

99-91-7495

MOTC-IOT-98-H1DA003-1

港灣地區地震監測及液化模擬 建檔研究(1/2)



交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

99-91-7495

MOTC-IOT-98-H1DA003-1

港灣地區地震監測及液化模擬 建檔研究(1/2)

著 者：謝明志、陳志芳、曾文傑

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

港灣地區地震監測及液化模擬建檔研究.(1/2)

/ 謝明志, 陳志芳, 曾文傑著.-- 出版.--

臺北市：交通部運研所，民 99. 05

面； 公分

參考書目：面

ISBN 978-986-02-3737-5 (平裝)

1. 港埠工程 2. 地震 3. 環境監測 4. 港埠
資訊查詢系統

443.2029

99010139

港灣地區地震監測及液化模擬建檔研究(1/2)

著 者：謝明志、陳志芳、曾文傑

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 99 年 5 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 100 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：100 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

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

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

GPN：1009901888

ISBN：978-986-02-3737-5(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分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

99

港灣地區地震監測及液化模擬建檔研究
(1/2)

交通部運輸研究所

GPN: 1009901888

定價 100 元

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣地區地震監測及液化模擬建檔研究(1/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-02-3737-5(平裝)	政府出版品統一編號 1009901888	運輸研究所出版品編號 99-91-7495	計畫編號 98-H1DA003-1
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：謝明志 研究人員：陳志芳、曾文傑 參與人員：陳義松、李春榮、李昭明、何木火、陳毓清、魏瓊蓉、林隆貞 聯絡電話：04-26587172 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 98 年 01 月 至 98 年 12 月
關鍵詞：地理資訊系統、標準貫入試驗、土壤液化			
摘要： 近年來世界各國地震頻傳，記取大地震之教訓，許多學者開始專研於地震相關研究，以擬定災前整備、災時應變及災後重建之對策，為下一次大地震來臨時，作好準備，期盼減少地震引致之災害與損失。臺灣港口雖未遭遇如日本阪神地震神戶港全面性之災害，但局部性之災害亦曾發生，相關案例包括民國 75 年花蓮地震造成蘇澳港部份碼頭側移，及花蓮港新建碼頭後線背填土沉陷，與民國 88 年 921 地震造成臺中港部份碼頭地區土壤液化，所以，港灣地震災害事件極容易發生，因此建立港灣地震監測系統，並且預做防救災應變規劃，是極為重要的課題。在此目標下，本計畫乃於港灣地區進行(1)各港區地震監測站資料收集彙整。(2)地質資料庫系統更新及功能維護。(3)港區監測站地震資料庫建置。(4)臺中港區震度漸增液化出圖模組設計。(5)臺中港區震度漸增液化影響模擬動畫製作。			
研究成果效益： 1. 學術效益，發表研討會論文 1 篇：2009 臺灣地理資訊系統年會暨學術研討會，發表論文「GIS 在臺北港區土壤液化分析及震災速報系統之開發應用」。 2. 資料庫建置效益：建置港灣工程基本資料庫，可作為港灣地區之地震災前預防、災時應變計畫與決策之參考依據。			
提供應用情形： 1. 本計畫利用地理資訊系統所開發之「港灣工程基本資料查詢展示系統」，已將資料提供給臺中港務局使用。 2. 所建置資料庫含各港圖文屬性資料，隨時可提供本所及港務單位研究分析、開發規劃之需用。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
99 年 5 月	84	100	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Establishment of Seismic Monitoring and Liquefaction Simulation in Harbor Areas (1/2)

ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-02-3737-5 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009901888	IOT SERIAL NUMBER 99-91-7495	PROJECT NUMBER 98-H1DA003-1
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PROJECT ADVISOR: M. J. Hsieh PROJECT STAFF: J. F. Chen, W. J. Tseng . PROJECT TECHNICIAN: Y. S. Chen, 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 2009 TO December 2009

KEY WORDS: Geographic information system, Standard penetration data, Soil liquefaction.

ABSTRACT :

Seismic failures are common in harbors around the world. Extensive damage around the harbor areas were reported in Kobe Harbor after the Kobe Earthquake happened in 1996. In Taiwan, recent reminders include the significantly lateral displacements of wharves in the Port of Suao induced by the Hualien Earthquake in 1986, extensive settlements in the hydraulic filled area behind the wharf in the Port of Hualien by the same event, and liquefaction of inside area in Taichung Harbor triggered by the Chi Chi Earthquake in 1999. Therefore, to establish a seismic monitoring system at harbor areas and plan a preventing disaster strategy previously is very important. Under this purpose, this project performed following tasks in selected harbor areas: (1) collecting and treating the data of seismic monitoring stations at each harbor and managing, (2) maintaining and updating the geologic database, (3) establishing the seismic data of monitoring station at Taichung Harbor areas, (4) designing the liquefaction exhibition module of Taichung Harbor area according to the increasing seismic intensity, and (5) manufacturing the liquefaction animation of Taichung Harbor area according to the increasing seismic intensity.

Benefits of research results:

1. Academic benefits, publication of 1 papers in seminars: “The application of GIS in soil liquefaction and earthquake damage instant report system in Taipei Harbor”, 2009 Taiwan Geographic Information System Annual Conference and Academic Seminar.
2. The benefit of database setting up: It provides valuable information to facilitate decision-making during and after a disaster.

Current situation in application:

1. The harbor engineering basic data established by this project has been offered into use in Taichung Harbor.
2. The database in this project can be used at any time for further study and planning.

DATE OF PUBLICATION May 2010	NUMBER OF PAGES 84	PRICE 100	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
---------------------------------	-----------------------	--------------	--

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

港灣地區地震監測及液化模擬建檔研究(1/2)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
圖目錄	V
表目錄	VII
第一章 前 言	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 資料建置之重要性	1-2
1.3 資料處理層級	1-3
1.4 資料建檔目的	1-3
1.5 資料建置工具-地理資訊系統	1-4
1.6 地理資訊系統功能	1-5
1.7 地理資訊系統的應用範疇	1-6
1.8 MapInfo 地理資訊系統	1-6
1.9 MapBasic 系統語言開發環境	1-7
1.10 建檔附屬系統	1-8
第二章 資料處理及系統建置	2-1
2.1 資料處理原則	2-1
2.2 地圖座標系統	2-1
2.3 資料貯存架構及容量	2-4
2.4 鑽孔位置及剖面土層資料錄說明	2-4

2.5 液化分析之應用	2-5
第三章 地質資料更新建置及分析模組查詢展示.....	3-1
3.1 地質資料補充更新概況	3-1
3.2 查詢系統操作程序	3-3
3.3 馬公港地質鑽探資料及液化分析查詢說明	3-6
第四章 震度漸增液化影響模組設計及動畫製作.....	4-1
4.1 震度漸增液化影響動態展示構思	4-1
4.2 震度漸增液化影響模組設計規劃	4-1
4.3 震度漸增液化影響動畫展示	4-2
第五章 港區地震監測資料建置及查詢展示	5-1
5.1 港區監測系統設置目的	5-1
5.2 系統之規劃設計	5-1
5.3 系統設置	5-2
5.4 資料擷取、傳輸與監測控制	5-5
5.5 臺中港區地震分層監測站設置狀況	5-7
5.6 地震及地下水位量測資料在地理資訊系統上之應用	5-8
第六章 結論與建議.....	6-1
6.1 研究目的與問題	6-1
6.2 結論	6-1
6.3 建議	6-2
6.4 研究成果之效益	6-3
6.5 提供政府單位應用情形	6-4
參考文獻	參-1

圖 目 錄

圖 3.1 馬公港鑽孔資料展繪圖(類別符號 BA：玄武岩)	3-1
圖 3.2 馬公港資料未修正前之 1 號碼頭附近鑽孔柱狀圖	3-2
圖 3.3 馬公港資料修正後之 1 號碼頭附近鑽孔柱狀圖	3-2
圖 3.4 馬公港及附近海域增補(圓點)及新建(方點)鑽孔位置分佈圖	3-3
圖 3.5 查詢系統主畫面	3-10
圖 3.6 馬公港區地圖圖層及選單下拉模式	3-10
圖 3.7 馬公港區鑽探孔位分佈圖	3-11
圖 3.8 馬公港區鑽孔柱狀圖	3-11
圖 3.9 地震強度選取對話框	3-12
圖 3.10 馬公港區鑽孔 Liao 液化機率分析結果柱狀圖	3-12
圖 3.11 馬公港區 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖	3-13
圖 3.12 馬公港區 Seed 抗液化安全係數柱狀圖	3-13
圖 3.13 馬公港區 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖	3-14
圖 3.14 Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式	3-16
圖 3.15 馬公港區鑽孔 Lai 液化機率分析結果柱狀圖	3-16
圖 3.16 馬公港區 Lai_Prob+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖	3-17
圖 3.17 馬公港區 Lai 抗液化安全係數柱狀圖	3-17
圖 3.18 馬公港區 Lai+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖	3-18
圖 3.19 地震下陷分析成果圖	3-19
圖 4.1 震度漸增液化影響動畫成果圖之一	4-3
圖 4.2 震度漸增液化影響動畫成果圖之二	4-3
圖 4.3 震度漸增液化影響動畫成果圖之三	4-4

圖 4.4 震度漸增液化影響動畫成果圖之四.....	4-4
圖 4.5 震度漸增液化影響動畫成果圖之五.....	4-5
圖 4.6 震度漸增液化影響動畫成果圖之六.....	4-5
圖 4.7 震度漸增液化影響動畫成果圖之七.....	4-6
圖 4.8 震度漸增液化影響動畫成果圖之八.....	4-6
圖 4.9 震度漸增液化影響動畫成果圖之九.....	4-7
圖 4.10 震度漸增液化影響動畫成果圖之十.....	4-7
圖 5.1 規劃與實設之整體系統設計-臺中港範例	5-2
圖 5.2 測站相關測量結果平面示意圖-臺中港範例	5-3
圖 5.3 測站相關測量結果斷面示意圖-臺中港範例	5-4
圖 5.4 測站主要地質調查內容與結果示意圖-臺中港範例	5-5
圖 5.5 整體擷取、傳輸與監測控制流程.....	5-6
圖 5.6 機房構造與配置示意圖	5-6
圖 5.7 臺中港區地震分層監測站設置完成外貌狀況.....	5-7
圖 5.8 臺中港區地震監測查詢表單下拉及監測站位置展示圖	5-12
圖 5.9 臺中港區之地震監測系統設置示意圖.....	5-13
圖 5.10 臺中港影響地震震央位置分佈圖.....	5-13
圖 5.11 臺中港南北向分層實測地震波記錄圖之一.....	5-14
圖 5.12 臺灣活斷層分佈位置疊合圖.....	5-14
圖 5.13 臺中港區地震監測資料年份選取對話框.....	5-15
圖 5.14 臺中港區地震監測資料月份選取對話框.....	5-15
圖 5.15 臺中港區地震監測資料日期選取對話框.....	5-15
圖 5.16 臺中港地震引置之水壓反應記錄圖之一.....	5-16

表 目 錄

表 2-1 港區各鑽孔基本資料檔案及資料紀錄說明	2-7
表 2-1 港區各鑽孔基本資料檔案及資料紀錄說明(續).....	2-8
表 2-2 鑽孔之試驗資料檔案及資料紀錄說明	2-9
表 3-1 液化危害指數 PL 分級和相應的抗液化措施說明.....	3-9

第一章 前言

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部份資料，利用軟體工具整合建製成查詢展示系統，並開發資料應用模組，以多樣化表現方式呈現，建立友善介面方便使用者操做使用。

本計畫針對港區地質鑽探資料進行收集整理及補充建檔，並建置港區地震監測站所收錄的分層土層震波及水壓變化資料，藉此擴充既有資料架構及資料內容，再配合地理資訊系統開發展示功能，得使資料搜尋展示更加快速並更具使用親和性。

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、Tokimatsu & Yoshimi 及本所自行開發之不同液化分析模式，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。

臺灣正處於世界上地震發生最頻繁的環太平洋地震帶上，近幾年來臺灣港口雖未遭遇如日本阪神地震神戶港全面性之災害，但局部性之災害亦曾發生，相關案例包括民國 75 年花蓮地震造成蘇澳港部份碼頭側移，及花蓮港新建碼頭後線背填土沉陷，與民國 88 年 921 地震造成臺中港部份碼頭地區土壤液化，所以，港灣地震災害事件極容易發生，因此建立港灣地震監測系統，並且預做防救災應變規劃，是極為重要的課題。在此目標下，本計畫乃於港灣地區進行(1)各港區地震監

測站資料收集彙整。(2) 地質資料庫系統更新及功能維護。(3)港區監測站地震資料庫建置。(4)臺中港區震度漸增液化出圖模組設計。(5)臺中港區震度漸增液化影響模擬動畫製作。

1.2 資料建置之重要性

大凡建築工程之規劃設計，皆以搜集環境特性資料為第一要務；而大型的港灣工程，其橫跨之區域動輒數公里以上，區域內的地質及海氣象資料之獲得，乃為最基本之規劃依據。若有完整的港區工程基本資料庫，則港灣建設在工程規劃階段，將可以節省龐大的經費、時間與人力。且因台灣地處環太平洋地震帶，港灣結構物的最大破壞力乃為烈震強浪所帶來的強烈衝擊及其延生的土壤液化、變形等現象。依據 1989 年美國加州灣區烈震調查，受災最嚴重的位置，均在海灣淤泥層及填土區上，1994 年 1 月 17 日，加州又現烈震，報告指出嚴重災區也多在軟弱地層上。隔年同日(1995 年 1 月 17 日)，日本阪神發生加速度達 833 gal 的烈震，回填區大面積液化，可見震災之分佈與地質條件有絕對密切之關係。1999 年 9 月 21 日，臺灣發生集集大地震，距震央相隔三十餘公里的臺中港，1 號至 4A 等五座碼頭亦嚴重受創。對於地震這類不可預知的天然災害，若能事先確知那些地點於地震時較可能受創，當可事先採取適當之防範措施。另由於臺灣每年平均遭受 3.5 次的颱風侵襲，強風引致大浪，沖擊沿海港灣，對港灣海堤造成破壞，尤以東岸面對太平洋的港口，所帶來的損害最為劇烈。且近 20 年來臺灣沿海地區地層下陷問題嚴重，每遇豪雨暴潮，甚至平時大潮滿潮，即發生海水倒灌，財產損失不貲，布袋、安平兩港正座落於下陷嚴重的嘉南平原地區，因此港區新生地之填土高程，碼頭堤防之設計高程，宜先預留容許下陷量，以防範未然。對臺灣港區而言，建立完整的基本工程資料庫，除了規劃預算階段可獲得省時、省力、省錢等效益外，亦能達到災害防治的目的。將來並可依據這些資料來推估災害的可能發生程度及其它工程應用，以作為規劃設計及災害防治上的基本資料。

1.3 資料處理層級

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

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

- (1)建立港區基本地圖資料系統。
- (2)建立港區工程環境資料系統。
- (3)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。

1.5 資料建置工具-地理資訊系統

本研究計畫使用港區地圖，在地圖上標示地質碼頭等資料之分佈位置，利用點選方式查詢資料屬性，以圖文方式展示資料內容。以此方式來建置並展示資料，最佳選擇應是地理資訊系統 (Geographic Information System)。地理資訊系統簡稱 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。

1.6 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，它能夠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。

