

105-054-7886

MOTC-IOT-104- H1DA004b

港區工程基本資料查詢網頁建置 研究(1/2)



交通部運輸研究所

中華民國 105 年 5 月

105-054-7886

MOTC-IOT-104H1DA004b

港區工程基本資料查詢網頁建置 研究(1/2)

著 者：張道光、羅建明

交通部運輸研究所

中華民國 105 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港區工程基本資料查詢網頁建置研究. (1/2) / 張道光, 羅建明著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 105.05

面 ; 公分

ISBN 978-986-04-8575-2(平裝)

1.港埠工程 2.地理資訊系統 3.港埠資訊查詢系統

443.2

105006896

港區工程基本資料查詢網頁建置研究(1/2)

著 者：張道光、羅建明

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 105 年 5 月

印 刷 者：九易數碼科技印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：150 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：1010500623

ISBN：978-986-04-8575-2 (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。

港區工程基本資料查詢網頁建置研究
(1/2)

交通部運輸研究所

GPN: 1010500623

定價 150 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：港區工程基本資料查詢網頁建置研究(1/2)			
國際標準書號 ISBN978-986-04-8575-2 (平裝)	政府出版品統一編號 1010500623	運輸研究所出版品編號 105-054-7886	計畫編號 104H1DA004b
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：張道光 研究人員：羅建明 參與人員：陳毓清、李春榮、林隆貞、黃如蜜 聯絡電話：(04)26587174 傳真號碼：(04)26564418			研究期間 自 104 年 01 月 至 104 年 12 月
關鍵詞：地理資訊系統、工程基本資料、液化、港區			
摘要： 有鑑於空間資訊的管理方式已從單機版方式朝向網路化發展，加上近年來國土資訊系統推動空間資訊共享流通，其他政府機關已陸續建置許多網路地圖服務可供加值應用，配合港區管理業務的拓展與港區工程資料共享目的，實有必要將既有港區工程基本資料查詢系統進行改版，以便利港區工程管理業務執行。本研究將以 mapinfo 開發之「港區工程基本資料查詢展示系統」為架構，新建置網路版之查詢系統，利用網路即可上網查詢該港相關資料，免去單機版限制，可使資料更容易查詢與流通。本年度主要完成之內容包括：(1)持續各港區基本資料收集彙整與更新。(2)建置網路版高雄與金門港區工程基本資料查詢展示系統。(3)維護桌上型港區工程基本資料庫系統及分析模組。 研究成果效益： 1.網頁查詢系統開發各式功能模組，包括「圖台查詢展示模組」、「鑽探資料展繪模組」、「液化分析模組」、「鑽孔液化分析展繪模組」、「港區液化分析展繪模組」、「鋼板樁腐蝕展繪模組」。 2.補充更新暨有港灣環境基本工程資料庫，增建各港基本資料，提供各港務單位查詢使用。 提供應用情形： 1.本計畫所開發網路版之「港區工程基本資料管理系統」，可提供港務公司查詢使用。 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
105 年 5 月	194	150	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 Web Inquiry System of Harbor Engineering Database (1/2)			
ISBN 978-986-04-8575-2 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010500623	IOT SERIAL NUMBER 105-054-7886	PROJECT NUMBER 104H1DA004b
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang Tao-Kuang PROJECT STAFF: Lo Chien-Ming PROJECT TECHNICIAN: Chen Yui-Chin, Lee Chun-Ron, Lin Long-Jen, Huang Ju-Ming PHONE: (04) 26587174 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM: January 2015 TO: December 2015
KEY WORDS: Geographic information system, Engineering basic data, Liquefaction, Harbor			
ABSTRACT: Consulting system and establishing database are permanent plan requiring continually to renew and complement data. This year will renew harbor data and develop "Harbor Engineering Fundamental Information Inquiring and Displaying System" at web site of center of Harbor & Marine Technology. We hope this database in GIS could perform in various interfaces and give users a convenient way to use it. The work accomplished in this year including: 1. To Continued collect basic information and renew consulting data on harbor area. 2. Establishment of web inquiry system of Kaohsiung and Kinmen harbors about engineering database. 3. Maintaining desktop of Engineering database systems and analysis module. Benefits of research results: 1. The web system is including various complex function modules. Such as "Map query and display module", "Boring data plotting module", "Liquefaction analysis module", "Harbor area liquefaction potential distribution analysis module", and "Sheet pile corrosion plotting module". 2. Renew and supplement "Harbor Engineering Fundamental Information Inquiring and Displaying System" Current situation in application: 1. "Harbor Engineering Fundamental Information Inquiring and Displaying System" developed by this project has been put into use in Taiwan International Ports Corporation. 2. The data-base in this project can be used at any time for further study and planning.			
DATE OF PUBLICATION May 2016	NUMBER OF PAGES 194	PRICE 150	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港區工程基本資料查詢網頁建置研究(1/2)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目 錄	III
圖目錄	IX
表目錄	XV
第一章 前 言	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 研究目的	1-1
1.3 研究內容	1-2
第二章 文獻回顧	2-1
2.1 地理資訊系統的應用	2-1
2.1.1 地理資訊系統定義	2-1
2.1.2 地理資訊系統功能	2-1
2.1.3 地理資訊系統的應用範疇	2-2
2.2 系統開發工具	2-3
2.2.1 MapInfo 地理資訊系統	2-3
2.2.2 MapBasic 系統語言開發環境	2-4
2.2.3 建檔附屬系統	2-5
2.3 資料處理及系統建置	2-5
2.3.1 資料處理原則	2-5

2.3.2	地圖座標系統.....	2-5
2.3.3	輔助記憶體資料貯存架構	2-7
2.3.4	碼頭設計資料庫架構.....	2-7
2.3.5	鑽孔位置及剖面土層資料錄說明	2-8
2.4	系統應用模組開發使用	2-11
2.4.1	資料處理及模組運用.....	2-11
2.4.2	土壤液化評估方法.....	2-11
2.4.3	Lai (賴聖耀)之判別分析液化模式	2-26
2.4.4	液化危害度分析方法.....	2-42
2.4.5	液化分析展繪設計.....	2-44
第三章	港區工程基本資料查詢網頁建置.....	3-1
3.1	系統整體架構.....	3-1
3.2	系統技術核心架構.....	3-2
3.3	系統模組設計	3-2
3.3.1	圖台查詢展示模組	3-3
3.3.2	鑽探資料展繪模組	3-3
3.3.3	液化分析模組	3-3
3.3.4	鑽孔液化分析展繪模組	3-3
3.3.5	港區液化分析展繪模組	3-3
3.3.6	鋼板樁腐蝕速率展繪模組	3-4
3.4	系統開發架構.....	3-4
3.4.1	Harbor(MVC).....	3-5
3.4.2	Harbor.Service	3-5
3.4.3	Harbor.Core	3-5

3.4.4 Harbor.Dal	3-5
3.4.5 Harbor.Entity	3-5
3.4.6 FastCGI.....	3-6
3.4.7 gmap.js.....	3-6
3.4.8 D3.js.....	3-6
3.5 系統平台基本需求.....	3-6
3.6 系統平台功能架構.....	3-6
3.7 系統權限規劃.....	3-8
3.7.1 港區資料瀏覽權限	3-8
3.7.2 使用者功能權限	3-9
3.8 系統平台視覺設計.....	3-11
3.8.1 系統登入頁	3-11
3.8.2 系統平台內頁	3-11
3.9 系統平台配置.....	3-12
3.10 港區選擇.....	3-13
3.11 系統功能選單.....	3-15
3.12 基本地圖瀏覽工具.....	3-16
3.13 港埠規劃配置對照圖.....	3-18
3.14 鑽探報表.....	3-18
3.15 鑽探柱狀圖	3-19
3.16 鑽探液化柱狀圖.....	3-22
3.16.1 液化安全係數分析	3-22
3.16.2 液化機率分析	3-23
3.17 全區液化危險性分析.....	3-24

3.17.1 液化安全係數分析	3-24
3.17.2 液化機率分析	3-26
3.18 鋼板腐蝕分析.....	3-27
3.18.1 鋼板腐蝕速率/厚度調查成果展繪	3-27
3.18.2 鋼板凸側凹三面腐蝕速度/檢測厚度比較.....	3-29
3.19 港區工程圖資檢視.....	3-31
3.20 港區主題圖檢視.....	3-32
3.21 圖層套疊分析.....	3-34
3.22 系統資料建置標準.....	3-36
3.23 資料欄位建置標準.....	3-38
3.24 雲端伺服器說明.....	3-43
第四章 碼頭與堤防模組與資料更新.....	4-1
4.1 碼頭與堤防模組與資料更新	4-1
4.2 碼頭資料更新建置及查詢展示	4-3
4.2.1 碼頭查詢系統操作程序	4-3
4.2.2 金門九宮港碼頭設計及調查資料查詢說明	4-5
4.2.3 臺北港碼頭設計及調查資料查詢說明	4-7
4.3 堤防資料更新建置及查詢展示	4-10
4.3.1 堤防查詢系統操作程序	4-10
4.3.2 金門九宮港堤防設計及調查資料查詢說明	4-12
第五章 港區地質資料分析建置.....	5-1
5.1 系統操作程序	5-1
5.2 金門港地質鑽探資料及液化分析查詢說明	5-4

5.2.1 進入查詢系統.....	5-4
5.2.2 地質鑽探資料查詢.....	5-4
5.2.3 Liao 液化機率分析成果展示	5-5
5.2.4 Seed 液化分析成果展示	5-6
5.2.5 Lai (賴聖耀, 2003) 本土化液化機率分析成果展示 ..	5-11
5.2.6 Lai (賴聖耀, 2003) 本土化安全係數液化分析成果 展示	5-11
第六章 貨櫃碼頭營運資料查詢展示	6-1
6.1 貨櫃碼頭營運資料更新建置概況	6-1
6.2 貨櫃碼頭營運資料配置圖層及屬性資料錄說明	6-1
6.3 貨櫃碼頭營運資料查詢展示模組設計	6-2
6.3.1 查詢選單設計規劃	6-2
6.3.2 查詢模組設計規劃	6-3
6.4 貨櫃碼頭營運資料查詢展示操作程序	6-4
6.5 高雄港貨櫃碼頭營運資料查詢展示	6-5
6.6 臺中港貨櫃碼頭營運資料查詢展示	6-6
6.7 基隆港貨櫃碼頭營運資料查詢展示	6-8
第七章 結論與建議	7-1
7.1 結論	7-1
7.2 建議	7-2
7.3 研究成果之效益	7-3
7.4 提供政府單位應用情形	7-3
參考文獻	參-1

附錄一 期末審查意見及辦理情形說明表.....	附錄 1-1
附錄二 期末報告簡報資料.....	附錄 2-1

圖 目 錄

圖 2.1 地震規模 $MW=7.5$ 時，不同細料含量之液化阻抗與 $(N1)_{60}$ 關係	2-12
圖 2.2 應力折減係數 r_d 的由來	2-14
圖 2.3 標準貫入試驗打擊能量比與深度之關係	2-17
圖 2.4 Seed 簡易經驗法分析流程	2-18
圖 2.5 Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法（1983）分析流程	2-21
圖 2.6 日本道路橋協會簡易經驗法（1996）分析流程	2-24
圖 2.7 $0\% \leq FC \leq 10\%$ 液化判別圖	2-37
圖 2.8 $10\% \leq FC \leq 20\%$ 液化判別圖	2-38
圖 2.9 $20\% \leq FC \leq 30\%$ 液化判別圖	2-38
圖 2.10 $30\% \leq FC \leq 40\%$ 液化判別圖	2-39
圖 2.11 $FC=5\%$ 、 $FC=15\%$ 、 $FC=25\%$ 、 $FC=35\%$ 等液化判別式- C $(P)=0$ 之比較	2-39
圖 2.12 $FC=5\%$ 、 $FC=15\%$ 、 $FC=25\%$ 、 $FC=35\%$ 等液化判別式($P=0.15$) 之比較	2-40
圖 2.13 液化案例之 F_s 值繪於常態或然率圖上	2-40
圖 2.14 非液化案例之 F_s 值繪於對數常態或然率圖上	2-41
圖 2.15 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	2-41
圖 3.1 系統整體架構圖	3-1
圖 3.2 系統技術核心架構圖	3-2
圖 3.3 系統開發架構	3-4

圖 3.4 系統功能架構圖	3-7
圖 3.5 系統登入頁	3-11
圖 3.6 系統平台內頁	3-12
圖 3.7 系統平台配置	3-13
圖 3.8 港區選擇頁	3-14
圖 3.9 進入高雄港圖台畫面	3-14
圖 3.10 進入金門港群圖台畫面	3-15
圖 3.11 系統功能選單	3-16
圖 3.12 基本地圖瀏覽工具	3-17
圖 3.13 港埠規劃配置對照圖	3-18
圖 3.14 鑽探報表	3-19
圖 3.15 鑽探柱狀圖	3-20
圖 3.16 鑽探柱狀圖（單孔或多孔排序）	3-20
圖 3.17 鑽探柱狀圖（多孔展示-由西向東排序）	3-21
圖 3.18 鑽探柱狀圖（多孔展示-由北向南排序）	3-21
圖 3.19 鑽探液化柱狀圖（Seed 液化分析）	3-22
圖 3.20 鑽探液化柱狀圖（Seed-由西向東排序）	3-23
圖 3.21 鑽探液化柱狀圖（Liao-由西向東排序）	3-24
圖 3.22 全區液化危險性分析分佈圖（安全係數）	3-25
圖 3.23 全區液化危險性分析（NJRA 日本道路協會液化分析） ...	3-25
圖 3.24 全區液化危險性分析（液化機率）	3-26
圖 3.25 全區液化危險性分析（Lai 液化機率分析）	3-27
圖 3.26 鋼板腐蝕速率/厚度調查成果展繪功能	3-28

圖 3.27 鋼板腐蝕速率展繪圖	3-29
圖 3.28 鋼板凸側凹三面腐蝕速度/檢測厚度比較功能	3-30
圖 3.29 鋼板凸側凹三面腐蝕速度比較圖	3-30
圖 3.30 碼頭斷面設計圖	3-31
圖 3.31 堤防斷面設計圖	3-31
圖 3.32 人孔展開圖	3-32
圖 3.33 碼頭使用功能主題圖	3-32
圖 3.34 堤防結構型式主題圖	3-33
圖 3.35 地下管線類型主題圖	3-33
圖 3.36 TGOS 電子地圖	3-35
圖 3.37 通用版電子地圖	3-35
圖 3.38 通用版航空影像	3-35
圖 3.39 AP 伺服器規格說明	3-44
圖 3.40 DB 伺服器規格說明	3-44
圖 4.1 WHRF_SEC.MB 增加讀取pdf路徑	4-2
圖 4.2 bw_sec.mdb 增加讀取pdf路徑	4-2
圖 4.3 金門九宮港區地圖圖層及所開發之選單列	4-6
圖 4.4 金門九宮港「碼頭設計及調查資料」選單下拉模式	4-6
圖 4.5 金門九宮港區碼頭位置分佈圖	4-6
圖 4.6 金門九宮港碼頭斷面設計資料_pdf 檔之一	4-7
圖 4.7 金門九宮港碼頭斷面設計資料_pdf 檔之二	4-7
圖 4.8 臺北港區地圖圖層及所開發之選單列	4-8
圖 4.9 臺北港「碼頭設計及調查資料」選單下拉模式	4-9

圖 4.10 臺北港區碼頭位置分佈圖	4-9
圖 4.11 臺北港碼頭斷面設計資料_pdf 檔之一	4-10
圖 4.12 臺北港碼頭斷面設計資料_pdf 檔之二	4-10
圖 4.13 九宮港區「堤防設計資料」選單下拉模式	4-13
圖 4.14 九宮港區堤防位置分佈圖	4-13
圖 4.15 九宮港堤防斷面設計資料_pdf 檔之一	4-14
圖 4.16 九宮港堤防斷面設計資料_pdf 檔之二	4-14
圖 5.1 九宮港區地圖圖層及選單下拉模式	5-7
圖 5.2 九宮港區鑽探孔位分佈圖	5-7
圖 5.3 九宮港區鑽孔柱狀圖	5-8
圖 5.4 地震強度選取對話框	5-8
圖 5.5 九宮港區鑽孔 Liao 液化機率分析結果柱狀圖	5-9
圖 5.6 九宮港區 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖	5-9
圖 5.7 九宮港區 Seed 抗液化安全係數柱狀圖	5-10
圖 5.8 九宮港區 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖	5-10
圖 5.9 Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式	5-13
圖 5.10 九宮港區鑽孔 Lai 液化機率分析結果柱狀圖	5-13
圖 5.11 九宮港區 Lai_Prob+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖	5-14
圖 5.12 九宮港區 Lai 抗液化安全係數柱狀圖	5-14
圖 5.13 九宮港區 Lai+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖	5-15
圖 6.1 高雄港貨櫃碼頭分佈位置圖	6-9
圖 6.2 高雄港貨櫃裝卸量選單呈列狀況圖	6-9
圖 6.3 高雄港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪	6-10

圖 6.4 高雄港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪.....	6-10
圖 6.5 高雄港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪.....	6-11
圖 6.6 臺中港貨櫃碼頭分佈位置圖.....	6-11
圖 6.7 臺中港單一碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪.....	6-12
圖 6.8 臺中港多選碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪.....	6-12
圖 6.9 臺中港全港碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪.....	6-13
圖 6.10 基隆港貨櫃碼頭分佈位置圖.....	6-13
圖 6.11 基隆港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪.....	6-14
圖 6.12 基隆港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪.....	6-14
圖 6.13 基隆港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪.....	6-15

表 目 錄

表 2-1 碼頭設計使用資料檔案及資料錄說明	2-8
表 2-2 港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明	2-9
表 2-3 鑽孔之試驗資料檔案及資料錄說明	2-10
表 2-4 SPT-N 值簡易液化評估法之比較.....	2-15
表 2-5 災害風險指標等級	2-45
表 2-6 液化危害度機率法之分級	2-46
表 3-1 港區資料瀏覽權限表	3-8
表 3-2 使用者功能權限表	3-9
表 3-3 系統功能選單彙整表	3-16
表 3-4 系統提供圖資彙整表.....	3-34
表 3-5 系統資料建置標準	3-37
表 3-6 底圖_地形圖(BackG.SHP)欄位建置標準	3-38
表 3-7 底圖_港區圖(BackGB.SHP)欄位建置標準	3-38
表 3-8 港埠設施現況圖(PrsntMap.SHP)欄位建置標準.....	3-38
表 3-9 港埠設施未來規劃配置圖(FutrMap.SHP)欄位建置標準	3-38
表 3-10 鑽孔位置圖(WellData.SHP)欄位建置標準	3-39
表 3-11 鑽孔資料檔(SPT\[鑽孔編號].DBF)欄位建置標準	3-40
表 3-12 碼頭位置圖(WhrfData.SHP)欄位建置標準	3-40
表 3-13 鋼板腐蝕資料(Material.CSV)欄位建置標準	3-41
表 3-14 堤防位置圖(BwData.SHP)欄位建置標準	3-42
表 3-15 港區管線平面圖(PipesMap.SHP)欄位建置標準	3-42

表 3-16 人孔位置分佈圖(ManHole.SHP)欄位建置標準	3-43
表 6-1 貨櫃碼頭營運設計使用資料檔案及資料錄說明	6-2

第一章 前言

1.1 計畫緣起

港灣工程在規劃、設計、施工及維修中，基本資料的獲取常是首要的工作，若有完整的港區工程基本資料庫，對規劃工作之完整性愈有助益。本中心為因應港區工程管理與維護作業進行，自民國 91 年起完成以 MapInfo 軟體建置港區工程基本資料查詢系統，透過 GIS 軟體工具將各項資料數化建檔，並加以分類整理儲存，不但可長久保存及增加資料流通與應用，且可增進在工程維護管理及決策支援上之使用效益。

有鑑於空間資訊的管理方式已從單機版方式朝向網路化發展，加上近年來國土資訊系統推動空間資訊共享流通，其他政府機關已陸續建置許多網路地圖服務可供加值應用，配合港區管理業務的拓展與港區工程資料共享目的，實有必要將既有港區工程基本資料查詢系統進行改版，以便利港區工程管理業務執行。本研究將以 mapinfo 開發之「港區工程基本資料查詢展示系統」為架構，新建置網路版之查詢系統，利用網路即可上網查詢該港相關資料，免去單機版限制，可使資料更容易查詢與流通。

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他工程應用，以作為規劃設計及災害防治上的基本資料。

1.2 研究目的

電腦化之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之查詢作業服務，真正達到資料共用共享的益處，且未來新的資料又可迅速之補充，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.以數位化形式收集港埠空間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.開發撰寫各項資料分析之模組。
- 4.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。
- 5.提供工程依據：提供給港務港務公司進行工程上之研判。
- 6.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。

1.3 研究內容

本計畫研究內容如下：

- 1.持續各港區基本資料收集彙整與更新。
- 2.建置網路版港區工程基本資料查詢展示系統。
- 3.設計港區規劃、地質、碼頭結構物等資料網頁模組。
- 4.維護桌上型港區工程基本資料庫系統及分析模組。

第二章 文獻回顧

2.1 地理資訊系統的應用

2.1.1 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。
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。

2.1.2 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。

2.1.3 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。

2.2 系統開發工具

2.2.1 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。

2.2.2 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。

2.2.3 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。

2.3 資料處理及系統建置

2.3.1 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。

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

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

2.3.3 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。

2.3.4 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 2-1 所示。

2.3.5 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 2-2 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 2-3 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 2-1 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：Whrfdata			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 2-2 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)	
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 次地下水位量測日期	Date	MMDDYY
25	Gw_level5	第 5 次地下水位量測深度	Decimal(7,2)	
26	Gw_date5	第 5 次地下水位量測日期	Date	MMDDYY
27	Gw_level6	第 6 次地下水位量測深度	Decimal(7,2)	
28	Gw_date6	第 6 次地下水位量測日期	Date	MMDDYY

表 2-3 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)	

2.4 系統應用模組開發使用

2.4.1 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。

2.4.2 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：

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 2.1 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。

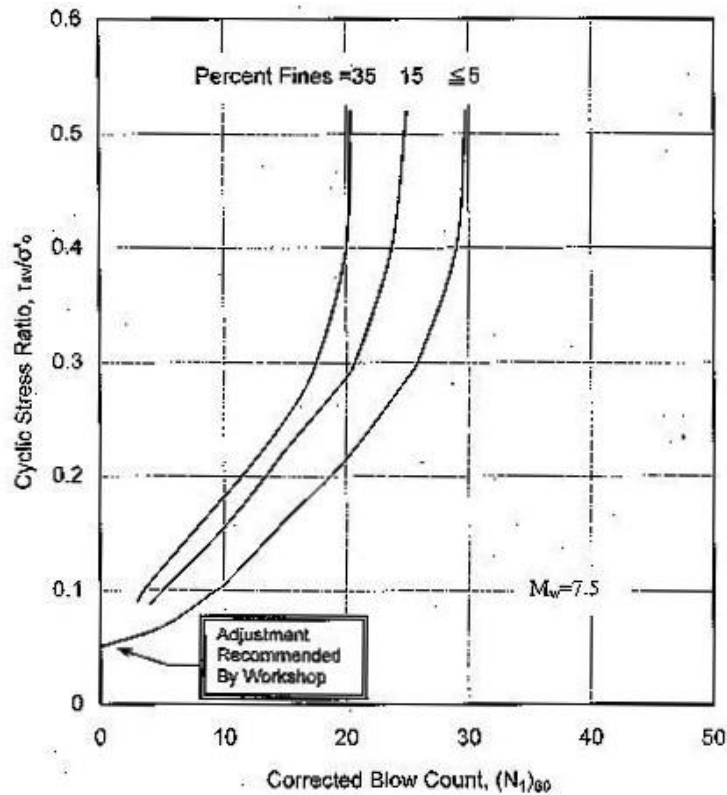


圖 2.1 地震規模 $M_w=7.5$ 時，不同細料含量之液化阻抗與 $(N_1)_{60}$ 關係
(修正自 Seed 等人，1985)

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 2.2 所示：

$$(\tau_{\max})_{\gamma} = \gamma \cdot h \cdot \frac{\alpha_{\max}}{g} \dots\dots\dots (2.1)$$

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 $(\tau_{\max})_y$ ，以下式表示：

$$(\tau_{\max})_d = \gamma_d \cdot (\tau_{\max})_y \dots\dots\dots(2.2)$$

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：

$$\gamma_d = \frac{1.000 - 0.4113z^{0.5} + 0.04052z + 0.001753z^{1.5}}{1.000 - 0.4177z^{0.5} + 0.05729z - 0.006205z^{1.5} + 0.001210z^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

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

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

$$\left(\frac{\tau_{av}}{\sigma'_o}\right)_{eq} = \left(\frac{\tau}{\sigma'_o}\right)_L = 0.65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \cdot \gamma_d \dots\dots\dots(2.4)$$

式中， τ_{ave} 為等值平均反覆剪應力

σ_o 為垂直覆土壓力

σ'_o 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 2-3 所示

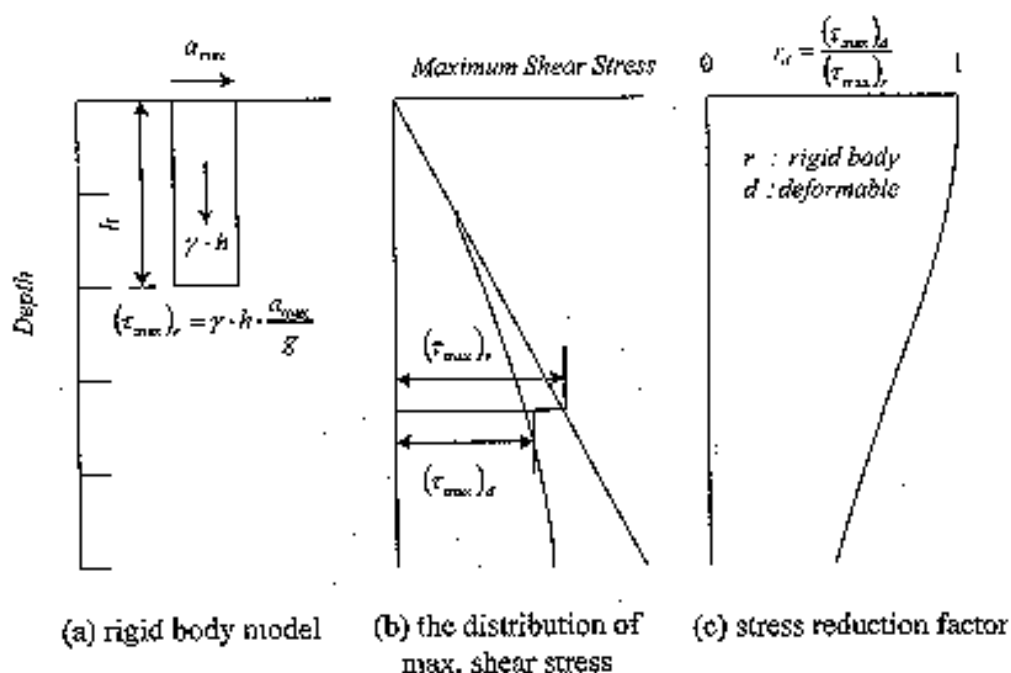


圖 2.2 應力折減係數 γ_d 的由來 (Seed 與 Idriss, 1971)

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 2-4 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 2-5 所示：

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot N \cdot \left(\frac{ER}{60} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

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 2-6 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 2.3 所示，其所建議之經驗公式，如式 2-6 所示：

$$C_N = \sqrt{\frac{P_a}{\sigma'_o}} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$ER(\%) = 30 \cdot \frac{z}{11} + 50 \quad \text{for } z \leq 11 \text{ meters} \dots\dots\dots(2.7a)$$

$$ER(\%) = 80 \quad \text{for } z \geq 11 \text{ meters} \dots\dots\dots(2.7b)$$

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 2-4 SPT-N 值簡易液化評估法之比較

		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

註：參考黃富國等，1999

由 $(N_1)_{60}$ 與反覆應力比之關係，包含細粒料修正關係，如圖 2.1 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 2.1 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；

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$CRR_{7.5} = \frac{a + cx + ex^2 + gx^3}{1 + bx + cx^2 + fx^3 + hx^4} \dots\dots\dots(2.9)$$

式中：M 為地震規模 (Moment Magnitude)

$$x \text{ 為 } (N_1)_{60cs}, (N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60} \dots\dots\dots(2.10)$$

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

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

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

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

最後計算該土層之抗液化安全係數如 2-11 式所示，其分析流程如圖 2.4 所示：

$$FS = \frac{CRR_{7.5} \cdot MSF}{CSR} \dots\dots\dots(2.11)$$

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 2-8 所示。

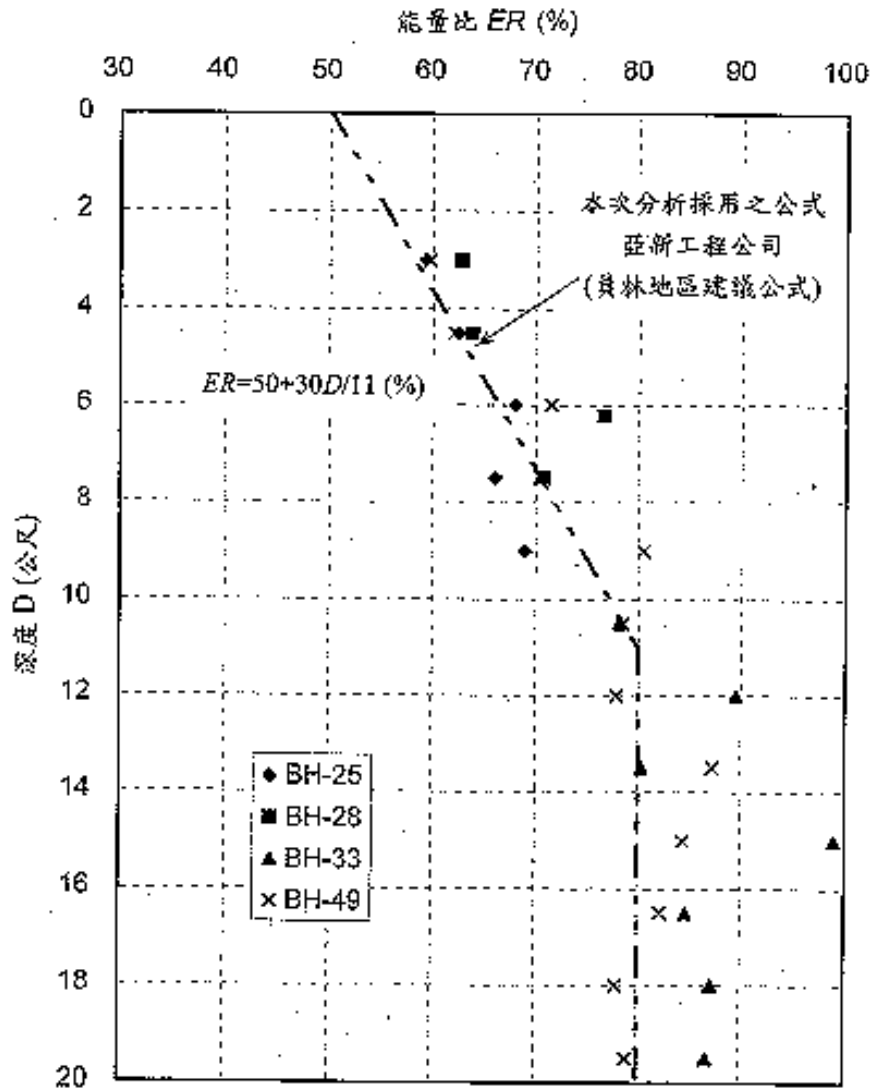


圖 2.3 標準貫入試驗打擊能量比與深度之關係

(亞新工程顧問公司，2000)

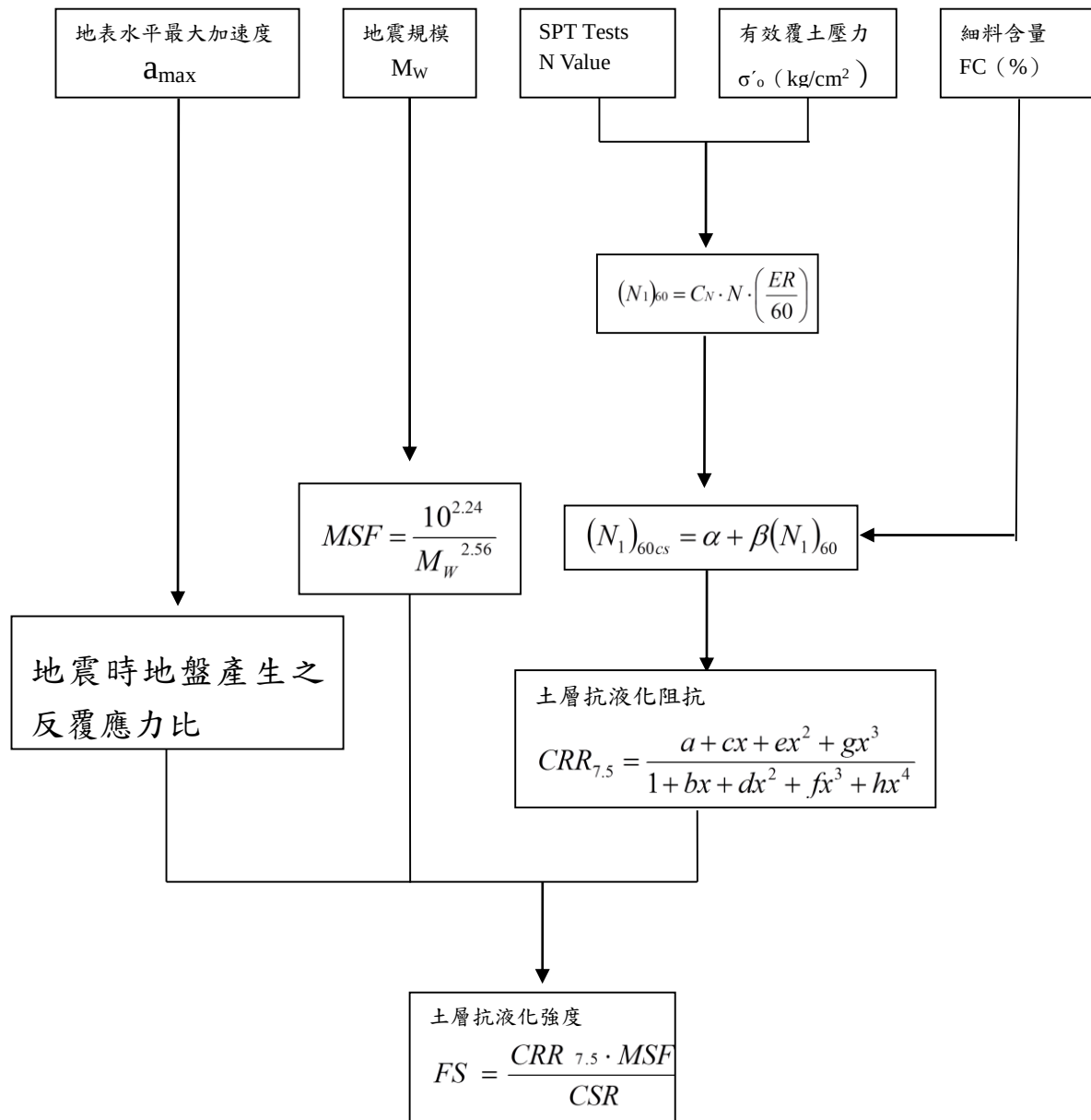


圖 2.4 Seed 簡易經驗法（1997NCEER Workshop）分析流程

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：

$$Dr = 21 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_o + 0.7}} \dots\dots\dots(2.12)$$

將 2-12 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：

$$\left(\frac{\tau}{\sigma'_o} \right)_R = a \cdot C_r \left[\frac{16\sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right] \dots\dots\dots(2.13)$$

$$N_a = (N_1)_{80} + \Delta N_f \dots\dots\dots(2.14)$$

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

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

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 2-7 所示

σ'_o 為有效垂直覆土壓力 (kg/cm²)

ΔN_f 為細粒料含量修正係數。

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

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

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

$$CSR = (\tau_{ave}/\sigma'_o)_L = 0.1 \cdot (M - 1) \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \cdot \gamma_d \dots\dots\dots (2.15)$$

式中， M 為芮氏地震規模

σ_o 為該深度土壤之垂直覆土壓力 (kg/cm²)

σ'_o 為該深度土壤之有效垂直覆土壓力 (kg/cm²)

a_{max} 為最大地表加速度 (g)

g 為重力加速度

γ_d 為應力折減係數，為土層深度 $z(m)$ 的函數 $\gamma_d = 1 - 0.015z$ 計算安全係數如下式所示，其分析流程如圖 2.5 所示：

$$F_L = \frac{(\tau/\sigma'_o)_R}{(\tau_{ave}/\sigma'_o)_L} \dots\dots\dots (2.16)$$

