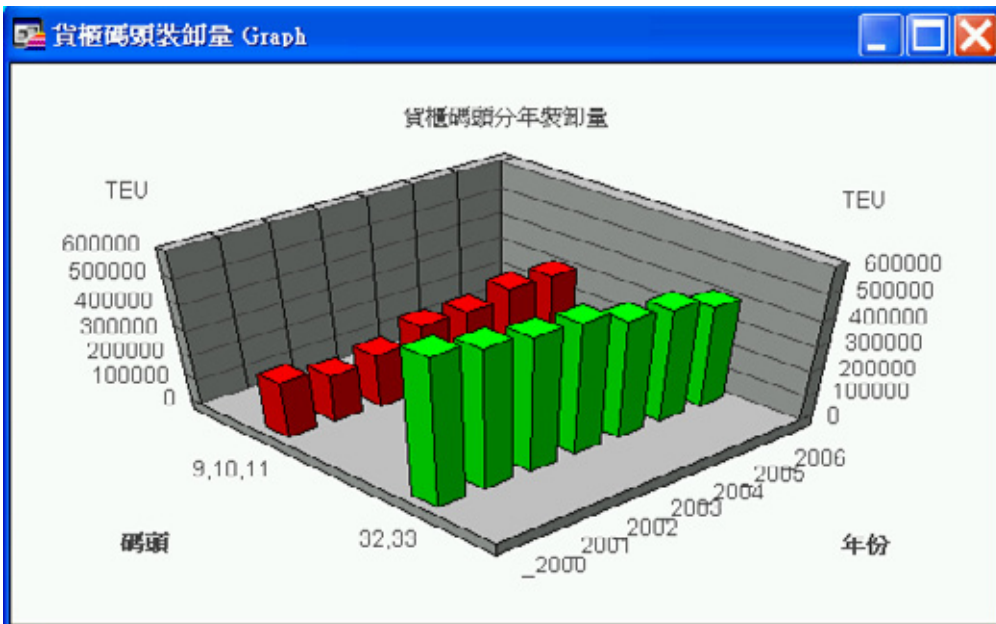


圖 9-9 臺中港多選碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪

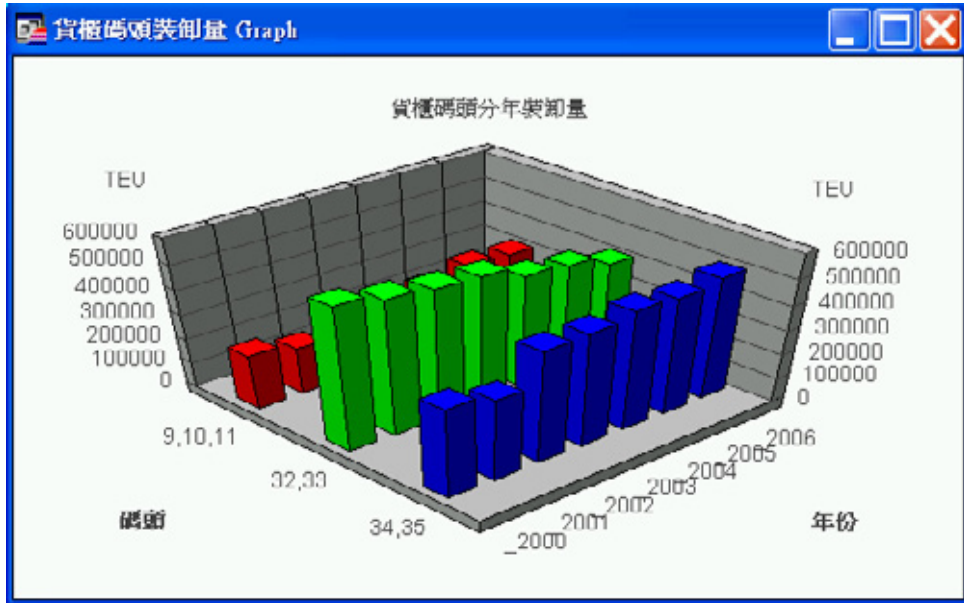


圖 9-10 臺中港全港碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪



圖 9-11 基隆港貨櫃碼頭分佈位置圖

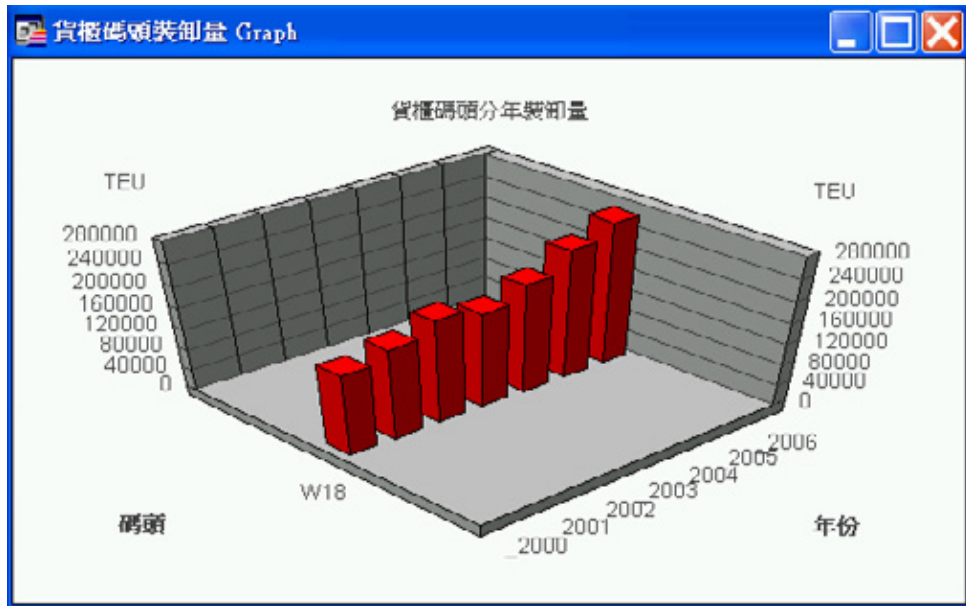


圖 9-12 基隆港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

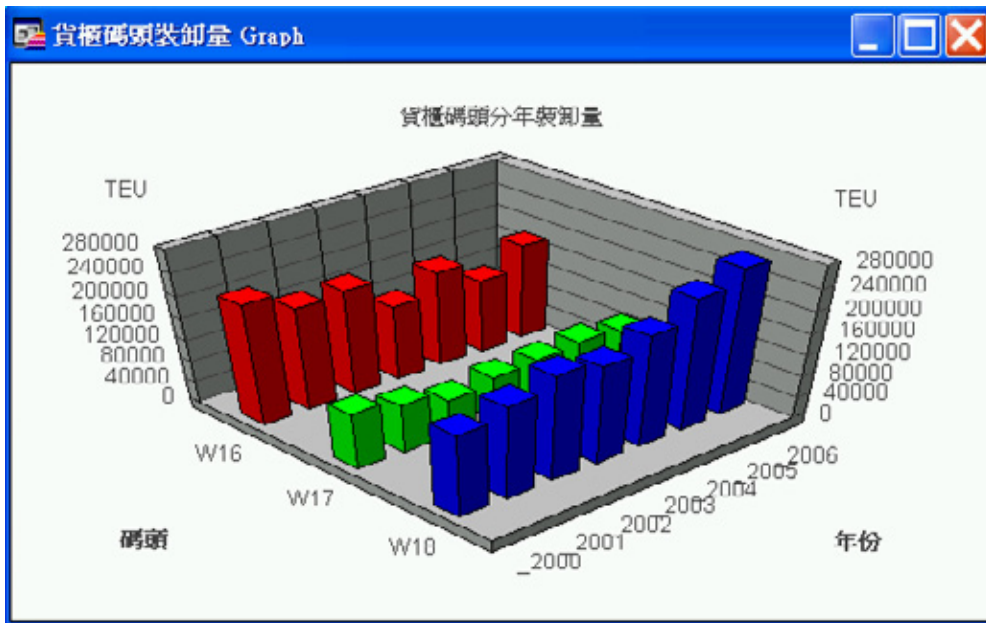


圖 9-13 基隆港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

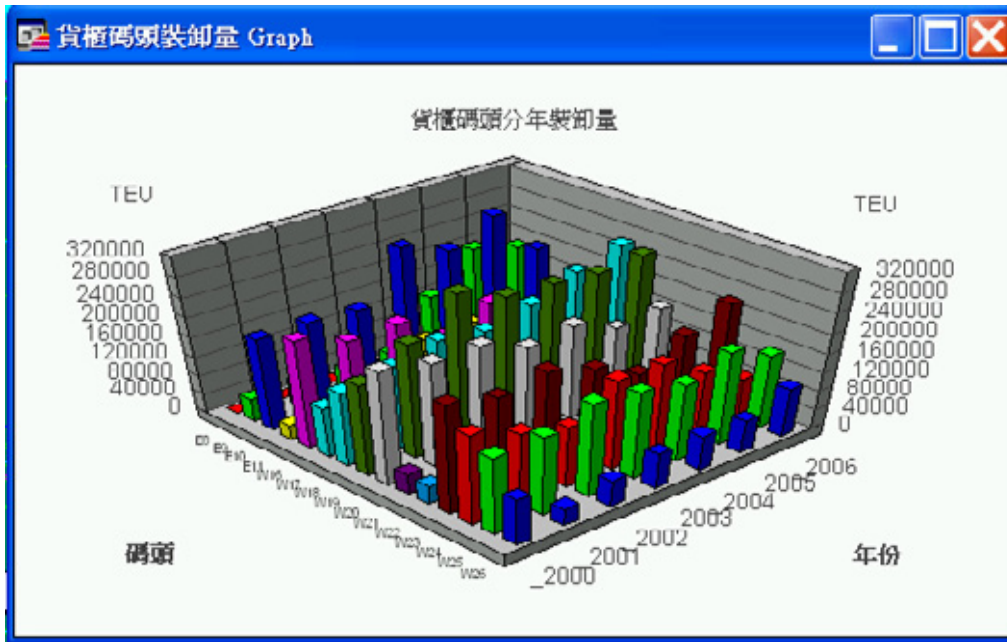


圖 9-14 基隆港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪

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)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、臺中、布袋、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. 此時螢幕會展繪出臺灣全島地圖，並標示基隆、臺北、臺中、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「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 **Discard** 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 臺北港堤防設計資料查詢說明

10.2.1 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臺灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖

10-1所示。

2. 將滑鼠遊標移至臺北港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出臺北港區基本地圖圖層，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。臺北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。臺北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。

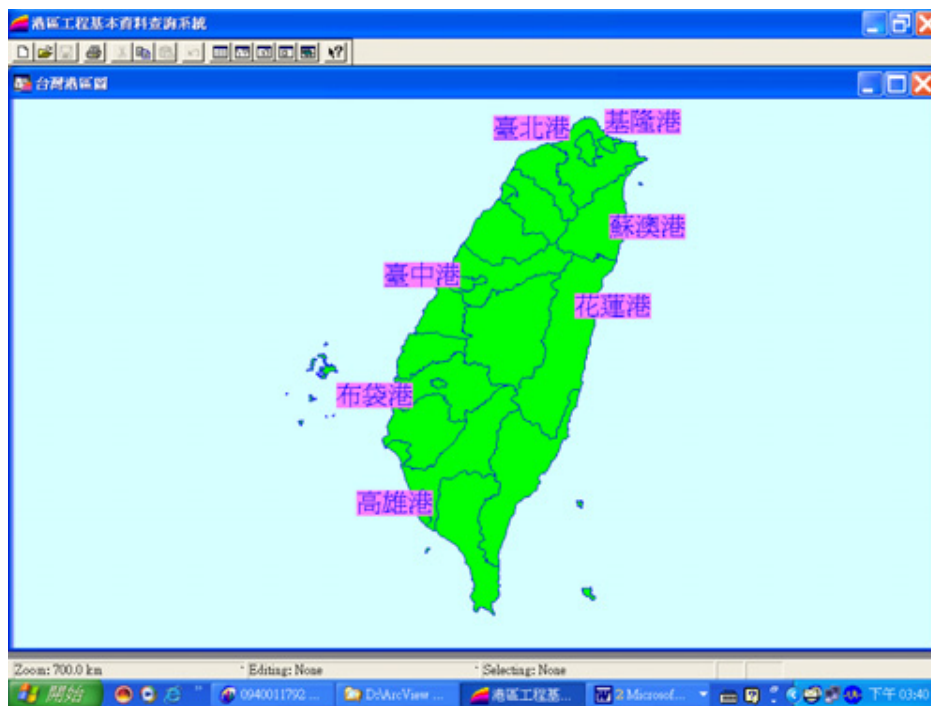


圖 10-1 查詢系統主畫面



圖 10-2 臺北港區地圖圖層及所開發之選單列



圖 10-3 臺北港區「堤防設計資料」選單下拉模式



圖 10-4 臺北港區堤防位置分佈圖



圖10-5 臺北港區堤防結構型式主題圖

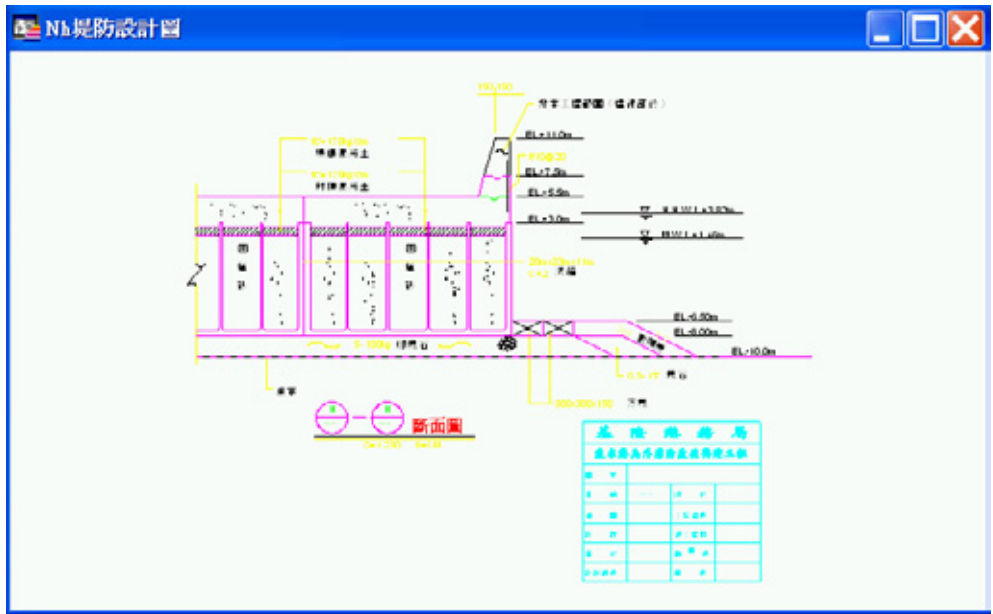


圖10-6 臺北港區堤防斷面圖之一

第十一章 海氣象調查資料查詢展示

11.1 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 11-1 所示。

表 11-1 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	臺北港	波浪	2000	6月	點	1	1	287,042	2,786,156	表	D:\GisF1\TP\VI\	V006TP11.pdf	pdf	波高與週期月報表
2	現場	臺北港	波浪	2000	6月	點	1	1	287,042	2,786,156	表	D:\GisF1\TP\VI\	V006TP17.pdf	pdf	波高與波向月報表
3	現場	臺北港	波浪	2000	7月	點	1	1	287,042	2,786,156	表	D:\GisF1\TP\VI\	V008TP11.pdf	pdf	波高與週期月報表
4	現場	臺北港	波浪	2000	7月	點	1	2	287,042	2,786,156	表	D:\GisF1\TP\VI\	V008TP17.pdf	pdf	波高與波向月報表
5	現場	臺北港	波浪	2000	8月	點	1	2	287,042	2,786,156	表	D:\GisF1\TP\VI\	V008TP11.pdf	pdf	波高與週期月報表
6	現場	臺北港	波浪	2000	8月	點	1	2	287,042	2,786,156	表	D:\GisF1\TP\VI\	V008TP17.pdf	pdf	波高與波向月報表
7	現場	臺北港	波浪	2000	9月	點	1	0	287,042	2,786,156	表	D:\GisF1\TP\VI\	V00CTP11.pdf	pdf	波高與週期月報表
8	現場	臺北港	波浪	2000	9月	點	1	0	287,042	2,786,156	表	D:\GisF1\TP\VI\	V00CTP17.pdf	pdf	波高與波向月報表
9	現場	臺北港	波浪	2000	10月	點	1	0	287,042	2,786,156	表	D:\GisF1\TP\VI\	V011TP11.pdf	pdf	波高與週期月報表

現場觀測海氣象資料圖表查詢系統流程如圖 11-1 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，主畫面即顯示臺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。

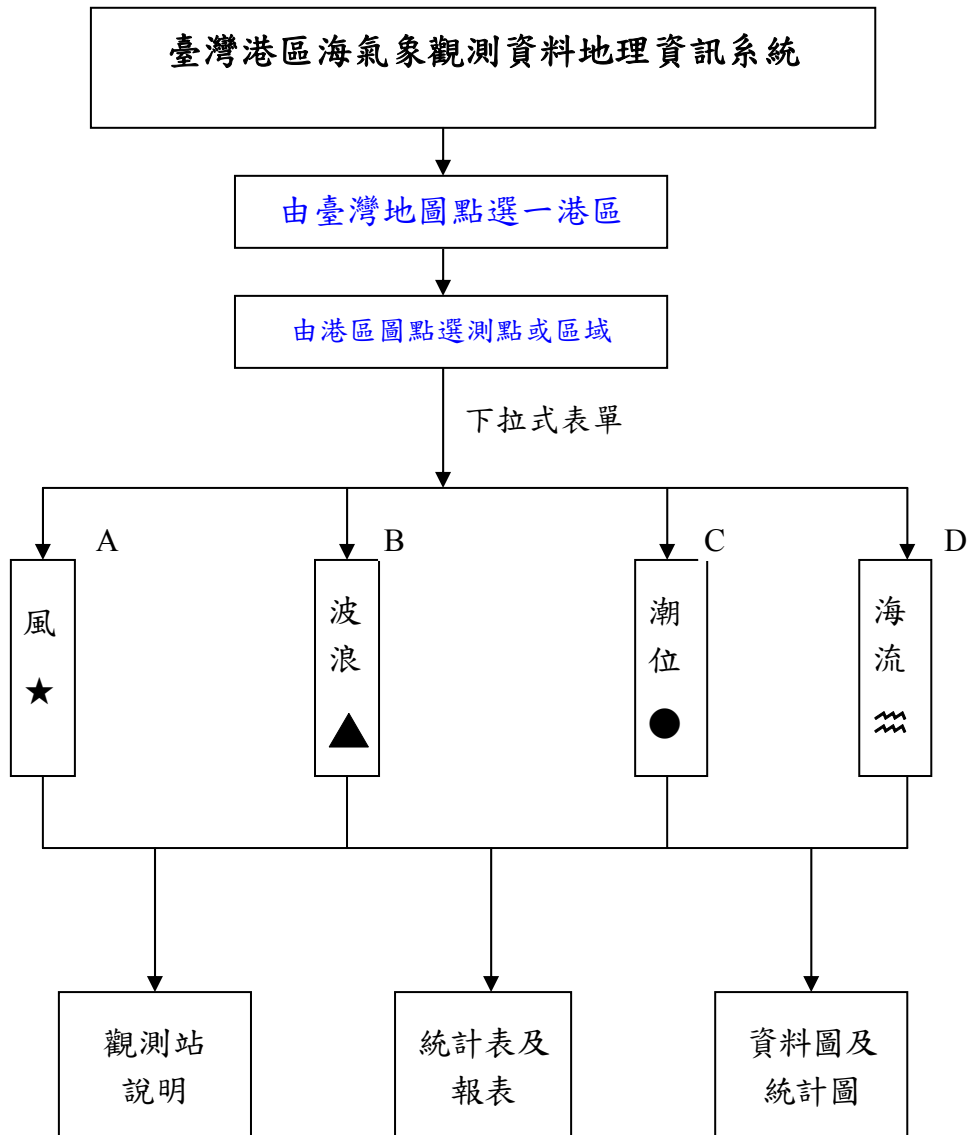


圖 11-1 臺灣港區海氣象觀測資料地理資訊系統流程圖

11.2 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)

11.3 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」內第五個主選單即為「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-2007.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，並標示基隆、臺北、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。