1.7 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。

1.8 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。

1.9 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。

1.10 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。

第二章 資料處理及系統建置

2.1 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。

2.2 地圖座標系統

臺灣地區的座標系統，從日治時期開始就已建立，經由陸續修測而得。(日治 1910 年起，採用 Bessel 1841 參考橢球體)。傳統是以天文觀測及三角測量的方式測定經緯度，由於受到地球重力場分佈不均勻等因素影響，所測得的經緯度只適用於臺灣附近的局部區域。內政部於 1980 年公佈之 2662 點三角點，就是以這種方式測量的，為臺灣現有多數圖籍之基準。這套座標系統是採用 1967 年的國際地球原子計算，通稱為「TWD67」(Taiwan Datum 1967，1967 臺灣大地基準)。衛星定位發明後，對於地圖測量技術起了至重大變革，不需再透過天文觀測，即可計算地表任何地方的經緯度，不僅精度更高，且所測得的是適用於全球的一套座標系統，我國亦順應世界潮流予以採用，於民國八十六年內政部採用 1980 年國際地球參考框架而定義，為更適合於全國大地坐標系統之新基準，將此座標系統稱為「TWD97」(Taiwan Datum 1997，1997 臺灣大地基準)。

TWD67 與 TWD97 的定義如下：

一、TWD67：

1. 參考橢球體採用 1967 年新國際地球原子(GRS67)如下：

(1)長半徑: $a=6378160$ 公尺

(2)短半徑: $b=6356774.7192$ 公尺

(3)扁率: $f=(a-b)/a=1/298.25$

2. 大地基準點以南投埔里之虎子山起算：

(1)經度 $\lambda=120^{\circ} 58' 25.975''$

(2)緯度 $\varphi=23^{\circ} 58' 32.340''$

(3)對頭拒山之方位角 $\alpha=323^{\circ} 57' 23.135''$

3. 高程基準面：

(1)臺灣本島以基隆平均海水面起算。

(2)澎湖以馬公平平均海水面起算。

4. 地圖投影：

有關地籍測量及大比例尺測圖所應用之坐標系統，係採用橫麥卡托投影經差二度分帶，臺灣本島之中央子午線為 121° ，坐標原點為中央子午線與赤道交點，且橫坐標西移 250,000 公尺，中央子午線之尺度比率為 0.9999。

二、TWD97：

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：
 - (1)長半徑 $a=6378137$ 公尺
 - (2)短半徑: $b=6356752.3141$ 公尺
 - (3)扁率 $f=1/298.257222101$
3. 高程基準面：內政部已完成臺灣一等水準網，計二、〇六五個一等水準點測量工作，並於基隆設置水準原點及副點，高程系統以基隆港平均海水面為高程基準面，據此訂定二〇〇一年臺灣高程基準（簡稱 TWVD2001），作為臺灣高程測量控制系統之基準。
4. 臺灣、琉球嶼、綠島、蘭嶼及龜山島等地區之投影方式採用橫麥卡托投影經差二度分帶，其中央子午線為東經 121 度，投影原點向西平移 250,000 公尺，中央子午線尺度比為 0.9999；另澎湖、金門及馬祖等地區之投影方式，亦採用橫麥卡托投影經差二度分帶，其中央子午線定於東經 119 度，投影原點向西平移 250,000 公尺，中央子午線尺度比為 0.9999。

目前地圖投影的方式繁多，臺灣地區位於北半球、低緯度區，為配合國際性座標，地圖投影採用橫麥卡托 (Universal Transversal Meccator，簡寫為 U.T.M.) 投影方式，U.T.M.法在國際上都以經差六度分帶之範圍來展圖，但為使臺灣地形投影在平面紙圖上更勻稱美觀，政府另行設定以東經 121 度為中心線的經差二度分帶展圖範圍，因該線較能將臺灣地形均等劃分，而稱此為臺灣地區橫麥卡托投影經差二度分帶系統（簡稱 TM2 系統）。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，配合當時頒訂的 TWD67 基準，作為臺灣地區的座標系統，港區許多豎有圖籍都用此系統，故本報告即以此系統，來做為相關圖層的座標系統。但在民國八十六年另頒 TWD97 基準後，較

新的圖檔都逐漸改用 97 標準來製作，本所也當收集港區新標準圖檔，配合新規範逐步修改暨有資料。

2.3 資料貯存架構及容量

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，需各自存放於不同資料夾內，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。由於八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，至少需具有 1.2Gb 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，所建置之資料皆貯存在資料夾<Harbor-1>下，以八個子資料夾分別存放八大港區相關資料，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。

2.4 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 2-1 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 2-2 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。

2.5 液化分析之應用

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能力。對於地處環太平洋地震帶的臺灣，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。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，因此，對臺灣各港區而言，建立完整的土層分佈地質資料庫，及利用軟體工具來展繪各鑽孔的可能液化程度，可提供工程人員設計參考，以期達到災害防治的目的(賴、謝，2000； 謝，2002)。

本研究之液化分析，採用安全係數評估法及機率分析評估法。安全係數評估法採用美日等不同學者的建議方法，包括(a)Seed 簡易經驗法、(b)新日本道路橋經驗法，(c)Tokimatsu & Yoshimi 經驗法及(d)Lai 判別分析安全係數模式。機率分析評估法採用 Liao et al.的迴歸模式進行分析及 Lai 的判別分析機率模式。液化可能深度一律計算至地表下 20m。各方法簡略說明如下：

2.5.1 Seed 簡易經驗法

本法先由 Seed 和 Ldriss (1971)提出，其後根據震災經驗法，Seed 等人(1983)提出修正，考慮平均粒徑 D_{50} 的影響，但 Seed 等人(1985)則將 D_{50} 之影響改為細粒含量(FC)之影響，而 1997 年 NCEER Workshop 再予修正(Roberson and Wride, 1998)。

2.5.2 日本道路橋樑經驗法（簡稱 NJRA 法）

日本道路橋經驗法（日本道路協會，1996；陳、林，2000）為日本阪神地震後，日本道路協會將此次地震液化經驗及學者相關研究結果整合後，重新擬訂新的土壤液化潛能分析方法，簡稱 NJRA 法，包含重新探討需要進行液化評估的土壤種類，直下型近震及板塊型遠震之地震力，重訂抗液化強度的計算方法等。

2.5.3 Tokimatsu & Yoshimi 經驗法（簡稱 T&Y 法）

本法為東京工業大學 Tokimatsu 與 Yoshimi（1983）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。

2.5.4 Lai 判別分析安全係數模式及機率分析模式

本法為賴聖耀(賴，2003;Lai et al., 2005)利用判別分析(discriminant analysis)方法，為一本土化液化分析模式，此法乃依據所收集的 592 組國內外案例數據，(包括 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分析模式，包括安全係數及機率分析兩種模式。

2.5.5 Liao et al.機率分析法

本研究之液化機率分析採用邏輯迴歸法(Logistic Regression Method)(賴，1990)，本法係以邏輯轉換(Logic Transformation)及最大似然性法(Maximum Likelihood)之推定分析，將液化機率 PL 表示成地震力參數及土壤特性參數之函數。Liao et al.蒐集震災地區共 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(Liao et al., 1988)，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。

表 2-1 港區各鑽孔基本資料檔案及資料紀錄說明

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 2-1 港區各鑽孔基本資料檔案及資料紀錄說明(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 2-2 鑽孔之試驗資料檔案及資料紀錄說明

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)	

第三章 地質資料更新建置及分析模組查詢展示

3.1 地質資料補充更新概況

本研究近兩年收集澎湖馬公港地質鑽探資料，經篩選彙整後，取出合用資料加以數化，建製成資料表單。上年度已數化 86 孔，而所建資料經核對後，發現皆只建置表層十幾米的土層資料，接續之岩層資料皆未建置。察馬公港鄰近地層皆明顯分為上土層及下岩層，上部土層軟弱而下層為堅硬的玄武岩，岩層調查厚度有達 35.3 米者，如圖 3.1 所示編號 MG_087 之鑽孔。若只建置土層資料，易導致查閱資料者忽略下部具有堅硬的基盤。故本年度增補既有資料，並新增港局大樓附近 14 孔鑽探，合計共 100 個鑽孔資料，全數匯入本所港研中心所開發的「港區工程基本資料查詢展示系統」中。資料增補前之鑽探柱狀圖如圖 3.2 所示，資料增補後之鑽探柱狀圖如圖 3.3 所示，全部鑽孔分佈位置如圖 3.4 所示，其中藍色點位為修正及增補資料的 86 孔，紅色點位為新建的 14 孔，鑽探累積深度總計達 1,592 公尺。

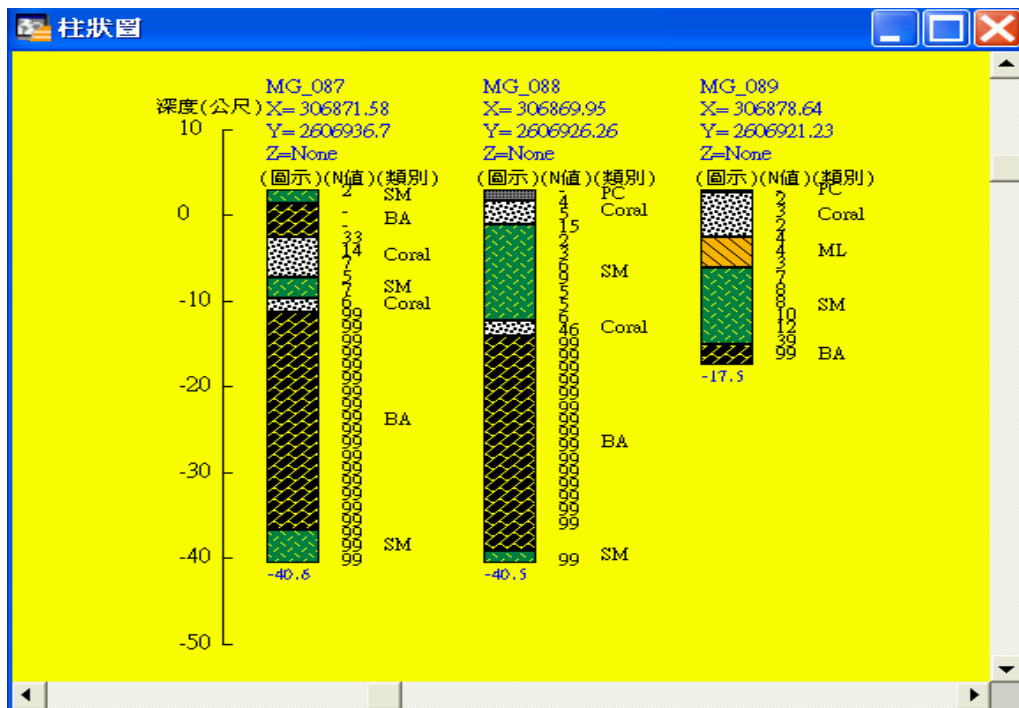


圖 3.1 馬公港鑽孔資料展繪圖(類別符號 BA：玄武岩)

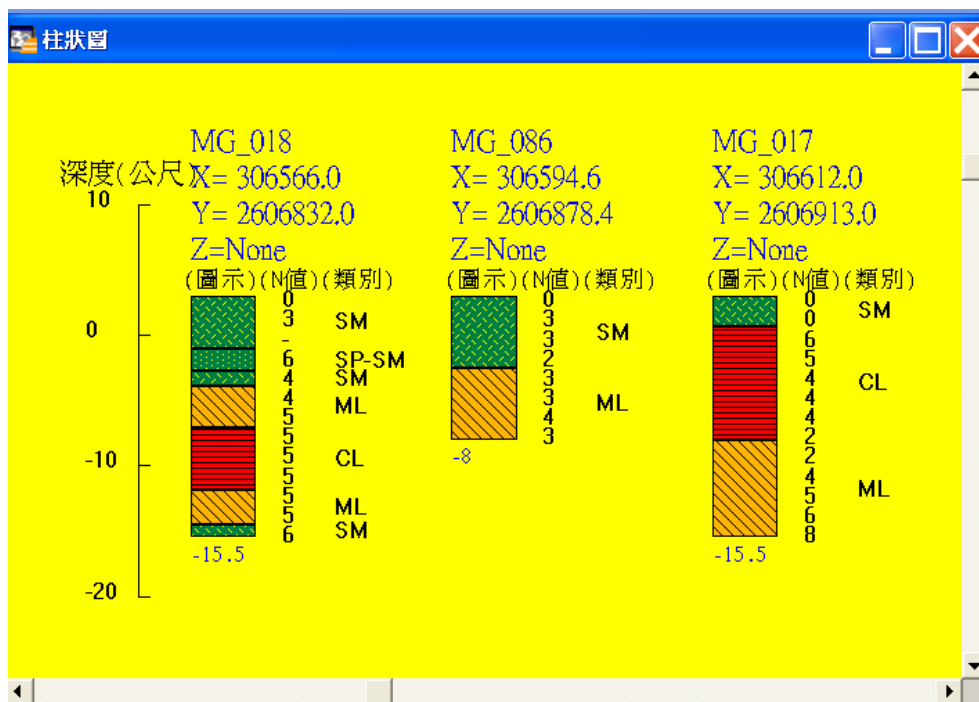


圖 3.2 馬公港資料未修正前之 1 號碼頭附近鑽孔柱狀圖

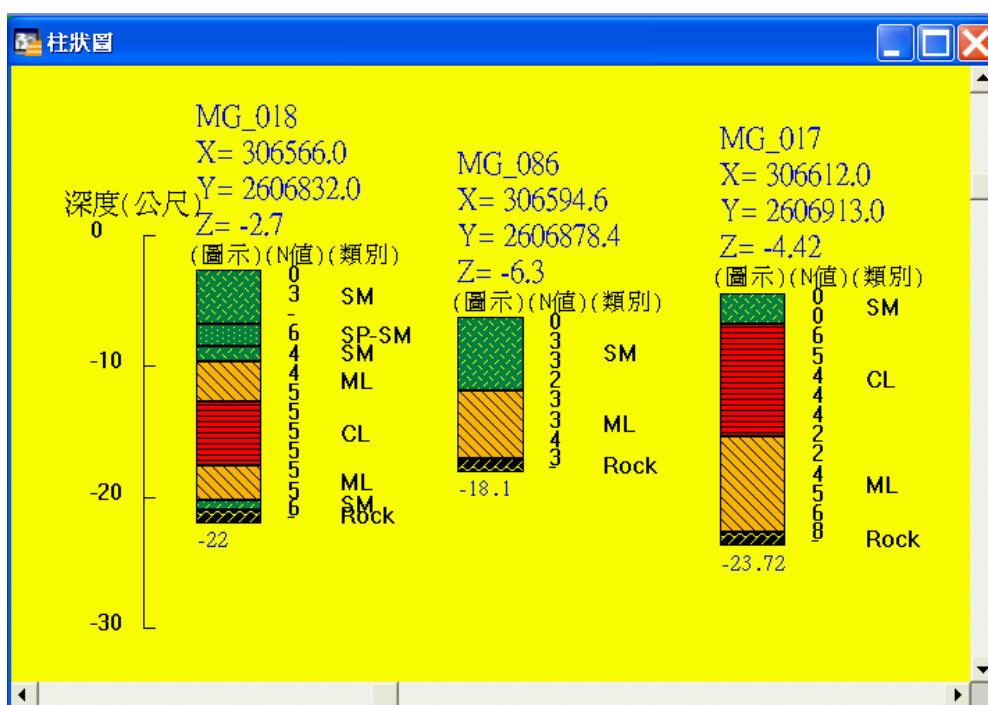


圖 3.3 馬公港資料修正後之 1 號碼頭附近鑽孔柱狀圖



圖 3.4 馬公港及附近海域增補(圓點)及新建(方點)鑽孔位置分佈圖

3.2 查詢系統操作程序

港研中心歷年所建置的地質資料及各項液化分析查詢模組，皆架構在「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客製化選單。系統操作及查詢說明如下：

