

台灣各港區土層分佈資料微電腦建檔 及土壤動態性質分析研究

執行單位：大地工程組
計畫主持人：謝明志 副研究員
協同主持人：李延恭 研究員兼組長
參與人員：蘇吉立 助理
 陳志芳 助理
 張惠華 技術員

摘 要

本研究計劃廣泛搜集各港區土壤鑽探資料及相關試驗報告，彙整各試驗報表，設計資料庫格式，建立資料庫表格檔案，利用MapInfo公司所開發的地理資訊系統—MapInfo 3.05版及MapBasic使用者發展語言環境，設計港區土層分佈資料查詢展示系統，此應用軟體可依據鑽孔分佈位置查詢各鑽孔之土層資料及相關試驗結果，並展繪土層剖面圖。除了典藏傳統的標準貫入試驗鑽探資料外，本系統亦收錄荷式錐貫入試驗資料，使用者可以查詢到此種更精確的土層試驗數據，可對現地土層做更細緻的分析研判。

另外，本研究也針對台灣西部海岸地區土壤之動態性質，搜集了相關的試驗資料，包括試驗室試驗如共振柱試驗、動三軸試驗等及現場震測試驗等結果，加以綜合整理分析，分別求出台灣西部代表性地區土壤動剪力模數、阻尼比、壓縮波速度和剪力波速度等之範圍。根據已搜集的資料整理結果，台中港區砂性土壤剪力模數和阻尼比較高雄港區和興達港區之砂性土壤高，剪力波速度和壓縮波速度一般亦以台中港區之土層較其他地區稍高。該研究結果可供初步工程規劃之參考。

目 錄

摘要	I
附圖目錄	III
附表目錄	IV
一、前言	謝明志..... 1
二、土層分佈資料建檔需求及系統配置	謝明志..... 3
三、土層分佈資料庫架構程式設計及成果展示	謝明志..... 12
四、各港區土壤動態性質分析研究	李延恭..... 43
五、結論與建議	李延恭、謝明志..... 66
參考文獻	68

附圖目錄

圖3.1	壓密曲線之類別 (取自李成亨, 1988)	16
圖3.2	台灣主要港區分佈示意圖	33
圖3.3	台中港港區地圖	34
圖3.4	台中港區標準貫入試驗鑽探位置分佈圖	35
圖3.5	台中港區荷式錐貫入試驗分佈位置及附近地形	37
圖3.6	標準貫入試驗單鑽孔土層剖面柱狀圖	39
圖3.7	標準貫入試驗多鑽孔土層剖面柱狀圖	40
圖3.8	荷式錐貫入試驗成果圖	42
圖4.1	高雄港區砂性土壤剪力模數受不同圍壓影響	46
圖4.2	高雄港區砂性土壤圍壓對阻尼比的影響	46
圖4.3	高雄港區砂質沉泥或粘土質沉泥剪力模數受不同圍壓影響	47
圖4.4	高雄港區砂質沉泥或粘土質沉泥阻尼比受圍壓之影響	47
圖4.5	高雄港區砂性土壤 (圍壓為 1kg/cm^2) 之剪力模數與應變關係曲線	48
圖4.6	台北盆地砂性土壤剪力模數與國外研究結果之比較	49
圖4.7	高雄港區砂性土壤 G/G_{max} 與剪應變之關係	50
圖4.8	高雄港區砂性土壤阻尼比與剪應變之關係	51
圖4.9	高雄港區砂性土壤動力三軸試驗結果	53
圖4.10	台中港區砂性土壤剪力模數受不同圍壓影響	55
圖4.11	台中港區砂性土壤圍壓對阻尼比的影響	55
圖4.12	台中港區砂性土壤動力三軸試驗結果	57
圖4.13	台中港區沉泥質砂性土壤 G/G_{max} 與剪應變之關係	58
圖4.14	台中港區沉泥質砂性土壤阻尼比與剪應變之關係	59
圖4.15	台中港區與高雄港區砂性土壤剪力模數比較結果	60
圖4.16	台中港區與高雄港區砂性土壤阻尼比比較結果	60
圖4.17	台中港區土壤動力三軸試驗結果	61
圖4.18	台中港區土壤 SPT-N 值與剪力波速度及深度變化圖	62
圖4.19	興達港區砂性土壤動力三軸試驗結果(a)	64
圖4.20	興達港區砂性土壤動力三軸試驗結果(b)	65

附表目錄

表3.1	鑽孔資料抬頭（取自李成亨，1988）	17
表3.2	A表格式（取自李成亨，1988）	19
表3.3	B表格式	20
表3.4	C表格式（取自李成亨，1988）	20
表3.5	D表格式（取自李成亨，1988）	20
表3.6	D表試驗代號說明（取自李成亨，1988）	22
表3.7	輔助記憶體內資料貯存架構	24
表3.8	港區各鑽孔之基本資料檔案及資料錄說明	25
表3.9	鑽孔之試驗資料檔案及資料錄說明	28
表3.10	土層分佈資料庫圖文查詢展示組織架構	29
表3.11	標準貫入試驗報表	38
表3.12	荷式錐貫入試驗報表	41

一、前言

港灣建設在工程規劃階段如有完整的土層分佈資料，將可節省大量經費，時間與人力。對已完成之港灣工程其土層分佈資料若能有系統的儲存建檔，亦將有助於港灣結構物之維護與受損原因之探討。

本研究計劃分爲土層分佈資料微電腦建檔研究和土壤動態性質分析研究兩部份。

1. 台灣各港區土層分佈資料微電腦建檔研究：

大凡建築工程之規劃設計，皆以搜集土層工程特性爲第一要務；而大型的港灣工程，其橫跨之區域動輒數公里以上，大地工程地質資料之獲得亦爲重要之規劃依據。若有完整的港區地工資料庫，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爲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。對於地震這類不可預知的天然災害，若能事先確知那些地點於地震時較可能受創，當可事先採取適當之防範措施，因此，對台灣各港區而言，建立完整的土層分佈地質資料庫，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。本研究計劃建入荷式錐貫入試驗資料於地質資料庫系統中，該資料比標準貫入試驗更加精確且具有連續性的土層強度反應值，另外仍搜集新增之標準貫入試驗資料，納入此系統中。將來並可依據這些土層資料來推估烈震侵襲時土壤發生液化的可能分佈範圍及其它工程應用，以作爲規劃設計及災害防治上的基本資料。

2. 土壤動態性質分析

工程師在進行港灣工程基礎分析及設計時，其結果可說是一個預測。預測之準確與否和原始資料之週全及假設是否合乎實際狀況息息相關，尤其有關土壤動力作用和液化問題的預測較之一般土木工程更為困難，主要原因為：(1)地層本身之變化多端。(2)大部份時間無法搜集足夠及準確之資料。(3)液化問題屬於大量資料之統計問題。

土壤在動態荷重作用下所引發之問題遠較靜態荷重者複雜與重要。在分析砂土層之液化問題時，應對土壤之動態性質有相當程度的瞭解。而動態性質資料之週全與否對液化問題分析影響極大。

本研究計畫擬廣泛搜集西海岸港灣地區現有土壤動態性質資料，作有系統的整理分析及建議，俾提供港灣工程規劃之參考。

二、土層分佈資料建檔需求及系統配置

2.1 資料建檔目的

由於土層分佈資料之獲得需大量的人力、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享的益處，且未來新的地質資料又可迅速的補充使資訊的流通更為便捷，各港區的土層分佈資料建檔完成後可達到下列目的：

- (1)工程依據：提供爾後港灣規劃、設計及工程研判上的需求。
- (2)學術資料：可供各學術單位從事研究、分析所需的基本資料。

2.2 資料處理層次

一般對大量資料的處理可區分為三個層次，即規格化、系統化及應用性，對本研究而言，五大港區之地層分佈調查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各港區的地質資料，訂定統一表格，使各種不同的地質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)建立各港區的地圖資料系統。
- (2)建立各港區的土層分佈資料系統。
- (3)能展示各港區的地層剖面資料。
- (4)能撰寫分析程式。

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。

2.3 資料建檔系統之基本需求及功能

依據上述資料處理原則及建檔目的，本研究所需之建檔軟硬體，基本上須能符合下列需求：

2.3.1 硬體基本需求

1.電腦主機：

目前全世界使用的電腦主機種類從最快的超級電腦到個人電腦應有盡有。然而，其中最廣泛被人使用的主機主要可以分為二級：其一為工作站(Workstation)級電腦，目前工作站級電腦中以SUN，DEC，HP，Intergraph，Silcon Graphic等皆擁有相當多的使用者。其二為個人電腦(Personal Computer)，其中以intel 80x86及Pentium系列CPU的PC最為廣泛使用，其次以Motorola 68K系列CPU的Mactosh數量亦不少。本研究建議至少採用80486級以上之主機，來做資料建檔處理用。

2.圖文展示監視器：

資料建檔系統由於必須能夠同時顯示圖形與屬性資料，因此，其所使用的監視器必須要能夠支援圖形顯示。而監視器必須匹配顯示卡所輸出的訊號才能使用，不同品牌或模組的監視器無法完全相互支援，因監視器在設計時已決定了它所能反應的訊號頻率範圍及它的掃描頻率與影像更新速率，所以在選用圖文展示監視器時，必須與顯示卡相匹配。

顯示卡係插在微電腦的擴充槽內，作為訊號線的聯結站，可提供訊號到圖文展示監視器上，控制監視器的像束精度及色彩深度。

目前，工作站級的電腦，其圖文展示監視器之解析度一般均在1280* 1024以上，可以顯示的顏色都在256色以上；而個人電腦上的監視器解析度一般均在640*480以上，可以顯示的顏色亦都在256色以上。本研究建議採用256色以上，解析度640*480以上的監視器及顯示卡來使用。

3.儲存媒體(store media)：

土層資料建檔系統由於包含圖形資料，因此，其資料量要比普通的文數字資料庫來得大，所以必須配備容量十分龐大的儲存媒體。目前，最常被使

用的儲存媒體有硬式磁碟，可讀寫光碟(mo)、磁帶(tape)、唯讀光碟(cd-rom)等。本研究建議採用至少250Mb以上的硬式磁碟來供建檔系統及資料貯存用。

4.電腦滑電：

多數的資料建檔管理系統，設計時都已規劃滑鼠來輔助操作，滑鼠可連在微電腦水上任何一個序列輸出線上，配合其驅動程式來運作，而此驅動程式通常都拷貝到啓動磁碟機的根目錄上。

5.隨機存取記憶體(RAM)：

儘可能地利用隨機存取記憶體，可大爲提升龐大資料的處理效率，因此，在微電腦上，高於傳統記憶體區640K以上的記憶體，都應善加利用，有些軟體，可自行利用640K或1024K以上已規劃的延伸記憶體(XMS)或擴充記憶體(EMS)，有些軟體，須利用虛擬磁碟機或磁碟快取的功能，來提升執行速度及存放執行過程中所產生的中間檔，因此，須視所採用的建檔系統及微電腦品級，善加規劃及擴充足夠的隨機存取記憶體。建議隨機存取記憶體至少應在8Mb以上。

6.週邊設備：

視選用的建檔系統，資料的搜集及展示，須匹配有適當的輸出入設備，如彩色掃描機，可直接將地圖或照片作影像傳輸，處理成投影檔以供貯存，或高精度的螢幕或繪圖儀、列表機等，可提供資料展示使用。

2.3.2 資料建檔軟體之基本功能：

1.系統基本操作功能：

- a. 須具有處理向量(vector)、影像(raster)、電腦輔助設計(CAD)三者的能力，可透過資料庫管理系統，來詮釋向量圖形。
- b. 具操作簡易的人機介面對話盒及空間資料交談處理功能，能在以視窗操作基準的個人電腦上執行。

2.圖形處理能力：

- a. 圖形處理包含圖形編輯、更新、顯示、拼圖、地圖投影座標建立／轉換，地圖幾何校正、分類及解說等功能。

- b. 可提供橫麥卡托二分帶，經緯度等地圖投影方法，可按地理座標拼圖或交談式人工拼圖。
- c. 須具豐富的桌面工具，用以量測、繪製、詮釋圖形，可提供螢幕上立即更新、描繪像片，以詮釋航照圖片。
- d. 具地圖製作功能，可將相關輔助設計或向量圖形疊加於地圖影像上。

3. 港區土層調查資料圖文顯示功能：

- a. 可利用鑽探資在區域地圖上標示鑽孔位置，並顯示沿鑽孔深度變化的地質圖文資料。
- b. 地圖必須顯示大地座標，以橫麥卡托二分帶為地圖投影方法。
- c. 描述土層之文字資料分屬三種方式存放：
 - C-1 鑽孔位置基本資料：含鑽孔編號、鑽探公司、鑽探日期、X、Y座標位置、地面高程、鑽孔深度等資料。
 - C-2 沿鑽孔深度之地質變化資料：該資料含深度、土壤分類、標準貫入試驗N值，而資料庫內的索引欄位(Index Key)，係利用鑽孔位置或鑽孔編號當做索引。
 - C-3 強度或特殊試驗資料，如遇有採樣或鑽孔後所執行的試驗，須能以表格方式加以貯存。
- d. 輸入地圖後，可再輸入「鑽孔位置」相關資料，則鑽孔位置應按地理座標顯示於地圖上。
- e. 使用者可在地圖上選擇欲顯示柱狀圖的鑽孔，叫用柱狀圖顯示功能，螢幕即顯示鑽孔群的地層柱狀圖。
- f. 若有數個鑽孔之柱狀圖同時顯示時，柱狀圖上須註明高程鑽孔位置及沿深度所得之標準貫入試驗N值，以方便大地工程師之規劃設計使用。

2.4 建檔系統

2.4.1 建檔主要系統

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3.05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, ORACLE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SPOT(.bit)、.GIF、.TIF、.PCX、.BMP和.TPG。
3. 可直接讀取.DBF(DBASE, FoxBase, Clipper),Lotus1-2-3, Excel和ASCII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ORACLE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. MapInfo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。

本研究另外採用MapInfo公司所提供的使用者發展語言環境—MapBasic 3.05版，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內執行或成爲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。
 - a. 特殊事件控制(Special Event Handlers)
 - b. 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。

2.4.2 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Photostyler軟體及Microteck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LL3軟體來傳送，或利用Novell網路系統，將各資料送回MapInfo工作主機上，再將Foxpro 及Photostyler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。