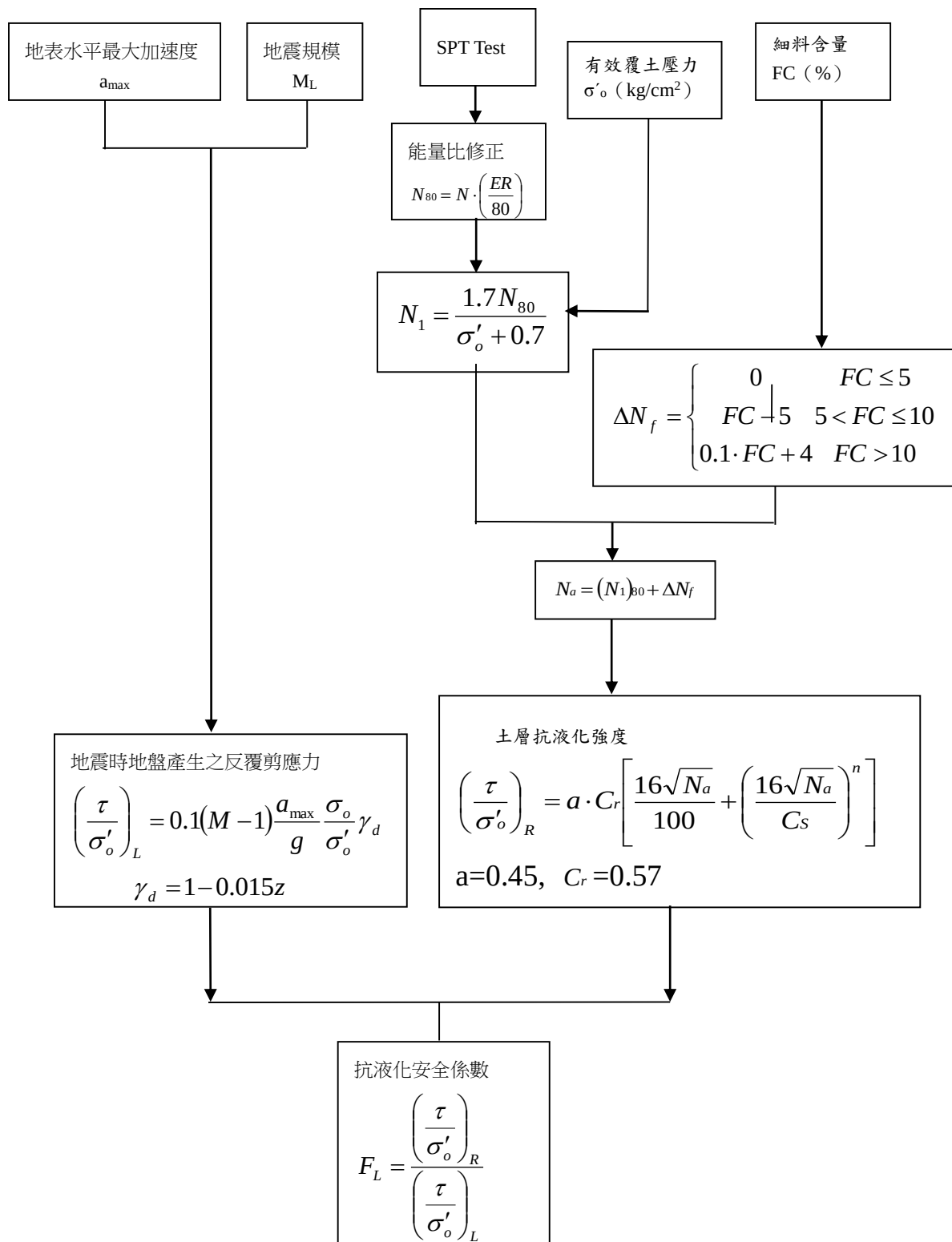


圖 2.5 Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法(1983)分析流程

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 2.6 所示。

首先計算地震力強度 L ，如式 2-17 所示：

$$L = \gamma_d \times k_{hc} \times \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \dots\dots\dots (2.17)$$

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：

$$R = C_w R_L \dots\dots\dots (2.18)$$

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

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

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

砂質土：

$$N_a = c_1 (N_1)_{72} + c_2 \dots\dots\dots (2.19)$$

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

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

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

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

礫質土：

$$N_a = [1 - 0.36 \times \log(D_{50}/2)] \times N_1 \dots\dots\dots (2.20)$$

式中： c_w ， c_1 ， c_2 為修正係數

FC 為土壤之細料含量（%）

N 為現地標準貫入試驗之 N 值

σ'_o 為土壤之有效覆土壓力（ kg/cm^2 ）

N_1 為經有效覆土壓力修正後之 N 值

$(N_1)_{72}$ 為經本規範規定之打擊能量 72%修正後之 N 值評估土層之抗液化安全係數如式 2-21 所示：

$$F_L = \frac{R}{L} \dots\dots\dots (2.21)$$

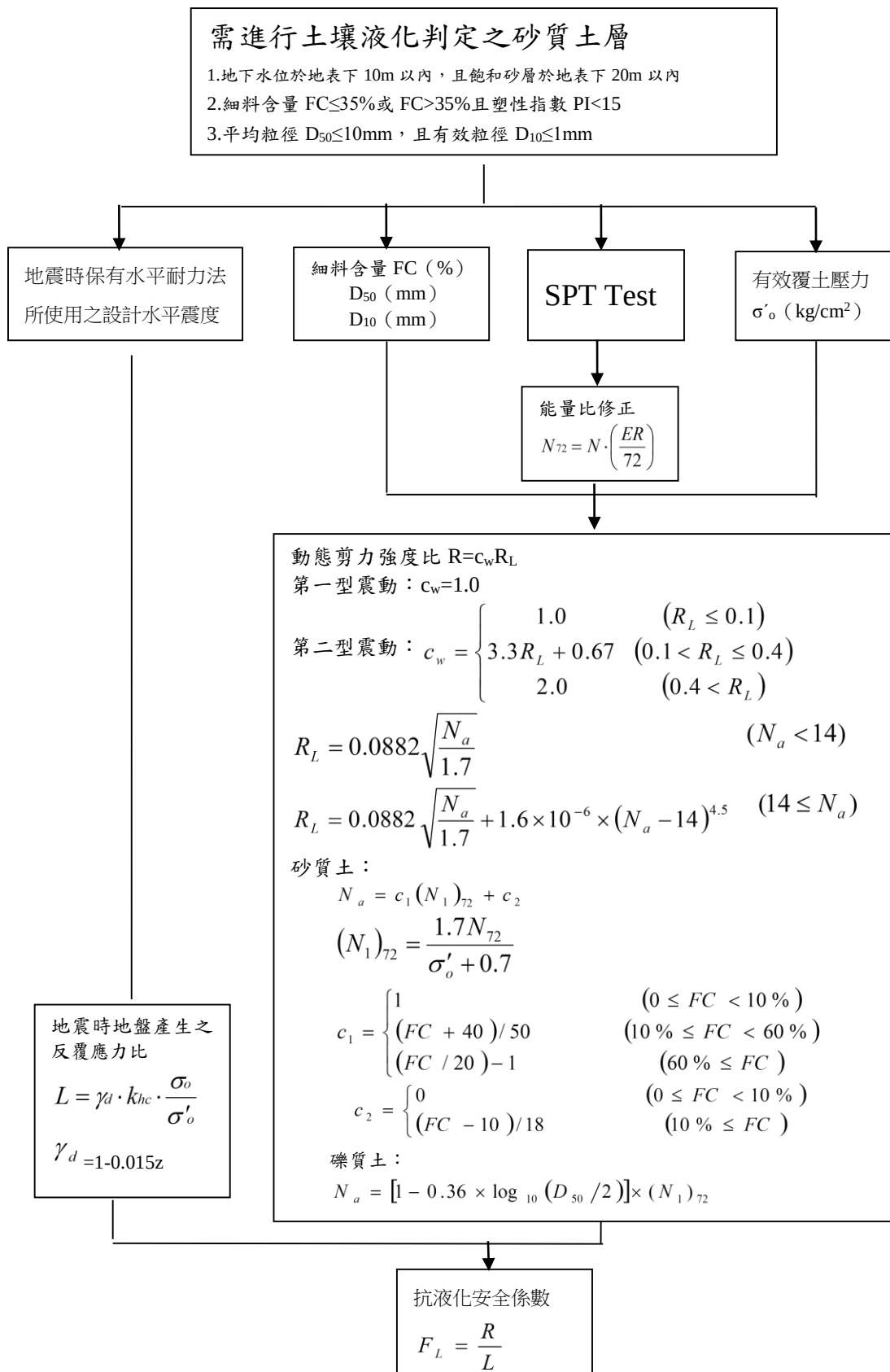


圖 2.6 日本道路橋協會簡易經驗法（1996）分析流程

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 值評估液化機制之迴歸模式。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，與砂土之有效覆土壓力之比值，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 2-4 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 2-5 式。

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

$$P_L = \frac{1}{\left\{1 + \exp\left[-\left(\beta_0 + \beta_1 \ln(SR) + \beta_2 (N_1)_{60}\right)\right]\right\}} \dots\dots\dots (2.22)$$

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

$$P_L = \frac{1}{\{1 + \exp[-(16.447 + 6.4603 \ln(SR) - 0.3970(N_1)_{60})]\}} \dots\dots\dots (2.23a)$$

2. 泥砂 (FC>12%) 模式

$$P_L = \frac{1}{\{1 + \exp[-(6.4831 + 2.6854 \ln(SR) - 0.1890(N_1)_{60})]\}} \dots\dots\dots (2.23b)$$

3. 不分淨砂、泥砂之淨砂／泥砂模式

$$P_L = \frac{1}{\{1 + \exp[-(10.167 + 4.1933 \ln(SR) - 0.24375(N_1)_{60})]\}} \dots\dots\dots (2.23c)$$

2.4.3 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。

1. 判別分析

判別分析(discriminant analysis)是多變數統計分析之一個步驟，即將一群現地調查資料區分為兩個種類；就本文來講，是將地震區

液化與非液化之 SPT 資料，加以統計分析求得適當之判別式區分液化與非液化兩個種類，以便能由工址之現地調查資料，評估工址之液化潛能，及其可能導致誤差判斷之機率。

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

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

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

$$V = \left[X - \frac{1}{2}(\bar{X}_{\ell} + \bar{X}_{n\ell}) \right]^T S^{-1} (\bar{X}_{\ell} - \bar{X}_{n\ell}) \dots\dots\dots (2.24)$$

式中

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

X ：液化解釋參數之向量

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

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

S^{-1} ：全部調查資料變異性矩陣 S 之反矩陣。

由式(2-24)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(2-25)所示，依此新的判別式可尋找數條液化與非液化之分界曲線，再依工程之重要程度,選擇較合理誤差機率函數之理想分界曲線。

$$V_p = \left[X - \frac{1}{2}(\bar{X}_\ell + \bar{X}_{n\ell}) \right]^T S^{-1}(\bar{X}_\ell - \bar{X}_{n\ell}) - C(P) \dots\dots\dots(2.25)$$

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(2-24)及式(2-25)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：

$$X = \begin{Bmatrix} SR \\ XR \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(2.26)$$

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

$$\bar{X}_\ell = \begin{Bmatrix} \overline{SR}_\ell \\ \overline{XR}_\ell \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(2.27)$$

式中

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

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

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

$$\bar{X}_{n\ell} = \left\{ \begin{matrix} \overline{SR}_{n\ell} \\ \overline{XR}_{n\ell} \end{matrix} \right\} \dots\dots\dots(2.28)$$

式中

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

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

全部調查資料變異性矩陣 S 如下式所示：

$$S = \begin{bmatrix} \text{Var}(SR) & \text{Cov}(SR, XR) \\ \text{Cov}(SR, XR) & \text{Var}(XR) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.29)$$

式中

$\text{Var}(SR)$ ：地震強度解釋參數 SR 之變異數

$\text{Var}(XR)$ ：土壤抗液化強度解釋參數 XR 之變異數

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

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

$$\alpha = (\bar{X}_\ell - \bar{X}_{n\ell})^T S^{-1} (\bar{X}_\ell - \bar{X}_{n\ell}) \dots\dots\dots(2.30)$$

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：

$$C(P) = \sqrt{2\alpha} \text{erf}^{-1}(1-2P) - \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots(2.31)$$

式中

erf^{-1} ：為誤差函數 erf 之反函數

erf ：為誤差函數，其定義為：

$$erf(Y) = \int_0^Y \frac{2}{\sqrt{\pi}} \exp(-X^2) dX \dots\dots\dots (2.32)$$

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。

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：

$$CSR_{7.5} = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_o} = 0.65 \cdot \frac{\gamma_d}{MSF} \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \dots\dots\dots (2.33)$$

其中，

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

τ_{av} ：地震引致土層之平均剪應力， kg/cm^2 。

a_{max} ：地表最大水平加速度 m/sec^2 。

g ：重力加速度， m/sec^2 。

σ_o ：最初垂直覆土壓力， kg/cm^2 。

σ'_o ：有效覆土壓力， kg/cm^2 。

γ_d ：應力折減因數。

γ_m ：地震規模影響因素。

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

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

$$\begin{aligned} &=1.0-0.00765Z, \quad Z \leq 9.15 \text{ m} \\ &=1.174-0.0267Z, \quad 9.15 \text{ m} < Z \leq 23 \text{ m} \dots\dots\dots(2.34) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{MSF} &= 37.9(M_w)^{-1.81} && \text{for } M_w \geq 5.75 \\ &= 1.625 && \text{for } M_w < 5.75 \dots\dots\dots(2.35) \end{aligned}$$

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：

$$(N_1)_{60} = N_m \cdot C_n \cdot N \dots\dots\dots(2.36)$$

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，

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

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：

$$ER=30*(Z/11)+50 \quad \text{for } Z \leq 11\text{m} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$ER=80 \quad \text{for } Z > 11\text{m} \dots\dots\dots (2.38)$$

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(2-39)所示：

$$V_p = \left[\begin{array}{c} \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\} - \frac{1}{2} \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{liq} + \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{non-liq} \end{array} \right]^T \cdot \left[\begin{array}{cc} \text{Var}(\sqrt{(N_1)_{60}}) & \text{Cov}[\sqrt{(N_1)_{60}}, \ln(CSR_{7.5})] \\ \text{Cov}[\sqrt{(N_1)_{60}}, \ln(CSR_{7.5})] & \text{Var}[\ln(CSR_{7.5})] \end{array} \right]_{liq. \text{ and } non-liq}^{-1} \cdot \left[\begin{array}{c} \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{liq} - \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{non-liq} \end{array} \right] - C(P) \dots\dots(2.39)$$

誤差機率參數 α ，如式(5-40)

$$\alpha = \left[\begin{array}{c} \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{liq} - \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{non-liq} \\ \cdot \left[\begin{array}{cc} \text{Var}(\sqrt{(N_1)_{60}}) & \text{Cov}[\sqrt{(N_1)_{60}}, \ln(CSR_{7.5})] \\ \text{Cov}[\sqrt{(N_1)_{60}}, \ln(CSR_{7.5})] & \text{Var}[\ln(CSR_{7.5})] \end{array} \right]_{liq. \text{ and } non-liq}^{-1} \\ \cdot \left[\begin{array}{c} \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{liq} - \left\{ \frac{\sqrt{(N_1)_{60}}}{\ln(CSR_{7.5})} \right\}_{non-liq} \end{array} \right] \end{array} \right]^T \quad \dots(2.40)$$

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

模式一： $0\% \leq FC \leq 10\%$ 之液化判別模式

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

$$V_p = 0.9450876 \cdot \sqrt{(N_1)_{60}} - 2.406358 \cdot \ln(CSR_{7.5}) - 7.802606 - C(p) \dots(2.41)$$

其誤差機率參數 $\alpha=1.917175$

其誤差機率函數 $C(P)$ ，如下式所示：

$$C(P) = 1.95815 \cdot \text{erf}^{-1}(1 - 2P) - 0.9585875 \dots\dots\dots(2.42)$$

模式二： $10\% \leq FC \leq 20\%$ 之判別模式

世界各震災區共 592 組資料，分析得 $10\% \leq FC \leq 20\%$ 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：

$$V_p = 1.107534 \cdot \sqrt{(N_1)_{60}} - 2.245728 \cdot \ln(CSR_{7.5}) - 8.116554 - C(p) \dots\dots (2.43)$$

其誤差機率參數 $\alpha=2.354608$

其誤差機率函數 $C(P)$ ，如下式所示：

$$C(P) = 2.170073 \cdot \text{erf}^{-1}(1-2P) - 1.177304 \dots\dots\dots(2.44)$$

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：

$$V_p = 0.8621721 \cdot \sqrt{(N_1)_{60}} - 1.503677 \cdot \ln(CSR_{7.5}) - 5.65012 - C(p) \dots\dots\dots(2.45)$$

其誤差機率參數 $\alpha=2.171423$

其誤差機率函數 $C(P)$ ，如下式所示：

$$C(P) = 2.08395 \cdot \text{erf}^{-1}(1-2P) - 1.085711 \dots\dots\dots(2.46)$$

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：

$$V_p = 0.8938813 \cdot \sqrt{(N_1)_{60}} - 1.403875 \cdot \ln(CSR_{7.5}) - 5.443882 - C(p) \dots\dots\dots(2.47)$$

其誤差機率參數 $\alpha=2.078286$

其誤差機率函數 $C(P)$ ，如下式所示：

$$C(P) = 2.038767 \cdot \text{erf}^{-1}(1-2P) - 1.039143 \dots\dots\dots(2.48)$$

為了使工程界瞭解判別模式之應用，分別將 0% ≤ FC ≤ 10%、10% ≤ FC ≤ 20%、20% ≤ FC ≤ 30% 與、30% ≤ FC ≤ 40% 等四組判別模式，繪製於圖 2.7~圖 2.10，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 2.11 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：

$$CRR_{7.5} = \exp \left[(0.3865548 + 0.0072398 \cdot FC) \sqrt{(N_1)_{60}} - (3.3597395 + 0.0186297 \cdot FC - 0.0001093 \cdot FC^2) \right] \dots\dots\dots (2.49)$$

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 2.12 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：

$$CRR_{7.5}^* = \exp \left[(0.3865548 + 0.0072398 \cdot FC) \sqrt{(N_1)_{60}} - (3.6762598 - 0.0150227 \cdot FC + 0.0020571 \cdot FC^2 - 0.0000343 \cdot FC^3) \right] \dots\dots\dots (2.50)$$

由圖 2.11 及圖 2.12 $C(P)=0$ 、 $p=0.15$ 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(2-33)計算，其抗液化之安全係數， F_s ，如下所示：

$$F_s = CRR_{7.5} / CSR_{7.5} \dots\dots\dots (2.51)$$

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(2-50)計算，地震引致土層之作用強度， $CSR_{7.5}$ ，以式(2-33)計算，其抗液化之安全係數， F_s^* ，如下所示：

$$F_s^* = CRR_{7.5}^* / CSR_{7.5} \dots\dots\dots (2.52)$$

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：

$$P_{LB} = \frac{f_L(F_S)}{f_L(F_S) + f_{NL}(F_S)} \dots\dots\dots(2.53)$$

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(2-49)至式(2-52)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 2.13 至圖 2.14 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 2.14 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：

$$f_L(F_S) = \frac{1}{0.188 * \sqrt{8\pi * F_S}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{F_S} - 0.763}{0.188} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(2.54)$$

$$f_L(F_S^*) = \frac{1}{0.171 * \sqrt{8\pi * F_S^*}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{F_S^*} - 0.678}{0.171} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(2.55)$$

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：

$$f_{NL}(F_S) = \frac{1}{0.511 * F_S * \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(F_S) - 0.485}{0.511} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(2.56)$$

$$f_{NL}(F_S^*) = \frac{1}{0.513 * F_S^* * \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(F_S^*) - 0.260}{0.513} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(2.57)$$

將式(2-54)-式(2-57)代入式(2-53) 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(2-58)-式(2-59)及圖 2.15($R^2=0.99$, $R^{*2}=0.99$) 所示：

$$P_{LB} = \frac{1}{1 + 0.6(F_S)^3 + 0.4(F_S)^8} \dots\dots\dots(2.58)$$

$$P_{LB}^* = \frac{1}{1 + 1.5(F_S^*)^3 + 1.9(F_S^*)^8} \dots\dots\dots(2.59)$$

由圖 2.15 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， $P_{LB}^*=0.23$ 。

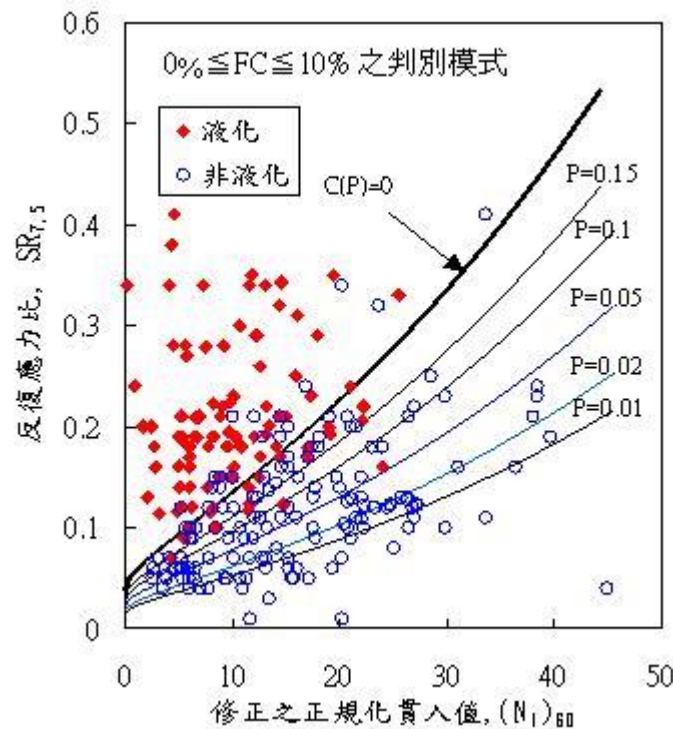


圖 2.7 $0\% \leq FC \leq 10\%$ 液化判別圖
(58 組液化及 70 組非液化案例)

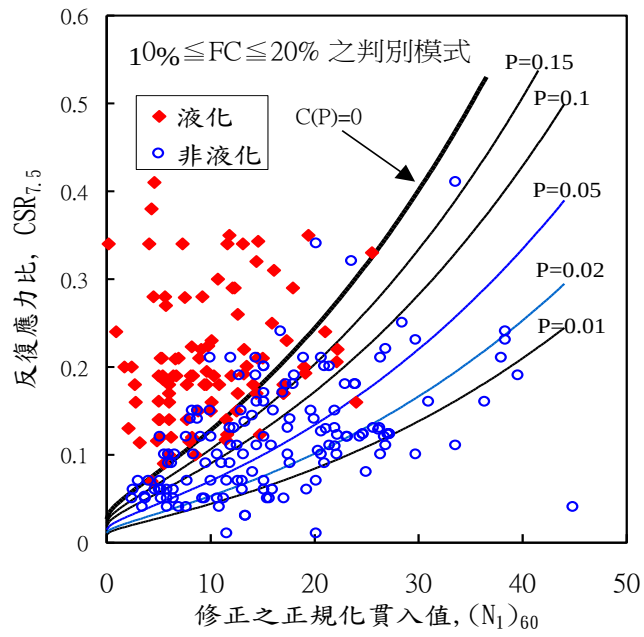


圖 2.8 $10\% \leq FC \leq 20\%$ 液化判别圖
(77 組液化及 95 組非液化案例)

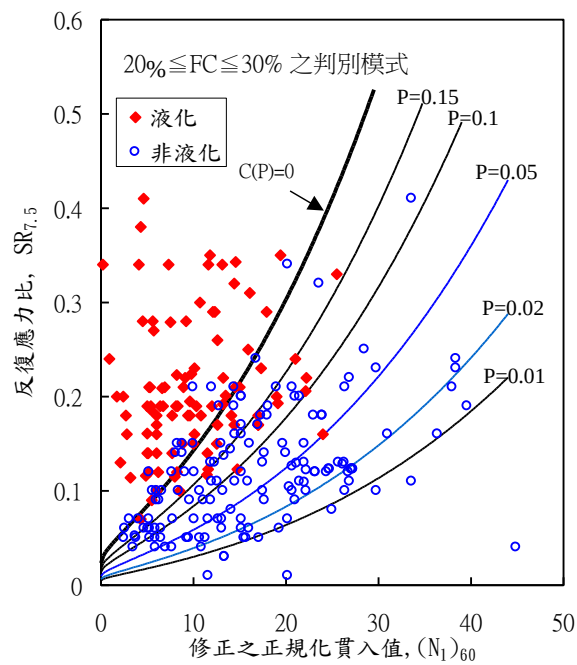


圖 2.9 $20\% \leq FC \leq 30\%$ 液化判别圖
(64 組液化及 32 組非液化案例)

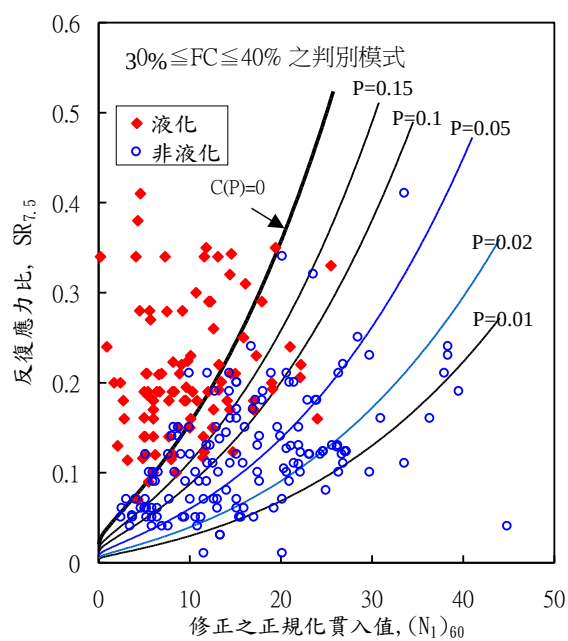


圖 2.10 $30\% \leq FC \leq 40\%$ 液化判別圖
(37 組液化及 29 組非液化案例)

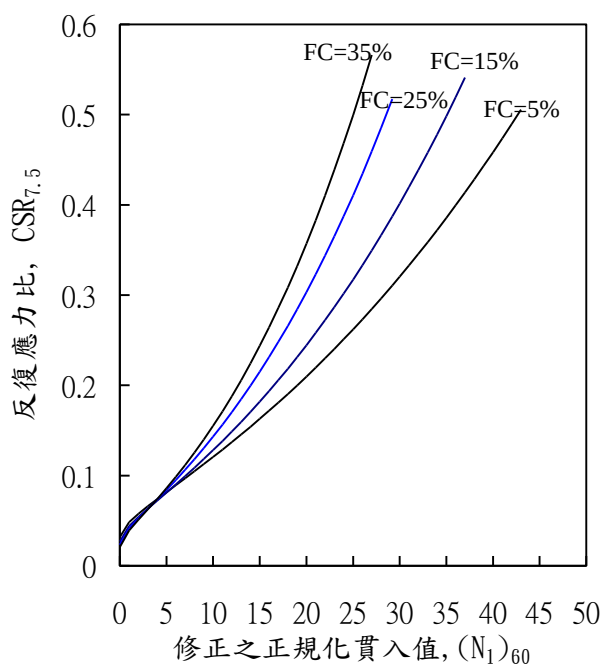


圖 2.11 $FC=5\%$ 、 $FC=15\%$ 、 $FC=25\%$ 、 $FC=35\%$ 等
液化判別式- $C(P)=0$ 之比較

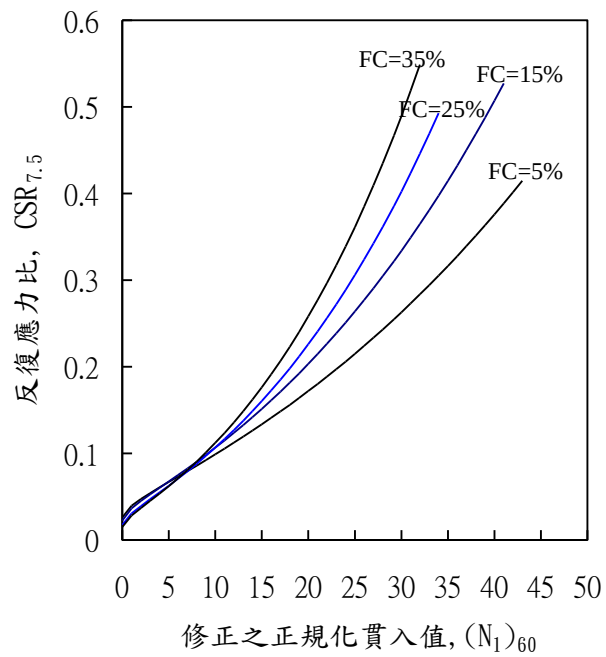


圖 2.12 $FC=5\%$ 、 $FC=15\%$ 、 $FC=25\%$ 、 $FC=35\%$ 等
液化判別式($P=0.15$)之比較

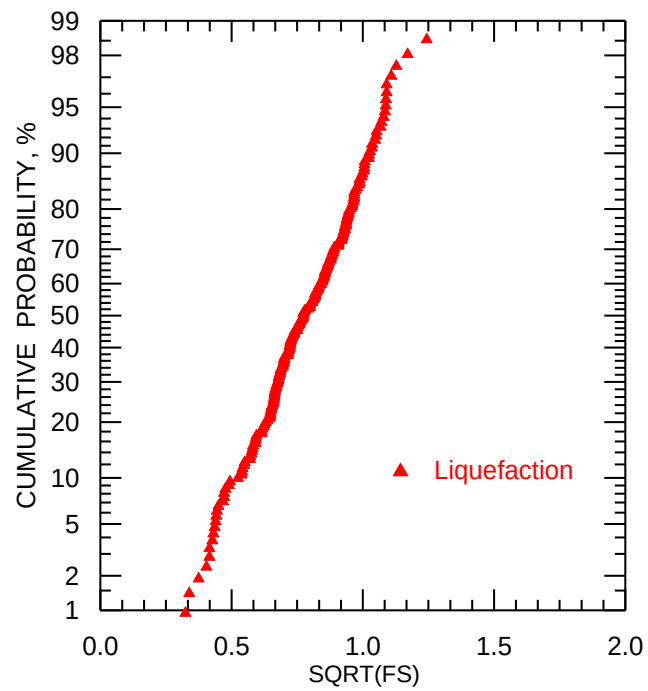


圖 2.13 液化案例之 FS 值繪於常態或然率圖上

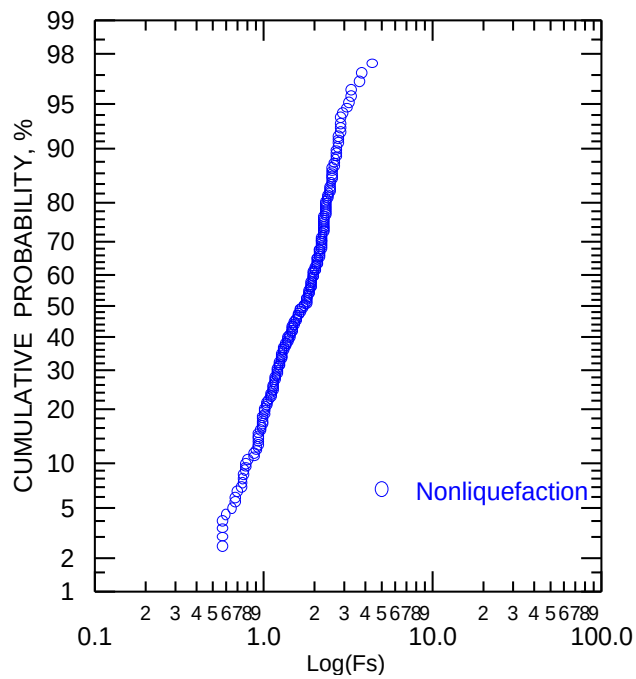


圖 2.14 非液化案例之 F_s 值繪於對數常態或然率圖上

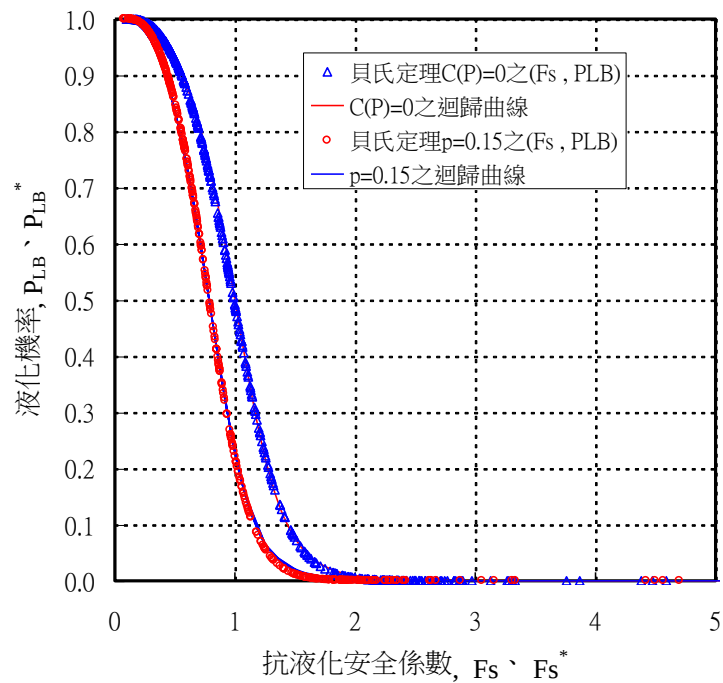


圖 2.15 貝氏定理 $C(P)=0$ 、 $p=0.15$ 之抗液化安全係數與液化機率之關係圖

2.4.4 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。

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。

$$IL = \int F(Z) \cdot W(Z) dZ \dots\dots\dots(2.60)$$

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

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。

$$P_{LW} = \int_0^{20} P_L(z) \cdot W(z) \cdot dz / \int_0^{20} W(z) \cdot dz \dots\dots\dots (2.61)$$

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

2.4.5 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。

1. 鑽孔液化柱狀圖展繪設計

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

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

或深度 20m 以下，不考慮液化的土層則用藍色展繪。

另液化機率值之展繪，因機率範圍系由 0 到 1，所以在成果展繪上以液化機率等於 0 時 (即完全不液化) 用純白色表示，液化機率等於 1 時(即完全液化)用正紅色表示，隨著機率由 0 漸增其展繪顏色也由純白遂漸加深，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。

2. 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：(1)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，(2)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。如前所述，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，如表 2-5。

表 2-5 災害風險指標等級

範圍	分級
$IL \geq 15$	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，如前節所述，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，區分如表 2-6。

表 2-6 液化危害度機率法之分級

範圍	分級
$P_{LW} \geq 0.4$	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。

第三章 港區工程基本資料查詢網頁建置

3.1 系統整體架構

本系統建置在雲端伺服器，可透過網際網路於 GIS 平台達到查詢、管理與分析港區工程資料。因此，針對系統開發架構規劃如圖 3.1。系統將應用程式伺服器(AP 伺服器)與資料庫伺服器(DB 伺服器)分開架設，除了提高系統整體效率外，也大幅提升系統安全性與維護的便利性。系統本身除了規劃由後端將圖資與資料匯入外，也採用服務介接方式取得相關參考底圖。使用者可使用一般網頁瀏覽器透過網際網路方式於雲端環境進行港區工程等相關資訊查詢與分析，並搭配 Surfer 軟體執行內插展繪。