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、馬公等港區的分佈位置。
 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。

3.3 馬公港地質鑽探資料及液化分析查詢說明

3.3.1 進入查詢系統

1. 按照 3.2 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 3.5 所示。
2. 將滑鼠遊標移至馬公港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出馬公港區基本地圖圖層，如圖 3.6 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 3.6 也展示新設計的主選單「鑽探資料」功能項下拉查詢模式。

3.3.2 地質鑽探資料查詢

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

1. 此選單之第一選項為「顯示鑽孔位置圖」，點選後螢幕主畫面港區地圖上隨即出現各個鑽孔位置之標示符號，該符號為藍色實心圓點。使用者可用滑鼠點選所欲查詢的鑽孔，來查看該鑽孔的報表資料及展繪該鑽孔的柱狀圖。馬公港的鑽探孔位分佈如圖 3.7 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 3.8 所示為五個鑽孔由北向南排序之柱狀圖繪製結果。

3.3.3 Liao 液化機率分析成果展示

1. 柱狀圖繪製完畢後，所選取之鑽孔，也可接續來作液化機率分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的機率大小。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第五選項「Liao_液化機率分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 3.9 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 3.10 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 3.11 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。

3.3.4 Seed 液化分析成果展示

1. 柱狀圖繪製完畢後，所選取之鑽孔，可接續來作液化分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的可能。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第七選項「Seed_液化分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之抗液化安全係數柱狀圖，如圖 3.12 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 3.13 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。相關液化危害指數 PL 分級，和相應的抗液化措施，說明如表 3-1 所示。
3. 其它分析方法之推估結果，也可依據上述方法查詢而得。

表 3-1 液化危害指數 PL 分級和相應的抗液化措施說明

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沈陷，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。	消除液化沈陷	消除液化沈陷或部分消除液化沈陷，或採用結構處理。