2.4.3 全球衛星定位接收系統

全球衛星定位系統的全名為：授時與測距導航衛星系統／全球定位系統(Navigation Satellite Time and Ranging/Global Positioning System)，簡稱全球

定位系統(GPS)。

該系統是由美國國防部為軍用定時、定位、定速而建立的新一代衛星導航系統。自1978年發射第一顆衛星，目前地球上空計有24顆衛星（內含3顆備用衛星）以近似圓形的軌道在運轉操作，其軌道傾角為55度，共6個軌道面，每個軌道面含4顆衛星，高度為20200公里，運轉週期為11時58分。在地面上利用接收儀器，可在任何時間、任何地點做全天候觀測，不受天氣狀況的影響，定位速度快，觀測時間短，操作簡便。

本研究購置Trimble GeoExplorer全球定位系統接收儀乙台及相關處理軟體做為鑽探孔位及鄰近地形現地量測使用。該接收儀之特性如下：

- ①接收速率：最快0.7秒。
- ②第一次定位時間：二維座標在二分鐘內
三維座標在三分鐘內
- ③6頻道平行／順序追綜L1載波之C/A電碼
- ④差分精度：一般條件下精度在5m以內，衛星天候條件優良下精度可達1m
- ⑤GEO-PC處理軟體：差分校正
- ⑥可記錄點、線及面積
- ⑦具有自動省電裝置
- ⑧可追綜8顆衛星
- ⑨內部記憶體：1/4 MB（可記錄超過9000點，3D GPS位置）
- ⑩使用者可自行選擇圖形座標系統顯示
- ⑪具可使用全世界及自己設定之座標資料
- ⑫可顯示GPS衛星狀態，包括方位、仰角、使用者距離精度、接收訊號之強弱等。
- ⑬具平均位置的功能
- ⑭具夜間操作的夜間顯示燈
- ⑮具ASCII, RTCM SC-104及XMODEM之傳輸
- ⑯具導航功能，包括距離、方向、追綜差量及可記憶點99點導航點
- ⑰具RTCM SC-104輸入之即時差分功能
- ⑱可連續操作7-9小時

⑲ QUICK PLAN 衛星規劃軟體；架構在微軟視窗作業系統下，操作容易，並可同時顯示衛星個數及空間點位、平面點位、高程、時間等各項定位精度因子。

⑳ 可轉換140種GIS之格式。包括ARC/INFO, AUTO CAD, INTERGRAPH

㉑ 軟體可顯示測量之點、線、面之屬性，並可計算線長及面積

衛星定位系統雖然使用便利，但有一些因素會影響定位精度，產生誤差如：衛星幾位分佈(Satellite Geometry; DOP Values)，觀測量雜訊(Measurement Noise)，衛星軌道偏斜(Satellite Orbital Bias)，衛星及接收儀時錶偏斜(Satellite and Receiver Clock Biases)，電離層遲延(Ionospheric Delay)，對流層遲延(Tropospheric Delay)。多路徑誤差(Multipath)及選置效用(Selective Availability, 簡稱SA)等，特別自1993年3月起，美國國防部將SA裝置於Block II衛星上，刻意降低衛星所發送之民用C/A電碼精度，影響了衛星時鐘及衛星星曆的精度（但軍用接收儀不受影響，因軍用為精密P電碼），對有高精度資料需求者而言，便需要利用一些方法來對C/A電碼的定位精度加以改善，因此，便發展出差分校正(Differential Correction)的技術；此方法是利用一已知精確座標之GPS測站作為參考站(Reference Station)，由參考站接收衛星資料並計算參考站位置與衛星位置之間的距離，此一計算距離與參考站所測得之虛擬距離的差值（稱為虛擬距離差），或是直接由利用測得虛擬距離計算出參考站之座標和參考站實際座標間的分量差，當成修正值(Correction)，對同一時間未知測站上的接收儀所得之數據進行修正，以提高未知測站之精度。

本研究採用Geo-Pc或Pfinder軟體來執行差分校正，對其它影響因素，可用Quick-Plan軟體作事先詳細規劃，再選擇最適當的時段來實施GPS接收作業。

綜上所論，本研究所採用的設備，硬體方面計有PC個人電腦、相關週邊設備及GPS接收儀，軟體系統則包含：

- ① MapInfo地理資訊系統
- ② MapBasic發展語言環境
- ③ Foxpro及Access資料庫建構軟體
- ④ Auto CAD電腦輔助設計軟體
- ⑤ Novell網路系統與LL3資料傳送軟體
- ⑥ Geo-Pc定位系統差分校正處理軟體

⑦Pfinder資料字典建構、差分及圖形展示軟體

⑧Quick-Plan衛星規劃軟體

三、土層分佈資料庫架構程式設計及成果展示

3.1 地層資料之處理原則：

本研究在資料之處理上，係依據李咸享(1988)在「大地工程地質資料庫系統及台北市區建檔之研究」上對工程地質資料之處理原則。確立資料處理之原則，乃為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。欲具有上述目標，除了資料庫在結構上須作妥善地規劃外，其餘則全賴工程地質資料的整理及歸類。要將項目雜、數量多、內容繁雜的各港區工程地質資料納入一個系統中，誠然不易。而且各家公司之鑽探報告格式不同，工程資料分類方法也多不相同。所以表格須先統一才能進行實質之建檔作業。本研究乃依據李氏之建議表格及處理方法，進行資料整理。

3.1.1 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一致性及普遍性的“港區土層分佈資料庫”座標系統。

每個鑽探孔位置，各以一組(X,Y,Z)數值來表示，(X,Y)表示鑽孔在TM二度分帶中之平面位置(Grid Coordination)(如有必要可經由換算公式，計算出鑽孔之經緯度值(Ellipsoidal Coordination)。Z值表示鑽孔的立面座標，即鑽孔位置地面高程大小。其中X座標以六位整數表示(省略前頭的E字母)，Y座標以七位整數表示(省略前頭的N字母)，Z座標為具小數點的實數，帶正負號，表示高或低於地面，三者單位皆為公尺。

3.1.2 基本地圖檔之建置

爲了尋孔(Search Borehole)簡便起見，在本研究中，我們先將各港區基本地圖檔存入電腦中，而在搜尋上分三個層次來處理，第一層顯示出台灣全島圖，分別標示出各港區位置，第二層則顯示各港區平面圖，第三層則利用圖形比例尺縮放功能來放大顯示目的範圍。如此可完成尋孔、定孔或直接選孔的工作。

3.1.3 處理原則

在處理、彙整鑽探報告中的地層分佈資料，本研究乃本著「忠於原著，評如原著」的精神，將所有的資料載入資料庫中。但是基於事實上的需要仍有若干資料須先行校正。處理原則分述如下：

1. 每一鑽孔資料，皆註明提供單位、鑽探公司、試驗單位及鑽孔的日期，除了說明該資料的來源，感謝提供單位外，尚可作為使用者對資料的評估，然而，最大的希望是藉此惕勵工程界重視鑽探資料，提昇工程地質資料的完整性。
2. 鑽孔位置：基本上，每本鑽探報告上應具有鑽探孔的平面配置及鑽孔的座標值，但是，由於鑽探報告時代不同，標準不一，除了少數的鑽探報告是採用TM二度分帶座標系統外，其餘的鑽探報告的鑽孔座標常常是獨具一格，而造成處理工作的負擔。一般可分述如下：
 - ①採用地籍圖座標系統，即日據時代遺留下來之TM三度分帶（全國戶籍圖中心在台中公園三角點）。
 - ②鑽探公司自行建立的局部座標系統——有平面配置圖及座標值。
 - ③僅有鑽孔平面配置圖示其相關位置，卻無鑽孔座標值。
 - ④鑽探公司自行建立的局部座標系統——僅有鑽孔座標值，無平面配置圖。
 - ⑤鑽探報告無明確地標出工作地點位置。
 - ⑥僅有簡圖，而無任何工地及鑽孔彼此間的相關資料。

面對如此雜亂的座標值及位置圖，本研究乃以各種轉化公式、投影技巧和建築物配置圖形來決定該批資料之取捨。由公式轉化的TM座標值較為精確，而其它技巧得到的座標值誤差會較大。

3. 地下水水位高程：各類鑽探報告中，地下水位之標示，有標以地面下之深度值；有示之以高程大小，亦有記錄其長期地下水位之變化值，在此，我們以高程來標示地下水位，為的是利於地下水位剖面圖之繪製，若有長期地下水位觀測值，則在緊鄰地下水位高程欄下，登錄六欄之水位觀測數據，且同時註明觀測之時間，以供使用者研判水位變化情形。
4. 採樣深度說明：鑽探報告書中，深度欄的記錄不外是採樣深度及試驗之土樣深度兩種，土樣皆以劈管或薄管取之，在長45公分劈管採樣深度中，以採樣器頂點深度為採樣深度，實無具任何意義；若以採樣器之中間點深度為採樣深度，則又似乎有點美中不足的地方，因為大都知道在採樣的過程，上層幾個銅圈土樣常為水洗雜質之擾動土樣，常不作為試驗之土樣，所以綜合上述分析，採樣深度乃以開始採樣之深度加上30公分作為採樣深度之標準點。試驗土樣之深度，則以土樣之中間點深度為其試驗深度值。基於慣例，深度欄中的深度值皆是相對於地表面之深度，而非絕對高程，即每一深度值皆是代表著該位置距離地面鑽孔位置之直線距離，換言之，每一土樣之絕對高程座標，可藉鑽孔座標值減去該土樣之深度值來求得。
5. 標準貫入值(N值)之處理原則：N值的記錄，可分為兩種：(1)可直接記錄之N值，此種N值多屬於一般土壤，例如：014即指貫入值為14。(2)沒有完成之標準貫入試驗的N值，在鑽探報告上僅登錄其貫入值（即以最保守之數值登錄）
6. 土／岩層厚度分類：土樣的分類應該是根據其粒徑分析結果及標準貫入值，在彙整工程地質資料中，發現部份鑽探報告書內，土壤／岩石之分類與粒徑分析及N值結果有一致性，而若干鑽探公司的鑽探報告書中，可發現土壤分類與實驗室中的物理試驗不甚吻合，所以對於此種資料，我們檢核其試驗結果並修正其地層厚度。
7. 粒徑分析處理原則：正確的粒徑分析結果應有礫石、砂、粉土、黏土等四個項目，但是在鑽探報告書中卻不盡如此，或僅有粒徑分佈曲線、或僅有礫石、砂、黏土等三個項目，所以，這些資料我們都根據其原始顆粒分佈曲線並依ASTM規定，重新讀定礫石、砂、粉土、黏土的篩留重量百分比。
8. 荷式錐貫入試驗數據登錄原則：目前的荷式錐儀器設備都已由機械式錐頭改為電子式錐頭，利用資料擷取系統依貫入深度收錄試驗數據。故本研究

荷式錐試驗資料檔案的建置上，也依照各個貫入深度登錄錐端阻抗值，摩擦阻抗值，孔隙水壓感應值、貫入傾斜值等。深度係以公尺為單位，傾斜以度度量為單位，其它強度值則以物理量Kgf/cm²為單位。

9. 單軸向壓密試驗之參數：因該試驗之結果，可得到許多參數，例如：壓縮係數Cc，壓密係數Cv，過壓密比OCR，過壓密後解載之解壓係數Cr，及體積壓縮係數Mv。而這些參數常常不是未登錄，就是登錄不全，或僅提供曲線圖形而已。所以，本報告將所有的壓密曲線依下列的處理原則加以研判：

下列的處理原則加以研判：

- ①壓縮係數Cc：依圖3.1所示方法換算成工地未擾動之原始壓密曲線（即為現場工地壓密曲線），如此可符合資料可直接使用的原則。
 - ②壓密係數Cv及體積壓縮指數Mv，兩者皆隨著壓力大小而有所改變，所以，各依預壓力Pc值之0.2、0.5、1.0、2.0、4.0之倍數所相對應之值輸入，使用者亦可依其變化情形，內插取其所需之值。
 - ③過壓密的狀態描述，則以輸入該土樣之預壓力Pc值，使用者自己可依工地現有覆載壓力，迅速計算出過壓密比OCR值。
10. 其它試驗曲線的輸入：在試驗報告書中，許多數據常以曲線圖形表示，例如CBR試驗，單軸壓密試驗……等等。對於曲線值輸入，本研究以存入五點數據為原則，以供使用者參考，或自行依曲線配製(Curve fitting)求內插值，以得到需要的數據。

3.1.4 土層相關試驗資料的歸類

基於上述的分析及處理原則，本報告將港區土層資料分為標準貫入試驗資料、荷式錐貫入試驗資料、其它強度及特殊性質試驗資料四大類，標準貫入試驗資料是最普遍的資料，即工地上最常見的鑽孔基本資料。荷式錐貫入試驗資料是一高精度的土層連續資料，但以土層的反應強度為主，缺乏相關的物理性質資料。強度性質試驗及特殊性質試驗是依其需要而採用之試驗。所以，依此原則則土層地質資料歸類為A、B、C、D四表。即A表為標準貫入試驗表，B表為荷式錐貫入試驗表，C表為強度性質試驗表，D表為特殊試驗表。而對鑽孔資料來源、地理位置等斜述資料，則以表3.1的格式列在試驗

curve 1:原始壓密曲線 (virgin
compression curve)

curve 2:室內壓密曲線 (Laboratory
compression curve)

curve 3:重模 (或擾動) 樣品壓密曲線
(Remolded Sample compression
curve)