11.4 臺北港海氣象調查資料查詢展示

臺北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11.3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11-2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「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。臺北港區海氣象查詢表單下拉及潮位測站位置展示如圖11-3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11-4，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11-5，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11-6，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11-7為臺北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11-8為臺北港海流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。

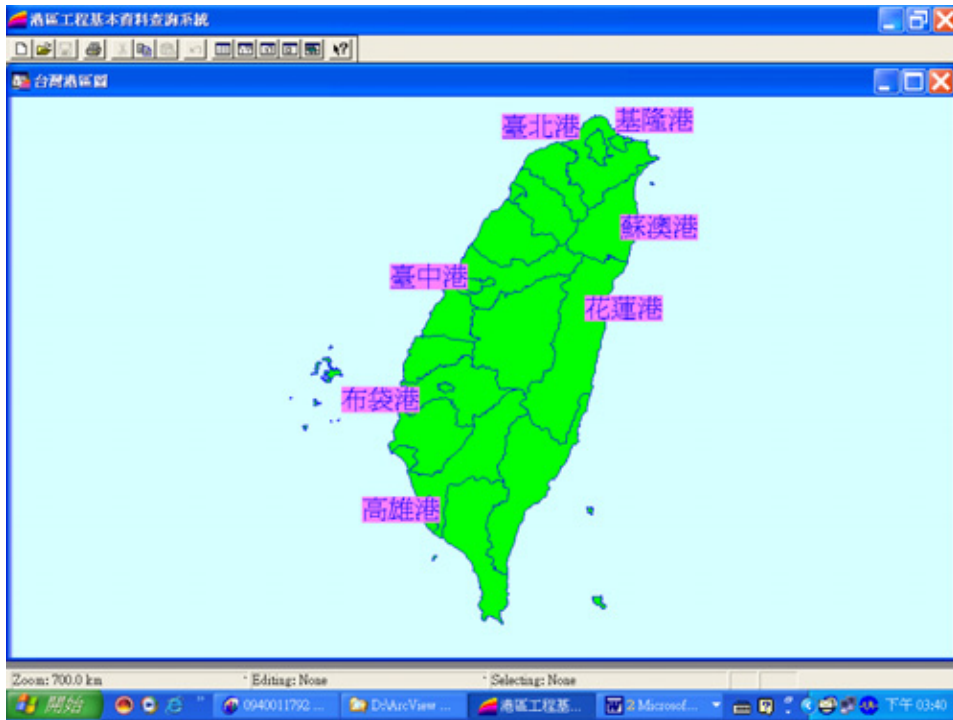


圖 11-2 查詢主畫面

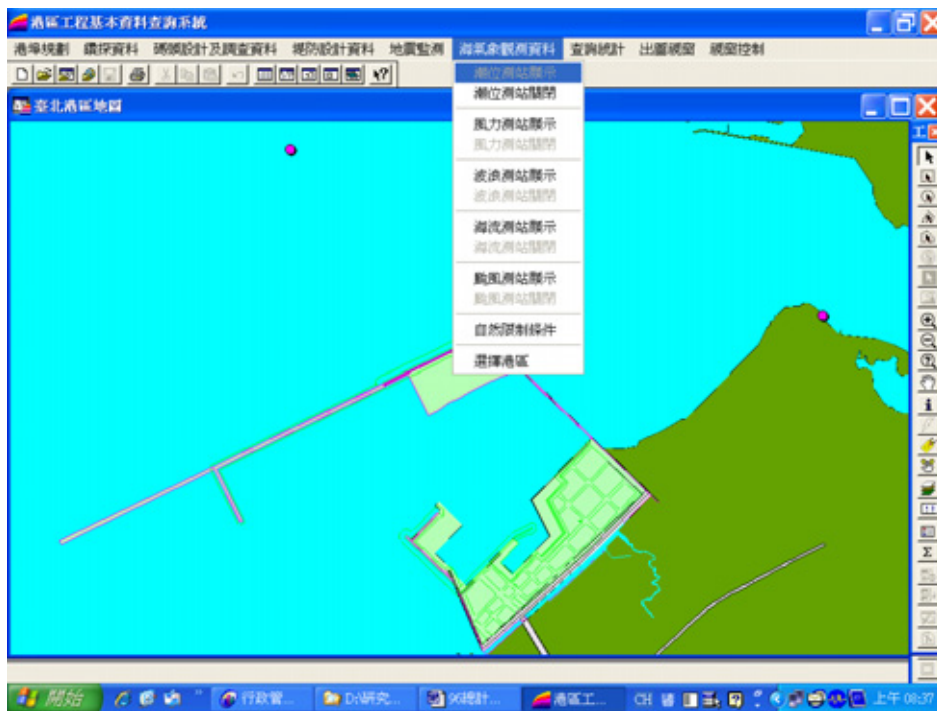


圖 11-3 臺北港區海氣象查詢表單及潮位測站位置展示圖

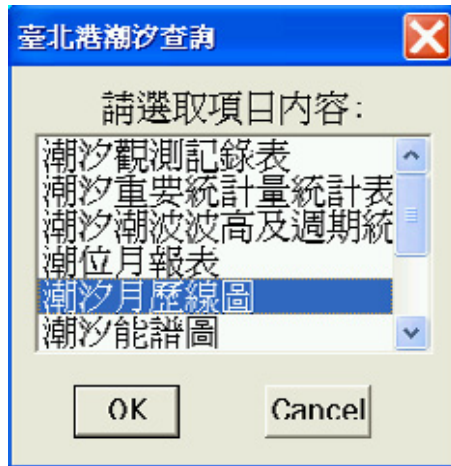


圖 11-4 臺北港潮位資料內容選取對話框



圖 11-5 臺北港潮位資料年份選取對話框

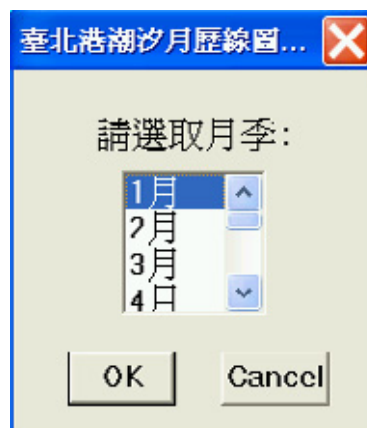


圖 11-6 臺北港潮位資料月季選取對話框

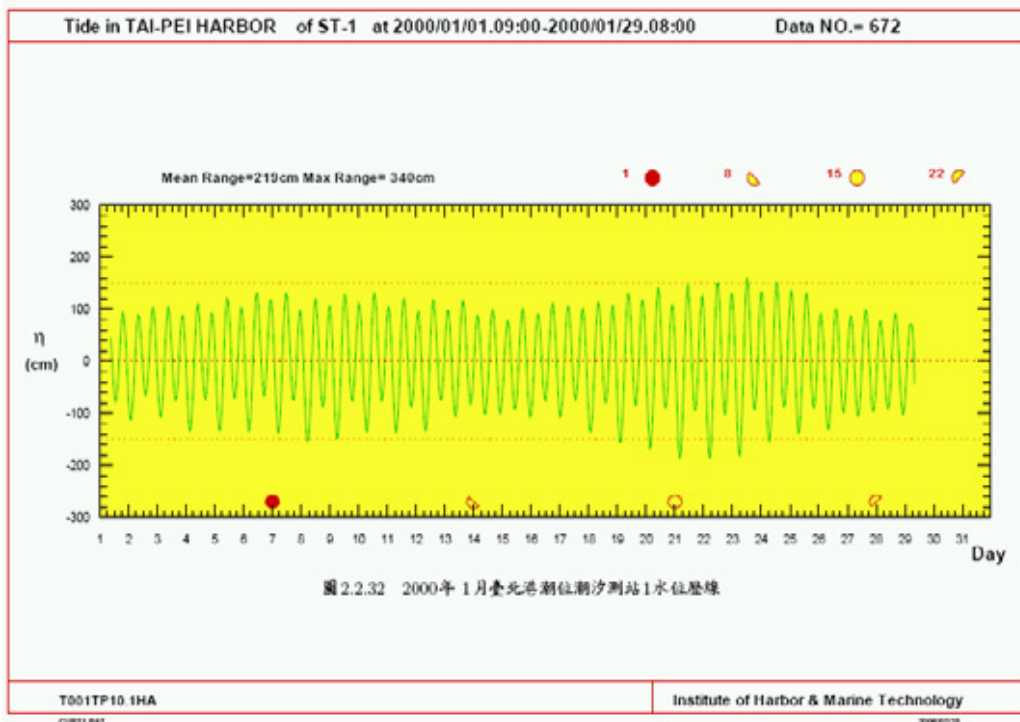


圖 11-7 臺北港潮位資料圖查詢結果之一

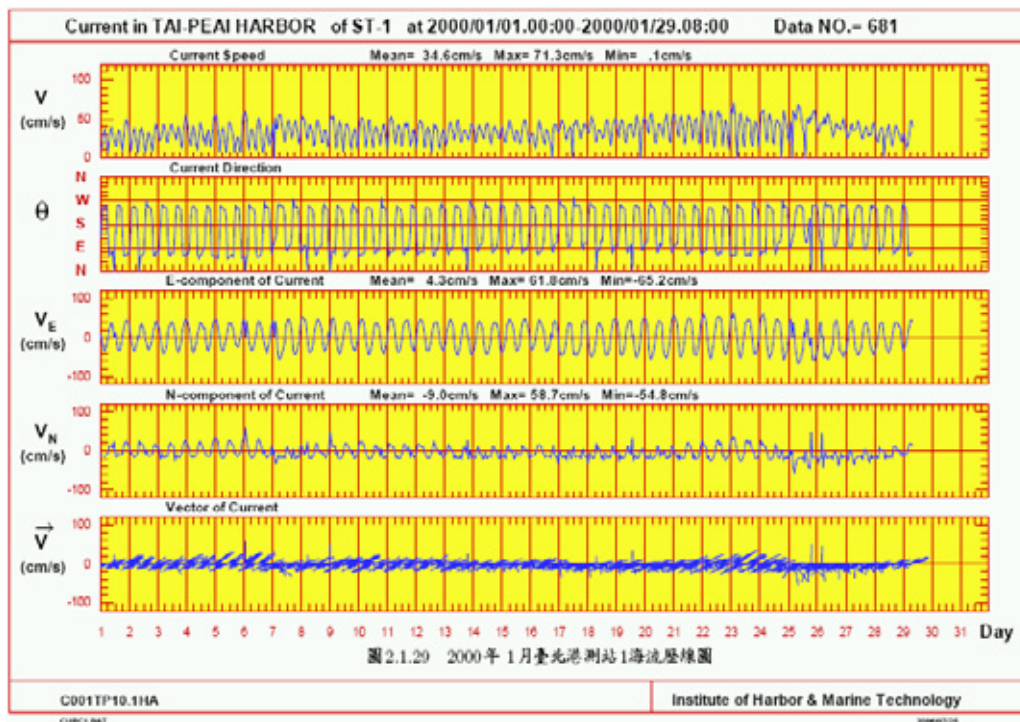


圖 11-8 臺北港海流資料圖查詢結果之一

第十二章 港灣工程基本資料網路查詢系統建構

12.1 港灣工程基本資料網路查詢系統設置目的

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。充分發揮資料管理效益，開發資料應用模組，架構成港區工程基本資料查詢系統，以多樣化表現方式呈現，建立友善介面供使用者使用。

本計畫針對已架構之查詢系統，將基隆港之查詢系統網路化，系統內容包含：

- 1.港埠規劃資料查詢展繪：含現況及未來規劃等資料。
- 2.鑽探資料查詢展繪：含柱狀圖、液化柱狀圖等資料。
- 3.碼頭設計及調查資料查詢展繪：含斷面圖、板樁腐蝕調查等資料。
- 4.堤防設計資料查詢展繪：含斷面圖、型式主題圖等資料。
- 5.海氣象觀測資料查詢展繪：含風潮浪流等資料。

本計畫成果可使資料查詢更便利，利用網路即可上網查詢該港相關資料，免去單機版安裝及使用者人數限制之困擾，可使資料展現介面更具親和性。

12.2 系統架構

港灣工程基本資料網路查詢系統架構如圖 12-1 所示。

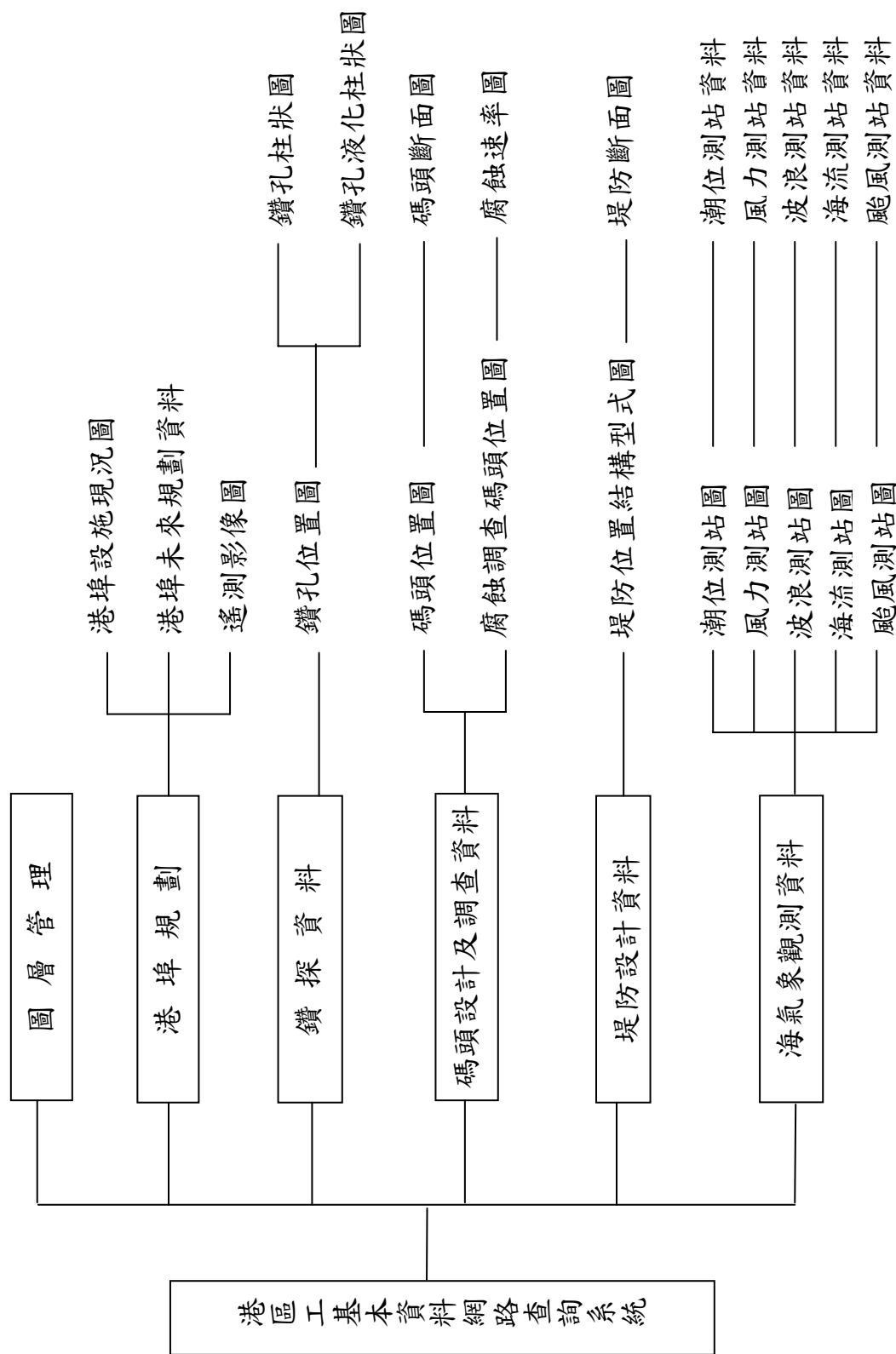


圖 12-1 港灣工程基本資料網路查詢系統架構圖

12.3 系統開發工具

12.3.1 Inet Editor GIS 編輯器

依據資料建檔工作所需具備之軟體基本功能，本研究採用藏識科技有限公司所發展的地理資訊系統應用軟體，該軟體即命名為 Inet Editor GIS 編輯器。INet Editor 是 INet Tools 成員中的地圖編輯器，是一個完整的地理資訊系統，可以對本端的向量資料、影像資料，或是遠端的空間資料庫，做迅速且正確的整合。並可對資料做修改、查詢、運算建立 Grid 圖層、3D 模型、資料分析及資料展示等功能。該系統特色如下：

1.特殊編修功能

以線段切割線段、以線段切割面、將線段延伸至某圖素邊界．．．等特殊編修功能，是針對地理資訊人員的需求而設計，大大增加了地理資訊編修的方便性。

2.追點編修功能

「追點」是為描繪幾何圖形而設計的輔助編修功能。根據滑鼠的移動方向，追點功能便會自動鎖定參考圖層中的交點及節點，並繪製出連結的線段。

3.VBA 開發自製化功能

INet GISViewer 內提供 VBA 開發巨集的能力，可以在 Viewer 內開發自己專屬的功能。設計好的巨集可以匯出成單獨的檔案，供匯入到其他的 INet Viewer 內。

4.遠端空間資料庫連線

INet GISViewer 內建與遠端空間資料庫(INet SDS)連線的能力。連線後可以取得遠端空間資料庫的資料作為 Viewer 內的圖層。

5.建置立體模型

配合高程資料，INet GISViewer 可直接顯示立體模型。亦可將圖素為面的向量圖層設定為 3D 建物模型圖層，便可在立體模型上一併展現建物的模型資料。若再設定貼圖材質，便可真實地展現建物風格。

6.特殊影像演算技術:

INetGIS 系統核心亦發展出一套演算速度與資料大小相關性極小的演算法，也就是說對於 1GB 與 1TB 的影像其開檔與顯示速度幾乎相同，INetGIS 系統能讓 1TB 的影像資料於數秒內開檔並顯示。

7.將多張影像合併的鑲嵌技術:

INetGIS 具有將多張影像製作成鑲嵌影像的能力，可將多張影像製作成一個 IIF 影像檔。IIF 影像採用特殊的演算法與資料結構，使所製作的鑲嵌影像沒有容量限制，以 Windows NT 檔案系統為例，可容納大約為 16,777,216TB (1TB=1024GB)鑲嵌影像。

12.3.2 Inet Transfer Data 資料轉換器

本研究採用藏識科技有限公司所發展的資料轉換器軟體，該軟體即命名為 Inet Transfer Data 資料轉換器。Inet Transfer Data 是 INet Tools 成員中的資料轉換器，可以轉換向量資料、影像資料及高程資料。

可提供單一檔案或資料夾所有檔案轉換資料格式，轉換速度快。

提供向量資料轉換，欲轉換向量檔來源檔案格式可為 SHP、MIF、GEO、GEODB、DWG、DGN、DNC、ENC，目的檔格式會依來源對應改變，SHP、MIF、DWG、DGN、DNC、ENC 可轉為 GEO 或 GEODB 檔案格式，GEO 可轉為 GEODB、SHP、MIF、DWG、DGN 檔案格式，GEODB 可轉為 GEO、SHP、MIF、DWG、DGN 檔案格式。

提供影像資料轉換，欲轉換影像檔來源檔案格式可為 TIF、JPG、SID、IIF、HIF、ECW，目的檔格式為 IIF 檔案格式，在轉換時可進行進階影像設定如色彩平衡（對比、亮度、色彩偏移調整）、壓縮影像及透視度設定。

提供高程資料轉換，欲轉換高程檔來源檔案格式可為 ASC、HDR、DT1，目的檔格式為 DEM 檔案格式。

12.3.3 Internet Map Server 網際網路地圖伺服器系統

INet IMS 是 INet GIS 成員中的網際網路地圖伺服器，負責在網際網路中提供豐富的 GIS 相關功能，如瀏覽圖資、圖層套疊、定位、查詢、環域分析、路網分析、3D 顯示及各種幾何演算與空間分析功能。

