91-15-714
MOTC-IOT-IHMT-GA9014

五大港區三維查詢系統建置研究(一)

交 通 部 運 輸 研 究 所

中華民國九十一年二月

91-15-714
MOTC-IOT-IHMT-GA9014

五大港區三維查詢系統建置研究(一)

著者：謝明志、單誠基、李豐博

交 通 部 運 輸 研 究 所

中華民國九十一年二月

五大港區三維查詢系統建置研究(一)

著　　者：謝明志、單誠基、李豐博
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：台北市敦化北路 240 號
網　　址：www.iot.gov.tw
電　　話：(02)23496789
出版年月：中華民國九十一年二月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊
工 本 費： 200
展 售 處：
交通部運輸研究所港灣技術研究中心　電話：(04)26564216
三民書局：台北市重慶南路一段 61 號 2 樓　電話：(02)23617511
五南文化廣場：台中市中山路 2 號地下 1F　電話：(04)22260330
新進圖書廣場：彰化市光復路 177 號　電話：(04)7252792
青年書局：高雄市青年一路 141 號　電話：(07)3324910

GPN：1009100423

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：五大港區三維查詢系統建置研究(一)

國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號
	1009100423	91-15-714

主辦單位：港灣技術研究中心
主管：邱永芳
計畫主持人：謝明志
研究人員：單誠基、李豐博
聯絡電話：04-26564216 轉 403
傳真號碼：04-26571329

研究期間
自 90 年 1 月
至 90 年 12 月

關鍵詞：地理資訊系統、地震、土壤液化、三維模型

摘要：

本年度以此計畫繼續擴建本中心的地理資訊系統，年度內所執行的工作，主要有三方面：(1) 系統資料的補充更新，(2) 港區三維模型的增建，(3) 資料應用模組的開發。針對各項地質及結構設計相關資料，本計畫進行整理篩選，並補充暨有結構物平面設計資料，資料庫內容包括現場地質調查資料、衛星資料圖、碼頭堤防斷面設計等，一般資料以分析圖及統計表型態配合地理資訊展現。在港區三維模型的增建上，本計畫接續上一年度台中港三維模型的建置，本年度繼續以MicroStation軟體繪製基隆港的三維圖檔，待各港的三維導覽建置完成後，將與查詢系統聯結，期使所建資料庫系統更臻完善。

在資料應用模組開發方面，本計畫針對地質資料已撰寫柱狀圖展繪及地震液化機率分析模組，為因應國家加強防災研究之重要方針，本計畫著手開發Seed、Tokimatsu & Yoshimi、日本道路協會等不同分析模式，並以具有等值分析功能之Surfer軟體，配合台中港區的地質資料，撰寫Iwasaki區域液化危險度分析應用模組，而在原先的液化機率分析模式上，也擴增Lai的區域液化機率危險度分析應用模組，且利用MapBasic程式語言設計查詢架構及撰寫查詢程式，將地質資料之鑽探報表、柱狀圖、單孔及多孔液化分析、港池全區液化危險度等成果，設計成連續展繪的程式模組，提供使用者依地震強度選單輸入地震數據，可一系列的查詢台中港區各種地震強度之液化模擬境況。而其它沙質港區如台北港、高雄港等之資料建置及液化分析應用模組，將在後續計畫繼續執行。

出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
91 年 2 月	106	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。

機密等級：

□限閱 □密 □機密 □極機密 □絕對機密

（解密【限】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: Establishing of Consulting System of 5 International Commercial Harbors with 3 - Dimensional Model.(I)

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER
	1009100423	91-15-714

DIVISION:CENTER OF HARBOR & MARINE TECHNOLOGY
DIVISION CHIEF:Yung-Fang Chiu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ming-Jyh Hsieh
PROJECT STAFF: Chen-Chi Shan, Feng-Bore Lee
PHONE:04-26564216 ext 403
FAX:04-26571329

PROJECT PERIOD
FROM 2001/1/1
TO 2001/12/31

KEY WORDS: Geographic Information System, Earthquake, Soil Liquefaction, Three Dimension Model

ABSTRACT:

The expanding of our center's geographic information system will be continued this year. In this project our works focus on 3 aspects, such as (1) system data renewing, (2) data increase of the 3 - dimensional model of harbors, and (3) development of data application modules. We exam the geologic investigation data, collect the design figures of renewal structures, increase our database with remote sensing data, wharf section and breakwater section data. In the establishment of 3 - dimensional model , we still use MicroStation software to produce the 3 - dimensional files of Keelung Harbor in order to continue last year's establishment of Taichung Harbor model .

In the aspect of development on data application module, we have had the log plotting module and the liquefaction probability module of boring holes, with the important direction of disaster prevention research of national policy, we try to develop another different liquefaction modules such as Seed method, Tokimatsu & Yoshimi method and Japanese Road Association method in this project, then we will write up the Iwasaki liquefaction risk module and the Lai probability risk module to exhibit risk contour distribution . Now we can sequentially obtain the results of boring report, log diagram, hole liquefaction analysis and the liquefaction risk distribution of Taichung Harbor in our consulting system.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
Feb. 2002	106	200	☐SECRET ☐CONFIDENTIAL ■UNCLASSIFIED

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

目　錄

中文摘要.....I

英文摘要.....II

圖目錄..... IV

表目錄..... VI

第一章　計畫緣起及目的..... 1

第二章　地理資訊系統的應用 4

第三章　系統開發工具 7

第四章　資料處理及系統建置 11

第五章　系統資料補充更新.....17

第六章　港區三維模型增建.....26

第七章　系統應用模組開發.....33

第八章　系統查詢展示 55

第九章　結論與建議.....66

參考文獻.....68

摘要報告.....**附** 1-1

簡報資料.....**附** 2-1

審查意見.....**附** 3-1

圖目錄

圖 5-1 **基隆港東八、東九、東十等碼頭位置圖** 17

圖 5-2 **基隆港東八至東十碼頭舊設計斷面圖**..... 18

圖 5-3 **基隆港東八至東十碼頭擴建後之設計斷面圖**..... 18

圖 5-4 **基隆港堤防分佈位置及構造型式分類展示圖**..... 19

圖 5-5 **基隆港沉箱合成堤斷面圖**..... 20

圖 5-6 **基隆港規劃配置修正圖** 21

圖 5-7 **花蓮港碼頭位置分佈圖** 22

圖 5-8 **花蓮港** 25 **號碼頭修復後之斷面及剖面圖** 22

圖 5-9 **花蓮港堤防分佈位置及構造型式分類展示圖**..... 23

圖 5-10 **花蓮港沉箱合成堤斷面圖**..... 23

圖 5-11 **花蓮港使用現況與未來規劃對照圖**..... 24

圖 5-12 **台中港西** 6 **碼頭設計斷面圖** 25

圖 5-13 **台中港北防波堤外延段設計斷面圖**..... 25

圖 6-1 **基隆港三維地形頂視圖** 28

圖 6-2 **基隆港製圖分區及部份結構物套疊圖**..... 29

圖 6-3 **基隆港** D3 **製圖區結構物頂視圖**..... 30

圖 6-4 **基隆港港口三維景視圖** 31

圖 6-5 **基隆港西岸貨櫃儲運場三維景視圖**..... 32

圖 6-4 **基隆港港口三維景視圖** 31

圖 7-1 **地震規模** MW=7.5 **時，不同細料含量之液化阻抗與（**N_1**）**$_{60}$ **關係** 34

圖 7-2 應力折減係數g_d的由來..... 36
圖 7-3 標準貫入試驗打擊能量比與深度之關係..... 40
圖 7-4 Seed 簡易經驗法（1997NCEER Workshop）分析流程..... 41
圖 7-5 Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法（1983）分析流程..... 44
圖 7-6 日本道路橋協會簡易經驗法（1996）分析流程..... 48
圖 8-1 查詢系統主畫面..... 61
圖 8-2 台中港區地圖圖層及選單下拉模式..... 61
圖 8-3 台中港的鑽探孔位分佈圖..... 62
圖 8-4 鑽孔柱狀圖..... 62
圖 8-5 地震強度之選取對話框..... 63
圖 8-6 鑽孔液化機率分析結果柱狀圖..... 63
圖 8-7 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖..... 64
圖 8-8 Seed 抗液化安全係數柱狀圖..... 64
圖 8-9 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖..... 65

表目錄

表 4-1 **碼頭設計使用資料檔案及資料錄說明**..... 13

表 4-2 **港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明**..... 14

表 4-3 **鑽孔之試驗資料檔案及資料錄說明**..... 16

表 7-1 SPT-N **值簡易液化評估法之比較**..... 38

第一章 計畫緣起及目的

1.1 計畫緣起

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

本計畫針對各項地質及結構設計相關資料進行整理篩選，並補充暨有結構物平面設計資料，資料庫內容包括現場地質調查資料、衛星資料圖、碼頭堤防斷面設計等，一般資料以分析圖及統計表型態配合地理資訊展現，以期使所建資料庫更臻完整。。

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

1.2 資料建置之重要性

大凡建築工程之規劃設計，皆以搜集環境特性資料為第一要務；而大型的港灣工程，其橫跨之區域動輒數公里以上，區域內的地質及海氣象資料之獲得，乃為最基本之規劃依據。若有完整的港區工程基本資料庫，則港灣建設在工程規劃階段，將可以節省龐大的經費、時

間與人力。且因台灣地處環太平洋地震帶，港灣結構物的最大破壞力乃為烈震強浪所帶來的強烈衝擊及其延生的土壤液化、變形等現象。依據 1989 年美國加州灣區烈震調查，受災最嚴重的位置，均在海灣淤泥層及填土區上，1994 年 1 月 17 日，加州又現烈震，報告指出嚴重災區也多在軟弱地層上。隔年同日(1995 年 1 月 17 日)，日本阪神發生加速度達 833 gal 的烈震，回填區大面積液化，可見震災之分佈與地質條件有絕對密切之關係。2000 年 9 月 21 日，台灣發生集集大地震，距震央相隔三十餘公里的台中港，1 號至 4A 等五座碼頭亦嚴重受創。對於地震這類不可預知的天然災害，若能事先確知那些地點於地震時較可能受創，當可事先採取適當之防範措施。另由於台灣每年平均遭受 3.5 次的颱風侵襲，強風引致大浪，沖擊沿海港灣，對港灣海堤造成破壞，尤以東岸面對太平洋的港口，所帶來的損害最為劇烈。且近 20 年來台灣沿海地區地層下陷問題嚴重，每遇豪雨暴潮，基至平時大潮滿潮，即發生海水倒灌，財產損失不貲，布袋、安平兩港正座落於下陷嚴重的嘉南平原地區，因此港區新生地之填土高程，碼頭堤防之設計高程，宜先預留容許下陷量，以防範未然。對台灣港區而言，建立完整的基本工程資料庫，除了規劃預算階段可獲得省時、省力、省錢等效益外，亦能達到災害防治的目的。將來並可依據這些資料來推災害的可能發生程度及其它工程應用，以作為規劃設計及災害防治上的基本資料。

1.3 資料處理層級

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

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

(1)建立港區基本地圖資料系統。

(2)建立港區工程環境資料系統。

(3)能展示港區相關資料。

(4)應用資料並撰寫分析程式。

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

1.4 資料建檔目的

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

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

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

第二章 地理資訊系統的應用

2.1 何謂地理資訊系統

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的共同基礎。也因它涵蓋了多種領域的技術，所以要給予一個明確的定義也相當困難。一般而言，都認為 GIS 是一種資訊工具或資訊系統，可用來儲存及處理各種類型的空間資料，並給予適當的運用。國內學者施保旭曾表示：GIS 的精神，在於它能將針對空間個體所得到的各種不同資訊加以整合。他也以軟體工具箱的角度，對 GIS 提出一個概括性的定義，他認為 GIS 乃是一組軟體，它可以使我們：

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

以及

5.前述工具針對特定應用加以組合調適所得的應用系統。

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

2.2 地理資訊系統能做什麼？

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

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

2.3 地理資訊系統的應用範疇

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

來協助工作的進行。

第三章 系統開發工具

3.1 MapInfo 地理資訊系統

依據資料建檔工作所需具備之軟體基本功能，本研究採用美國 MapInfo 公司所發展的地理資訊系統(Geographic Information System，簡稱 GIS)應用軟體，該軟體即命名為 MapInfo，版本為 4.5 版，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, FoxBase, Clipper),Lotus1-2-3,Excel 和檔，在主從架構下透過選擇式查詢資料聯結(SQL Data Link)，可直接查詢並讀取和 SYBASE 的資料庫。
4. 功能強大的簡報及出圖能力，搭配中文視窗操作系統，可將屬性或文字資料以實體(True Type)中文字顯示於圖上。
5. 提供編圖工具箱，方便圖形切割剪貼和字型選擇非常方便，且可依特定比例尺出圖，並繪製圖例。
6. 使用多重文件界面(MDI)，可以很方便管理，並了解資料庫內每筆資料和圖形及統計表之間的關係。
7. 可配合資料內容產生大小不同之緩衝區，提供多種地圖投影方式，包括經緯度投影、橫麥卡托投影。
8. 具備多邊形交集、聯集分析，可隨時合併或分割大小不同的區域，甚至包含每個區域的屬性資料。

9.可在 Windows，Macintosh，Sun 和 HP 上使用相同的使用者界面和資料格式，所開發的應用軟體可快速移植到其他硬體上。

3.2 MapBasic 系統語言開發環境

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

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

(1)特殊事件控制(Special Evcnt Handlers)

(2)交互處理溝通(Inter-process Communication)

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

3.3 MicroStation 三維模型建置工具

依據系統建置目標以及所需具備之基本需求，本研究採用 Bentley

公司所發展的 MicroStation 系統軟體，來作為模型建置之主要工具。MicroStation 系統原本只發行工作站版，因此系統係以三維立體模式來開發，需要有大量快速記憶及計算能力的硬體才能操作，但也因此軟硬體價格極為昂貴，在歐美多為軍事研發機構在使用。近年來因個人電腦進步神速，Bentley 公司乃將系統改版發行，以個人電腦版降價銷售。該系統為視窗操作軟體，採用下拉式功能表及圖形精靈(icon)模式，提供強大的三維製圖能力及地理資訊處理功能，為一工具箱式的工具軟體，功能及操作都較為繁複，需使用者自行組合運用。該系統主要的功能略述如下：

1. 提供即時存檔，訂時備份功能。
2. 可於 DOS/Windows 3.1x/ 95/NT /PowerMAC 上執行。
3. 直覺式圖像化使用界面(GUI)與交談框，，並可自訂工作空間(Work space)。
4. 具有線上求助(Online help)及工具即時提示(Tools tip)功能。
5. 無限次數 回復/重置(UNDO/REDO) 功能。
6. 輸出 Vector 或 Raster 資料可預覽列印並轉換印表設備。
7. 可處理多重線(Mutlilines)並可自訂線型，線寬，顏色，層次及點的屬性。
8. 具有參數式零件管理資料庫及零件設計功能。
9. 提功關連式圖佈，剖面及尺寸標示，尺寸標準有 ANSI, ISO, DIN, JIS, AS1100 等。
10. 能計算圖元長度，面積，體積，質心和力矩。
11. 具有上彩(Rendering)，貼材質(Pattern / Bump Mapping)，透視(Transparency)，消隱線，反錯覺(Anti-aliasing)功能。
12. 可編修及自建材質庫。
13. 可製作及撥放穿越模擬(Fly through) / 陰影研究(Solar study)動畫，並支援 VRML、QuickTime VR 虛擬實境格式。
14. 可儲存/編修 24/16/8/2 bits 多種格式高解析影像檔，並可分割處理不受記憶體限制。

15.**提供** SQL **界面**, **支援** X-BASE(Dbase, FoxPro, Access), ORACLE, Infomix **及** RIS **資料庫界面。**

16.**提功** OLE 2.0 **資料鍊結**(DDE)**功能。**

17.**中文系統內建** big-5 **碼**, **具有倉頡**, **注音**, **內碼輸入法**, **擴充字型支援** TRUE TYPE Fonts(*.tt*), ACAD **字型**(*.shx)。

18.**具巨集語言可程式化重覆性工作並發展自定工具。**

19.**具程式發展語言**(MDL)**提供完整編譯功能。**

3.4 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 **軟體及** HP Scanjet **掃描儀加以輔佐。**

3.**基本地圖檔案保取用內政部資訊中心之基本圖檔，再利用** Auto CAD **軟體作圖檔轉入編輯，依據各港區所需的圖幅範圍結合成單一圖檔，再轉入** MapInfo **內使用。**

4.**外建資料的傳送，係透過內部網路系統，將各資料送回** MapInfo **工作主機上, 再將** Foxpro **及** Imagepals **所建立的檔案, 轉成** MapInfo **的內部檔案，在** MapInfo **系統內加以聯結使用。**

第四章 資料處理及系統建置

4.1 資料處理原則：

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

4.2 地圖座標系統

目前由於地圖投影的方式不一，以致有許多的地圖座標系統。台灣地區位於北半球、低緯度區。為配合國際性座標(Universal Transversal Meccator 簡寫 U.T.M.)，乃採橫麥卡托投影座標系統（簡稱 TM 系統），該系統在台灣之初建，係民國六十九年聯勤測量署以南投埔里虎子山一等三角點中心點所完成之 TM 二度分帶之全國三角點檢測。本報告即以此來建立相關圖層的座標系統。

4.3 輔助記憶體資料貯存架構

因 Mapinfo 的資料庫為模仿 Foxpro 的資料庫架構，此種架構被稱為半資料庫，此乃指系統內不同類別的資料，需各自存放於不同目錄位置，以此來區分各類資料。故其在輔助記憶體內的資料儲存架構，需先妥善規劃。由於五個國際港之碼頭及土層鑽探試驗資料極其龐大，且須考慮後續資料的新增，本研究規劃了一個 700Mb 容量的輔助記憶體，供 MapInfo 系統軟體、MapBasic 開發程式及港區資料貯存用。該輔助記憶體設定在 MapInfo 作主機的 D 槽，港區資料貯存在目錄 <Harbor-1>下，以五個次目錄分別存放五大港區相關資料，包括各港區

之基本地圖資料、碼頭設計及土層調查試驗資料等之相關資料庫檔案。

4.4 碼頭設計資料庫架構

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

4.5 鑽孔位置及剖面土層資料錄說明

在每一個港區目錄下，本研究建置了兩類資料庫存放標準貫入試驗相關資料，將港區內各鑽孔之座標、高程、試驗公司等抬頭資料存放於 Welldata.dbf 資料庫表格檔內，此表格檔存有 28 個欄位，其欄位名稱、中文說明、資料型態及長度如表 4.2 所示，存放於以港區英文名稱命名的目錄下，該表格檔除了存放這些基本資料外，還可利用 SQL 選取方式，選擇 Tag-Key,Pos_x,Pos_y 等三個欄位之資料，建置出一新的檔案，再由此新檔案製作出鑽孔位置分佈地圖檔。

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

表 4.1 碼頭設計使用資料檔案及資料錄說明

系統名稱：碼頭管理查詢系統			日期：　／　／	
檔案名稱：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 4.2 港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明

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

表 4.2 港區各鑽孔基本資料檔案及資料錄說明(續)

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次地下水位量測深度	Date	MMDDYY
25	Gw_level5	第5次地下水位量測深度	Decimal(7,2)	
26	Gw_date5	第5次地下水位量測深度	Date	MMDDYY
27	Gw_level6	第6次地下水位量測深度	Decimal(7,2)	
28	Gw_date6	第6次地下水位量測深度	Date	MMDDYY