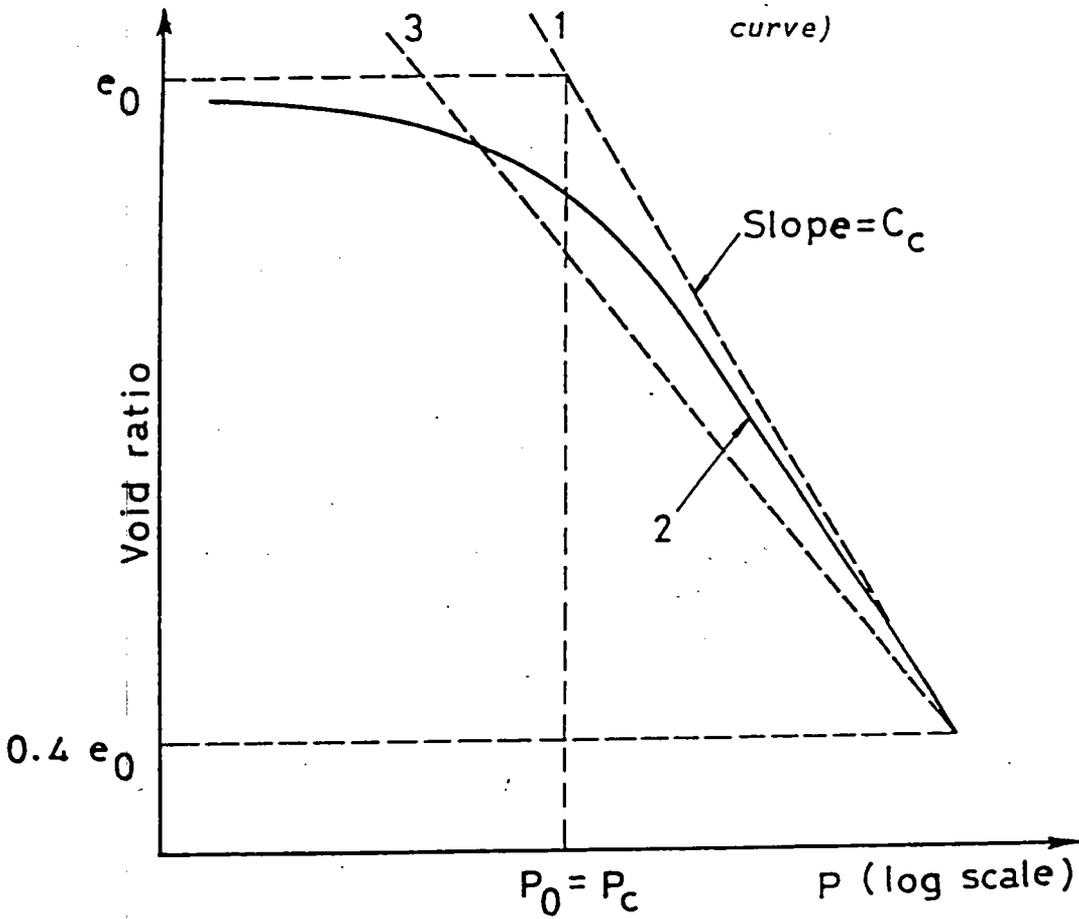


圖3.1 壓密曲線之類別 (取自李成亨, 1988)

表3.1 鑽孔資料抬頭 (取自李咸亨, 1988)

鑽孔資料——抬頭

計劃項目：

鑽孔編號： X座標： 鑽孔孔徑： cm
提供單位： Y座標： 鑽孔深度： m
鑽探公司： Z座標： m 鑽孔傾角： °
試驗公司： 水位計： (1. 觀測井 2. 水壓計)
鑽探日期： 埋設深度： m
鑽孔位置：

地下水位深度：-----，-----，-----，-----，-----，-----
日期：// //， // //， // // // //， // //， // //

表格之前，作為抬頭資料。由於土壤與岩石性質之差異極大，A表乃以土壤為主，岩石為輔進行設計。未來仍需要一份以岩石為主而土壤為輔之表格方能涵蓋所有狀況下之資料。A表如表3.2所示，其建檔原則分述如下：

1. 每一鑽孔的基本資料皆存於A表，包括每一鑽孔的來源、時間、地點、位置及土層的物理性質之資料。
2. 為便於檢核較常用之土壤／岩石分類與N值及粒徑分析，除了深度欄及地層說明欄外，土岩層分類欄、N值欄、粒徑分析欄在前面，接著為自然含水量，阿太堡指數，再是單位重、比重、孔隙比。
3. 採樣編號以S,T,Comp,Loss,分別代表著劈管，薄管採樣乃夯實土樣，漏失土樣。例如：S011為劈管第十一組取樣：T007薄管第七支取樣。若為夯實土樣，則其相對之自然含水量欄及總體單位重欄，分別載入的是最佳含水量(O.M.C)及最大密度值(γ_t)max〔即為(γ_d)max $\times(1+O.M.C)$ 〕。

B表為荷式錐貫入試驗表，如表3.3所示。荷式錐試驗適用於海岸沈積土層，可做連續性土層調查，但不適用於礫石層，也無法貫入岩層，為純土壤的地層調查試驗，本表建檔原則乃將貫入記錄的結果依深度變化直接登錄，這些記錄包括貫入深度、錐端阻抗、摩擦阻抗、孔隙水壓及錐端傾斜角度等。

C表為鑽孔之強度參數的表格，所以，無論是土壤或岩石，其凝聚值與摩擦角皆載入本表格中，再者大地工程上之地球物理探測、波速值或電阻值亦可記錄在本表格內。C表如表3.4所示，其建檔原則分述如下：

1. 樣品類欄用來說明試驗土樣的重類，以U，R，C分別代表著不擾動試體、重模試體及夯實驗體。
2. 土壤與岩石之強度試驗所得之強度參數符號略有不同，為了便於存讀及節省空間起見，皆記錄於C表中，其中C、 ϕ 欄為總應力之凝聚力值及摩擦角，C'， ϕ' 欄則為有效應力之凝聚力值及摩擦角。
3. Af值為樣品破壞時之孔隙水壓力(ΔU_f)與軸差壓力($\Delta \sigma_f$)之比值，即 $\Delta U_f / \Delta \sigma_f$ 。由於Af值乃相對於圍壓大小，所以高圍壓應力下，所造成之偏高Af值，則捨去不用，其餘之Af值乃採平均值載入C表中。
4. 土壤的初始彈性係數E值，為避免過大的誤差存在，仍以不同圍壓下之E值，作平均值載入C表中。
5. 地球物理探測：例如：橫井法、下井法、上井法或電阻值測量所得波

表3.2 A表格式 (取自李威亨, 1988)

鑽孔資料--A表

深度 (m)	土/岩 層說 明	土壤		自 然 含 水					採 樣 編 號	RQD 取 樣 率 %	岩 石 值 號	礫 石 %	砂 土 %	粉 土 %	黏 土 %	液 性 限 度 %	塑 性 指 數 %	總 單 位 重 量 t/m ³	比 重	孔 隙 比	其 它 試 驗	e	Gs
		採 樣 率 %	採 樣 編 號	液 性 限 度 %	塑 性 指 數 %	總 單 位 重 量 t/m ³	比 重	孔 隙 比															

表33 B表格式

鑽孔資料——B表

深 度 (m)	錐 端 阻 抗 (kgf/cm ²)	摩 擦 阻 抗 (kgf/cm ²)	孔 隙 水 壓 (kgf/cm ²)	錐 端 傾 斜 (度)
---------------	--	--	--	-------------------------

表34 C表格式 (取自李咸亨, 1988)

鑽孔資料——C表

深 度 (m)	試 驗 代 號	强度參數		强度參數			强度參數	
		C kg/ cm ²	ϕ deg	C' kg/ cm ²	ϕ' deg	ϵf %	Af	E kg/ cm ²

表35 D表格式 (取自李咸亨, 1988)

鑽孔資料——D表

深 度 (m)	試 驗 代 號	I	II	IV	V	VI
---------------	------------------	---	----	----	---	----

速值或電阻值，乃以相對於深度欄之深度將該值載入。

D表乃記錄鑽孔之特殊試驗的表格，如表3.5所示，其建檔原則如下：

1. 樣品類欄意義如同C表。
2. 既為特殊試驗，即是每種試驗的數據。其所代表之物理意義，皆無法相同，所以每種試驗皆給予六欄來記錄其試驗之數據，若一列不足以描述試驗結果，可續增至二列、三列……，直至紀錄完整為止。各種特殊試驗之數據所代表之物理意義須與表3.6對照。

3.2 土層分佈資料庫架構

3.2.1 輔助記憶體資料貯存架構

由於五個國際港之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400Mb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作主機之D槽，其貯存架構如表3.7所示，港區資料貯存在目錄<Harbor>下，以五個次目錄分別存放五大港區相關資料，由於目前磁碟操作系統(DOS)對檔案主檔名及目錄只能讀取8個字元，所以高雄港目錄之英文名稱只取前8個字，以免地層鑽探試驗程式設計上有誤讀之虞。而表3.7僅列台中港區資料目錄<Taichung>之內容，其餘四大港區之資料內容與台中港區內容相似。主要存放各港區之基本地圖資料、各項土層調查試驗資料等之相關資料庫檔案。

3.2.2 鑽孔位置及剖面土層資料庫架構

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3.8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

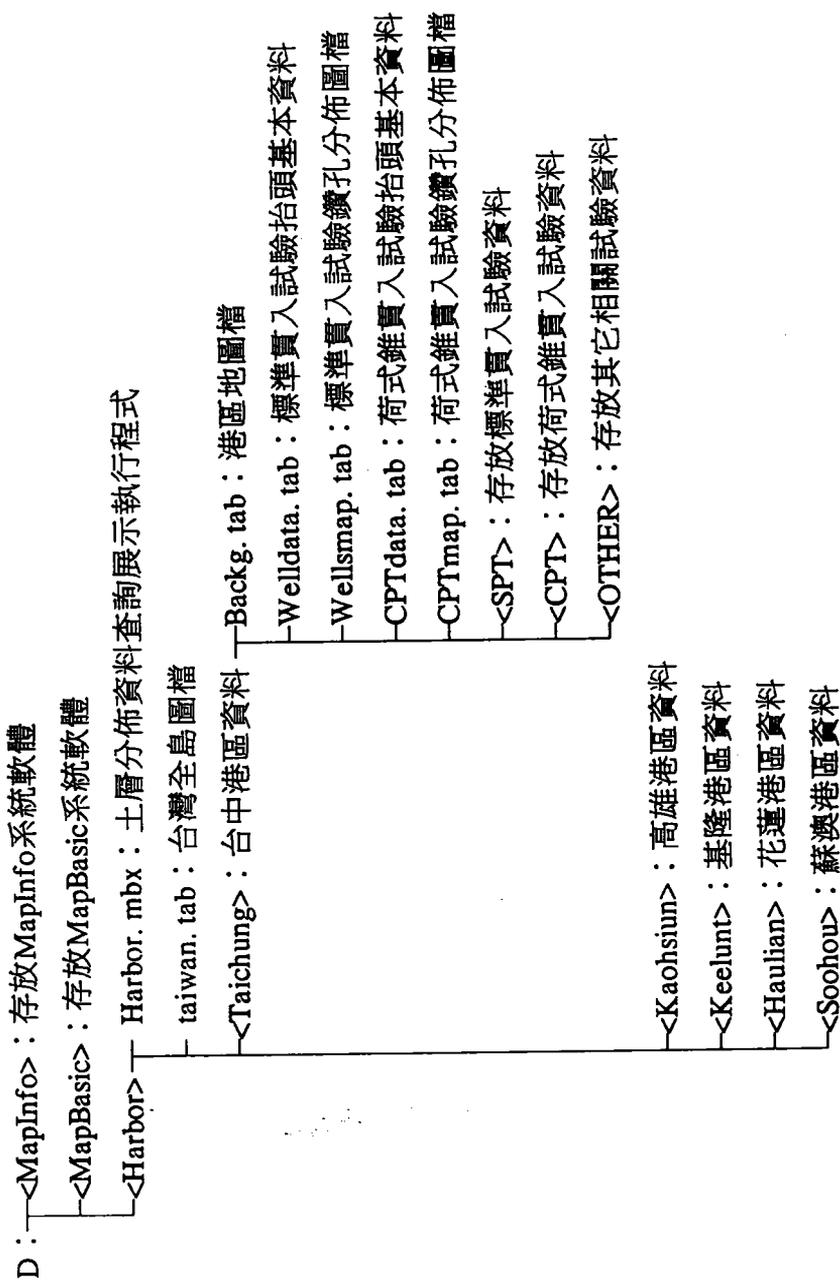
表3.6 D表試驗代號說明 (取自李成亨, 1988)

試驗代號	I	I	II	IV	V	VI
ODC	C_c	C_r	P_c kg/cm ²	E_f		
	(0.2 Pc) Cv mm ² /sec	(0.5 Pc) Cv mm ² /sec	(Pc) Cv mm ² /sec	(2 Pc) Cv mm ² /sec	(4 Pc) Cv mm ² /sec	
	(0.2 Pc) Mv mm ² /kg	(0.5 Pc) Mv mm ² /kg	(Pc) Mv mm ² /kg	(2 Pc) Mv mm ² /kg	(4 Pc) Mv mm ² /kg	
UCB	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction
	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³
	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction
	w (%)	w (%)	w (%)	w (%)	w (%)	v (%)
	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
RCT	confining pressure	Deviator stress peak	Deviator stress residual			
	σ_3 kg/cm ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ²			
SCB	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction
	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³	γ_d t/m ³
	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction	after compaction
	w (%)	w (%)	w (%)	w (%)	w (%)	w (%)
	after soaking swelling (%)	after soaking swelling (%)	after soaking swelling (%)	after soaking swelling (%)	after soaking swelling (%)	after soaking swelling (%)
	after soaking w (%)	after soaking w (%)	after soaking w (%)	after soaking w (%)	after soaking w (%)	after soaking w (%)
	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)

表3.6 D表試驗代號說明 (取自李成亨, 1988)

試驗代號	I	I	I	IV	V	VI
LLT	earth pressure at rest P_0 kg/cm ²	yield pressure P_y kg/cm ²	fail pressure P_f kg/cm ²	coef. of soil reaction Km kg/cm ²	elastic coef. Em kg/cm ²	mean radius of r value r_m (cm)
WQA	pH	calcium p.p.m.	magnesium p.p.m.	chloride p.p.m.	sulfate p.p.m.	sulfate p.p.m.
SCP	pH	Cl ⁻ ion concentration p.p.m.	SO ₄ ⁻ ion concentration p.p.m.	SO ₃ ⁻ ion concentration p.p.m.	organic matter %	
CTT	γ_d (t/m ³)	$\frac{\sigma_{dp}}{2\sigma_{3c}}$	Number of cycles to Liquefaction N_1	Shear strain γ (%)	Shear modulus G kg/cm ²	damping ratio D(%)
RCT	γ_d (t/m ³)	σ_c	Shear strain γ (%) 10 ⁻⁴	Shear modulus G kg/cm ²	Damping ratio D(%)	
UCT	q_u kg/cm ²	E_s (%)	γ_d (t/m ³)			
TPT	consolidation pressure σ_c kg/cm ²	hydraulic gradient i	vertical permeability at 20 °C Kv cm/sec		horizontal permeability at 20 °C Kh cm/sec	
WQB	Cl ⁻ ion p.p.m.	Total Fe p.p.m.	NO ₂ ⁻ - N p.p.m.	NO ₃ ⁻ - N p.p.m.	C. O. D. p.p.m.	