INet IMS 除了擁有豐富的 GIS 功能外，還擁有強大與方便的開發環境，以符合不同使用者的需求。其架構如圖 12-2 所示。

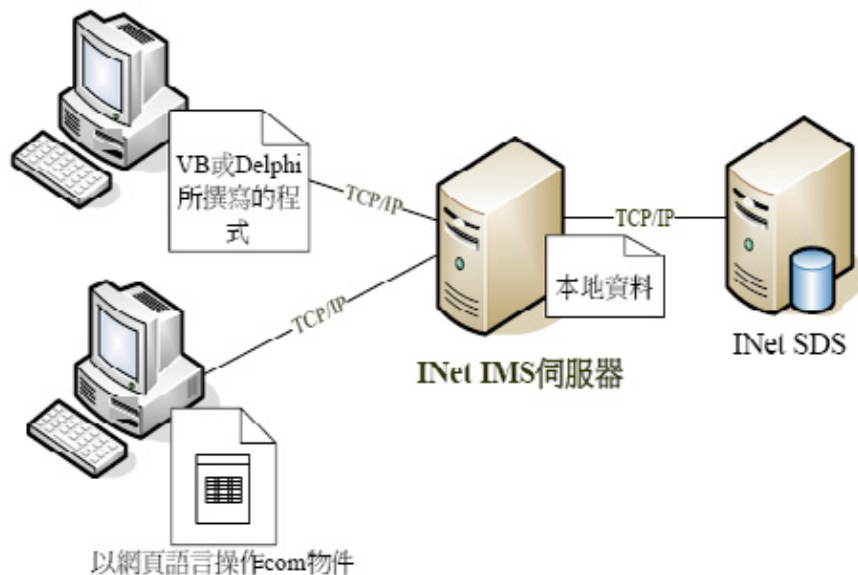


圖 12-2 Internet Map Server 網際網路地圖伺服器系統架構

12.3.4 HTML (Hypertext Markup Language) 程式語言

HTML 是一種利用純文字的方式來進行幕後版排的方式，是網頁的原始碼呈現的方式之一，可以利用連結的方式，移動到所需要的頁面，本研究網頁製造使用之程式語言即 HTML。

12.3.5 Java Script 程式語言

Java Script 是 Sun 公司和 Netscape 公司合作開發的。Java Script 因為是由 JAVA 發展出來的，所以可算是物件導向 (object-oriented) 語言。它是直譯式的程式語言，本研究將 Java Script 整合運用至 HTML 中，讓網頁更生動。

12.3.6 Dreamweaver 網頁編輯軟體

Dreamweaver 是一套網頁編輯軟體，有強大的網站管理功能，當修改檔名、移動或刪除檔案時，它會自動修正相關的連結；它還內建 FTP 功能，可以直接將檔案上傳到網站伺服器，在網站視窗中可以看到本地端和遠端網站的檔案，隨時檢查兩端的差異。

在 Dreamweaver 使用圖層 (layer) 功能，能放置任何網頁上的物件，並且可以移動物件到任何位置以及相互重疊，就像是 Word 的圖文框，非常方便。還有樣版 (template) 功能，當要製作很多相同的網頁版面，就可以套用同一個樣版，減少重覆設計的時間。

12.4 系統介紹

12.4.1 進入查詢系統

港區工程基本資料網路查詢系統首頁展繪出臺灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖 12-3 所示。



圖 12-3 港區工程基本資料網路查詢系統首頁

將滑鼠遊標移至基隆港標示區內，按滑鼠左鍵，會出現登入畫面，如圖 12-4 所示，須輸入使用者帳號及密碼才可繼續使用系統。確認使用者帳號及密碼後，會開啟基隆港區基本地圖圖層，如圖 12-5 所示。而相關的功能選單也同時呈現在畫面右方。



圖 12-4 使用者登入畫面

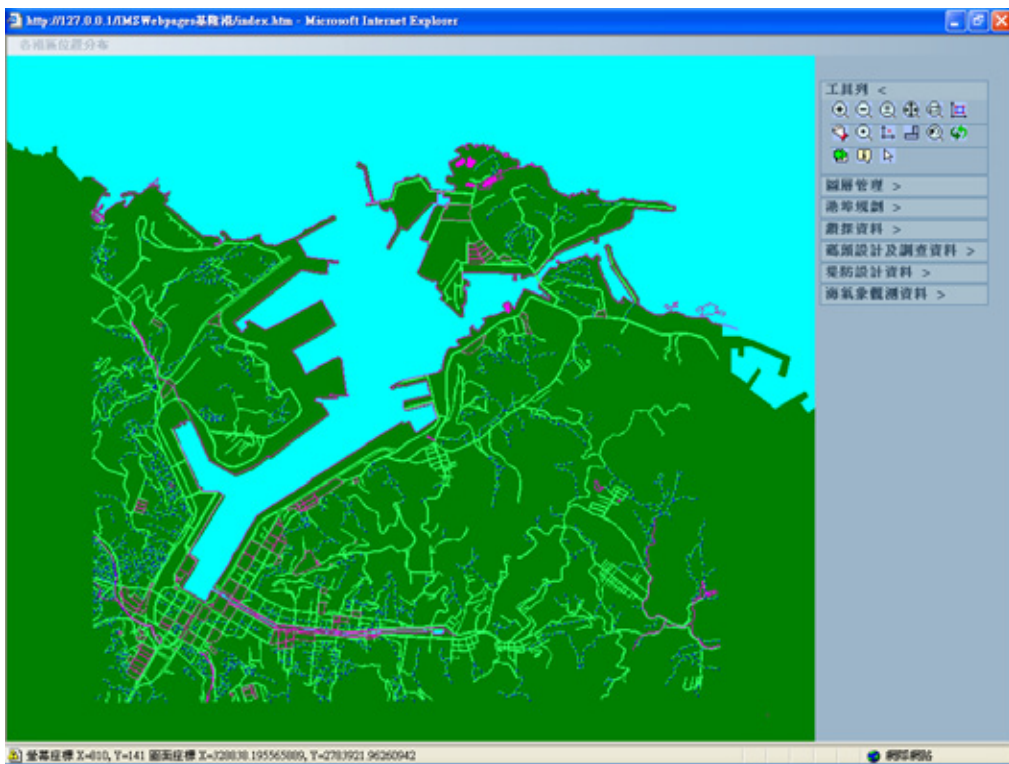


圖 12-5 基隆港區基本地圖及功能選單

12.4.2 圖層管理功能

點選畫面右方功能選單內圖層管理功能，會下拉式列出所有可能使用之圖層，使用者可以自行勾選開啟或關閉圖層，如圖 12-6 所示。

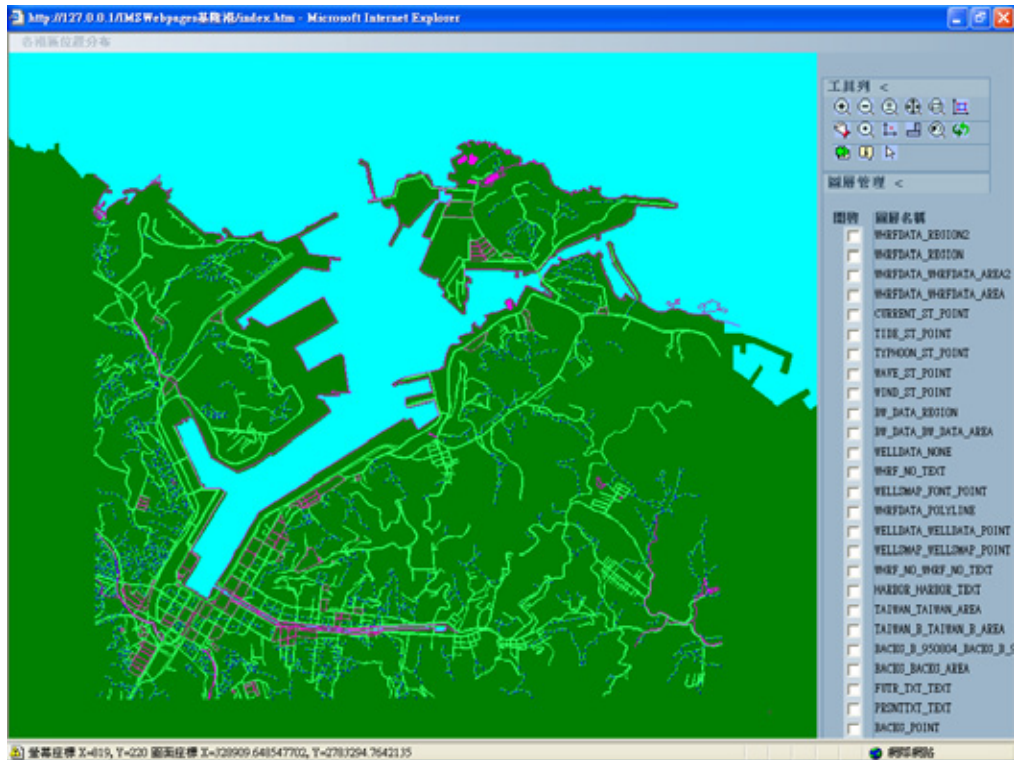


圖 12-6 圖層管理功能畫面

12.4.3 港埠規劃功能

點選畫面右方功能選單內港埠規劃功能，會下拉式列出港埠設施現況圖層、港埠設施未來規劃資料圖層、遙測影像圖層此三個圖層選項，使用者勾選後即會展繪該項圖層，如圖 12-7 所示。港埠設施現況圖層、港埠設施未來規劃資料圖層、遙測影像圖層，如圖 12-8、12-9 及 12-10 所示。

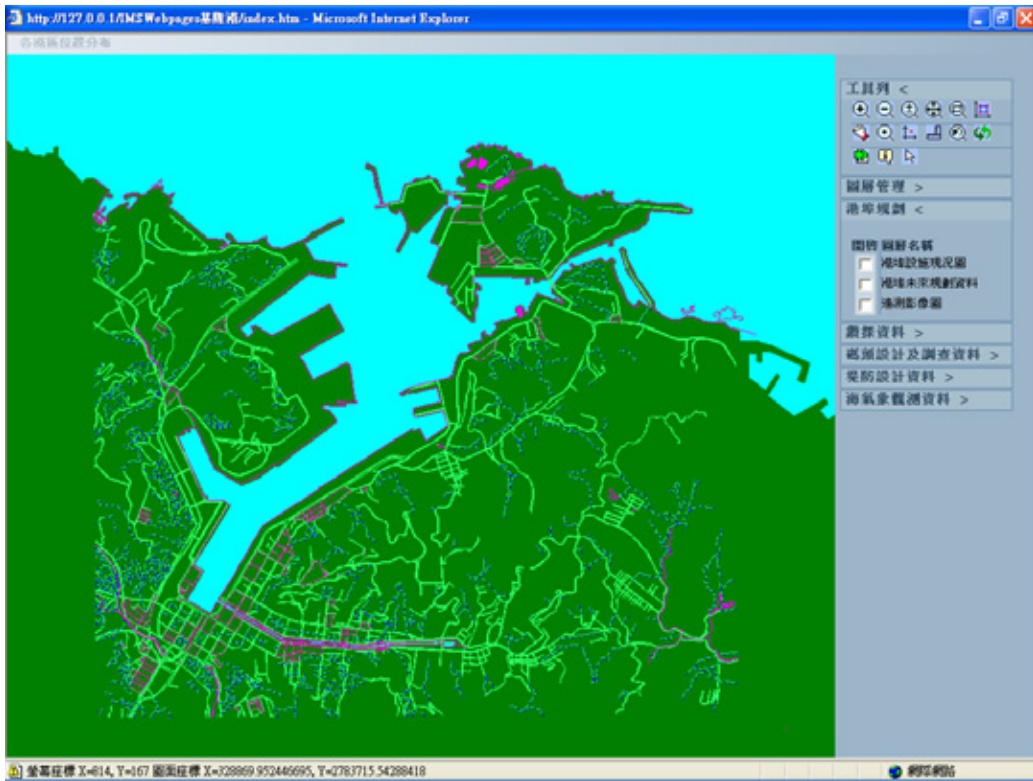


圖 12-7 港埠規劃功能畫面

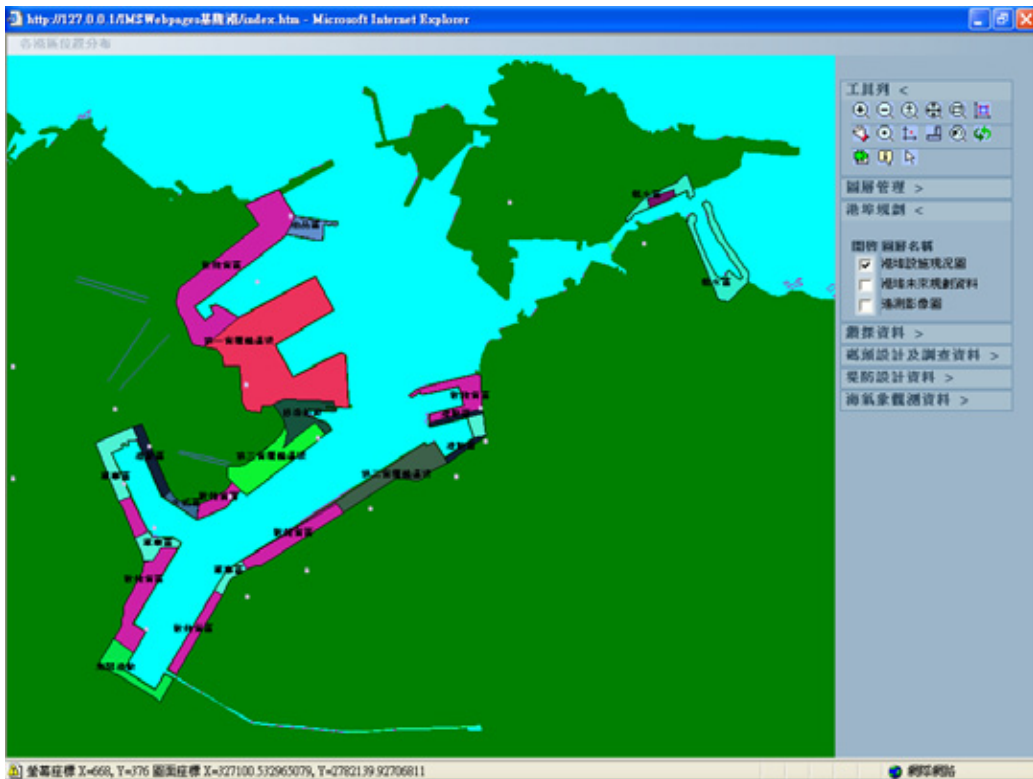


圖 12-8 港埠設施現況圖層畫面

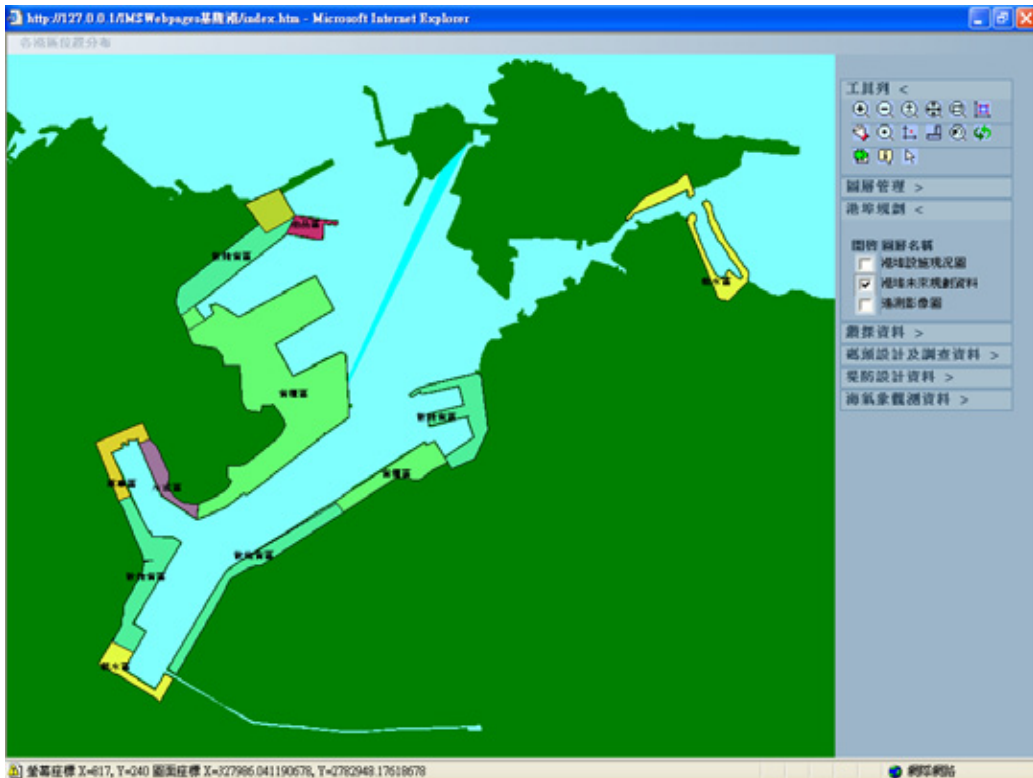


圖 12-9 港埠設施未來規劃資料圖層畫面

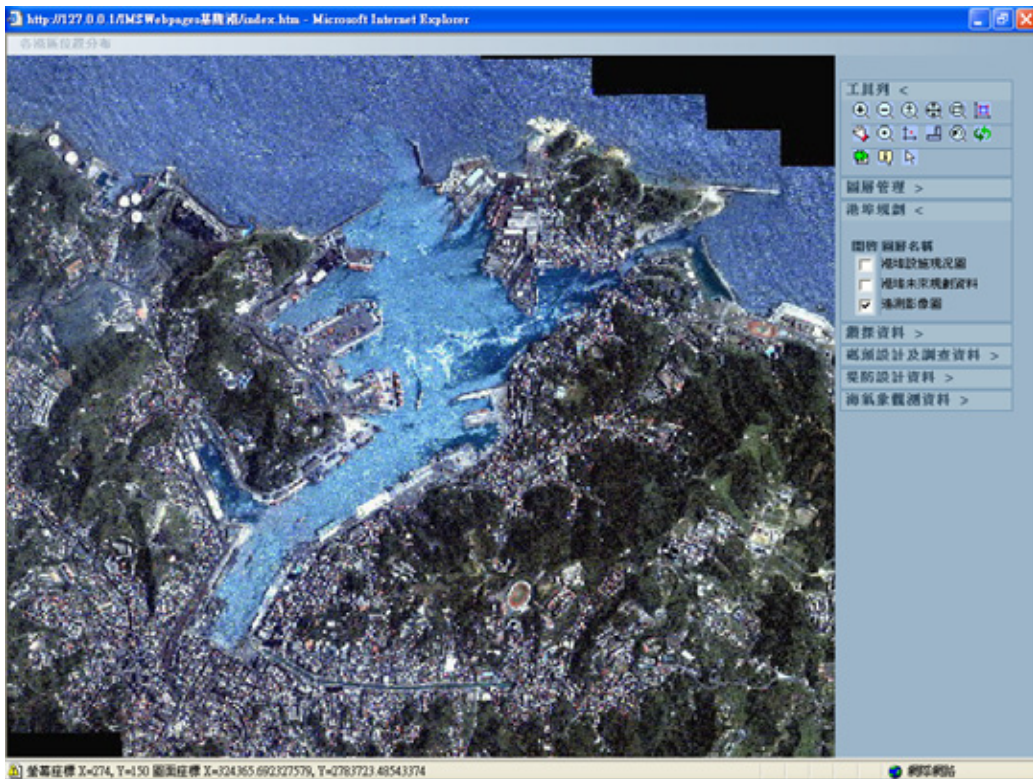


圖 12-10 遙測影像圖層畫面

12.4.4 鑽探資料功能

點選畫面右方功能選單內鑽探資料功能，會下拉式列出鑽孔位置圖層選項，使用者勾選後即會展繪鑽孔位置圖，如圖 12-11 所示。欲了解該鑽孔柱狀圖，可先點選柱狀圖按鈕，再點選圖上該鑽孔位置，即會新開視窗繪出該孔柱狀圖，如圖 12-12 所示。欲了解該鑽孔液化柱狀圖，可先點選液化柱狀圖按鈕，再點選圖上該鑽孔位置，即會新開視窗繪出該孔液化柱狀圖，如圖 12-13 所示。