表 4.3 鑽孔之試驗資料檔案及資料錄說明

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

第五章 系統資料補充更新

本中心所建置的「五大港區碼頭地工資料查詢系統」，收錄了台灣五個國際商港的碼頭、地質、規劃等資料，本年度仍繼續擴建該系統。相關資料經收集彙整後，建置成 MapInfo 圖檔，再以 MapBasic 語言開發查詢程式。年度內所建置及更新的資料，計有八大項，略述如下：

5.1 基隆港碼頭資料更新

基隆港東八、東九、東十碼頭，為因應貨櫃運量的需求，因此在原有的鋼板樁碼頭岸線，往外擴建寬度 20m 的基樁碼頭，浚深後設計水深達-12m。經收集該碼頭斷面資料，建置成 MapInfo 圖檔，供系統查詢展示。該三碼頭之位置如圖 5-1 所示。原先 YSPZ-38 鋼板樁碼頭斷面如圖 5-2 所示，擴建後之基樁碼頭斷面如圖 5-3 所示。

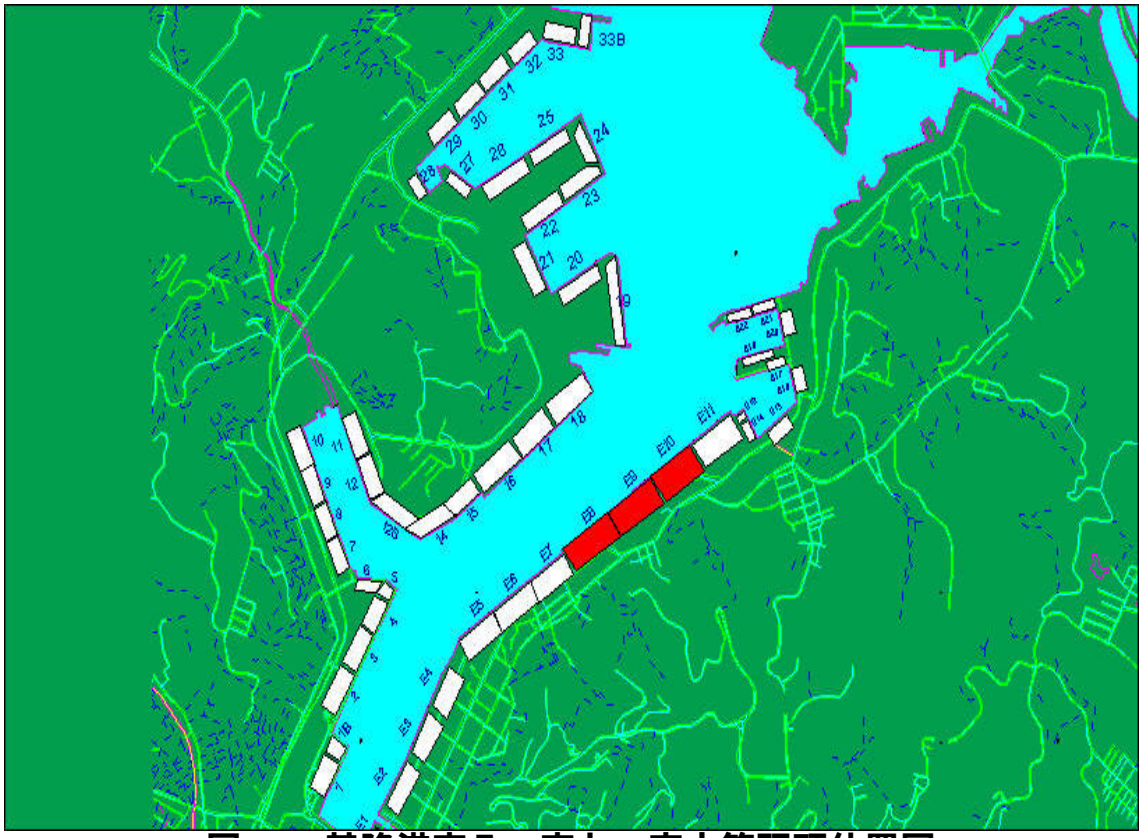


圖 5-1 基隆港東八、東九、東十等碼頭位置圖

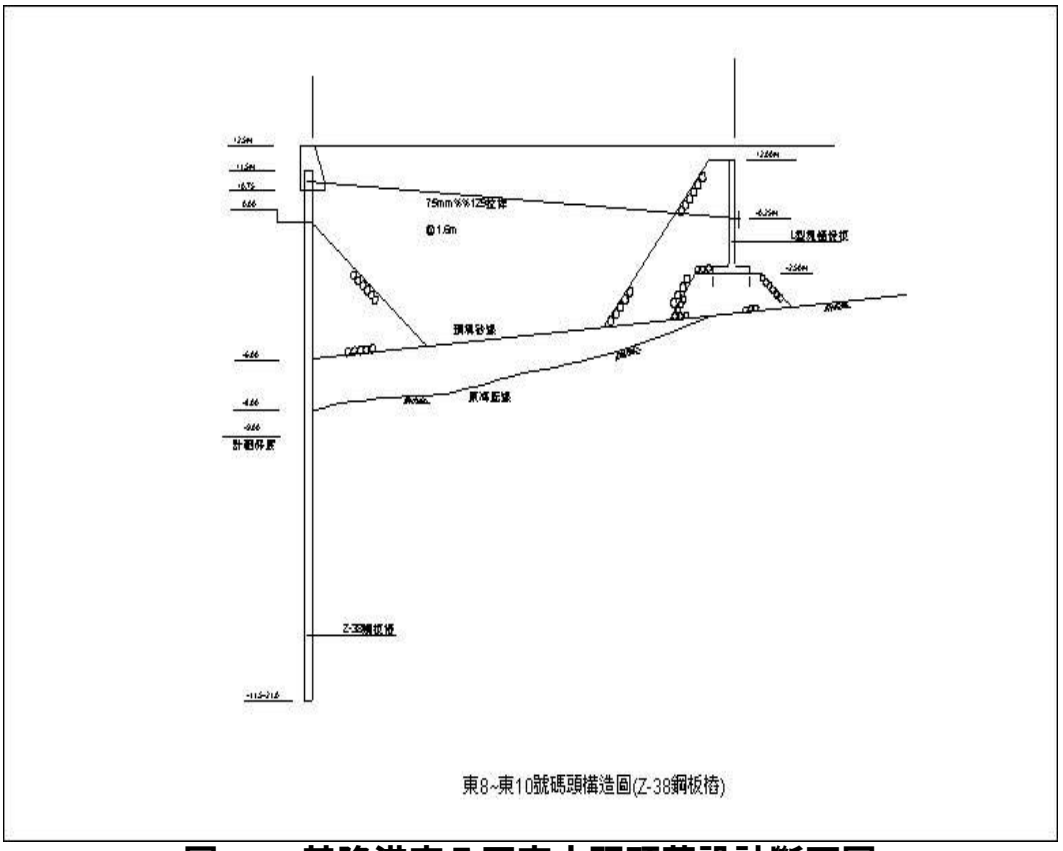


圖 5-2 基隆港東八至東十碼頭舊設計斷面圖

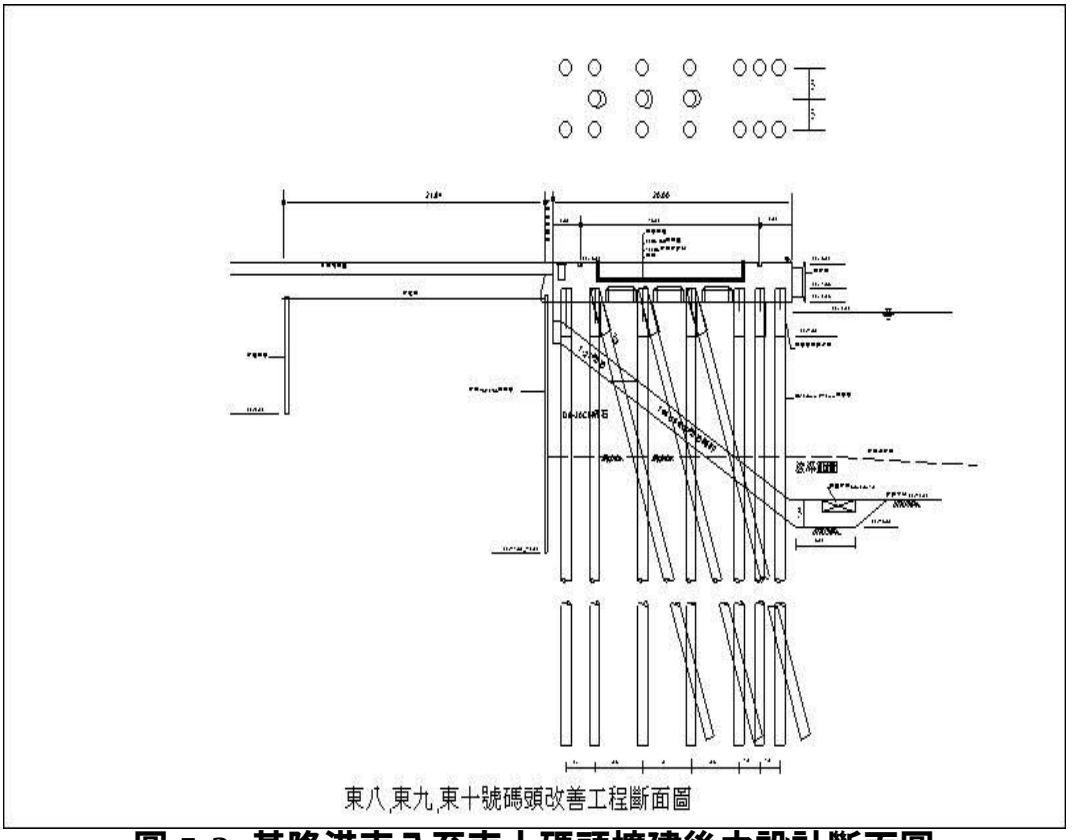


圖 5-3 基隆港東八至東十碼頭擴建後之設計斷面圖

5.2 基隆港堤防資料擴建

基隆港的堤防，計有東防波堤、東碎波堤、東堤延伸段、西防波堤、西碎波堤、八尺門防波堤、儲木池防波堤等七處，堤防型式可分沉箱合成堤、沉箱與混凝土砌塊合成堤、拋石堤、直立式方塊合成堤、直立堤、混凝土牆合成堤等類型，堤防的分佈及類別如圖 5-4 所示，其沉箱合成堤斷面如圖 5-5 所示。

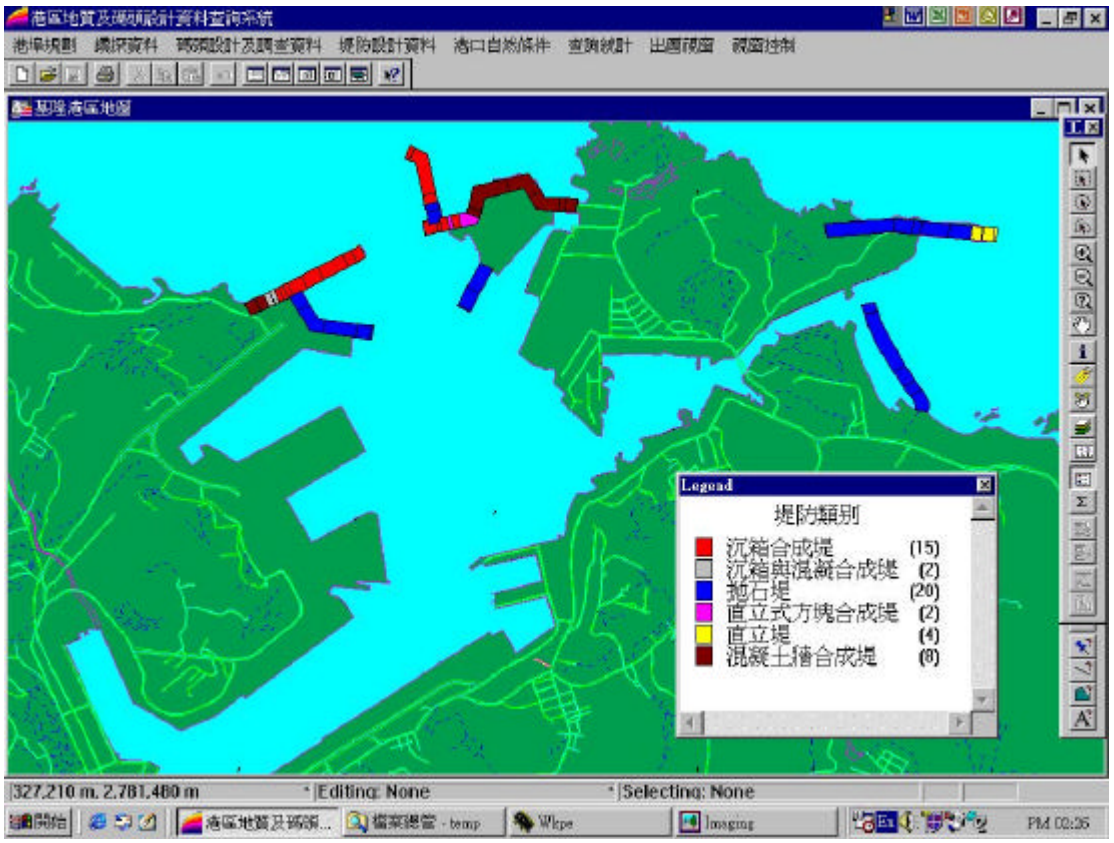


圖 5-4 基隆港堤防分佈位置及構造型式分類展示圖

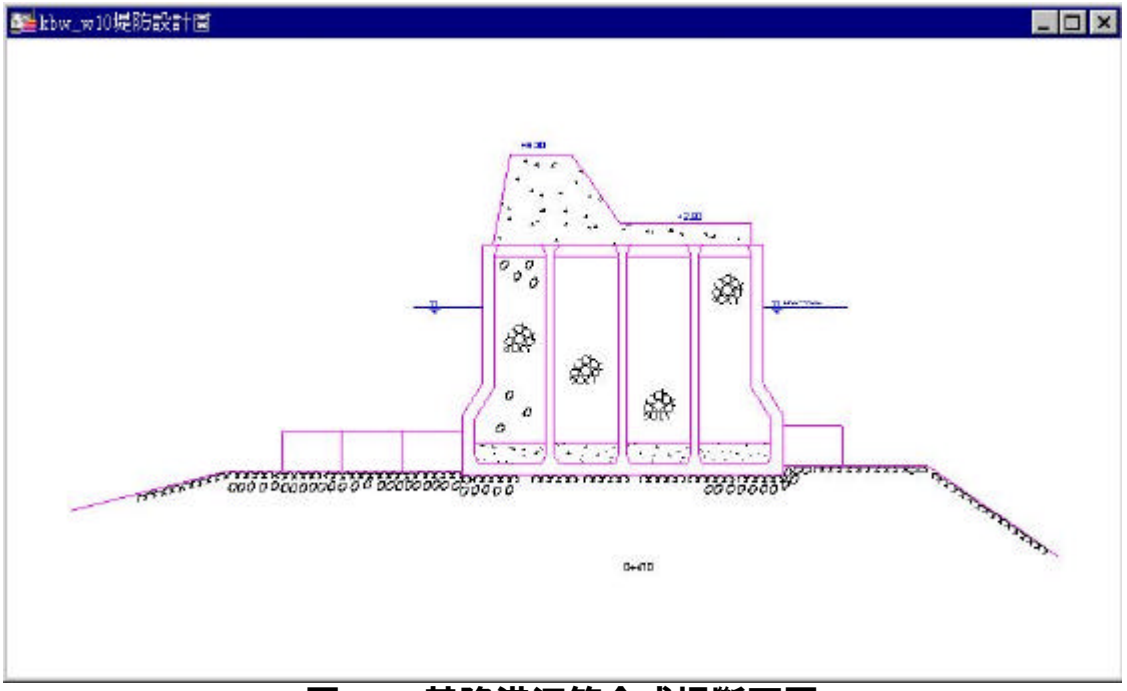


圖 5-5 基隆港沉箱合成堤斷面圖

5.3 基隆港規劃資料更新

基隆港八十五年整體規劃後，修造船廠的位置仍暫保留在西岸第二突堤碼頭南側轉角處，目前研議將修造船廠北移至西 28 **碼頭處，而原修造船廠之碼頭改建為貨櫃碼頭，使西岸貨櫃儲運廠的北櫃區及南櫃區連成一體，調度搭配將更靈活。其餘部份仍按原規劃構思，未作變更。修造船廠北移後的配置圖，如圖** 5-6 **所示。**

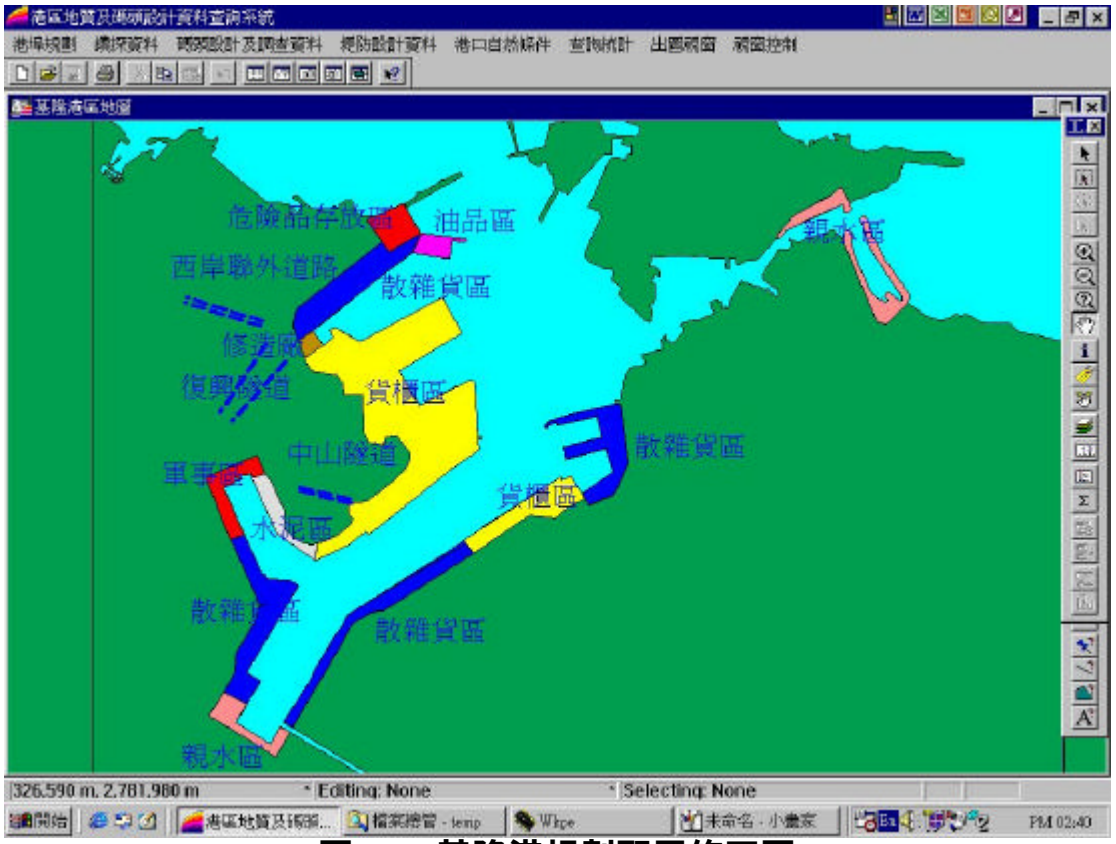


圖 5-6 基隆港規劃配置修正圖

5.4 花蓮港碼頭資料更新

花蓮港 25 號碼頭，位於港池最南端，為船舶進港後所遇之第一座碼頭，港池碼頭位置分佈如圖 5-7 所示。原先為消減風浪之能量，25 號碼頭沉箱靠海側設有消波隔艙，但因颱風巨浪而遭損壞，故鑿除破損艙沉箱頂版，清除斷裂水泥塊，於消波室下層填卵石料至-6m，而上層靠海側部份灌鑄水中混凝土，封閉消波孔，後半部仍填卵石料，並修復大樑及頂版，變更後之設計斷面及剖面圖如圖 5-8 所示。