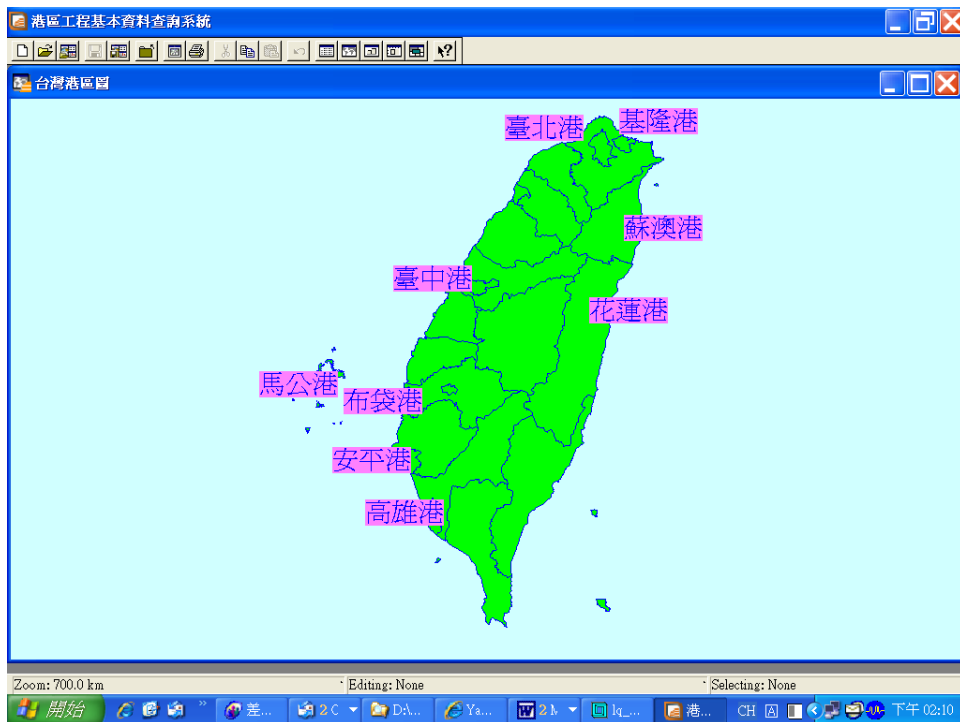


圖 3.5 查詢系統主畫面

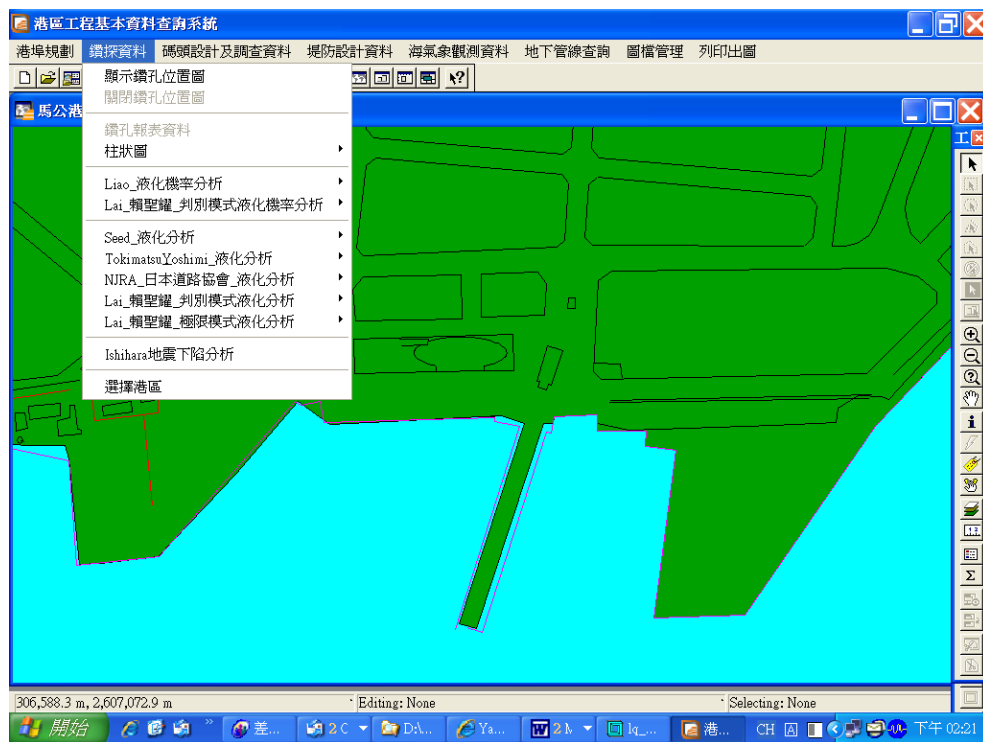


圖 3.6 馬公港區地圖圖層及選單下拉模式

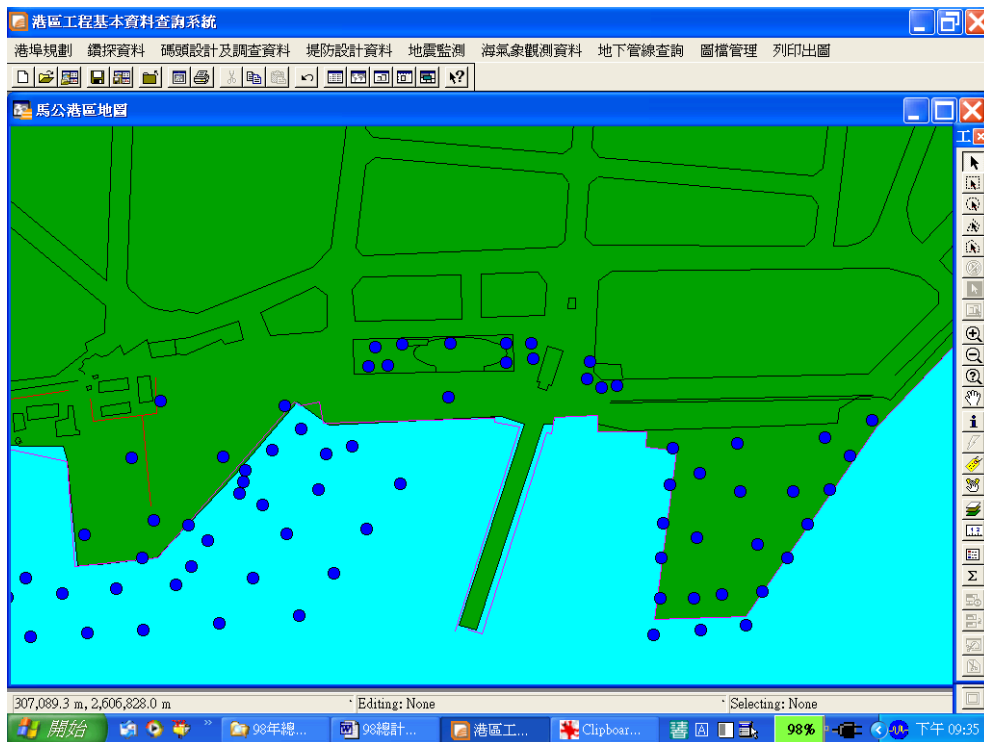


圖 3.7 馬公港區鑽探孔位分佈圖

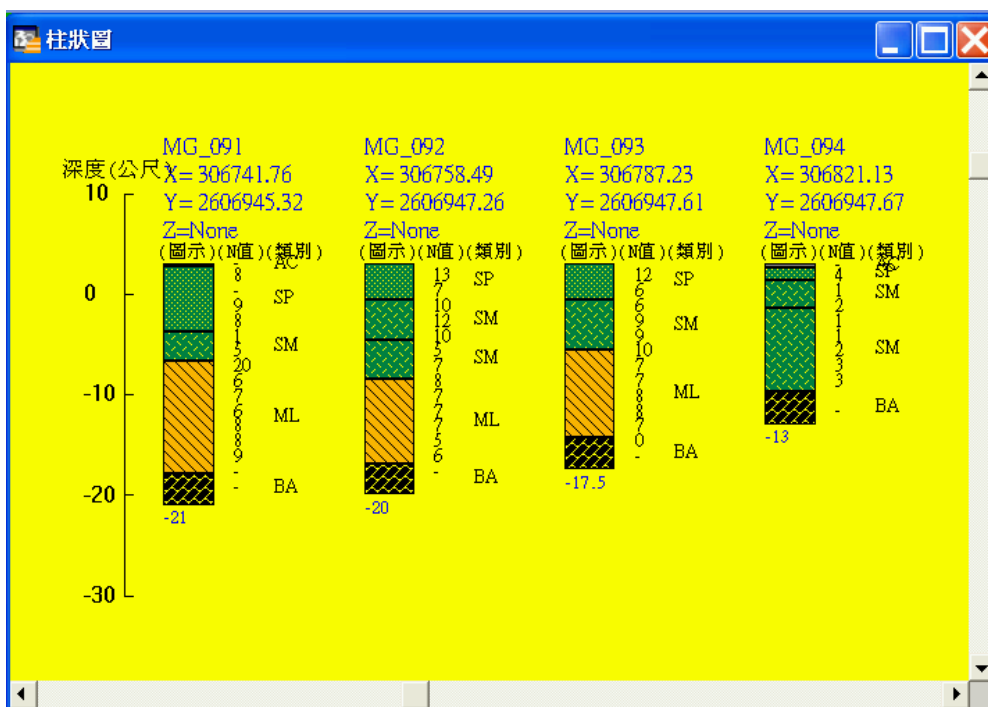


圖 3.8 馬公港區鑽孔柱狀圖

請選擇地震強度

地震規模M 最大加速度g

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

地震規模M= ,最大加速度g=

圖 3.9 地震強度選取對話框

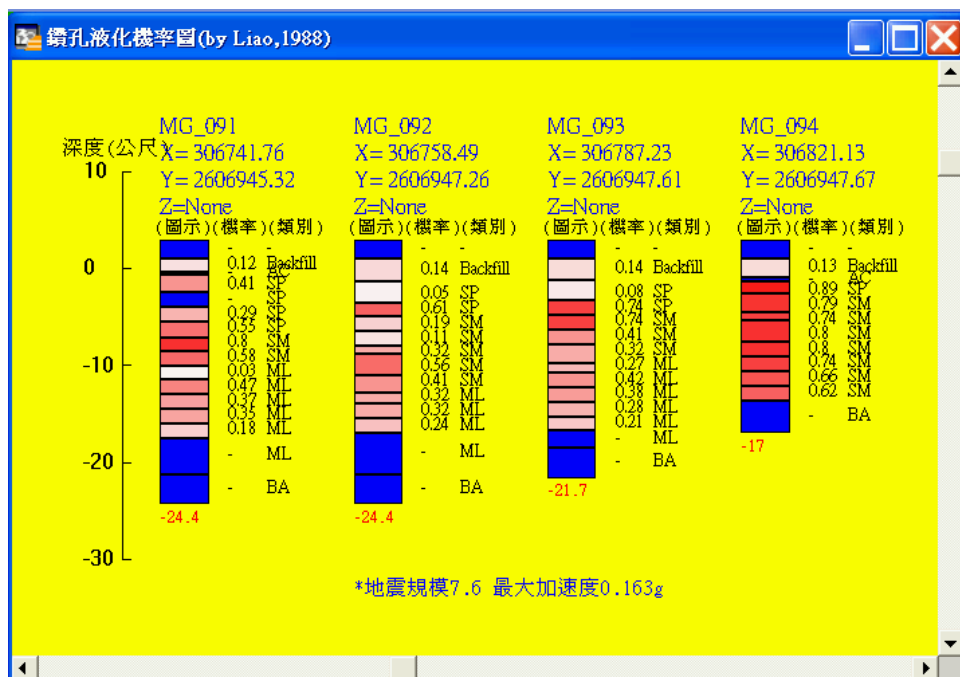


圖 3.10 馬公港區鑽孔 Liao 液化機率分析結果柱狀圖

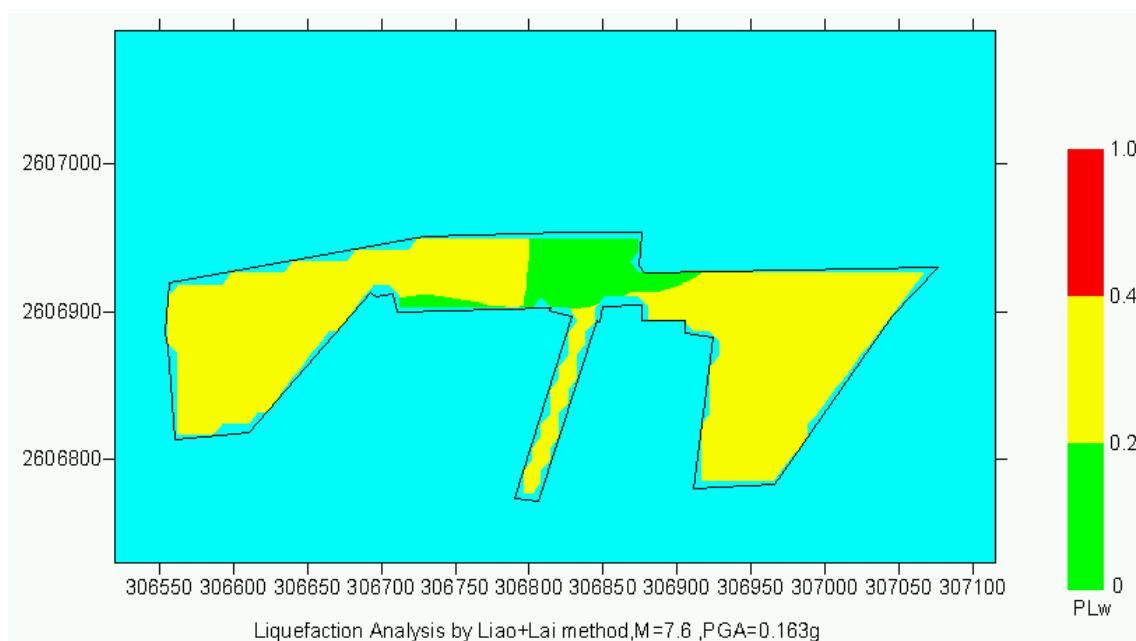


圖 3.11 馬公港區 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

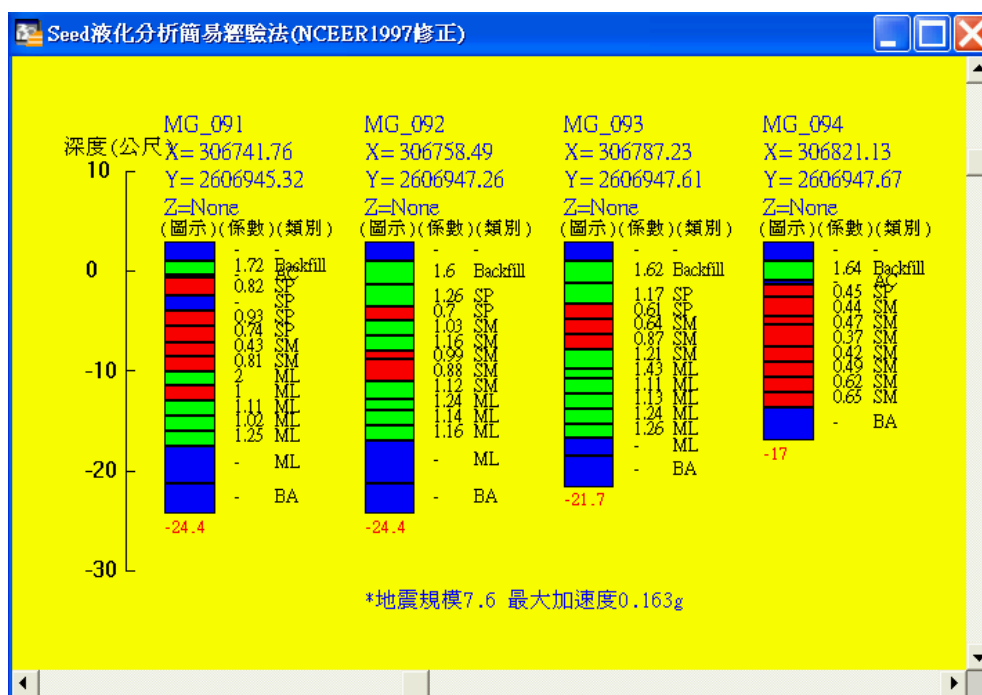


圖 3.12 馬公港區 Seed 抗液化安全係數柱狀圖

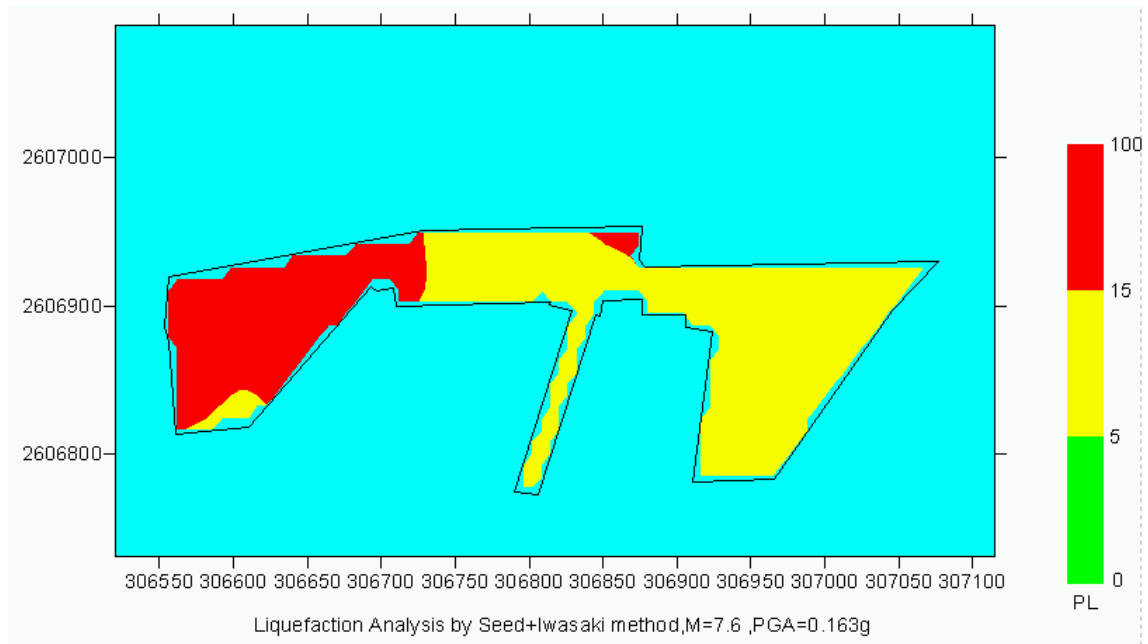


圖 3.13 馬公港區 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

3.3.5 Lai (賴聖耀, 2003) 本土化液化機率分析成果展示

1. 賴聖耀(2003)所收 921 集集地震及國外液化與非液化案例，利用判別分析(discriminant analysis)方法，發展出以標準貫入試驗(SPT) 評估土壤液化潛能之本土化安全係數及液化機率分析方法。利用 Lai 的方法，在查詢系統上可點取鑽孔來作液化分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的機率大小。Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式如圖 3.14 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 3.9 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 3.15 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 3.16 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。

3.3.6 Lai (賴聖耀, 2003) 本土化安全係數液化分析成果展示

1. 利用賴聖耀(2003)所發展的本土化安全係數分析方法，在查詢系統上可點取鑽孔來作液化分析，以了解在不同強度之地震侵襲下，各個土層發生液化的可能。使用者可在「鑽探資料」選單下，點選第十選項「Lai_賴聖耀_本土化液化分析」，再點選其排序方向，螢幕隨即出現一對話框，內含不同地震規模及最大加速度之選鈕，如圖 3.9 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 3.17 所示。在分析成果圖上本系統採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表未做分析（不會液化）之土層，紅色代表安全係數小於 1，即會發生液化之土層。綠色代表安全係數大於 1，即不會發生液化之土層。
2. 除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下的第十選項「Lai_賴聖耀_本土化液化分析」，拉出「Iwasaki 全區液化危險性指數分佈分析」次選項，程式會呼叫安全係數危害度分析模組，將全港區所有鑽孔之危害度求算出來，再呼叫 Surfer 軟體，依據 Iwasaki 的危險度分類等級，繪製分析成果，如圖 3.18 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。