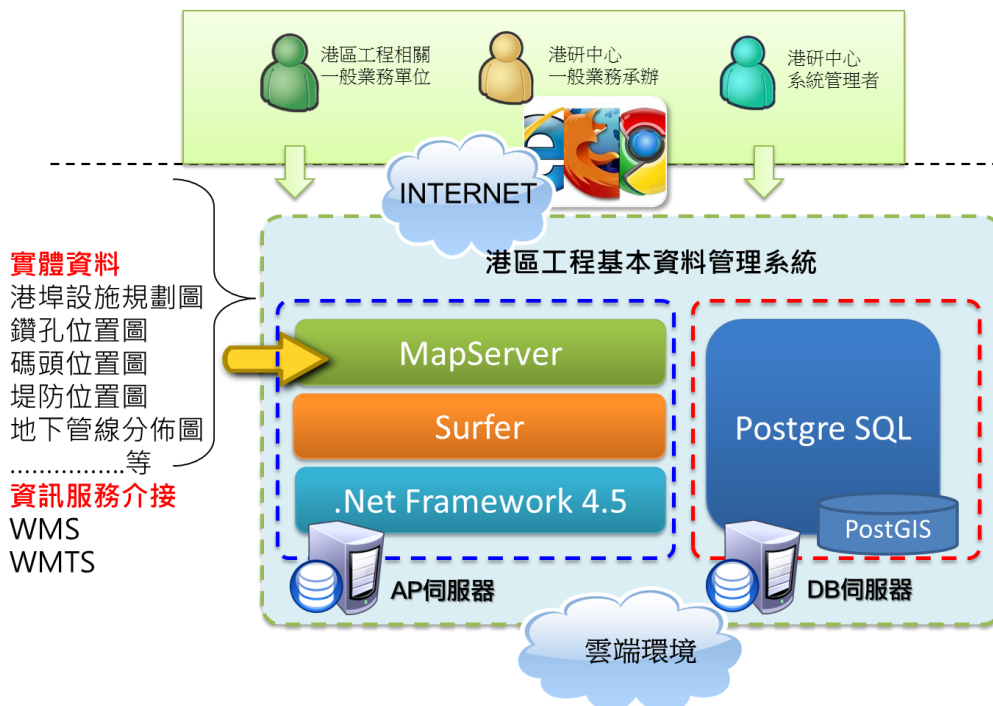


圖 3.1 系統整體架構圖

3.2 系統技術核心架構

本系統為保留未來系統的維護及擴充便利，圖台核心技術採以自由軟體作為系統的開發方案，透過評估比較，可以了解到自由軟體可支援的功能並不亞於價格昂貴的套裝軟體，未來在移植性上也較具有開發彈性。本系統在實作工具上採用 Microsoft Visual Studio 為軟體開發工具，伺服器端元件的開發語言為 C#，客戶端網頁則使用 JavaScript 為開發語言。在 WebGIS 圖台核心技術部分，使用者介面 (User Interface) 採用 OpenLayers 軟體；應用伺服器 (Application Server) 採用 MapServer 地圖引擎軟體；而資料庫 (Database) 方面則採用 Postgres SQL 搭配 PostGIS 擴充元件建置。另外，為維持程式碼品質及符合團隊合作開發的需求，使用 Microsoft Team Foundation Server 作為團隊開發的程式碼管控工具，整體技術核心架構詳圖 3.2。

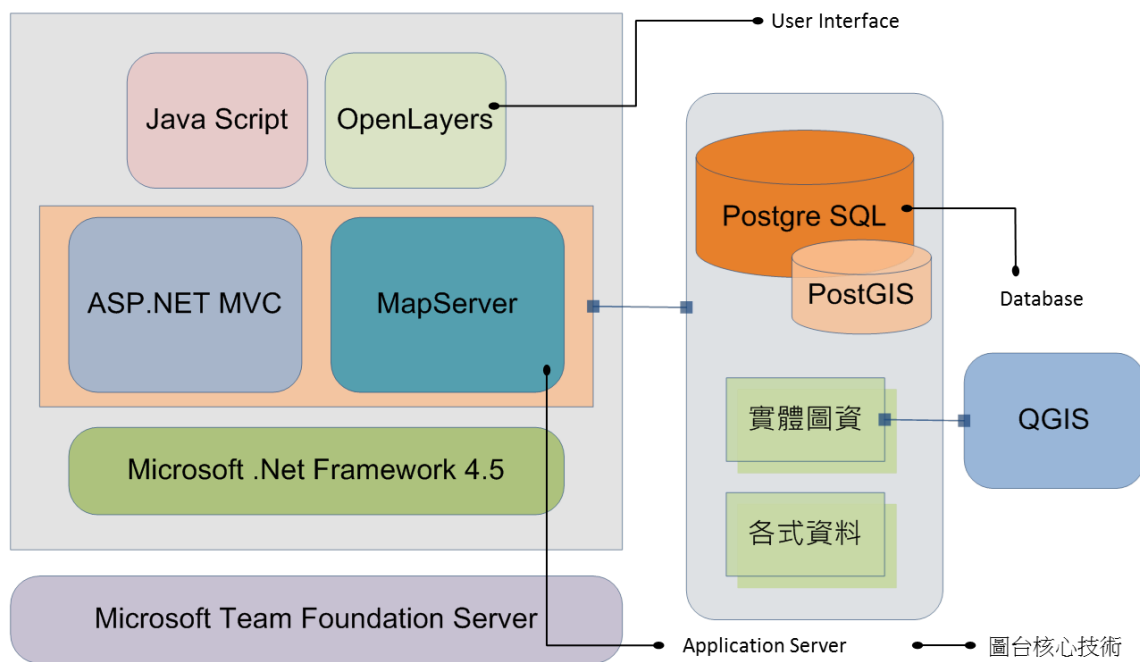


圖 3.2 系統技術核心架構圖

3.3 系統模組設計

為了使系統未來維護便利、功能擴充靈活度與相容性，系統部份功能採用模組化概念設計。系統主要以圖台查詢展示模組為主，搭配 5

大展繪分析模組，各模組功能說明如下敘述。

3.3.1 圖台查詢展示模組

圖台查詢展示模組為系統主要的用戶端服務模組，提供使用者包括查詢各式圖資與資料、圖層套疊分析、基本地圖瀏覽（平移與縮放）與主次要功能列等。

3.3.2 鑽探資料展繪模組

模組將透過資料庫所抓取的鑽探基本資料與鑽探調查數據，產製鑽探試驗資料報表與繪製鑽孔柱狀圖，鑽孔柱狀圖展示方式包括單孔或多孔非排序展示、由西向東的多孔排序展示與由北向南的多孔排序展示，上述後兩項排序方式，並考量各鑽探間距離比例排序。

3.3.3 液化分析模組

模組將透過資料庫所抓取的鑽孔數據，進一步提供各式液化分析演算，液化安全係數分析包括「Seed 液化分析」、「Tokimatsu&Yoshimi 液化分析」、「NJRA 日本道路協會_液化分析」與「Lai 判別模式液化分析」；液化機率分析包括「Liao 液化機率分析」與「Lai 判別模式液化機率分析」。

3.3.4 鑽孔液化分析展繪模組

模組將透過液化分析模組演算之結果繪製鑽孔液化柱狀圖，柱狀圖展示方式包括單孔或多孔非排序展示、由西向東的多孔排序展示與由北向南的多孔排序展示，上述後兩項排序方式，並考量各鑽探間距離比例排序。。

3.3.5 港區液化分析展繪模組

模組由資料庫抓取港區全數鑽孔數據資料，先行以液化分析模組演算，再透過港區液化分析展繪模組推估全區液化危險性指數。模組

提供兩種推估模式，液化安全係數分析採用 Iwasaki 全區液化危險性指數分佈分析法，液化機率分析則採用 Lai 全區液化危險性指數分佈分析法，最後再串接 Surfer 內插演算展繪。

3.3.6 鋼板樁腐蝕速率展繪模組

模組依據使用者選取的腐蝕調查碼頭，由資料庫抓取腐蝕調查數據，提供「鋼板腐蝕速率展繪」、「鋼板厚度調查成果展繪」、「鋼板凸側凹三面腐蝕速度比較」、「鋼板凸側凹三面檢測厚度比較」功能。上述前兩項功能將串接 Surfer 內插演算展繪，而後兩項功能則提供折線圖比較，並僅限定採用 Z 型鋼板樁的碼頭。

3.4 系統開發架構

本系統使用 Asp.net MVC 架構開發，開發語言為 C#，.Net Framework 版本為 4.5.2，系統成果安裝執行於 IIS 內，系統開發架構詳圖 3.3，各項細項說明如下敘述。

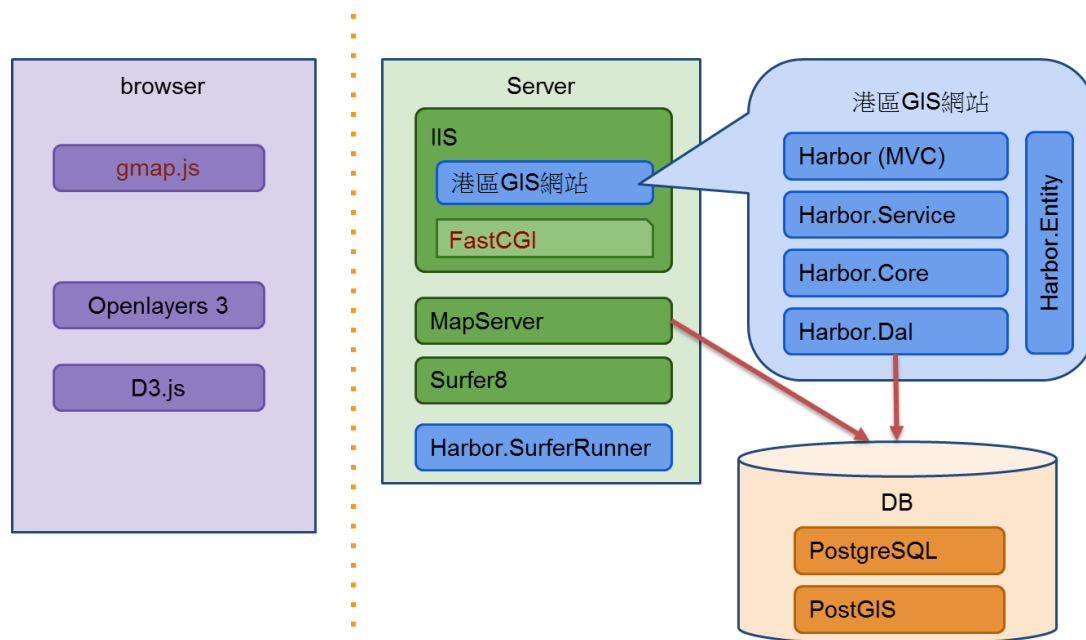


圖 3.3 系統開發架構

3.4.1 Harbor(MVC)

網站的主要架構區，其餘四個為類別庫參考，依照 MVC 架構的權責分工，Controller 為所有使用者要求的進入點，並指派 Harbor.Server 進行工作，最後透過 View 將結果呈現給使用者，下列四個類別庫 (Service、Core、Dal、Entity)合起來則是本系統的 Model 層。

3.4.2 Harbor.Service

本系統的商業邏輯層，接受 Controller 的指派，進行資料存取、驗證、邏輯運算等工作。

3.4.3 Harbor.Core

由原先 MapInfo 系統中轉換過來的程式皆集中於此類別庫中，包括了鑽探柱狀圖、鑽探液化柱狀圖、全區液化危險性指數分析、鋼板腐蝕分析等功能。

3.4.4 Harbor.Dal

本系統的資料存取層(Data Access Layer)，使用 Entity Framework 進行資料庫的連接與操作，Entity Framework (又稱 ADO.NET Entity Framework) 是以 ADO.NET 為基礎所發展出來的物件關聯對應 (O/R Mapping) 解決方案，利用了抽象化資料結構的方式，將每個資料庫物件都轉換成應用程式物件 (entity)，而資料欄位都轉換為屬性 (property)，關聯則轉換為結合屬性 (association)，讓資料庫的 E/R 模型完全的轉成物件模型；因此所有針對資料庫的存取與異動都只能透過此類別庫進行，用以達到權責分離、方便維護等效益。

3.4.5 Harbor.Entity

放置用於資料庫與系統間存放資料的應用程式物件(Entity)，以及 ViewModel、Enumeration 等類別，本類別庫中只能有類別(Class)及其屬性(Property)，不能撰寫任何的運算邏輯或方法在裡面。

3.4.6 FastCGI

快速通用網關接口 (Fast Common Gateway Interface/FastCGI) 是一種讓應用程式與 Web 伺服器通信的協議。FastCGI 是早期通用網關接口 (CGI) 的增強版本。FastCGI 致力於減少網頁伺服器與 CGI 程式之間互動的消耗，從而使伺服器可以同時處理更多的網頁請求。

MapServer 系統圖台的產製，而 IIS 要呼叫 MapServer 執行工作則必須透過 FastCGI，因此要先設定好 IIS 上的 FastCGI，系統圖台才能正常運作。

3.4.7 gmap.js

為 JavaScript 程式碼檔案，負責處理前端瀏覽器上的所有互動功能，包括地圖操作、圖層套疊、使用者互動事件、Server 後端資料交換、資料展繪等。

3.4.8 D3.js

D3 (Data-Driven Documents) 是利用資料驅動文件的 JavaScript library。它可以將資料載入後，利用資料的內容驅動 HTML 上的物件(主要為 SVG)，甚至是針對使用者的操作將物件轉換成其它狀態。簡單來說，就是將資料圖表化，甚至是透過使用者的操作，呈現出不同的樣式。本系統的鑽探柱狀圖即是透過 D3.js 來繪製。

3.5 系統平台基本需求

本系統採 Web-based 架構，使用者端不需額外安裝軟體，只要透過瀏覽器即可操作本系統，瀏覽器可採用 IE 10 以上版本或 Google Chrome 與螢幕解析度至少需 1024*768 以上。

3.6 系統平台功能架構

系統功能架構規劃如圖 3.4 所示，主要劃分八大功能，包括地圖檢

視、港埠規劃、鑽探資料、碼頭設計及調查資料、堤防設計資料、地下管線、圖資服務與系統管理，共計 39 個功能項目。

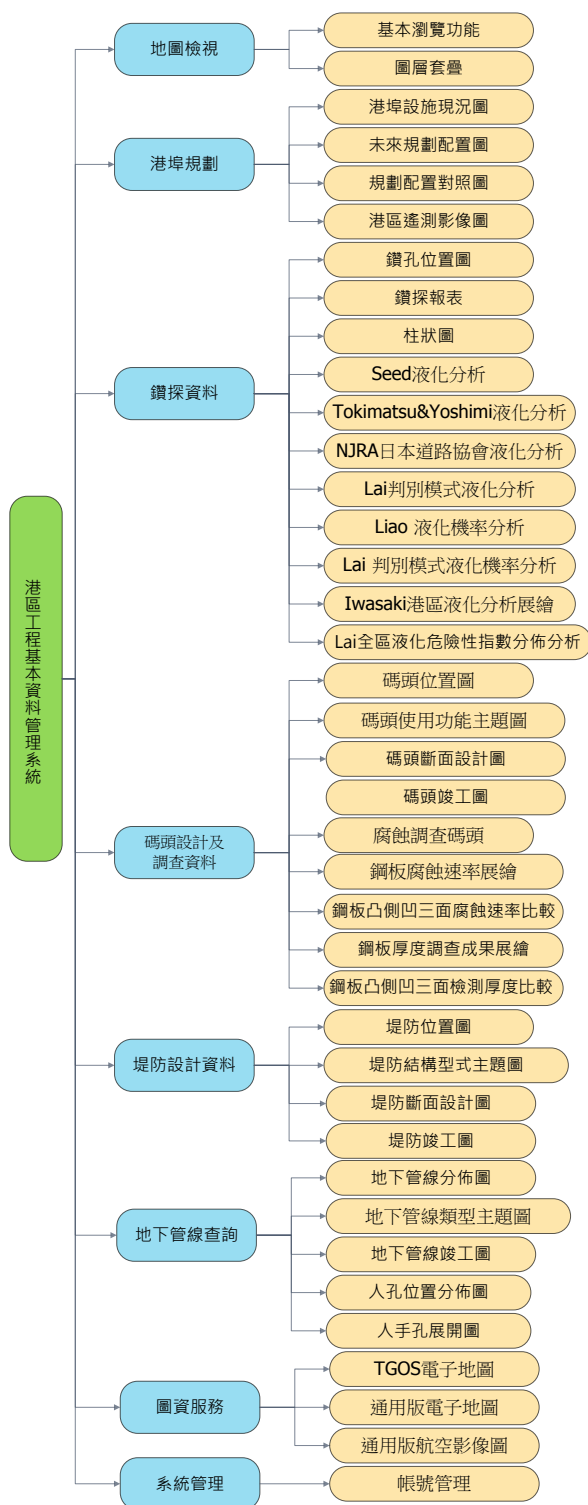


圖 3.4 系統功能架構圖

3.7 系統權限規劃

因應系統建置查詢架構與分級管理，以及不同業務角色的權限控管，系統權限將依「港區資料瀏覽權限」與「使用者功能權限」整理規劃，詳細分別敘述如下。

3.7.1 港區資料瀏覽權限

系統依據港區分級管理架構設計各港口資料瀏覽權限，分屬不同公司或港口的業務人員將有不同的港口資料瀏覽限制。臺灣本島區域內之港口資料，臺灣港務公司業務人員將能瀏覽旗下所有港口資料，其它港口業務人員僅能瀏覽自身港口資料。而臺灣離島之金門港務處與連江港務處，則分別僅能瀏覽自身金門港群與連江港群之資料，詳細資料瀏覽權限詳表 3-1。

表 3-1 港區資料瀏覽權限表

港區資料 瀏覽權限		各港務單位											
		臺灣 港務 總公 司	基隆港群			臺中 港群	高雄港群				花蓮 港群	金門 港務 處	連江 港務 處
			基隆 港	臺北 港	蘇澳 港		高雄 港	馬公 港	布袋 港	安平 港			
港區資料	基隆港	●	●										
	臺北港	●		●									
	蘇澳港	●			●								
	台中港	●				●							
	高雄港	●					●						
	馬公港	●						●					
	布袋港	●							●				
	安平港	●								●			
	花蓮港	●									●		
	金門港群											●	
	連江港群												●

3.7.2 使用者功能權限

系統使用者角色由小至大規劃為「一般使用者」、「業務單位使用者」與「系統管理者」。系統管理者與業務單位使用者於功能面僅差系統管理功能，而業務單位使用者與一般使用者的差異在於各式進階分析功能，包括液化分析、鋼板腐蝕分析等，詳細功能說明如表 3-2。

表 3-2 使用者功能權限表

功能類別	功能項目	一般使用者	業務單位使用者	系統管理者
地圖檢視	基本瀏覽功能	●	●	●
	圖層套疊	●	●	●
港埠規劃	港埠設施現況圖	●	●	●
	未來規劃配置圖	●	●	●
	規劃配置對照圖	●	●	●
	港區遙測影像圖	●	●	●
鑽探資料	鑽孔位置圖	●	●	●
	鑽探報表	●	●	●
	柱狀圖	●	●	●
	Seed液化分析		●	●
	Tokimatsu&Yoshimi液化分析		●	●
	NJRA日本道路協會液化分析		●	●
	Lai判別模式液化分析		●	●
	Liao 液化機率分析		●	●
	Lai 判別模式液化機率分析		●	●
	Iwasaki港區液化分析展繪		●	●
	Lai全區液化危險性指數分佈分析		●	●
碼頭設計及調查資料	碼頭位置圖	●	●	●
	碼頭使用功能主題圖	●	●	●
	碼頭斷面設計圖	●	●	●
	碼頭竣工圖	●	●	●
	腐蝕調查碼頭		●	●

功能類別	功能項目	一般 使用者	業務單位 使用者	系統 管理者
	鋼板樁腐蝕速率展繪		●	●
	鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較		●	●
	鋼板厚度調查成果展繪		●	●
	鋼板凸側凹三面檢測厚度比較		●	●
堤防設計 資料	堤防位置圖	●	●	●
	堤防結構型式主題圖	●	●	●
	堤防斷面設計圖	●	●	●
	堤防竣工圖	●	●	●
地下管線 查詢	港區管線平面圖	●	●	●
	地下管線類型主題圖	●	●	●
	地下管線竣工圖	●	●	●
	人孔位置分佈圖	●	●	●
	人手孔展開圖	●	●	●
圖資服務	TGOS電子地圖	●	●	●
	通用版電子地圖	●	●	●
	通用版航空影像圖	●	●	●
系統管理	帳號管理			●

3.8 系統平台視覺設計

系統整體設計理念是以透過簡潔明亮的版面風格搭配港口意象元素，傳達港灣技術研究中心之專業形象。

3.8.1 系統登入頁

系統登入頁以簡明方式設計，帳號登入功能置於頁面中間，背景的設計意象為延伸性視覺，可符合絕大部份主流螢幕解析度，詳如圖 3.5。



圖 3.5 系統登入頁

3.8.2 系統平台內頁

系統平台內頁之 Banner 延續系統設計理念，搭配扁平化設計之功能列，提供使用者單純簡易的視覺體驗，平台內頁詳圖 3.6。

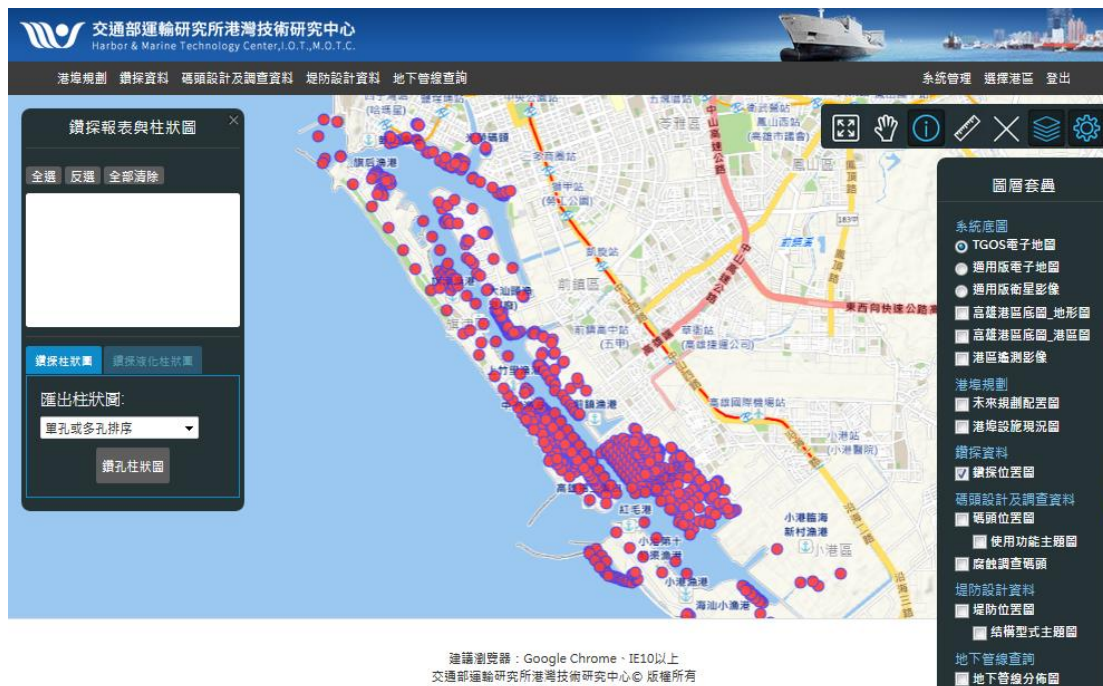


圖 3.6 系統平台內頁

3.9 系統平台配置

系統的版面以地圖平台為主配置，搭配基本地圖瀏覽工具置於圖台右上方，並能將工具隱藏以加大地圖瀏覽範圍。功能選單以一般使用者習慣方式設計置於地圖平台上方，其功能視窗則置於圖台左上方，系統配置詳如圖 3.7。

1. 『地圖平台』：提供各項圖資瀏覽。
2. 『功能選單』：彙整各項功能選單。
3. 『功能視窗』：各項分析參數設定、報表與各項工程圖檢視。
4. 『基本地圖瀏覽工具』：集合各式地圖瀏覽工具，包括圖層套疊、圖徵選取等。

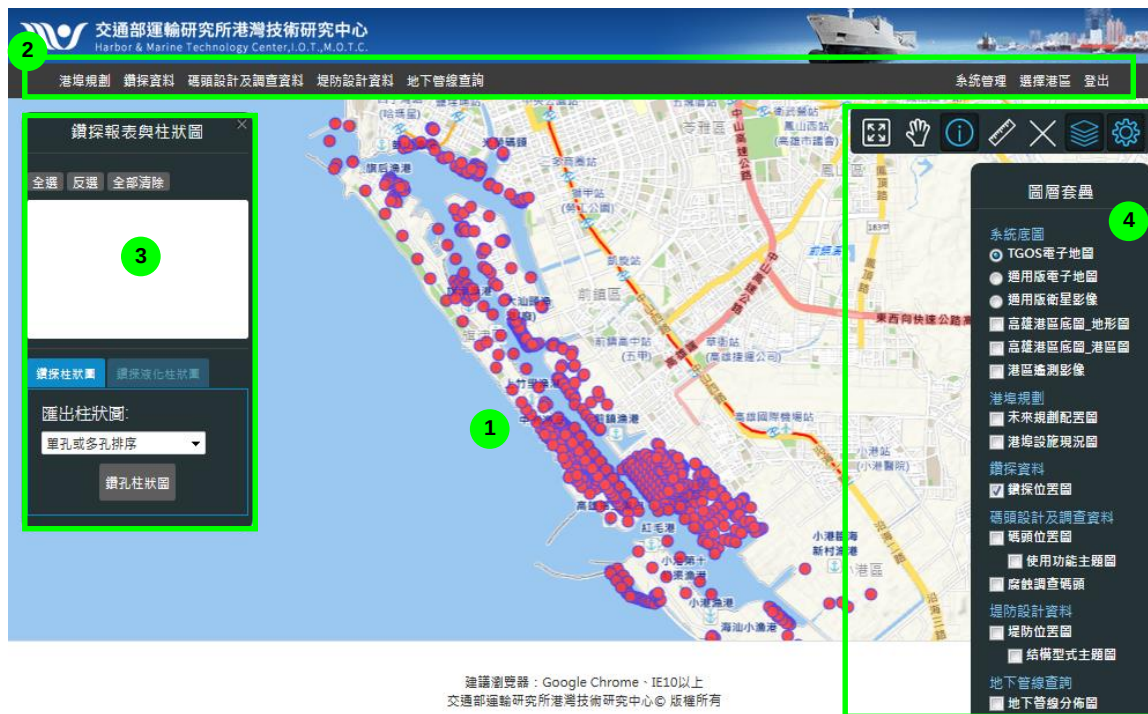


圖 3.7 系統平台配置

3.10 港區選擇

當使用者透過帳號管理機制進入系統時，系統將先行導入港區選擇頁面，系統將依業務單位劃分給予適當港區資料瀏覽權限，例如高雄港之業務單位人員僅能瀏覽高雄港區資料，其劃分機制詳如表 3.1 港區資料瀏覽權限表，港區選擇系統頁面如圖 3.8，系統提供 6 港群合計 11 個港區選擇。系統已納入資料較齊全之高雄港區，以及部份資料之金門港群，兩港區之圖台進入畫面詳圖 3.9 與圖 3.10，其中高雄港區之圖台中央經度為 121 度，而金門港群之中央經度則為 119 度。





圖 3.10 進入金門港群圖台畫面

3.11 系統功能選單

依據圖 3.4 系統功能架構圖規劃整合系統功能選單，選單分為主功能列與次功能列，當使用者滑鼠觸碰到主功能列項目功能時，將自行浮出次功能列，系統畫面如圖 3.11，而系統功能選單彙整如表 3-3，主功能列含 8 個功能項目，次功能列則為 10 個功能項目。

1. 『主功能列』：常態置於圖台上方。
2. 『次功能列』：當滑鼠觸碰到主功能列項目功能時浮出。

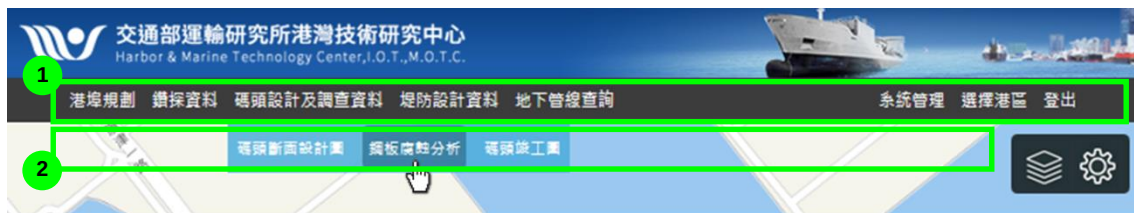


圖 3.11 系統功能選單

表 3-3 系統功能選單彙整表

項次	主功能列	次功能列
1	【港埠規劃】	【規劃配置對照圖】
2	【鑽探資料】	【鑽探報表與柱狀圖】 【全區液化危險指數分析】
3	【碼頭設計及調查資料】	【碼頭斷面設計圖】 【鋼板腐蝕分析】 【碼頭竣工圖】
4	【堤防設計資料】	【堤防斷面設計圖】 【堤防竣工圖】
5	【地下管線查詢】	【人手孔展開圖】 【地下管線竣工圖】
6	【系統管理】	-
7	【港區選擇】	-
8	【登出】	-

3.12 基本地圖瀏覽工具

港區相關地圖資料之瀏覽與檢視均需透過基本地圖瀏覽工具操作進行，該功能置於圖台右上方，系統功能畫面詳圖 3.12。



圖 3.12 基本地圖瀏覽工具

1. **【地圖平移】**：點擊滑鼠左鍵不放抓取地圖上下左右移動地圖。
2. **【地圖縮放】**：透過滾動滑鼠中間滾輪執行地圖縮放功能。
3. **【全域地圖】**：將地圖縮放到港區原始範圍。
4. **【地圖平移】**：切換到地圖平移模式，無法透過點擊左鍵功能選取地圖圖徵。
5. **【圖徵選取】**：切換到圖徵選取模式，可透過點擊左鍵功能選取地圖圖徵，並能加上 **【Shift】** 複選圖徵。
6. **【測量工具】**：測量工具提供距離與面積測量。
7. **【全部清除】**：將選取的圖徵全部清除。
8. **【圖層套疊】**：開啟圖層套疊功能視窗。
9. **【地圖瀏覽工具】**：開啟或隱藏基本地圖瀏覽工具。

3.13 港埠規劃配置對照圖

【港埠規劃配置對照圖】提供動態同時檢視「港埠設施現況圖」與「未來規劃配置圖」，可同步平移、放大與縮小，功能畫面詳圖 3.13。

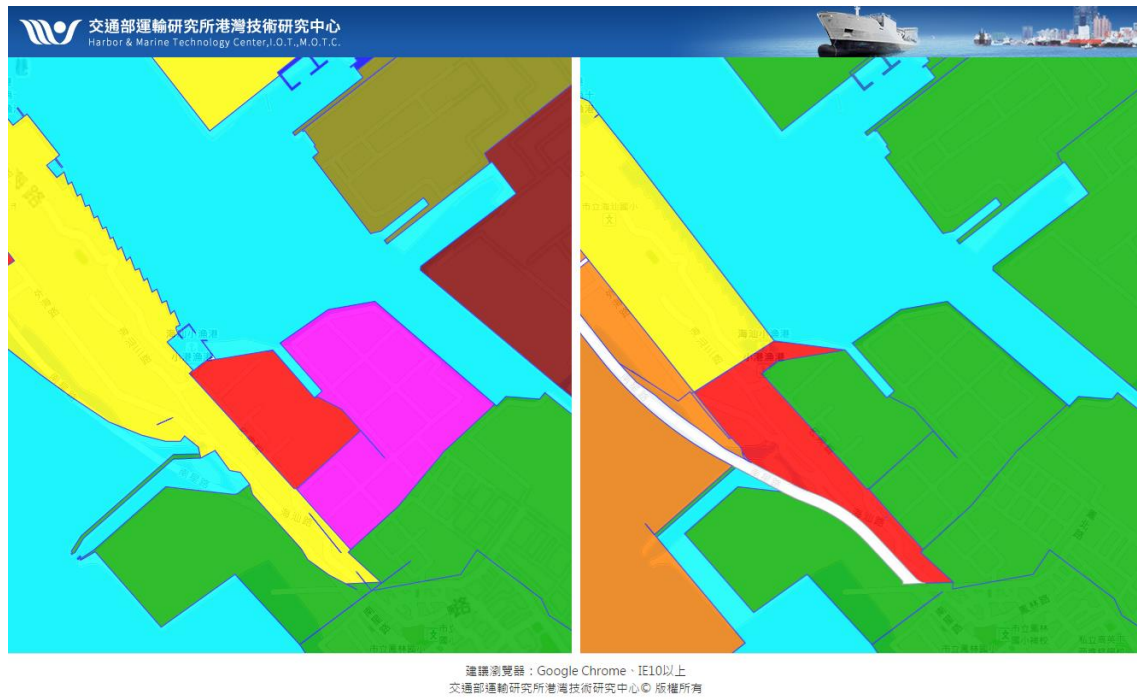


圖 3.13 港埠規劃配置對照圖

3.14 鑽探報表

系統除了提供鑽探位置圖之圖形化檢視外，使用者於圖台選取預檢視之鑽孔，系統將抓取資料庫各項試驗資料產製一般鑽探文字報表，詳圖 3.14。



圖 3.14 鑽探報表

3.15 鑽探柱狀圖

鑽探之各項試驗資料除了以文字報表呈現外，還提供以柱狀圖方式展繪。系統將鑽探深度各土層按類別以不同顏色與圖型樣式展繪，並標示各深度之錘擊強度值（N 值）。系統將提供單孔或多孔鑽探資料檢視，並提供三種不同展繪模式，包括「單孔或多孔排序」、「多孔展示-由西向東排序」與「多孔展示-由北向南排序」，系統畫面詳圖 3.15 至圖 3.18。



建議瀏覽器：Google Chrome、IE10以上
交通部運輸研究所港灣技術研究中心 © 版權所有

圖 3.15 鑽探柱狀圖

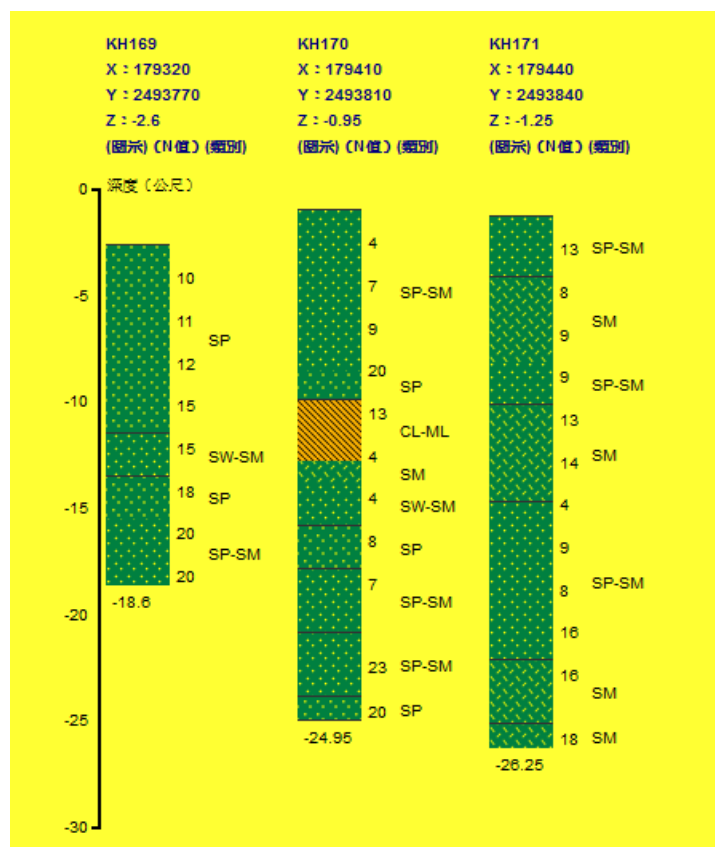


圖 3.16 鑽探柱狀圖(單孔或多孔排序)