表3.7 輔助記憶體內資料貯存架構



註：<Kaohsiun> <Keelung> <Haulian>及<Soohou>次目錄內容與<Taichung>相似。

表3.8 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3.8 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

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3.9所示。爲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。

3.3 土層分佈資料查詢展示軟體程式設計

3.3.1 程式設計之目標功能

本研究利用MapBasic使用者發展語言環境來設計土層分佈資料查詢展示軟體，用以展示各港區的土層資料。本程式命名名爲Harbor.mbx，其預設的功能目標如下：

- 1.台灣主要港區分佈位置圖展繪
- 2.各港區基本地圖展繪
- 3.鑽孔位置展示
- 4.鑽孔基本資料查詢
- 5.單鑽孔柱狀圖展繪
- 6.鑽探資料文字表格展示
- 7.多鑽孔柱狀圖展繪
- 8.荷式錐貫入試驗資料文字表格展示
- 9.荷式錐貫入試驗成果圖展示
- 10.爲中文視窗作業環境，可使用多重文件介面
- 11.配置工具箱及基本展圖功能（放大、縮小、平移…等）
- 12.模組化功能設計

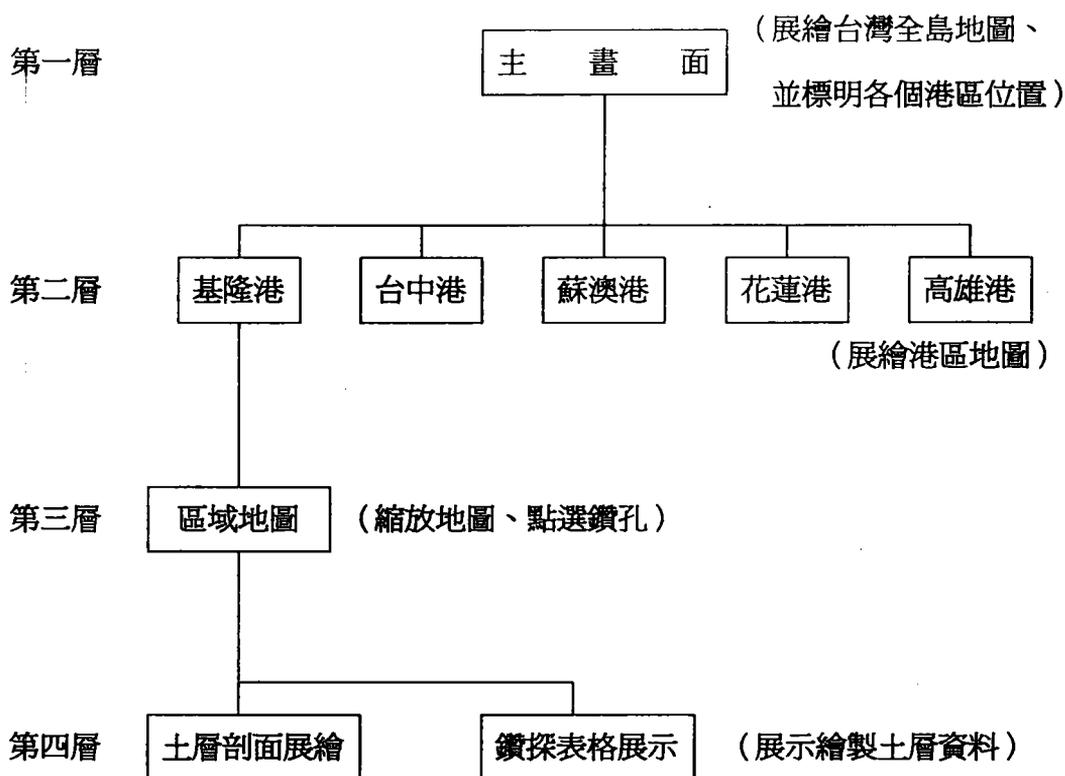
3.3.2 查詢展示程序之規劃

整個軟體的查詢展示程序，共分四層，如表3.10所示，在MapInfo下執行本程式後，即進入第一層主畫面，展繪出台灣全島地圖並標示各個港區位置。在螢幕上以滑鼠點選所需之港區後，即進入第二展示層，該層按所點選之港區可展繪出台中、高雄、基隆、花蓮、蘇澳等五個港區之地圖。再利用圖形縮放工具，可放大港區地圖，尋得目的鑽孔之位置，此爲第三展示層。再點選鑽孔後，則可展示鑽探表格及展繪土層剖面圖，此爲第四展示層。

表3.9 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)	

表3.10 土層分佈資料庫圖文查詢展示組織架構



3.3.3 程式設計組織架構

本程式在撰寫上共分成五個模組，各模組的名稱及所包含的副程式計有：

(一)Harbor模組。本模組含括五個副程式，其名稱及功能如下：

- (1)Main副程式：主要功用為呼叫LoadData副程式及SelChanged Handler副程式。
- (2)MainMenu副程式：載入所設計的功能表
- (3)LoadData副程式：載入台灣全島地圖及標示五大港區
- (4)Select-harbor副程式：跳回台灣全島地圖畫面，重新選擇所需港區
- (5)QuitProgram副程式：終止本應用程式

(二)Event模組。本模組只含括一個名為SelChangedHandler的副程式，該副程式之名稱為MapBasic所內定，其功用為當滑鼠之點選一改變時

MapBasic，即會自動呼叫這個副程式。

(三)Logging模組。本模組含括二個副程式及一個函數，其名稱及功能如下：

- (1) Logging 副程式：繪製柱狀圖
- (2) Show-WellsData副程式：展示鑽孔之抬頭資料
- (3) ListLogData副程式：展示鑽探試驗紀錄
- (4) Getpattern函數，載入柱狀圖圖樣

(四)ShowCPT模組。本模組包含兩個副程式如下：

- (1) Print_CPTData副程式：展示荷式錐貫入試驗文字資料表
- (2) CPT-log副程式：展示荷式錐貫入試驗鑽探成果圖

(五)UTI_LIB模組。本模組係處理各項函數及副程式的宣告用。

將上述五個模組分別編譯（compile）後，再利用MapInfo的專案檔案（Project file）方式，將這些模組聯結(Link)成一個執行檔。

3.4 建檔處理流程

在MapInfo系統上建立各港區土層分佈資料庫，並撰寫查詢展示軟體，其相關資料的處理流程，可分下列13個工作項目依序進行：

- 1.設定查詢展示程式功能
- 2.規劃查詢程序及展示項目
- 3.結合各港區基本地圖檔案
- 4.圖檔轉入及編輯
- 5.土層鑽探試驗報表格式彙整
- 6.設計資料庫架構
- 7.新增鑽孔位置量測
- 8.鑽孔基本資料建檔
- 9.鑽孔試驗資料建檔
- 10.製作孔位分佈向量圖檔
- 11.土壤分類圖樣編輯
- 12.程式撰寫編輯

13.程式測試

上述工作項目，其中③結合各港區基本地圖檔案係利用Auto CAD軟體來執行，④圖檔轉入及編輯、⑩製作孔位分佈向量圖檔及⑬式測試係在MapInfo系統上執行。⑦新增鑽孔位置量測係利用全球定位系統於現地施測。⑧鑽孔基本資料建檔及⑨鑽孔試驗資料建檔係利用Foxpro及Access資料庫軟體來建置，再轉入MapInfo系統內。⑫程式撰寫編輯係在MapBasic語言環境上作業。而所撰寫的查詢展示程式，也須要在MapInfo系統上執行。

3.5 建檔成果展示說明

本研究將分佈於台灣各國際港區土層鑽探資料做有系統的整理及貯存，並撰寫查詢展示程式，使各鑽孔的分佈位置及試驗資料能被快速的查詢及展示出來。本程式之查詢架構如附表3.10所示，程式操作程序如下：

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內的Harbor.mbx執行檔，按OK選鈕，即進入港區土層分佈資料查詢展示系統。
3. 此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、台中、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置。此為第一層主畫面。
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檔，並以藍色實心圓標示出標準貫入試驗鑽探點位置，以紅色實心圓標示出荷式錐貫入試驗鑽探點位置，此時，所設計的主功能表也出列在螢幕上方，主功能表計有八項功能，依序為：①標準貫入試驗資料、②荷式錐資料、③地圖視窗、④統計圖、⑤出圖視窗、⑥視窗控制、⑦離開系統等，此為第二展示層畫面。
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。此為第三展示層畫面。
6. 選用工具箱內的點選工具，再點選所需之目標鑽孔，若所點選之鑽孔屬標準貫入試驗時，主功能表的第一功能項（即標準貫入試驗資料功能項）底下所附屬的兩個次功能項（即鑽孔資料功能項和柱狀圖功能項）會由啓始的無效狀態轉變為有效狀態。若所點選之鑽孔屬荷式錐貫入試驗時，主功能表的第二功能項（即荷式錐資料功能項）底下所

附屬的兩個次功能項（即鑽孔資料功能項和鑽探圖功能項）會由啓始的無效狀態轉變為有效狀態。

7. 當目標鑽孔被點選到時，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，若選中標準貫入試驗鑽孔，可在第一主功能項下點選“鑽孔資料”功能項，則系統會開出一新視窗，抬頭名稱爲“鑽探資料報表”，視窗內展示出該鑽探試驗各項數據文字資料，此時該功能項會變回無效狀態，其字體呈現灰白色。若點選“柱狀圖”功能項，則系統會開出另一視窗，抬頭名稱爲“柱狀圖”，視窗內展繪出該鑽探結果之土層剖面柱狀圖，且該功能項也會變回無效狀態其字體也會轉變爲灰白色。此種土層資料的展示繪製，即爲第四展示層。
8. 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7，繼續查詢所需地區之土層資料。
9. 結束查詢，可點選至功能表的最後一個功能項“離開系統”，則可停止本程式的執行。

3.6 港區土層資料查詢說明－以台中港爲例

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第一層主畫面，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3.2所示。
2. 將滑鼠遊標移至台中港標示區內，按滑鼠左鍵，叫出台中港區地圖，如圖3.3所示。
3. 利用滑鼠點取工具箱內的放大工具（其圖樣如放大鏡），可放大欲查詢的地區。分佈於地圖上的標準貫入試驗鑽孔位置，係以藍色實心圓爲標誌。放大後之查詢地區地形及其上之標準貫入試驗鑽孔分佈如圖3.4所示。
4. 本系統之荷式錐貫入試驗鑽孔位置，係以紅色實心圓爲標誌，台中港區十六號碼頭附近有16孔荷式錐試驗，其鄰近地形及孔位分佈如圖3.5所示。
5. 點取工具箱內的點選工具（其圖樣如左斜箭頭），再將游標移至某一