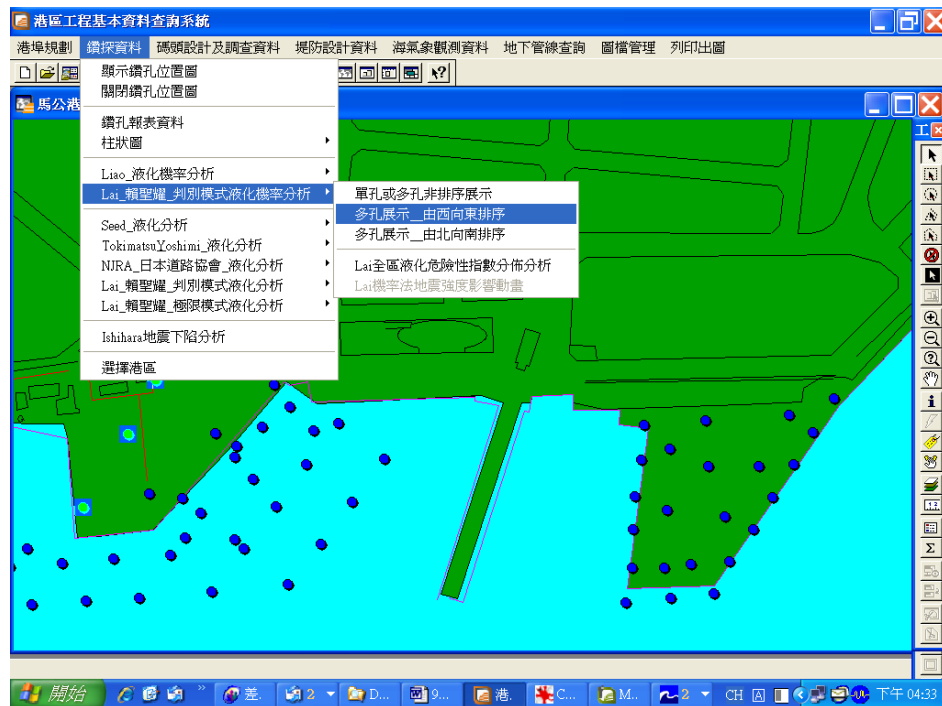


圖 3.14 Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式

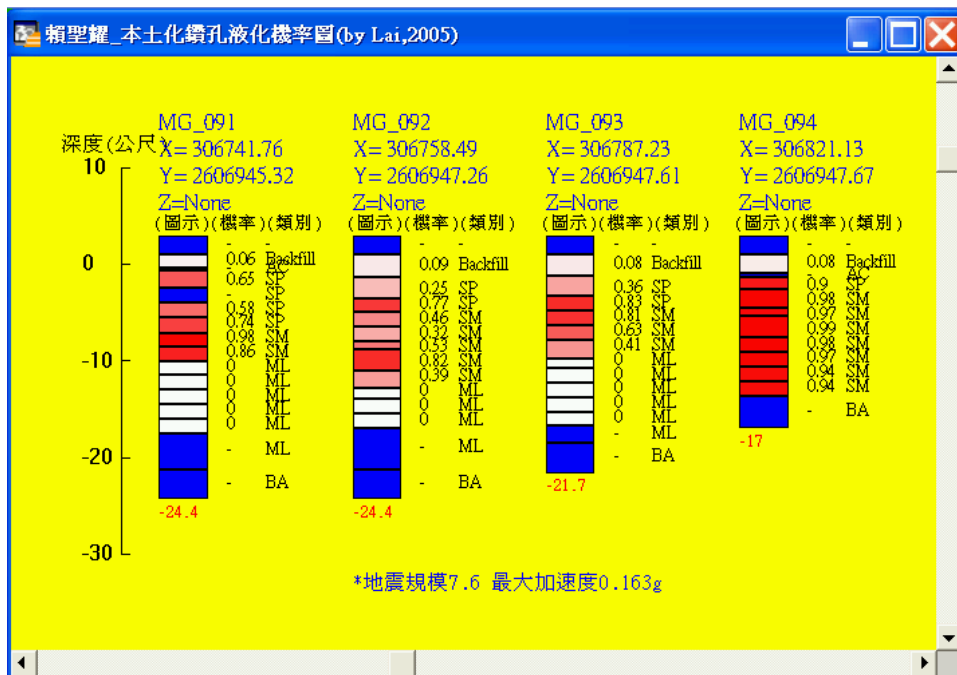


圖 3.15 馬公港區鑽孔 Lai 液化機率分析結果柱狀圖

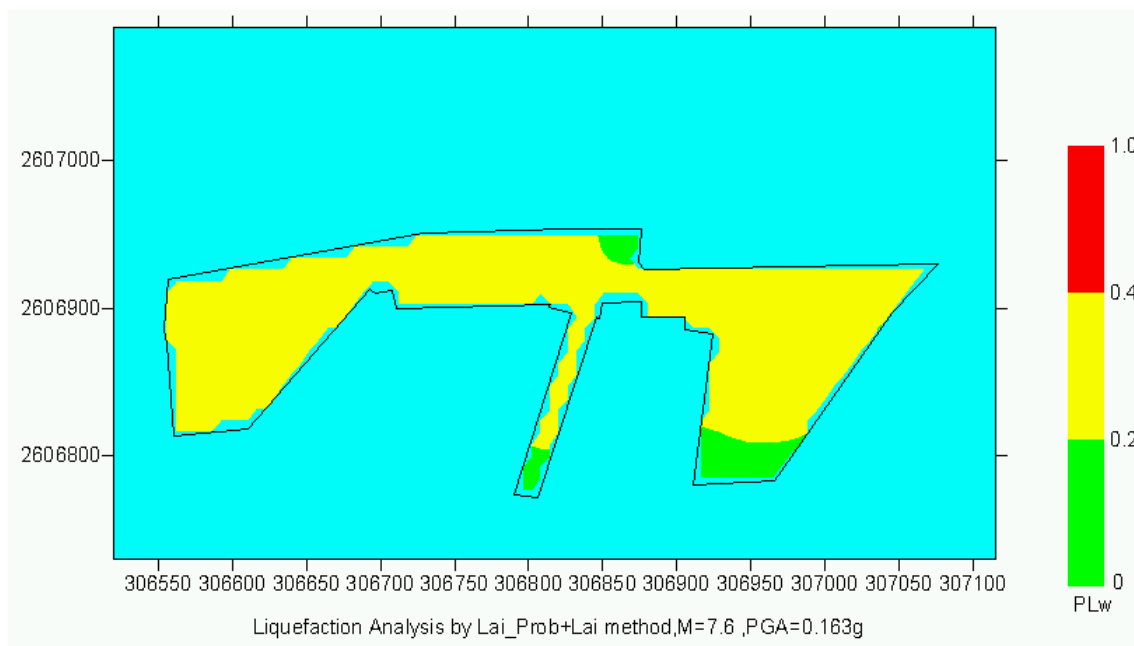


圖 3.16 馬公港區 Lai_Prob+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

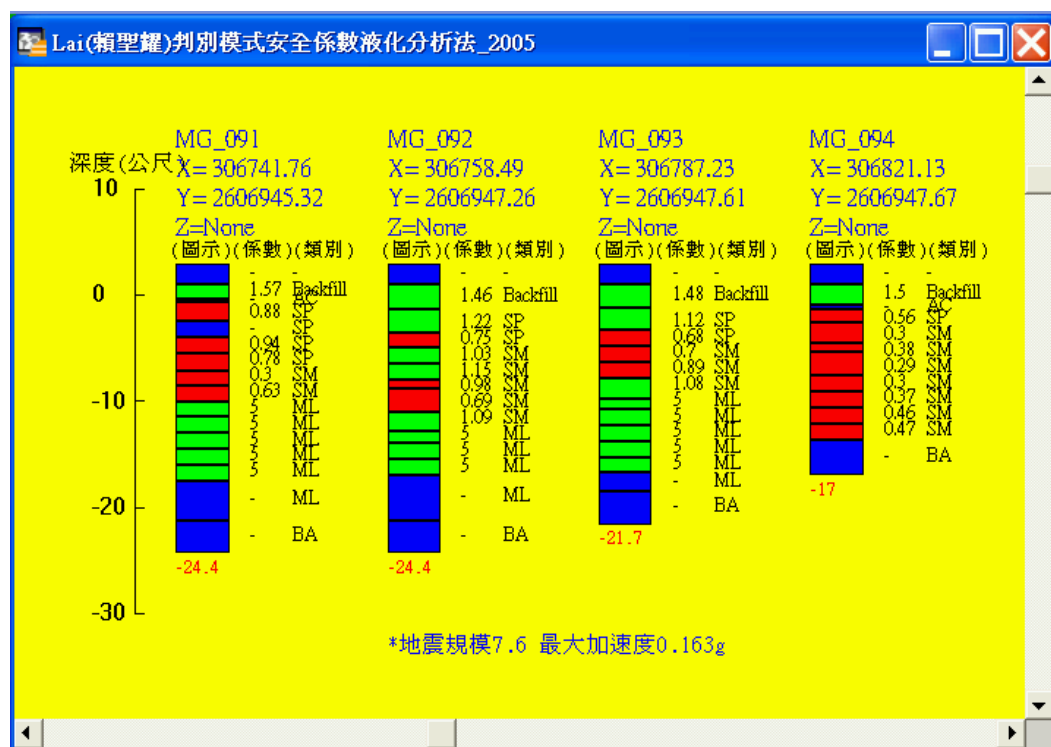


圖 3.17 馬公港區 Lai 抗液化安全係數柱狀圖

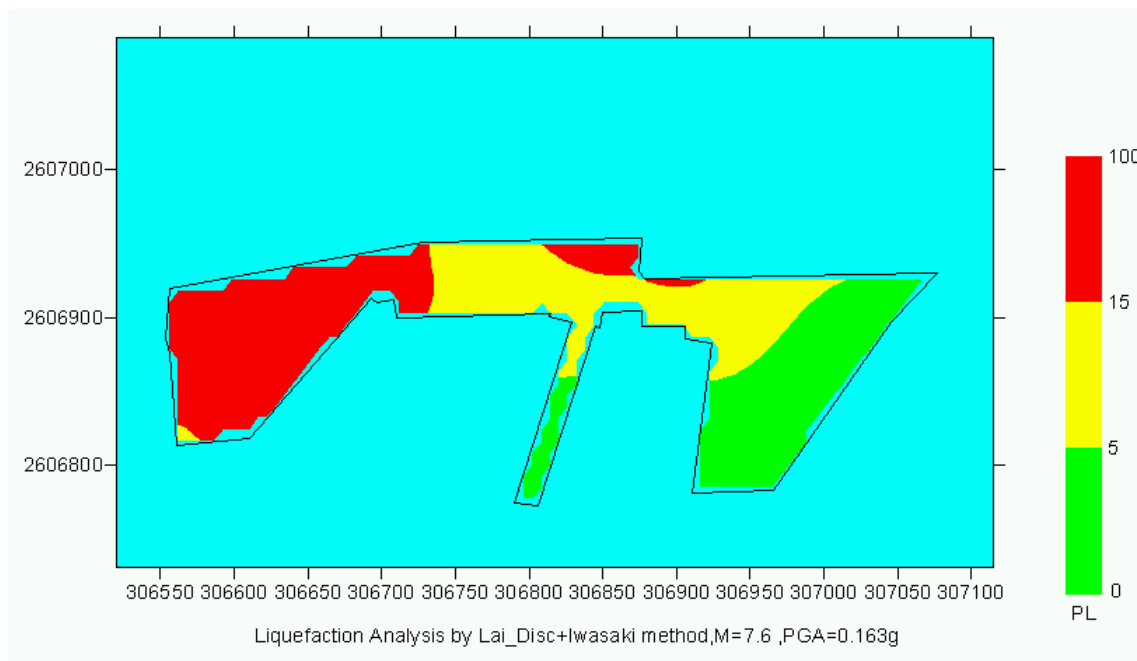


圖 3.18 馬公港區 Lai+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

3.3.7 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，馬公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 3.9 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 3.19 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。

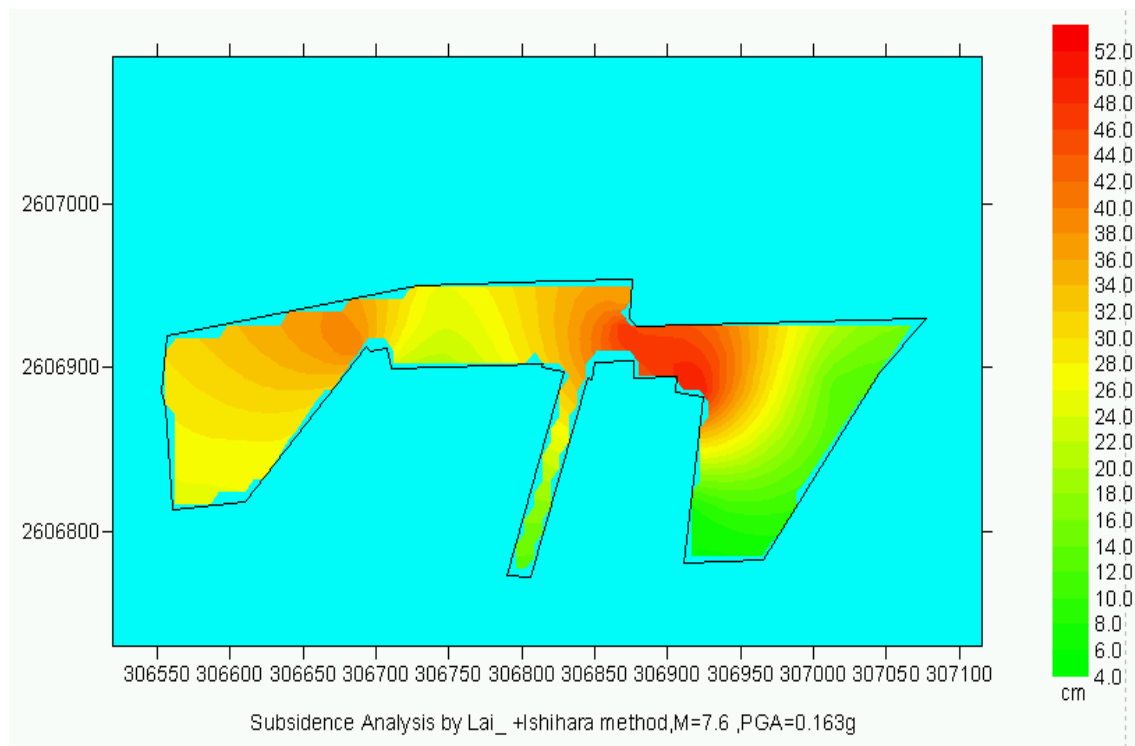


圖 3.19 地震下陷分析成果圖

第四章 震度漸增液化影響模組設計及動畫製作

4.1 震度漸增液化影響動態展示構思

液化災害的評估，不論在單一鑽孔各個土層的危害程度的推算，或擴展到區域性大面積的災害潛勢分析，為讓調閱資料者能快速獲取分析成果，利用軟體工具開發分析展示功能，已是一個可行的方式，本所港灣技術研究中心利用所建港區地質資料庫，已在地理資訊系統上建構相關分析展示模組。但針對大面積的港埠轄區，同一個地震強度下，可能某一區域地質情況已達嚴重損壞，而另一地區可能尚屬安全。為進一步評估隨地震強度的漸增，可能在那幾個強度條件下，地質災害會有比較強烈的變化，或災害面積會有更廣泛的擴展，以供警訊發佈或災害防治，開發震度漸增液化影響動畫的構想於焉成型。

4.2 震度漸增液化影響模組設計規劃

本研究所開發的震度漸增液化影響執行程式，其地質資料來源乃取自本所港研中心所開發的「港區工程基本資料庫」之下的地質資料檔案，故仍需在MapInfo地理資訊系統上執行，所以也利用MapBasic程式語言來開發，程式主模組下劃分十三個副程式，其功能依序說明如下：

- (1) Port_name_Selection 副程式：提供使用者選擇目標港區。
- (2) Analysis_Method_Selection 副程式：提供使用者選擇分析方法。
- (3) Seed_Method 副程式：提供 Seed 液化分析方法。
- (4) Toki_Method 副程式：提供 Tokimatsu & Yoshimi 的液化分析方法。
- (5) NJRA_Method 副程式：提供新日本道路協會液化分析方法。

- (6) Lai_Method 副程式：提供賴聖耀等人所開發的判別分析液化分析方法。
- (7) LaiLimite_Method 副程式：提供賴聖耀等人所開發的極限狀態液化分析方法。
- (8) Calculate_PL 副程式：計算 Iwasaki 的液化危害度指數。
- (9) Seed_Iwasaki_Analysis 副程式：利用 Iwasaki 的液化危害度指數繪製 Seed 方法的液化分析成果圖。
- (10) Toki_Iwasaki_Analysis 副程式：利用 Iwasaki 的液化危害度指數繪製 Tokimatsu & Yoshimi 方法的液化分析成果圖。
- (11) NJRA_Iwasaki_Analysis 副程式：利用 Iwasaki 的液化危害度指數繪製新日本道路協會法的液化分析成果圖。
- (12) Lai_Iwasaki_Analysis 副程式：利用 Iwasaki 的液化危害度指數繪製賴聖耀等人所開發的判別分析法成果圖。
- (13) LaiLimite_Iwasaki_Analysis 副程式：利用 Iwasaki 的液化危害度指數繪製賴聖耀等人所開發的極限狀態法分析成果圖。

液化分析所需的地震規模以定值7.5輸入，而地震尖峰加速度值係利用程式迴圈設計，由0g漸增輸入到0.33g為止。每一尖峰加速度值彙產出一幅分析成果圖，再利用影像處理軟體疊合所有成果圖，匯出成動畫檔案，即可製作出震度漸增液化影響動畫。