圖 12-11 基隆港鑽孔位置圖

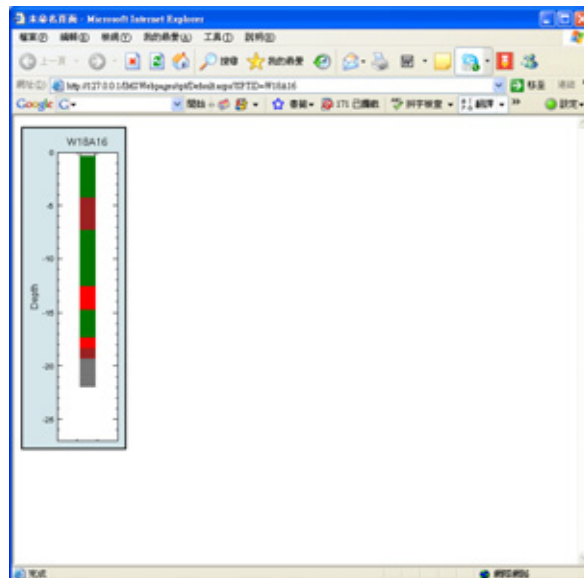


圖 12-12 基隆港鑽孔柱狀圖

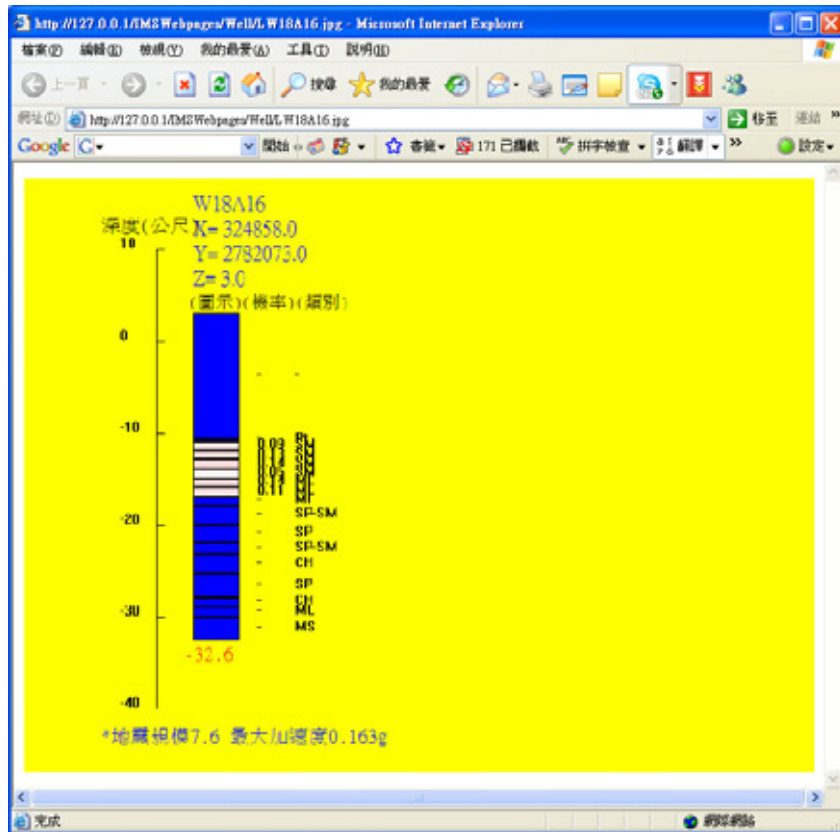


圖 12-13 基隆港鑽孔液化柱狀圖

12.4.5 碼頭設計及調查資料功能

點選畫面右方功能選單內碼頭設計及調查資料功能，會下拉式列出碼頭位置圖層及鋼版樁腐蝕調查碼頭位置圖層選項，使用者勾選後即會展繪該圖層，如圖 12-14、圖 12-15 所示。欲了解碼頭斷面圖，可先勾選碼頭位置圖層，再按碼頭斷面圖按鈕，再點選圖上該碼頭位置，即會新開視窗繪出該碼頭斷面圖，如圖 12-16 所示。欲了解鋼版樁腐蝕調查碼頭其腐蝕速率，可先勾選點腐蝕調查碼頭位置圖層，再按腐蝕調查按鈕，再點選圖上該碼頭位置，即會新開視窗繪出該碼頭腐蝕速率圖。



圖 12-14 碼頭位置圖



圖 12-15 鋼版樁腐蝕調查碼頭位置圖

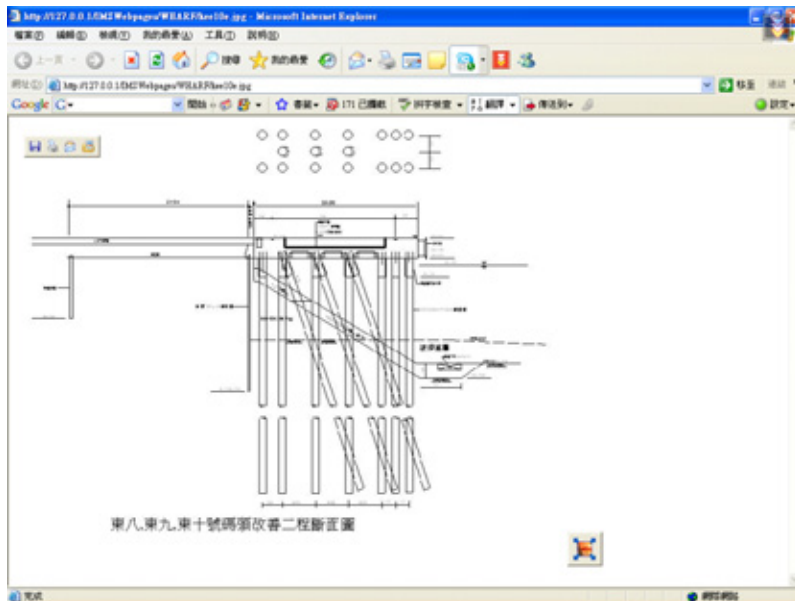


圖 12-16 碼頭斷面圖

12.4.6 堤防設計資料功能

點選畫面右方功能選單內堤防設計資料功能，會下拉式列出堤防位置結構型式圖層選項，使用者勾選後即會展繪該圖層，如圖 12-17 所示。欲了解堤防斷面圖，可先勾選堤防位置結構型式圖層，再按堤防斷面圖按鈕，再點選圖上該堤防位置，即會新開視窗繪出該堤防斷面圖，如圖 12-18 所示。



圖 12-17 堤防位置結構型式圖

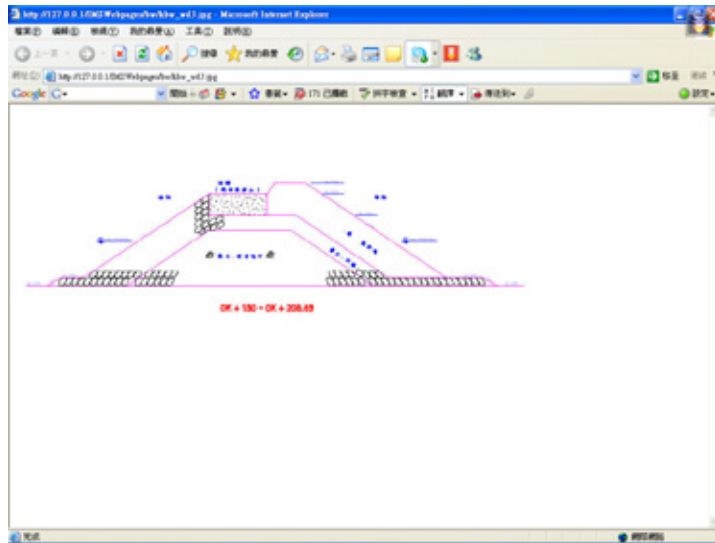


圖 12-18 堤防斷面圖

12.4.7 海氣象觀測資料功能

點選畫面右方功能選單內海氣象觀測資料功能，會下拉式列出潮位測站圖層、風力測站圖層、波浪測站圖層、海流測站圖層、颱風測站圖層選項，使用者勾選後即會展繪該測站圖層，如圖 12-19 所示。欲了解該測站資料，可先勾選該測站圖層，再點選圖面上測站位置，即會開新視窗供查詢測站資料，如圖 12-20 所示。選取圖形內容、年份及月份後再按連結即可開啟該份測站資料檔 (PDF 格式)，如圖 12-21 所示。



圖 12-19 潮位測站圖

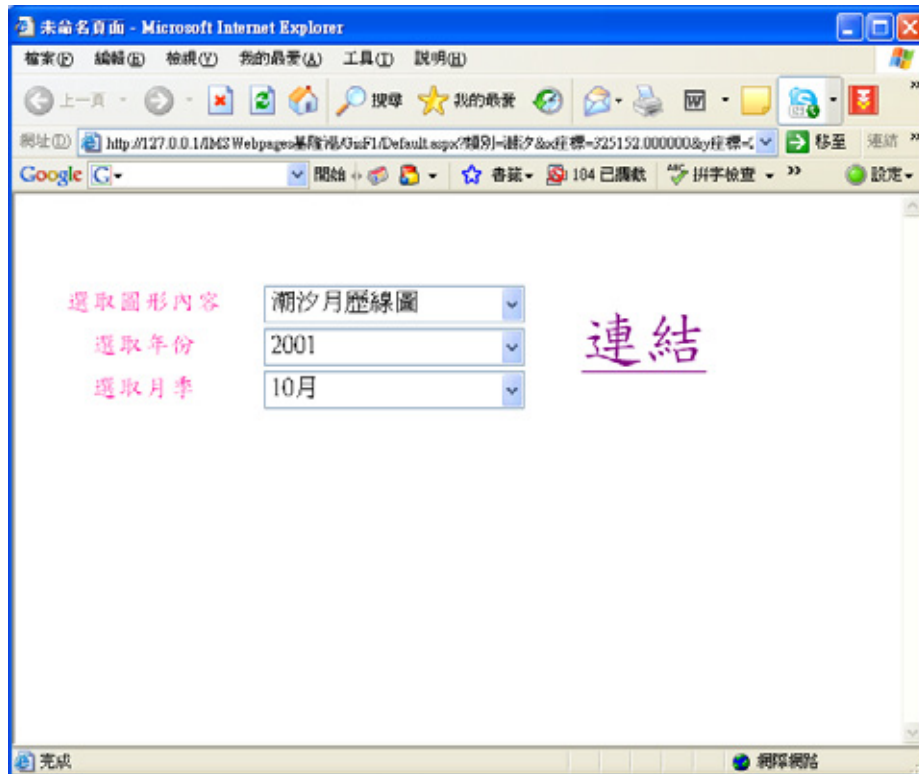


圖 12-20 測站資料查詢畫面

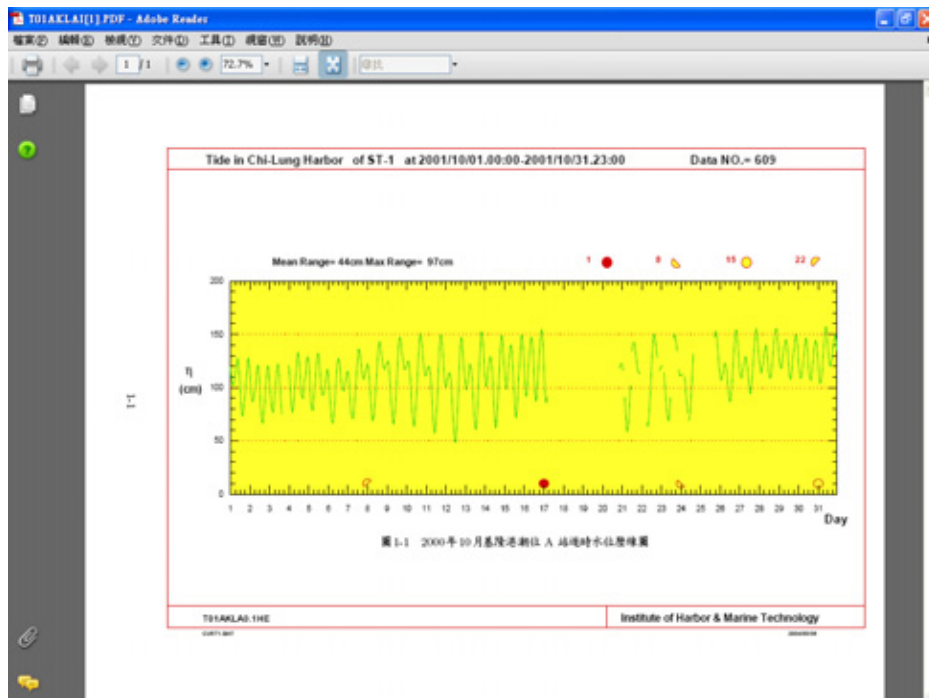


圖 12-21 測站資料畫面

第十三章 港灣地區防救災體系之開發研究

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，期盼能提供基隆港務局防救災工作相關業務單位人員，執行基隆港區災害防救之規劃與管理之使用。

13.1 系統架構

本研究所設計開發之系統，依架構內容分(1)軟硬體架構規劃、(2)使用者規劃及(3)系統功能架構規劃等三部份進行說明如下：

13.1.1 軟、硬體架構規劃

於系統之硬體規劃方面（如圖 13-1），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：

- A.中央處理器(CPU)：Intel®Xeon 處理器 2.8GHz/533MHz 以上。
- B.記憶體(RAM)1G 以上。
- C.硬碟容量：總容量 300G 以上。

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服務、地理資訊系統伺服服務、資料庫伺服服務，而彼此透過內部應用程式及地理資訊系統進行連結。

網路伺服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。

地理資訊系統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。

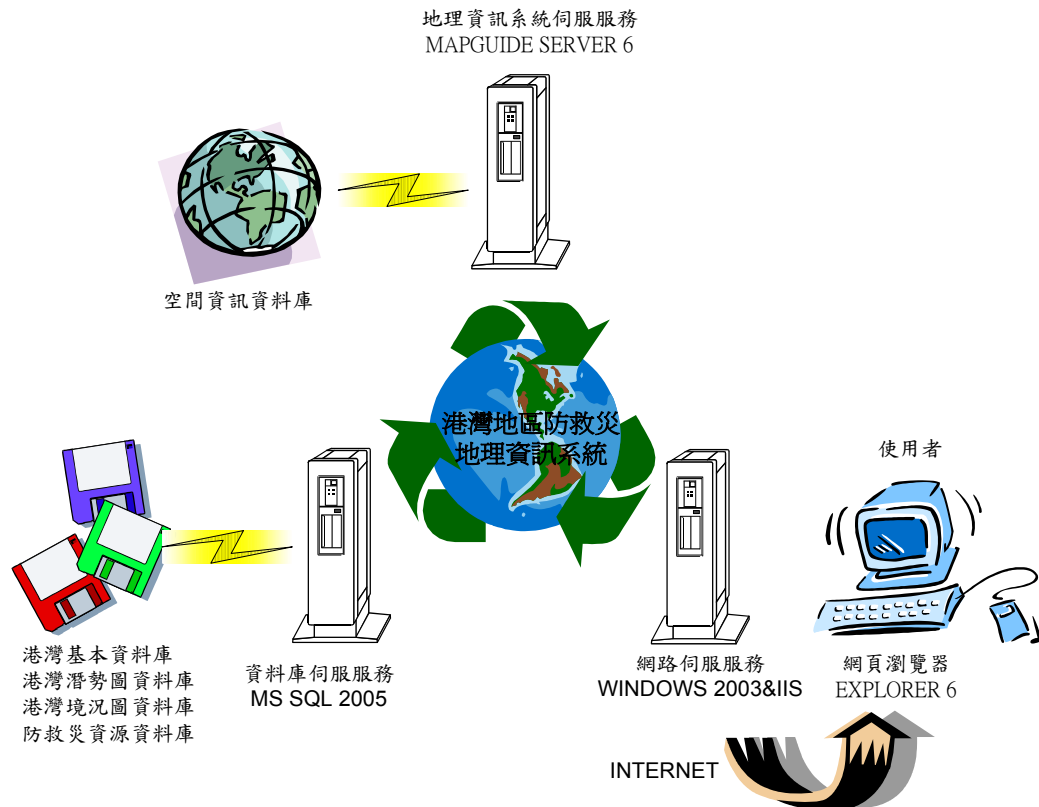


圖 13-1 防救災資源系統軟硬體架構圖

13.1.2 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，針對系統之使用者帳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。
- (C)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.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。

13.1.3 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 13-2），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。