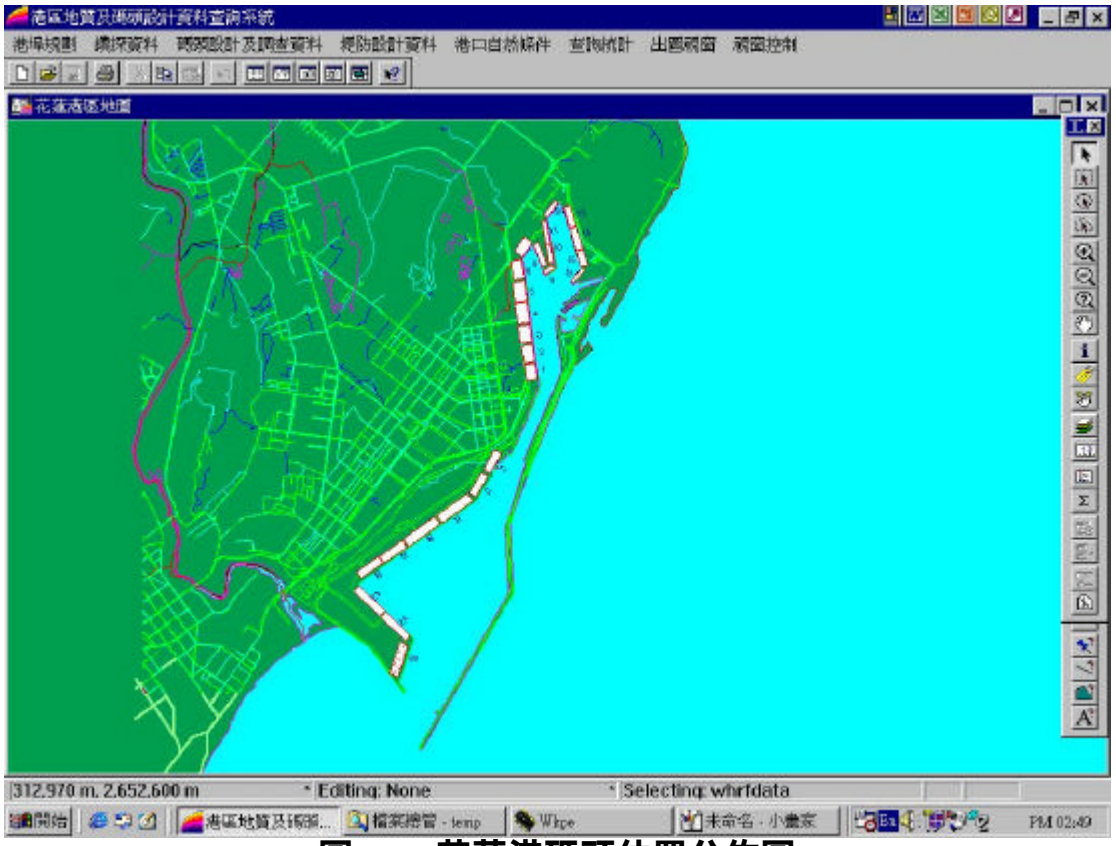


圖 5-7 花蓮港碼頭位置分佈圖

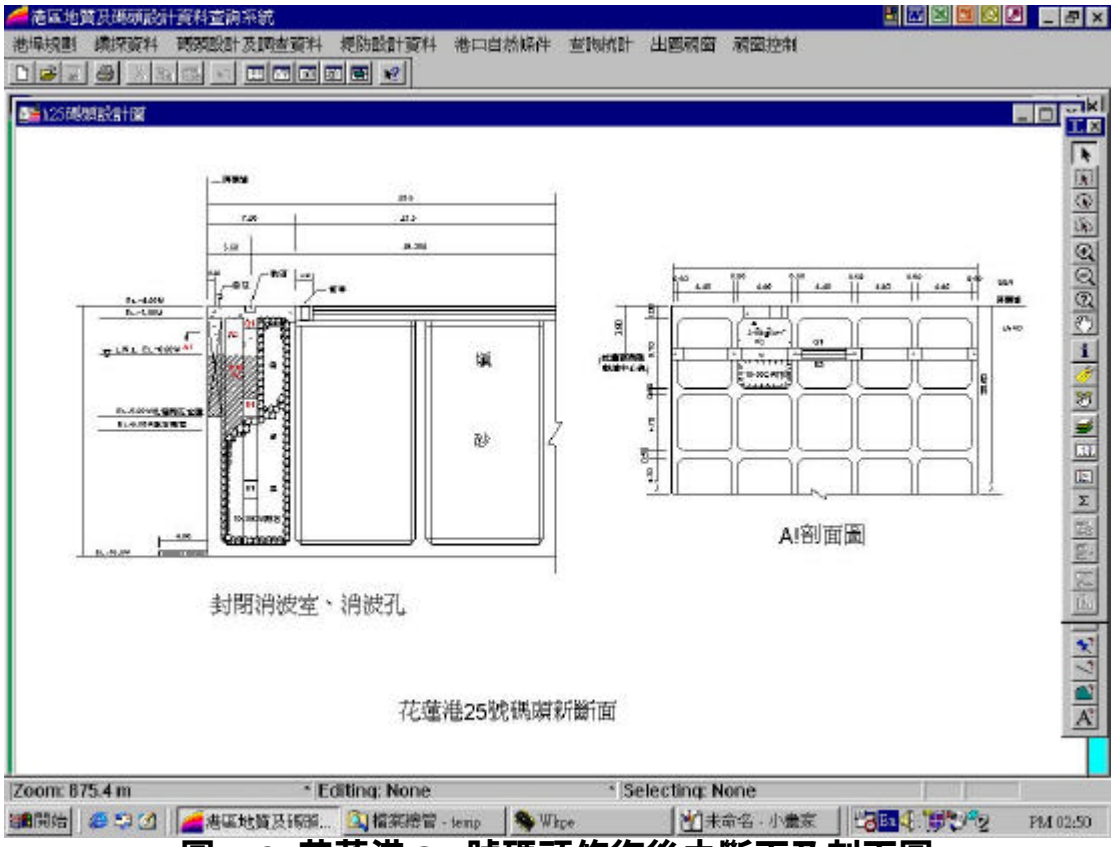


圖 5-8 花蓮港 25 號碼頭修復後之斷面及剖面圖

5-5 花蓮港堤防資料擴建

花蓮港的堤防，計有東防波堤，東堤延伸段，東突堤及西防波堤等處，堤防型式分為沉箱合成堤及混凝土砌塊合成堤兩類，堤防的分佈及類別如圖 5-9 所示，沉箱合成堤斷面如圖 5-10 所示。

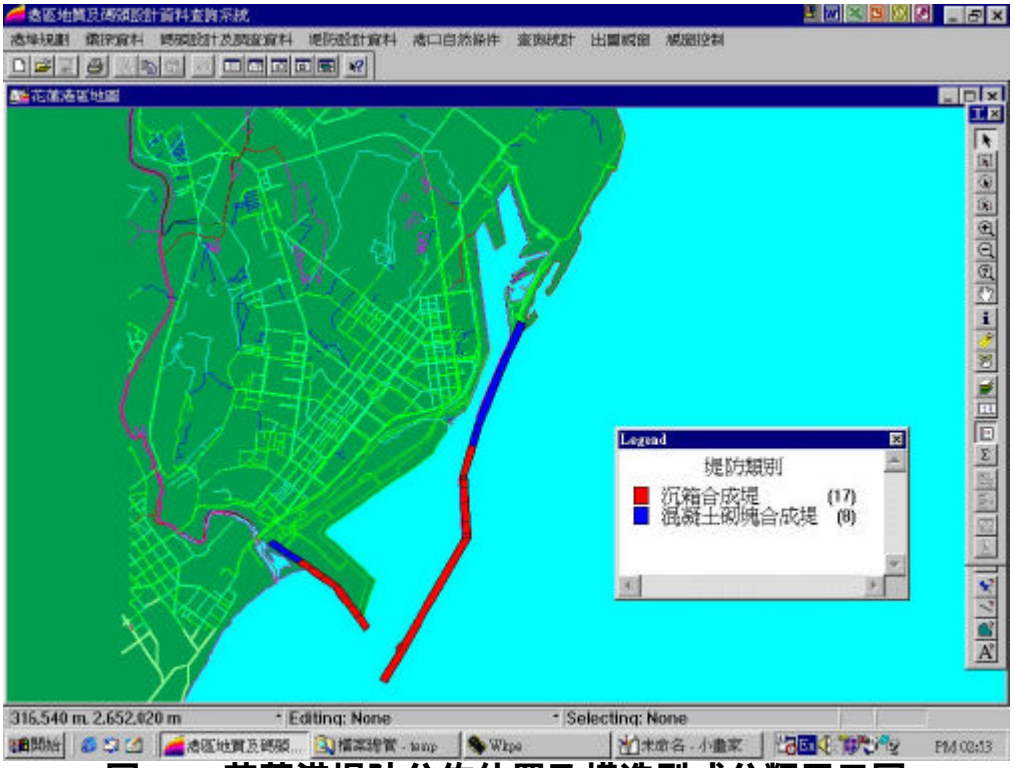


圖 5-9 花蓮港堤防分佈位置及構造型式分類展示圖

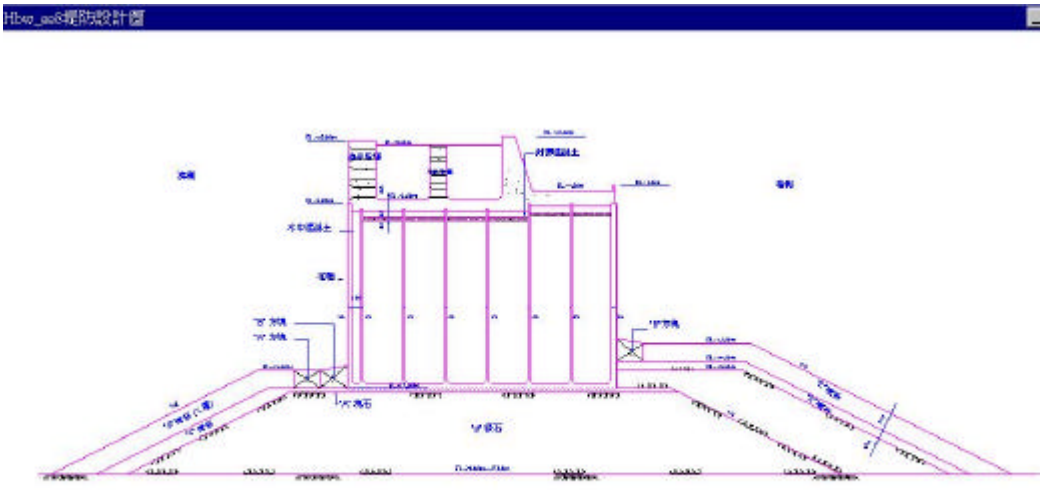


圖 5-10 花蓮港沉箱合成堤斷面圖

5-6 花蓮港規劃資料更新

花蓮港於 89 年 9 月研擬新的規劃方案，較大的變革為朝向休閒遊憩的方向發展，故在新的規劃配置中，計劃於行政大樓附近設立客運中心，另將定海營區改為觀光遊憩區，並於東北側設置漁業專業區，目前的使用情況與未來的規劃配置對照如圖 5-11 所示。

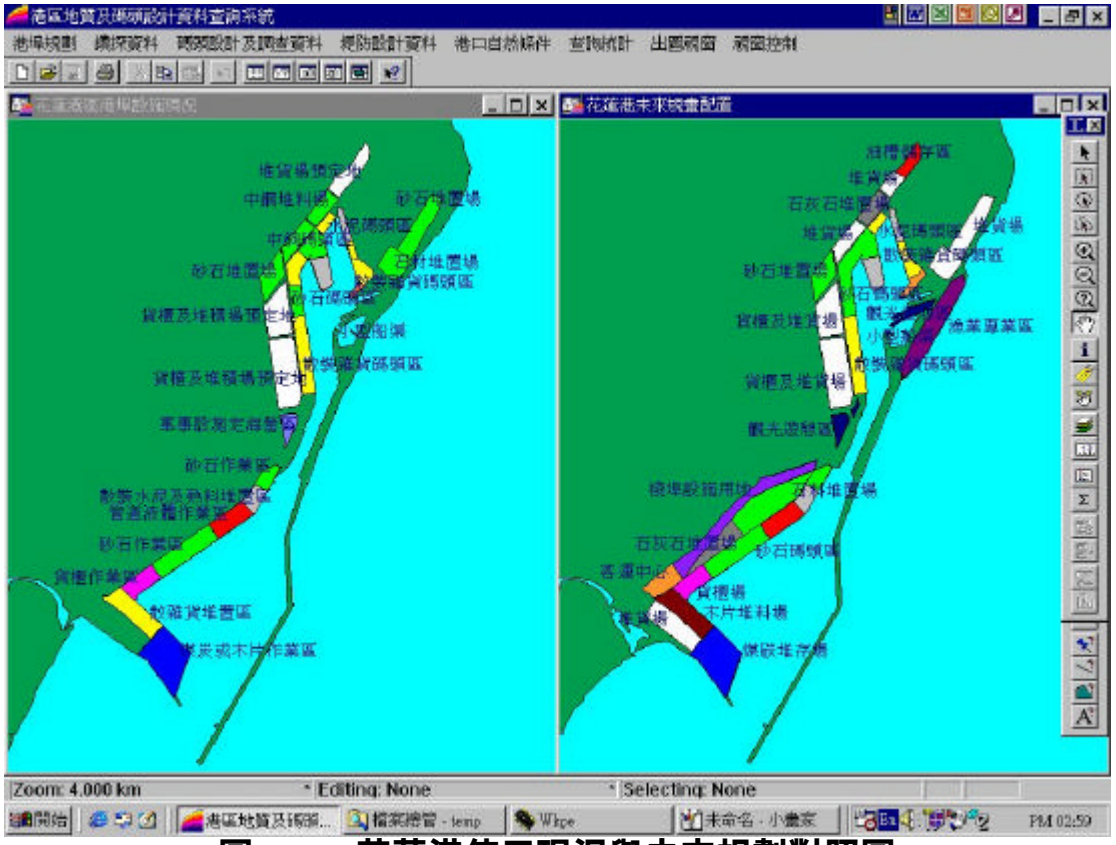


圖 5-11 花蓮港使用現況與未來規劃對照圖

5.7 台中港碼頭資料擴增

台中港碼頭之擴建，於西碼頭區火力發電廠附近已擴建至 104 號碼頭，而化學品區正建構西 6 碼頭，此二座都為棧橋式碼頭，其中，西 6 碼頭 A-A 剖面之設計斷面圖如圖 5-12 所示。

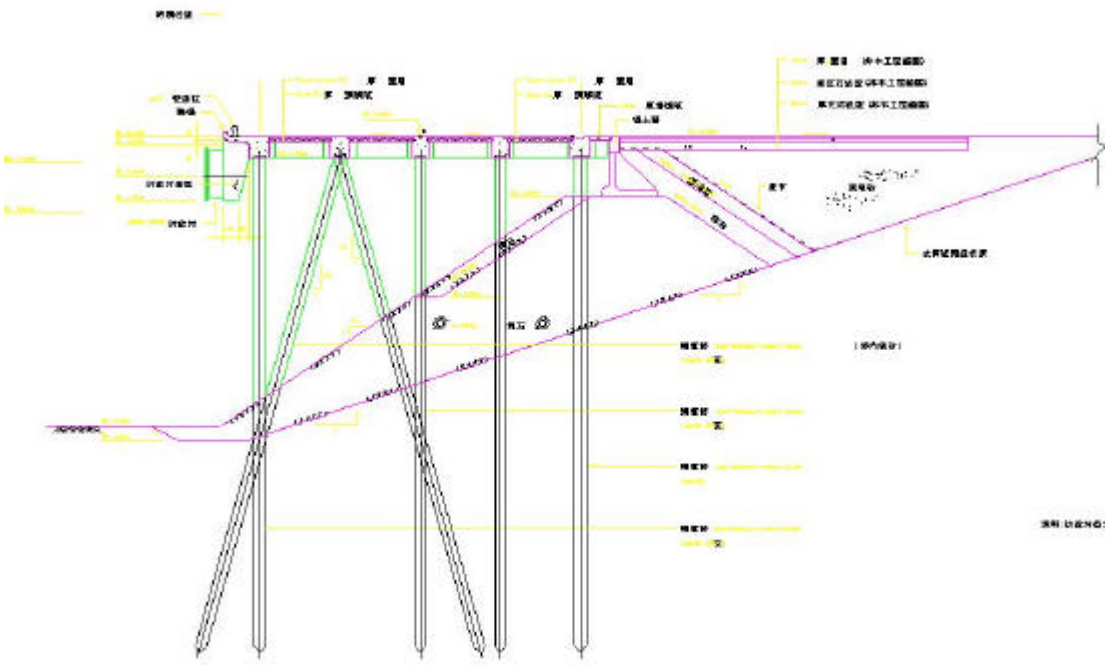


圖 5-12 台中港西 6 碼頭設計斷面圖

5.8 台中港堤防資料擴增

台中港北防波堤，原已往外延長 850m，為因應北風強浪及大型船舶操船順暢，今年再延 480m，並將南防波堤堤頭拆除 93m，南內堤堤頭拆除 50m，目前正在施工興建中。該延長段仍為沉箱合成堤，尾端部份之設計斷面如圖 5-13 所示。

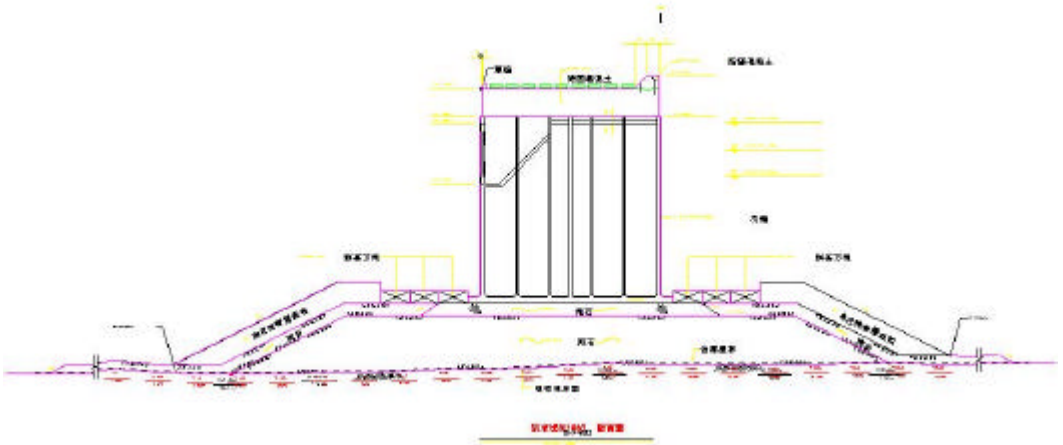


圖 5-13 台中港北防波堤外延段設計斷面圖

第六章 港區三維模型增建

本中心繼上一年度完成台中港區三維模型的建置後，今年擇定基隆港區，繼續建構港區的三維模型，所使用的建構工具仍為 Bentley 公司所發行的 Microstation 三維製圖軟體。本項工作大致可分為基本地形圖建置及地面結構物繪製兩項，相關作業蓋述如下：