4.3 震度漸增液化影響動畫展示

試以賴聖耀等人所開發的判別分析法所得臺中港區震度漸增液化影響動畫，擷取其中10幅來做成果展示，圖4.1至4-10為震度漸增下災害幅員逐漸擴大的序列展現：

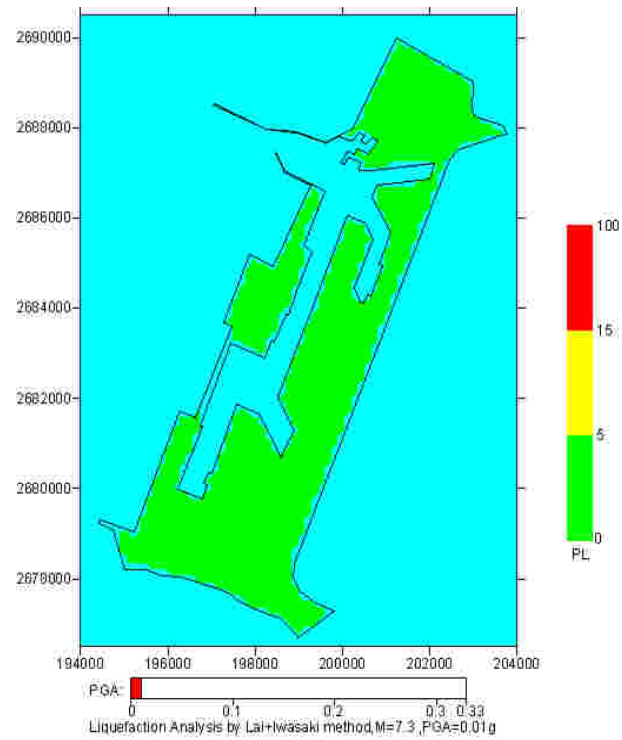


圖4.1 震度漸增液化影響動畫成果圖之一

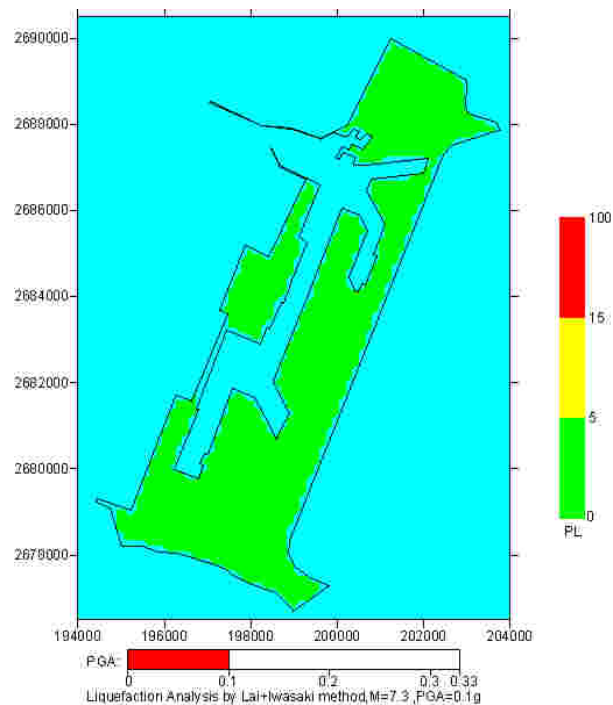


圖4.2 震度漸增液化影響動畫成果圖之二

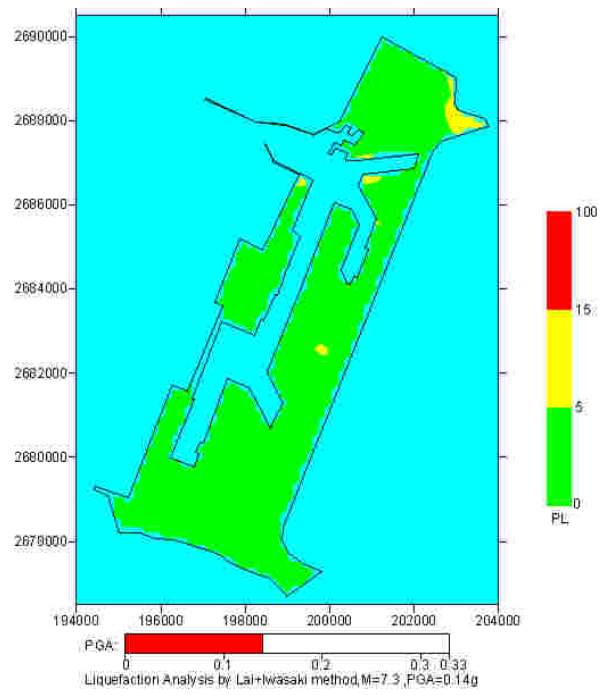


圖4.3 震度漸增液化影響動畫成果圖之三

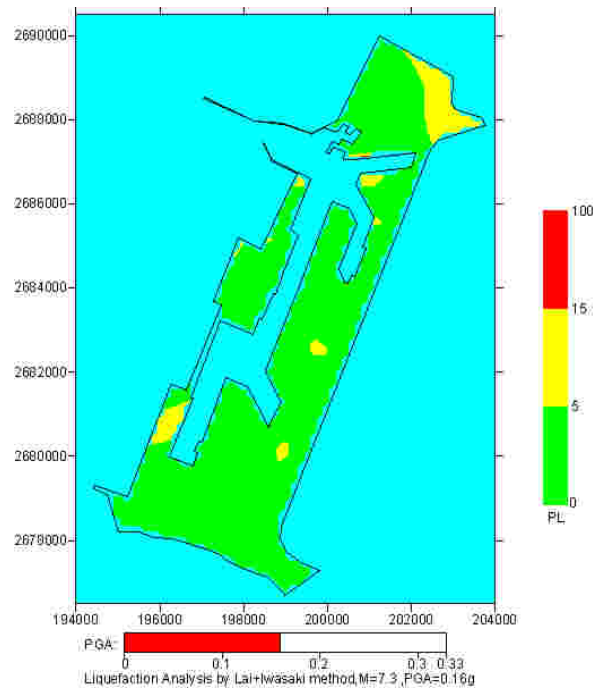


圖4.4 震度漸增液化影響動畫成果圖之四

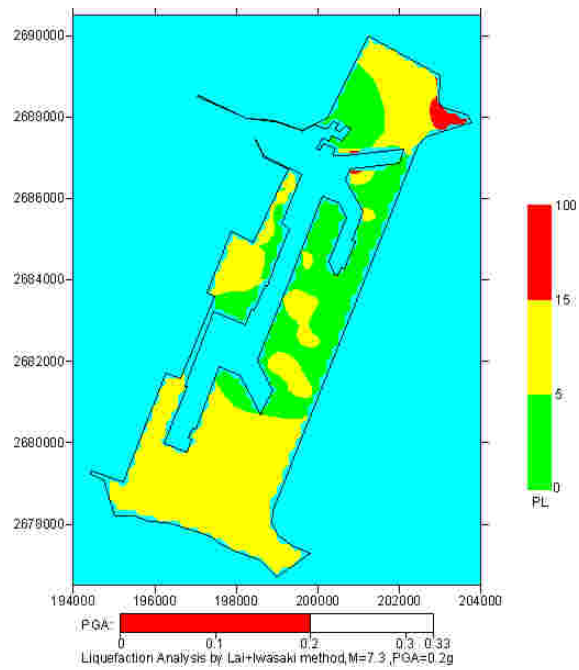


圖4.5 震度漸增液化影響動畫成果圖之五

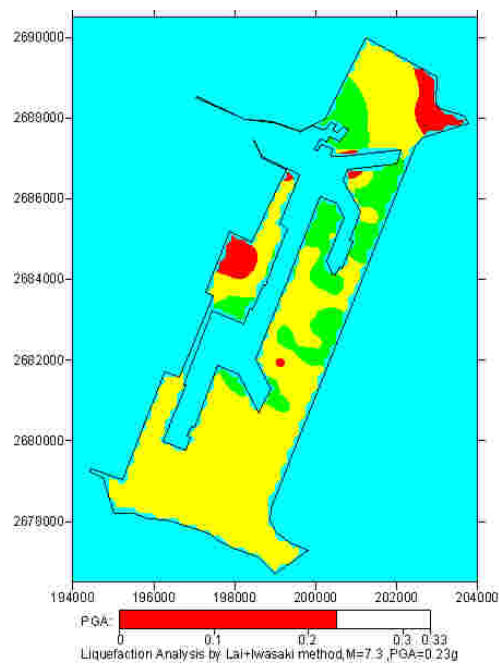


圖4.6 震度漸增液化影響動畫成果圖之六

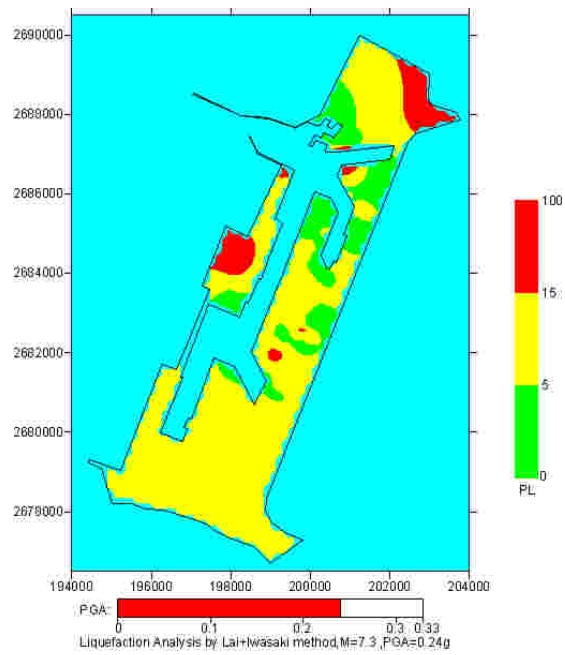


圖4.7 震度漸增液化影響動畫成果圖之七

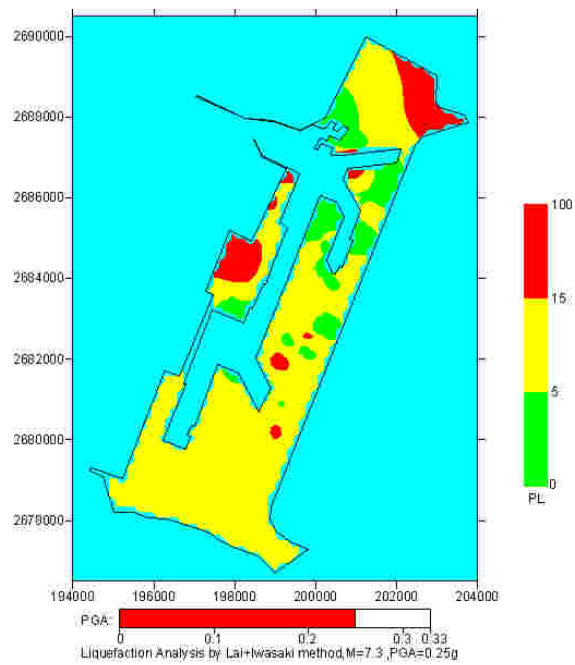


圖4.8 震度漸增液化影響動畫成果圖之八

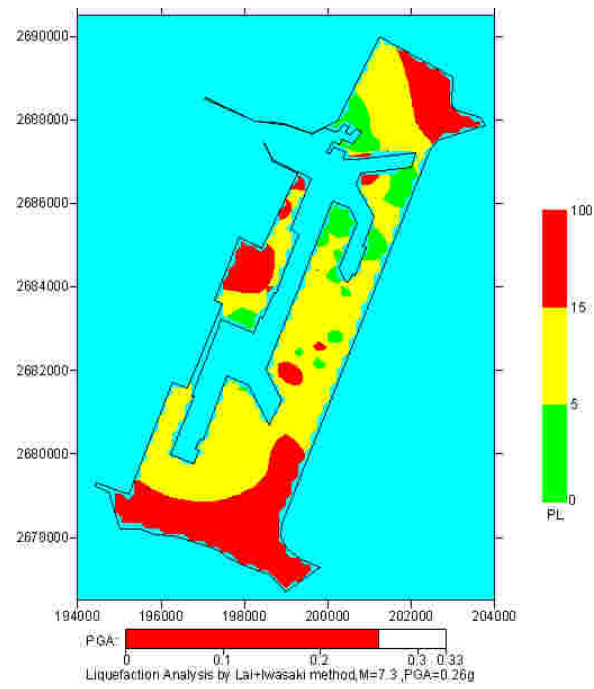


圖4.9 震度漸增液化影響動畫成果圖之九

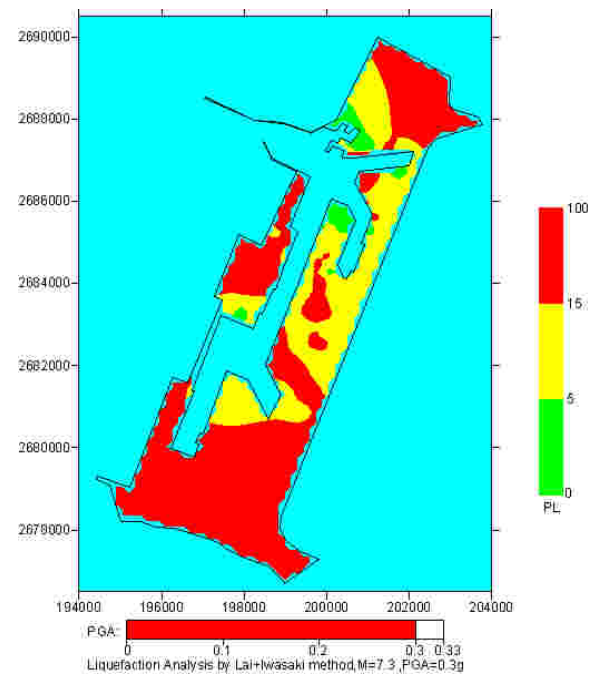


圖4.10 震度漸增液化影響動畫成果圖之十

第五章 港區地震監測資料建置及查詢展示

5.1 港區監測系統設置目的

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

5.2 系統之規劃設計

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

1. 本系統為分層監測系統

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

2. 各層地層震動與即時水壓反應均採同步監測

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

3. 監測記錄

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

4. 資料儲存與傳送

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

測站規劃與實設之整體系統設計範例如圖 5.1。

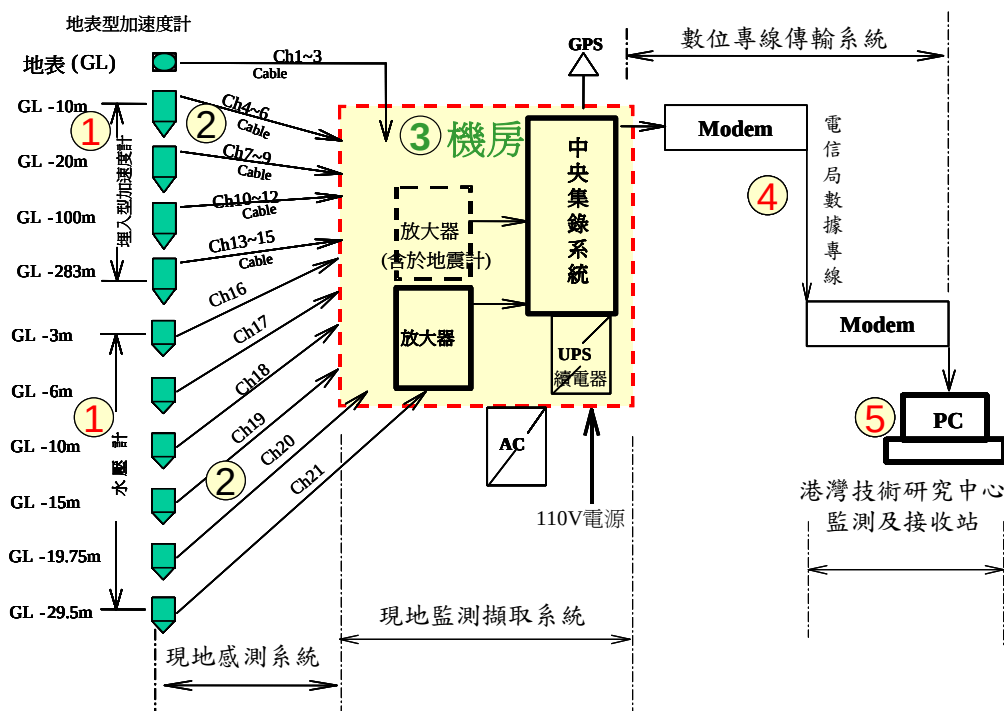


圖 5.1 規劃與實設之整體系統設計-臺中港範例

5.3 系統設置

本研究之系統設置工作，依設置目的其主要工作內容與執行要領如下：

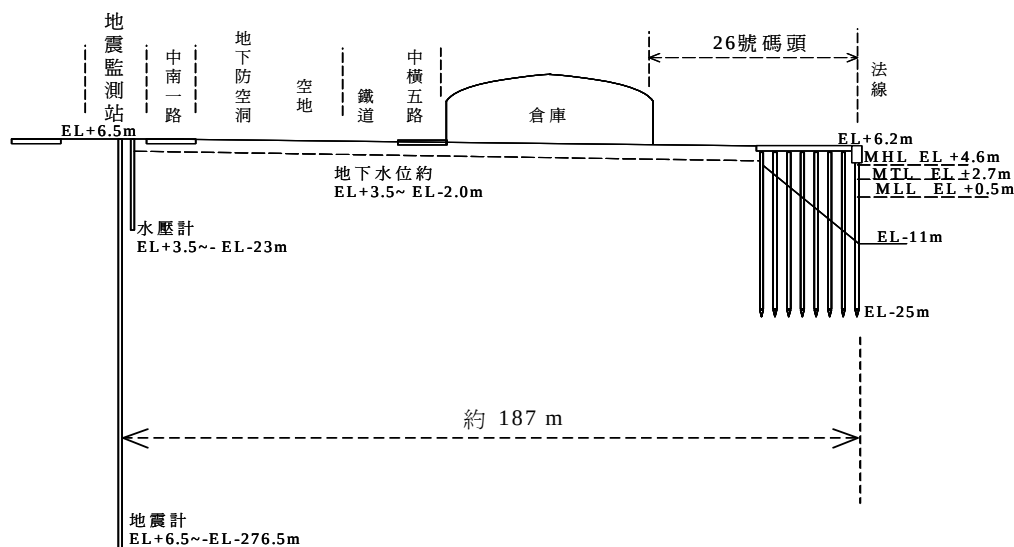


圖 5.3 測站相關測量結果斷面示意圖-臺中港範例

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

配合研究需求，測站內應實施適當之地質調查，以臺中港測站為範例，主要地質調查結果與內容如圖 5.4。

3. 系統組合與設定

整體系統主要係由現地感測系統、現地監測擷取系統、數位專線傳輸系統及港研中心之監控與接收系統組成（各港設計系統組成如圖 5.1 之臺中港範例）。

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

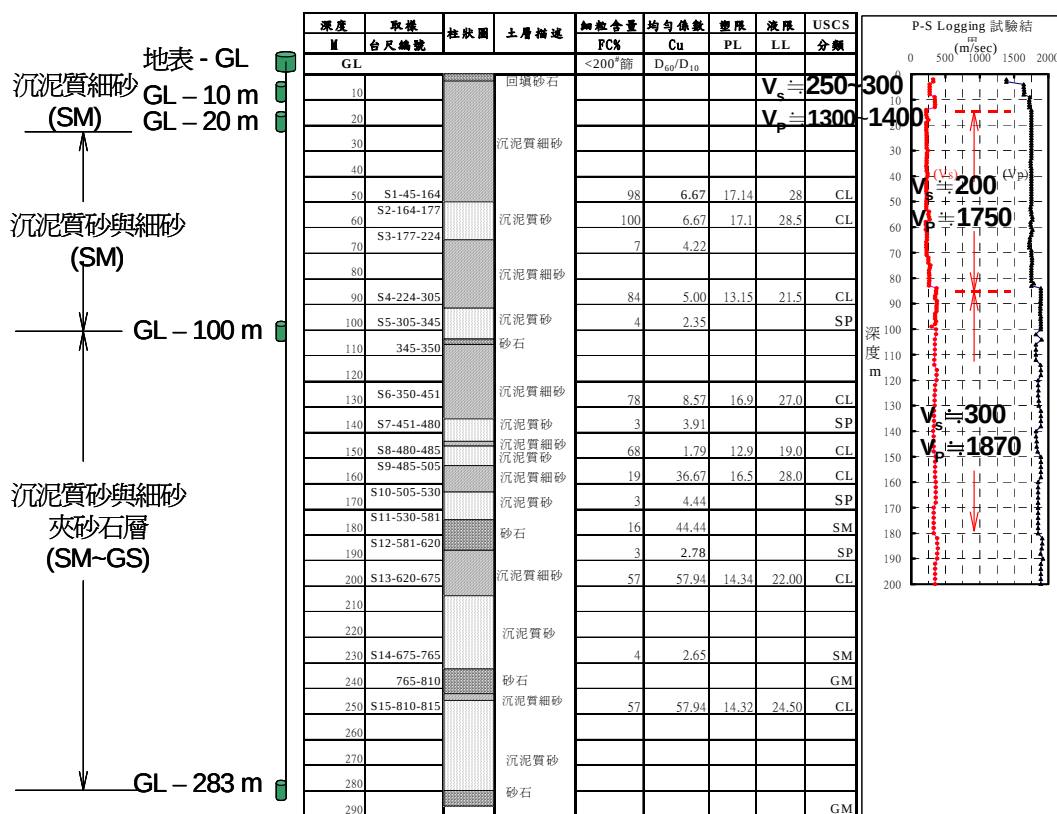


圖 5.4 測站主要地質調查內容與結果示意圖-臺中港範例

5.4 資料擷取、傳輸與監測控制

本研究系統資料擷取頻率設定為 100 HZ。現地監測擷取共有地層震動反應感測 5 層測點，每點均包括水平東西、南北向及垂直向 3ch 之感測。水壓反應感測 6 層測點，每點以 1ch 感測，地層震動反應與水壓反應共計感測 21ch，全部以 Cable 連結至現地測站機房，21ch 採同步監測與訊號傳輸，21ch 之即時感測資料首先全部集錄預存於機房內之中央集錄系統，再利用電信局之數位專線傳輸網路，與港研中心監控站之電腦軟體，將預存中央集錄系統之資料傳輸至港研中心監控站收錄之，整體擷取、傳輸與監測控制流程如圖 5.1 與圖 5.5。