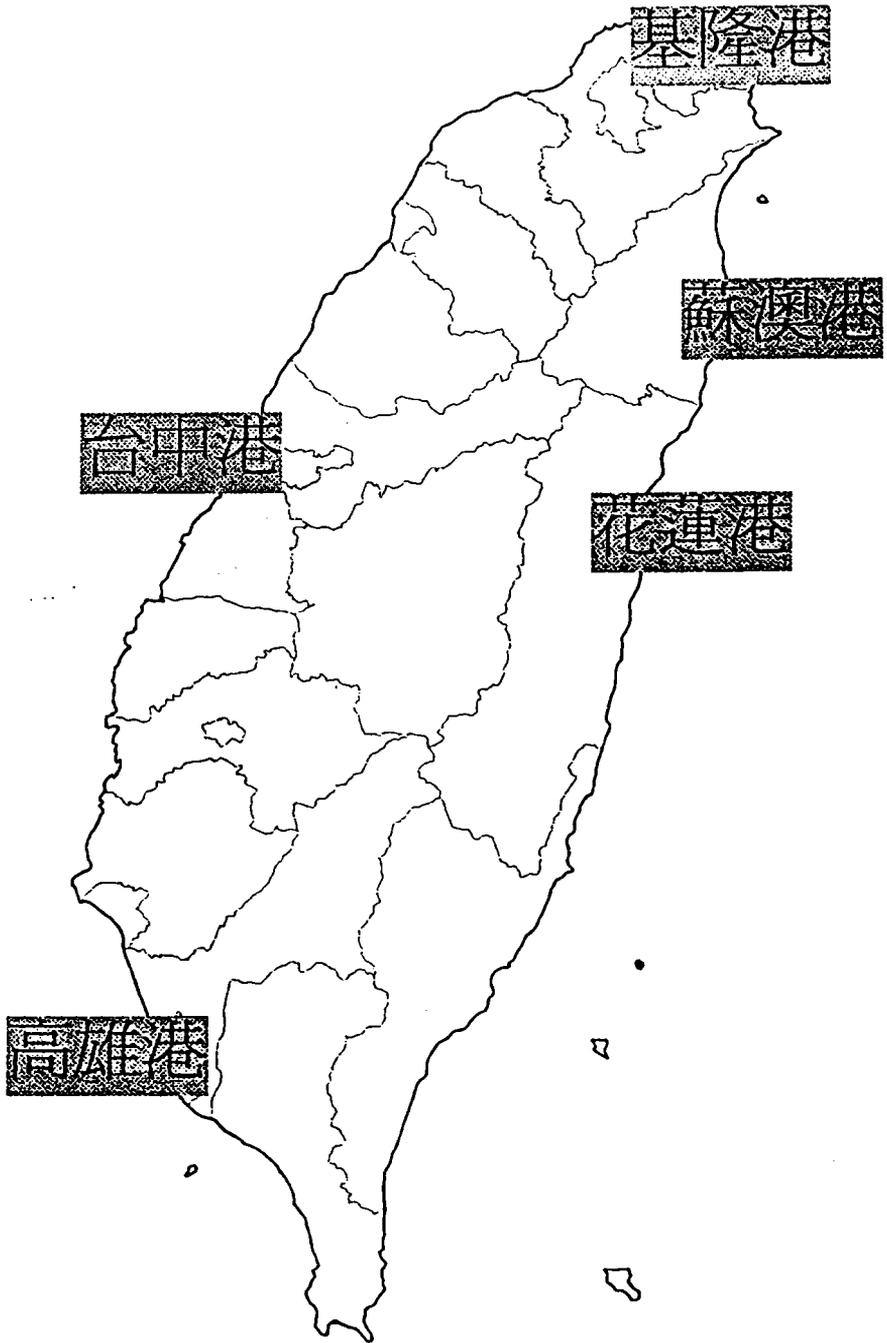


圖3.2 台灣主要港區分佈示意圖

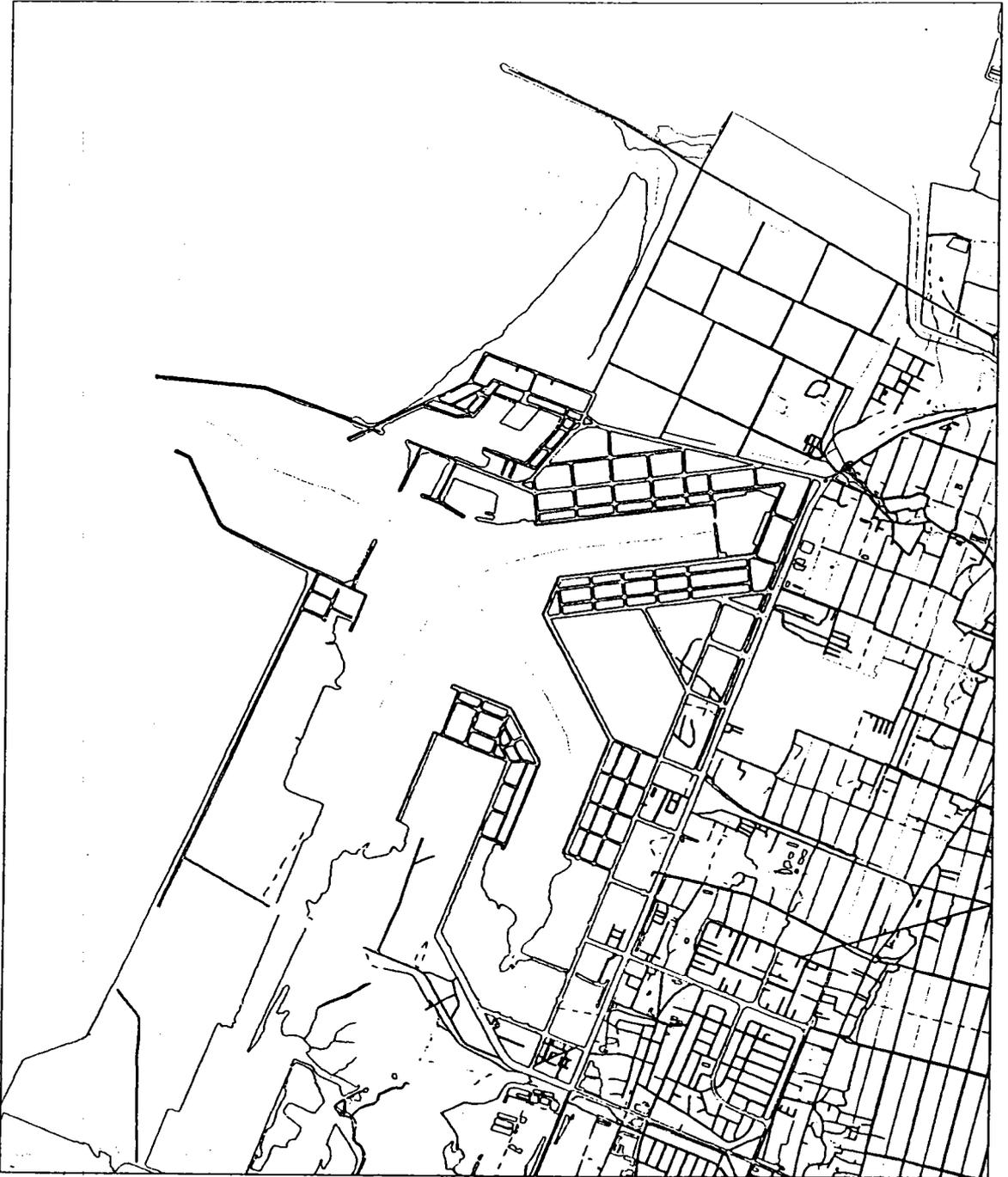


圖33 台中港港區地圖

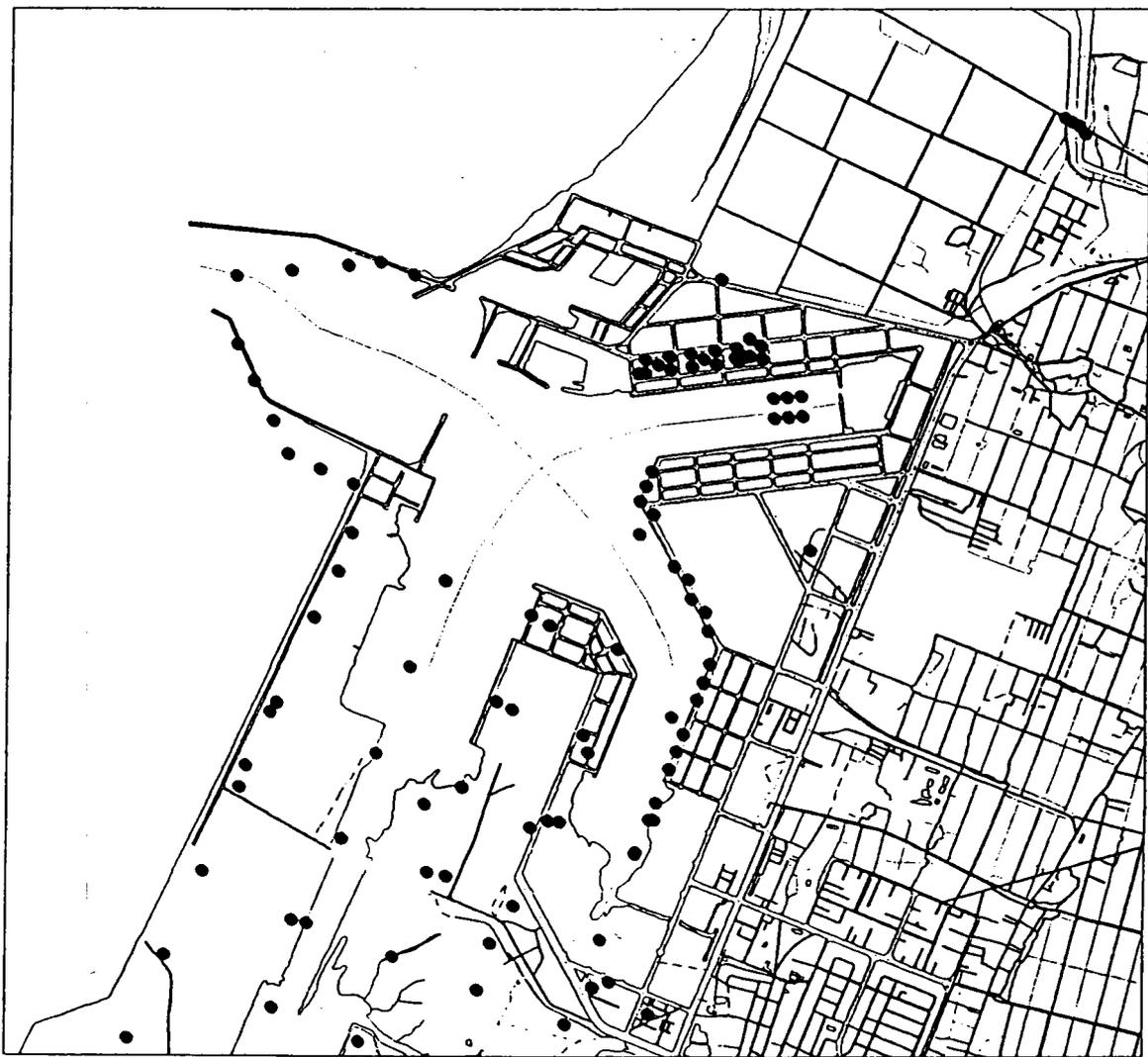


圖3.4 台中港區標準貫入試驗鑽探位置分佈圖

標準貫入試驗鑽孔位置上，按滑鼠左鍵，該鑽孔標誌會被一深紅色方形外框套住，表示此鑽孔已被點選。此時，可拉下主功能表的“標準貫入試驗資料”功能項，若點選“鑽孔資料”次功能項，則系統會出現該鑽探試驗報表視窗，展示出該鑽孔基本抬頭資料及各項試驗數據，如表3.11所示。若點選“柱狀圖”次功能項，則系統會出現該鑽孔之土層剖面柱狀圖展示視窗，如圖3.6所示。亦可按住<Shift>鍵，用滑鼠連續點取數個鑽孔，或用正方框、圖形框工具一次框選某一範圍內的數個鑽孔，再點選“柱狀圖”次功能項，可展繪出多鑽孔之土層剖面柱狀圖，如圖3.7所示。

6. 若點取荷式錐貫入試驗鑽孔位置，則可下拉“荷式錐資料”主功能項，再點選相關之次功能項。若點選“鑽孔資料”次功能項，則系統會出現該鑽孔貫入試驗之報表視窗，展示出隨土層深度變化之試驗數據。如表3.12所示，若點選“鑽探圖”次功能項，則系統會展示出該貫入試驗之成果圖。如圖3.8所示。

其它港區土層資料之查詢展示方式，與上述台中港區之查詢方式相同。其中，荷式錐貫入試驗，僅台中、高雄兩港有登錄，其餘基隆、花蓮及蘇澳等港區，因土層淺薄或礫石散佈，較不適合實施該項試驗，故迄今尚未收集到有關該試驗之資料。