6.1 基本地形圖建置

港池基本地形圖係利用內政部所委外發行的台灣地區地形基本圖數值圖檔，將基隆港地區的水系向量資料轉製成 Microstation 的圖檔格式（即 .dgn 格式），因原始圖檔係依據橫麥卡托（Transversal Meccator）投影座標台灣二度分帶系統所繪製，故轉檔後其座標值仍然保留，再利用 Microstation 的立體繪圖模組將其碼頭高程拉出，並舖設海域平面，海域設定為水藍色，而碼頭面設定為灰白色，如此則完成海域及碼頭面的圖層。

接著依據地圖地形資料及參考現地所拍攝的影像資料，描模港池週圍的山岳地形，山岳設定為墨綠色，繪製後整個港區的頂視景像如圖 6-1 所示。

6.2 地面結構物繪製

完成基本三維地形圖幅後，接著開始繪製地面結構物之立體圖檔。結構物包括倉棧、吊桿、貨櫃、辦公處所、儲槽及鄰近房舍等，數量龐雜，若集中為一個圖檔，則容量勢必過大，開啟及維修都不容易，故依據地圖座標，將港區切割成多幅 1km*1km 的區塊來分區製圖，每一區塊即為該區之立體結構物圖幅範圍。分割後之情況如圖 6-2 所示，該圖左下角座標值為（322000,2780000），右上角座標值為（329000,2785000），橫軸以英文字母編碼，縱軸以阿拉伯數字編碼，

該編碼即為該圖幅檔名，而圖 6-3 所示則為 D4 區之地面結構物頂視圖。各區圖檔以參考圖的方式再與基本地形圖結合，則可展示所有資料，圖 6-2 也展示出 B4、B5、C4、C5、D4、D5 等結構物圖檔與地形圖結合後之頂視景像。

所有圖檔繪製完成，且全部聯結到基本地形圖上後，就可從不同的視角來俯瞰整個港池，圖 6-4 為從港口外側直視東岸第二貨櫃儲運場的視景，圖 6-5 為從西岸第一貨櫃儲運場望向第三貨櫃儲運場的視景。

第七章 系統應用模組開發

7.1 資料處理層級的提升

一個開發了某段時日的地理資訊應用系統，通常都已存放了許多相關的資料，這些資料，可以直接查詢取得，或以 SQL 條件式選取方式找尋目標資料，以統計圖表的方式展示，或以主題圖的方式展繪，但這些都僅止於基本資料的展現。資料要變得有用，須能夠作專業性的分析推估，將原始資料，轉化成專業資訊，將分析結果迅速展現在查詢者眼前。本研究乃針對此目標，運用港區內所建置的基本地質資料，撰寫液化分析模組，提升資料的處理層級。

7.2 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已的理論及經驗公式，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）與（4）Liao 液化機率分析法來進行分析，相關方法說明如下：

7.2.1 Seed 簡易經驗法

本方法首先由 Seed 與 Idriss（1971）所提出；再根據震災案例與其經驗，Seed et al.（1983）提出修正，考慮平均粒徑（D_{50}）對土層液化潛能影響；而於 1985 年 Seed 等人根據美國西部、阿拉斯加、日本、中國大陸與南美地區等地之液化與非液化資料，將 D_{50} 之影響改以細料含量（Fines Content）作為修正後，如圖 7-1 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。**

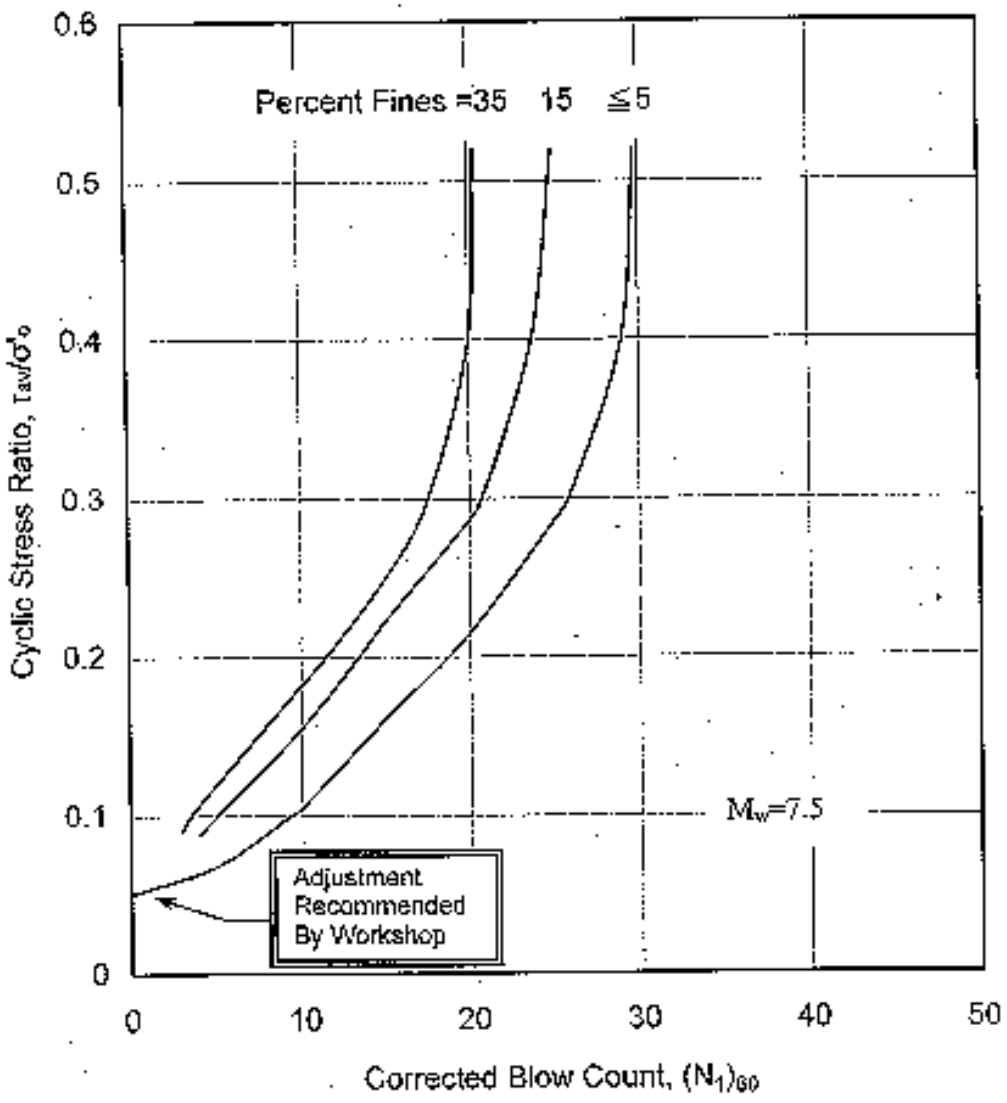


圖 7-1 地震規模 M_W=7.5 時，不同細料含量之液化阻抗與（N_1）$_{60}$ 關係（修正自 Seed 等人，1985）

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 7-2 所示：

$$(\tau_{max})_g = \gamma \cdot h \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad \text{.....(7-1)}$$

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

$(\tau_{max})_g$ 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 $(\tau_{max})_g$ ，以下式表示：

$$(\tau_{max})_d = r_d \cdot (\tau_{max})_g \quad \text{.....(7-2)}$$

式中，r_d 為應力折減係數，為深度的函數，係根據 Blake（1998）所提出之 r_d 平均值建議公式，如 7-3 式所示：

$$r_d = \frac{1.000 - 0.4113z^{0.5} + 0.04052z + 0.001753z^{1.5}}{1.000 - 0.4177z^{0.5} + 0.05729z - 0.006205z^{1.5} + 0.001210z^2} \quad \text{....(7-3)}$$

$(\tau_{max})_d$ 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：

$$\left(\frac{\tau_{av}}{\sigma'_o}\right)_{eq} = \left(\frac{\tau}{\sigma'_o}\right)_L = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \cdot r_d \quad \text{.....(7-4)}$$

式中，τ_{ave} 為等值平均反覆剪應力

s_o **為垂直覆土壓力**

s'_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**

g_d **為應力折減係數，如式** 3-3 **所示**

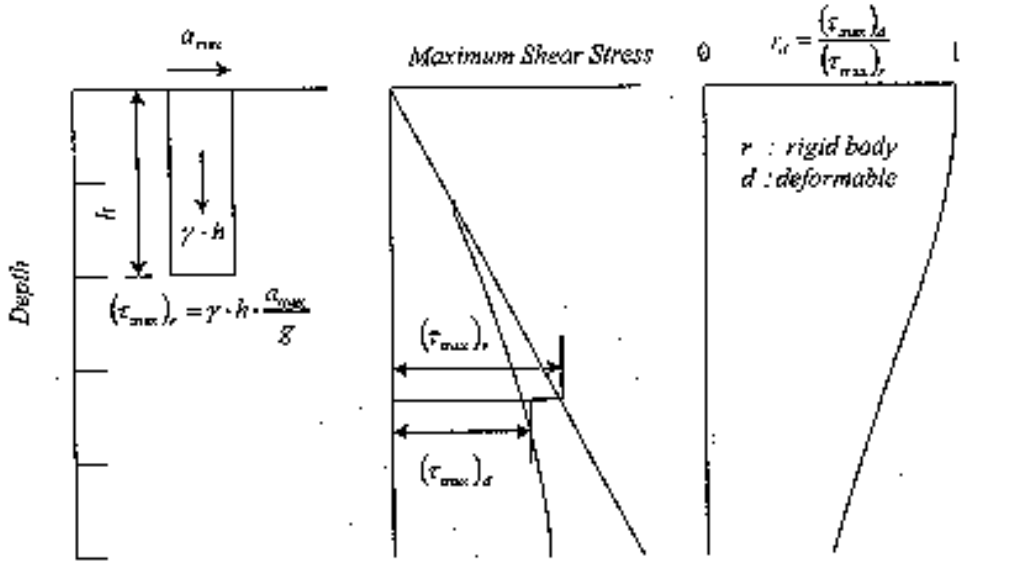


圖 7-2 應力折減係數g_d的由來
（Seed 與 Idriss,1971）

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** 7-1 **所示，而** Seed **簡易法之鑽桿能量基準值為** 60%**，經此覆土壓與鑽桿能量修正後之** N **值為（**N_1**）**$_{60}$**，如式** 7-5 **所示：**

$$(N_1)_{60} = C_N \cdot N \cdot \left(\frac{ER}{60}\right) \quad \text{.....(7-5)}$$

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** 7-6 **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** 7-3 **所示，其所建議之經驗公式，如式** 7-6 **所示：**

$$C_N = \sqrt{\frac{P_a}{s'_o}} \quad \text{.....(7-6)}$$

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

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

式中，P_a **為** 100kPa

s'_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 7-1 SPT-N 值簡易液化評估法之比較

（參考黃富國等，1999）

		Seed	T&Y	JRA96	Liao
地震參數		PGA，M	PGA，M	PGA	PGA，M
土壤參數		N，FC	N，FC，γ	N，D50，FC	N，FC
鑽桿能量比%		60	80	72	60
動態強度	**循環次數**	15	15	-	-
	振幅應變	5%	2.5~7.5%	-	-
剪應力特性		**等值剪應力**	**等值剪應力**	**最大剪應力**	-
方法特性		**半經驗法**	**半經驗法**	**半經驗法**	**機率統計法**
安全係數		1.25~1.5	**疏鬆砂土層** N1<10，**取** 1.5 **中等緊密砂至緊砂，取** 1.3	1.0	**發生機率** 0~1

由（N_1）$_{60}$**與反覆應力比之關係，包含細粒料修正關係，如圖** 7-1 **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** 7-1 **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；**

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad \text{.....(7-8)}$$

$$CRR_{7.5} = \frac{a + cx + ex^2 + gx^3}{1 + bx + cx^2 + fx^3 + hx^4} \quad \text{.....(7-9)}$$

式中：M **為地震規模（**Moment Magnitude**）**

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

.....(7-10)

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

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

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 7-11 **式所示，其分析流程如圖** 7-4 **所示：**

$$FS = \frac{CRR_{7.5} \cdot MSF}{CSR}$$

.....(7-11)

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** 7-8 **所示。**

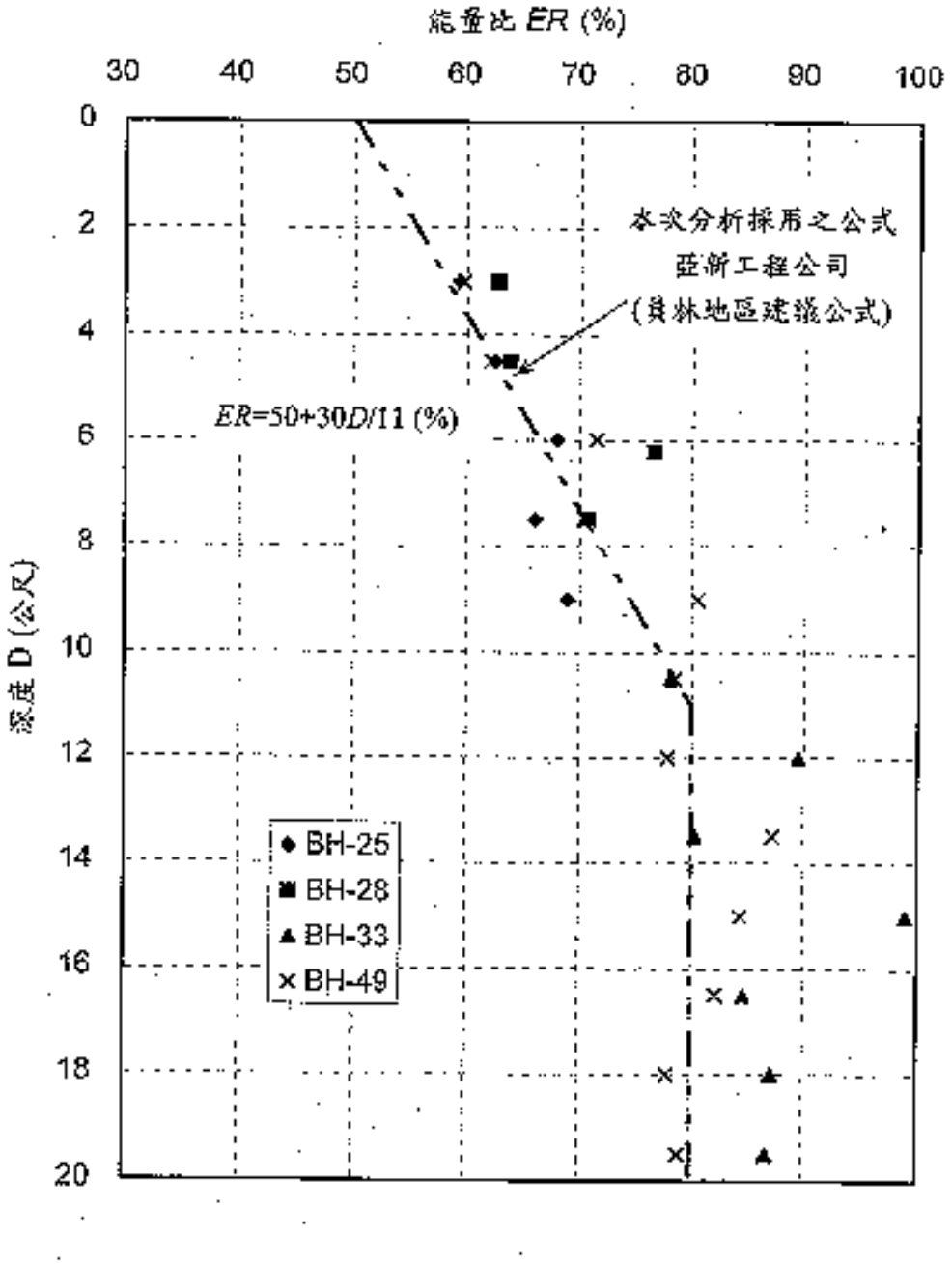


圖 7-3 標準貫入試驗打擊能量比與深度之關係
（亞新工程顧問公司，2000）

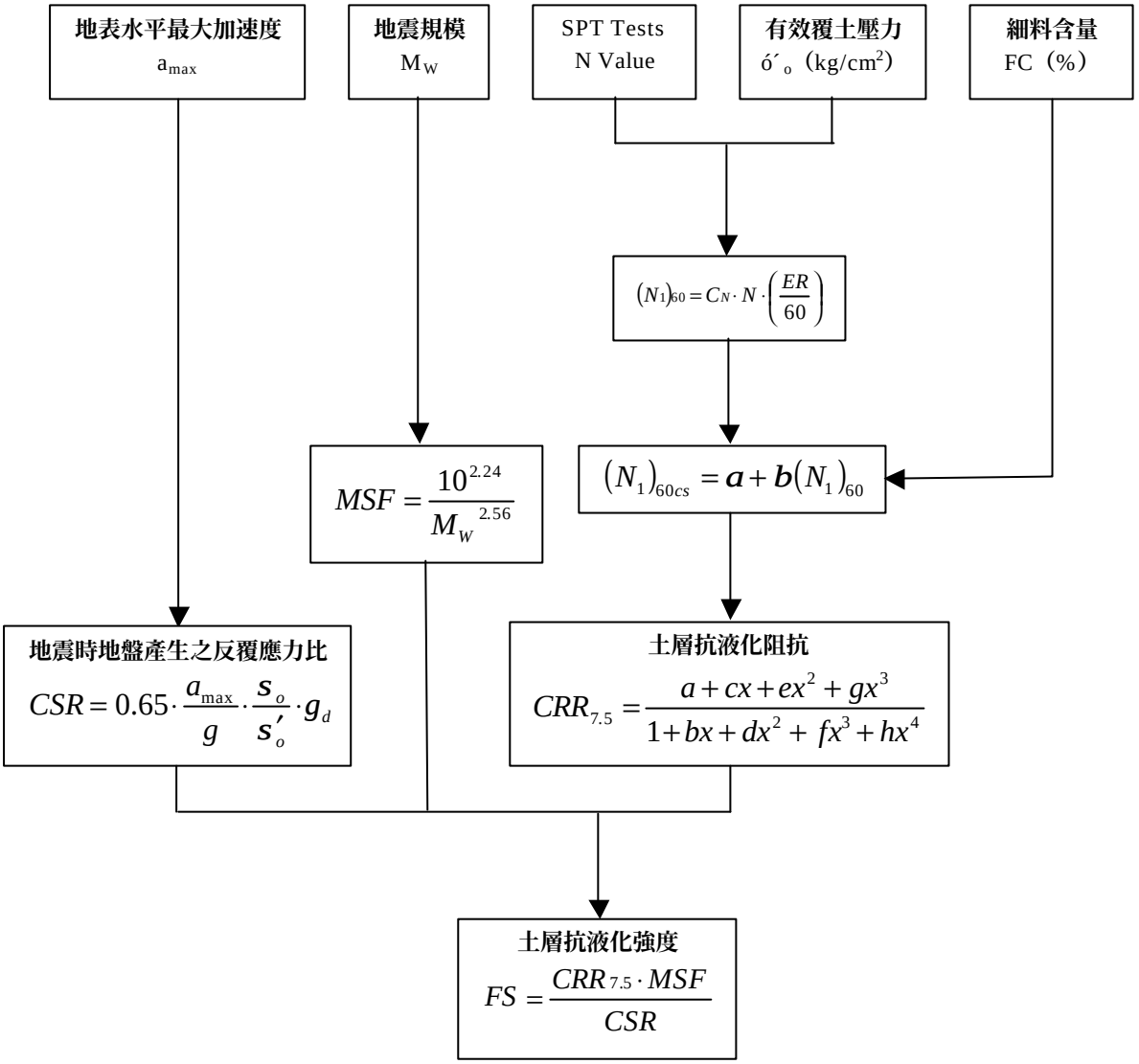


圖 7-4 Seed 簡易經驗法（1997NCEER Workshop）分析流程

7.2.2 Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法

本法為東京工業大學 Tokimatsu **與** Yoshimi **教授於** 1983 **年提出，為根據日本過去** 10 **次地震約** 70 **個地區案例，與世界各國約** 20 **個發生液化與非液化地區案例；此法略經修改後，近年來已納入日本建築學會與原子能委會之設計規範中。本簡易經驗法於土壤抗液化強度評估上，主要是依據現地冰凍法所取得之不擾動試體土樣與傳統試體土樣，進行試驗室反覆三軸試驗，求出砂性土壤於不同相對密度**