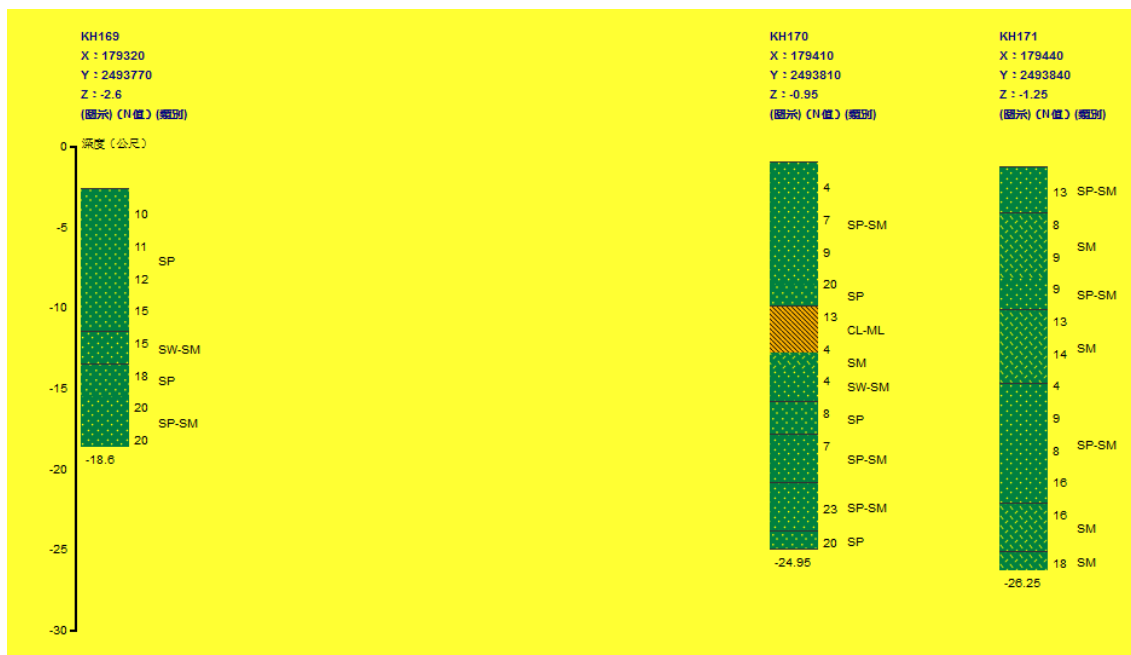


圖 3.17 鑽探柱狀圖（多孔展示-由西向東排序）

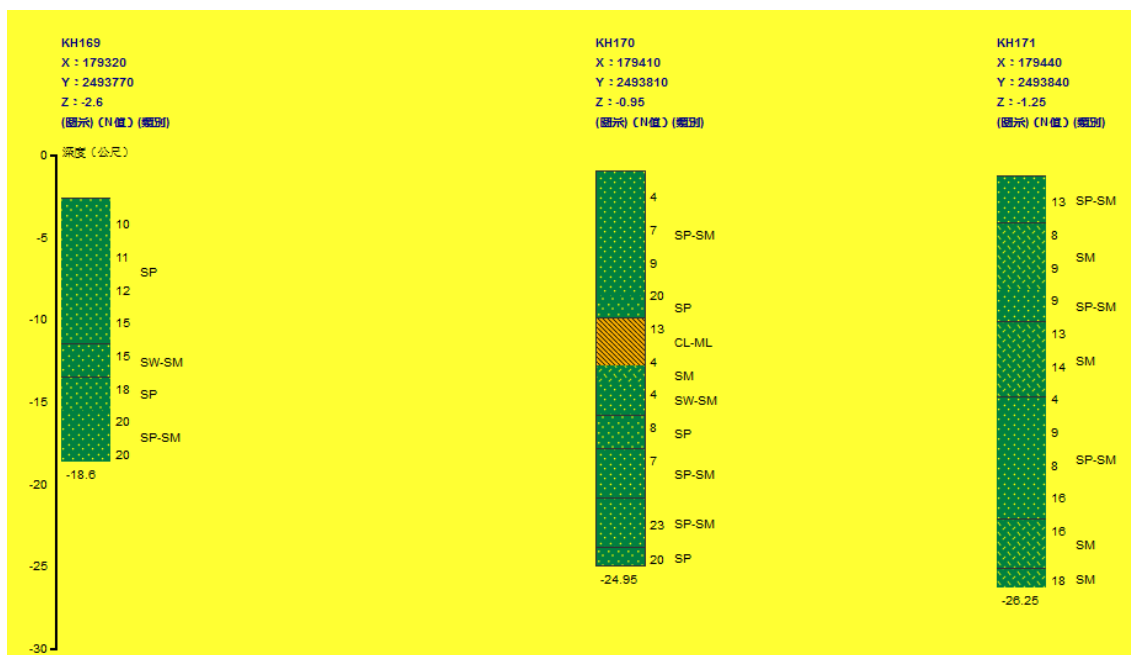


圖 3.18 鑽探柱狀圖（多孔展示-由北向南排序）

3.16 鑽探液化柱狀圖

3.16.1 液化安全係數分析

系統可依使用者選取之鑽孔進一步執行液化安全係數分析，以瞭解在不同地震強度發生時，各土層發生液化的可能。液化安全係數分析提供了「Seed 液化分析」、「TokimatsuYoshimi 液化分析」、「NJRA 日本道路協會液化分析」、「Lai 判別模式液化分析」4 種分析模式，並提供包括「單孔或多孔排序」、「多孔展示-由西向東排序」與「多孔展示-由北向南排序」3 種排序方式。系統採用不同顏色標示來展現不同液化程度的結果，藍色為不會液化土層，紅色為會發生液化之土層（安全係數小於 1），綠色則為不會發生液化之土層（安全係數大於 1），系統畫面詳圖 3.19，成果舉例如圖 3.20。



圖 3.19 鑽探液化柱狀圖（Seed 液化分析）

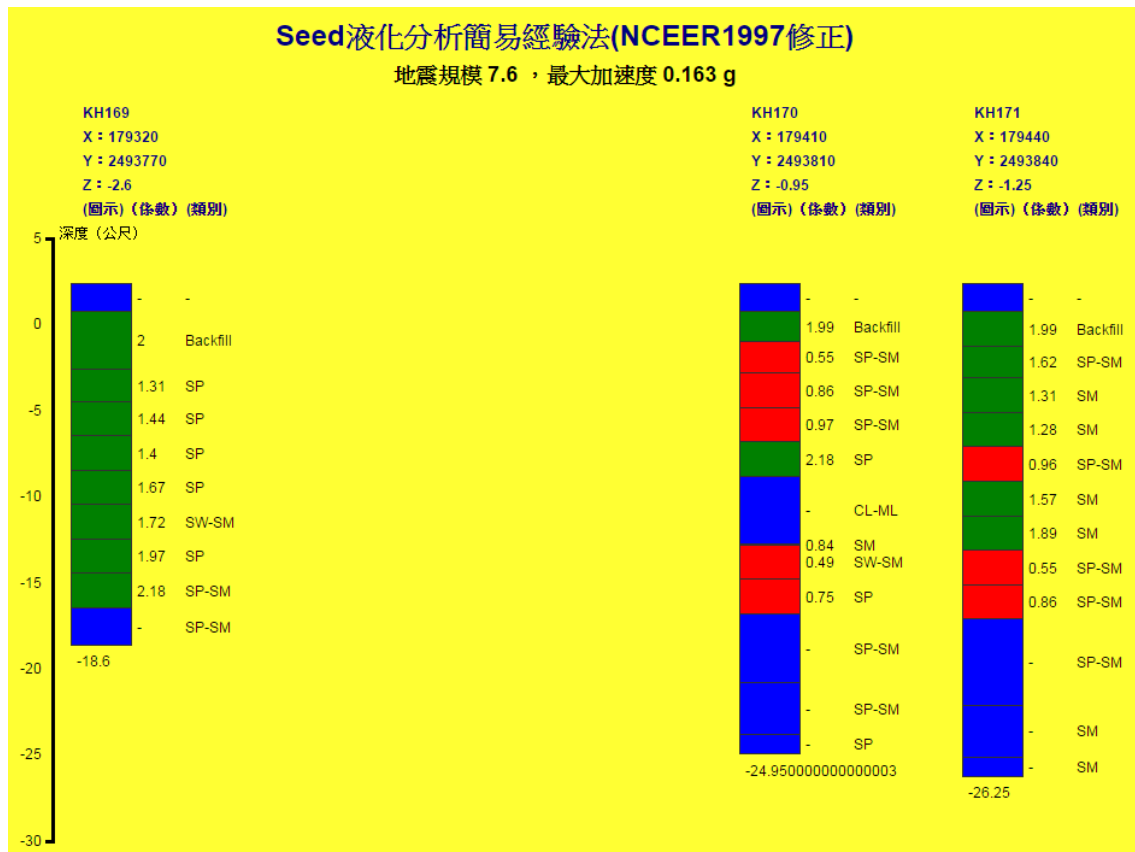


圖 3.20 鑽探液化柱狀圖（Seed-由西向東排序）

3.16.2 液化機率分析

系統也提供了液化機率分析模式，以瞭解各土層在不同地震強度時，發生土壤液化的機率，包括「Liao 液化機率分析」與「Lai 判別模式液化機率分析」，也提供包括「單孔或多孔排序」、「多孔展示-由西向東排序」與「多孔展示-由北向南排序」3 種排序方式。系統採用不同顏色來表示不同機率結果，藍色表示未做液化分析之土層，而白色到紅色之漸層變化代表液化機率由 0 到 1 之分析結果，亦即愈紅之土層代表該土層愈容易發生土壤液化，系統畫面同圖 3.19，僅液化分析模式選擇不同，而成果舉例如圖 3.21。

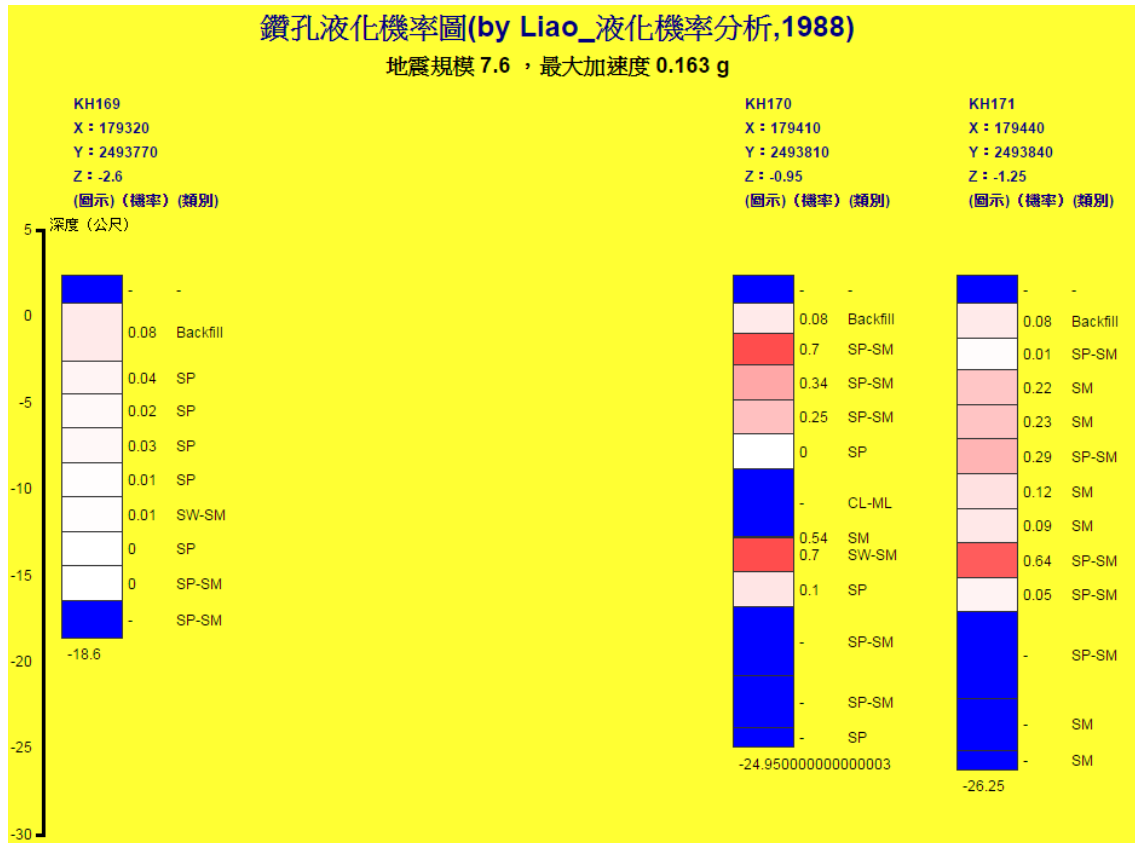


圖 3.21 鑽探液化柱狀圖 (Liao-由西向東排序)

3.17 全區液化危險性分析

3.17.1 液化安全係數分析

系統除了提供單一鑽探液化分析外，也提供假定某一地震強度下全區液化危險性分析推估功能。系統將港區所有鑽探試驗數據透過液化分析模式計算出各鑽孔位置於假定地震強度下的液化安全係數（包括「Seed 液化分析」、「TokimatsuYoshimi 液化分析」、「NJRA 日本道路協會液化分析」、「Lai 判別模式液化分析」），透過 Iwasaki 之深度加權法加以評估各鑽孔的液化潛能指數，經 Surfer 軟體內插演算並依 Iwasaki 的危險性指數分類，將液化潛能指數大於 15 者，以紅色表示；於 5 到 15 者，以黃色表示；小於 5 者，則以綠色表示，進而展繪出港區液化危險性分佈圖，其系統畫面如圖 3.22，成果舉例如圖 3.23。

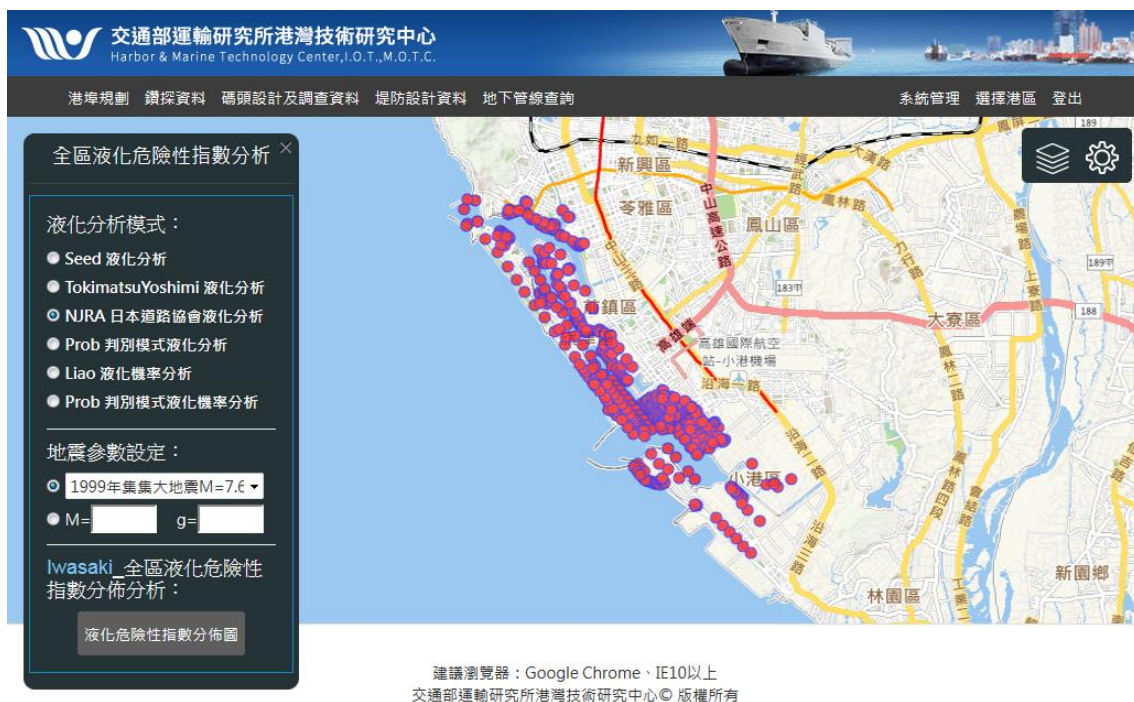


圖 3.22 全區液化危險性分析分佈圖(安全係數)

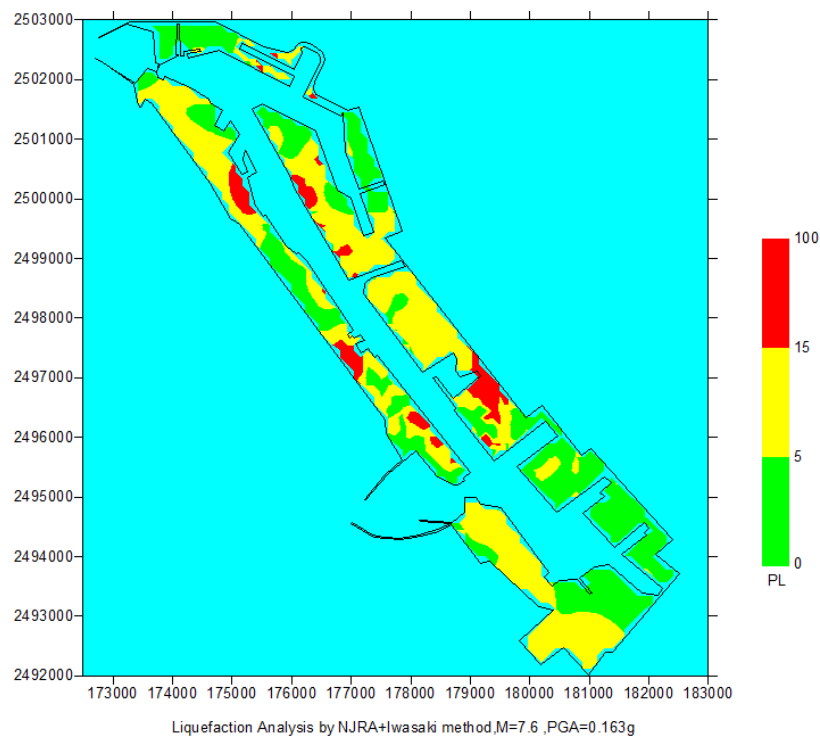


圖 3.23 全區液化危險性分析(NJRA 日本道路協會液化分析)

3.17.2 液化機率分析

全區液化危險性分析也提供了液化機率分析模式，以推估在某一地震強度時港區的危險性潛勢分析。系統將港區所有鑽探試驗數據透過液化分析模式計算出各鑽孔位置於假定地震強度下的液化安全係數（包括「Liao 液化機率分析」與「Lai 判別模式液化機率分析」），再透過 Lai 全區液化危險性指數分佈分析求算各鑽孔位置之液化危險度，經 Surfer 軟體內插演算並依 Lai 的危險性指數等級分類展繪分佈圖，其中危險性指數大於 0.4 者，以紅色表示；於 0.2 到 0.4 者，以黃色表示；而小於 0.2 者，則以綠色表示。其系統畫面如圖 3.24，成果舉例如圖 3.25。

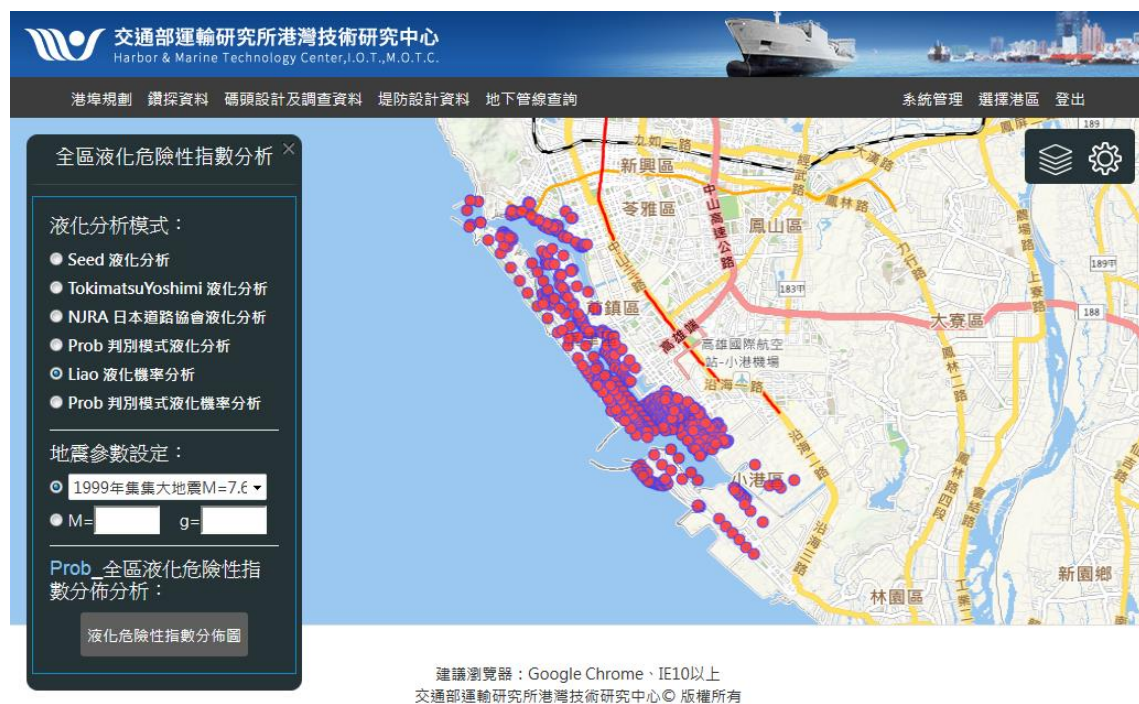


圖 3.24 全區液化危險性分析（液化機率）

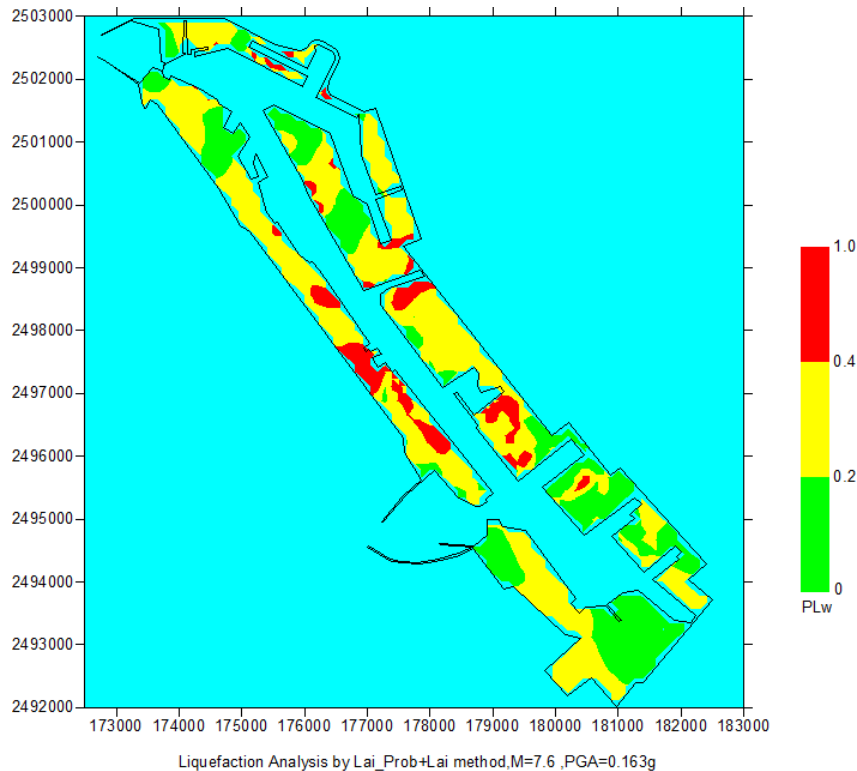


圖 3.25 全區液化危險性分析(Lai 液化機率分析)

3.18 鋼板腐蝕分析

3.18.1 鋼板腐蝕速率/厚度調查成果展繪

系統提供碼頭的鋼板腐蝕速率與厚度調查成果分析，若分析的碼頭鋼板型態為 Z 型鋼板樁，因 Z 型鋼板樁擁有凸側凹三面，則而外提供選擇凸側凹三面分析功能，若為鋼管樁或其它鋼板型態則無提供選擇。該功能採用階段步驟方式設定分析參數，各步驟說明如下：

- 1.Step1：選擇一筆鋼板腐蝕調查碼頭（紅色區塊）。
- 2.Step2：選擇繪製方式。
- 3.Step3：設定分析起迄檢測點與選擇凸側凹面分析（僅 Z 型鋼板樁）。

系統功能畫面詳圖 3.26，當執行分析，系統將抓取鋼板腐蝕資料串接 Surfer 軟體內插展繪，展繪成果如圖 3.27，成果圖上方為三維立

體圖，下方為等值分佈圖。



圖 3.26 鋼板腐蝕速率/厚度調查成果展繪功能

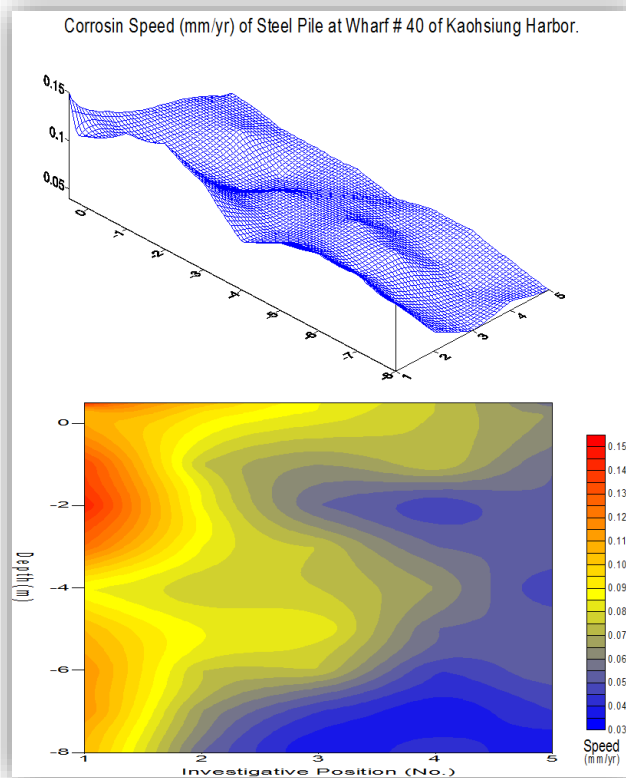


圖 3.27 鋼板腐蝕速率展繪圖

3.18.2 鋼板凸側凹三面腐蝕速度/檢測厚度比較

系統提供碼頭的鋼板凸側凹三面腐蝕速度與檢測厚度比較分析，因僅 Z 型鋼板樁擁有凸側凹三面，因此，其它型態的鋼板樁將不提供。該功能也採用階段步驟方式設定分析參數，各步驟說明如下：

- 1.Step1：選擇一筆鋼板腐蝕調查碼頭（紅色區塊）。
- 2.Step2：選擇繪製方式。
- 3.Step3：設定展繪檢測位置。

系統功能畫面詳圖 3.28，當執行分析時，系統將展繪折線圖，其成果如圖 3.29。



圖 3.28 鋼板凸側凹三面腐蝕速度/檢測厚度比較功能

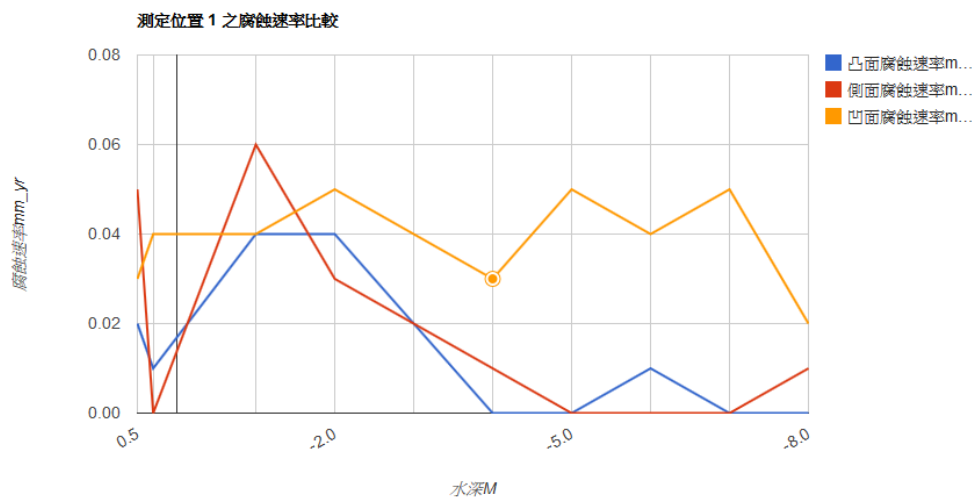


圖 3.29 鋼板凸側凹三面腐蝕速度比較圖

3.19 港區工程圖資檢視

系統提供各式港區基本工程圖資檢視功能，包括「碼頭斷面設計圖」、「碼頭竣工圖」、「堤防斷面設計圖」、「堤防竣工圖」、「人孔展開圖」與「地下管線竣工圖」，其中「碼頭竣工圖」、「堤防竣工圖」與「地下管線竣工圖」因圖檔較大，將提供 Zip 壓縮檔下載檢視，其它工程圖則以瀏覽器方式檢視，其系統功能畫面與工程圖資成果如圖 3.30~圖 3.32。

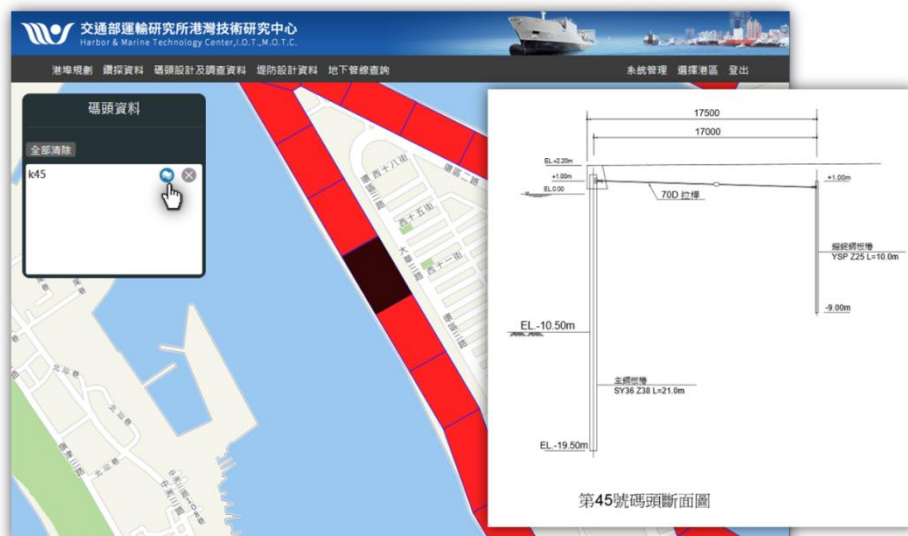


圖 3.30 碼頭斷面設計圖

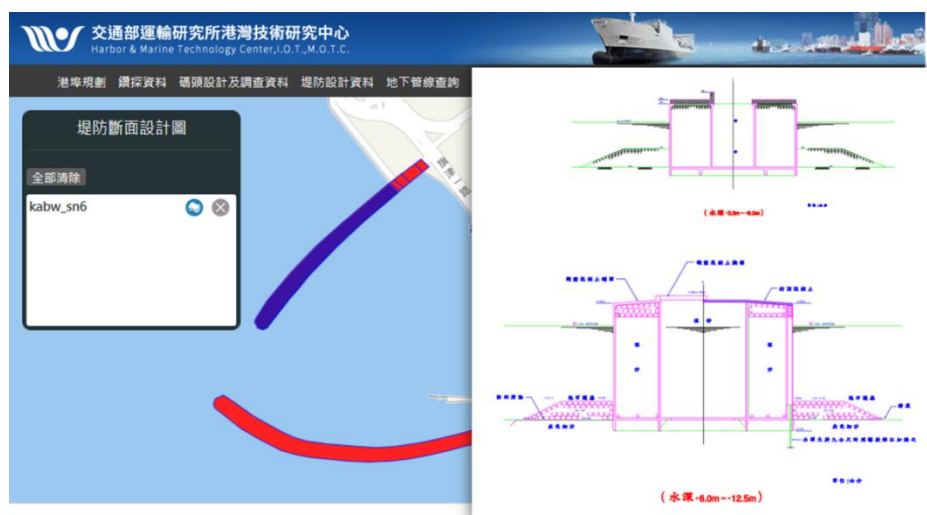


圖 3.31 堤防斷面設計圖

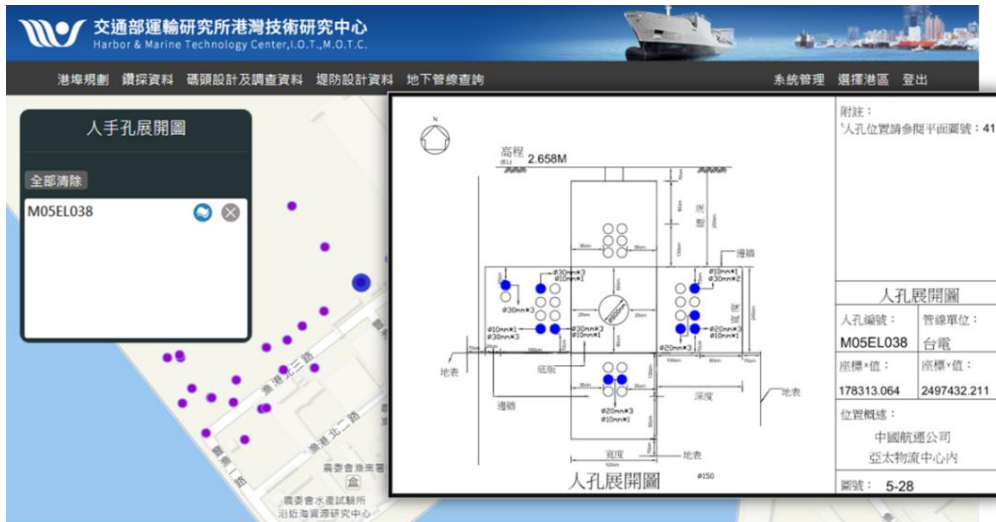


圖 3.32 人孔展開圖

3.20 港區主題圖檢視

系統提供各式港區主題圖資檢視功能，將主題圖整合至圖層套疊功能內，包括「碼頭使用功能主題圖」、「堤防結構型式主題圖」與「地下管線類型主題圖」，其主題圖資成果如圖 3.33 至圖 3.35。



圖 3.33 碼頭使用功能主題圖



圖 3.34 堤防結構型式主題圖



圖 3.35 地下管線類型主題圖

3.21 圖層套疊分析

系統將各類圖資彙整在圖層套疊功能，使用者透過圖層勾選的方式，將兩張或兩張以上的圖資堆疊一起，可提供直覺式的空間分析，系統提供的圖資類型彙整詳表 3-4。其中有 3 項圖資為介接其它單位圖資，包括 TGOS 電子地圖、通用版電子地圖與通用版航空影像，其圖資畫面詳圖 3.36 至圖 3.38。

表 3-4 系統提供圖資彙整表

項次	圖資名稱	來源
1	TGOS 電子地圖	服務介接
2	通用版電子地圖	服務介接
3	通用版航空影像	服務介接
4	高雄港區底圖_地形圖	港研自有
5	高雄港區底圖_港區圖	港研自有
6	港區遙測影像	港研自有
7	未來規劃配置圖	港研自有
8	港埠設施現況圖	港研自有
9	鑽探位置圖	港研自有
10	碼頭位置圖	港研自有
11	碼頭使用功能主題圖	港研自有
12	腐蝕調查碼頭	港研自有
13	堤防位置圖	港研自有
14	堤防結構型式主題圖	港研自有
15	地下管線分佈圖	港研自有
16	地下管線類型主題圖	港研自有
17	人孔位置分佈圖	港研自有



圖 3.36 TGOS 電子地圖



圖 3.37 通用版電子地圖



圖 3.38 通用版航空影像

3.22 系統資料建置標準

系統為了整合多港區、多格式與不同坐標系統之港區工程基本資料，需訂定資料建置統一標準，詳表 3-5，該標準是以高雄港區資料為基本訂定。於 GIS 圖資方面，原系統採用的格式多為 MapInfo TAB 檔，系統將採用 OGC 標準且較為主流之 ShapeFile(SHP)檔。而在工程圖資方面，原系統多採用 DXF/DWG 檔，因 DXF/DWG 檔在一般瀏覽器檢視時需安裝相對應的外掛軟體，對於電腦不熟悉之使用者將會有較多不便。因此，本系統將採用 PDF 檔，PDF 檔除了無需安裝額外軟體即能在一般瀏覽器檢視外，還能保留 DXF/DWG 在放大檢視時不失真之向量圖檔的特性。另外，在資料建置方式將分為「實體圖資」與「匯入資料庫」兩種方式，以下分別敘述：

- 1.實體圖資：將以 ShapeFile 檔案格式方式置於 AP 伺服器之路徑中
(C:\ms4w\MapFiles\harbor\data\Kaohsiung\檔案命名規則)。
- 2.匯入資料庫：將透過 QGIS 軟體將資料匯入 Postgre SQL 中。

表 3-5 系統資料建置標準

項次	資料名稱	原檔案名稱	原格式 (型態)	檔案命名 規則	建議 格式 (型態)	建置 方式	備註
1	底圖(地形圖)	backg	TAB Polyline	BackG	SHP Polyline	實體 圖資	
2	底圖(港區圖)	BACKG_B	TAB Polygon	BackGB	SHP Polygon	實體 圖資	
3	港埠設施現況圖	plan\prsntmap	TAB	PrsntMap	SHP	實體 圖資	以此檔為主,將文字標註檔與港埠類別以屬性帶入
		plan\prsnttxt	TAB				文字標註檔
		plan\Prsntmap_950428	TAB				擁有港埠類別屬性
4	港埠設施未來規劃配置圖	plan\Futr_map	TAB	FutrMap	SHP	實體 圖資	以此檔為主,將文字標註檔以屬性帶入
		plan\Futr_txt	TAB				文字標註檔
5	港區遙測影像圖	RS\Kaohsiung_2007	TIFF	RS	TIFF	實體 圖資	需擁有定位檔(.tfw)
6	鑽孔位置圖	welldata	TAB	WellData	SHP	匯入 資料庫	
7	鑽孔資料檔	SPT[鑽孔編號]	DBF	SPT[鑽孔編號]	DBF	實體 圖資	
8	碼頭位置圖	whrfdata	TAB	WhrfData	SHP	匯入 資料庫	
9	碼頭斷面設計圖	WHARF[碼頭編號]	DXF	WHARF[碼頭編號]	PDF	實體 圖資	
10	碼頭竣工圖	-	PDF CAD	WharfBUILTS\ [碼頭名]	ZIP	實體 圖資	
11	鋼板腐蝕資料	material[碼頭編號]	TAB	Material	CSV	匯入 資料庫	將各個鋼板腐蝕資料整合為單一檔案
12	堤防位置圖	bw\Bw_data	TAB	BwData	SHP	匯入 資料庫	
13	堤防斷面設計圖	Bw[堤防編號]	TAB	Bw[堤防編號]	PDF	實體 圖資	
14	堤防竣工圖	-	PDF CAD	BwBUILTS[堤防竣工圖]	ZIP	實體 圖資	
15	港區管線平面圖	pipes\maps\高港_總管線_平面圖	TAB	PipesMap	SHP	匯入 資料庫	
16	地下管線竣工圖	-	PDF CAD	PipesBUILTS[地下管線編號]	ZIP	實體 圖資	
17	人孔位置分佈圖	pipes\ManHole\人手孔分佈圖	TAB	ManHole	SHP	匯入 資料庫	
18	人手孔展開圖	pipes\ManHole	TAB	ManHole/[人手孔名]	PDF	實體 圖資	