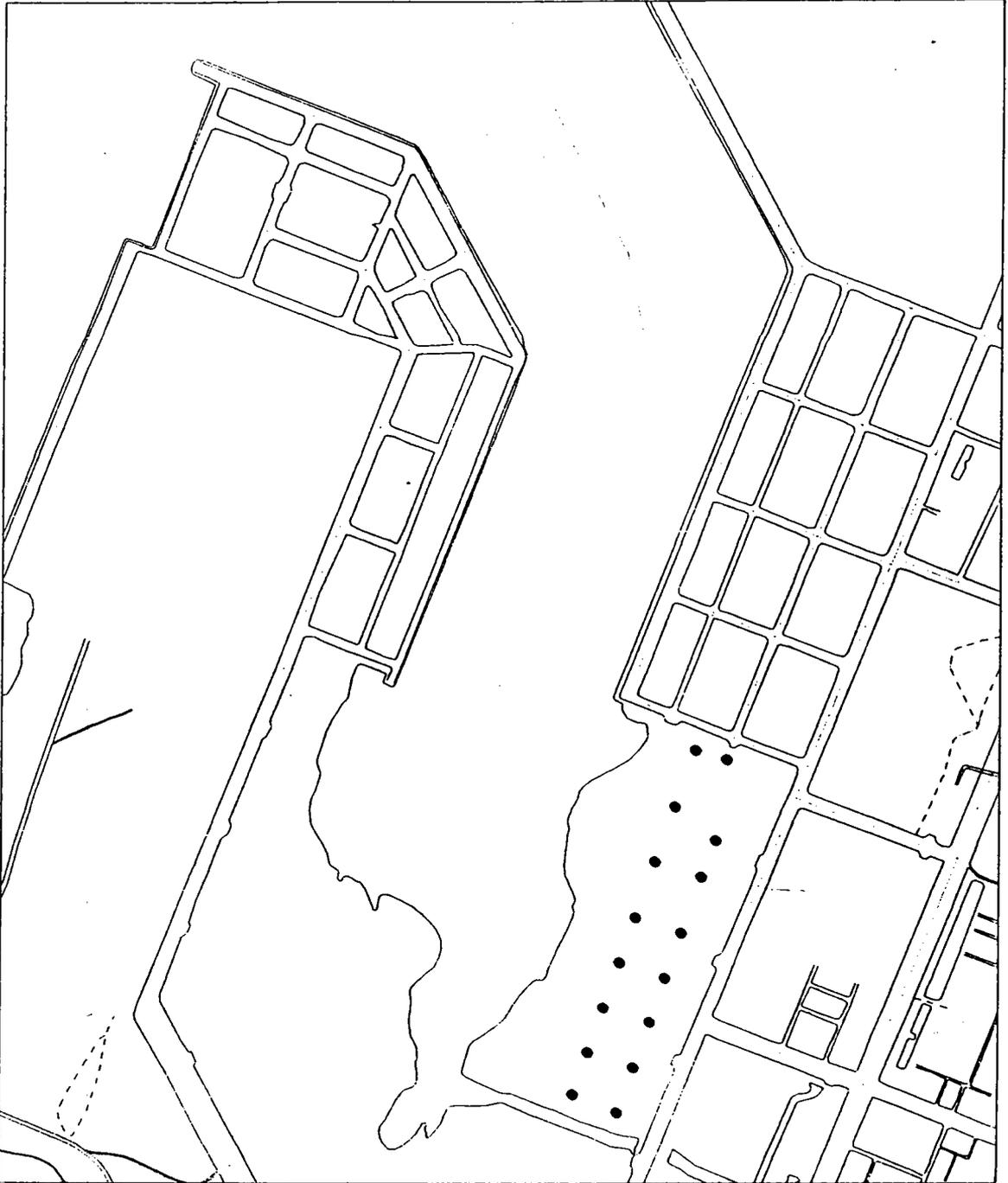


圖3.5 台中港區荷式錐貫入試驗分佈位置及附近地形

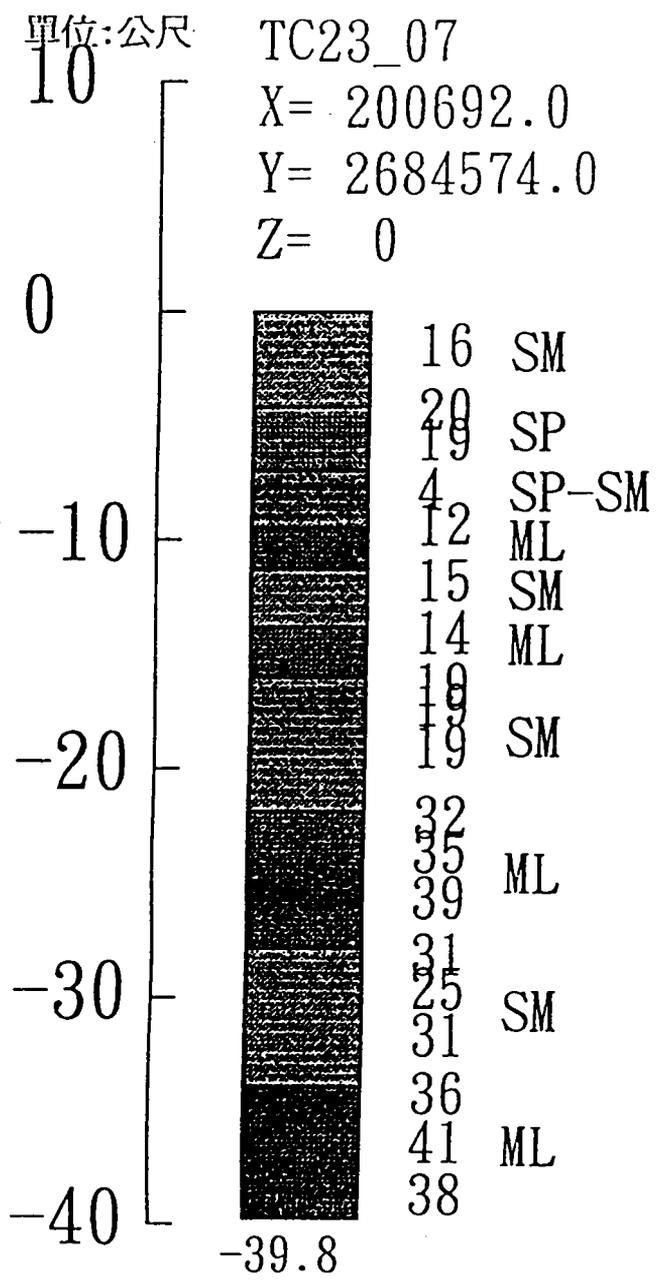
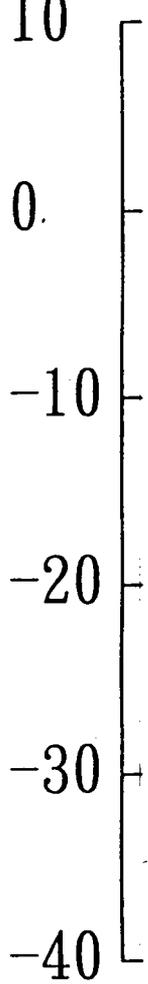
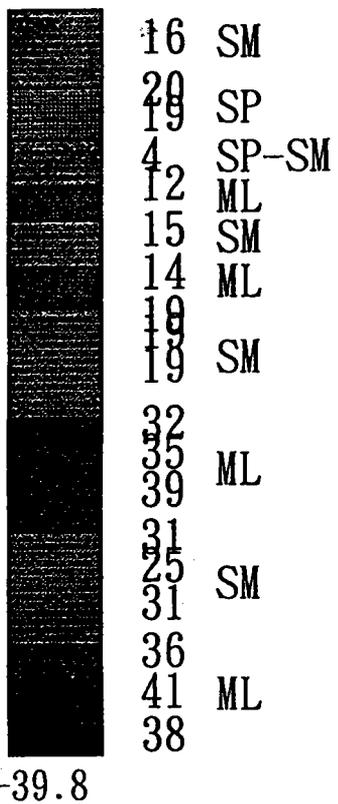


圖3.6 標準貫入試驗單鑽孔土層剖面柱狀圖

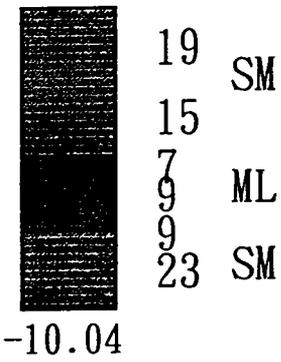
單位:公尺



TC23_07
 X= 200692.0
 Y= 2684574.0
 Z= 0



TC23_04
 X= 200280.0
 Y= 2684740.0
 Z= 6.06



TC23_06
 X= 200686.0
 Y= 2684563.0
 Z= 4.53

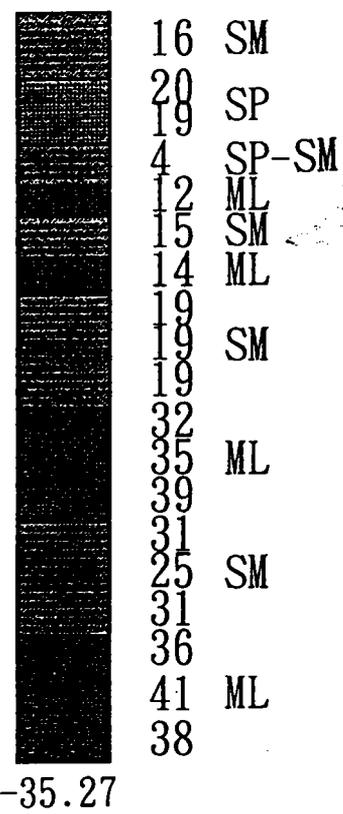


圖3.7 標準貫入試驗多鑽孔土層剖面柱狀圖

表3.12 荷式錐貫入試驗報表

鑽孔編碼：CPTP01
 計劃名稱：海岸土壤動態特性與改良研究 X座標：200973.90 鑽孔傾角：90
 鑽孔編號：CPT-P1 Y座標：2684878.42 鑽孔孔徑： cm
 提供單位：港灣技術研究所 Z座標： m 鑽孔深度：30.4m
 鑽探公司：港灣技術研究所 試驗起始深度：-3.0 m
 試驗者：陳奎璋,蘇吉立 試驗取樣間距：0.1 m
 鑽探日期：12-19-94 09:19
 鑽孔位置：台中港16號碼頭附近

地下水位深度：-3.0
 日期：12-19-94

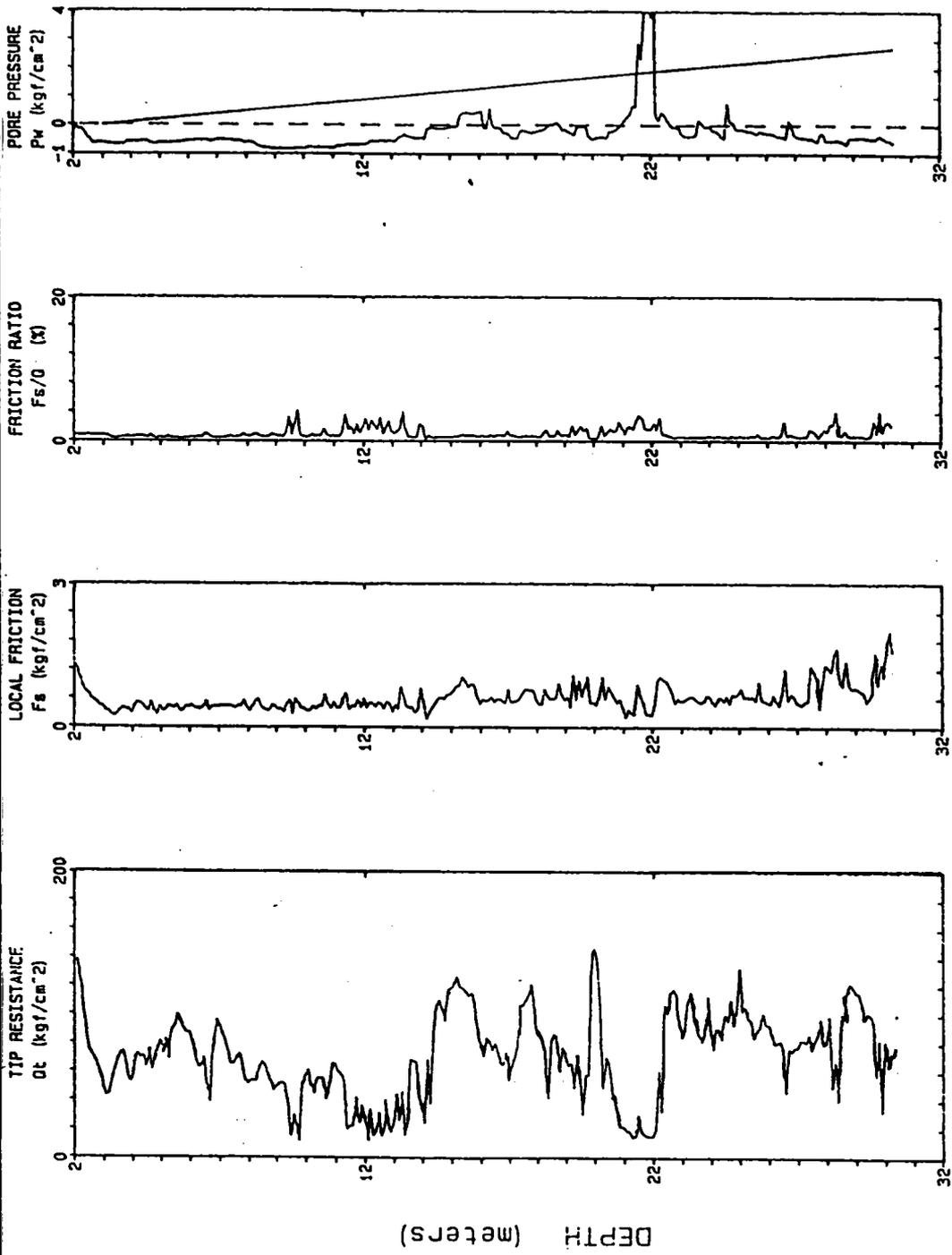
深 度 (m)	錐 端 阻 抗 Qc (kgf/cm ²)	磨 擦 阻 抗 Fs (kgf/cm ²)	孔 隙 水 壓 PP (kgf/cm ²)	錐 端 傾 斜 (kgf/cm ²)
0.10	3.0	0.017	0.026	0.17
0.20	3.2	0.057	0.027	0.17
0.30	5.9	0.030	0.024	0.11
0.40	3.0	0.017	0.026	0.17
0.50	3.2	0.057	0.027	0.17
0.60	5.9	0.030	0.024	0.11
0.70	2.6	0.042	0.026	0.31
0.80	13.7	0.101	0.033	0.31
0.90	40.4	0.227	0.023	0.31
1.00	63.1	0.367	0.024	0.31
1.10	88.6	0.561	0.026	0.31
1.20	114.6	0.904	0.021	0.31
1.30	113.9	1.143	0.017	0.31
1.40	92.3	1.277	0.014	0.31
1.50	79.1	0.978	0.004	0.31
1.60	82.1	0.995	-0.084	0.31
1.70	126.0	1.088	-0.014	0.31
1.80	139.6	1.333	-0.053	0.35
1.90	148.9	1.447	-0.072	0.35
2.00	149.7	1.289	-0.206	0.35
2.10	137.0	1.226	-0.070	0.35
2.20	125.3	1.040	-0.140	0.35
2.30	107.2	0.856	-0.136	0.35
2.40	90.2	0.730	-0.252	0.35
2.50	75.0	0.709	-0.415	0.35
2.60	71.7	0.589	-0.498	0.35
2.70	68.0	0.548	-0.638	0.35
2.80	63.7	0.510	-0.641	0.35
2.90	57.2	0.430	-0.594	0.34
3.00	48.7	0.427	-0.616	0.34
3.10	43.1	0.338	-0.611	0.34
3.20	44.3	0.325	-0.651	0.34
3.30	55.8	0.256	-0.655	0.34
3.40	61.5	0.223	-0.665	0.34
3.50	68.9	0.286	-0.674	0.34

IHM T

Operator : CHIN & SU
Location : NO 16 WHARF

CPT Date : 12-19-94 09:19
Cone Used : 496TC

Sounding : CPTP01 Pg 1 / 1
Job No. : CPT-P1



Max Depth : 30.40 m

Depth Increment : .1 m

圖3.8 荷式錐貫入試驗成果圖

四、各港區土壤動態性質分析研究

4.1 土壤動態性質之推求

土壤承受之動力作用一般可分為機器廠房震動與地震或爆破作用之兩種動力荷重，前者對於工程設施之基礎或結構物，產生較小之應變振幅行爲，後者則可能產生較小至甚大之應變振幅行爲，由於產生之應變不同，故所得之土壤動力性質數據，亦有所不同。港灣結構所須考慮之外力荷重以波浪力和地震力為主，故均屬應變振幅較大之動力荷重。在分析基礎結構承受動力作用時，基礎土壤的動力反應行爲所需採用之土壤動力性質參數大致如下：

1. 動力強度：包括液化潛能參數反覆應力比(cyclic shear stress ratio)，反覆剪應變(cyclic shear strain)，及動力荷重作用時孔隙水壓力變化關係，試體破壞時所需之反覆應力循環次數(Number of Cycles)與剪力強度等。
2. 動力性質：包括土層之顯著週期(Predominant period)，剪力模數(Shear modulus)，剪力波速率(Shear wave velocity)，阻尼比(Damping ratio)，包生比(Poisson ratio)等。

4.2 各港區土壤動態性質資料分析

4.2.1 現有土壤動態性質調查資料檢討

根據本研究所搜集的資料顯示，台灣西部海岸地區土壤動態性質相關研究資料大致如下：

1. 試驗室土壤動態性質試驗資料

國內土壤動態性質試驗大都以共振柱式試驗和循環動力三軸試驗為主，根據所搜集的資料顯示，台灣西部海岸土壤動態性質試驗主要集中在新竹外海中國石油公司長康 (CBK) 海域油氣田，台中港區、高雄港區和興達港區，惟數量不多，就學術研究需要而言仍嫌不足。

2. 現地土壤動態性質試驗

現地土壤動態性質主要由震測試驗結果推求，一般震測法包括地表震測法和井內震測法兩種，後者又包括交叉井測法和直下井測法兩種，國內均普遍採用，台灣西部海岸地區亦以台中港區和高雄港區試驗數量較多。

4.2.2 高雄港區土壤動態性質資料研討

1.高雄港及其鄰近地區地質概況

高雄地區地質大多屬於第四紀中之沖積層，層位平舖、未曾受過變動，此平坦海岸平原，大部份屬於潟湖及沼澤沉積環境，其位置在濱海沙洲之後，為較寧靜的沉積環境，沙洲外由於海浪潮汐影響，粘土、沉泥、細砂懸浮於海水中，一旦受潮汐海浪影響而進入潟湖或沼澤，細砂、沉泥及粘土即依次沉積下來。因此本區地質組成主要為沉泥質砂或砂質沉泥或砂質粘土及沉泥質細砂交互而成。