（Dr=50~85%），在反覆振動作用 15 次下，產生雙向剪應變振幅分別為 2.5%、5%與 7%時的初始液化反覆剪應力比，並依據 Meyerhof（1957）建議之標準貫入試驗 N 值與相對密度 Dr（%）之關係式：

$$D_r = 21\sqrt{\frac{N}{\sigma'_o + 0.7}} \quad \text{.....(7-12)}$$

將 7-12 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：

$$\left(\frac{\tau}{\sigma'_o}\right)_R = a \cdot C_r \left[\frac{16\sqrt{N_a}}{100} + \left(\frac{16\sqrt{N_a}}{C_S}\right)^n\right] \quad \text{.....(7-13)}$$

$$N_a = (N_1)_{80} + \Delta N_f \quad \text{.....(7-14)}$$

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

ΔN_f =0 for FC 5

=FC-5 for 5 FC 10

=0.1· FC+4 for 10 FC

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 7-7 所示

σ'_o 為有效垂直覆土壓力（kg/cm^2）

ΔN_f 為細粒料含量修正係數。

C_s 為剪應變振幅係數，C_s=80~90，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：

$$CSR = \left(\tau_{ave}/\sigma'_o\right)_L = 0.1\cdot(M-1)\cdot\frac{a_{\max}}{g}\cdot\frac{\sigma_o}{\sigma'_o}\cdot r_d \quad \text{..... (7-15)}$$

式中，M 為芮氏地震規模

σ_o 為該深度土壤之垂直覆土壓力（kg/cm^2）

σ'_o 為該深度土壤之有效垂直覆土壓力（kg/cm^2）

a_{max} 為最大地表加速度（g）

g 為重力加速度

r_d 為應力折減係數，為土層深度 z(m)的函數 r_d =1-0.015z 計算安全係數如下式所示，其分析流程如圖 7-5 所示：

$$F_L = \frac{\left(\tau/\sigma'_o\right)_R}{\left(\tau_{ave}/\sigma'_o\right)_L} \quad \text{..... (7-16)}$$

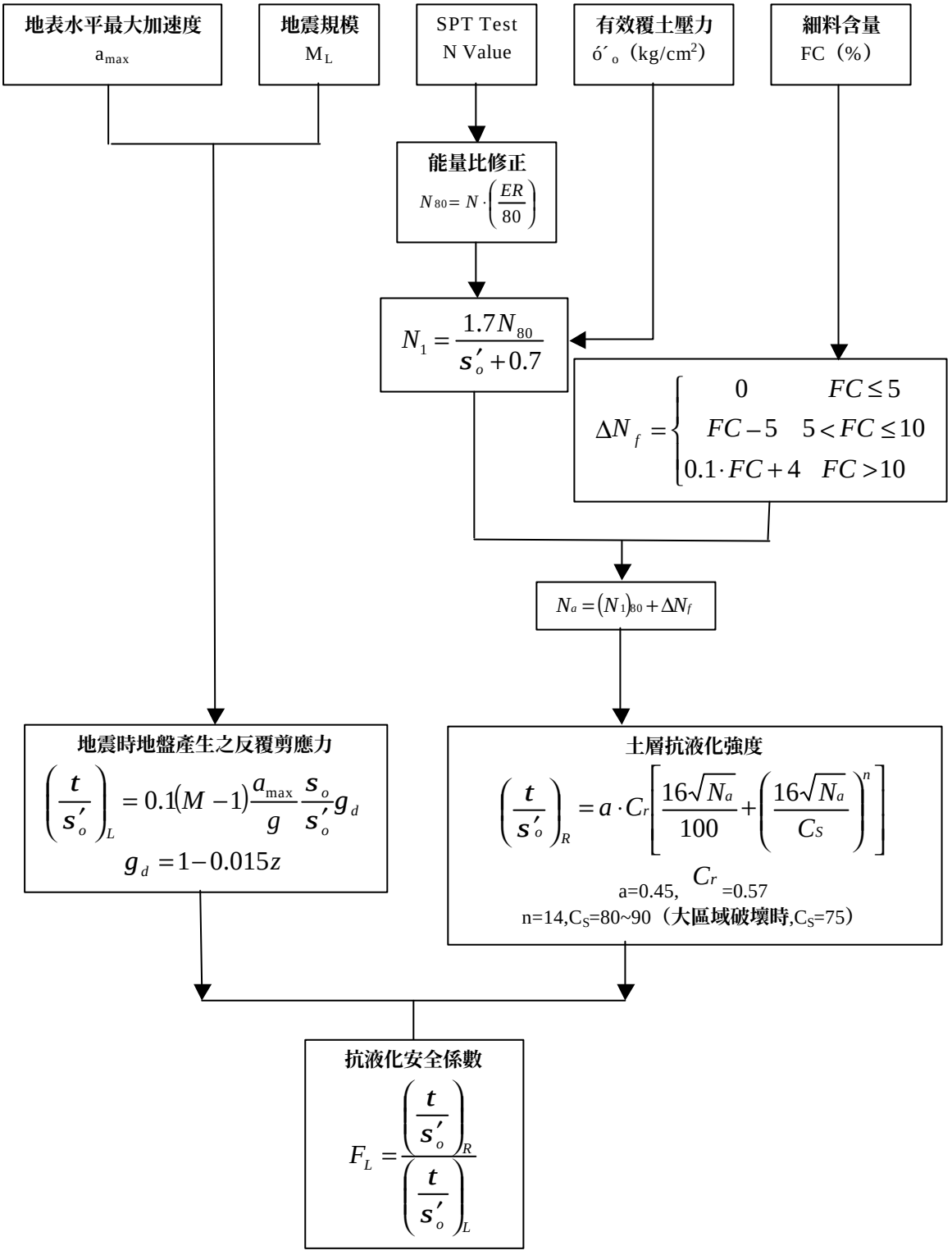


圖 7-5 Tokimatsu 與 Yoshimi 簡易經驗法（1983）分析流程

7.2.3 日本道路橋協會簡易經驗法

1995 年日本阪神地震後，日本道路橋協會將此次地震液化經驗與學者相關研究結果整合後，重新擬定新的土壤液化潛能分析方法；而內政部建築研究所之研究計畫成果報告「建築技術規則建築構造設計規範（含解說）」（1998）有關液化評估方法，則已介紹日本道路橋協會簡易經驗法（JRA，1996）。規範中規定於下列情況下，須進行土壤液化潛能之判定：如（1）土層為沖積砂質土；（2）地下水位在地表面下 10m 以內且深度在 20m 以內；（3）土壤本身細料含量 FC 30%或塑性指數 PI 15；（4）其平均粒徑 D_{50} 10mm 且 D_{10} 1mm；其分析方法概述如下，分析流程如圖 7-6 所示。

首先計算地震力強度 L，如式 7-17 所示：

$$L = g_d \times k_{hc} \times \frac{s_o}{s'_o} \quad \text{.....} \quad (7\text{-}17)$$

式中，L 為地震時地層之最大反覆剪應力比

s_o 為垂直總覆土壓力（kg/cm^2）

s'_o 為垂直有效覆土壓力（kg/cm^2）

g_d 為應力折減係數，g_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：

$$R = c_W R_L \quad \text{.....} \quad (7\text{-}18)$$

式中，
$$C_w = \begin{cases} 1.0 & (R_L \le 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \le 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases}$$

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

$$R_L = 0.0882\sqrt{\frac{N_a}{1.7}} + 1.6\times10^{-6}\times(N_a - 14)^{4.5} \qquad (14 \le N_a)$$

砂質土：

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

.....(7-19)

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

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

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

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

礫質土：

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

..... (7-20)

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**

s'_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** 7-21 **所示：**

$$F_L = \frac{R}{L}$$ .....(7-21)

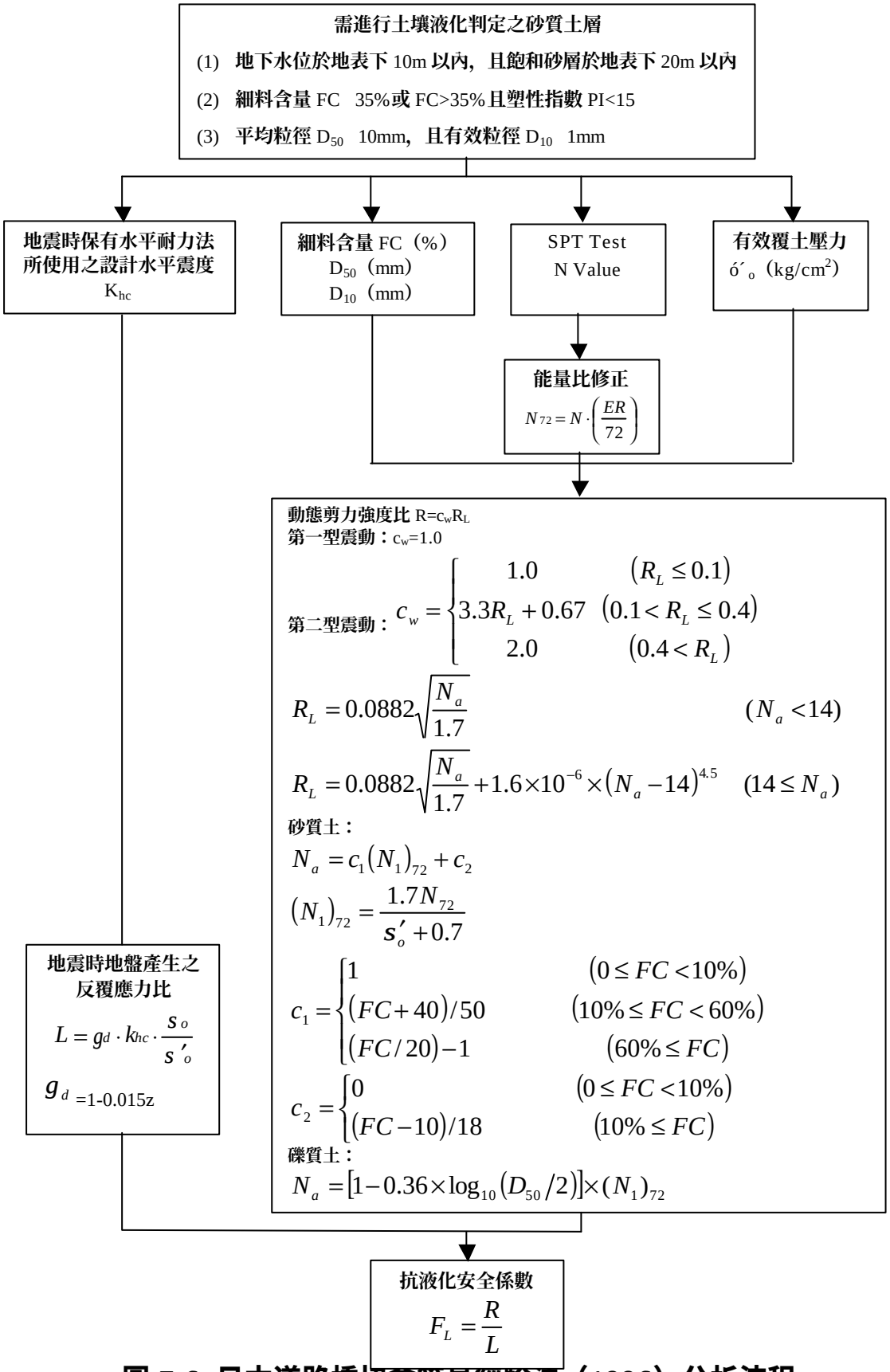


圖 7-6 日本道路橋協會簡易經驗法（1996）分析流程

7.2.4 Liao 液化機率分析方法

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

震災地區之 SPT 現場數據包括土壤抗液化之強度及地震引致土層之作用強度。地震引致土層的作用強度參數，以無因次之反復應力比 τ_{av}/σ'_o 表示，反復應力比為飽和砂土層因地震作用引起的平均剪應力 τ_{av}，與砂土之有效覆土壓力 σ'_o 之比值，此比值 Liao 乃根據 Seed et al. 之方法推求，而以 SR 表示，其計算式即為 7-4 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 7-5 式。

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

$$P_L=\frac{1}{\left\{1+\exp\left[-\left(b_0+b_1\ln(SR)+b_2(N_1)_{60}\right)\right]\right\}} \quad \text{.....(7-22)}$$

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≤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**

$$P_L = \frac{1}{\left\{1+\exp\left[-\left(16.447+6.4603\ln(SR)-0.3970(N_1)_{60}\right)\right]\right\}} \quad \text{.....(7-23a)}$$

2.**泥砂**(FC>12%)**模式**

$$P_L = \frac{1}{\left\{1+\exp\left[-\left(6.4831+2.6854\ln(SR)-0.1890(N_1)_{60}\right)\right]\right\}} \quad \text{.....(7-23b)}$$

3.**不分淨砂、泥砂之淨砂／泥砂模式**

$$P_L = \frac{1}{\left\{1+\exp\left[-\left(10.167+4.1933\ln(SR)-0.24375(N_1)_{60}\right)\right]\right\}} \quad \text{.....(7-23c)}$$

7.3 液化危害度分析方法

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

7.3.1 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。**

$$IL = \int_0^H F(Z) \cdot W(Z)dZ \quad \text{.....(7-24)}$$

其中

IL 為液化潛能指數，介於 0~100 之間

$F(Z)=1-F_L(Z)$ 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

$F(Z)=0$ for $F_L(Z)>1.0$

$W(Z)=10-0.5Z$

Z：距地表之深度，單位 m

H：鑽孔深度

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

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

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

0<IL<5 輕微液化災害風險，液化之可能性很低

IL =0 非液化潛能區

7.3.2 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。

$$P_L w=\int_0^{20} PL(z)\bullet W(z)\bullet dz/\int_0^{20} W(z)\bullet dz \text{ .....(7-25)}$$

上式中

$P_L(z)$：為各孔各個深度之液化機率，介於 0~1 之間

$P_L w$：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：

$P_L w \geqq 0.3$　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

$0.1 \leqq P_L w < 0.3$　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。

$0 < P_L w < 0.1$　輕微液化災害風險，液化之可能性很低

$P_L w = 0$　非液化潛能區

7.4 液化分析展繪設計

7.4.1 地震強度值輸入設計

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

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

7.4.2 鑽孔液化柱狀圖展繪設計

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

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

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

7.4.3 全區液化危害度展繪設計

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

1 安全係數危害度分析

本研究採用 Iwasaki 之深度加權法加以評估。如 7.3.1 節所述，Iwasaki 等人(1982)建議以液化潛能指數（Liquefaction Potential Index）IL 表示任一鑽孔之液化危險程度。本研究在推算出全港區每個鑽孔之 IL 值後，再施做全區域的等值分析，且依據 Iwasaki 的災害風險指標等級，標示不同的顏色，區分如下：

IL≧15　高度液化災害風險區，標示為紅色。

5≦IL<15 中度液化災害風險區，標示為黃色。

0<IL<5　輕微液化災害風險區，標示為綠色。

IL =0　非液化潛能區，標示為綠色。

2 液化機率危害度分析

本研究採用賴聖耀之深度加權法加以評估，如 7.3.2 節所述，賴聖耀 (2001)建議以液化危險度 P_LW 表示任一鑽孔之液化危險程度。本研究在推算出全港區每個鑽孔之 P_LW 值後，再施做全區域的等值分析，且依據賴聖耀 的液化危害度機率法之分級，標示不同的顏色，區分如下：

P_LW≧0.3　高度液化災害風險區，標示為紅色。

0.l≦P_LW<0.3 中度液化災害風險區，標示為黃色。

0<P_LW<0.1　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。

第八章 系統查詢及展示

本研究已建置的地質資料及新開發的各項液化分查詢模組，係架構在本中心所開發的「台灣五大港區碼頭地工質料查詢展示系統」之下，該系統的查詢界面設計成下拉式選單方式。主選單共有八大項，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)港口自然條件、(6)查詢統計、(7)出圖視窗、(8)圖層及視窗控制。由 MopInfo 進入此查詢系統，點選進入所欲查詢的港區(如台中港)，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：

8.1 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。本年度繼續擴充已開發之「台灣五大港區碼頭地工質料查詢展示系統」，主要工作集中在台中港區的安全係數液化分析模組及全區液化分析成果展繪上，相關模組架設在「鑽探資料」主功能項下。液化分析成果之展繪，乃依據鑽孔之鑽探資料來進行計算及繪圖，新增之功能包括「Seed_液化分析」、「Tokimatsu&Yoshimi_液化分析」、「NJRA_日本道路協會_液化分析」等選項以及「Iwasaki全區液化危險性指數分佈分析」、「地震強度影響動畫」等次功能項。其他如「碼頭資料」主功能項下，可查詢到基隆、台中、高雄、花蓮、蘇澳等五個港區之碼頭設計斷面圖及相關文件資料。五個國際港區內都有建置該項資料，故各港區皆能查詢展繪出相關資料。系統之操作程序如下：

1. 在視窗作業環境下，執行MapInfo系統，進入該系統內。
2. 點選功能表File＼Run MapBasic Program，選擇d:＼harbor-1內的執行檔harbor-95.mbx，按OK選鈕，即進入港區碼頭地工質料查詢展示系統。
3. 此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、台中、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置。

4.利用滑鼠，點選其中任一港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「鑽探資料」主功能項下之第一選單「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」主功能項下之第一選單「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖。

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

6.選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之物件。

a.若所點選的物件為鑽孔位置圖之鑽孔時，主功能表的第二功能項(即「鑽探資料」功能項)底下所附屬的次功能項（即「鑽孔報表資料」功能項），以及「柱狀圖」功能項和四個鑽孔液化分析功能項底下所附屬的同名稱次功能項（即「單孔或多孔非排序展示」功能項、「多孔展示__由西向東排序」功能項、「多孔展示__由北向南排序」功能項等），會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。

b.若所點選的物件為碼頭分佈位置圖之碼頭時，主功能表的第三功能項(即「碼頭資料」功能項)底下所附屬的幾個次功能項(即「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「安檢影像資料」、「安檢調查表格」等功能項等)，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。

c.若所點選的物件為堤防分佈位置圖之堤防時，主功能表的第四功能項(即「堤防資料」功能項)底下所附屬的次功能項(如「堤防設計斷面圖」功能項)，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。

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

a. 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，此時可在第二主功能項下點選「鑽孔報表資料」功能項，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。

b. 若點選“柱狀圖”功能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。

c. 若點選任一種液化分析之功能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。

d. 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。

e. 台中港區當地震強度由小漸大時，每個強度所推算的危害程度等值分析結果，本研究已錄製結合成動畫檔案，可點選該方法的「地震強度影響動畫」次功能項，系統即叫用視窗多媒體程式播放此成果。