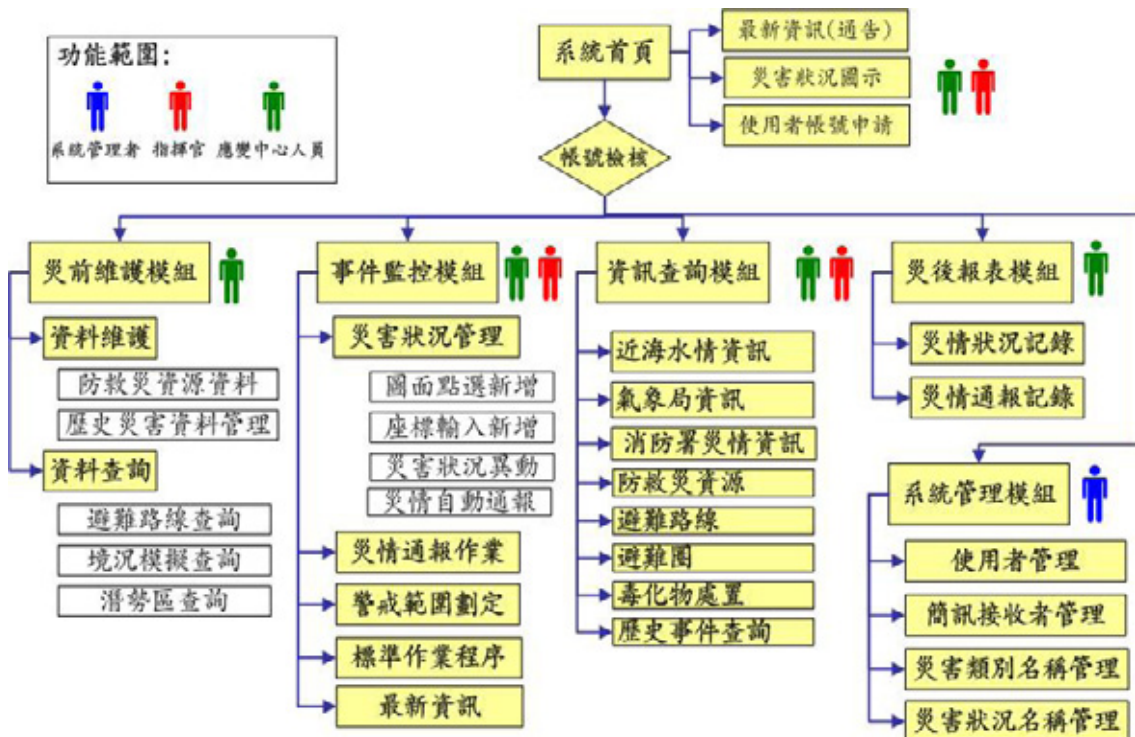


圖 13-2 防救災資源系統之系統架構圖

13.2 系統功能規劃

13.2.1 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。

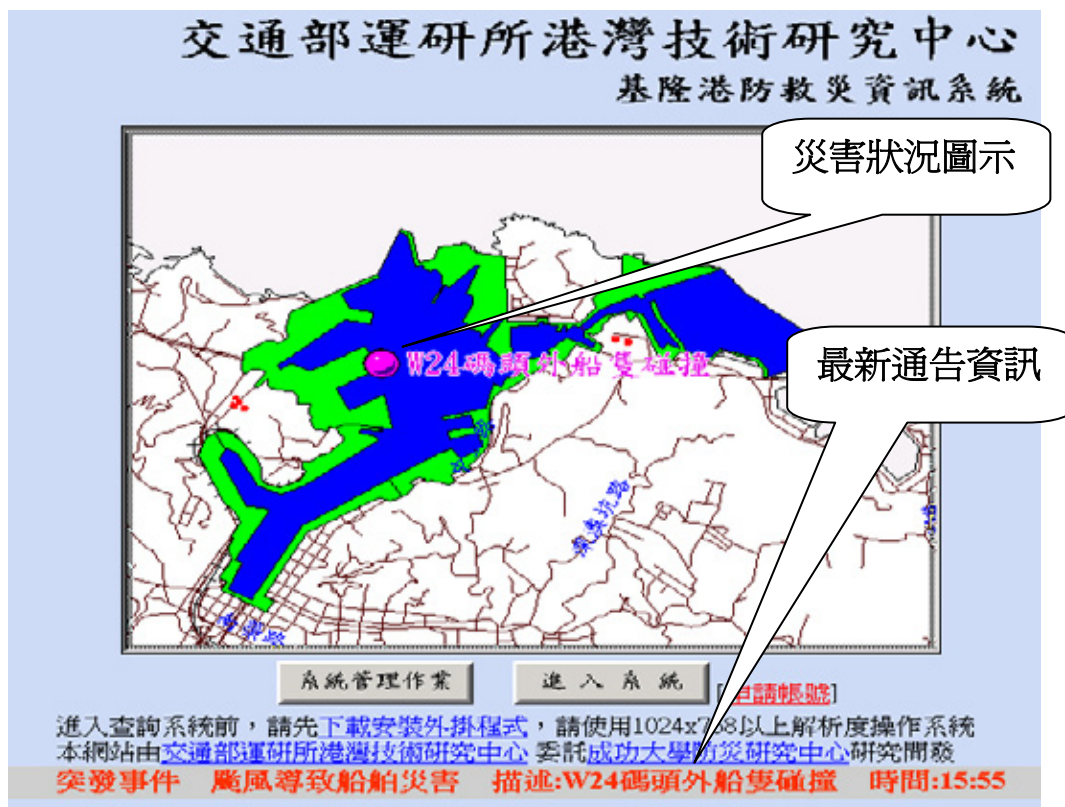


圖 13-3 防救災資源系統之系統首頁配置畫面

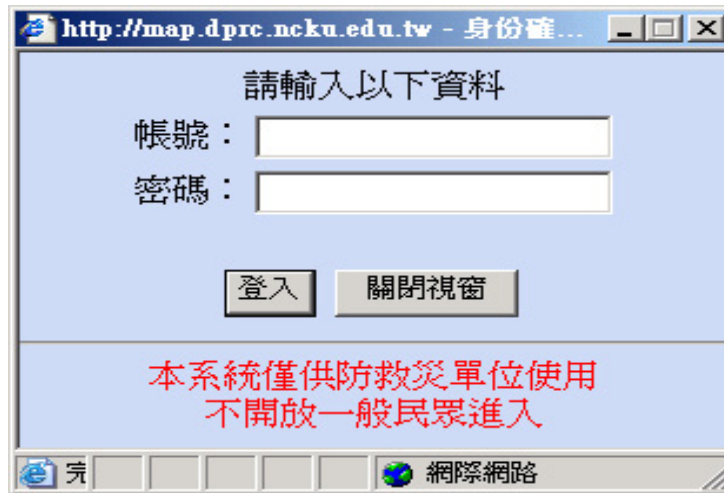


圖 13-4 帳號檢核畫面

13.2.2 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 13-5 之內容：

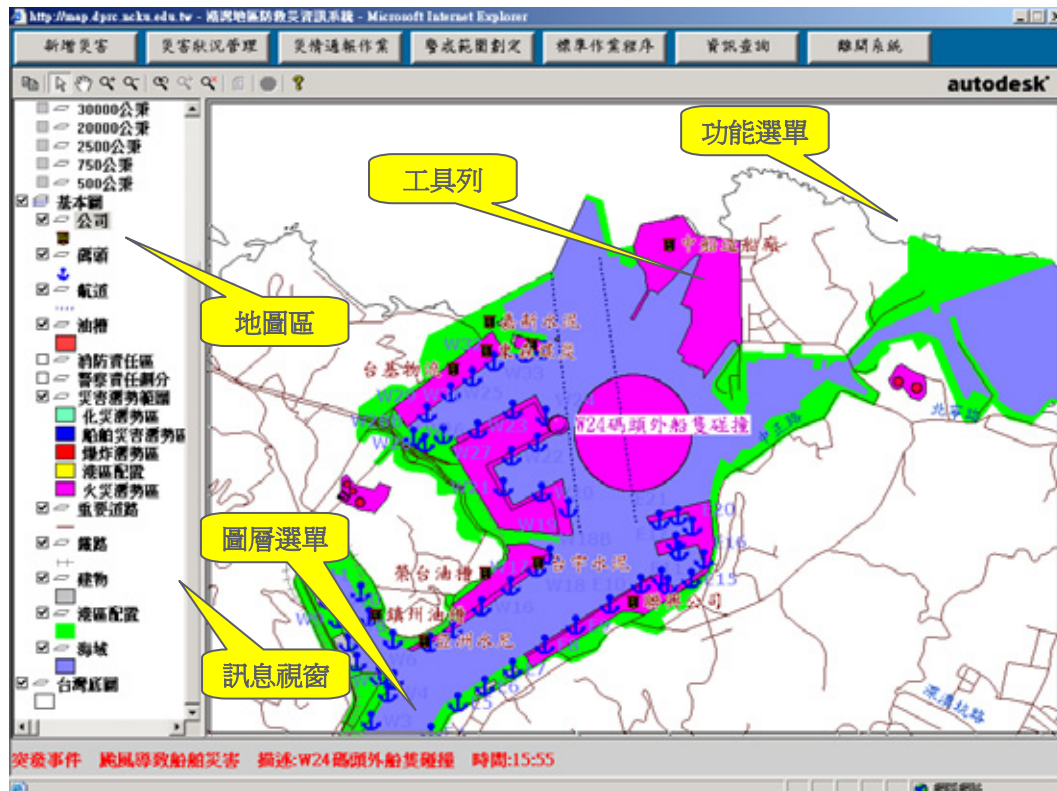


圖 13-5 系統之主畫面

1.功能選單：

在系統之最上方為功能選單的位置（如圖 13-6），由此處可切換各功能，『功能選單』的功能規劃包括『新增災害』、『災害狀況管理』、『災情通報作業』、『警戒範圍劃定』、『標準作業程序』、『資訊查詢』、『回到首頁』等功能。

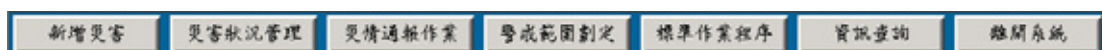


圖 13-6 系統之功能列

2.圖層選單：

『圖層選單』位於系統畫面之左側位置（如圖 13-7），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。

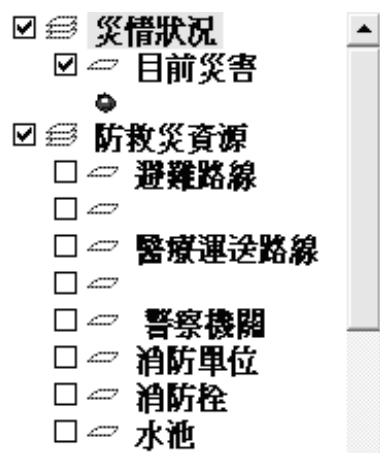


圖 13-7 功能選單配置

3.功具列：

『功具列』位於系統畫面之中間偏上方的位置（如圖 13-8），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 13-8 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 13-9），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。

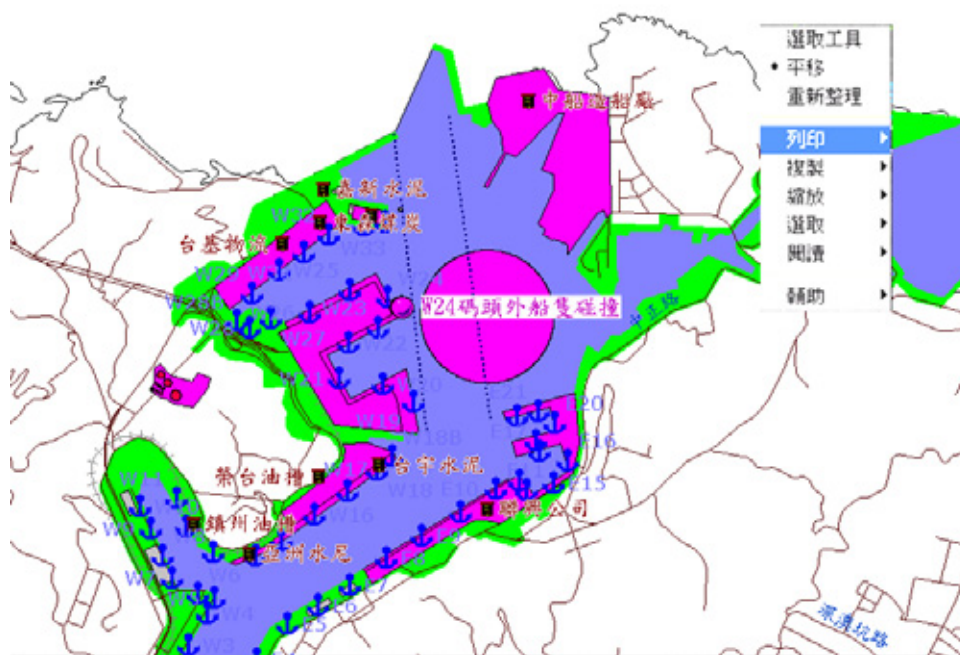


圖 13-9 系統之地圖區畫面

13.2.3 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。

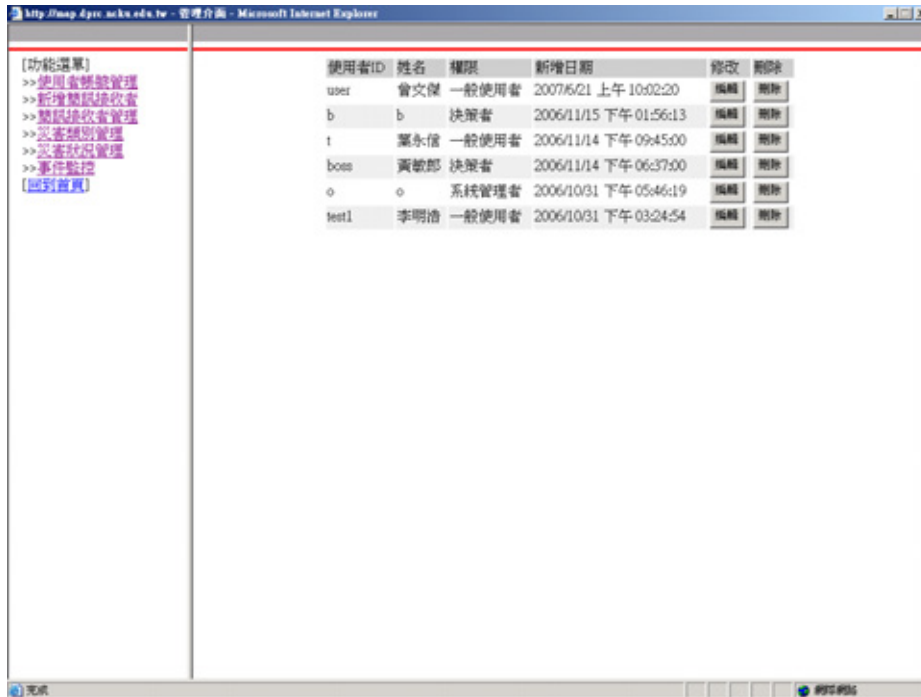


圖 13-10 帳號檢核畫面

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

- ◆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。
- ◆座標輸入新增：選取此功能後，會出現災害資訊輸入視窗，於此視窗中，輸入座標資訊及相關欄位進行資訊之登錄作業。



圖 13-11 新增災害畫面

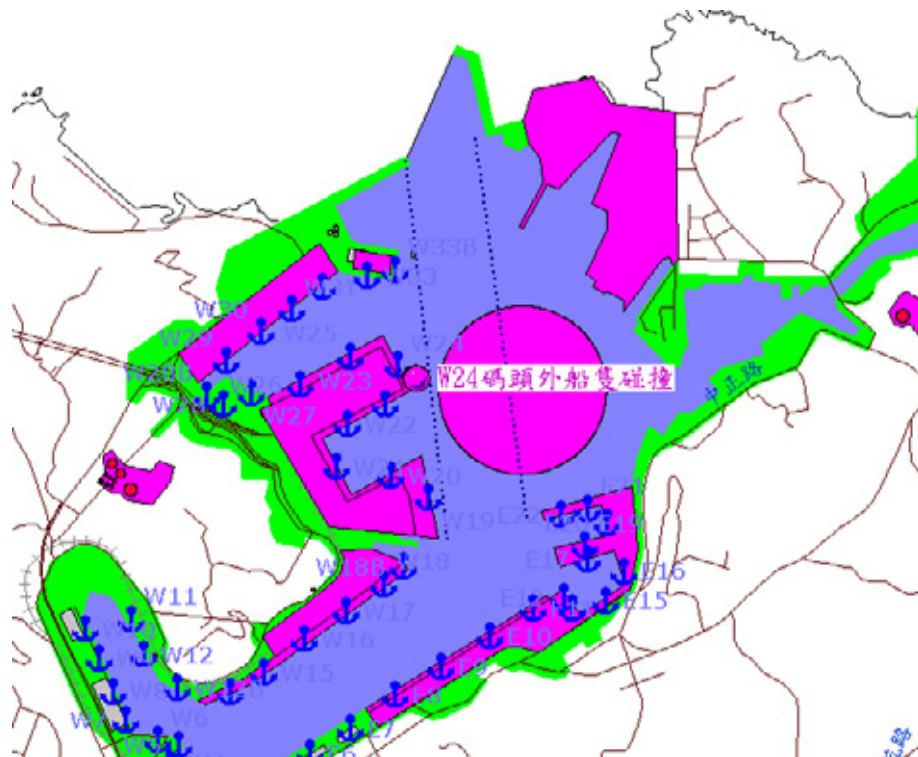


圖 13-12 新增災害結果畫面

(2)事件監控

- ◆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。
- ◆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。

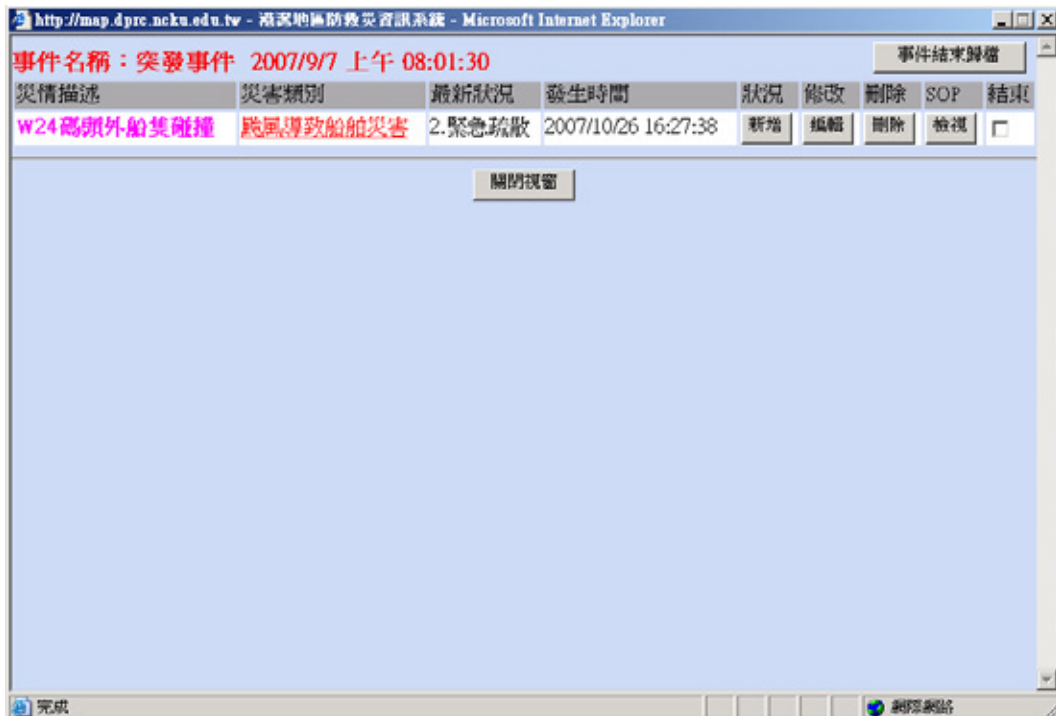


圖 13-13 災害狀況異動畫面

- ◆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 13-15），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。

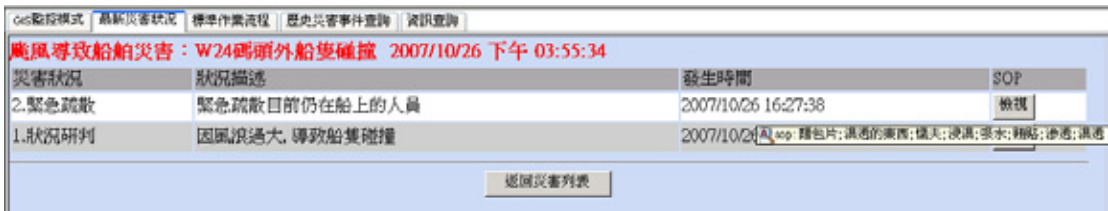


圖 13-14 標準作業程序查詢畫面

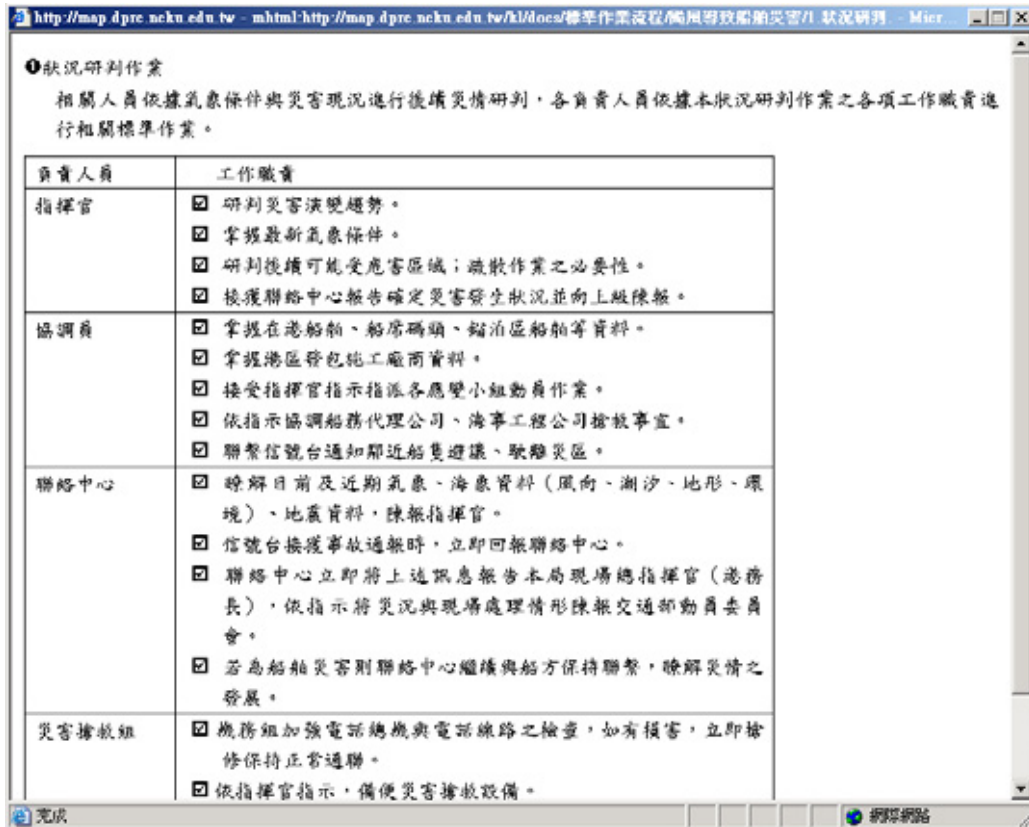


圖 13-15 標準作業程序查詢結果畫面

- ◆ 警戒範圍劃定：在地圖上選取所要劃定範圍的目標後，按下警戒範圍劃定後系統會提示輸入一範圍值，輸入後即會在畫面上產生警戒範圍圖示(圖 13-16)。
- ◆ 災情通報：點選工具列上的災情通報後，目前最近災情狀況將會自動帶入訊息內容(圖 13-17)，在選取要發送的對像後按下送出，系統將發出簡訊內給所有被選取的人。