高雄地區除前述平坦海岸平原外尚有隆起之珊瑚礁，其高約數公尺至數十公尺，其他石灰岩中之珊瑚石灰岩，在本區內最為普遍，如半屏山、萬壽山等均屬之，且底部多由珊瑚礁組成。此外還有小部份第三系之頁岩、砂質頁岩、砂岩等，因組織鬆軟、頗易風化而遭剝蝕。

高雄港區原屬於潟湖及沼澤沉積環境，由於受潮汐海浪影響，細砂、沉泥及粘土進入潟湖或沼澤即依次沉積下來，故本區地質組成為砂，沉泥質砂、砂質沉泥或砂質粘土交互而成，各層次分佈厚度變化極大且極不均勻。

由於建港極早，高雄港港區經不斷的浚挖結果原地形已有很大的變化，而早期地質調查，鑽探孔位多無地面高程，加以港區遼闊，故港區的地層分佈無法整理出較具代表性的剖面。惟整體而言高雄港區土層分佈極厚，就已搜集之鑽探資料顯示，鑽探深度均未達礫石層或岩盤，推測沉積土層厚度應在80公尺以上，一般在鑽探深度內，其標準貫入試驗 N值約在10至30之間屬疏鬆至中等緊密程度，並無明顯之承載層。

2.土壤動態性質分析

(1)剪力模數與阻尼比特性

剪力模數與阻尼比特性，為土壤之主要動力性質，根據Hardin & Drnevich(1970)之研究；砂性土壤之剪力模數與阻尼比大小，皆受土層土壤之

包圍壓力，應變振幅與孔隙比（或相對密度）等之影響甚大，而受土壤顆粒大小之影響較小，粘性土壤則受試體之軟硬程度，擾亂大小及應變振幅等變化之影響。

圖4.1及圖4.2分別表示高雄港區砂性土壤共振柱試驗結果土壤剪力模數和阻尼比受不同圍壓的影響，圖 4.1顯示剪力模數值隨剪應變之增加而遞減，隨圍壓的增加而增加，在低應變階段圍壓對剪力模數之影響較大，隨剪應變之增加，圍壓對剪力模數之影響程度逐漸減少。

圖4.2顯示共振柱試驗結果高雄港區砂性土壤圍壓對阻尼比的影響，阻尼比隨剪應變之增加而增加，圍壓增加亦會使阻尼比隨之增加，圖4.1及圖4.2均顯示在圍壓等於 2kg/cm^2 時無論剪力模數或阻尼比變化範圍均較大。

圖4.3及圖4.4分別表示高雄港區砂質沉泥或粘土質沉泥共振柱試驗結果，土壤剪力模數和阻尼比受不同圍壓的影響，由於各試驗間沉泥細料含量之變化甚大，是故圍壓對剪力模數和阻尼比的影響並不明顯，根據 Hardin & Drnevich(1970)之研究，砂性土壤之剪力模數與阻尼比大小，皆受土層土壤之包圍壓力，應變振幅與孔隙比（或相對密度）影響甚大，而受土壤顆粒大小尺寸之影響較小；粘性土壤則受試體之軟硬程度，擾亂程度大小，應變振幅等之變化影響，此亦可說明圖4.3及圖4.4高雄港區砂質沉泥或粘土質沉泥受圍壓之影響不明顯之原因。

吳偉特(1983)將Prakash & Puri (1981)對印度境內不同地點土壤，使用不同現地試驗結果及Seed & Idriss(1970)有關砂性土壤室內試驗之結果放入同一圖中比較，雙方圖形之土壤材料地區代表性雖不相同，但卻有相當程度之符合性，如圖4.5所示，本研究將高雄港區砂性土壤共振柱試驗資料數據，與圖中之圖形、曲線加以分析比較（見圖4.5），比較結果發現高雄港區砂性土壤之剪力模數值較前述學者整理出之範圍有偏低現象，並位於下限範圍之外，吳偉特(1983)對台北盆地進行共振柱試驗時亦得相同的結果（見圖4.6）。

若將全部砂質土壤之剪力模數試驗結果予以常態化(Normalized)，即以 G/G_{\max} 表示，則 G/G_{\max} 隨剪應變之增加而減少，變化範圍如圖4.7所示，圖4.7顯示高雄港區砂性土壤之剪力模數經常態化以後之變化範圍與Seed & Idriss (1970)建議之範圍極為接近。