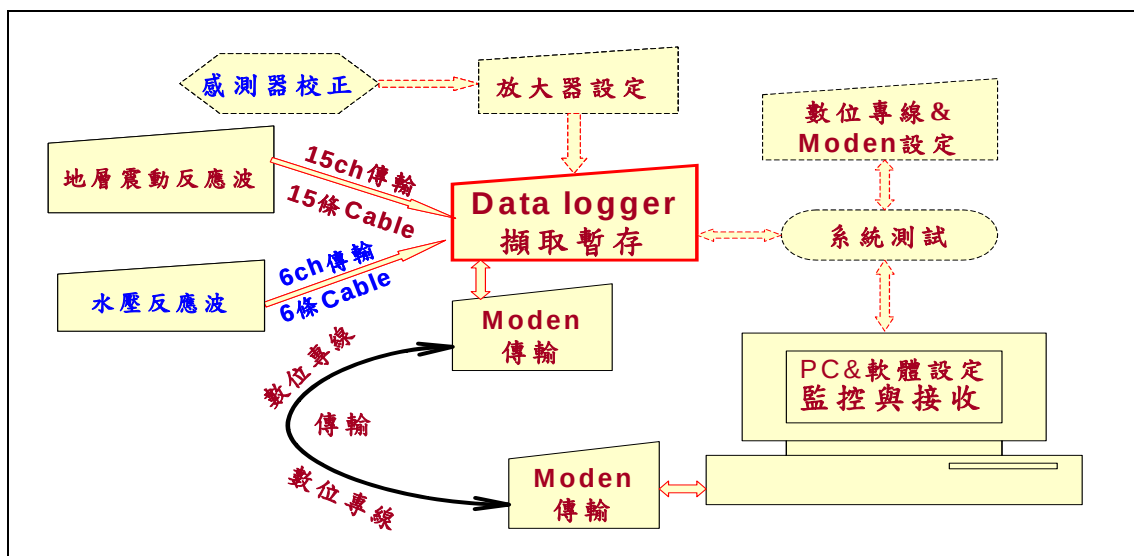


圖 5.5 整體擷取、傳輸與監測控制流程

現地監測站機房內主要配置有 Moden、冷氣、機架、集錄系統、水壓計信號放大器、地震計信號調整器及續電器等。機房構造與配置如圖 5.6。

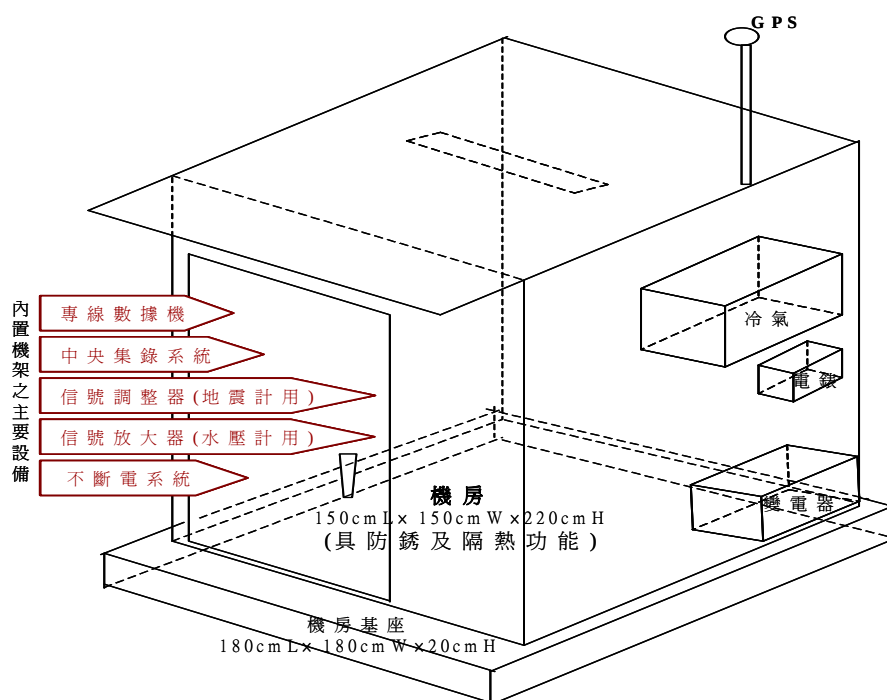


圖 5.6 機房構造與配置示意圖

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

5.5 臺中港區地震分層監測站設置狀況

本所港研中心所設置的臺中港區地震分層監測站，係於西元 2001 年 8 月建置完成。監測站設置位置平面如圖 5.2 所示。測站場地以白色圍籬圈住，內設監測小屋以及監測深井，監測小屋內置監測主機及通訊設備，每一監測深井之井口設水泥臺座，並覆蓋鐵皮頂蓋，以供保護即便於開啟檢核，監測站設置外貌狀況如圖 5.7 所示。



圖 5.7 臺中港區地震分層監測站設置完成外貌狀況

5.6 地震及地下水位量測資料在地理資訊系統上之應用

5.6.1 系統操作程序

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

1. 在視窗作業環境下，執行 MapInfo 系統，進入該系統內。
2. 點選功能表 File\Run MapBasic Program，選擇 d:\harbor-1 內的執行檔 harbor.mbx，按 OK 選鈕，即進入港區工程基本資料查詢系統。
3. 此時螢幕會展繪出臺灣全島地圖，並標示如基隆、臺北、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區等港區的分佈位置。
4. 利用滑鼠，點選其中任一港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「地震監測」主功能項下之第一選單「地震監測系統位置顯示」，系統則展示該港區之地震監測系統設置位置圖。系統設置位置圖以箭靶標誌標記，表示所有地震之震波傳向此位置而由記錄器收錄當地之訊號。
5. 點選「地震監測」主功能項下之第三選單「地震監測系統示意圖顯示」，系統則展示該港區之地震監測系統設置示意圖。
6. 在系統內，港區地震監測資料之查詢設計成兩種方式：一為依震央位置查詢，另一為依地震發生日期查詢。點選「地震監測」主功能項下之第五選單「港區地震監測資料查詢」，可下拉出這兩項查詢選項。
7. 點選「依震央位置查詢」功能項，系統則展示該港區地震監測站所收錄之影響地震震央位置分佈圖。各個影響地震震央位置都標以紅色星星記號，意表地震能量釋放之源點。此時可點選任一震央位置標記，系統隨即啟動 powerpoint 檔，展示該位置所曾發生之地震，

其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 powerpoint 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖，最後為該地震引置之水壓反應記錄圖。

8. 當點選「依震央位置查詢」功能項之後，該次功能表第三選項「臺灣活斷層分佈位置顯示」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。點選後，臺灣活斷層分佈位置圖層隨即疊合顯示在地震震央位置分佈圖上，供使用者參考臺灣各地斷層分佈情形。而點選「關閉臺灣活斷層分佈位置圖」功能項之後，此圖層即退出畫面。
9. 利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標位置及鄰近地形。
10. 點選「港區地震監測資料查詢」功能項所下拉出之「依地震發生日期查詢」功能項後，系統即進入資料庫表單搜尋該港地震監測站所登錄之資料年份，隨後在螢幕上顯示「年份選取對話框」，對話框內展列該測站所登錄的所有年份，使用者可依需用選取。
11. 選取完目標年份後，系統即進入資料庫表單搜尋該年份之登錄月份，隨後在螢幕上顯示「月份選取對話框」，對話框內展列該選取年份所包括的所有月份，使用者可依需用選取。
12. 選取完目標月份後，系統即進入資料庫表單搜尋該月份之登錄日期，隨後在螢幕上顯示「日期選取對話框」，對話框內展列該選取月份所包括的所有日期，使用者可依需用選取。
13. 選取完目標日期後，系統隨即進入資料庫表單搜尋該日期之資料檔案，並啟動 powerpoint 檔，展示該位置所曾發生之地震，其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 powerpoint 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖，最後為該地震引置之水壓反應記錄圖。

14. 使用者可依循步驟 6 至 13，繼續查詢其他資料內容。
15. 若要查詢另一港區的相關資料，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。
16. 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。

5.6.2 臺中港地震及地下水位量測資料查詢展示

臺中港地震及地下水位量測資料查詢展示系統操作程序如下示：

1. 按照 5.6.1 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出臺灣全島地圖與主要港區（如基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區）的分佈位置，如圖 3-5 所示。
2. 將滑鼠遊標移至臺中港標示文字區內，按滑鼠左鍵，可叫出臺中港區基本地圖圖層，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「地震監測」主功能項下之第一選單「地震監測系統位置顯示」，系統則展示該港區之地震監測系統設置位置圖。系統設置位置圖以箭靶標誌標記，表示所有地震之震波傳向此位置而由記錄器收錄當地之訊號。臺中港區地震監測查詢表單下拉及監測站位置展示如圖 5.8 所示。
3. 點選「地震監測」主功能項下之第三選單「地震監測系統示意圖顯示」，系統則展示該港區之地震監測系統設置示意圖如圖 5.9 所示。
4. 在系統內，港區地震監測資料之查詢設計成兩種方式：一為依震央位置查詢，另一為依地震發生日期查詢。點選「地震監測」主功能項下之第五選單「港區地震監測資料查詢」，可下拉出這兩項查詢選項。
5. 點選「依震央位置查詢」功能項，系統則展示該港區地震監測站所收錄之影響地震震央位置分佈圖。各個影響地震震央位置都標以紅色星星記號，意表地震能量釋放之源點。震央位置分佈如圖 5.10 所

示。此時可點選任一震央位置標記，系統隨即啟動 powerpoint 檔，展示該位置所曾發生之地震，其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 powerpoint 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖，最後為該地震引置之水壓反應記錄圖。圖 5.11 所示為南北向分層實測波記錄圖。

6. 當點選「依震央位置查詢」功能項之後，該次功能表第三選項「臺灣活斷層分佈位置顯示」，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。點選後，臺灣活斷層分佈位置圖層隨即疊合顯示在地震震央位置分佈圖上，供使用者參考臺灣各地斷層分佈情形。圖 5.12 所示為臺灣活斷層分佈位置疊合圖。而點選「關閉臺灣活斷層分佈位置圖」功能項之後，此圖層即退出畫面。
7. 點選「港區地震監測資料查詢」功能項所下拉出之「依地震發生日期查詢」功能項後，系統即進入資料庫表單搜尋該港地震監測站所登錄之資料年份，隨後在螢幕上顯示「年份選取對話框」，對話框內展列該測站所登錄的所有年份，如圖 5.13 所示，使用者可依需用選取。
8. 選取完目標年份後，系統即進入資料庫表單搜尋該年份之登錄月份，隨後在螢幕上顯示「月份選取對話框」，對話框內展列該選取年份所包括的所有月份，如圖 5.14 所示，使用者可依需用選取。
9. 選取完目標月份後，系統即進入資料庫表單搜尋該月份之登錄日期，隨後在螢幕上顯示「日期選取對話框」，對話框內展列該選取月份所包括的所有日期，如圖 5.15 所示，使用者可依需用選取。
10. 選取完目標日期後，系統隨即進入資料庫表單搜尋該日期之資料檔案，並啟動 powerpoint 檔，展示該位置所曾發生之地震，其震波傳到港區後，監測系統所測得的分層震波訊號及水壓變化記錄。該 powerpoint 檔首頁主要為中央氣象局對該次地震的公告，隨後為南

北向、東西向、垂直項之分層實測波記錄圖，最後為該地震引置之水壓反應記錄圖。圖 5.16 所示為地震引置之水壓反應記錄圖。

11. 使用者可依循步驟 3 至 10，繼續查詢其他資料內容。
12. 若要查詢另一港區的相關資料，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。
13. 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。