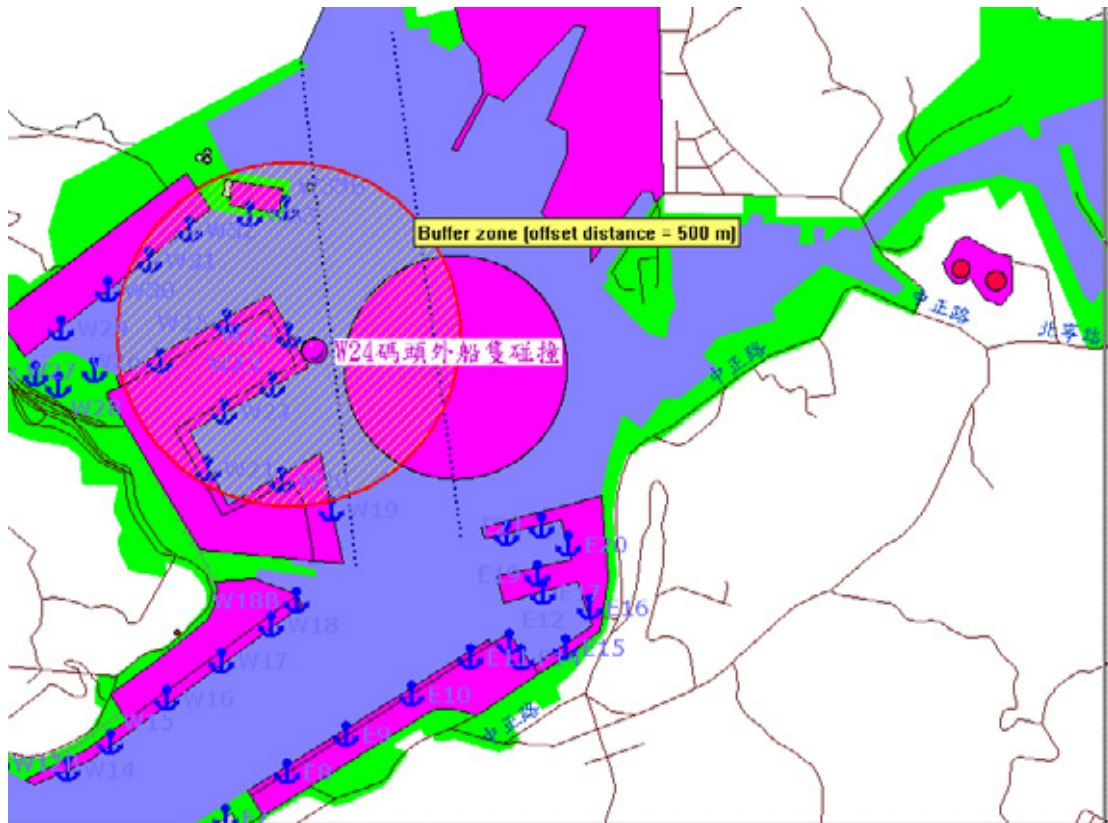


圖 13-16 警戒範圍劃定畫面

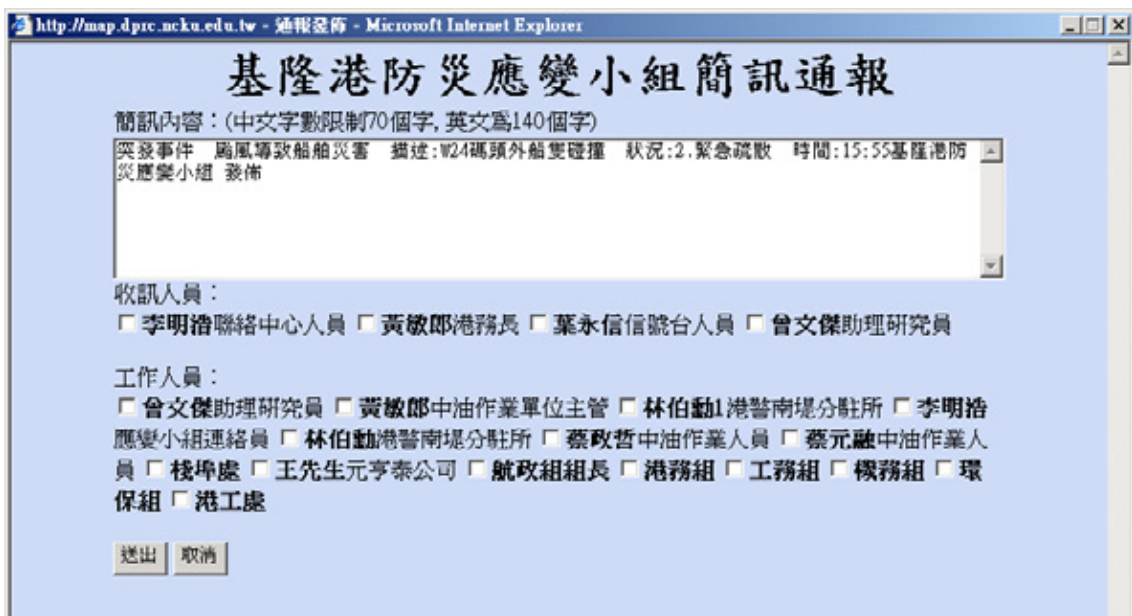


圖 13-17 災情通報訊息輸入畫面

3. 資訊查詢模組：

本模組可查詢資料庫之內容項目包括：

- ◆ 災害潛勢區：包括火災爆炸潛勢區、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。
- ◆ 境況模擬資料：包括火災爆炸模擬。
- ◆ 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。
- ◆ 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基隆港相關即時動態資訊，而所規劃相關系統鏈結之項目包括：

- ◆ 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。
- ◆ 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。
- ◆ 消防署災情資訊：可鏈結至消防署 (<http://www.nfa.gov.tw/>)，查看最新之氣象資訊。
- ◆ 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。
- ◆ 毒化物處置：環保署毒性化學物質災害防救查詢系統 (<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. 在港灣地區防救災體系之開發研究方面，本研究以 MapGuide 網際網路地理資訊系統為平台，結合防救災體系各項成果，完成基隆港務局之災害防救地理資訊系統，可供基隆港務局災害防救業務之使用。由過去基隆港區曾發生之災害事故統計可知主要為火災災害，

其次為因為颱風引發船舶斷纜所導致之船舶災害事故。本研究參考國內外港區相關災害事故文獻，分析港區災害發生原因、地點及事故造成之損壞情形，作為擬定港區災害防救計畫的參考依據，以降低基隆港面臨災害衝擊時可能造成之人員、設備及財產的損失。

7. 基隆港災害防救地理資訊系統，涵蓋帳號管理、事件監控、標準作業流程（SOP）、災害狀況異動以及資料查詢等功能，其主要特色包括：1. 可提供現場救災決策指揮官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。2. 可提供各承辦人員，協助查詢相關防救災資源、災害歷史以及潛在災害點等；提供緊急應變值勤人員於災中輸入災情資訊與進行災情通報；於災害發生後則可提供單位進行災害處置作業與歸檔記錄等工作。3. 系統可讓使用者依據災害分類、災害規模，並遵循標準作業流程進行各項作業項目之確認與檢核工作，協助救災決策所需之必要資訊。
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。

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基隆、臺北、臺中、高雄、安平、花蓮等港之建置，腐蝕調查資料已完成基隆、臺北、高雄、安平、花蓮等港之建置，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. 本研究建議港區資料應配合未來資訊港/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。

8. 災害防救地理資訊系統未因應高司演練後之系統需求，於後續之系統規劃上將朝向輔助決策支援系統方向進行建置，以 3G 手機為主要的系統前端瀏覽與通報平台。同時考量以 GOOGLE EARTH 的圖資展示技術，結合即時輔助決策能力實作 3G 手機為主軸之輔助決策支援系統。

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),「臺南市都市防災空間系統示範計畫」, 內政部建築研究所。
7. 周士雄、黃敏郎、謝明志、曾文傑、葉永信 (2007),「運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究」, 第五屆數位地球國際研討會。
8. 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。
9. 施邦築、李有豐、謝正倫 (1998),「我國防災體系之檢討與建議」, 第二屆全國防災學術研討會。
10. 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
11. 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。

12. 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。
13. 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。
14. 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。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 賴聖耀、謝明志 (1996),「臺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。
19. 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。
20. 賴聖耀 (2001),「臺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。
21. 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。
22. 賴聖耀 (2006),「以極限狀態分析法建立標準貫入試驗之液化分析模式」,中國土木水利工程學刊,第十八卷,第一期, pp.13-24。
23. 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。

24. 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。
25. 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,臺北。
26. 謝明志 (2002b),「GIS 應用於臺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,臺中。
27. 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),「地理資訊系統在臺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。
28. 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。
29. 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。
30. 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。
31. 謝明志、賴聖耀、單誠基、曾文傑、林雅雯 (2006)「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 28 屆海洋工程研討會, 929 頁-933 頁。
32. 謝明志、賴聖耀、單誠基、林雅雯、曾文傑 (2007)「地理資訊系統在安平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, 769 頁-773 頁。
33. 謝明志、賴聖耀、單誠基、林雅雯、曾文傑 (2007)「GIS 應用於

高雄港區土壤液化潛能之評估」，2007 臺灣地理資訊系統年會暨研討會。

34. 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。
35. 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。
36. 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。
37. 蘇青和、廖慶堂 (2002)，「臺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。
38. 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。
39. 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。
40. 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。
41. 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。
42. 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。

43. 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。
44. 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.
45. 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.
46. 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.
47. 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.
48. Lai, S.Y., Hsu S.C., and M.J. Hsieh (2006), "Closure to Discriminant model for evaluating soil liquefaction potential using cone penetration test data", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol.132, No.5.
49. Lai, S.Y., Chang, W.J. and P.S. Lin (2006), "Logistic Regression Model for Evaluating Soil Liquefaction Probability Using CPT Data", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol.132, No.6.
50. Lai, S.Y., Hsieh, M.J., Chang, W.J. and P.S. Lin (2006), "Verifications and Physical Interpretations of the Discriminant Model for Evaluating Liquefaction Potential on SPT-N value," TAIPEI2006 International Symposium on New Generation Design Codes for Geotechnical

Engineering Practice Nov. 2~3, 2006, Taipei, Taiwan.

51. Lai, S.Y., Hsieh, M.J., Lee, F.B., Chen, J.F., Su, G.L., Lai, Z.E. 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.
52. 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.
53. MapInfo Corporation. 2002a. MapBsic Development Environment Reference Guide. Troy, New York.
54. MapInfo Corporation. 2002b. MapInfo Professional User's Guide. Troy, New York.
55. 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.

附錄一 期末報告審查意見
處理情形

期末報告審查意見處理情形

審查委員	審查意見	處理情形
<p>1. 中央大學土木系 李釗教授</p>	<p>1. 本計劃以臺北港為例，建置與港灣有關的資料庫，內含不同領域的基礎資料與應用分析應符合計劃要求，研究人員的努力值得肯定。</p> <p>2. 近年來 GPS 的發展與應用日益普及，將來的實務應用勢必普及與方便，建議日後可將各港區各設施的 GPS 座標同時建立資料庫，以便緊急或平時易於尋找問題位置。</p> <p>3. 建議研擬日後相關資料庫的管理與維護，並考量如何與其他資料庫整合。</p> <p>4. 日後對港灣地區防救災體系之系統可進行紙上演習。</p> <p>5. 建議考量加入各設施維維修紀錄資料。</p>	<p>1. 感謝審查委員對本計畫的肯定。</p> <p>2. 目前已將各港鑽探孔位之座標值建置於鑽孔基本資料表單內，供使用者查詢。</p> <p>3. 參酌辦理。</p> <p>4. 對各港之防救災體系計畫進行高司演習以增強其實用性。</p> <p>5. 資料庫已建置碼頭碰撞事故維修賠償記錄。</p>
<p>2. 中興大學水土保持系 游繁結教授</p>	<p>1. 以工程基本資料庫之建置而言，淤砂之資料是否可考慮納入。</p>	<p>1. 後續計畫可彙整納入歷年港域沖淤調查等深線成果圖。</p>

審查委員	審查意見	處理情形
<p>3. 港研中心 朱金元科長</p>	<p>2. 本計畫之資料庫建置似可與環境監測資料庫結合，以供參考。</p> <p>3. 各項工程之維護資料可一併納入本資料庫，以作為追蹤管理之依循。</p> <p>4. 資料更新之作業，宜建立制度。</p> <p>1. 網路版使用者權限說明。</p> <p>2. 營運資料建檔可從交通部統計要覽找到所需資料。</p> <p>3. 其他各港網路請加速進行。</p> <p>4. 碼頭維護資料建置有其價值，可提供碼頭興建維護之完整資訊，儘可能蒐集資料。</p>	<p>2. 目前有彙整港域風潮流流等現地調查資料提供查詢使用。</p> <p>3. 計畫與港務局協商收集相關資料並予建置。</p> <p>4. 參酌辦理。</p> <p>1. 目前規劃以港務局為獨立查詢單元，各港務局可查詢本身及所轄分港之相關資料。</p> <p>2. 於後續計畫收集彙整並加以建置。</p> <p>3. 遵照辦理。</p> <p>4. 遵照辦理。</p>
<p>4. 港研中心 賴瑞應研究員</p>	<p>1. 本研究收集整理各港的許多資料，研究人員的付出值得肯定。謹提供小小的建議供研究單位參考。</p> <p>2. 本系統應針對設定的使用者，訪查使用者的使用意見來增修系統</p>	<p>1. 感謝審查委員對本計畫的肯定。</p> <p>2. 感謝審查委員提供後續發展建議。</p>

審查委員	審查意見	處理情形
	<p>功能與內容，如此才能滿足使用者的需求，也利於日後系統轉移交接給使用者時，使用者能容易更新維護本系統。</p> <p>3. 建議工程材料的部份，能增加碼頭結構材料相關的材料強度資料，以便將來各港從事老舊碼頭耐震能力評估之參考。</p>	<p>3. 材料強度為結構分析之重要資料，但夾雜於各計算書內，可考慮由專人收集彙整，再予建檔。</p>

附錄二 簡報資料

港灣工程基本資料庫 之建置與應用(1/2)

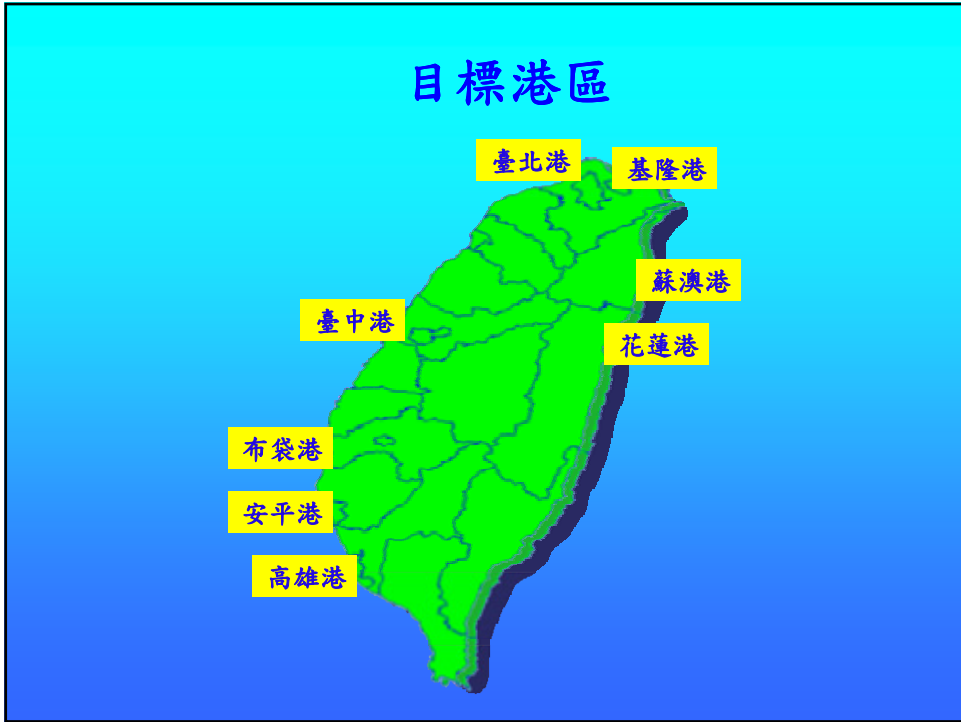
執行單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

計畫編號：96-研(D3)

計畫時程：96.1.1~96.12.31

一、計畫緣起

- 舉凡工程開發或專案研究，基本資料的獲取常是首要工作，資料愈完整，對規劃設計等工程作業愈有助益。
- 港區多年開發所累積之現地資料，應設法加以保存，並建檔提供查閱。
- 故本中心運用軟體工具，將各項資料數位化建檔，並加以整理儲存，建置成資料查詢展示系統。
- 如此資料不但可長久保存，且可快速搜尋獲取，更易於相互流通與應用，可增進港區工程維護、災害防治、分析研究及決策支援上之使用效益。



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。
- Surfer：等值分析展繪
- MapBasic：撰寫查詢及分析模組，設計查詢展示系統。

三、96年度計畫內容

- 以六個子計畫收集彙整歷年資料並開發展示模組
 - 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(含系統開發)
 - 子計畫(二)：港灣地區港工材料建檔及查詢展示模組之建立
 - 子計畫(三)：港灣地區海氣象資料彙整建檔
 - 子計畫(四)：港灣設施結構資料更新建置
 - 子計畫(五)：建構港灣工程基本資料網路查詢系統
 - 子計畫(六)：運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究

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

內容：

1. 系統更新及功能維護
2. 港區地質(SPT)資料彙整增建
3. 港區SPT鑽孔液化分析模式(Seed, JRA, T&Y, Lai方法)撰寫
4. 港區SPT全區液化分析模式(Iwasaki, Lai方法)撰寫
5. 模組查詢程式撰寫

建置港區：台北港

子計畫(二)：港灣地區港工材料建檔及查詢展示模組之建立

內容：

1. 港區基本資料收集彙整
2. 資料展示架構設計
3. 碼頭鋼板腐蝕資料建置
4. 模組查詢程式撰寫

建置港區：台北港

子計畫(三)：港灣地區海氣象資料彙整建檔

內容：

1. 港區海氣象資料收集彙整
2. 分析統計港區歷年風場資料
3. 分析統計港區歷年潮汐資料
4. 分析統計港區歷年波浪資料
5. 分析統計港區歷年流場資料
6. 模組查詢程式撰寫

建置港區：台北港

子計畫(四)：港灣設施結構資料更新建置

內容：

1. 港區碼頭堤防查詢架構設計
2. 建置港區碼頭設計資料
3. 建置港區堤防設計資料
4. 建置港區規劃資料
5. 展示程式撰寫及除錯

建置港區：台北港

子計畫(五)：建構港灣工程基本資料網路查詢系統

內容：

1. 資料收集
2. 港區碼頭堤防設計文件資料彙整
3. 港區碼頭堤防構造物資料及圖層轉檔製作
4. 表單設計及網頁資料庫建置
5. 查詢架構設計
6. 展示程式撰寫及除錯

建置港區：基隆港

子計畫(六)：運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究

內容：

1. 調查收集港區系統相關資料。
2. 調查收集港區災害防救資源資料庫等相關資料。
3. 建立港區各項災害防救策略與流程。
4. 規劃地理資訊系統技術運用於港灣地區災害防救與調度支援作業。
5. 規劃港地區災害防救支援模式。
6. 規劃建置港港地區災害防救資料庫系統。

建置港區：基隆港

港區資料查詢系統

96年資料量(一)

分類\數量	基隆港	臺北港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	布袋港
碼頭斷面數化圖	55	15	44	100	25	13	6
碼頭條件資料表	55		30	80	25	13	
鑽探記錄資料表	276	74	135	867	21	119	34
港區鑽孔資料表	1	1	1	1	1	1	1
堤防斷面數化圖	51	16	37	22	25	14	30
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