8.當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被紅色斜紋所遮罩，此時可在第三主功能項下點選 " 碼頭設計斷面圖 " 功能項，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 " 碼頭斷面文字資料 " 功能項，系統會另以一新視窗列出該碼頭之概略描述。也可由 " 安檢影像資料 " 功能項查詢該碼頭之影像資料，或利用安檢調查表格查詢調查結果。

9.若要查詢另一港區的土層資料，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8，繼續查詢所需地區之相關資料。

10.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。

8.2 台中港地質鑽探資料及液化分析查詢說明

8.2.1 進入查詢系統

1.按照上一節程式操作程序1至3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區的標示位置，如圖8-1所示。

2.將滑鼠遊標移至台中港標示區內，按滑鼠左鍵，可叫出台中港區基本地圖圖層，如圖8-2所示。而原有的MapInfo內定選單也同時全部更換成新設計的選單。圖8-2也展示新設計的主選單「鑽探資料」功能項下拉設計模式。

8.2.2 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。台中港的鑽探孔位分佈如圖 8-3 所示。
2. 每一鑽孔之鑽探資料，可用文字或圖形方式來展示。文字資料之資料之展示，係設計成一般鑽探資料之報表格式，使用者在鑽孔位置分佈圖上，先利用滑鼠選取所欲查詢的鑽孔，再下拉「鑽探資料」選單，點選第三選項「鑽孔報表資料」，系統會從資料庫內抓取該鑽孔資料，依循鑽探報表格式在一新開視窗上填註各項資料，使用者可由此查獲該鑽孔之各項試驗數據。
3. 鑽探結果之圖形展示，係循鑽探深度將各土層按其類別用不同顏色及圖樣繪製成柱狀圖形式，並標示各深度之錘擊強度值(即 SPT-N 值)。查詢方式仍須先用滑鼠在鑽孔位置分佈圖上選取所欲查詢的鑽孔，可選單孔作單孔柱狀圖的展繪，也可一次選取多孔作多孔柱狀圖展繪，(使用者只需在選取第一孔後，按住鍵盤<shift>鍵，則可繼續選取其它鑽孔來作多孔展繪)。鑽孔選取完畢，下拉「鑽探資料」選單，點選第四選項「柱狀圖」，再點選柱狀圖展繪排序方式，系統會從資料庫內抓取各鑽孔資料來繪圖，圖 8-4 所示為五個鑽孔由北向南排序之柱狀圖繪製結果。

8.2.3 機率液化分析成果展示

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「鑽孔液化機率圖」，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 8-5 所示。在對話框內選取某一地震強度，按確定鈕之後，系統即開啟一新視窗，並在此視窗內繪製所選鑽孔在該地震強度下之液化機率分析圖，如圖 8-6 所示。該分析法係採用 Liao et al.(1988)之邏輯迴歸分析模式, 而分析成果圖上採用不同顏色來代表不同分析之結果，藍色代表不會液化之土層，而白色到正紅色之顏色漸層變化代表液化機率由 0 到 1 之漸增變化程度，顏色愈紅代表機率值愈高，該土層愈容易發生液化。

2. 除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下的第五選項「鑽孔液化機率圖」，拉出「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 8-7 所示。其中液化危險性指數大於 0.3 者，以紅色展繪；界於 0.1 到 0.3 者，以黃色展繪；而小於 0.1 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. 針對台中港區在不同地震強度侵襲下，所可能導致的不同危害程度，本研究將地震強度由小漸大，每個強度所推算的液化機率危害程度等值分析結果，結合錄製成動畫檔案，使用者可點選「機率法地震強度影響動畫」次功能項，系統即叫用視窗多媒體程式播放此成果。

8.2.4 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，點選第六選項

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

2. 除了每個鑽孔的液化分析外，本研究也對整個港區作全面性的液化危險度分析，使用者可由「鑽探資料」選單下的第四選項「Seed_液化分析」，拉出「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 8-9 所示。其中液化潛能指數大於 15 者，以紅色展繪；界於 5 到 15 者，以黃色展繪；而小於 5 者，以綠色展繪。使用者可清楚分辨出液化程度高中低等區域分佈情況。
3. 針對台中港區在不同地震強度侵襲下，所可能導致的不同危害程度，本研究將地震強度由小漸大，每個強度所推算的 Seed 法安全係數危害程度等值分析結果，結合錄製成動畫檔案，使用者可點選「Seed 法地震強度影響動畫」次功能項，系統即叫用視窗多媒體程式播放此成果。
4. 其它分析方法之推估結果，也可依據上述方法查詢而得。