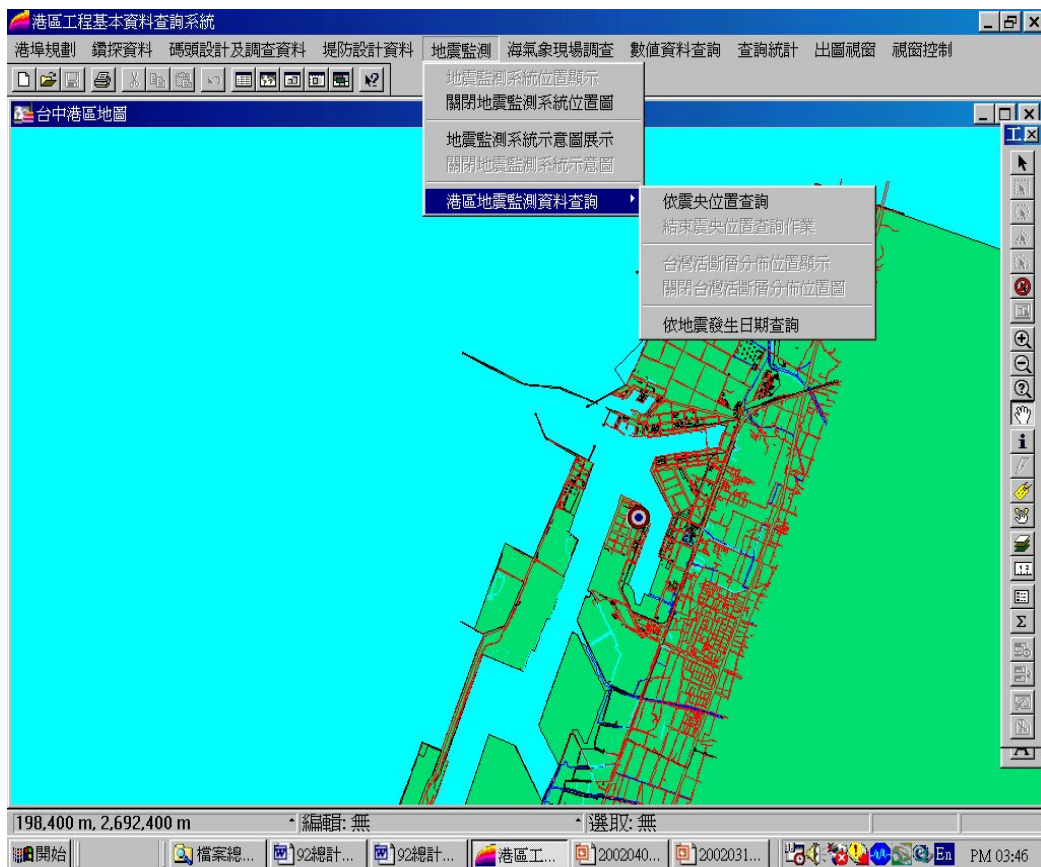


圖 5.8 臺中港區地震監測查詢表單下拉及監測站位置展示圖

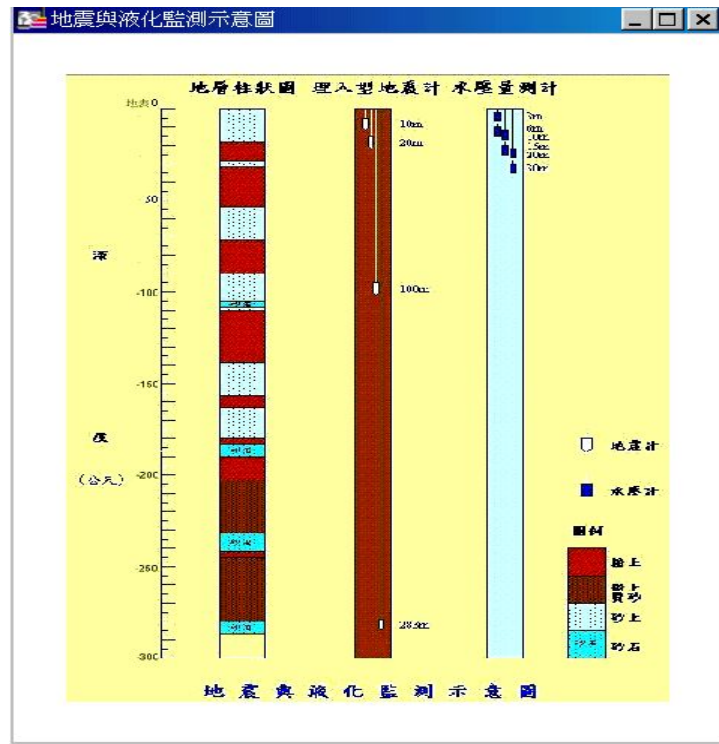


圖 5.9 臺中港區之地震監測系統設置示意圖

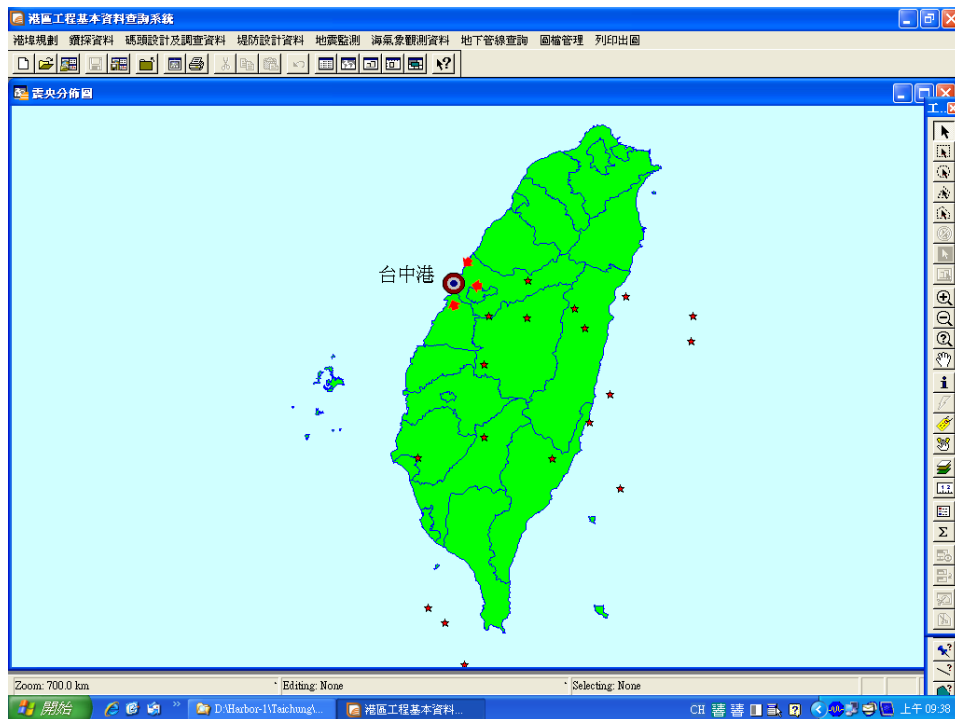


圖 5.10 臺中港影響地震震央位置分佈圖

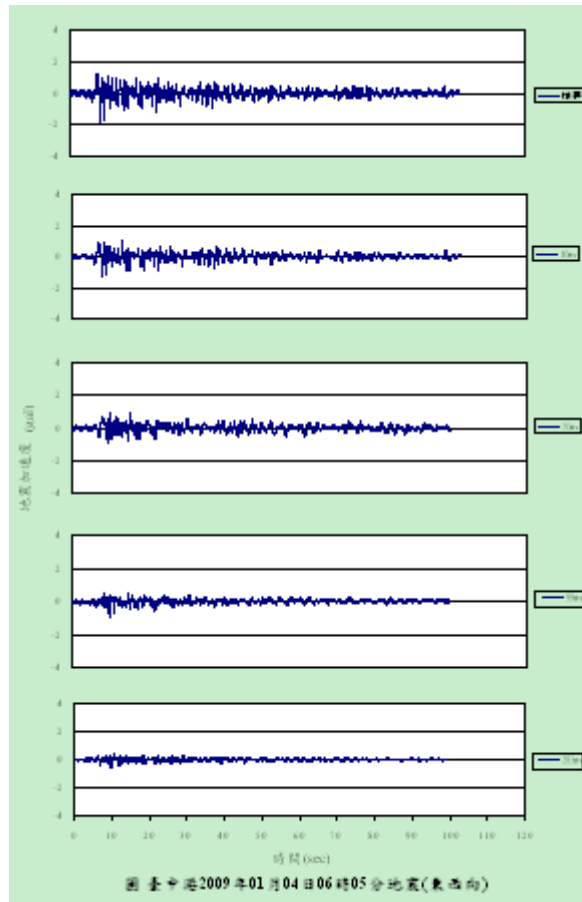


圖 5.11 臺中港南北向分層實測地震波記錄圖之一



圖 5.12 臺灣活斷層分佈位置疊合圖



圖 5.13 臺中港區地震監測資料年份選取對話框

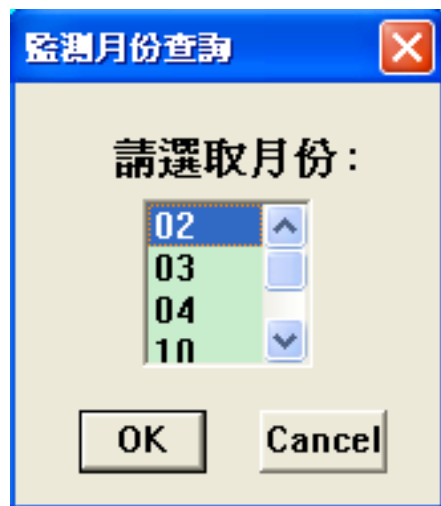


圖 5.14 臺中港區地震監測資料月份選取對話框



圖 5.15 臺中港區地震監測資料日期選取對話框

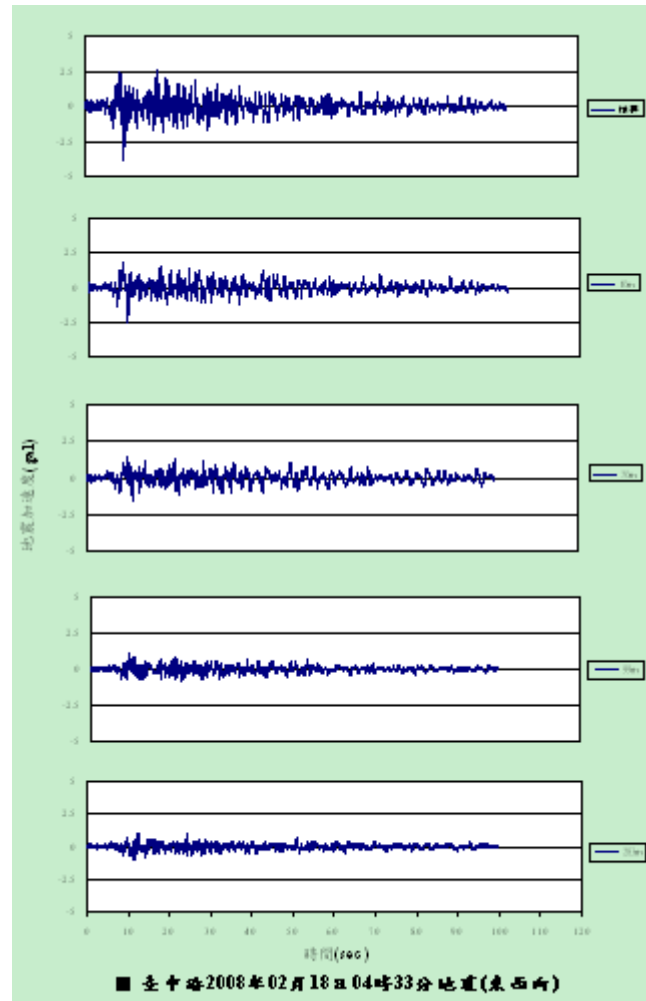


圖 5.16 臺中港地震引置之水壓反應記錄圖之一

第六章 結論與建議

6.1 研究目的與問題

港灣工程規劃及設計首重環境資料的調查及收集，尤以建物及各樣設施所安立的基礎土壤為最基本的需求，而土壤地質資料的獲取，場需耗費大量的人力、資金及時間，值得有計畫的加以收集典藏。各港區在開發建設時，都有進行地質資料的鑽探調查，但資料常散見於各港不同單位中，查詢調閱甚為不便，本中心雖收錄有部份資料，但也分散於各組研究人員手中，為期充分發揮資料管理效益，有必要加以整合，建置成查詢系統，以多樣化表現方式呈現，並提供友善介面供使用者使用，使規劃及決策人員快速查得需用資料。

本計畫除進行港區地質資料的收集彙整及地質資料庫的擴增之外，也盼望將各地震站所收錄的資料彙整成資料庫，方便查閱使用。故除了持續執行地震監測站維護管理外，本年度也將臺中港測站資料加以收集彙整並建置成數位檔。另也利用臺中港現有的地質資料，設計港區震度漸增液化出圖模組，製作臺中港區震度漸增液化影響動畫。盼能持續擴充港灣工程基本工程資料庫，以供資源整合、開發決策之應用，促進港埠現代化。

6.2 結 論

1. 港區地質資料之獲取，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. 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 程式語言撰寫分析程式及查詢模組，以提升資料的使用價值。

3. 本計畫執行乃依港研中心各研究群組之專長,劃分工作群組合力彙整中心歷年研究成果,擴建港灣工程基本資料庫及港灣地區防救災資料庫系統資料。本計畫於年度內更新建置的資料項目,計有馬公港地質標準灌入試驗資料 100 孔。在港灣工程基本資料網路查詢系統上增建港區地質鑽探、地震監測等資料。
4. 在港區地質資料的彙整上,發現上一年度所建置的馬公港鑽探資料,只數化上部土層部分,經查馬公港鑽探報告,每一鑽孔大都有試驗記錄達及下部玄武岩層,或在試驗截止時加註底下為岩石,因此若只建置上部土層資料,容易導致查閱資料者忽略下部具有堅硬的基盤。故重新校對每一筆資料,依據試驗報告補齊岩層紀錄,另再增補港務大樓附近之鑽探試驗資料,總計數化馬公港 100 孔鑽探資料,,鑽探累進深度總計達 1,592 公尺。
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. 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。
7. 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。

6.3 建議

1. 本研究所開發或取用的系統圖檔,為配合多數舊有資料,都依 TWD67 基準來建置,但內政部在民國八十六年頒佈 TWD97 新基準後,較新的圖檔都逐漸改用 97 標準來製作,本研究當收集港區新標準圖檔,配合新規範逐步修改暨有資料。

2. 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。
3. 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。
4. 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。
5. 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。目前地質調查資料已完成基隆、臺北、臺中、高雄、安平、花蓮、蘇澳、布袋、馬公等港之建置，地震監測資料及液化模擬推估模式已完成臺中港之建置。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。

6.4 研究成果之效益：

1. 學術效益，發表國際、國內研討會論文 1 篇：2009 臺灣地理資訊學會年會暨學術研討會，發表論文「GIS 在臺北港區土壤液化分析及震災速報系統之開發應用」。

2. 資料庫建置效益：建置港灣工程基本資料庫，可作為港灣地區之地震災前預防、災時應變計畫與決策之參考依據。

6.5 提供政府單位應用情形：

1. 本計畫利用地理資訊系統所開發之「港灣工程基本資料查詢展示系統」，已將資料提供給臺中港務局使用。
2. 所建置資料庫含各港圖文屬性資料，隨時可提供本所及港務單位研究分析、開發規劃之需用。

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. 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。
3. 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。
4. 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。
5. 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。
6. 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。
7. 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。
8. 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。
9. 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。
10. 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。
11. 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。
12. 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。

13. 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。
14. 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。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 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。
19. 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 29 屆海洋工程研討會, 769 頁-773 頁。
20. 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。
21. 謝明志、單誠基、賴瑞應、陳志芳、林雅雯、曾文傑 (2008),「GIS 在安平港區土壤液化分析及震災速報系統之開發應用」,第 30 屆海洋工程研討會, 769 頁-773 頁。

22. 謝明志、單誠基、賴瑞應、陳志芳、林雅雯、曾文傑 (2008),「港區工程基本資料查詢展示系統」,第 30 屆海洋工程研討會專題討論及海洋科技展示論文專刊。
23. 謝明志、曾文傑、黃敏郎、葉永信 (2008),「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 30 屆海洋工程研討會專題討論及海洋科技展示論文專刊。
24. 謝明志、陳志芳、單誠基、賴瑞應、林雅雯、曾文傑 (2008),「GIS 在高雄港區土壤液化分析及震災速報系統之開發應用」,2008 臺灣地理資訊系統年會暨空間資訊基礎建設國際研討會。
25. 謝明志、陳志芳、單誠基、賴瑞應、林雅雯、曾文傑 (2009),「GIS 在臺北港區土壤液化分析及震災速報系統之開發應用」,2009 臺灣地理資訊系統年會暨學術研討會。
26. 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。
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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.

31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. MapInfo Corporation. 2002a. MapBsic Development Environment Reference Guide. Troy, New York.
37. MapInfo Corporation. 2002b. MapInfo Professional User's Guide. Troy, New York.
38. 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.