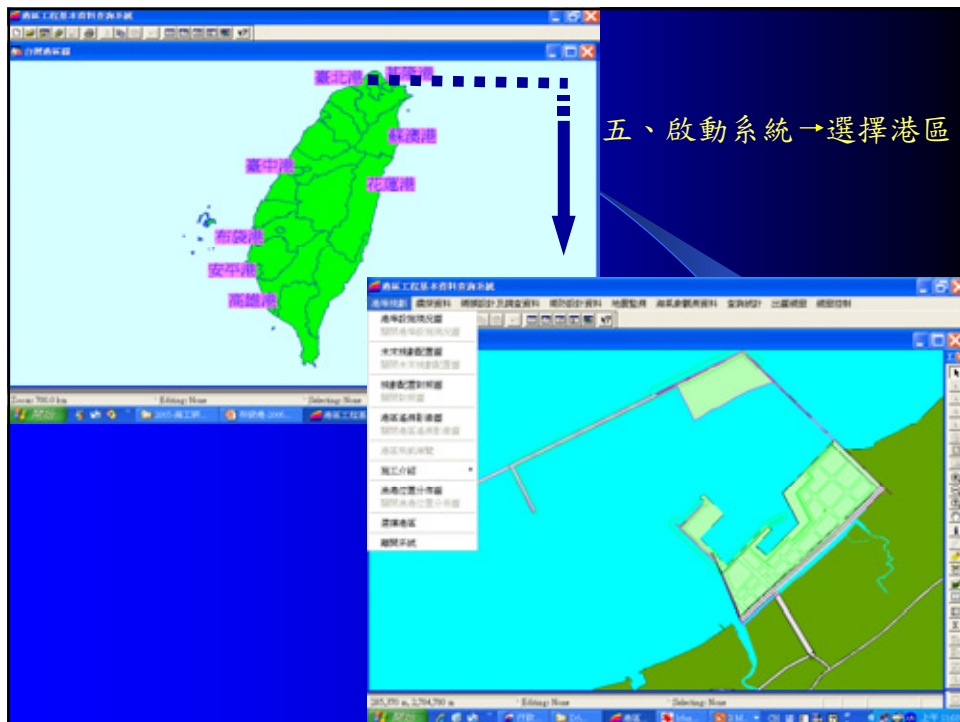
96年資料量(二)

分類\數量	基隆港	臺北港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港
風力調查圖表	133	90	364	197	98	514
潮位調查圖表	840	405	643	955	228	601
波浪調查圖表	235	17	41	111	560	202
海流調查圖表	113	189	345	294	103	125
碼頭貨櫃裝卸年份	7		7	9		
碼頭板樁腐蝕調查表	6	4		5	5	3

合計:9437筆(年增1192筆)

四、使用者介面

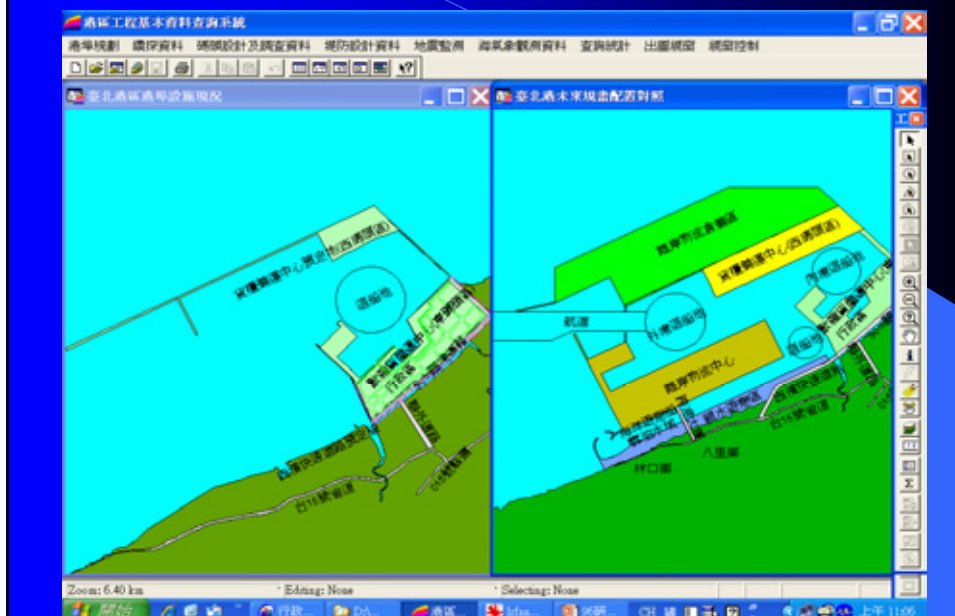
- 利用MapBasic程式語言，在MapInfo上開發使用者介面。
- 此客製化介面包括：
 - 全新選單
 - 下拉式選項
 - 客製化對話框



六、選單內容：進入港區，展列選單

- (1)港埠規劃：含港區目前配置圖、未來規劃圖、規劃對照圖等選項。
- (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、液化柱狀圖展繪等選項。
- (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、鋼板樁腐蝕調查展繪等選項。
- (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選項。
- (5)海氣象現地調查資料：含港區歷年調查之潮汐、波浪、海流、風資料等。

6-1、港埠規劃：含港區目前配置圖、未來規劃圖、規劃對照圖等選項。



6-2、地質資料處理

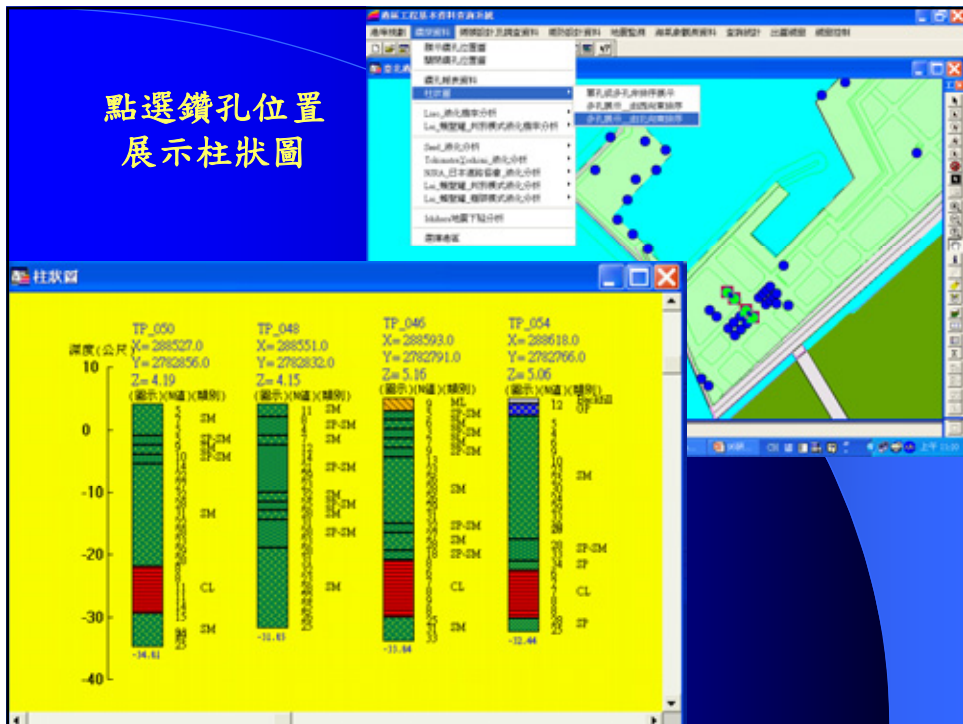
建置兩類資料表單，存放相關試驗資料：

- 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。

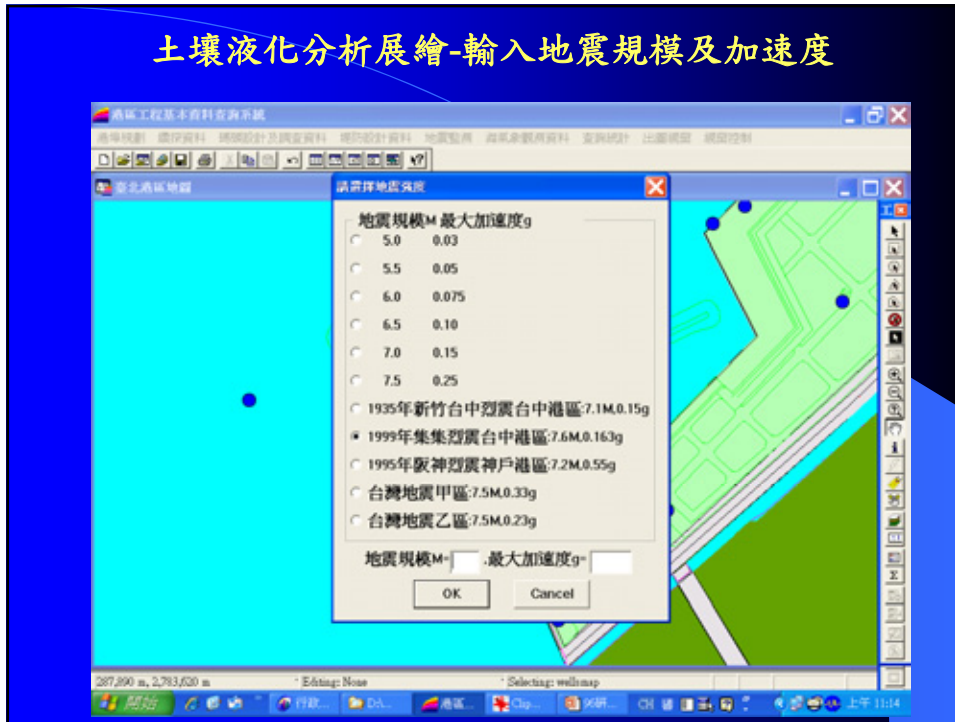
點選鑽孔位置
展示鑽探報表

The screenshot displays a software application window titled '地質工程專業資料查詢系統'. It features a map on the right showing a coastal area with several blue dots representing drill hole locations. A window titled '鑽探試驗資料報表' is open, showing detailed data for a specific drill hole.

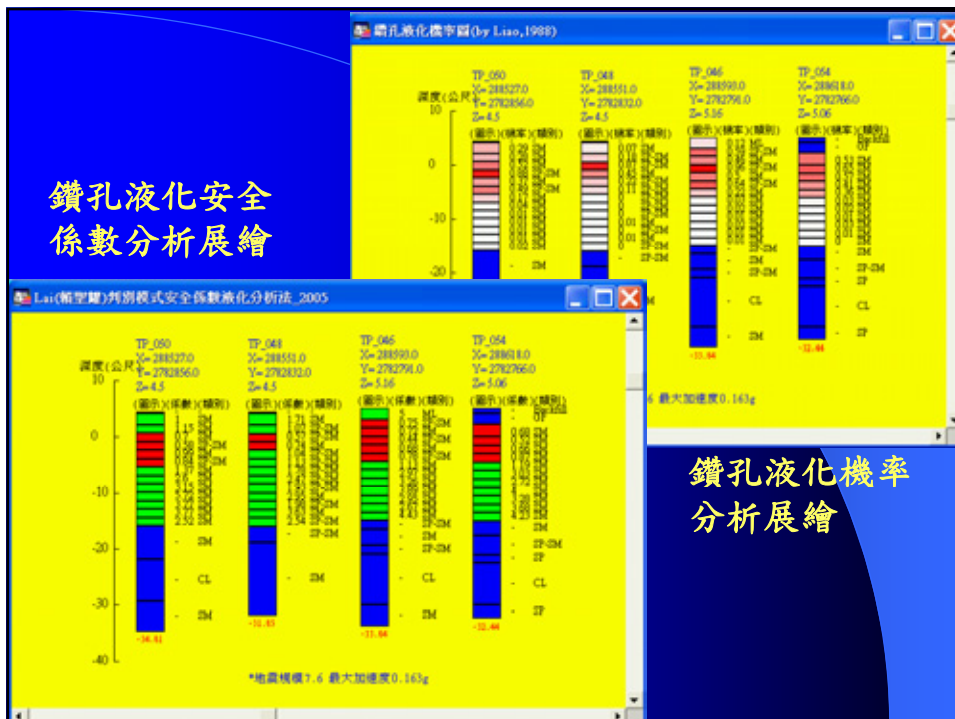
深 度 (m)	土壤 層 號	土壤 說明	岩石 分 類	取 樣 率	探 深 度	探 測 器 號	標 高	砂 含 量	粉 土 含 量	黏 土 含 量	水 份 含 量	液 性 指 數	塑 性 指 數	總 含 水 量	比 重	孔 徑	
1.75	SP-OK	黃褐色泥質粉砂壤土	0	0	11	SP-010	87.8211.780	29.8	0.0	0.0	1.7	2.85	1.52				
2.1																	
2.85	SP-OK	灰色泥質粉砂	0	0	8	SP-010	90.229.76 0	28.4	0.0	0.0	1.73	2.84	0.96				
4.75	SP-OK	灰色泥質粉砂	0	0	4	SP-010	16.1811.820	29.1	0.0	0.0	1.77	2.85	0.93				
5.1																	
5.85	OK	灰色泥質粉砂	0	0	7	SP-040	85.8	11.2	0	28.4	0.0	0.0	1.73	2.85	0.96		
6.8																	
7.75	SP-OK	灰色泥質粉砂	0	0	13	SP-010	90.789.22 0	29.2	0.0	0.0	1.73	2.84	0.93				
8.85	SP-OK	灰色泥質粉砂	0	0	14	SP-040	91.948.04 0	28.4	0.0	0.0	1.74	2.85	0.93				
10.35	SP-OK	灰色泥質粉砂	0	0	21	SP-070	90	20	0	29.3	0.0	0.0	1.73	2.85	0.96		
11.85	SP-OK	灰色泥質粉砂	0	0	29	SP-040	92.117.89 0	30.8	0.0	0.0	1.7	2.84	1.03				
13.35	SP-OK	灰色泥質粉砂	0	0	23	SP-080	89.020.960	29.2	0.0	0.0	1.72	2.85	0.99				
14.1																	
14.85	OK	灰色泥質粉砂	0	0	31	SP-010	87.9311.070	30.1	0.0	0.0	1.73	2.85	0.97				
15.8																	
16.35	SP-OK	灰色泥質粉砂	0	0	25	SP-010	91.188.82 0	29.0	0.0	0.0	1.72	2.84	0.96				
17.1																	



土壤液化分析展繪-輸入地震規模及加速度



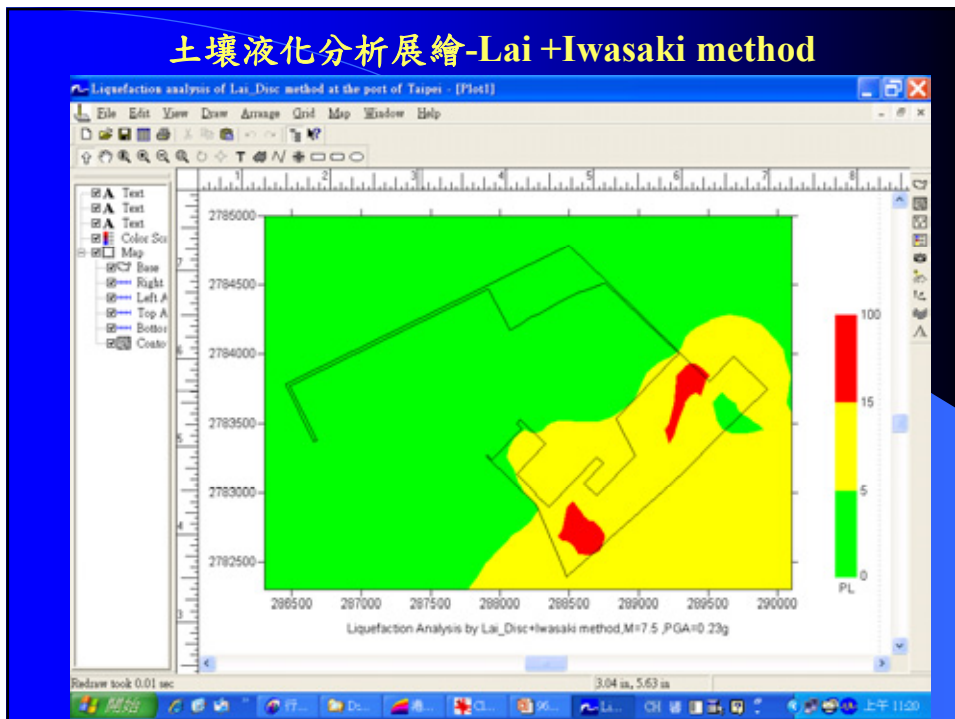
鑽孔液化安全係數分析展繪



全港區土壤液化分析展繪-點取選單



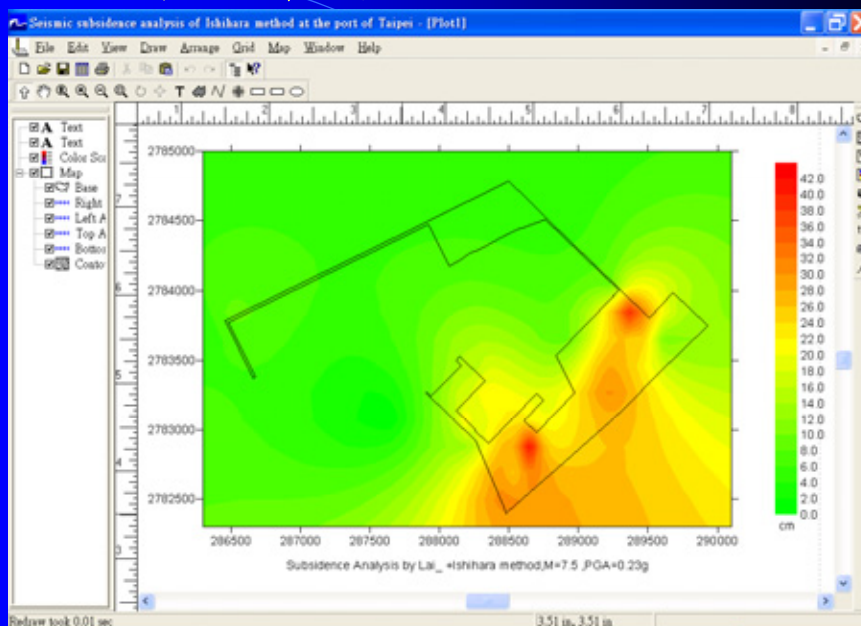
土壤液化分析展繪-Lai +Iwasaki method



液化危害指數PL分級和相應的抗液化措施

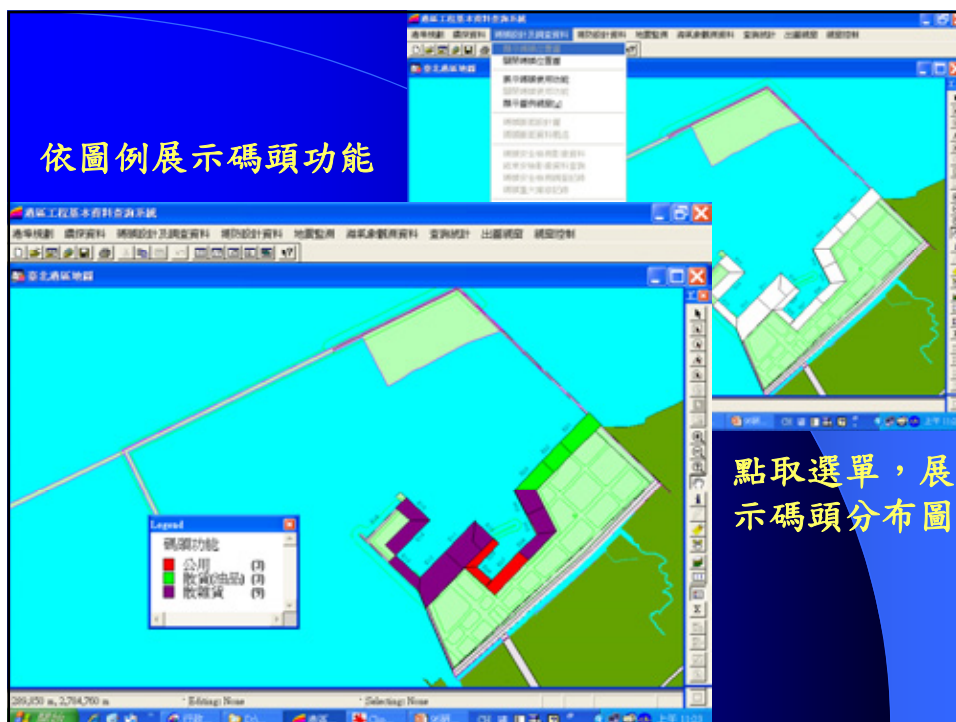
液化等級	液化危害指數PL	噴水冒砂特點	由液化引起得建築物震害	抗液化措施選擇原則	
				維生管線、重要機房、重要建物	非重要建物
輕微	<5	無噴水冒砂現象，池邊有零星水冒砂點	液化危險性小，一般不致引起明顯震害	部分消除液化沉陷，或對基礎和上部結構處理。	不採取措施
中等	5~15	噴水冒砂的可能性很大，多數屬於中等程度的噴水冒砂	液化危險較大，可造成不均勻沉陷或裂開	消除液化沉陷或部分消除液化沉陷，並進行基礎和上部結構處理。	採取部分措施處理
嚴重	>15	噴水冒砂的情形嚴重，地裂縫較多，地表型態發生很大變化。	液化危害性大，一般可使建築物產生10~30cm的不均勻沉陷，高重心建築物可能嚴重傾斜。	消除液化沉陷	消除液化沉陷或部分消除液化沉陷，或採用結構處理。

震陷分析展繪-Lai+Ishihara method



6-3、碼頭堤防斷面設計資料

- 碼頭及堤防設計斷面圖：是先利用Auto CAD軟體製作，將各港務局所提供之碼頭堤防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、更新日期等資料，提供系統查閱使用。
- 堤防之屬性資料表，建置方法與碼頭壘同。



點取調查位置，
展繪腐蝕速率
調查成果(#2)

腐蝕調查位置點取對話框

本碼頭分別於岸線:
 (1)0-80m 均佈檢測6支鋼板樁.
 (2)80-120m 均佈檢測14支鋼板樁.
 (3)120-170m 均佈檢測29支鋼板樁.
 請點取檢測位置以繪製成果.