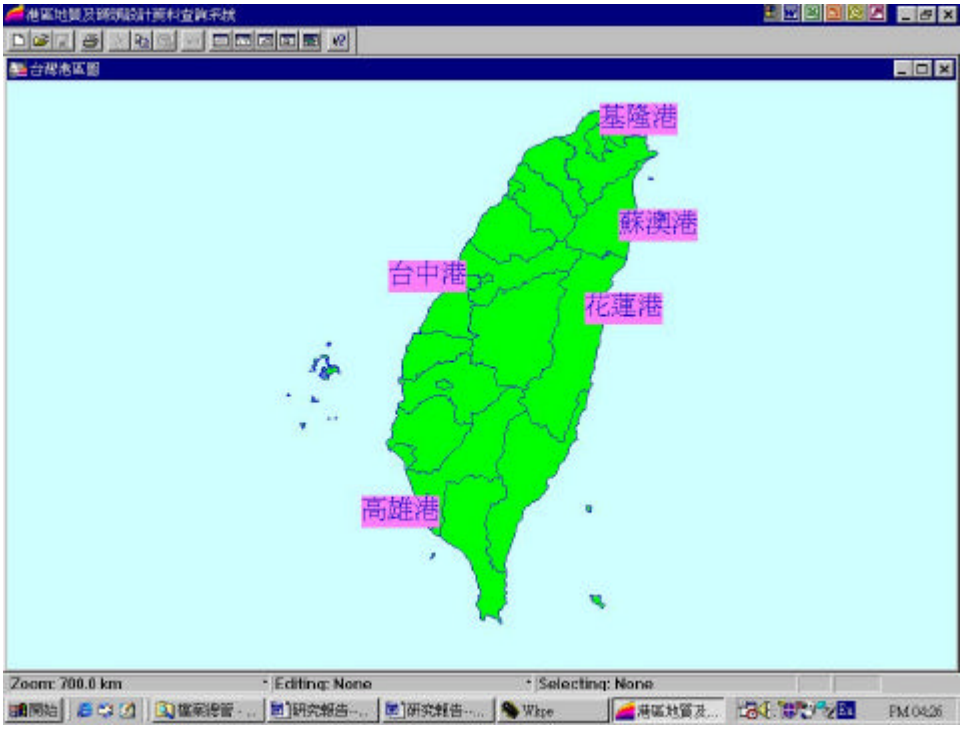


圖 8 - 1 查詢系統主畫面

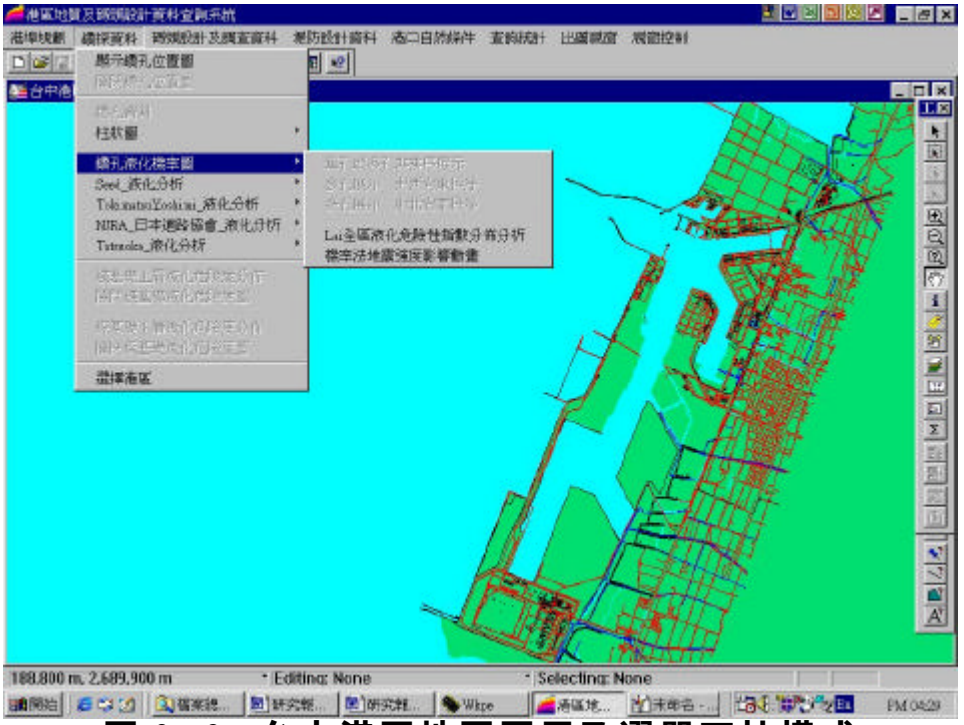


圖 8 - 2　台中港區地圖圖層及選單下拉模式

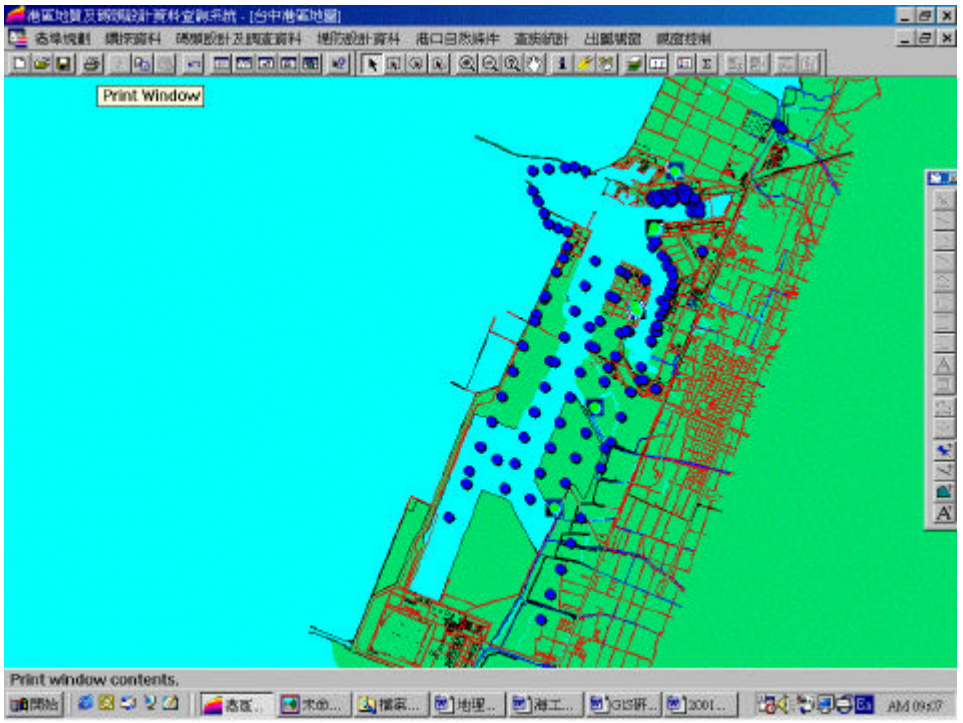


圖 8 - 3　台中港的鑽探孔位分佈圖

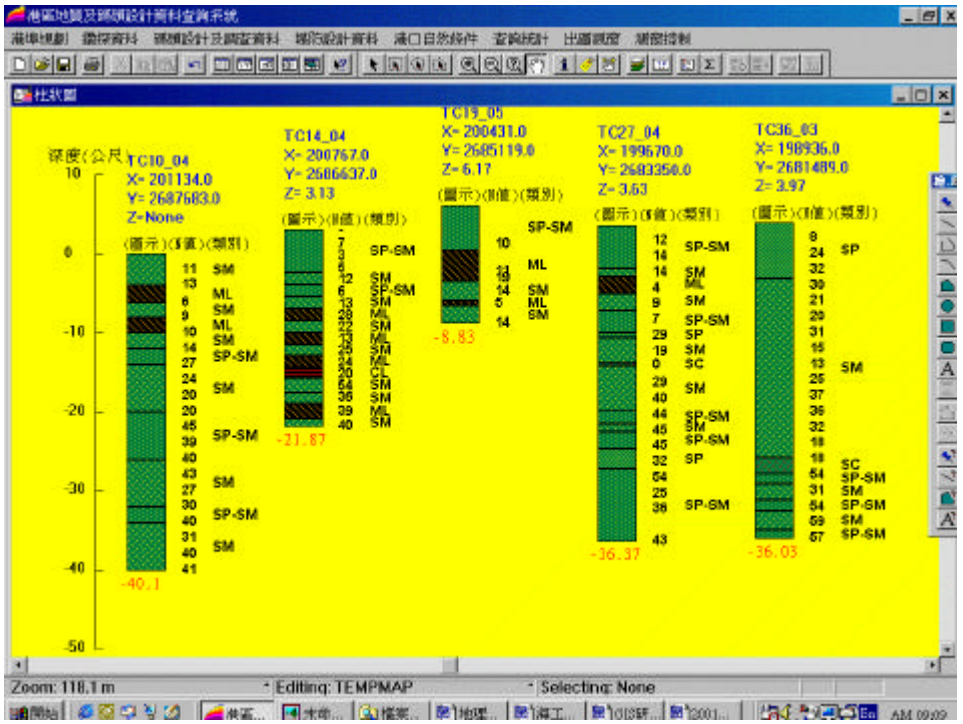


圖 8 - 4　鑽孔柱狀圖

圖 8 - 5　地震強度之選取對話框

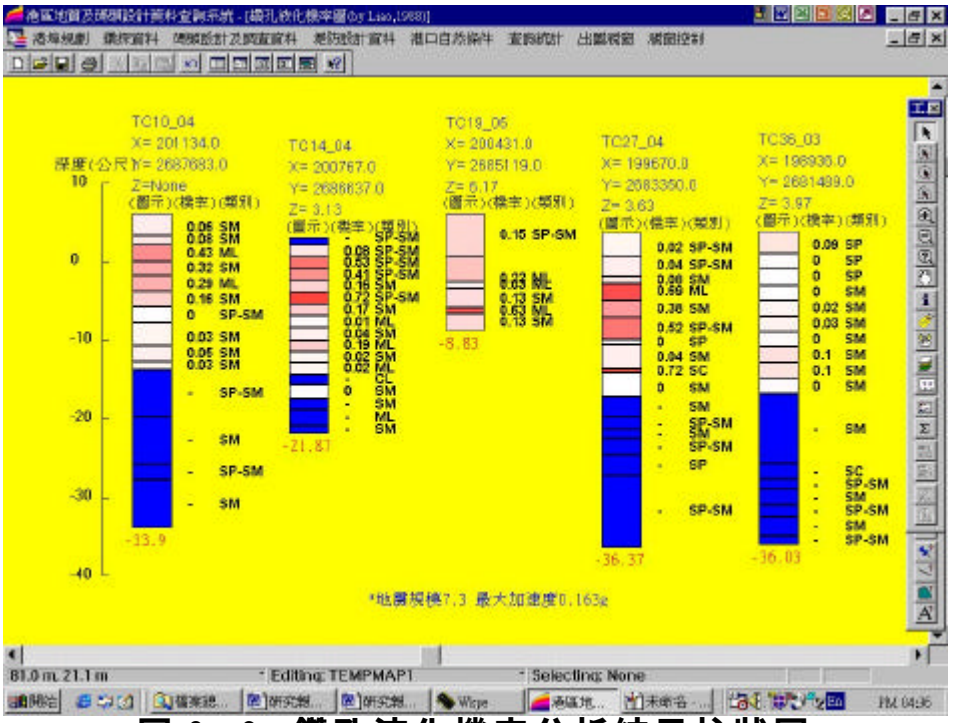


圖 8 - 6　鑽孔液化機率分析結果柱狀圖

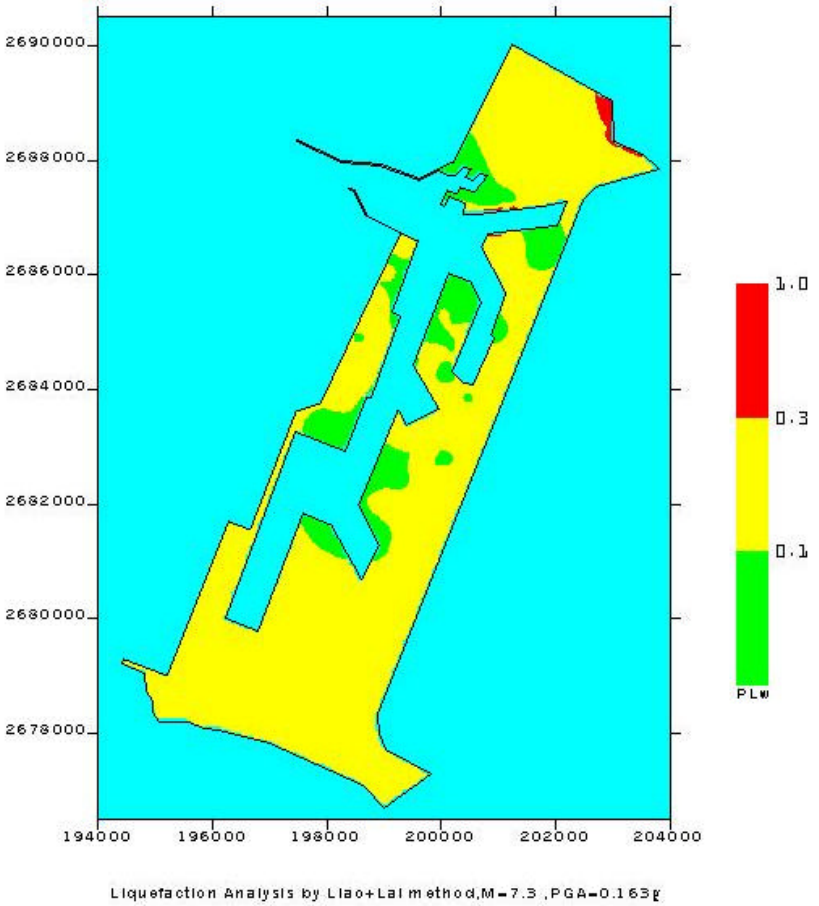


圖 8-7 Liao+Lai 法全區液化危險性指數分佈圖

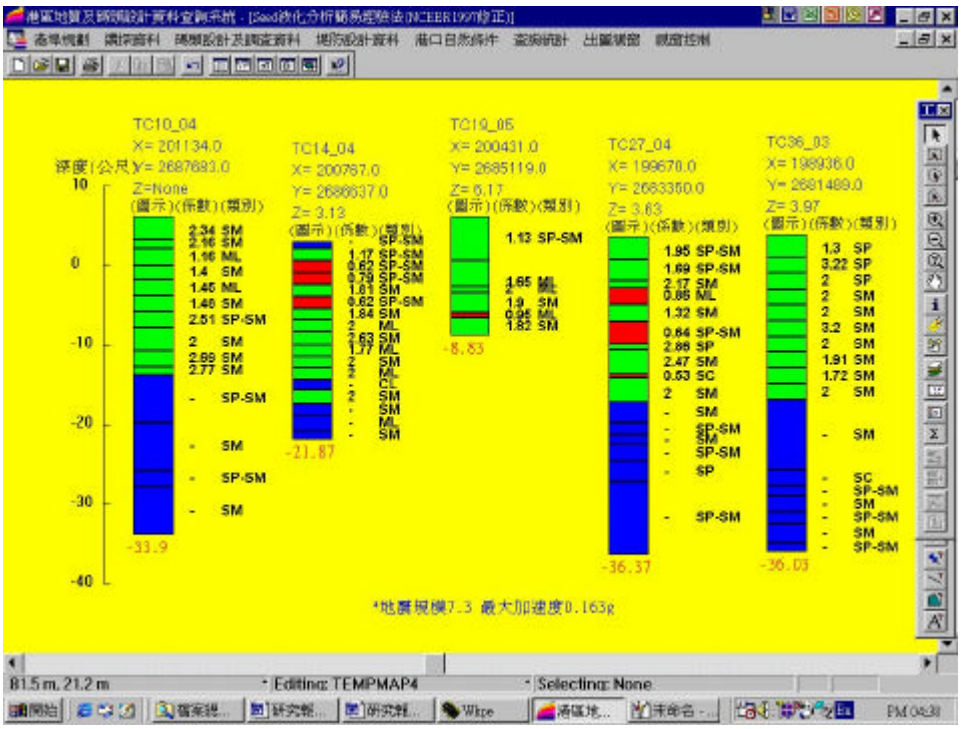


圖 8-8 Seed 抗液化安全係數柱狀圖

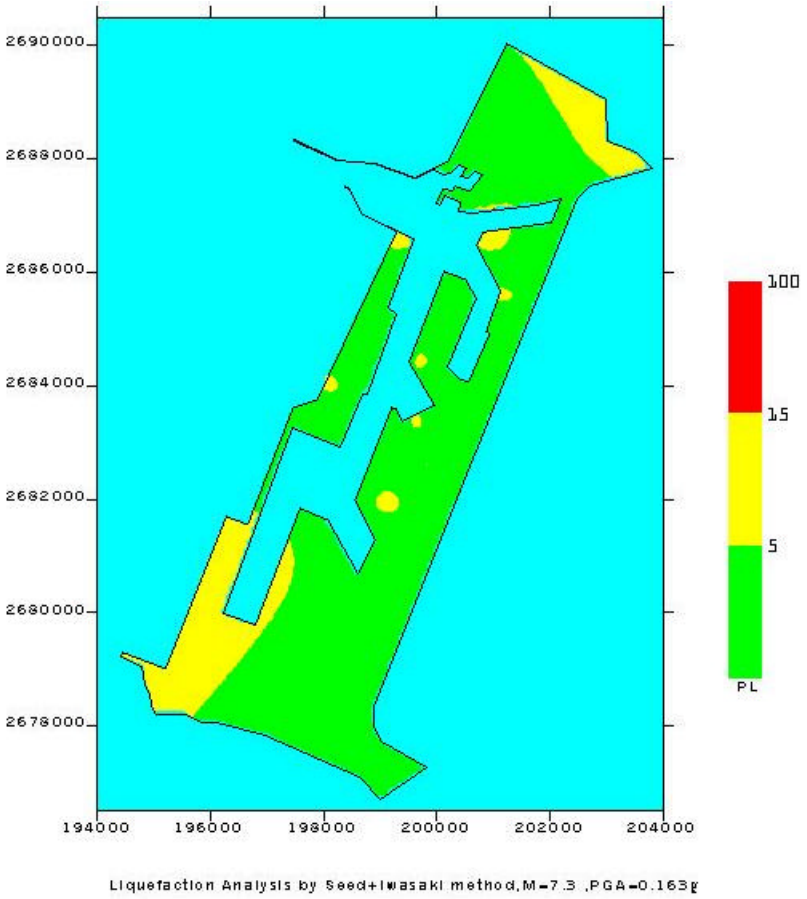


圖 8-9 Seed+Iwasaki 法全區液化危險性指數分佈圖

第九章 結論與建議

1. 港灣地工資料種類繁多，大致可分為港區地形、土層分佈、港灣設施、碼頭設計、防波堤設計及規畫配置資料。因資料散見於各港不同單位中，查詢調閱甚為不便，本中心已收錄有部份資料，且利用地理資訊系統著手加以整合。為期充分發揮資料管理效益，宜開發資料應用模組，架構成一適當查詢系統，以多樣化表現方式呈現，建立友善介面供使用者使用。
2. 港區地質等相關資料之獲取，常需耗費大量的人力經費及時間，取得極為不易，這些珍貴的資料，值得有系統的加以收集整理，一來避免資料散失，二來可作港區規畫及工程維護之參考依據。
3. 資料除了作有系統的收集整理及建檔貯存之外, 更需善加利用暨有資料，如加增分析功能以及提供主事者方便調閱查詢，以達決策支援之功效，故本研究利用 MapInfo 地理資訊系統及 MapBasic 程式語言撰寫查詢分析系統, 以提升資料的使用價值。
4. 港區資料包函廣泛，不僅碼頭地質等資料值得加以建置典藏，其他有關港區的風潮波流等特性資料，或土地利用、人文景觀、社經條件資料之建置分析，都具有參考利用的價值，這些尚待後續計畫繼續努力。
5. 施做全區域的液化危險度分析時，在安全係數的評估方法上，Iwasaki 等人所採用的方法，只對深度做累加計算，若遇到深度不足 20m 的鑽孔，求算出來的該孔液化潛能指數會偏小，即會使液化的可能性偏低。而在機率分析的評估方法上，賴聖耀所提的方法，有考慮深度的影響而除上深度的累加值，這會減少鑽孔深度不足導致液化潛能指數偏小的影響，此結果也較符合現狀。然而，對於欲作分析的鑽孔，仍建議在規劃及執行現地試驗時，鑽探深度以超過地下 20m 為宜。
6. 以 921 地震台中港的推估強度輸入此模組，其分析結果與受創地區頗為吻合，尤以機率分析模式為最佳。本計畫也將地震強度由弱漸強，各種分析模式下液化範圍的擴延情勢，製作成動畫檔案，使用者可點選查詢，查看地震強度漸增對台中港區所可能帶來的影響變化。

7. **本研究地下水位的深度，係依據鑽探報告內所登錄的數據，但在海邊若遇漲退潮，水位會受影響，且烈震來襲時，因水壓受震盪而增高，水位也會提升。如何才能得到一個較合理的水位值，有需要再做進一步的監測及研究。**
8. **本研究利用** MicroStation **軟體建置港區三維模型，年度內著手進行基隆港模型建置。基隆港三面環山，未免於模型背景過於空洞，故依據地圖及所拍攝的影像資料描摹鄰近山岳地形，但結果與實景仍有差異。為求接近實景，目前考慮採用太空遙測中心所出版的數值地形模型**(DTM)**資料，期使三維模型能更符合現況。**

參考文獻

[1] 日本道路協會(1996)，「道路橋示方書.同解說」，V 耐震設計篇。

[2] 李咸亨、謝浩明(1988)，「大地工程地質資料庫系統及台北市區建檔研究」，內政部營建署。

[3] 許茂雄、葉永田、蔡益超(1989)， 「國科會防災科技勘災報告 78-01 號」，pp.6-8.

[4] 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

[5] 賴聖耀（1990）,「以標準貫入試驗值建立土壤液化潛能判別模式」,中國土木水利工程學刊，第二卷，第四期，PP.301-311。

[6] 賴聖耀、謝明志（1996）,「台中港區土壤液化危險度分析與應用」八十五年度港灣大地工程研討會 PP.7-1　7-18。

[7] 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。

[8] 賴聖耀 (2001)，「台中港北碼頭區之液化潛能與碼頭穩定性分析」，2001 地震災害境況模擬研討會。

[9] 謝明志、單誠基、賴聖耀、李延恭(1997)，「地理資訊系統在港灣工程資料查詢展示之應用」，第十九屆海洋工程研討會，pp.627-632.

[10] 謝明志(2001)，「地理資訊系統在砂質港區地質資料建置及液化分析之應用」，2001 地震災害境況模擬研討會。

[11] 謝基政、林炳森(2000)，「南投地區土讓液化評估方法之研究」，中興大學碩士論文，pp.24-45.

[12] Iwasaki, T., Arakawa, T. and Tokida, K. (1982) , “Simplified Procedures for Assessing Soil Liquefaction During Earthquakes”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering Conference Southampton, pp.925-939.

[13] Liao,S.S.C., D.Veneziano, and R.V. Whitman (1988) ”Regression Models for Evaluating Liquefaction Probability”,J. of Geot. Engr., ASCE, Vol.114, No.4, pp.389~411.

[14] Peter K. Roberson & Cathrine E. Wride. (1998),”Cyclic Liquefaction and its Evaluation Based on SPT and CPT”, Proceedings of the MCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soil.

附錄一摘要報告

五大港區三維查詢系統建置研究(一)
摘要報告

一、計畫緣起

本計劃乃延續本中心地理資訊系統(GIS)的開發建構，今年為第四個工作年度。基本建構意圖乃盼望將散見各單位之港灣工程資料加以收集、彙整、數化、建檔並儲存在一個系統內，利用地理資訊系統工具開發應用,架構成查詢系統,供資料調閱及決策支援使用。年度內所執行的工作，主要有三方面：(1)系統資料的補充更新，(2)港區三維模型的增建，(3)資料應用模組的開發，分述如後。

二、系統資料補充更新

本中心所建置的「五大港區碼頭地工資料查詢系統」，收錄了台灣五個國際商港的碼頭、地質、規劃等資料，本年度仍繼續擴建該系統。年度內所建置及更新的資料，計分三大港共八大項，項目如下：

- **基隆港**
  - 碼頭資料更新：東八、東九、東十碼頭改建
  - 堤防資料擴建：計有東防波堤、東碎波堤、東堤延伸段、西防波堤、西碎波堤、八尺門防波堤、儲木池防波堤等七處
  - 規劃資料更新：修造船廠北移至西 28 碼頭處，改建為貨櫃碼頭。
- **花蓮港**
  - 碼頭資料更新: 25 號碼頭消波隔艙損壞，填石灌鑄封閉。
  - 堤防資料擴建: 計有東防波堤，東堤延伸段，東突堤及西防波堤等。
  - 規劃資料更新: 89 年 9 月研擬之新方案，朝休閒遊憩發展規劃。

● **台中港**

– **碼頭資料收集**: **新建之** 104 **號、西** 6 **碼頭**

– **防波堤資料收集**: **北防波堤外延**

三、港區三維模型增建

本中心繼上一年度完成台中港區三維模型的建置後，今年擇定基隆港區，繼續建構港區的三維模型，所使用的建構工具仍為 Bentley **公司所發行的** Microstation **三維製圖軟體。本項工作大致可分為基本地形圖建置及地面結構物繪製兩項。港池基本地形圖為底圖，利用立體繪圖模組將其碼頭高程拉出，並舖設海域平面，接著依據地圖地形資料及參考現地所拍攝的影像資料，描模港池週圍的山岳地形，再繪製整個港區的三維景像。接著繪製地面結構物之立體圖檔。結構物容量極大，故將港區切割成多幅** 1km*1km **的區塊分區製圖。各區圖檔以參考圖的方式再與基本地形圖結合，則可展示所有資料。所有圖檔繪製完成，且全部聯結到基本地形圖上後，就可從不同的視角來俯瞰整個港池。**

四、系統應用模組開發

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，資料不應僅止於查詢展現，須能夠作專業性的分析推估，將原始資料，轉化成專業資訊，將分析結果迅速展現在查詢者眼前。本研究乃針對此目標，運用港區內所建置的基本地質資料，撰寫液化分析模組。目前許多國家的設計規範都以 SPT-N **值評估法為基本土壤液化潛能分析方法，本研究引用較常被使用的方法：包括（**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**）與（**4**）**Liao **液化機率分析法來進行分析。**

五、系統查詢及展示

本研究已建置的地質資料及新開發的各項液化分查詢模組，操作使用程序如下：

1.在視窗作業環境下，執行 MapInfo 系統，進入該系統內。

2.點選功能表 File＼Run MapBasic Program，選擇 d:＼harbor-1 內的執行檔 harbor-95.mbx，按 OK 選鈕，即進入港區碼頭地工質料查詢展示系統。

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

4.利用滑鼠，點選其中任一港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「鑽探資料」主功能項下之第一選單「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」主功能項下之第一選單「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖。

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

6.選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之物件。

a.若所點選的物件為鑽孔位置圖之鑽孔時，主功能表的第二功能項(即「鑽探資料」功能項)底下所附屬的次功能項（即「鑽孔報表資料」功能項），以及「柱狀圖」功能項和四個鑽孔液化分析功能項底下所附屬的同名稱次功能項（即「單孔或多孔非排序展示」功能項、「多孔展示__由西向東排序」功能項、「多孔展示__由北向南排序」功能項等），會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。

b.若所點選的物件為碼頭分佈位置圖之碼頭時，主功能表的第三功能項(即「碼頭資料」功能項)底下所附屬的幾個次功能項(即「碼頭

設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「安檢影像資料」、「安檢調查表格」等功能項等)，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。

c.若所點選的物件為堤防分佈位置圖之堤防時，主功能表的第四功能項(即「堤防資料」功能項)底下所附屬的次功能項(如「堤防設計斷面圖」功能項)，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。

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

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，此時可在第二主功能項下點選「鑽孔報表資料」功能項，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。

若點選 “ 柱狀圖 ” 功能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。

若點選任一種液化分析之功能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。

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。

台中港區當地震強度由小漸大時，每個強度所推算的危害程度等值分析結果，本研究已錄製結合成動畫檔案，可點選該方法的「地震強度影響動畫」次功能項，系統即叫用視窗多媒體程式播放此成果。

8.當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被紅色斜紋所遮罩，此時可在第三主功能項下點選 ” 碼頭設計斷面圖 ” 功能項，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 ” 碼頭斷面文字資料 ” 功能項，系統會另以一新視窗列出該碼頭之概略描述。也可由 ” 安檢影像資料 ” 功能項查詢該碼頭之影像資料，或利用安檢調查表格查詢調查結果。

9.若要查詢另一港區的土層資料，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 8，繼續查詢所需地區之相關資料。

10.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。

六、結論與建議

1.港區地質等相關資料之獲取，常需耗費大量的人力經費及時間，取得極為不易，這些珍貴的資料，值得有系統的加以收集整理，一來避免資料散失，二來可作港區規畫及工程維護之參考依據。

2.資料除了作有系統的收集整理及建檔貯存之外，更需善加利用暨有資料，如加增分析功能以及提供主事者方便調閱查詢，以達決策支援之功效，故本研究利用 MapInfo 地理資訊系統及 MapBasic 程式語言撰寫查詢分析系統，以提升資料的使用價值。

3.本研究利用 MicroStation 軟體建置港區三維模型，年度內著手進行基隆港模型建置。基隆港三面環山，未免於模型背景過於空洞，故依據地圖及所拍攝的影像資料描摹鄰近山岳地形，但結果與實景仍有差異。為求接近實景，目前考慮採用太空遙測中心所出版的數值地形模型(DTM)資料，期使三維模型能更符合現況。

附錄二 簡報資料

附錄二 簡報資料

五大港區三維查詢系統建置研究-

--台中港區土壤液化分析模組建置

研究人員：謝明志、單誠基、李豐博
執行單位：港灣技術研究中心第一科及第三科
計畫編號：90(研)14
計畫時程：90.1.1~90.12.31

一、 計畫緣起

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

二、系統建置工具

- MapInfo：GIS軟體
- MapBasic：應用程式撰寫
- AutoCAD：空間資料建置
- Foxpro：屬性資料建置
- Surfer：等值分析展繪
- MIcroStation ：三維港池模型建置

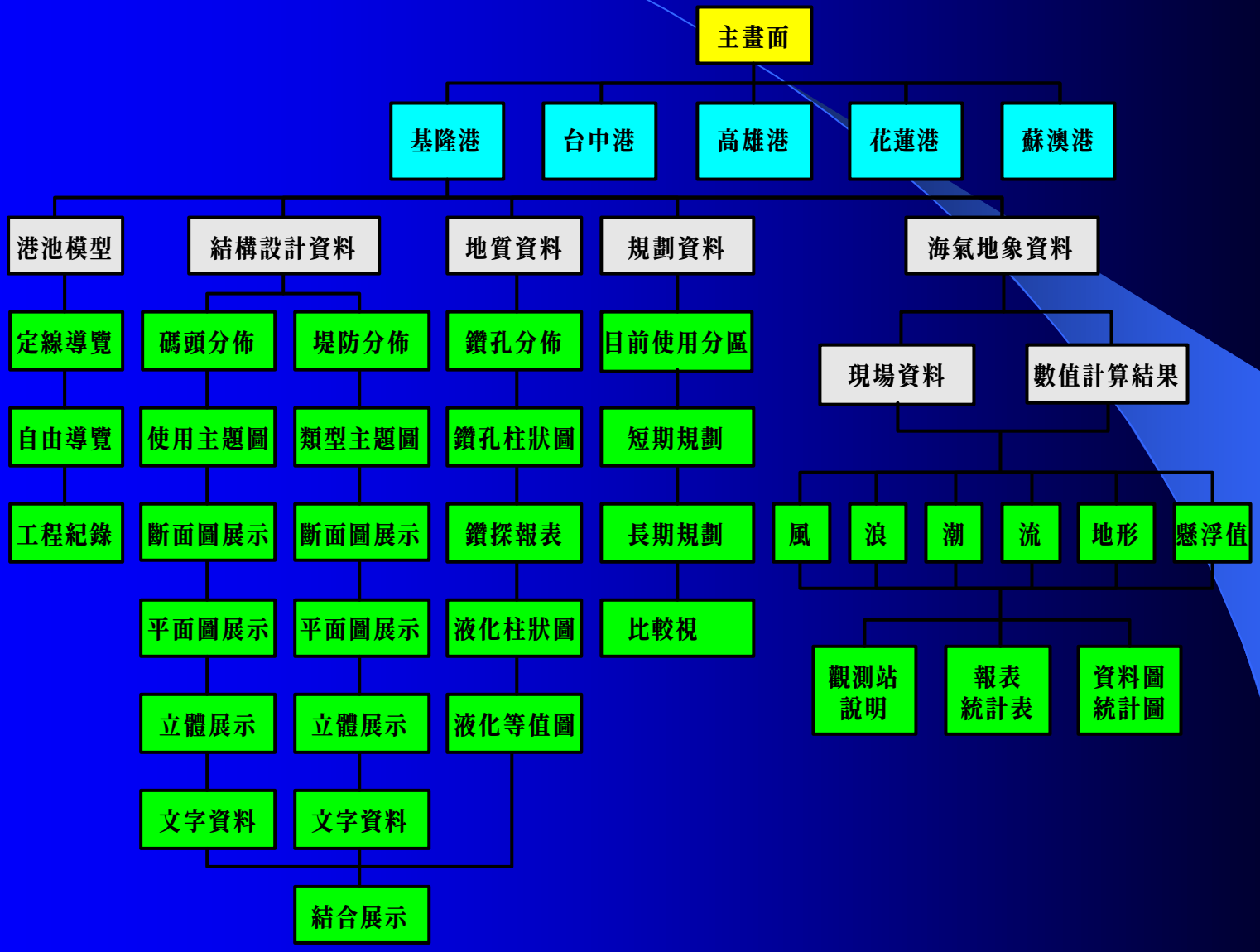
港區資料查詢系統

主要資料項

分類＼數量	基隆港	台中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港
碼頭斷面數化圖	55	30	80	25	13
碼頭條件資料表	55	30	80	25	13
鑽探記錄資料表	276	135	129	21	119
港區鑽孔資料表	1	1	1	1	1
堤防斷面數化圖	51	37	22	25	
港區規劃圖	2	2	2	2	2
自然條件資料表	1	1	1	1	1
港區數化圖	1	1	1	1	1
水系數化圖	1	1	1	1	1
碼頭分佈數化圖	1	1	1	1	1
鑽孔分佈數化圖	1	1	1	1	1