3.23 資料欄位建置標準

系統各式資料除了依照表 3-5 的規定建置外，資料欄位也需依統一標準建置，以便於整點各港區資料。各資料欄位標準詳下所敘述。

1.底圖_地形圖(BackG.SHP)，詳表 3-6

表 3-6 底圖_地形圖(BackG.SHP)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	ID	

2.底圖_港區圖(BackGB.SHP)，詳表 3-7

表 3-7 底圖_港區圖(BackGB.SHP)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	ID	

3.港埠設施現況圖(PrsntMap.SHP)，詳表 3-8

表 3-8 港埠設施現況圖(PrsntMap.SHP)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	ID	
2	Name	
3	Type	

4.港埠設施未來規劃配置圖(FutrMap.SHP)，詳表 3-9

表 3-9 港埠設施未來規劃配置圖(FutrMap.SHP)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	ID	
2	Name	
3	Type	

5.鑽孔位置圖(WellData.SHP)，詳表 3-10

表 3-10 鑽孔位置圖(WellData.SHP)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	Tag_key	
2	Project	
3	Hole_no	
4	Offer_comp	
5	Borin_comp	
6	Test_comp	
7	Borin_date	
8	Locat_desc	
9	Pos_x	
10	Pos_y	
11	Pos_z	
12	Pizometer	
13	Pizo_depth	
14	H_angle	
15	H_diameter	
16	H_depth	
17	Gw_level1	
18	Gw_date1	
19	Gw_level2	
20	Gw_date2	
21	Gw_level3	
22	Gw_date3	
23	Gw_level4	
24	Gw_date4	
25	Gw_level5	
26	Gw_date5	
27	Gw_level6	
28	Gw_date6	

6.鑽孔資料檔(SPT\[鑽孔編號].DBF) ，詳表 3-11

表 3-11 鑽孔資料檔(SPT\[鑽孔編號].DBF)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	DEPTH	
2	DESC	
3	CLASS	
4	SMPL_RATE	
5	RQD	
6	N_VALUE	
7	SMPL_NO	
8	GRAVEL__	
9	SAND__	
10	SILT__	
11	CLAY__	
12	WATER_CONT	
13	LL	
14	PL	
15	UNT_WEIGHT	
16	S_GRAVITY	
17	VOID_RATIO	
18	OTHER_TEST	

7.碼頭位置圖(WhrfData.SHP) ，詳表 3-12

表 3-12 碼頭位置圖(WhrfData.SHP)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	NAME	
2	NO	
3	LEVEL	
4	GAUGE	
5	LENGTH	
6	DEPTH	
7	USEDA	

項次	欄位名稱	備註
8	FEE	
9	BERTH	
10	FUNCTIONS	
11	TYPE	
12	LEASE	
13	REHAB_DATE	
14	CORROSION	
15	MATERIAL	
16	Inv_Date	
17	pro_mid	
18	pro_sid	
19	pro_name	
20	pro_alias	
21	City	
22	Area	
23	setment_id	
24	land_id	
25	authority	
26	ORIG_FID	

8.鋼板腐蝕資料(Material.CSV)

原系統之鋼板腐蝕資料是依不同鋼板分別存放在不同檔案。因考量到各港區之鋼板腐蝕資料欄位建置格式不盡相同，為了後續各港區陸續匯入系統的便利性，以及合乎系統邏輯，本系統則需將不同檔案之鋼板腐蝕資料整併為單一 CSV 檔，建置標準如表 3-13。

表 3-13 鋼板腐蝕資料(Material.CSV)欄位建置標準

項次	欄位名稱	欄位說明	備註
1	harbor_no	碼頭號	
2	harbor_zon	分區	
3	plate_type	類型	如：Z 型鋼板凸面、Z 型鋼板側

項次	欄位名稱	欄位說明	備註
			面、Z 型鋼板凹面、鋼管樁、U 型鋼板樁、箱型鋼板樁
4	seat	位置米數	測定起始位置+測定位置
5	msu_seat	測定位置	
6	dep_water	水深	
7	thk_msu	量測厚度	
8	thk_reduce	減少厚度	
9	etch_rate	腐蝕速率	

9.堤防位置圖(BwData.SHP) ，詳表 3-14

表 3-14 堤防位置圖(BwData.SHP)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	檔名	
2	位置描述	
3	起訖里數	
4	類別	
5	TYPE	
6	底部高程_m	
7	頂部高程_m	

10.港區管線平面圖(PipesMap.SHP) ，詳表 3-15

表 3-15 港區管線平面圖(PipesMap.SHP)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	ID	
2	管種	

11.人孔位置分佈圖(ManHole.SHP) ，詳表 3-16

表 3-16 人孔位置分佈圖(ManHole.SHP)欄位建置標準

項次	欄位名稱	備註
1	人孔編號	
2	設施碼	
3	設施名稱	
4	區域碼	
5	區域名稱	
6	管種碼	
7	管種名稱	
8	流水號	
9	X 座標	
10	Y 座標	
11	高程	
12	展開圖資	
13	備註	

3.24 雲端伺服器說明

採用中華電信 Hicloud 雲端服務，分別租用兩台雲端伺服器設置應用程式伺服器（AP Server）與資料庫伺服器（DB Server），其規格說明詳圖 3.39 與圖 3.40。

hicloud » hicloud CaaS雲運算

▼ + 申租 開機 開機 重開機 退租 複製 升級 修改名稱 範本 快照

雲伺服器 (列表管理模式) Harbor_GIS_AP ▼

雲伺服器

儲存 網路 子網段 範本 快照 排程

雲伺服器資訊 網路卡資訊 NEW 雲伺服器監控 開關機使用狀態圖

Harbor_GIS_AP

ID: BV550153410001

規格

產品名稱	Windows標準型M
作業系統	Windows 2012 R2 Standard cht, 64bit
規格	2 virtual core [等同於2GHz運算能力] ,4 GB 記憶體 ,100 GB 硬碟
區域	第一區域
Zone	CaaS第一區

圖 3.39 AP 伺服器規格說明

hicloud » hicloud CaaS雲運算

▼ + 申租 開機 開機 重開機 退租 複製 升級 修改名稱 範本 快照

雲伺服器 (列表管理模式) Harbor_GIS_DB ▼

雲伺服器

儲存 網路 子網段 範本 快照 排程

雲伺服器資訊 網路卡資訊 NEW 雲伺服器監控 開關機使用狀態圖

Harbor_GIS_DB

ID: BV550153410002

規格

產品名稱	Windows標準型M
作業系統	Windows 2012 R2 Standard cht, 64bit
規格	2 virtual core [等同於2GHz運算能力] ,4 GB 記憶體 ,100 GB 硬碟
區域	第一區域
Zone	CaaS第一區

圖 3.40 DB 伺服器規格說明

第四章 碼頭與堤防模組與資料更新

本所在各港區碼頭堤防等重要結構物的資料庫建置上，經收集彙整後將可用資料數化建檔，並利用地理資訊系統工具開發查詢展示功能。目前已建置完九大港基本資料庫後，接續作業當就老舊資料進行檢核及更新，以使資料庫更臻完備。

在碼頭與防坡堤設計資料建檔查詢方面，因為碼頭與防坡堤之原始設計AutoCAD檔取得不易，顧本研究收集各港區的碼頭平面、立面即細部設計等掃描檔案，轉製成pdf格式，並且修正查詢模組，再存入本系統資料庫中，提供需參閱細部設計者查詢取用。

4.1 碼頭與堤防模組與資料更新

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。因此為增加碼頭與堤防的斷面設計pdf檔，則需修改程式碼與查詢模組。

程式碼之更新包含 HARBOR.MB、WHRF_SEC.MB、bw_sec.mb 與 EVENT.MB之原始程式碼。在HARBOR.MB程式碼的部分，堤防設計資料查詢選單下增加堤防斷面設計圖_pdf檔之選單，同時於各港增加bw_pdf的資料夾。而在WHRF_SEC.MB與bw_sec.mb程式碼，程式設計是以Adobe reader 讀取pdf檔，而該軟體也常更新版本，所以必須增加最新的路徑，本研究所使用是最新版本Adobe Acrobat reader DC，其增加的路徑如圖4.1與圖4.2所示。

```

MapBasic - [WHRF_SEC.MB]
File Edit Search Project Window Help

whrf_id = whrfdata.col1
Filename=whrf_id+".pdf"
IF Not FileExists(WorkDir+"\wharf_pdf\"+Filename) Then
    Note "本碼頭設計圖掃描檔尚未鍵入資料庫 ,無法展示!"
    Exit Sub
End IF

IF FileExists("C:\Program Files\Adobe\Reader 11.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
    Run Program "C:\Program Files\Adobe\Reader 11.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\bw_pdf\"+Filename

    ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 7.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 7.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\wharf_pdf\"+Filename
    ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 7.0\Acrobat\Acrobat.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 7.0\Acrobat\Acrobat.exe "+WorkDir+"\wharf_pdf\"+Filename

    ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 6.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 6.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\wharf_pdf\"+Filename
    ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\wharf_pdf\"+Filename

        ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 6.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
            Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 6.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\wharf_pdf\"+Filename
        ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
            Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\wharf_pdf\"+Filename

            ElseIf FileExists("C:\Program Files (x86)\Adobe\Acrobat Reader DC\Reader\AcroRd32.exe") Then
                Run Program "C:\Program Files (x86)\Adobe\Acrobat Reader DC\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\wharf_pdf\"+Filename

            Else
                Note "Acrobat 版本有誤 ,無法展示!" + Chr$(10) + "請檢查程式 wharf_sec.mb 第73-83行."
            End IF
End IF

```

圖 4.1 WHRF_SEC.MB 增加讀取 pdf 路徑

```

MapBasic - [bw_sec.mb]
File Edit Search Project Window Help

IF Not FileExists(WorkDir+"\bw_pdf\"+Filename) Then
    Note "本堤防設計圖pdf檔尚未鍵入資料庫 ,無法展示!"
    Exit Sub
End IF

IF FileExists("C:\Program Files\Adobe\Reader 11.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
    Run Program "C:\Program Files\Adobe\Reader 11.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\bw_pdf\"+Filename

    ElseIf FileExists("C:\Program Files (x86)\Adobe\Acrobat Reader DC\Reader\AcroRd32.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files (x86)\Adobe\Acrobat Reader DC\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\bw_pdf\"+Filename

    ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Reader 8.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files\Adobe\Reader 8.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\bw_pdf\"+Filename

    ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 7.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 7.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\bw_pdf\"+Filename
    ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 7.0\Acrobat\Acrobat.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 7.0\Acrobat\Acrobat.exe "+WorkDir+"\bw_pdf\"+Filename

    ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 6.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 6.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\bw_pdf\"+Filename

    ElseIf FileExists("C:\Program Files\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe") Then
        Run Program "C:\Program Files\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe "+WorkDir+"\bw_pdf\"+Filename

    Else
        Note "Acrobat 版本有誤 ,無法展示!" + Chr$(10) + "請檢查程式 bw_sec.mb 第46-61行."
    End IF

End Sub
*****

```

圖 4.2 bw_sec.mb 增加讀取 pdf 路徑

4.2 碼頭資料更新建置及查詢展示

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。主選單共有七大項，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(7)地下管線查詢等。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：

4.2.1 碼頭查詢系統操作程序

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、蘇澳與金門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_2015_BK.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、蘇澳與金門等港區的分佈位置。
4. 利用滑鼠，點選其中任一港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第一選項「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖。

5. 利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標碼頭位置及鄰近地形。
6. 此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第三選項「展示碼頭使用功能」，系統則依各類碼頭之使用功能在碼頭位置圖上標繪不同顏色，此即碼頭功能主題圖。再點選第五選項「顯示圖例視窗」，系統則開啟該主題圖之圖例視窗。圖例視窗可以滑鼠拉大或平移至適當位置。
7. 圖例視窗顯示後，第五選項會更換文字內容為「隱藏圖例視窗」，點選該選項，系統則關閉該圖例視窗。
8. 此時可點選第四選項「關閉碼頭使用功能」，系統會出現詢問對話框，詢問是否儲存此主題圖，若不儲存可點選 Discard 鈕，系統隨即關閉此碼頭功能主題圖。
9. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之物件。若所點選的物件為碼頭分佈位置圖之任一碼頭時，主功能表的第三選單(即「碼頭設計及調查資料」選單)底下所附屬的幾個次選項(如「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「碼頭安全檢測影像資料」、「碼頭安全檢測調查記錄」等選項等)，會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
10. 當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被紅色斜紋所遮罩，此時可點選第六選項「碼頭設計斷面圖」，系統會自動開啟一新的視窗，展繪出該碼頭之斷面圖。又可點選第八選項「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. 若需參閱碼頭平面、立面或細部設計資料，可點選第七選項「碼頭斷面設計圖_pdf 檔」，系統會呼叫 Adobe Reader，開啟點選碼頭的相關圖檔，提供使用者參閱。

- 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。

4.2.2 金門九宮港碼頭設計及調查資料查詢說明

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。
2. 將滑鼠遊標移至金門三港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫九宮港區基本地圖圖層，如圖 4.3 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 4.4 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。
3. 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。九宮港的碼頭位置分佈如圖 4.5 所示。
4. 若需參閱碼頭平面、立面或細部設計資料，可點選第七選項「碼頭斷面設計圖_pdf 檔」，系統會呼叫 Acrobat Reader，開啟點選碼頭的相關圖檔，展繪出該碼頭之平、斷、立面或細部設計等圖資，如圖 4.6 至圖 4.7 所示，提供使用者參閱。
- 5 其它碼頭之設計斷面圖或文字描述等相關資料，也可依照上述方法查詢而得。

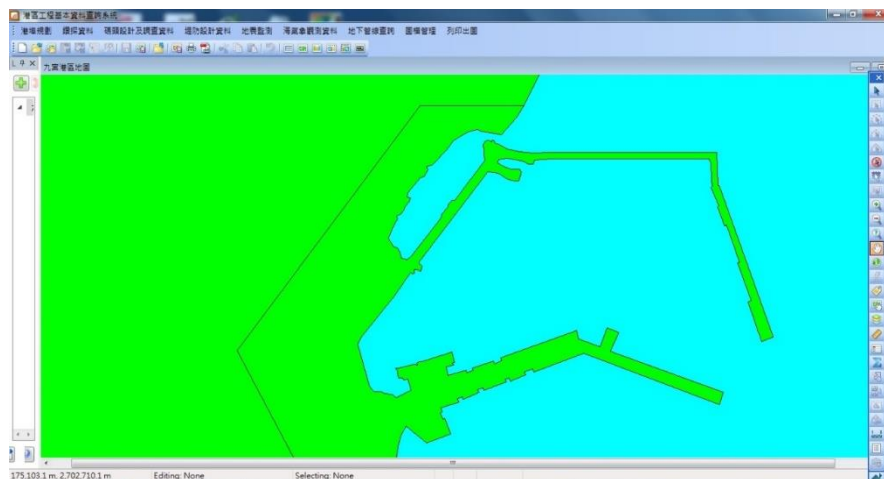


圖 4.3 金門九宮港區地圖圖層及所開發之選單列

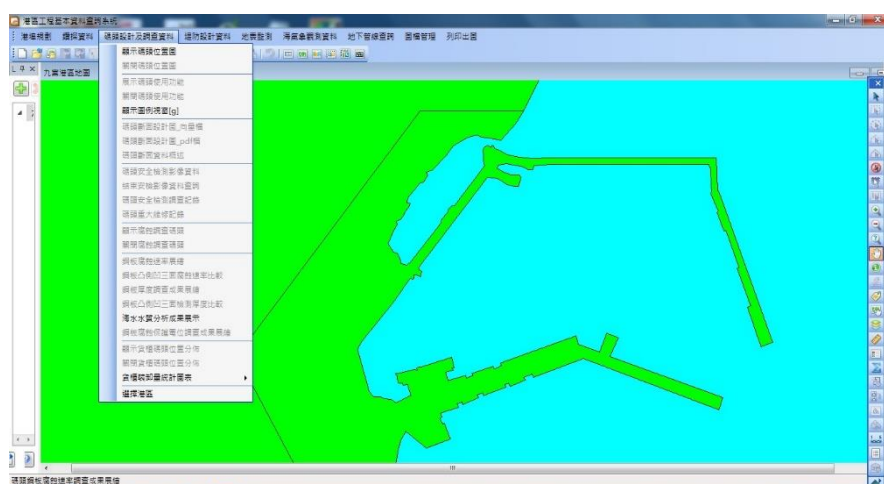


圖 4.4 金門九宮港「碼頭設計及調查資料」選單下拉模式

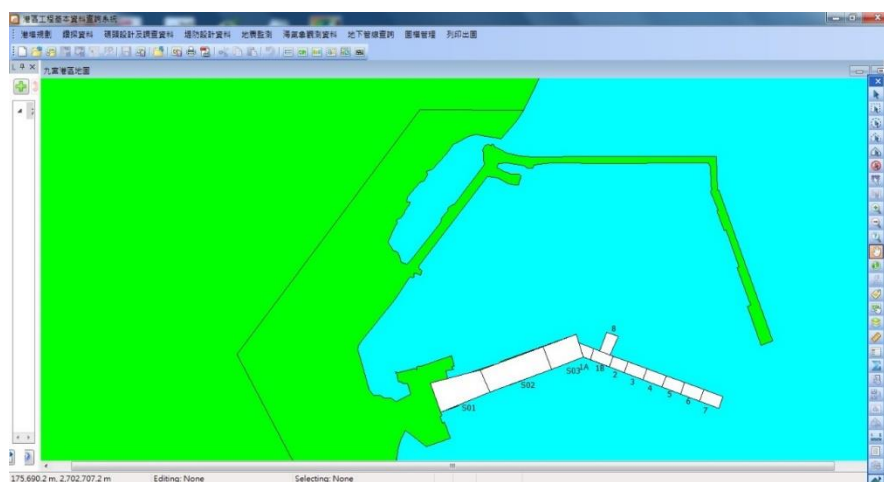


圖 4.5 金門九宮港區碼頭位置分佈圖

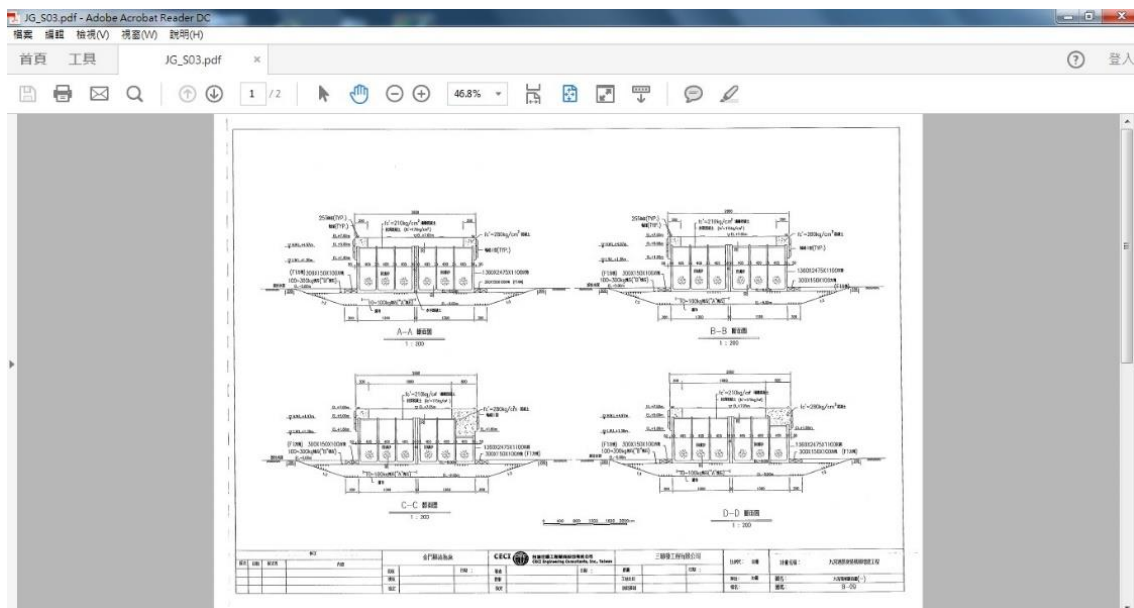


圖 4.6 金門九宮港碼頭斷面設計資料_pdf 檔之一

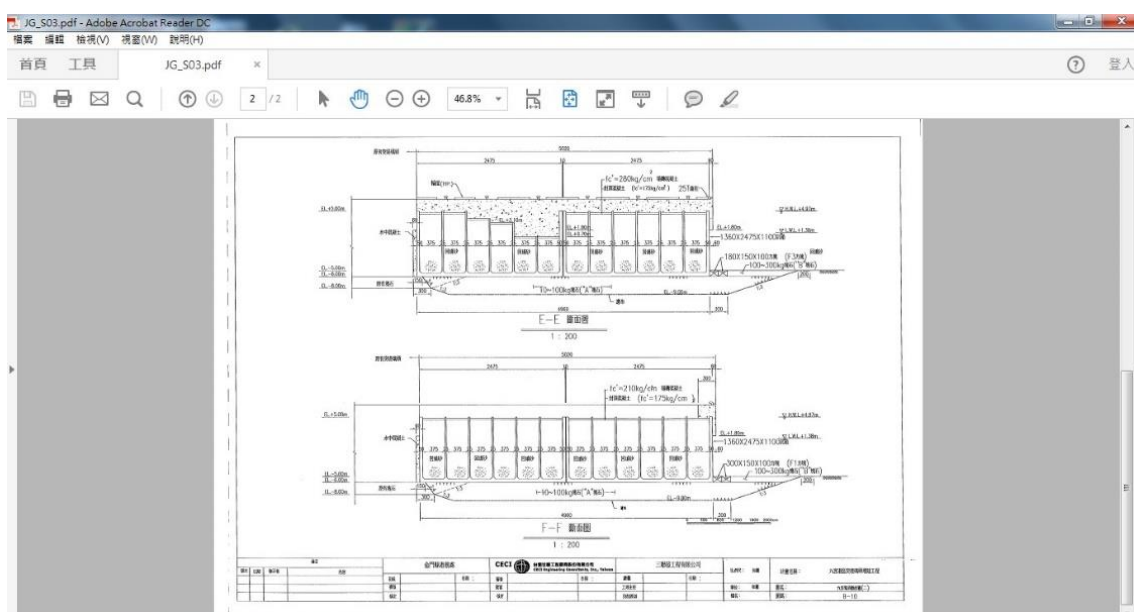


圖 4.7 金門九宮港碼頭斷面設計資料_pdf 檔之二

4.2.3 臺北港碼頭設計及調查資料查詢說明

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。
2. 將滑鼠遊標移至臺北港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫臺北港區基本

地圖圖層，如圖 4.8 所示。而原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單。而圖 4.9 也展示所設計的主選單「碼頭設計及調查資料」功能表單下拉模式。

3. 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 4.10 所示。
4. 若需參閱碼頭平面、立面或細部設計資料，可點選第七選項「碼頭斷面設計圖_pdf 檔」，系統會呼叫 Acrobat Reader，開啟點選碼頭的相關圖檔，展繪出該碼頭之平、斷、立面或細部設計等圖資，如圖 4.11 至圖 4.12 所示，提供使用者參閱。
5. 其它碼頭之設計斷面圖或文字描述等相關資料，也可依照上述方法查詢而得。

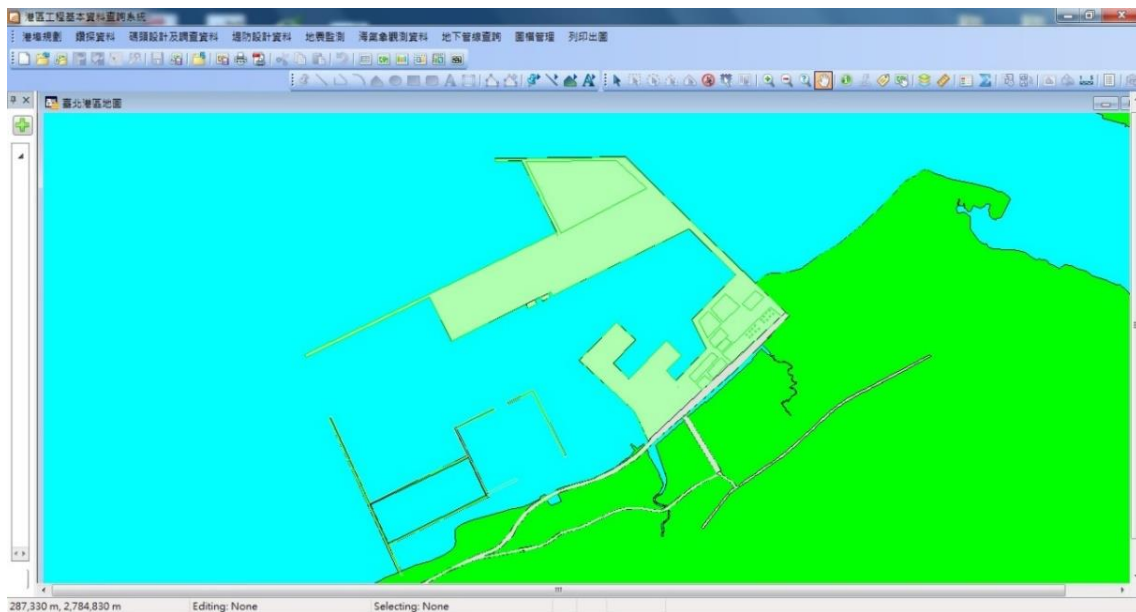


圖 4.8 臺北港區地圖圖層及所開發之選單列

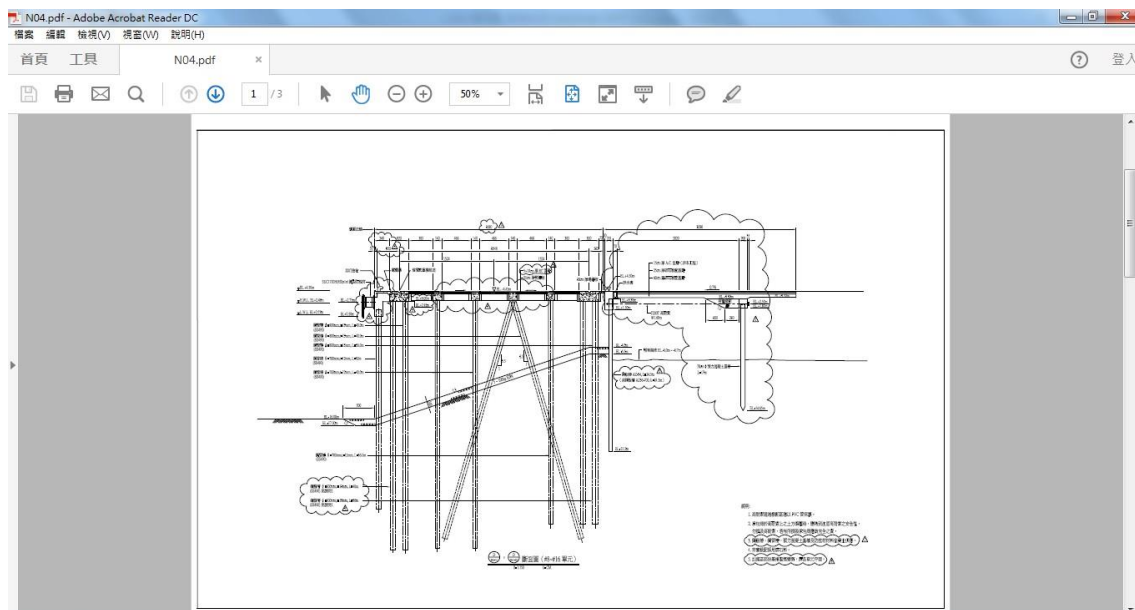


圖 4.11 臺北港碼頭斷面設計資料_pdf 檔之一

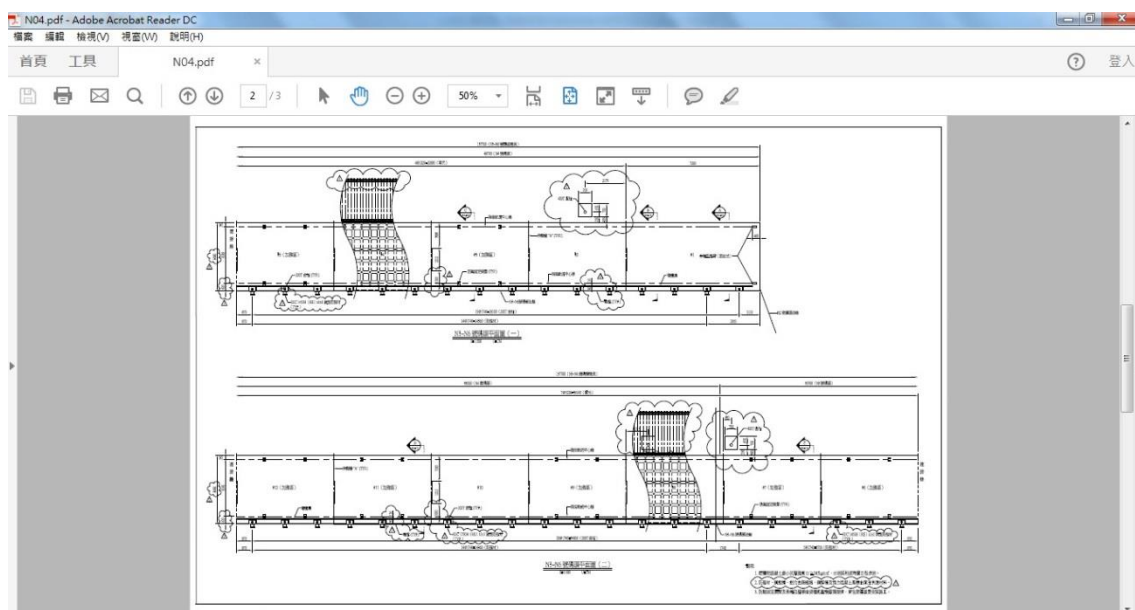


圖 4.12 臺北港碼頭斷面設計資料_pdf 檔之二

4.3 堤防資料更新建置及查詢展示

4.3.1 堤防查詢系統操作程序

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、蘇澳與金門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、蘇澳與金門等港區的分佈位置。
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_向量圖」，系統會自動開啟一新的視窗，展繪出該堤防之斷面圖。
11. 若需參閱碼頭平面、立面或細部設計資料，可點選第七選項「堤防斷面設計圖_pdf 檔」，系統會呼叫 Adobe Reader，開啟點選碼頭的相關圖檔，提供使用者參閱。
12. 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 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。

4.3.2 金門九宮港堤防設計及調查資料查詢說明

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。
2. 將滑鼠遊標移至金門九宮港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出九宮港區基本地圖圖層，如圖 4.3 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 4.13 也展示所設計的主選單「堤防設計資料」功能表單下拉模式。
3. 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 4.14 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。

6. 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。
7. 若需參閱碼頭平面、立面或細部設計資料，可點選第七選項「堤防斷面設計圖_pdf 檔」，系統會呼叫 Acrobat Reader，開啟點選碼頭的相關圖檔，展繪出該碼頭之平、斷、立面或細部設計等圖資，如圖 4.15 至圖 4.16 所示，提供使用者參閱。
8. 其它堤防之設計斷面圖資料，也可依照上述方法查詢而得。

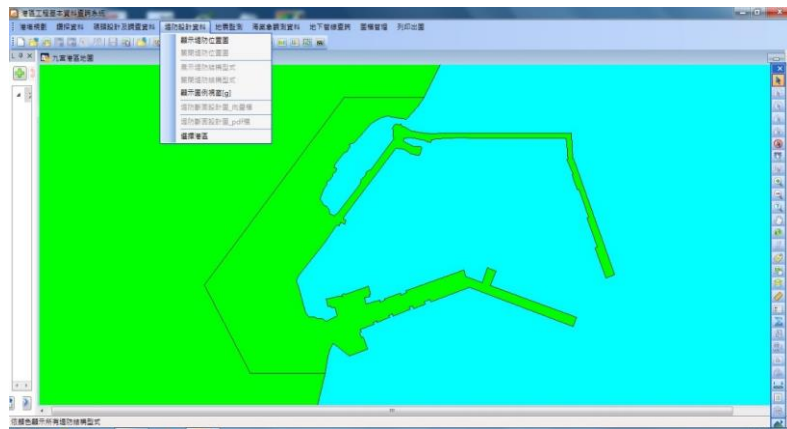


圖 4.13 九宮港區「堤防設計資料」選單下拉模式



圖 4.14 九宮港區堤防位置分佈圖

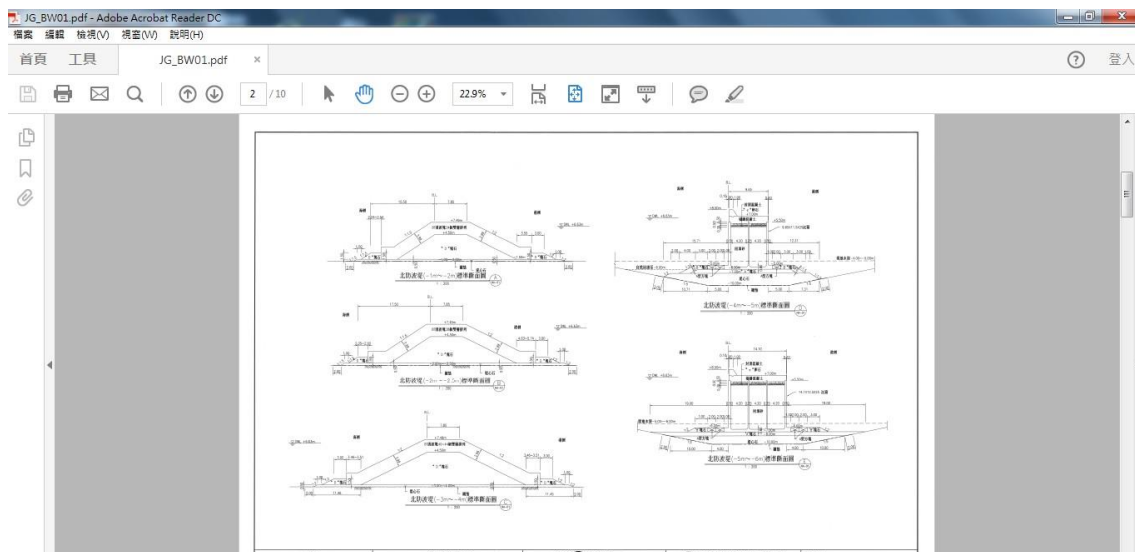


圖 4.15 九宮港堤防斷面設計資料_pdf 檔之一

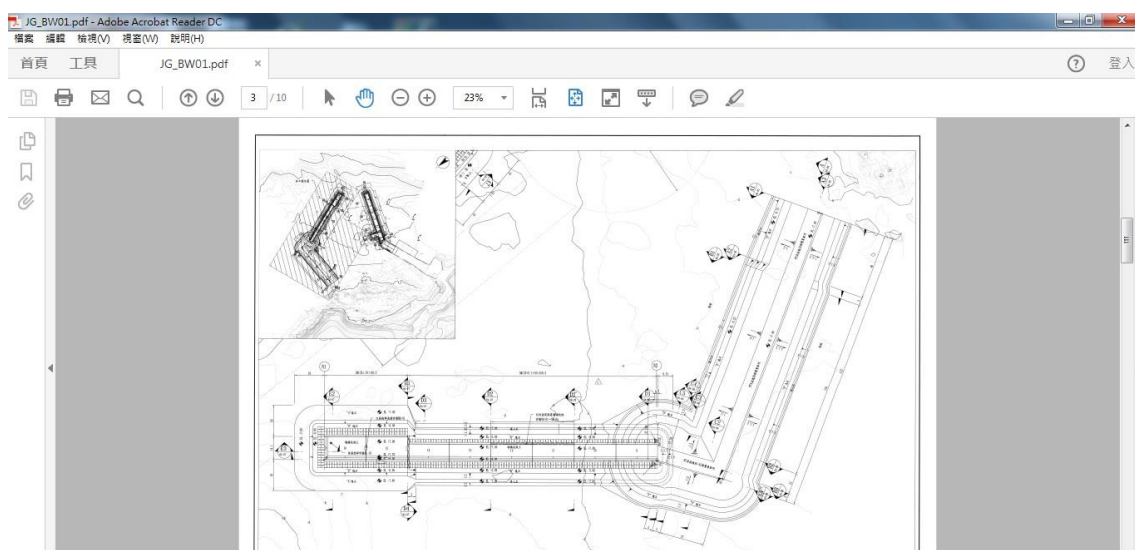


圖 4.16 九宮港堤防斷面設計資料_pdf 檔之二

第五章 港區地質資料分析建置

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。主選單共有七大項，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(7)地下管線查詢等。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：