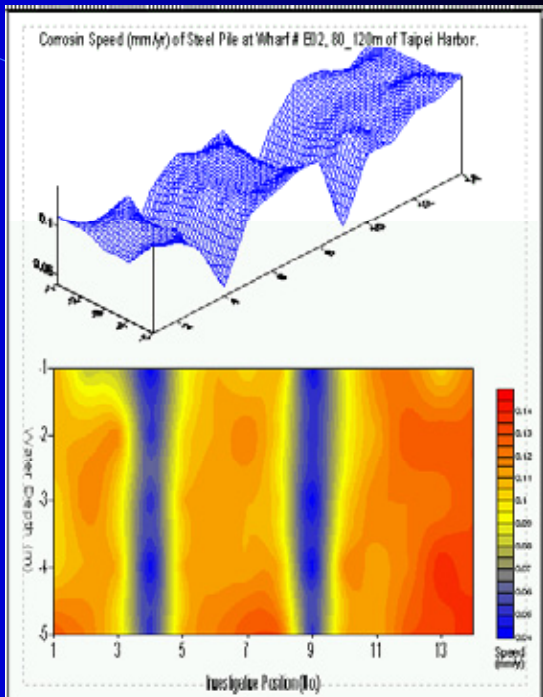
檢測位置

(1) 0-80m

(2) 80-120m

(3) 120-170m

確定 取消



點取調查位置，
展繪鋼板厚度
調查成果(#3)

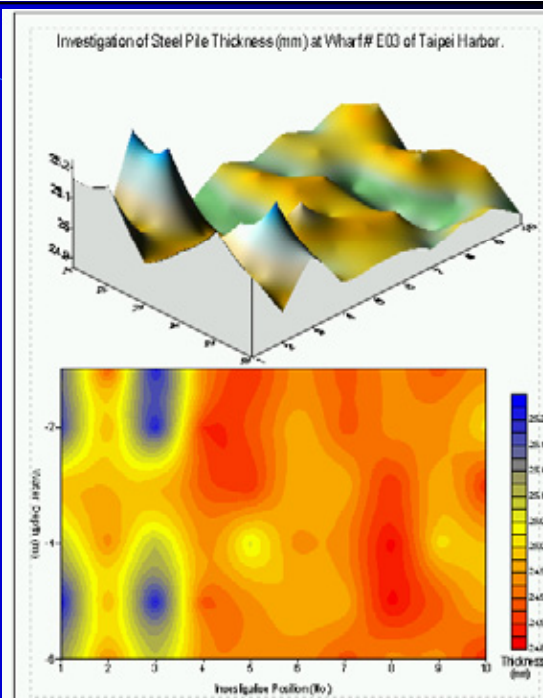
起迄點輸入對話框

本結構物岸線總長245m.等
距佈設105個檢測點.請輸
入展繪起迄點:

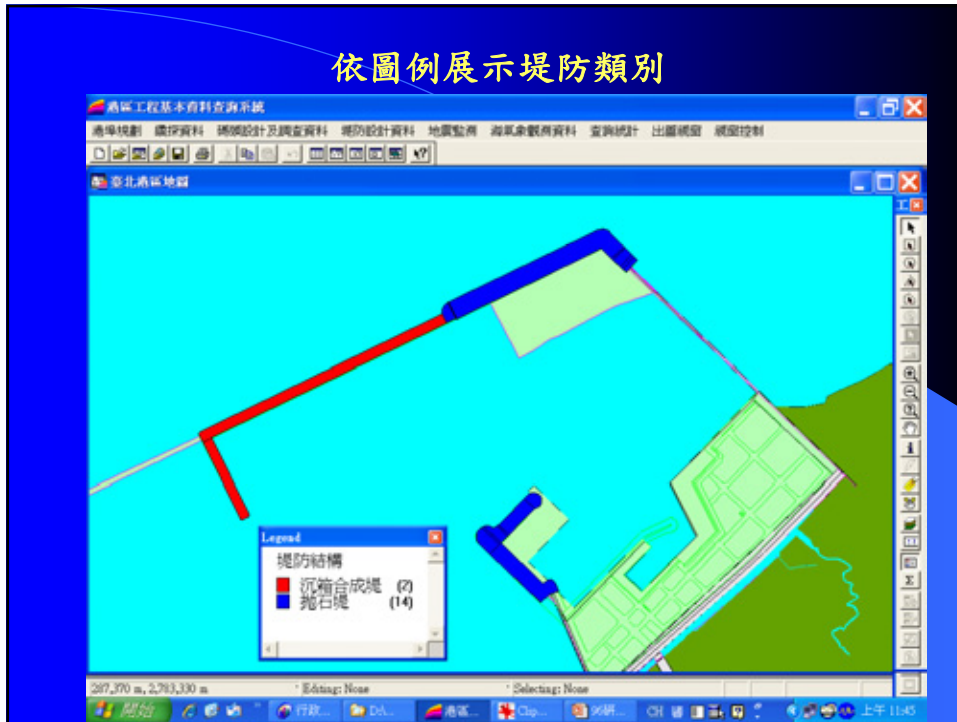
起點: 終點:

1	5
2	6
3	7
4	8
5	9
6	10

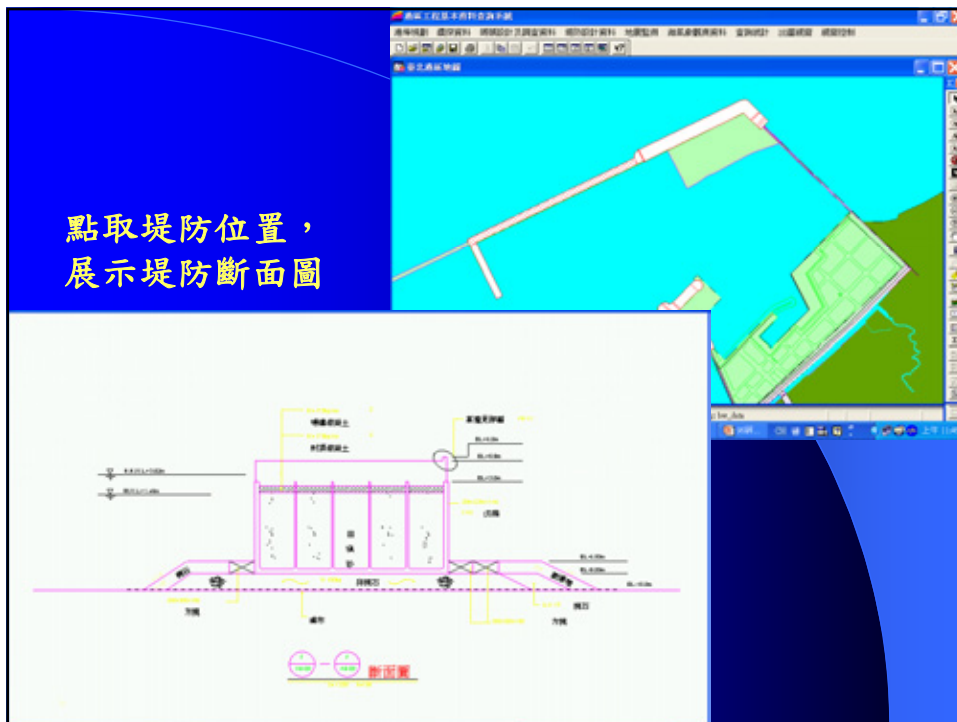
確定 取消



依圖例展示堤防類別



點取堤防位置，
展示堤防斷面圖



6-4、海氣象現地調查資料

- 臺北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。

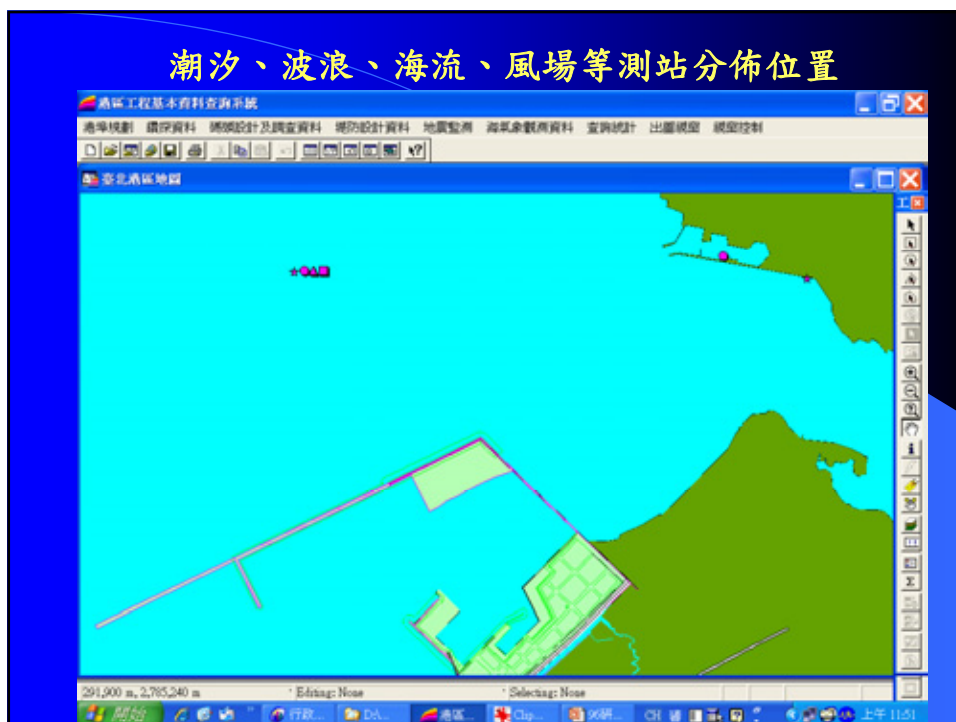


表1-039 2000年01月臺北港風力測站1觀測風速及風向月報表
2000年01月01日1時0分~2000年01月31日23時0分

日期	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
01/01

[註1]: 風速單位為 m/s, 風向為象向, 月平均風速 = 5.6m/s, 最大風速 = 12.4m/s, 其風向為 ENE。
[註2]: 每小時紀錄一次, 資料計 744筆。檔名: W001TP0.1HA。 港港技術研究中心

風資料查詢成果之一：風速風向月報表

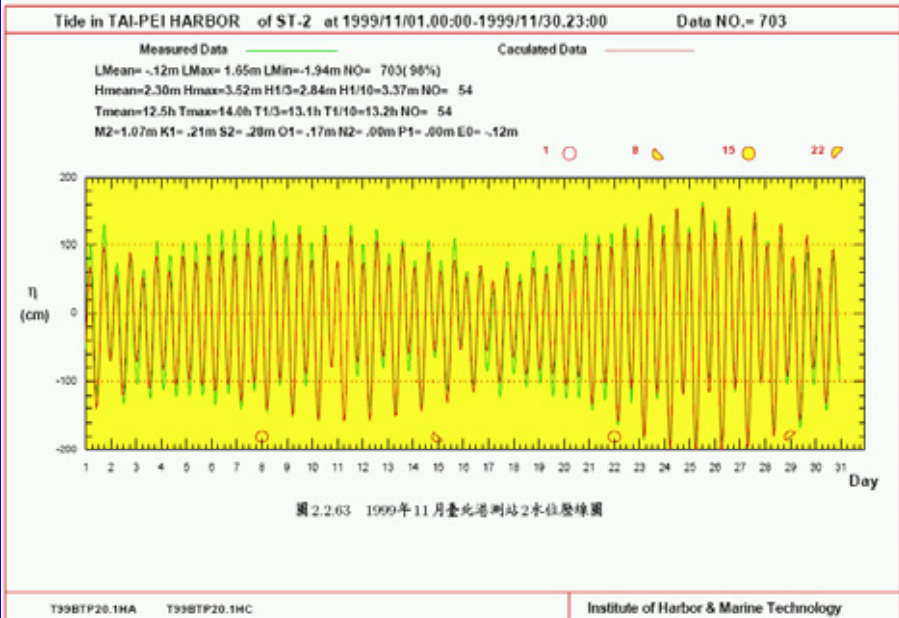
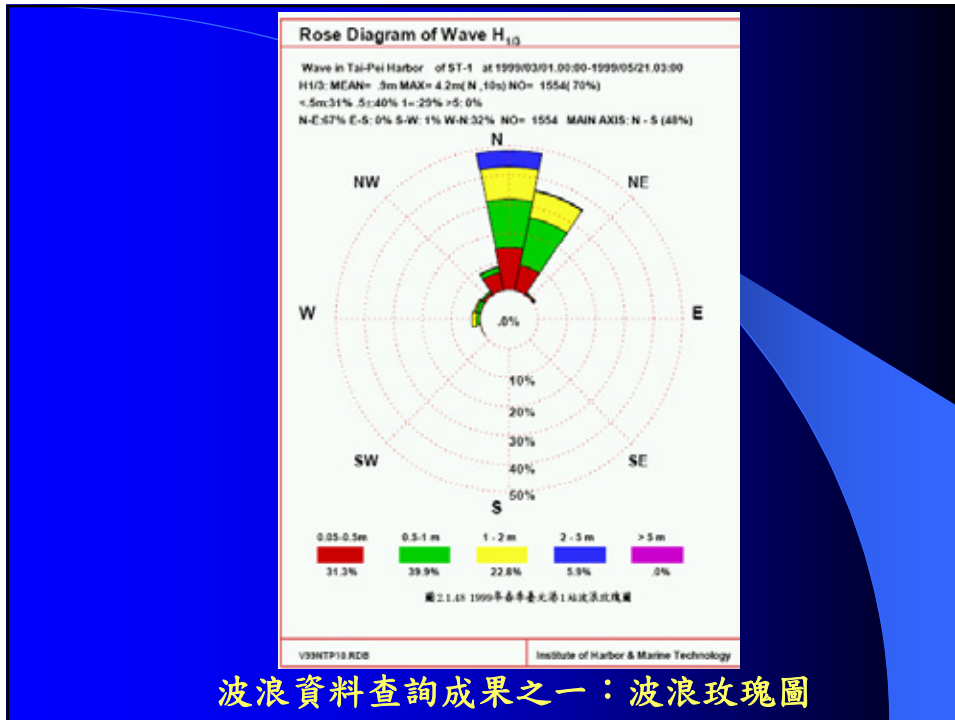
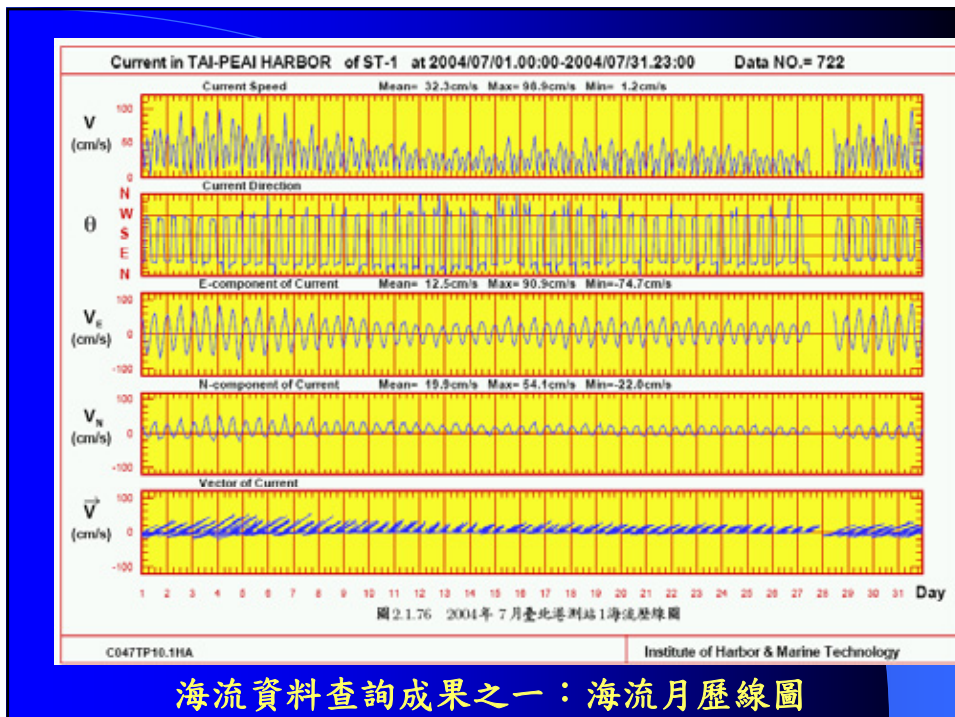


圖 2.2-63 1999年11月臺北港測站2水位歷線圖

潮位資料查詢成果之一：潮汐月歷線圖



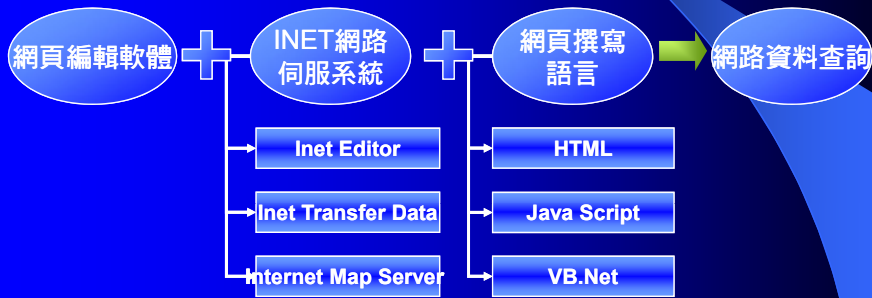
波浪資料查詢成果之一：波浪玫瑰圖



海流資料查詢成果之一：海流月歷線圖

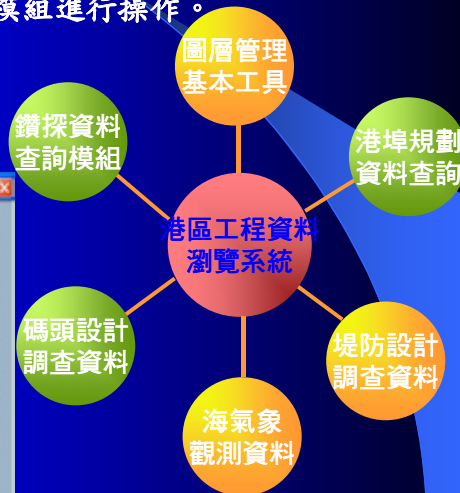
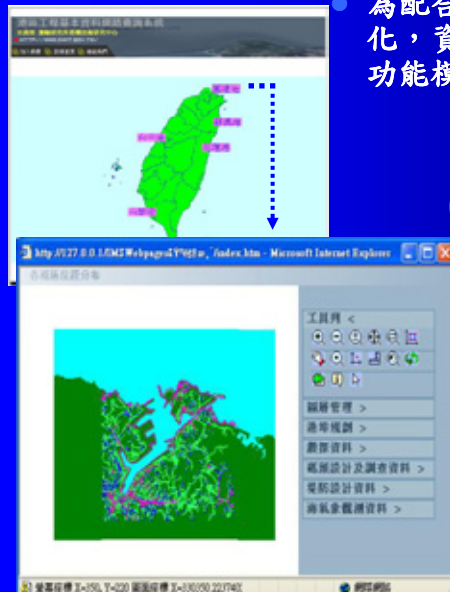
八、網路查詢系統開發

- 系統開發主要利用網頁編輯軟體 (Dreamweaver) 將INET網路伺服系統與網頁撰寫語言加以結合。



系統作業程序

- 為配合基隆港工程資料之查詢網路化，資料檢索作業階段主要藉由6個功能模組進行操作。



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，已是一個可行的的問題解決方法。

簡報完畢
敬請指正