☆ 鑽探報表，鑽孔柱狀圖，液化柱狀圖 由程式產生

發展規劃-中程規劃


主畫面
基隆港
台中港
高雄港
花蓮港
蘇澳港
港池模型
結構設計資料
地質資料
規劃資料
海氣地象資料
定線導覽
碼頭分佈
堤防分佈
鑽孔分佈
目前使用分區
現場資料
數值計算結果
自由導覽
使用主題圖
類型主題圖
鑽孔柱狀圖
短期規劃
工程紀錄
斷面圖展示
斷面圖展示
鑽探報表
長期規劃
風
浪
潮
流
地形
懸浮值
平面圖展示
平面圖展示
液化柱狀圖
比較視
觀測站說明
報表統計表
資料圖統計圖
立體展示
立體展示
液化等值圖
文字資料
文字資料
結合展示

三、本年度工作內容

- 1、系統資料的補充更新
- 2、資料應用模組的開發
- 3、港區三維模型的增建

1、系統資料的補充更新

- 基隆港
  - 碼頭資料更新: 東八、東九、東十碼頭改建
  - 堤防資料擴建: 計有東防波堤、東碎波堤、東堤延伸段、西防波堤、西碎波堤、八尺門防波堤、儲木池防波堤等七處
  - 規劃資料更新: 修造船廠北移至西28碼頭處，改建為貨櫃碼頭
- 花蓮港
  - 碼頭資料更新: 25號碼頭消波隔艙損壞，填石灌鑄封閉
  - 堤防資料擴建: 計有東防波堤，東堤延伸段，東突堤及西防波堤等
  - 規劃資料更新: 89年9月研擬新方案，朝休閒遊憩發展
- 台中港
  - 碼頭資料收集: 新建之104號、西6碼頭
  - 防波堤資料收集: 北防波堤外延

2-1、資料應用模組的開發(一)

- 暨有模組:
  - 本計畫針對地質資料之應用，已撰寫柱狀圖展繪及地震液化機率分析模組。
- 新增模組:
  - 為因應國家加強防災研究之重要方針，本計畫著手開發Seed、Tokimatsu & Yoshimi、日本道路協會等不同分析模式。
- 區域分析:
  - 以具有等值分析功能之Surfer軟體，配合台中港區的地質資料，撰寫Iwasaki區域液化危險度分析應用模組。
- 機率分析:
  - 在原先的液化機率分析模式上，也擴增Lai的區域液化機率危險度分析應用模組。

2-2、資料應用模組的開發(二)

- 序列展繪:
  - 利用MapBasic程式語言設計查詢架構及撰寫查詢程式，將地質資料之鑽探報表、柱狀圖、單孔及多孔液化分析、港池全區液化危險度等成果，設計成連續展繪的程式模組。
- 簡易查詢:
  - 提供使用者依地震強度選單輸入地震數據，可一系列的查詢台中港區各種地震強度之液化模擬境況。

2-3、液化分析模組

(一)液化分析：

1.Seed簡易經驗法 (NCEER修正，1997)

2.Tokimatsu & Yoshimi (1983)

3.日本道協 (NJRA,1996)

4.Liao (1988) - - (已開發模組)

(二)區域危險度分析：

1.Iwasaki等(1982)：

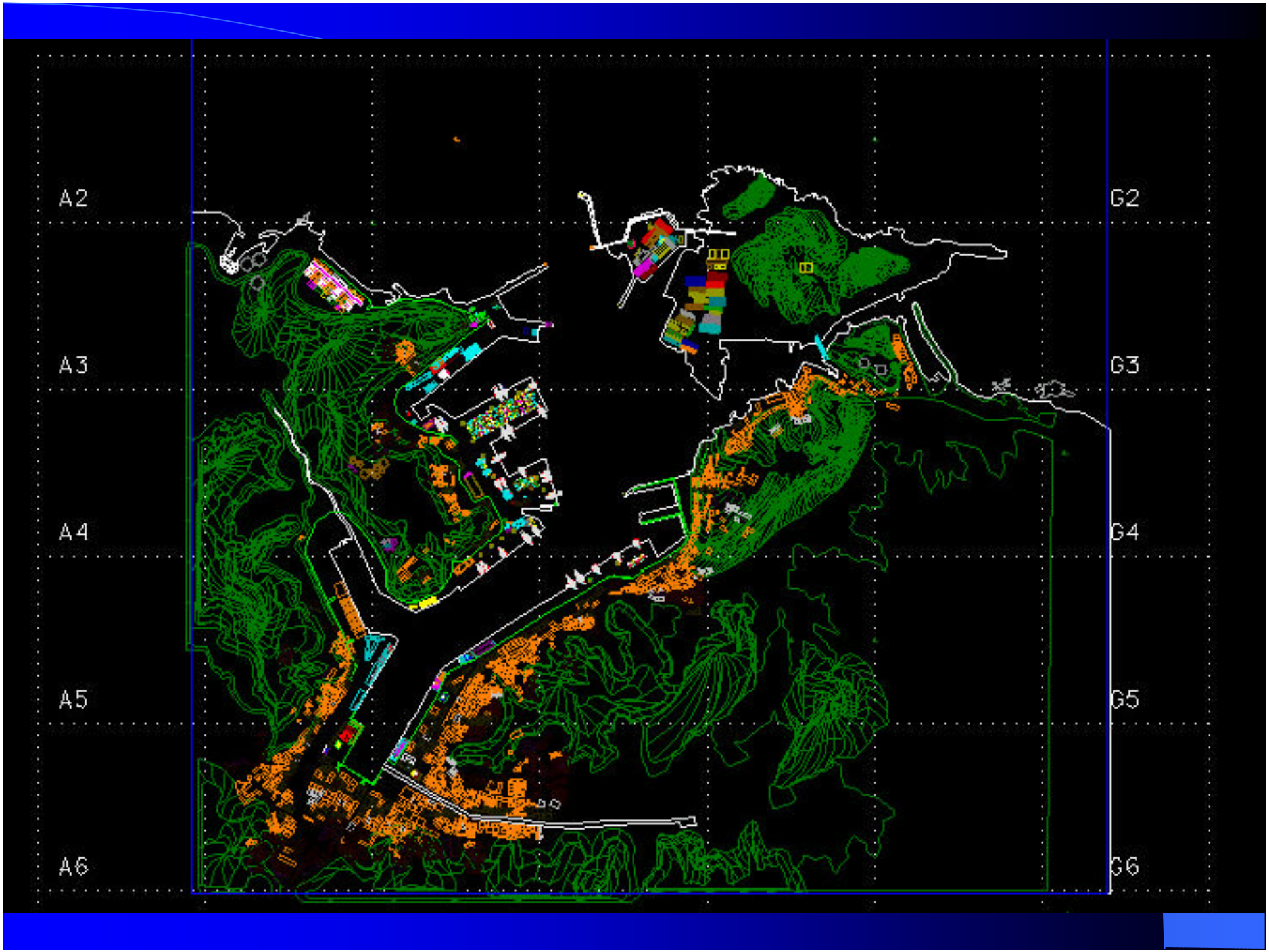
液化潛能指數(IL)，分四級：0~5~15~

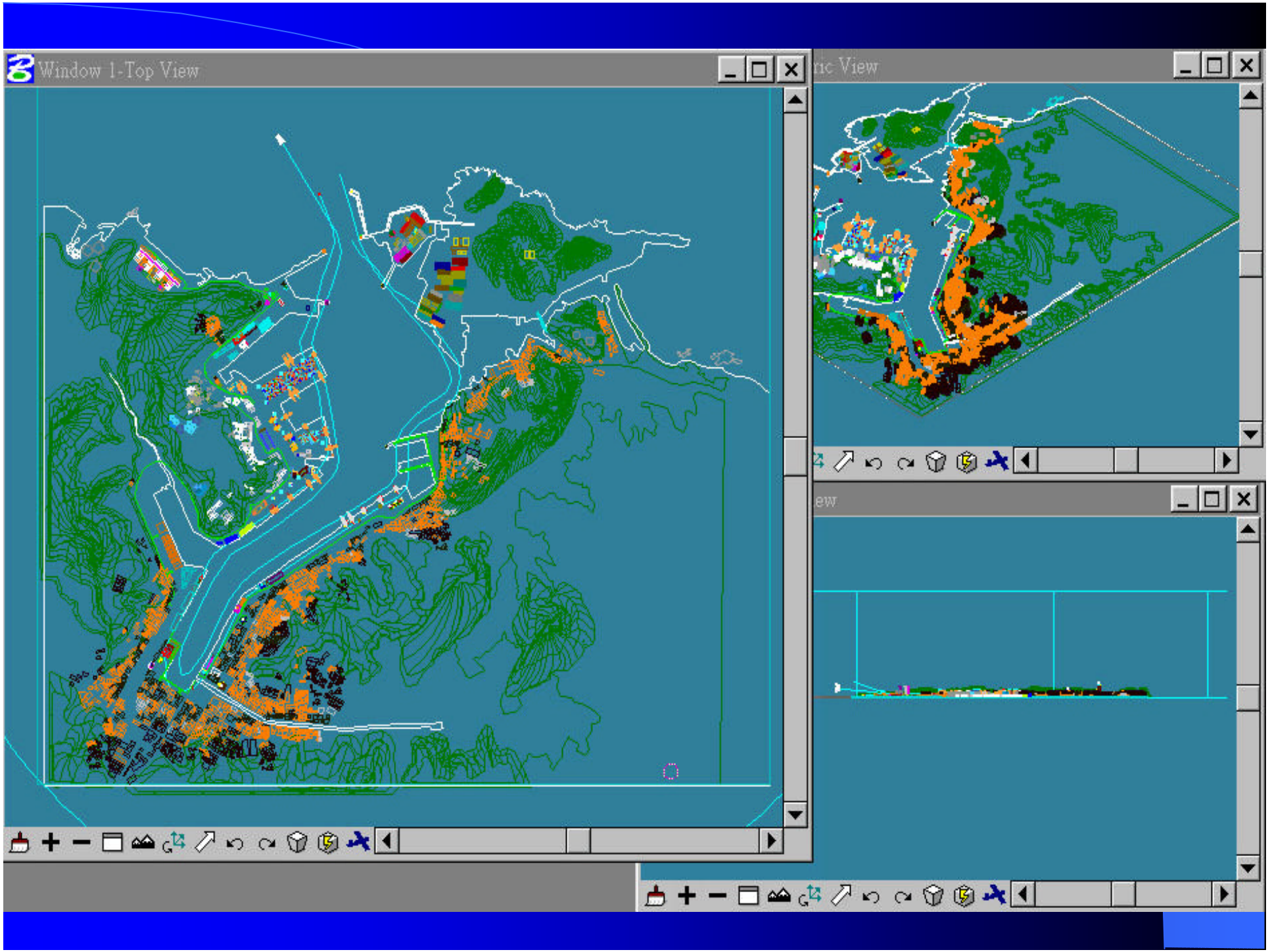
2.賴聖耀(2001)：

液化危險度(P_LW)，分四級：0~0.1~0.3~

3、 港區三維模型的增建

- 接續上一年度台中港三維模型的建置
- 本年度繼續以MicroStation軟體繪製基隆港的三維圖檔
- 製作基隆港三維導覽動畫

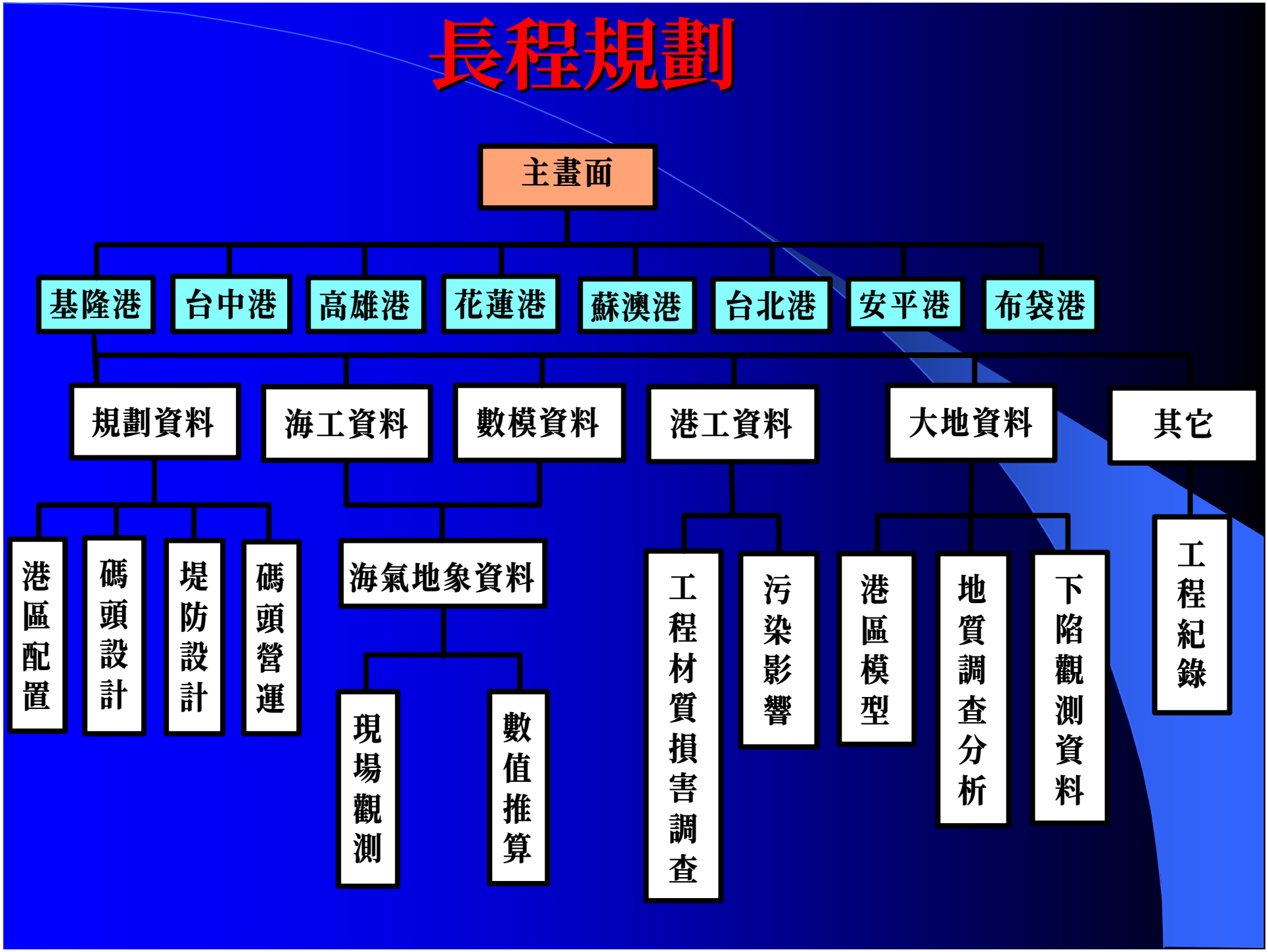

A2
A3
A4
A5
A6
G2
G3
G4
G5
G6


Window 1-Top View
ic View
ew

四、系統成果展示

- 系統簡介－選單及查詢架構
- 報表查詢展示－鑽孔SPT資料
- 單孔展繪－柱狀圖及液化分析
- 多孔排序展繪－柱狀圖及液化分析
- 區域潛能圖展繪－液化潛能分析
- 動畫播放－強度漸增變化
- 港池導覽－基隆港三維模型

長程規劃


主畫面
基隆港
台中港
高雄港
花蓮港
蘇澳港
台北港
安平港
布袋港
規劃資料
海工資料
數模資料
港工資料
大地資料
其它
港區配置
碼頭設計
堤防設計
碼頭營運
海氣地象資料
現場觀測
數值推算
工程材質損害調查
污染影響
港區模型
地質調查分析
下陷觀測資料
工程紀錄

簡報完畢

敬請指正

附錄三 審查意見

交通部運輸研究所港灣技術研究中心九十一年度
土木領域科技計畫學者專家審查意見回覆表

審查委員及審查意見	意 見 回 覆
92-1503-05 五大港區三維查詢系統建置 科技顧問室許書王：	
1. 建議將歷年維修地點、形式、材料、工法、工程合約相關資料如經費等建立於查詢系統中，未來可讓維修人員參考運用。	1. 本系統在初期建置時，已將高雄港之碼頭調查、重大損壞、維修工法及經費列入，後因經費及人力不足，未繼續該工作，未來如環境允許，將繼續擴建相關資料。
2. 有關港灣構造物的檢測資料也建議納入系統中，隨時可供運用或比對。	2. 本中心港工材料研究群歷年對各港之構造物都有施行檢測，在明年度的系統建置工作中，我們已邀請港工研究人員參與，將開始彙整花蓮港的材料調查等資料。
3. 系統的更訂機制及使用方法手冊建議製作方案。	3. 本系統每年針對各港的擴建及維修情形，經資料收集後由中心工作人員辦理更新，而系統的使用手冊將配合中心業務的推廣進行製作。
4. 未來請考慮加入 GPS。	4. 本系統目前配合 GPS 的作業，主要是應用在地質鑽孔的座標定位方面。
中山大學李賢華教授：	
1. 本查詢系統之建立架構甚佳，對於港區狀況之瞭解能在短時間之內即達成是否在建置完成達到一定階段後交各港直接使用。	1. 今年初已赴各港做成果推廣，高雄港之資料已交付高港局使用。
2. 查詢系統可發展為管理系統之一部分，而非做參考使用。	2. 查詢系統要發展為管理系統須納入更多資料，這一部份將做為往後的研發參考。

審查委員及審查意見	意 見 回 覆
3. 系統應包括日常維修、檢測等維護之資料，不僅初始設計調查資料，對於營運管理方能發揮其功能。	3.維修檢測等資料，將於下一年度著手彙整，計劃從花蓮港的歷年調查資料開始建置。
海洋大學張建智教授：	
1. 五大港區三維查詢系統若建置完成後，未來可否朝普及化使用，以使更多學術研究團體獲得更多資訊。	1.本計劃在年度中有配合中心業務赴各港做成果推行。
2. 此系統之架構建議可納入： (a) 波浪及腐蝕資訊 (b) 檢測結果資訊 (c) 管理及維修資訊 (d) 國內外相關之研究報告	2.上一年度的計劃有彙整台中港的波浪潮汐資料，而明年度的計劃會開始彙整花蓮港的材料調查等資料，若人力經費許可，我們盼望將更多的資料納入本系統中。
3. 本計劃為一長期性的計劃，透過 GIS 系統可速獲得港區現況之資料，非常值得持續性建置，並與各五大港區相關人員互動配合建置。本計劃內容充實，條理清晰。	3.感謝張教授對我們 GIS 工作的肯定，我們將繼續努力。
港研中心朱金元科長：	
1. 希望能有結論及建議	1.報告本文內最後一章，將列入結論及建議。
2. 各年度之預期計劃結果及大架構希望無限明確的區分出來。	2.簡報資料的第 5 頁及第 15 頁，有圖示整個 GIS 計劃的中程及長程規劃架構，這也是我們 GIS 工作的預期計劃結果，這些工作將逐年分項在各個子計劃內進行。
港研中心李豐博研究員:	
1.P.42, ER 之計算式有誤，請修正。	1.式 3-7 修正為式 7-7。
2.P.52，式 7-25 編排不妥，宜調整。	2.將式 7-25 兩行修正為一行。
3.台中港液化分析結果動態展示速度建議減緩。	3.擬增加影格數以減緩播放速度。