5.1 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、蘇澳與金門等港區之碼頭、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_2015_BK.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、蘇澳與金門等港區的分佈位置。
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. 選單利用不可點取之設定，避免錯誤點選。

本系統提供不可點取之設定，將暫時不需運作的功能與予停用，待關聯圖層開啟後，再將需用功能啟動。例如「港埠規劃」主選單，其下之第一選項「港埠設施現況圖」或第三選項「未來規劃配置圖」等開啟圖層之功能，都預設為可啟動；而第二選項「關閉港埠設施現況圖」或第四選項「關閉未來規劃配置圖」等關閉圖層之功能，預設為不可啟動(選項顏色為灰白)。系統待第一選項被點取後，第二選項即被更換為可啟動(選項顏色由灰白轉為正常)，第三及第四選項也是如此配搭，系統乃以此種設計來避免錯誤點選。

7. 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。
8. 「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。
9. 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。

- 10.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。
- 11.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。

5.2 金門港地質鑽探資料及液化分析查詢說明

金門港包含料羅、水頭與九宮三港，本系統查詢則以九宮為例進行說明：

5.2.1 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。
2. 將滑鼠遊標移至九宮港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出九宮港區基本地圖圖層，如圖 5.1 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 5.1 也展示新設計的主選單「鑽探資料」功能項下拉查詢模式。

5.2.2 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。九宮港的鑽探孔位分佈如圖 5.2 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 5.3 所示為五個鑽孔由西向東排序之柱狀圖繪製結果。

5.2.3 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 5.4 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 5.5 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 5.6 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。

5.2.4 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 5.7 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 5.8 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。

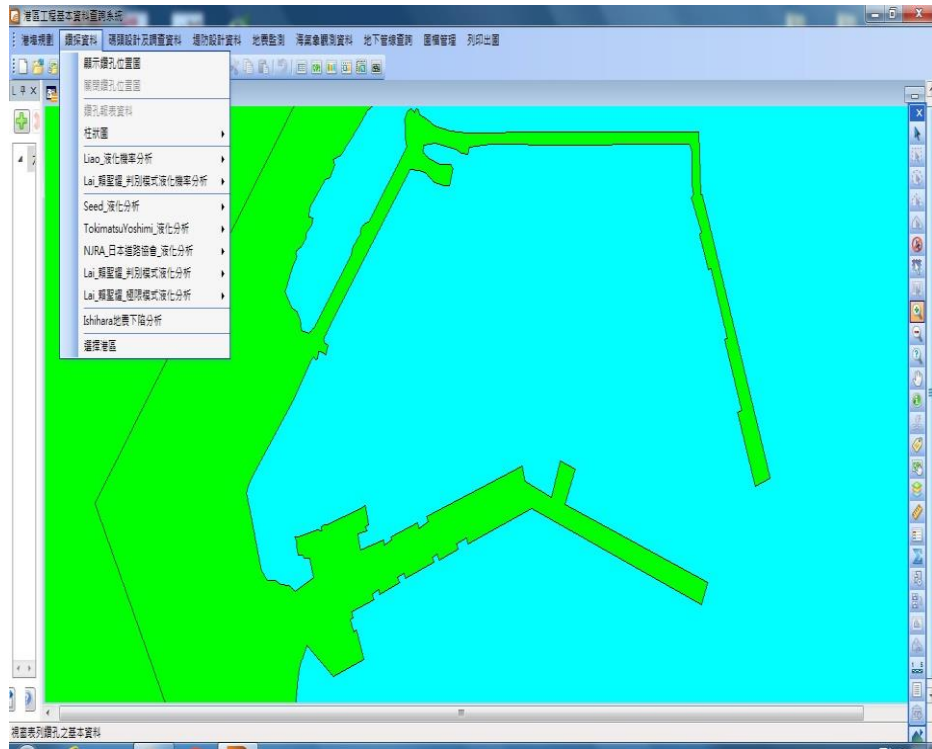


圖 5.1 九宮港區地圖圖層及選單下拉模式

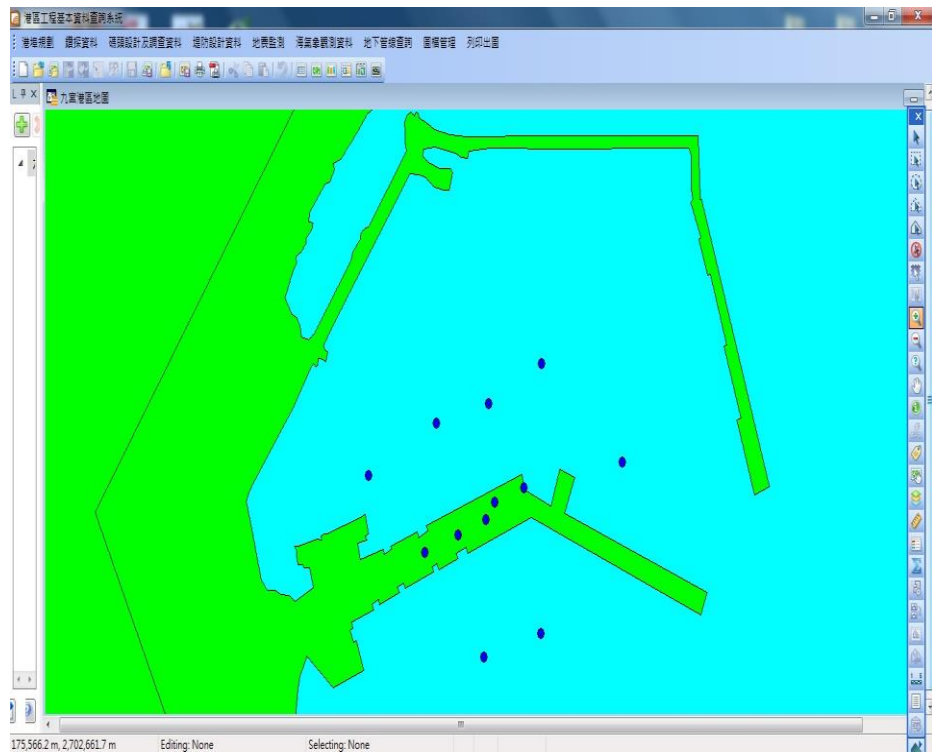


圖 5.2 九宮港區鑽探孔位分佈圖

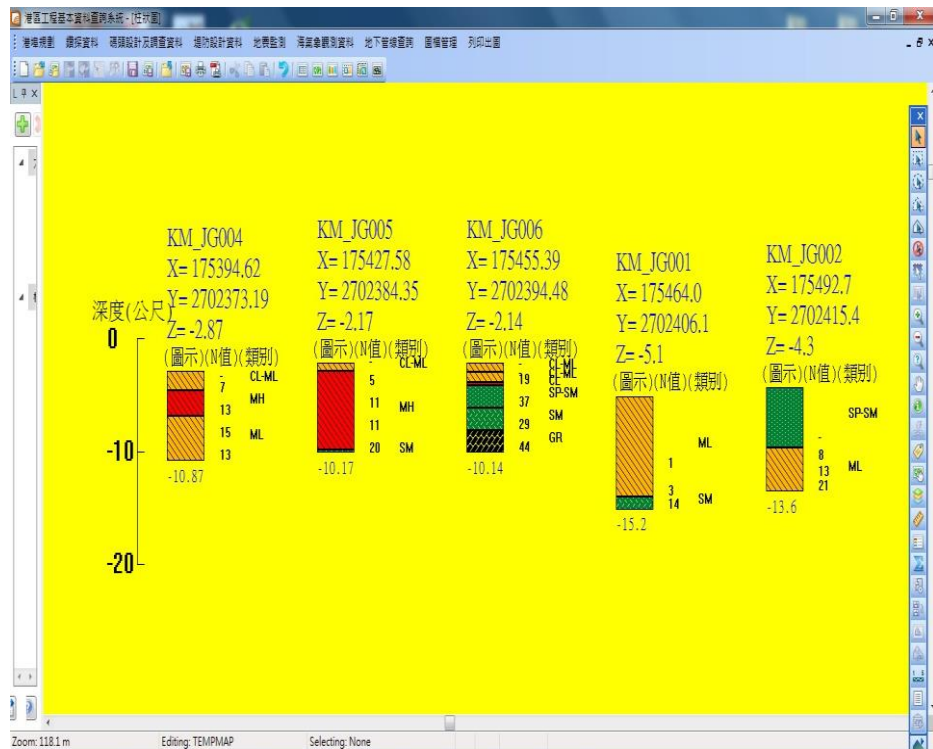


圖 5.3 九宮港區鑽孔柱狀圖

請選擇地震強度

地震規模M 當地最大地表加速度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年新竹臺中地震M=7.1,臺中港區0.15g
- ☒ 1999年集集大地震M=7.6,臺中港區0.163g
- ☐ 1995年阪神大地震M=7.2,神戶港區0.55g
- ☐ 臺灣地震甲區:M=7.5,加速度0.33g
- ☐ 臺灣地震乙區:M=7.5,加速度0.23g

地震規模M= ,最大地表加速度g=

確認 取消

圖 5.4 地震強度選取對話框

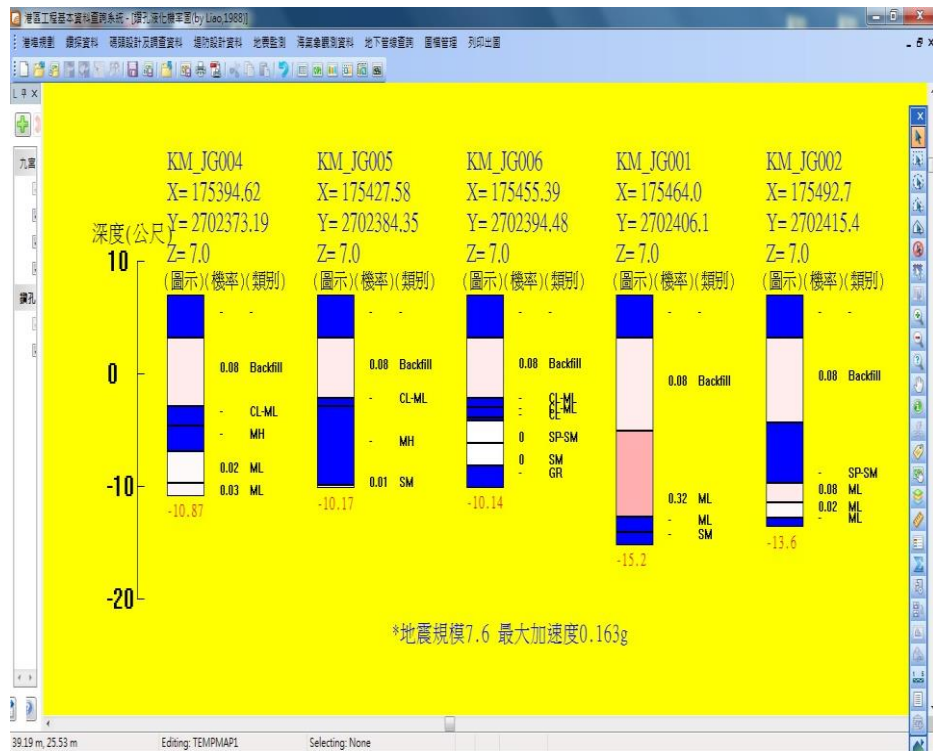


圖 5.5 九宮港區鑽孔 Liao 液化機率分析結果柱狀圖

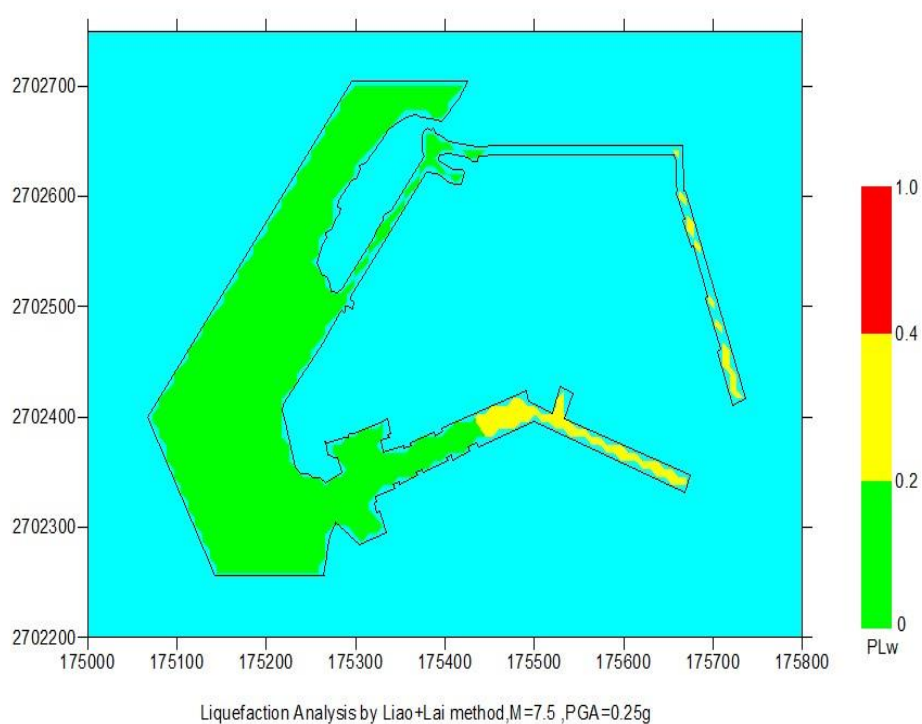


圖 5.6 九宮港區 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

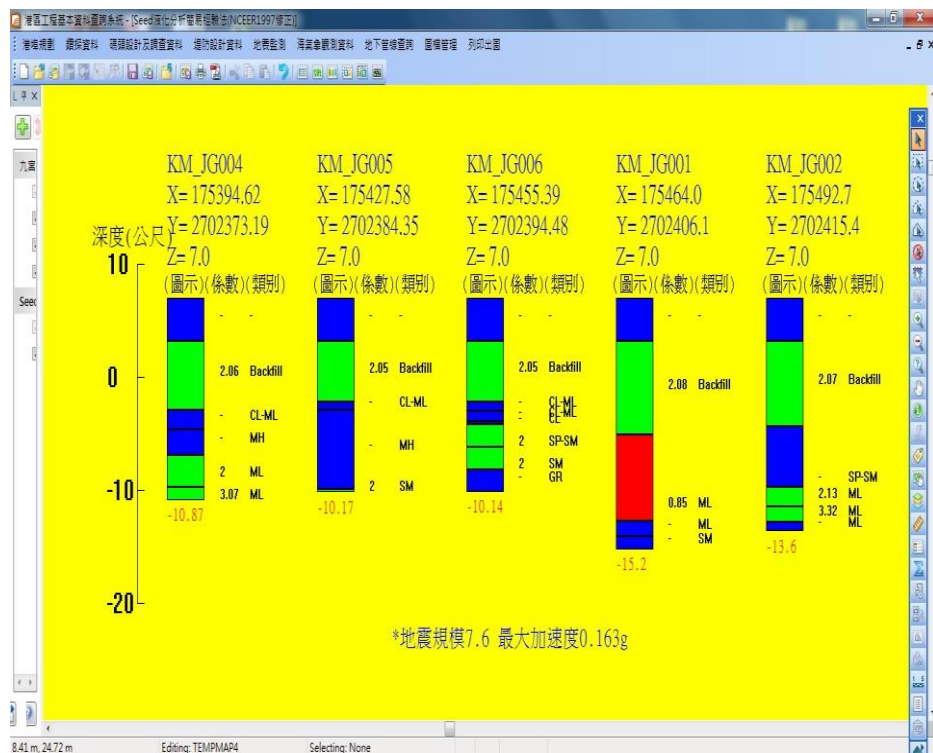


圖 5.7 九宮港區 Seed 抗液化安全係數柱狀圖

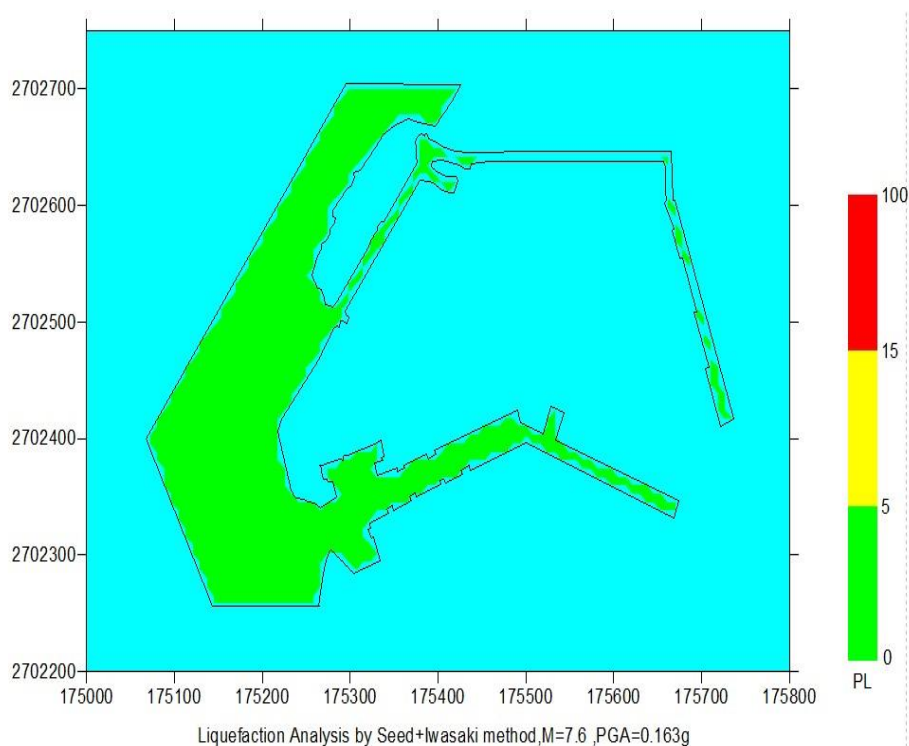


圖 5.8 九宮港區 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

5.2.5 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 5.9 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 5.4 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 5.10 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_判別模式液化機率分析」，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 5.11 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。

5.2.6 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_判別模式液化分析」，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 5.4 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 5.12 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_判別模式液化分析」，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 5.13 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。
3. 其它分析方法之推估結果，也可依據上述方法查詢而得。

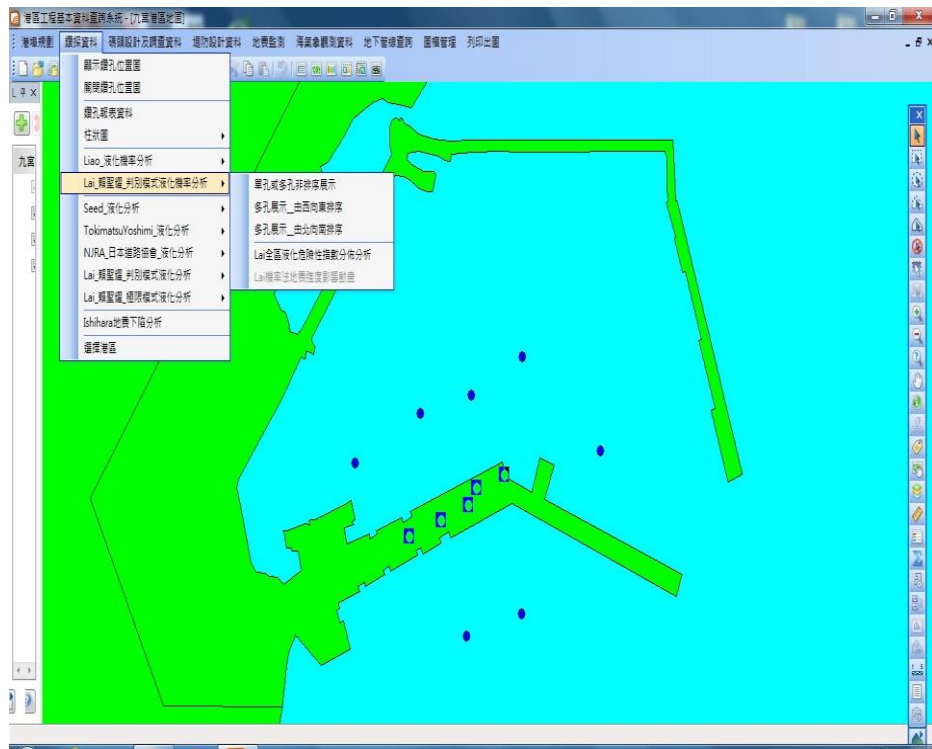


圖 5.9 Lai 液化機率分析方法查詢選單下拉模式

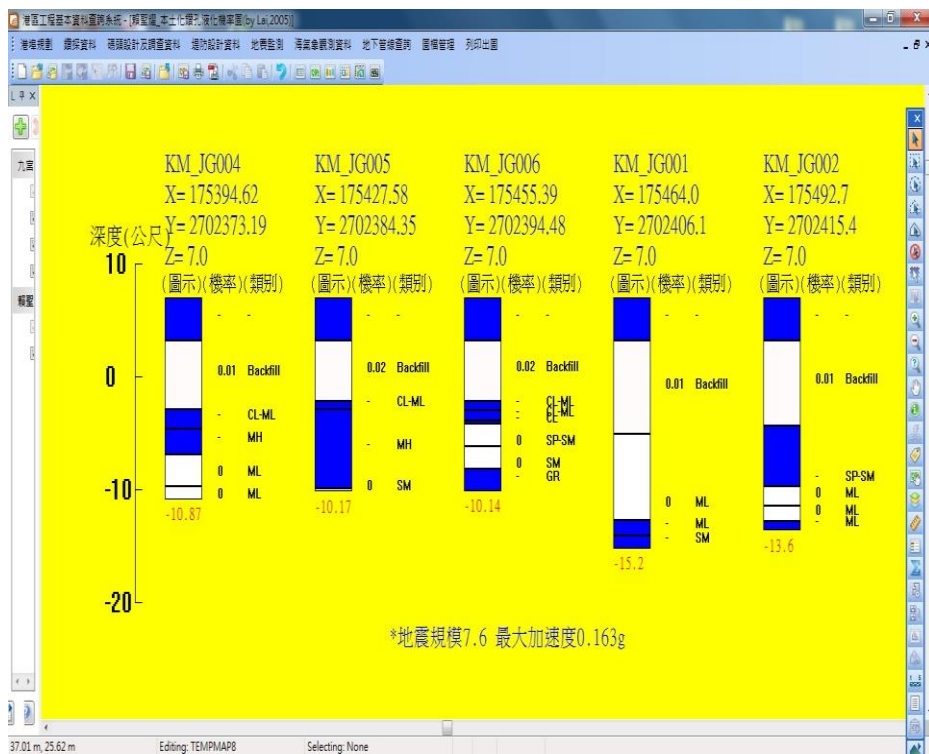


圖 5.10 九宮港區鑽孔 Lai 液化機率分析結果柱狀圖

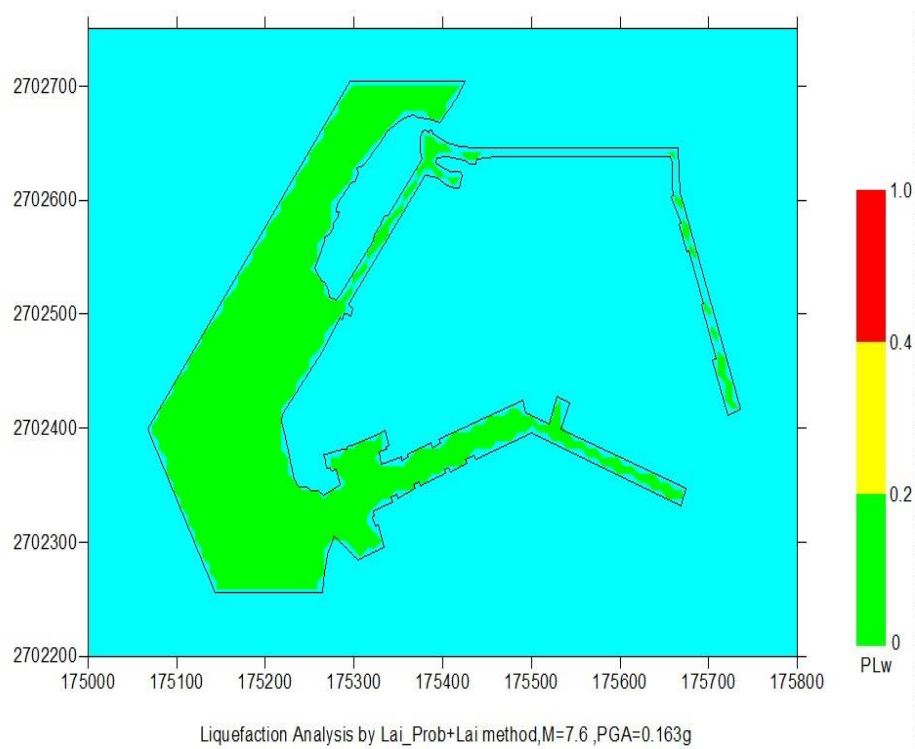


圖 5.11 九宮港區 Lai_Prob+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

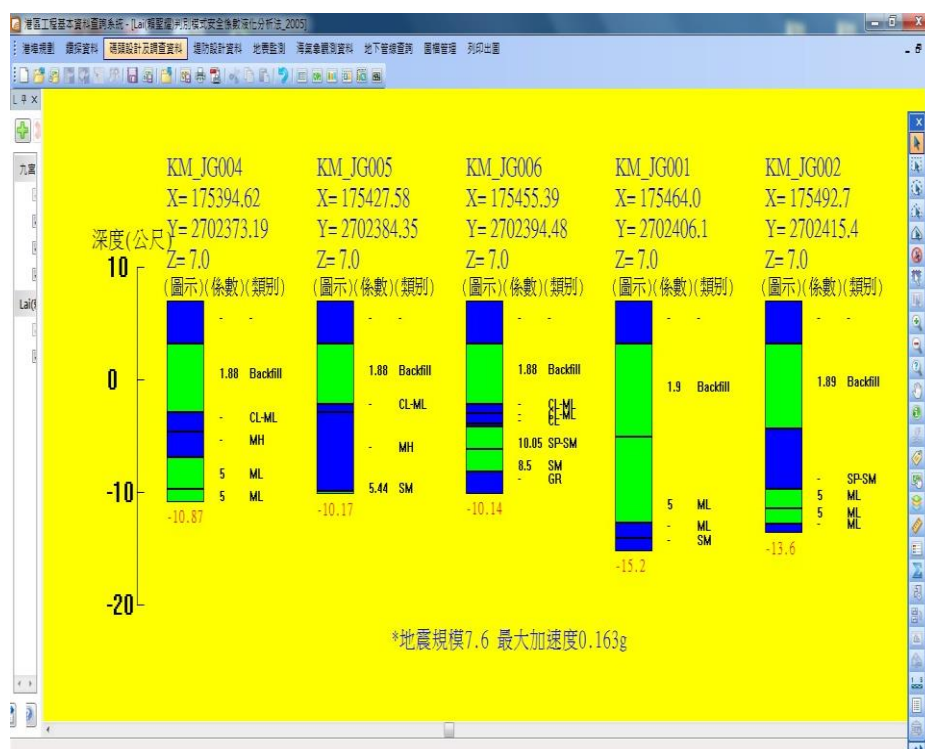


圖 5.12 九宮港區 Lai 抗液化安全係數柱狀圖

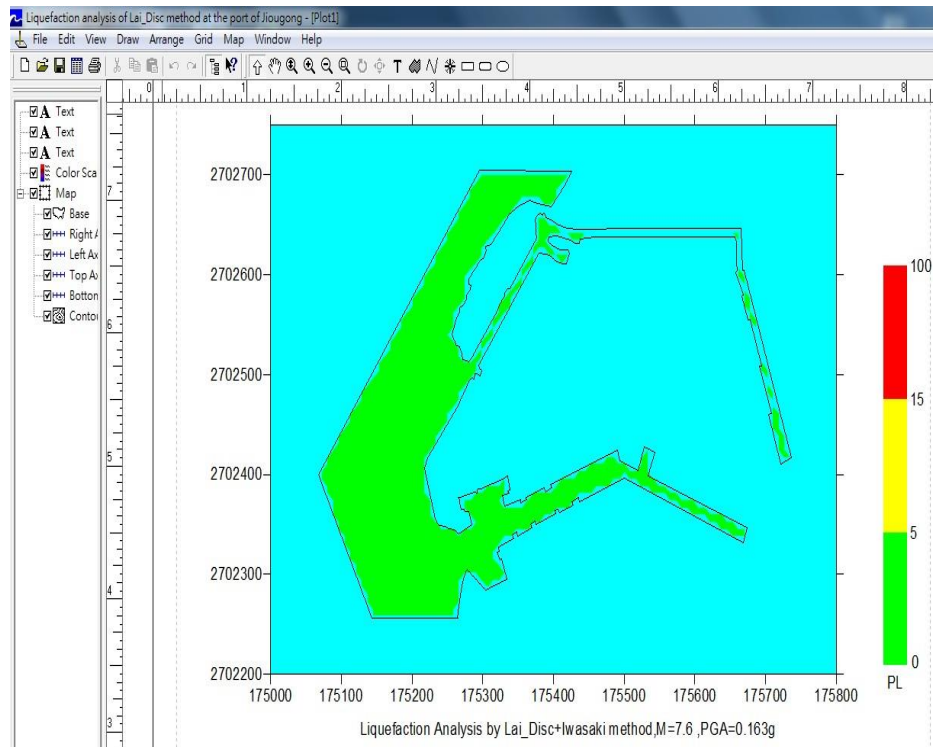


圖 5.13 九宮港區 Lai+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

第六章 貨櫃碼頭營運資料查詢展示

6.1 貨櫃碼頭營運資料更新建置概況

臺灣主要經營櫃進出口的商业港埠，計有高雄、臺中、臺北及基隆等四個國際大港，這四個港都建有貨櫃碼頭及貨櫃裝卸設施，諸如卸載貨櫃的貨櫃起重機、搬運貨櫃的門式機及暫時放置貨櫃的貨櫃堆置場，且每年都有大量的貨櫃進出。通常貨櫃運量的使用需求上，大都以整個港的進出口量或承租航商的年營運量來做統計，以供公部門經營籌畫及專家學者分析研究需用；但為了解各個貨櫃碼頭年度荷載量及使用頻率的高低，以供碼頭工程維護及預算編列的考量，需要較詳細的來統計各個碼頭的年營運量。故本所港灣研究中心的港灣工程基本資料庫中，也在碼頭資料庫中增添貨櫃碼頭營運資料項，該項資料已登錄 1998 年至 2013 年的資料，本研究在年度內增列 2014 年資料量。

6.2 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 18 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、2007 年、2008 年、2009 年、2010 年、2011 年、2012 年、2013 年、2014 年、租賃公司等，其欄位名稱，中文說明，資料型態及長度如表 6-1 所示。

表 6-1 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	2007 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
12	2008 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
13	2009 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
14	2010 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
15	2011 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
16	2012 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
17	2013 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
18	2014 年	貨櫃裝卸量	Integer	單位：TEU
19	租賃公司	租賃公司	Char (30)	

6.3 貨櫃碼頭營運資料查詢展示模組設計

6.3.1 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

6.3.2 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。

6.4 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)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_2015_BK.MBX，按 OK 選鈕，即進入港區工程基本資料查詢展示系統。
3. 此時螢幕會展繪出臺灣全島地圖，並標示基隆、臺北、臺中、高雄、花蓮、蘇澳與金門等港區的分佈位置。
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。

6.5 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 6.4 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕會展繪出臺灣全島地圖，並標示基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳與金門等港區的分佈位置。

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 6.1 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 6.2 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 6.3 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 6.4 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 6.5 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。

6.6 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 6.4 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，

此時螢幕會展繪出臺灣全島地圖，並標示基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳與金門等港區的分佈位置。

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 6.6 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 6.7 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 6.8 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 6.9 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。

6.7 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 6.4 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕會展繪出臺灣全島地圖，並標示基隆、臺中、臺北、高雄、花蓮、蘇澳與金門等港區的分佈位置。
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 6.10 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 6.11 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 6.12 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 6.13 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。

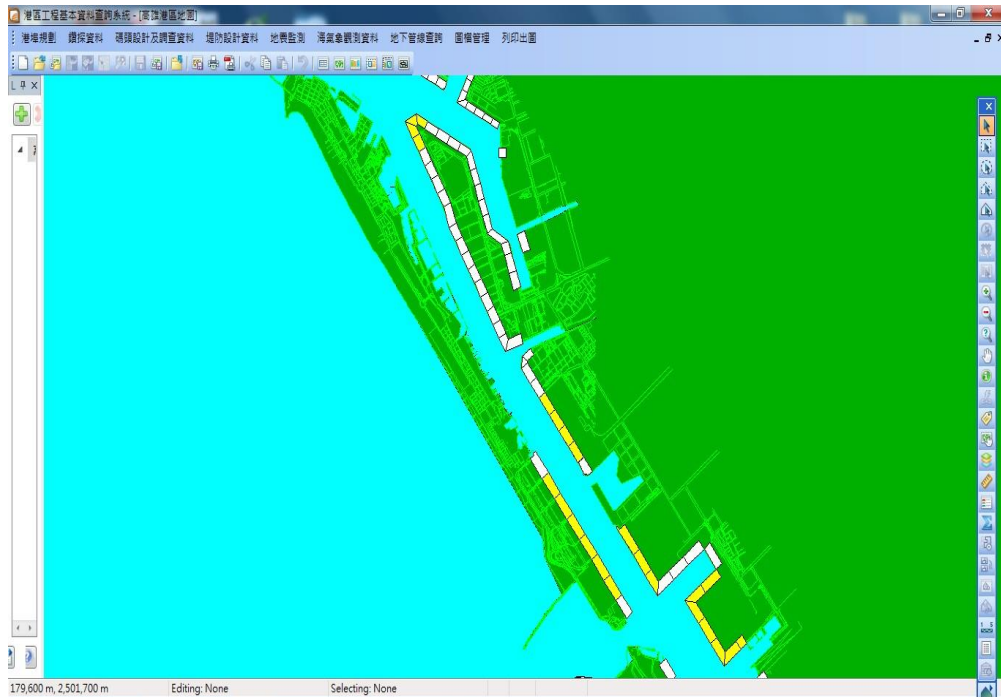


圖 6.1 高雄港貨櫃碼頭分佈位置圖

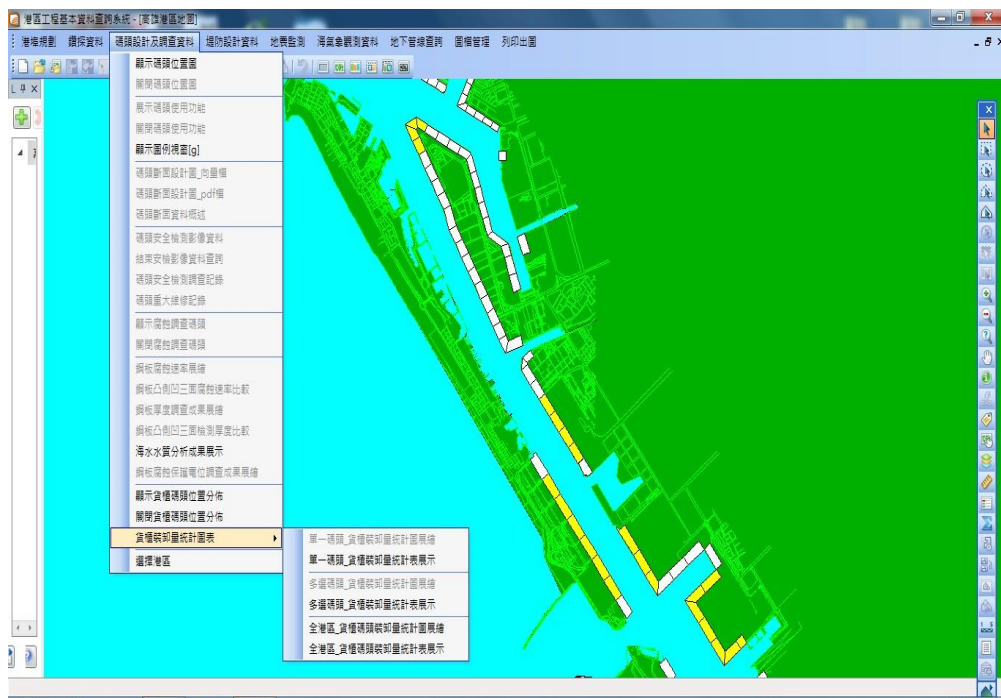


圖 6.2 高雄港貨櫃裝卸量選單呈列狀況圖

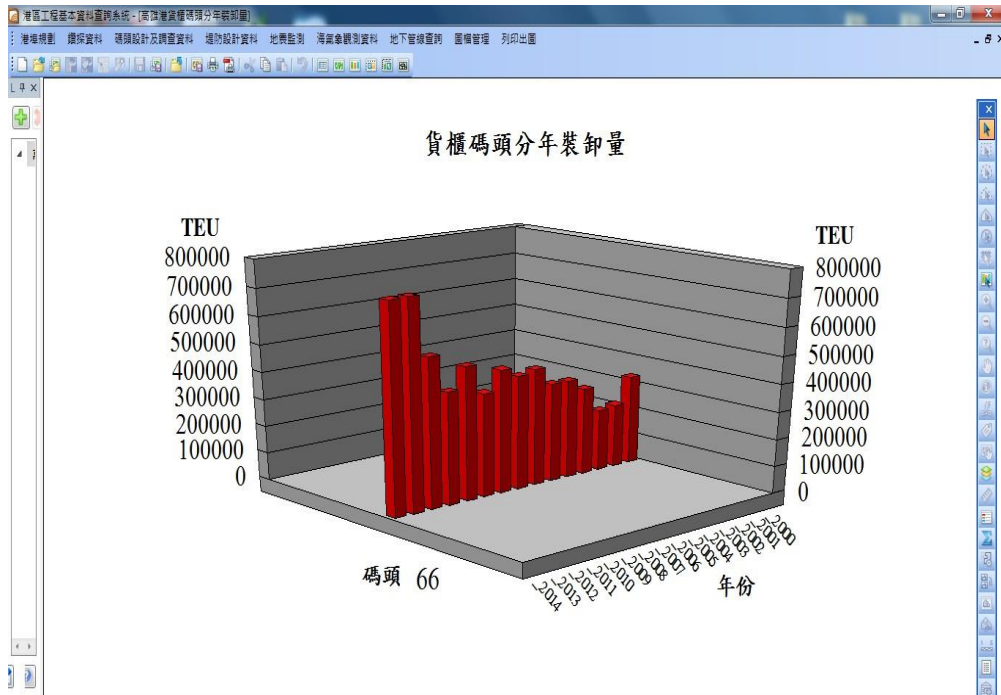


圖 6.3 高雄港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

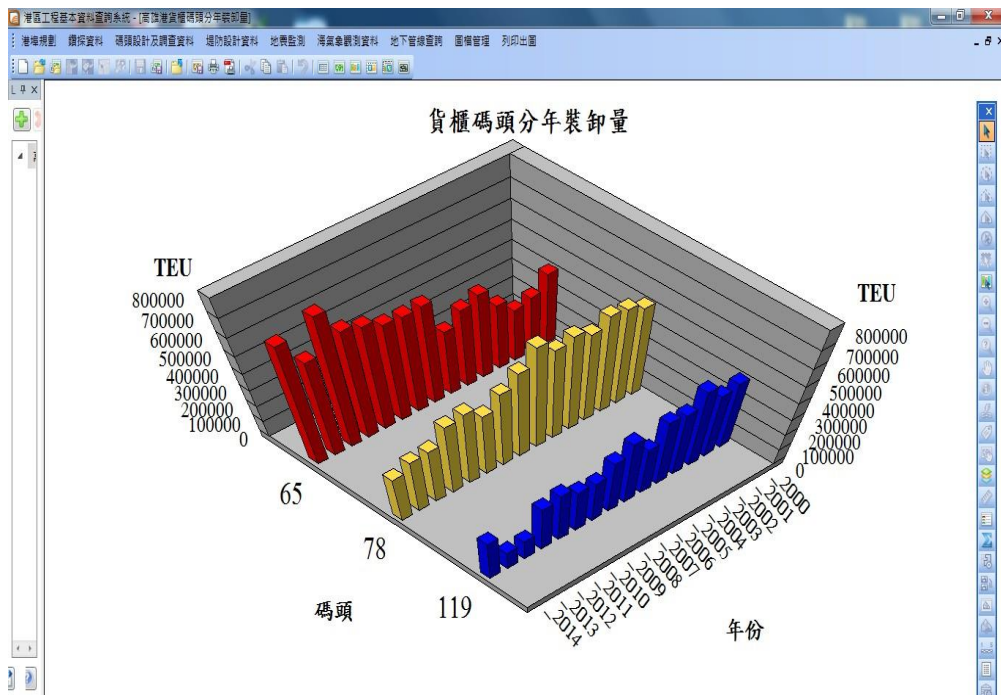


圖 6.4 高雄港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

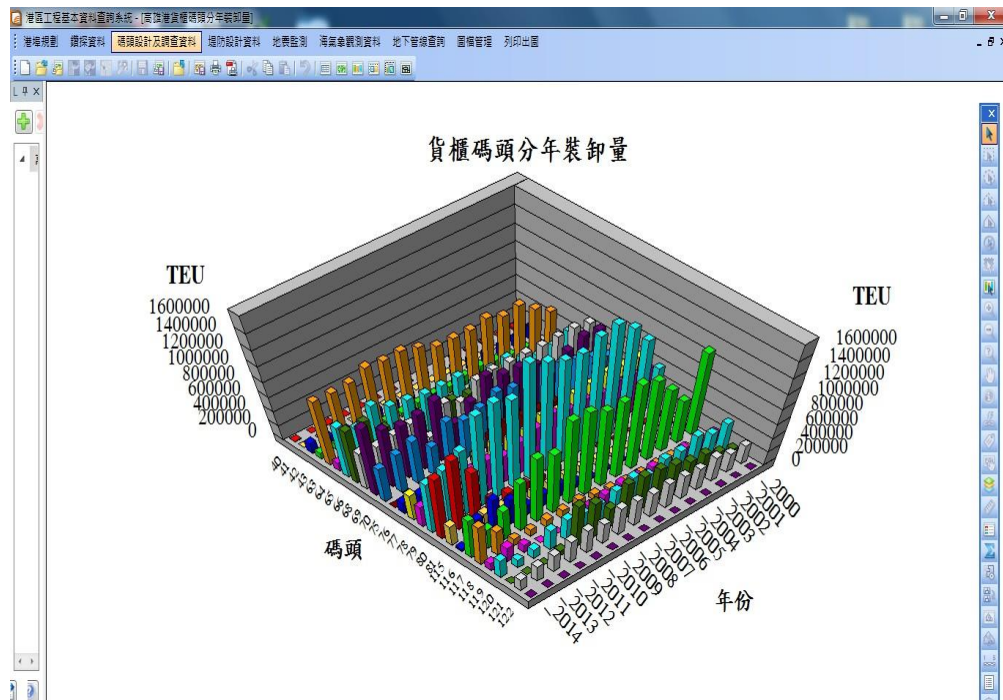


圖 6.5 高雄港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪

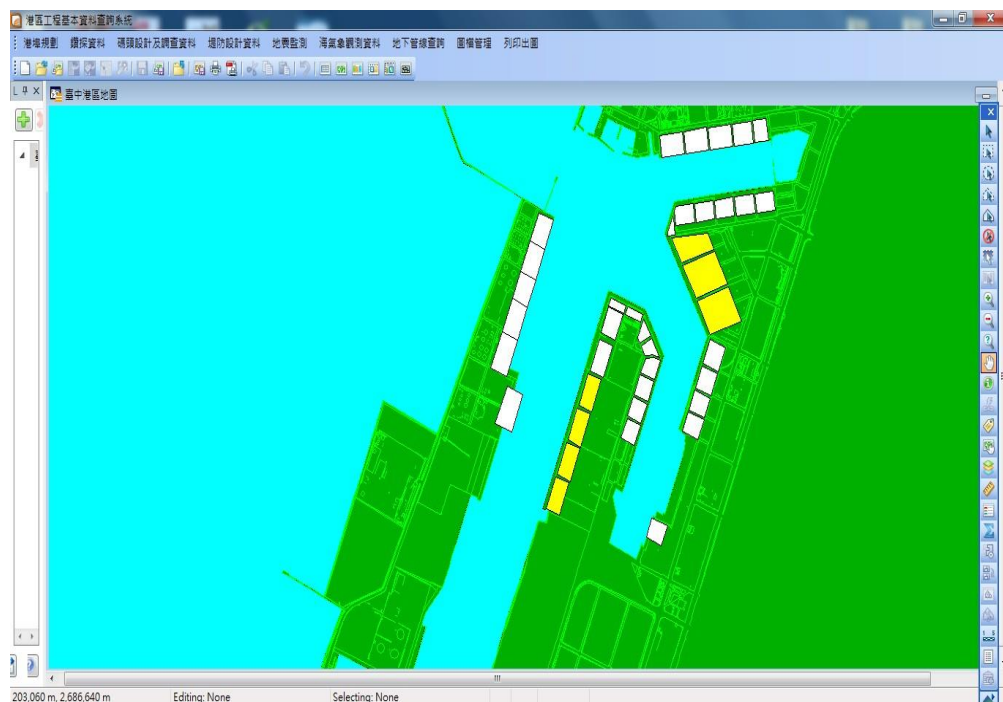


圖 6.6 臺中港貨櫃碼頭分佈位置圖

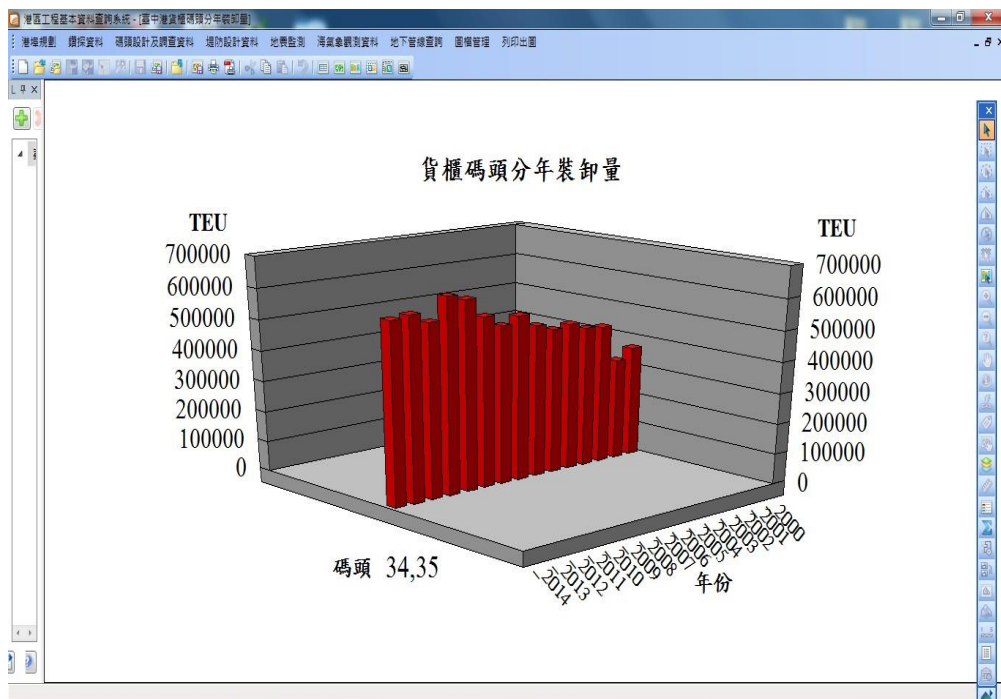


圖 6.7 臺中港單一碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪

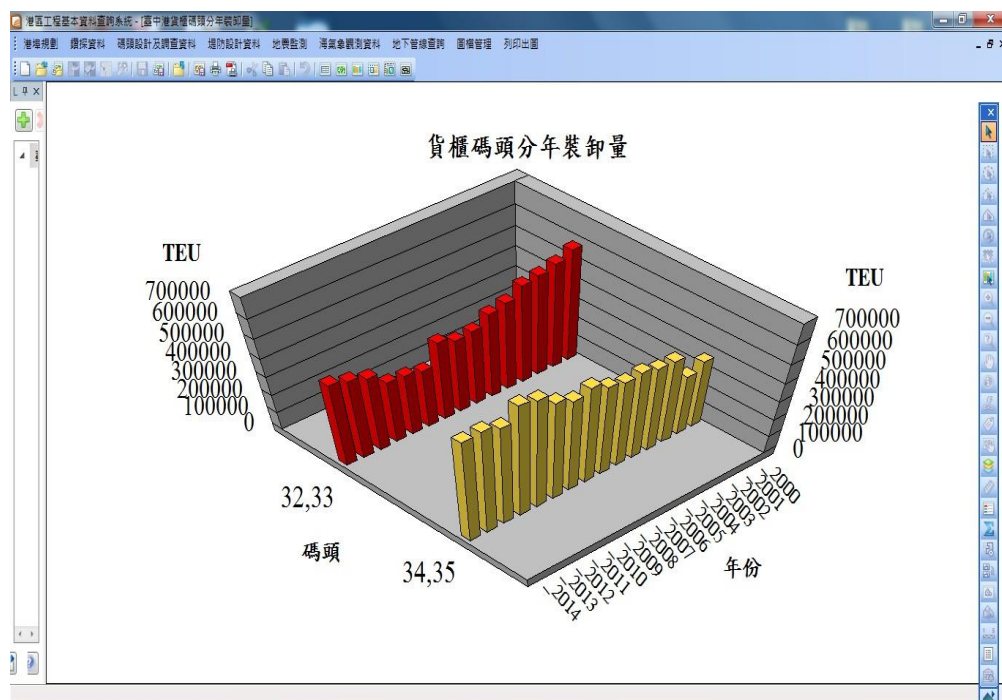


圖 6.8 臺中港多選碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪

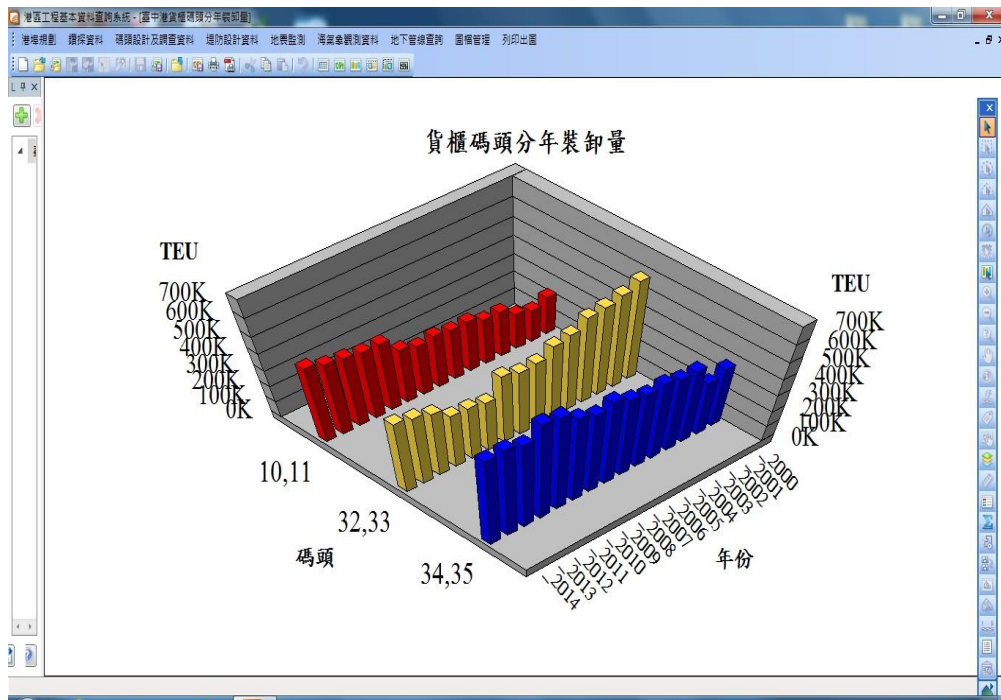


圖 6.9 臺中港全港碼頭貨櫃區裝卸量統計圖展繪

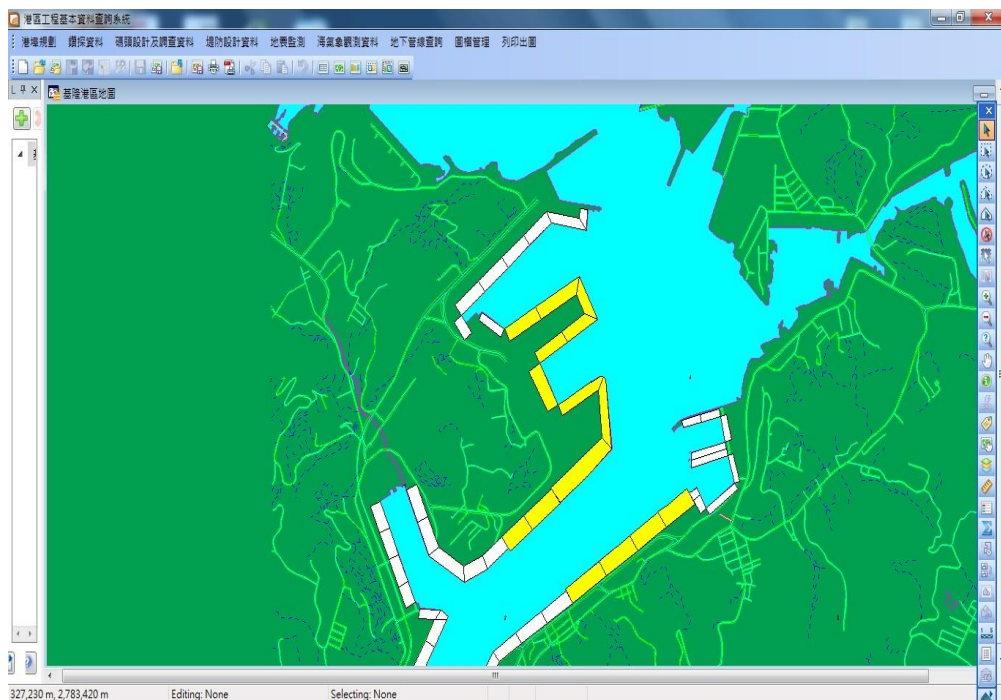


圖 6.10 基隆港貨櫃碼頭分佈位置圖

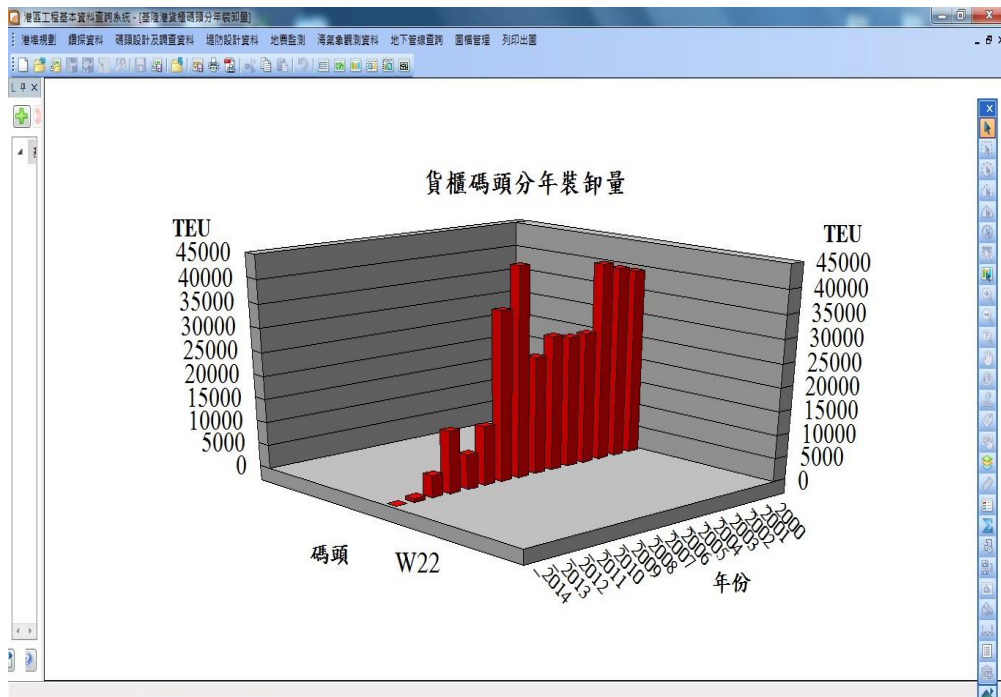


圖 6.11 基隆港單一碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

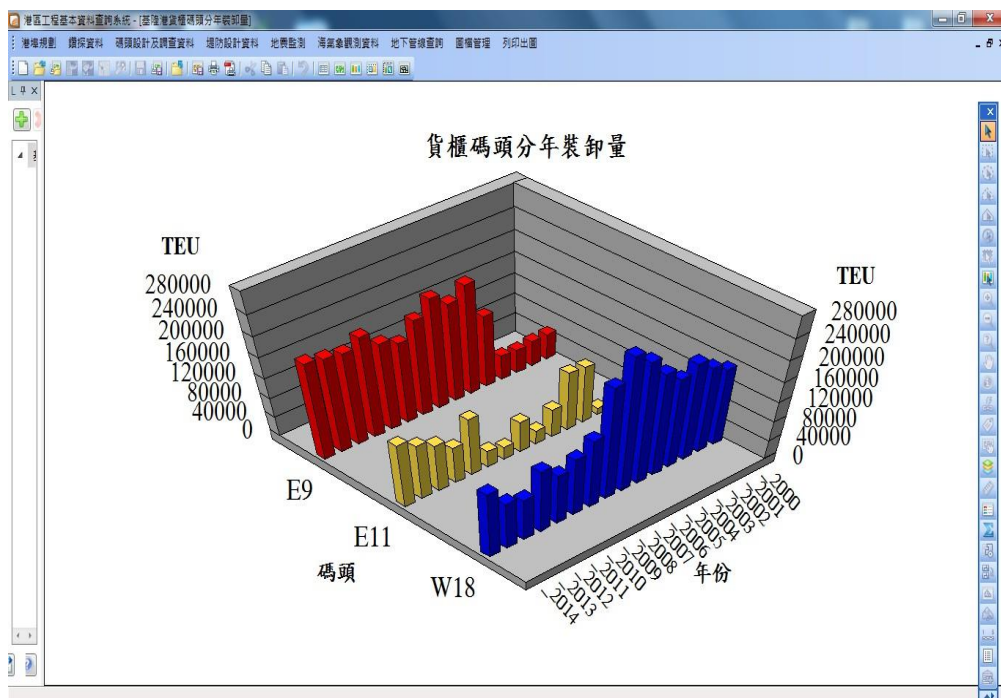


圖 6.12 基隆港多選碼頭貨櫃裝卸量統計圖展繪

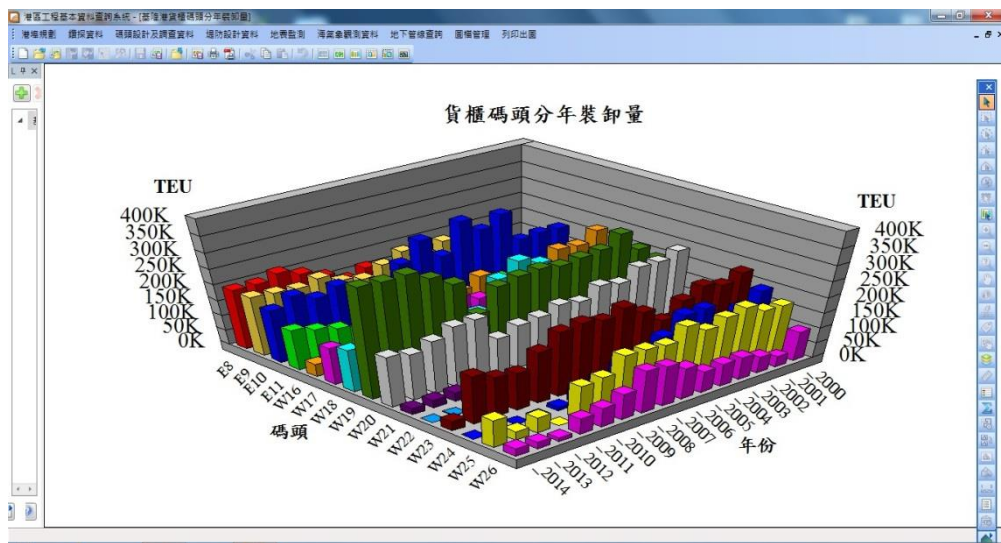


圖 6.13 基隆港全港區貨櫃碼頭裝卸量統計圖展繪

第七章 結論與建議

本中心為因應港區工程管理與維護作業進行，自民國 91 年起完成以 MapInfo 軟體建置港區工程基本資料查詢系統，透過 GIS 軟體工具將各項資料數化建檔，並加以分類整理儲存，不但可長久保存及增加資料流通與應用，且可增進在工程維護管理及決策支援上之使用效益。

有鑑於空間資訊的管理方式已從單機版方式朝向網路化發展，加上近年來國土資訊系統推動空間資訊共享流通，實有必要將既有港區工程基本資料查詢系統進行改版，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，以便利港區工程管理業務執行。本計畫開發網路版之港區工程基本資料管理系統，系統架設於雲端環境，提供地質、碼頭、堤防、腐蝕調查、地下管線等港區工程基本資料，並進一步提供鑽探資料展繪、液化分析、鑽孔液化分析展繪、港區液化分析與鋼板樁腐蝕展繪等分析功能，以達到即時查詢、分析、加值應用並共享的目的。

7.1 結 論

1. 依據本所 MapInfo 開發的「港區工程基本資料查詢系統」架構，提出網路化架構整體規劃，設計資料庫及網頁分析展繪功能。
2. WebGIS 圖台核心技術採用 OGC 自由軟體作為系統的技術核心，以保留未來系統的維護及擴充便利。
3. 網路查詢系統開發各式功能模組，包括「圖台查詢展示模組」、「鑽探資料展繪模組」、「液化分析模組」、「鑽孔液化分析展繪模組」、「港區液化分析展繪模組」、「鋼板樁腐蝕速率展繪模組」。
4. 系統成功整合 Surfer 軟體執行內插演算，使用者透過瀏覽器呼叫伺服器端 Surfer 軟體展繪成果並反饋使用者端。

5. 維護桌上型港區工程基本資料庫系統及分析模組。
6. 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。本計畫於年度內新增高雄、臺中及基隆等三個國際大港 2014 年的運量統計。
7. 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。

7.2 建議

1. 國內各港及研究機構雖有許多基本工程資料可供參考利用, 可惜這些資料散見於各有關單位, 保存及調閱皆甚為不便, 故利用軟體工具將資料數化, 有系統的整理分析並儲存鍵置成資料庫, 彙整在一系統下查詢管理, 已是一個可行的問題解決方法。
2. 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。
3. 目前網路查詢系統液化分析與鋼板腐蝕分析為透過 Surfer 軟體演算展繪, 而 Surfer 軟體為單機板使用設計。因此, 應用在雲端網路使用時, 若多人同時呼叫執行 Surfer 軟體, 將會遇到相互爭奪資源, 導致演算結果有誤。目前系統是採以排程方式處理, 以避免上述錯誤, 但也因為排程的關係, 若同時處理多筆要求, 將會拖慢系統執行效率。因此, 未來建議液化分析與鋼板腐蝕分析採用系統直接演算展繪成果圖, 將能改善目前現狀。
4. 本研究之網路版查詢系統已建立起查詢架構與分析模組, 後續可依此方式增建各港區之資料。

7.3 研究成果之效益

本期研究成果與效益有：

1. 補充更新暨有港灣環境基本工程資料庫，增建各港基本資料，提供各港務單位查詢使用。
2. 建置港灣工程基本資料庫及查詢系統，可提供港務公司及相關單位在港灣工程規劃、設計及施工之參考與應用，並提昇港灣工程之維護管理效能，延展港灣設施服務年限。
3. 本研究之系統可供學術單位從事研究分析所需之基本資料。

7.4 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」，已推廣至高雄、基隆等港務分公司使用。
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. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 交通部,「公路橋樑耐震設計規範」,民國 84 年。
12. 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
13. 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。
14. 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。
15. 賴聖耀等 (2002),「港灣地區地震監測與土壤液化潛能評估之研究」,交通部運輸研究所,民國 91 年 2 月。
16. 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。
17. 賴聖耀等 (2005),「港灣地區大地監測調查與液化防治之研究 (3/3)」,交通部運輸研究所,民國 94 年。
18. 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。
19. 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。

20. 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。
21. 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。
22. 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。
23. 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。
24. 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。
25. 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。
26. 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。
27. 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。
28. 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。

29. 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。
30. 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。
31. 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。
32. 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。
33. OGC(Open Geospatial Consortium Inc.)(2010), OpenGIS Web Map Tile Service Implementation Standard, Version 1.0.0, OGC, p.10
34. 吳鈞堂、陳文福 (2005), GIS 技術應用於公路規劃設計可行性初步探討,臺灣公路工程,第 32 卷,第 6 期,第 32-40 頁。
35. 趙僑 (2006), 地理資訊發展與整合之探討, 國土資訊系統通訊第 58 期。
36. 張忠吉 (2010), 共用性地理資訊應用系統規劃與開發議題, 國土資訊系統通訊第 73 期。
37. 林琿、彭奕彰 (2009), GIS 近年在香港特區政府及工商業的應用概況, 國土資訊系統通訊第 69 期。
38. 林峰田、高小鈞 (2009), 國外地方政府推動空間資訊之經驗, 國土資訊系統通訊第 69 期。

附錄一

期末審查意見及辦理情形說明表

期末審查意見及辦理情形說明表

審查委員	審查意見	處理情形
1. 成功大學土木工程學系陳景文委員	1. 系統功能架構中，有關鑽探資料有多種不同土壤液化分析系統，是否有必要全部設置或僅列入工程實務界較常用之 NJRA 日本道路協會分析系統即可。	1. 感謝委員之建議，本研究採用多種的土壤液化分析模組，可提供不同的分析方法可互相比較，給使用者有更多的選擇參考。
2. 鼎興工程顧問公司蔡瑤堂委員	1. 對各港資料之收集保存非常寶貴，值得發展。	1. 感謝委員肯定。
	2. 增加碼頭上裝卸設施、軌道及裝卸能量。	2. 感謝委員指正，相關碼頭關鍵設施資料會陸續收集，並於後續建置於本系統。
	3. 量測鋼版厚度之日期。	3. 感謝委員建議，參照辦理。
	4. 土壤液化模組作業可釋出供各縣市潛能分析。	4. 感謝委員建議，本研究土壤液化分析模組以港區為分析範圍，目前尚未提供各縣市參考。

審查委員	審查意見	處理情形
3. 臺灣科技大學營建系廖國偉委員	1. 當資料更新或擴充時，系統所提供的液化機率是否更新？	1. 感謝委員指正，本系統之程式模組與分析方法已設計好，當資料更新或擴充時就會重新計算與更新。
	2. P2-36 之貝氏定理公式之說明有誤，請修正。	2. P2-36 之公式 2-53 已修正說明。
	3. P2-43 公式有誤請修正。	3. 感謝委員指正，P2-43 之公式 2-61 已重新檢視並修正。
	4. P2-44 與 P2-46 之危害度不同，請釐清。	4. P2-44 之 P_{LW} 為各鑽孔之液化危險度，介於 0~1 之間，表示任一鑽孔之液化危險程度。P2-46 是採用賴聖耀之深度加權法評估液化機率危害度之分級。

審查委員	審查意見	處理情形
4. 本所港灣技術研究中心賴聖耀前組長	1. 本研究將建立的港區地質調查資料、碼頭資料、鋼板樁腐蝕調查資料、碼頭營運資料等基本工程資料與調查資料，從單機版的管理方式，改建置在網路版的查詢系統，亦透過貴中心多年來的學術研究成果，以多種模擬分析，快速的展示出各種替選方案，提供港灣決策參考；整體的研究，具有深度與完整性，研究成果極具參考價值。	1. 感謝委員肯定。
	2. 本計畫本年度，亦新增金門的料羅、水頭及九宮等三個港區的地質資料庫，及液化分析，展繪出精美的液化危險區域分佈圖，提供金門港區防救災可靠、又快速的參考資訊；使本查詢系統增加更廣的應用。	2. 感謝委員指肯定。

審查委員	審查意見	處理情形
	3. 本研究之網路版查詢與展示，在 Surfer 軟體的展繪上，仍然使用單機版；然而，資訊管理與查詢，已從單機朝向網路、從電腦朝向手機，研究團隊需更努力將本計畫，改版至網路化、手機化等更方便使用的界面。	3. 感謝委員建議，本系統後續將朝此方向研究。
5. 本所港研中心 柯正龍委員	1. P2-21 與 P2-24 所引用之分析，並未列入在參考文獻中。	1. 感謝委員意見，已補充於參考文獻。
	2. P2-37 圖 2.7、P2-40 圖 2.13~2.15 圖示格式有誤，請修正。	2. 感謝委員意見，圖示已重新修正。
	3. P2-43 之液化危險度與 P2-45 液化災害風險區請以表格區分。	3. 感謝委員建議，已重新修正以表格區分。

附錄二

期末報告簡報資料

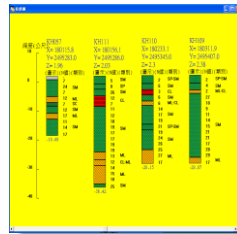
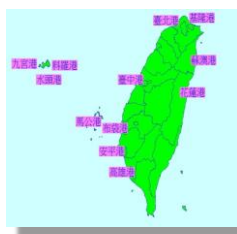
港區工程基本資料查詢網頁 建置研究(1-2)

執行人員：張道光

計畫編號：MOTC-IOT-104-H1DA004b

執行單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

計畫時程：104.01.01~104.12.31



簡報大綱

- 1 計畫緣起
- 2 港區工程基本資料查詢系統
- 3 港區工程基本資料查詢網頁建置
- 4 桌上型查詢系統資料維護與更新
- 5 結論與建議

1

計畫緣起

- 1.空間資訊的管理方式已從單機版方式朝向網路化發展。
- 2.港區管理業務的拓展與港區工程資料共享目的，實有必要將既有港區工程基本資料查詢系統進行改版。
- 3.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，以便利港區工程管理業務執行。
- 4.延續並擴大本中心地理資訊系統(GIS)的開發建構。

2

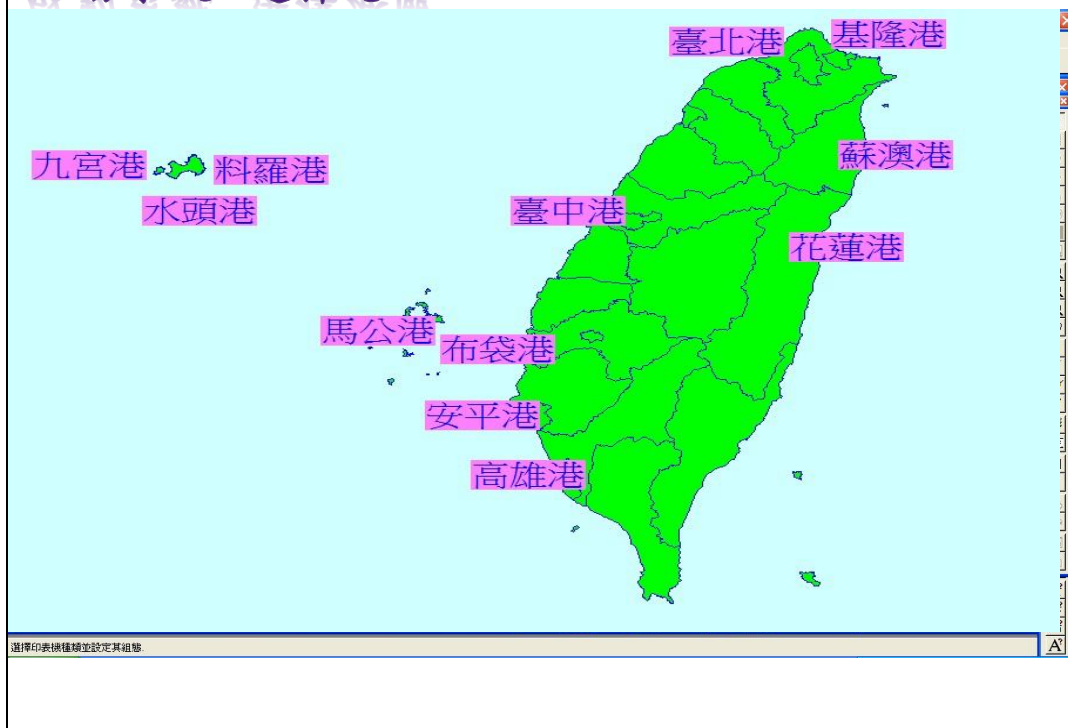
港區工程基本資料查詢系統



系統建置工具

- MapInfo：建置規劃配置及基本圖層。
- MapBasic：撰寫查詢及分析模組，設計查詢展示系統。
- AutoCAD：繪製碼頭、堤防斷面圖。
- Surfer：等值分析展繪
- PDF：讀取PDF碼頭與堤防斷面圖。

啟動系統 選擇港區



選單內容

- 1) **港埠規劃**：含港區目前配置圖、未來規劃圖、規劃對照圖、遙測資料等選項。
- 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、液化動畫展示等選項。
- 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) **地震監測資料**：含港區地震監測系統示意圖、監測資料查詢-依震央位置查詢或依發生日期查詢等選項。
- 6) **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。

3

港區工程基本資料查詢網頁建置



彙整多元港區資料

圖資格式：
SHP、TAB、
CAD...等

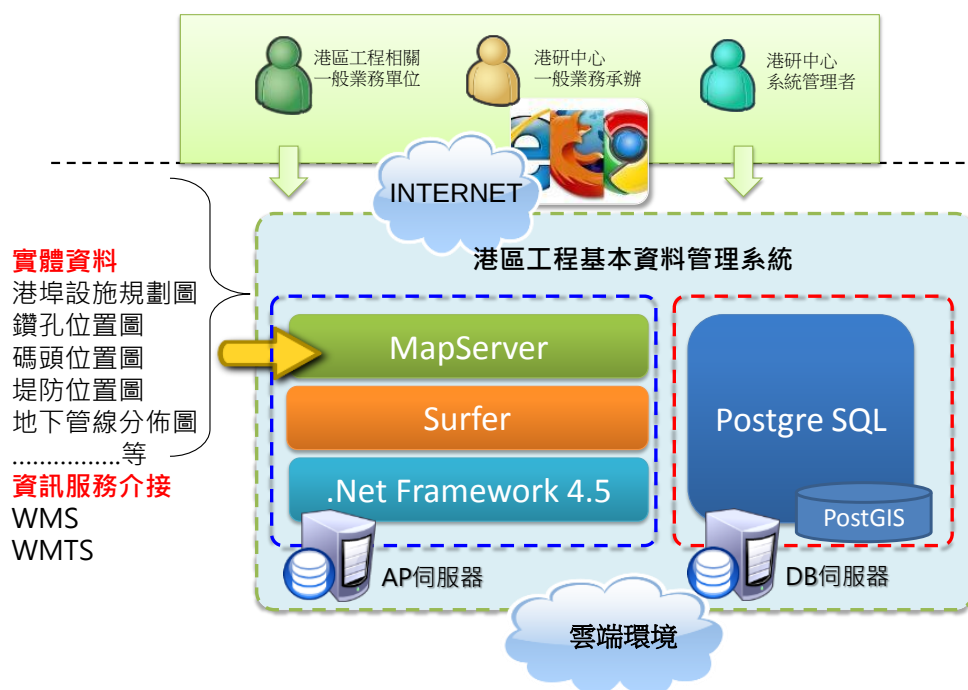
圖資坐標系統：
TWD97、TWD67、
WGS84

資料格式：
Word、Excel、
PDF、DBF...等

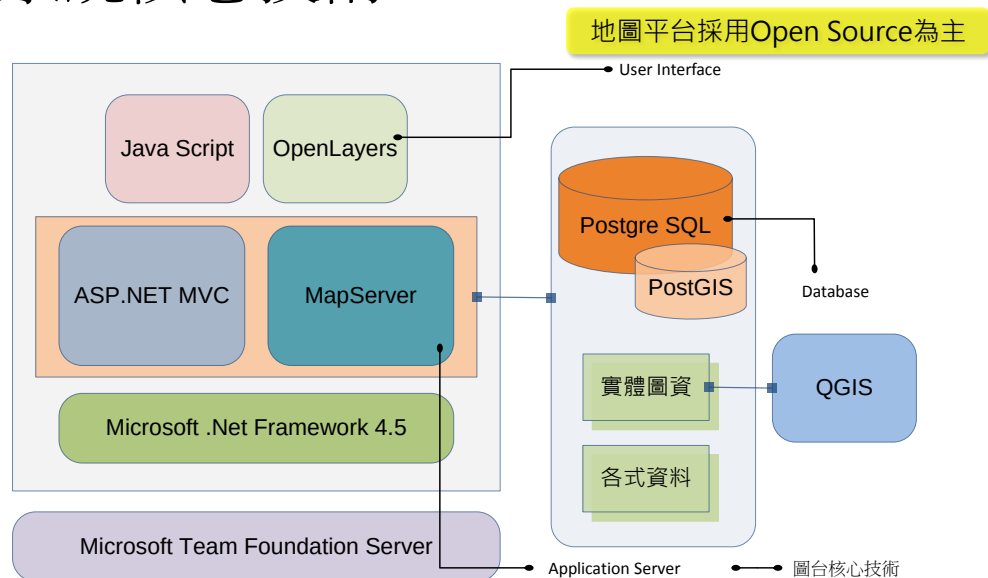
港區工程基本資料管理系統

規劃、設計、施工、維修、管理、決策支援

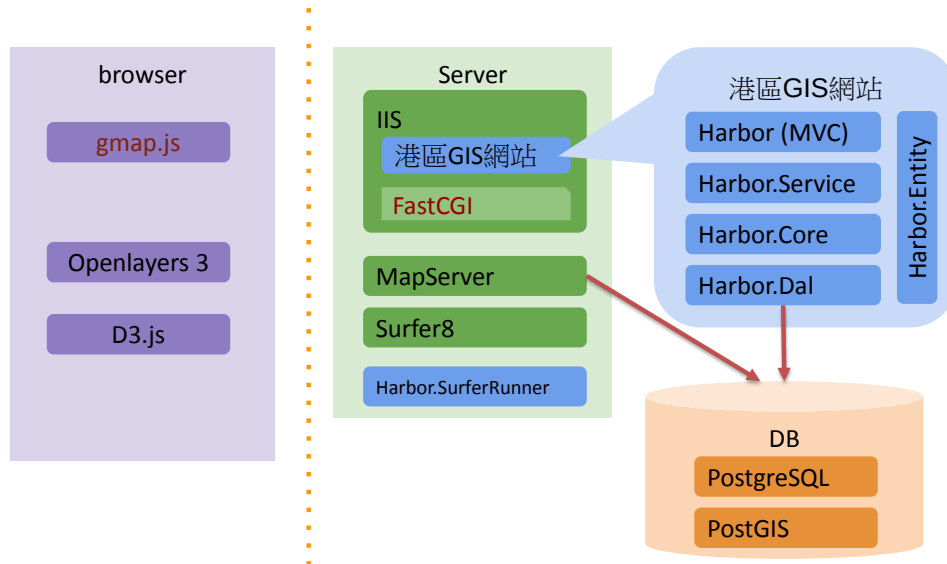
系統組成架構



系統核心技術

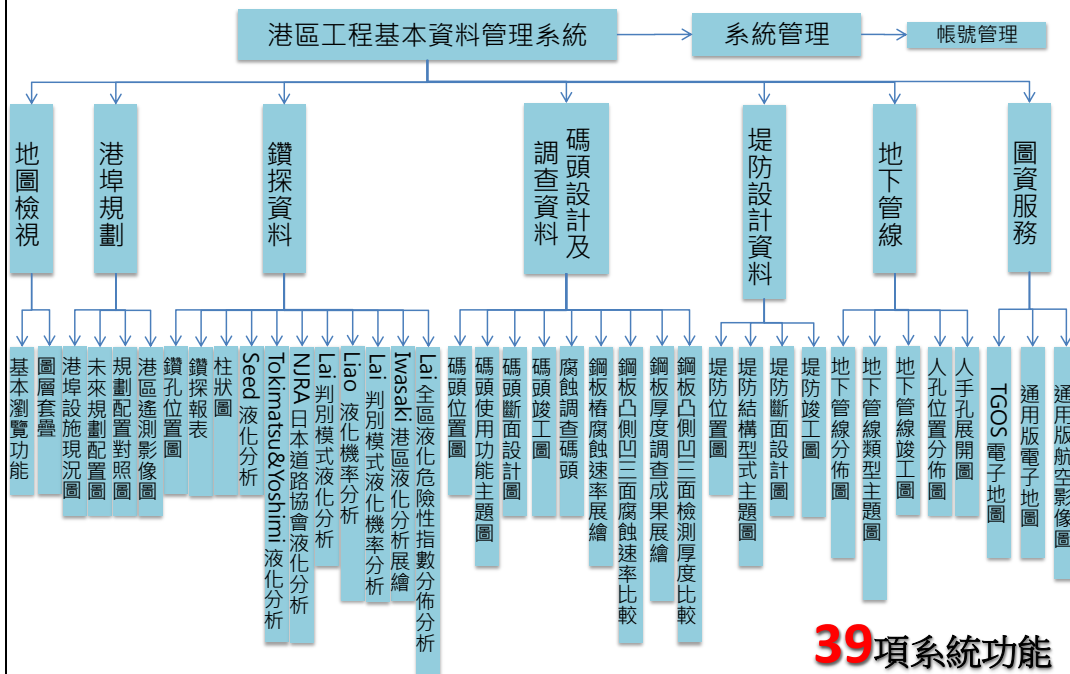


系統開發架構



11

系統功能架構



12

港區資料瀏覽權限

港區資料/公司別		臺灣港務總公司										金門港務處	連江港務處
		港務總公司	基隆港群			台中港群		高雄港群			花蓮港群		
			基隆港	臺北港	蘇澳港	台中港	高雄港	馬公港	布袋港	安平港	花蓮港		
基隆港群	基隆港	●	●										
	臺北港	●		●									
	蘇澳港	●			●								
台中港群	台中港	●				●							
高雄港群	高雄港	●					●						
	馬公港	●						●					
	布袋港	●							●				
	安平港	●								●			
花蓮港群	花蓮港	●									●		
金門港群												●	
連江港群													●

13

系統使用者權限規劃

功能類別	功能項目	一般使用者	業務單位使用者	系統管理者
地圖檢視	基本瀏覽功能、圖層套疊	●	●	●
港埠規劃	港埠設施現況圖、未來規劃配置圖、規劃配置對照圖、港區遙測影像圖	●	●	●
鑽探資料	鑽孔位置圖、鑽探報表、柱狀圖	●	●	●
	Seed液化分析、Tokimatsu&Yoshimi液化分析、NJRA日本道路協會液化分析、Lai判別模式液化分析、Iwasaki港區液化分析展繪		●	●
碼頭設計及調查資料	碼頭位置圖、碼頭使用功能主題圖、碼頭斷面設計圖、腐蝕調查碼頭、碼頭竣工圖	●	●	●
	鋼板樁腐蝕速率展繪、鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較、鋼板厚度調查成果展繪、鋼板凸側凹三面檢測厚度比較		●	●
堤防設計資料	堤防位置圖、堤防結構型式主題圖、堤防斷面設計圖、堤防竣工圖	●	●	●
地下管線	地下管線分佈圖、地下管線類型主題圖、地下管線竣工圖、人孔位置分佈圖、人手孔展開圖	●	●	●
圖資服務	TGOS電子地圖、通用版電子地圖、通用版航空影像圖	●	●	●
系統管理	帳號管理			●

14

系統平台主視覺設計



15

港區選擇與圖台切換



✓ 本案優先納入港區

16

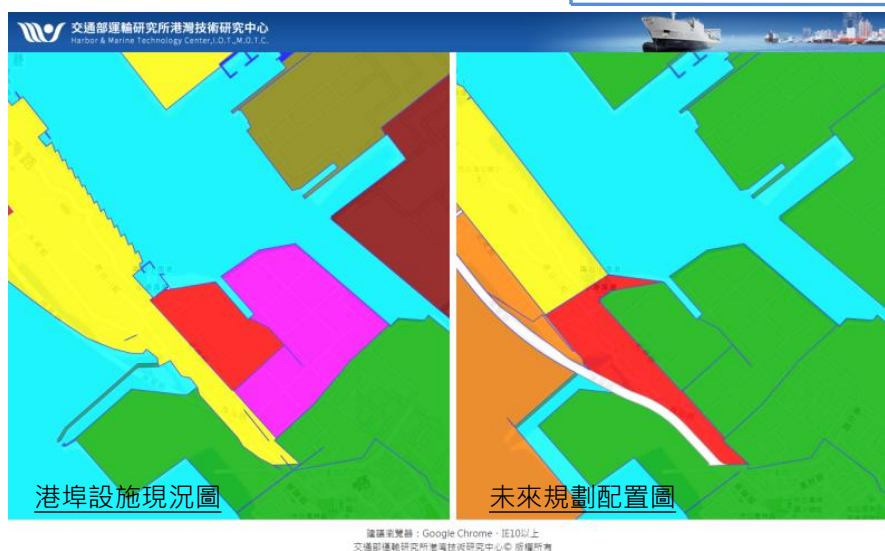
系統平台配置



17

港埠規劃配置對照圖

動態同時檢視「港埠設施現況圖」與「未來規劃配置圖」，可同步平移、放大與縮小



18

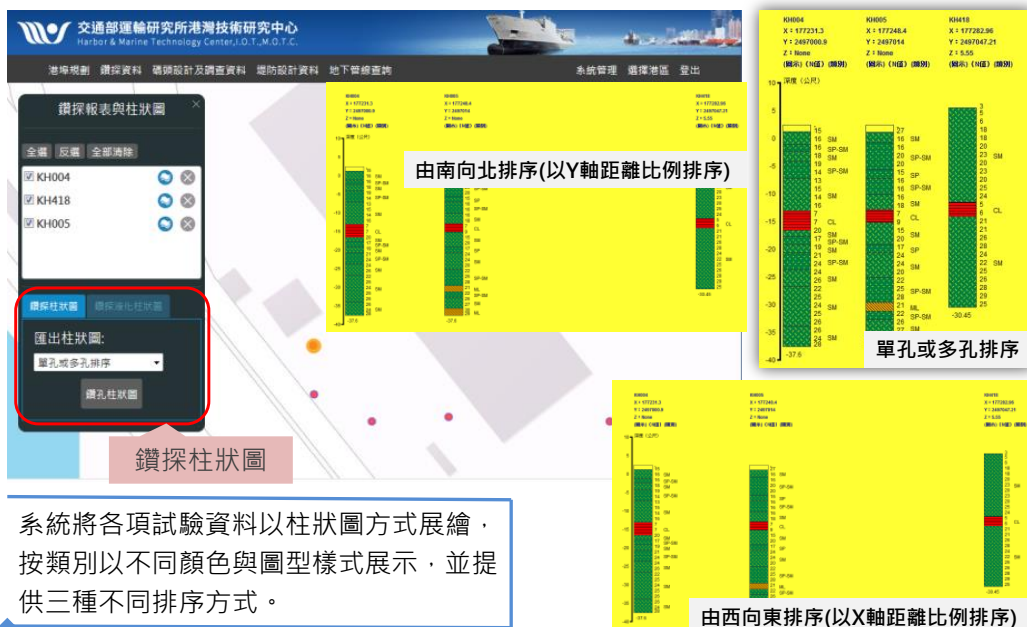
鑽探報表檢視

系統將抓取資料庫各項試驗資料產製一般鑽探文字報表



19

鑽探柱狀圖



20

鑽探液化柱狀圖

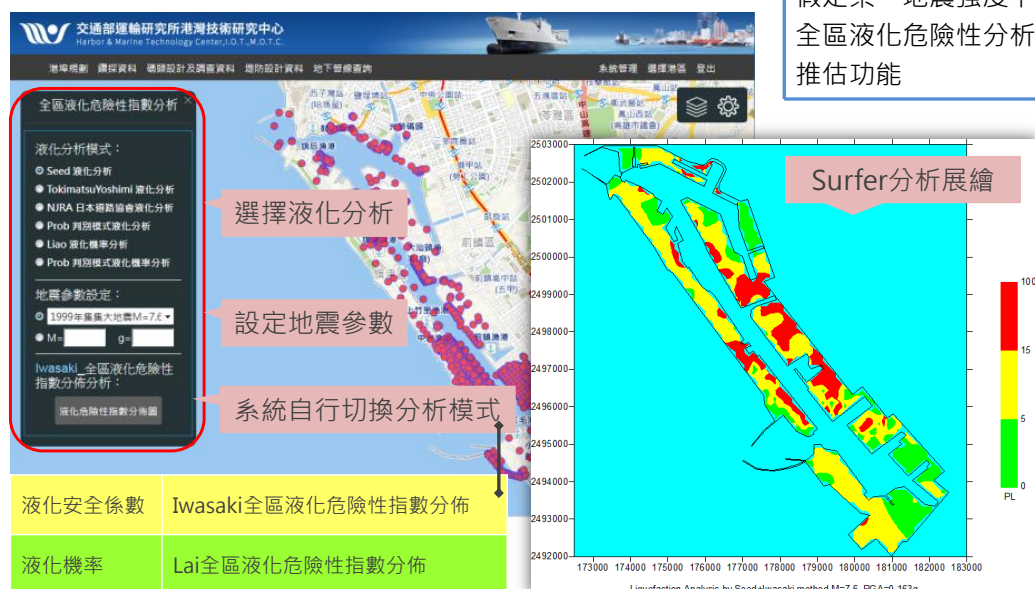
透過鑽探液化柱狀圖瞭解在不同地震強度發生時，各土層發生液化的可能



21

全區液化危險性指數分佈分析

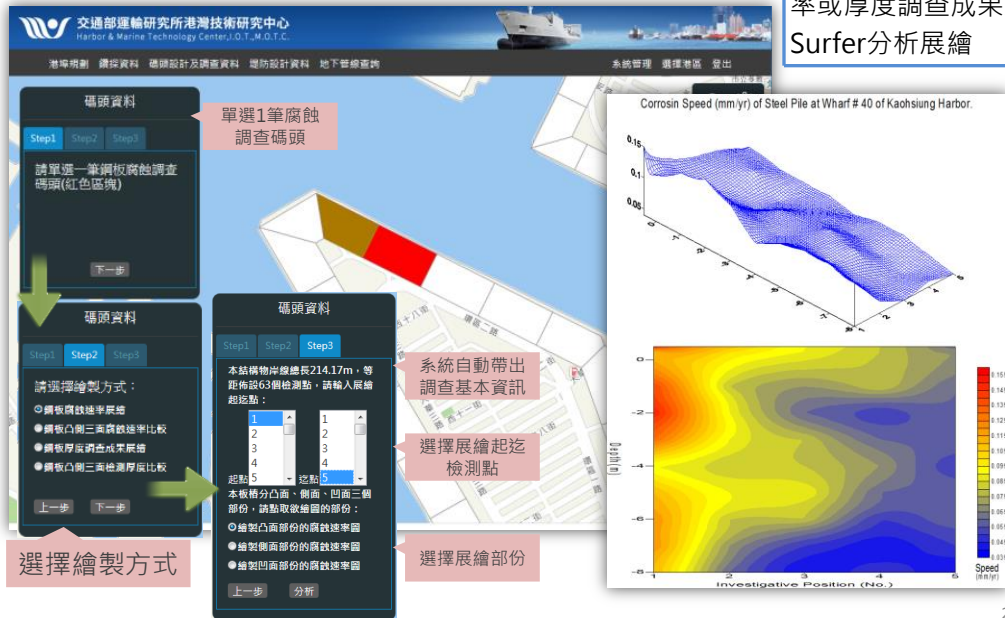
假定某一地震強度下
全區液化危險性分析
推估功能



22

鋼板腐蝕速率(檢測厚度)展繪

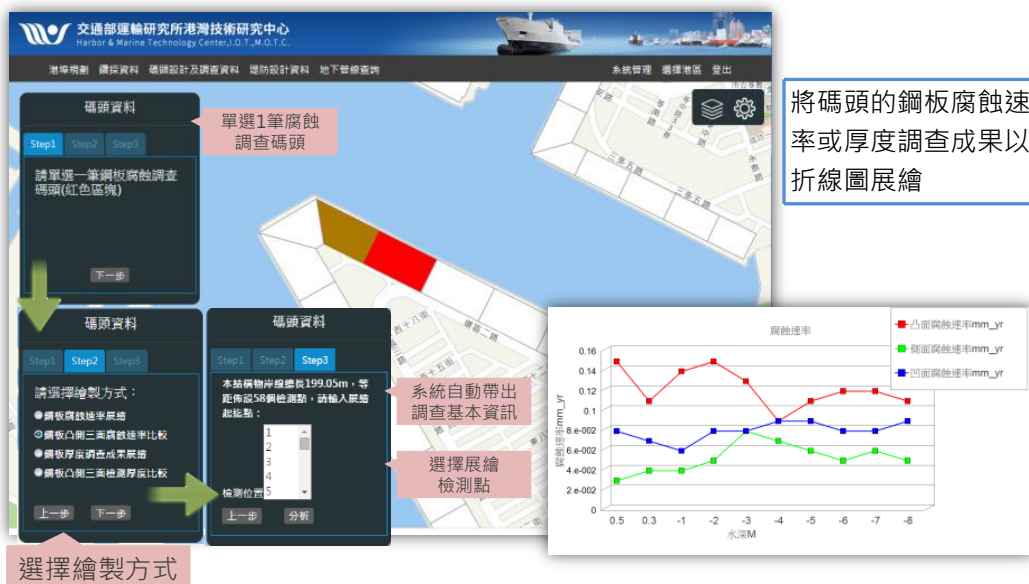
將碼頭的鋼板腐蝕速率或厚度調查成果以 Surfer 分析展繪



23

鋼板凸側凹三面腐蝕速率(檢測厚度)比較

將碼頭的鋼板腐蝕速率或厚度調查成果以折線圖展繪



24

港區工程圖資檢視

工程圖資類型	檔案格式	提供檢視方式
碼頭斷面設計圖	PDF	瀏覽器
碼頭竣工圖	ZIP	下載
堤防斷面設計圖	PDF	瀏覽器
堤防竣工圖	ZIP	下載
人手孔展開圖	PDF	瀏覽器
地下管線竣工圖	ZIP	下載

註：各式竣工圖檔較大，將提供Zip壓縮檔下載檢視

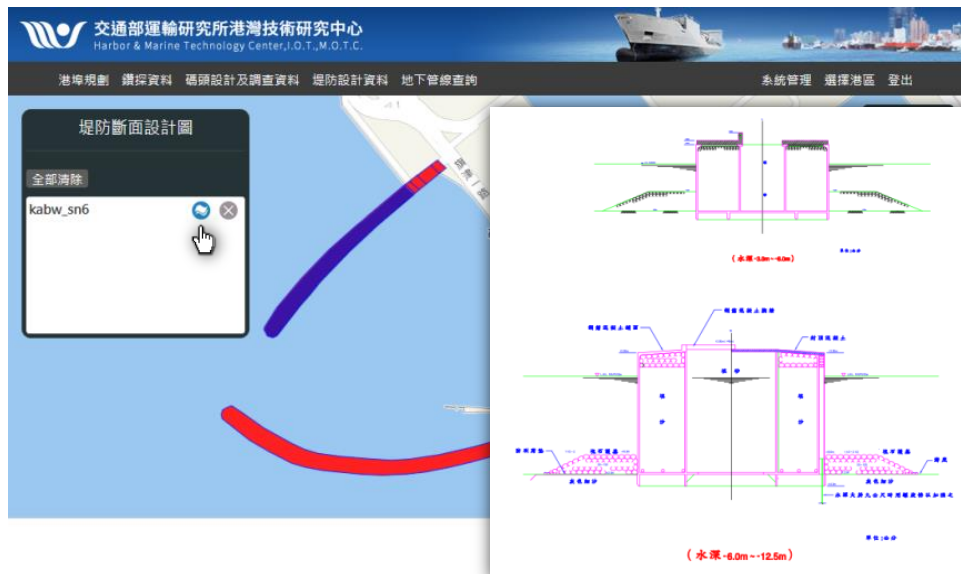
25

碼頭斷面設計圖



26

堤防斷面設計圖



27

人手孔展開圖



28

港區主題圖



碼頭使用功能主題圖

系統將不同主題以不同顏色展繪，並為了便於套疊分析，主題圖功能整合至圖層套疊功能內



堤防結構型式主題圖



地下管線類型主題圖

29

圖資服務接介



TGOS電子地圖

系統介接其它單位基本圖資服務，增加系統圖資多元性



通用版電子地圖



通用版正射影像

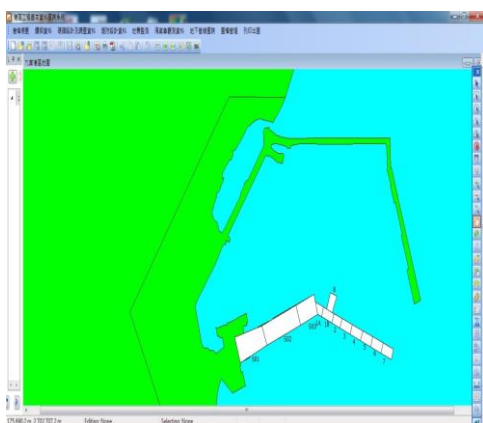
30

4

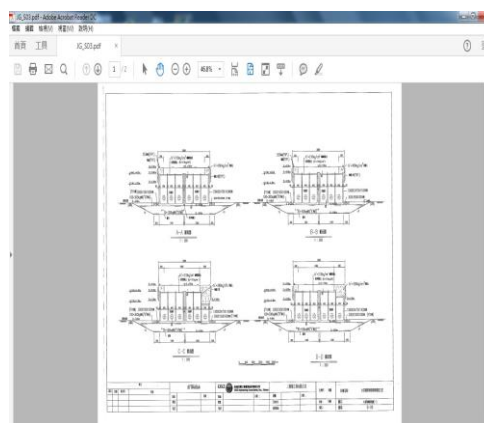
桌上型查詢系統資料維護與更新

在碼頭與堤防設計資料建檔查詢方面，因為碼頭與堤防之原始設計AutoCAD檔取得不易，顧本研究收集各港區的碼頭平面、立面即細部設計等掃描檔案，轉製成pdf格式，並且修正查詢模組，再存入本系統資料庫中，提供需參閱細部設計者查詢取用。

碼頭資料更新建置及查詢展示

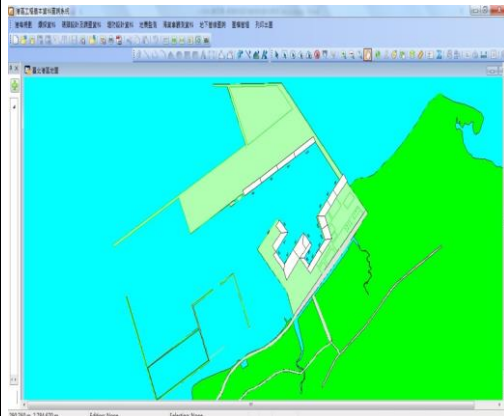


金門九宮港區碼頭位置分佈圖

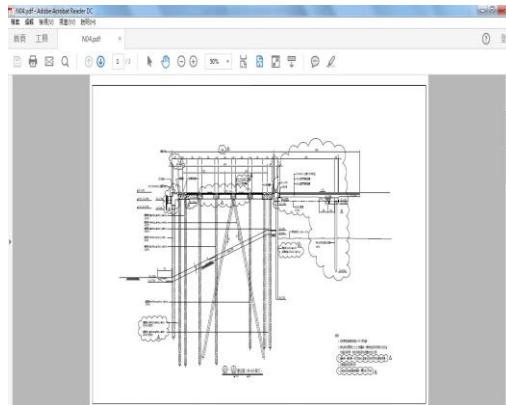


金門九宮港區碼頭碼頭斷面設計資料_pdf檔

碼頭資料更新建置及查詢展示

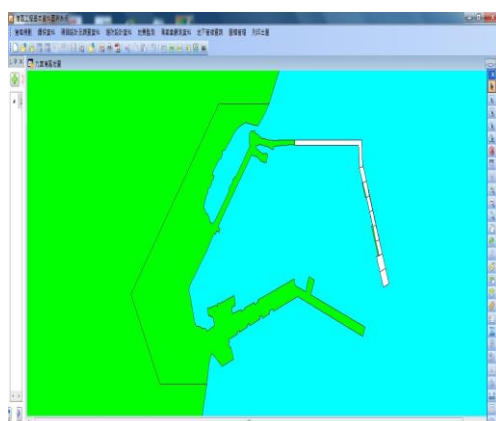


臺北港區碼頭位置分佈圖

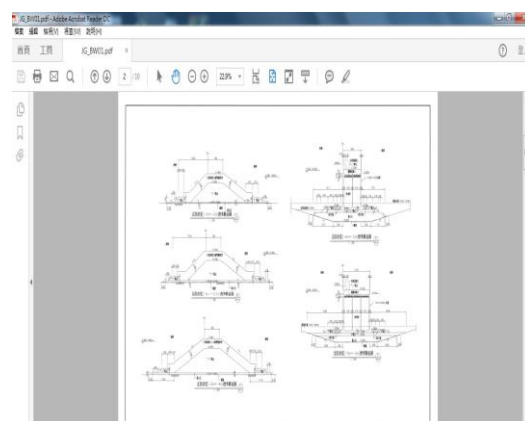


臺北港港區碼頭碼頭斷面設計資料_pdf檔

堤防資料更新建置及查詢展示

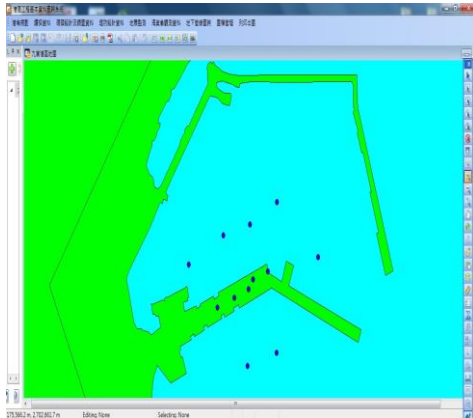


九宮港區堤防位置分佈圖

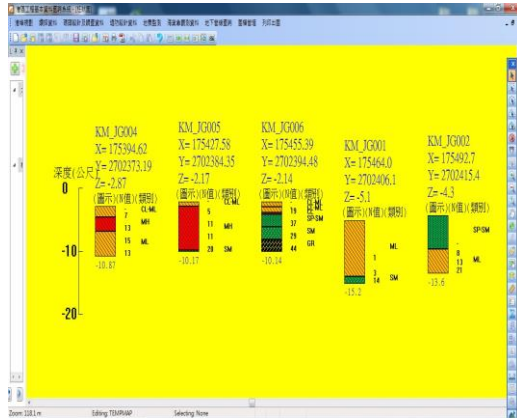


九宮港區斷面設計資料_pdf檔

港區地質資料分析建置



九宮港區鑽探孔位分佈圖



九宮港區鑽孔柱狀圖

港區地質資料分析建置

請選擇地震強度

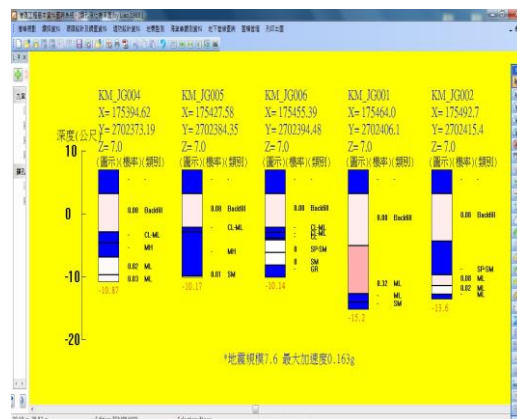
地震規模M 當地最大地表加速度g

- ☐ 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年新竹臺中地震M=7.1, 臺中港區0.15g
- ☒ 1999年集集大地震M=7.6, 臺中港區0.163g
- ☐ 1995年阪神大地震M=7.2, 神戶港區0.55g
- ☐ 臺灣地震甲區:M=7.5, 加速度0.33g
- ☐ 臺灣地震乙區:M=7.5, 加速度0.23g

地震規模M= , 最大地表加速度g=

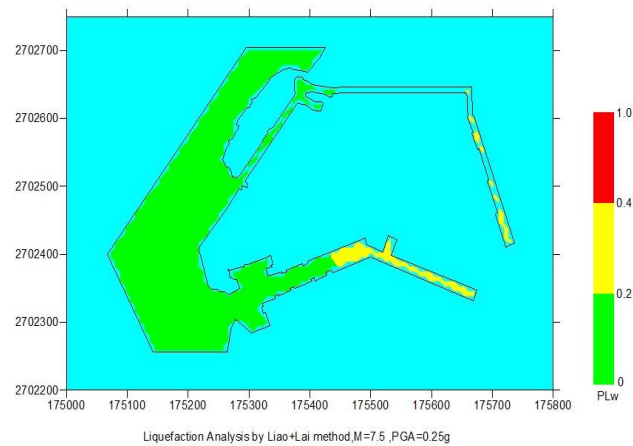
確認 取消

地震強度選取對話框



九宮港區鑽孔Liao液化機率分析結果柱狀圖

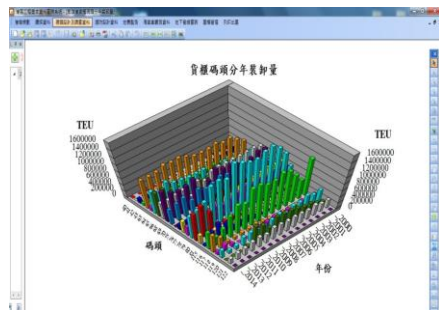
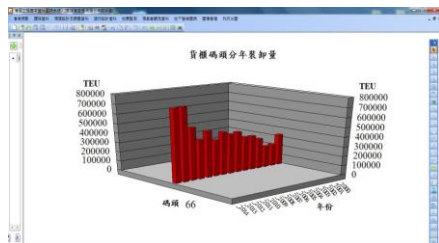
港區地質資料分析建置



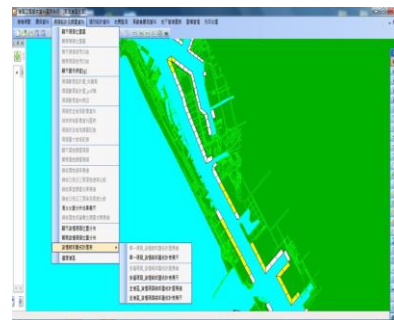
九宮港區Liao+Lai法全區液化危險性指數分佈圖

貨櫃碼頭營運資料查詢展示

所點選單一貨櫃區歷年裝卸量



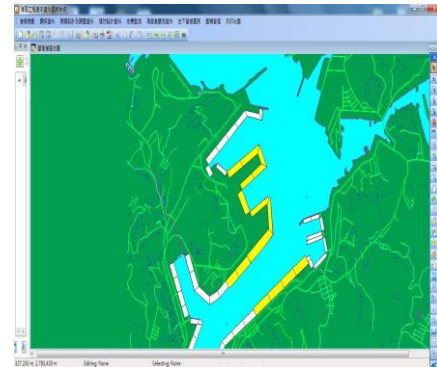
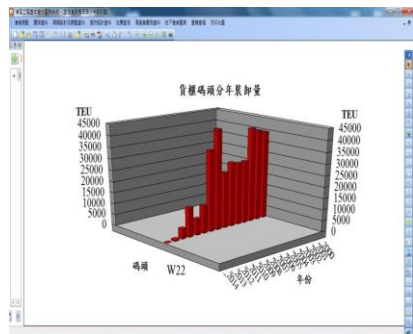
全港各貨櫃區歷年裝卸量



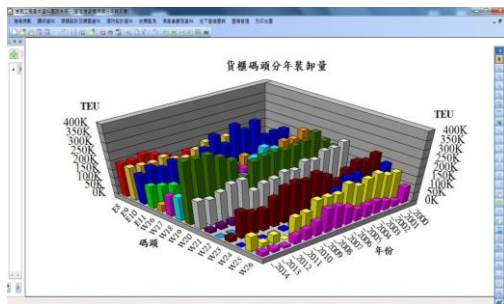
為了解各個貨櫃碼頭年度荷載量及使用頻率的高低，以供碼頭工程維護及預算編列的考量，需要較詳細的來統計各個碼頭的年營運量。故港灣工程基本資料庫中，也在碼頭資料庫中貨櫃碼頭營運資料項。

高雄港貨櫃碼頭裝卸量展繪

• 所點選單一貨櫃區歷年裝卸量



黃色區塊為貨櫃碼頭區，可展繪所點選之貨櫃區歷年裝卸量，或全港各貨櫃區裝卸量。



• 全港各貨櫃區歷年裝卸量

基隆港貨櫃碼頭裝卸量展繪

■ 結論與建議

1. 依據本所MapInfo開發的「港區工程基本資料查詢系統」架構，提出網路化架構整體規劃，設計資料庫及網頁分析展繪功能。
2. 網路查詢系統開發各式功能模組，包括「圖台查詢展示模組」、「鑽探資料展繪模組」、「液化分析模組」、「鑽孔液化分析展繪模組」、「港區液化分析展繪模組」、「鋼板樁腐蝕速率展繪模組」。
3. 系統成功整合Surfer軟體執行內插演算，使用者透過瀏覽器呼叫伺服器端Surfer軟體展繪成果並反饋使用者端。
4. 維護桌上型港區工程基本資料庫系統及分析模組。

■ 結論與建議

5. 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。本計畫於年度內新增高雄、臺中及基隆等三個國際大港2014年的運量統計。
6. 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。
7. 本研究之網路版查詢系統已建立起查詢架構與分析模組,後續可依此方式增建各港區之資料。

簡報完畢
敬請指正