圖4.8為高雄港區砂性土壤阻尼比與剪應變之關係，試驗資料顯示阻尼比

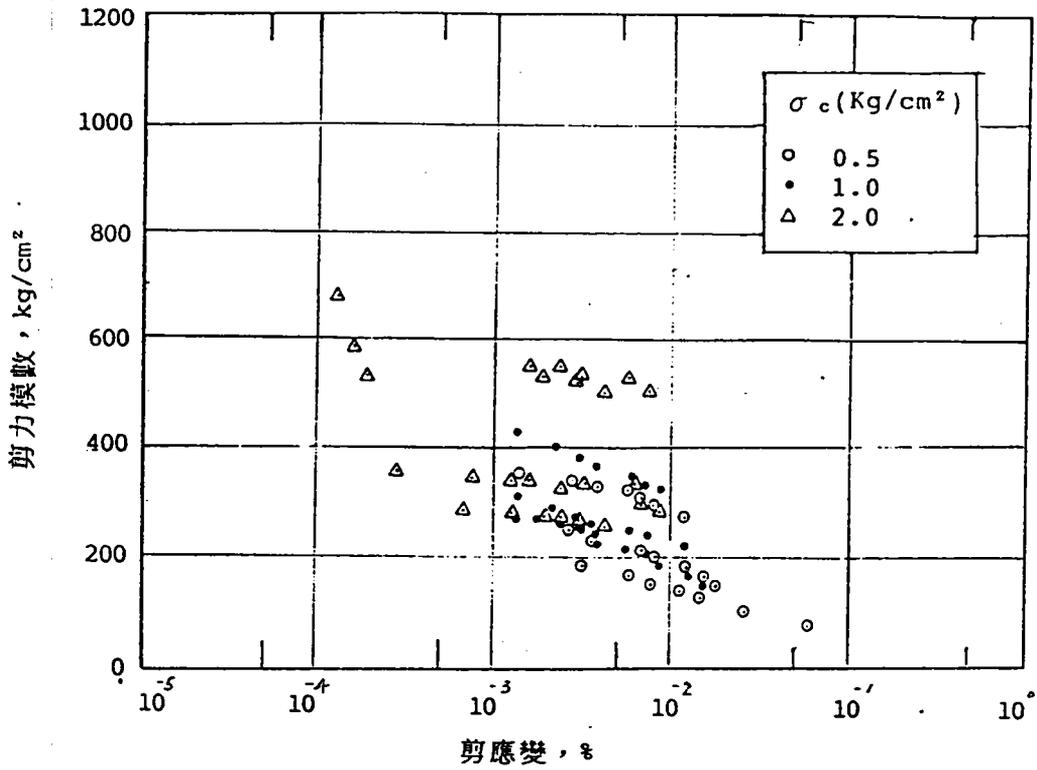


圖4.1 高雄港區砂性土壤剪力模數受不圍壓影響

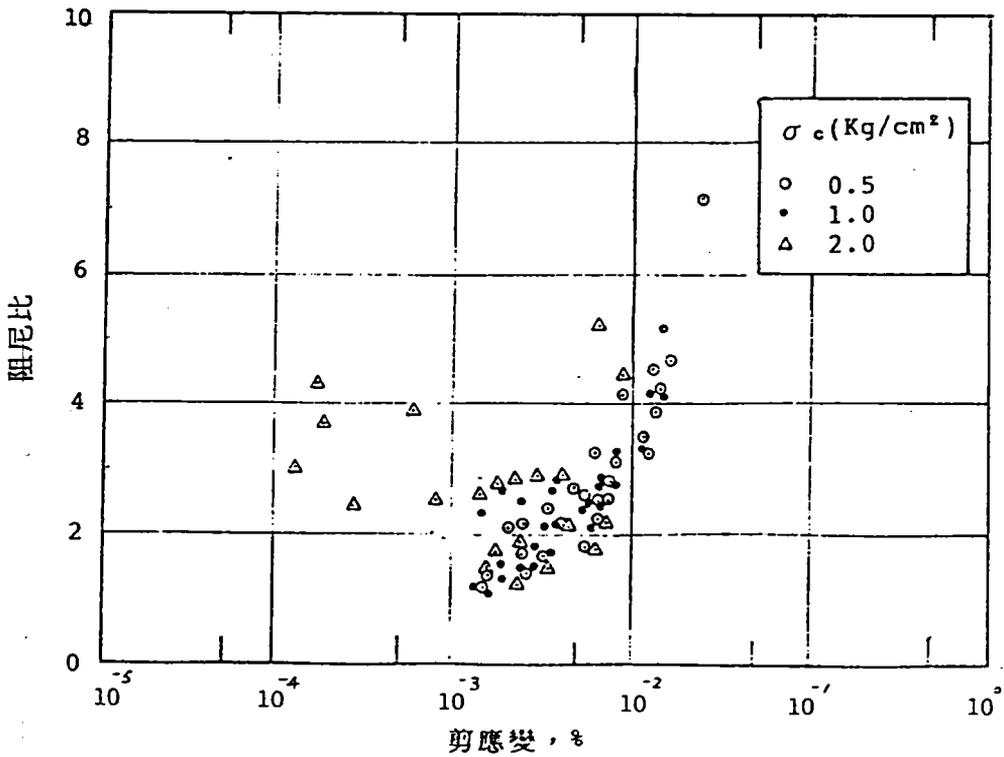


圖4.2 高雄港區砂性土壤圍壓對阻尼比的影響

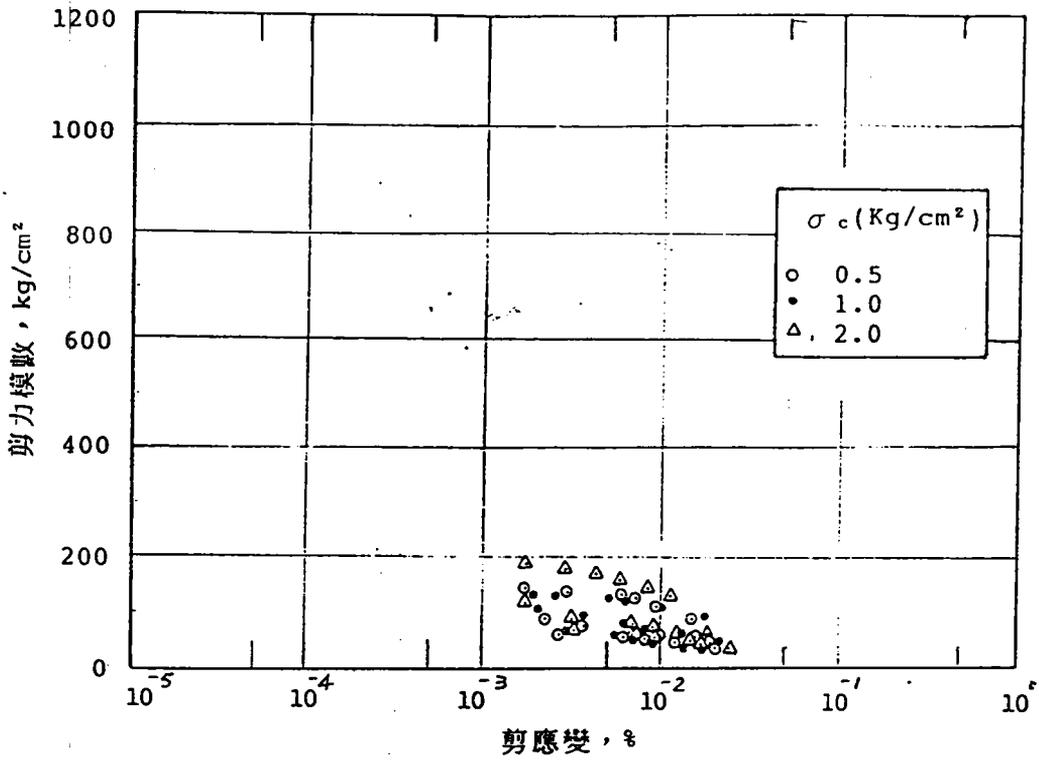


圖4.3 高雄港區砂質沉泥或粘土質沉泥剪力模數受不同圍壓影響

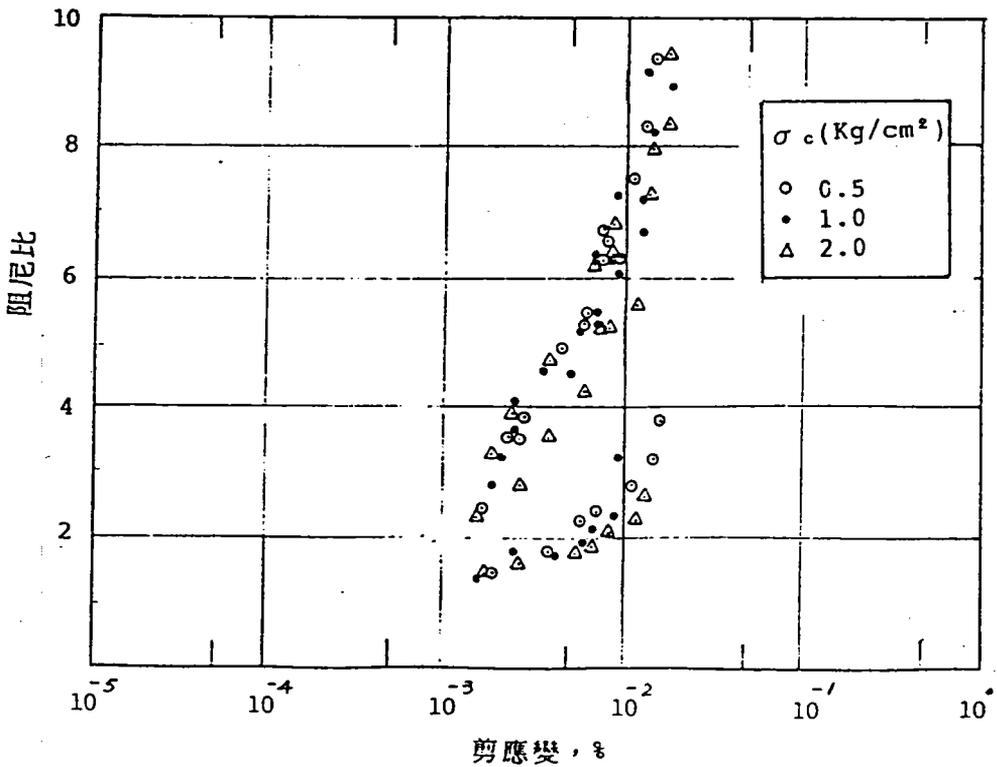


圖4.4 高雄港區砂質沉泥或粘土質沉泥阻尼比受圍之影響

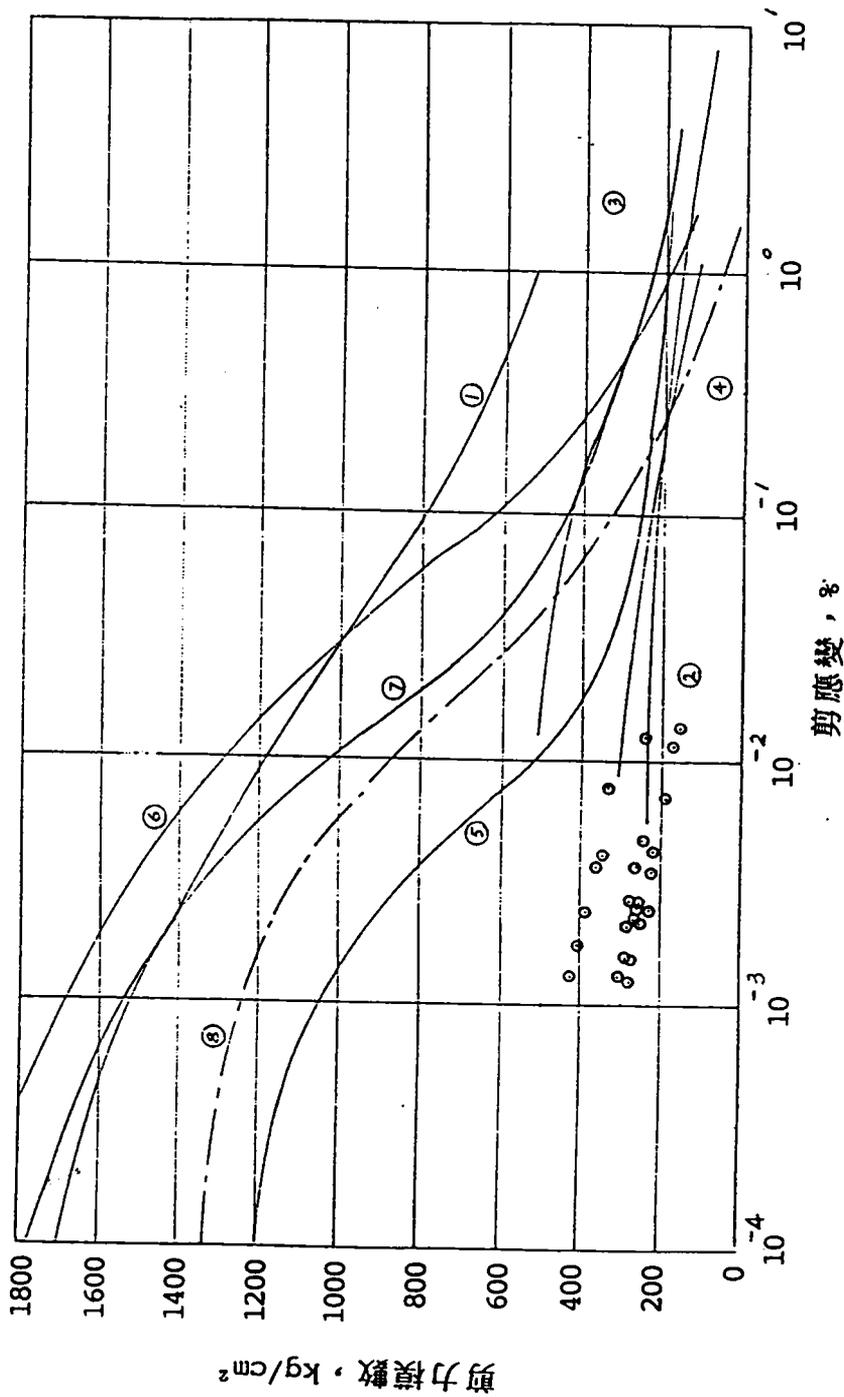


圖4.5 高雄港區砂性土壤 (圍壓為1kg/cm²) 之剪力模數與應變關係曲線

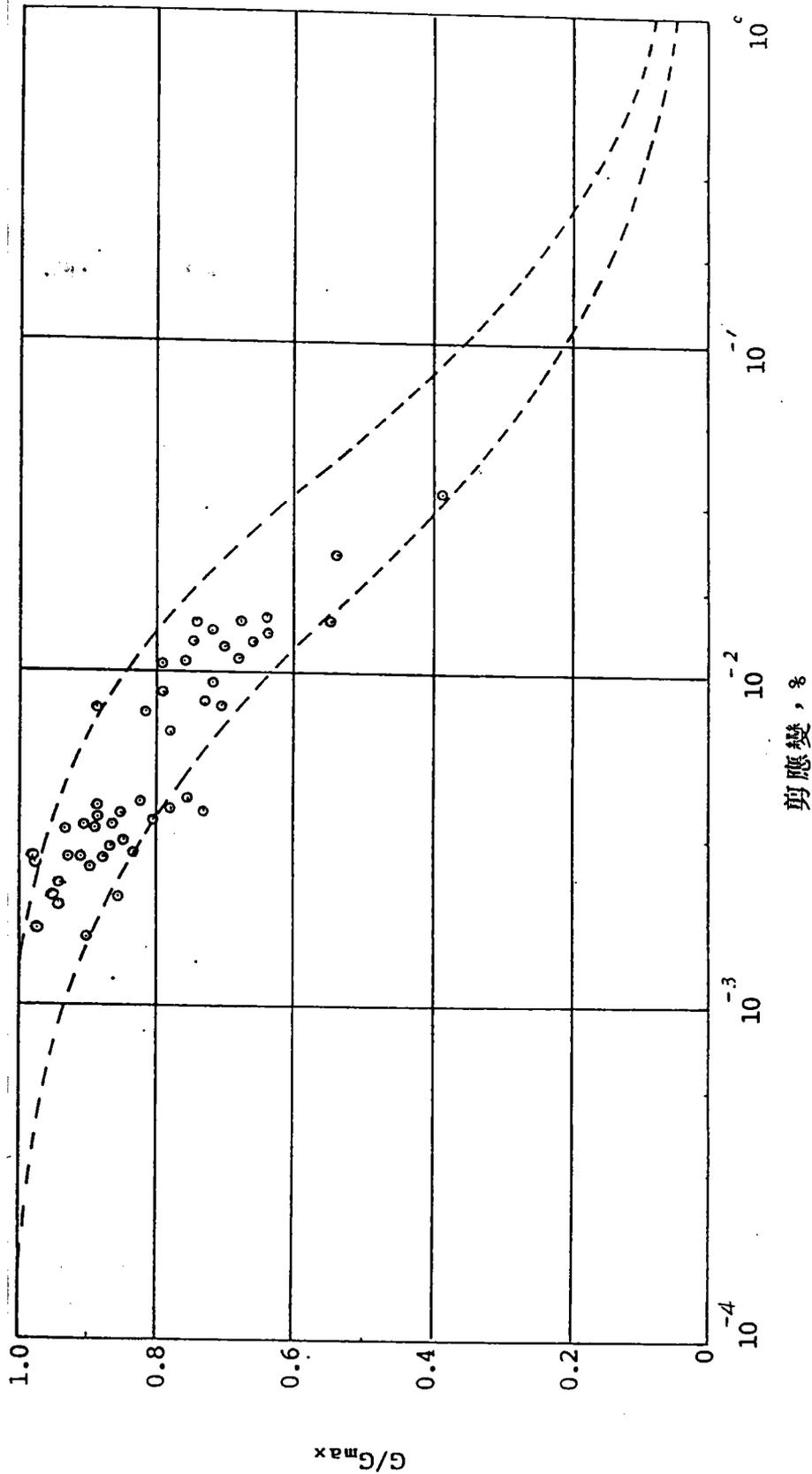


圖4.7 高雄港區砂性土壤 G/G_{max} 與剪應變之關係

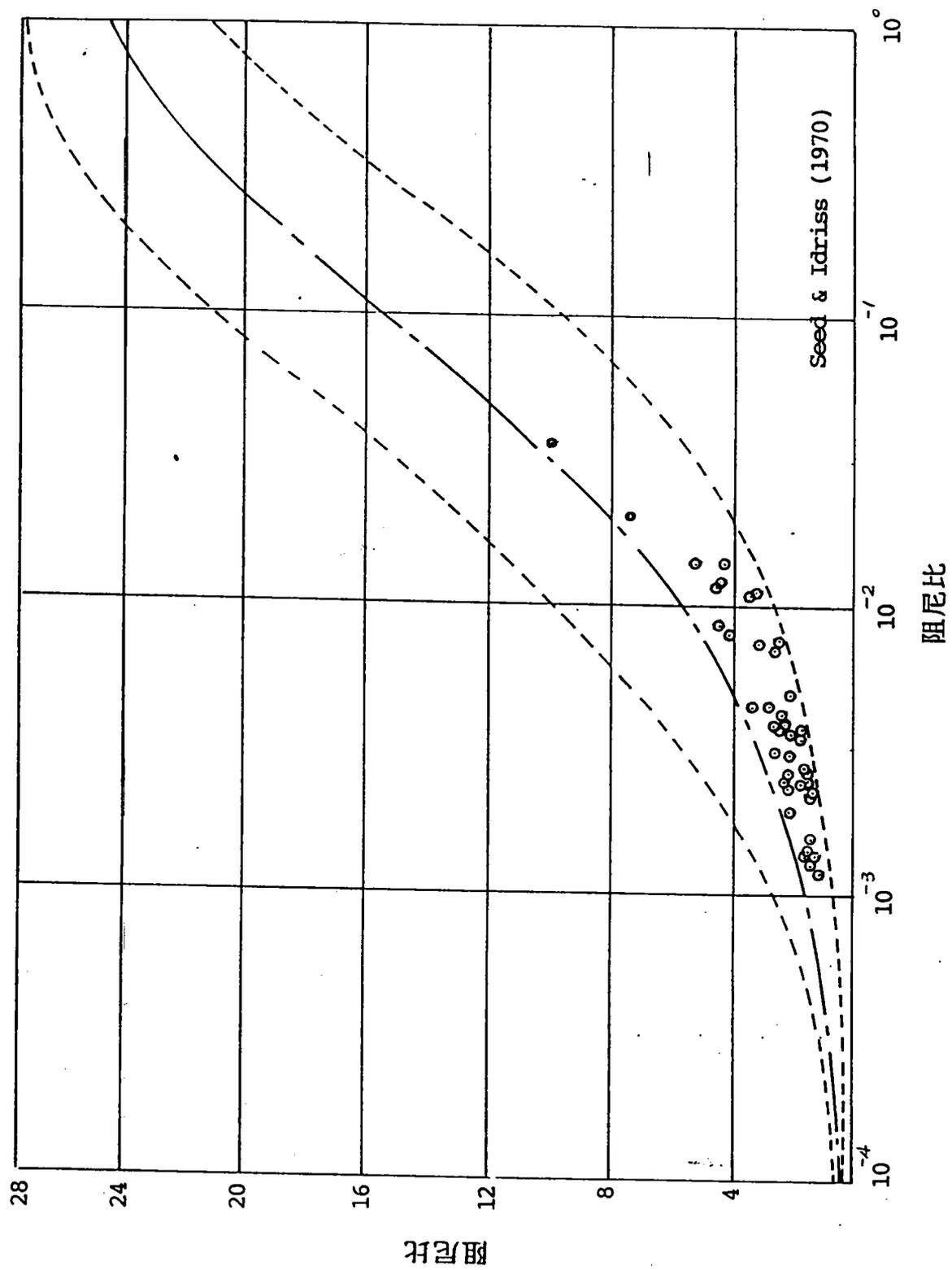


圖4.8 高雄港區砂性土壤阻尼比與剪應變之關係

與剪應變的關係與Seed & Idriss (1970) 之建議值相比較偏向其下限範圍。

(2)動力強度

土壤動力強度包括分析液化潛能參數之反覆應力比，反覆剪應變及動力荷重時孔隙水壓力變化關係及試體破壞時所需之反覆應力循環次數與剪力強度等，一般土壤承受反復剪應力作用之應力狀況可利用動力三軸試驗模擬。

圖4.9係不同相對密度之砂性土樣進行動力三軸試驗結果，相對密度變化範圍在65%至85%間，試驗資料顯示對同一土壤當振動循環數固定時，循環應力比 (Cyclic stress ratio)隨相對密度之增大而增大，當相對密度固定時，循環應力比隨振動循環數之增加而減少。大致而言，振動循環數在20週以後，循環應力比即趨於定值，是故Ishi-hara建議採用第20週的應力比做為液化分析的依據。

根據圖4.9資料，整理結果顯示，高雄港區砂性土壤第20週循環數以後之循環應力比變化範圍約在0.2至0.3之間。

(3)土層之壓縮波速度與剪刀波速度特性

壓縮波速度到目前為止並無較合理的經驗公式可資應用，根據亞新工程顧問公司委託新中光物理探測公司在高雄港務局聯合辦公大樓及中和國校，第二港口附近等之震測試驗結果顯示，在地表至深度10 m間壓縮波速度 V_p 在 500m/sec至1650m/sec間，剪力波速度 V_s 在135 m/sec至165m/sec間。深度10m以下，壓縮波速度為1650m/sec，剪力波速度 V_s 在154m/sec至280m/sec間。

4.2.3 台中港區土壤動態性質資料研討

1.台中港區及其鄰近地區地質概況

台中港區原地形為由大甲溪和大肚溪沖積形成之西部海岸平原，基地地盤構造屬台灣新第三紀地槽盆地中之台西—台中構造盆地，地表為現代沖積層所覆蓋。

台中—台西構造盆地於第三紀早期原為兩個個別獨立之構造盆地，其間為北港高地所分離，漸新世晚期由於北港高地下陷，使台中、台西兩構造盆地合而為一，此後由於間歇性之海進、海退現象持續至上新世晚期，而使台西—台中構造盆地形成數個含煤相及海相互層之沉積，上新世晚期之造山運動，一直延續到現在為台灣最主要之造山運動，屬間歇性之造山運動並伴隨

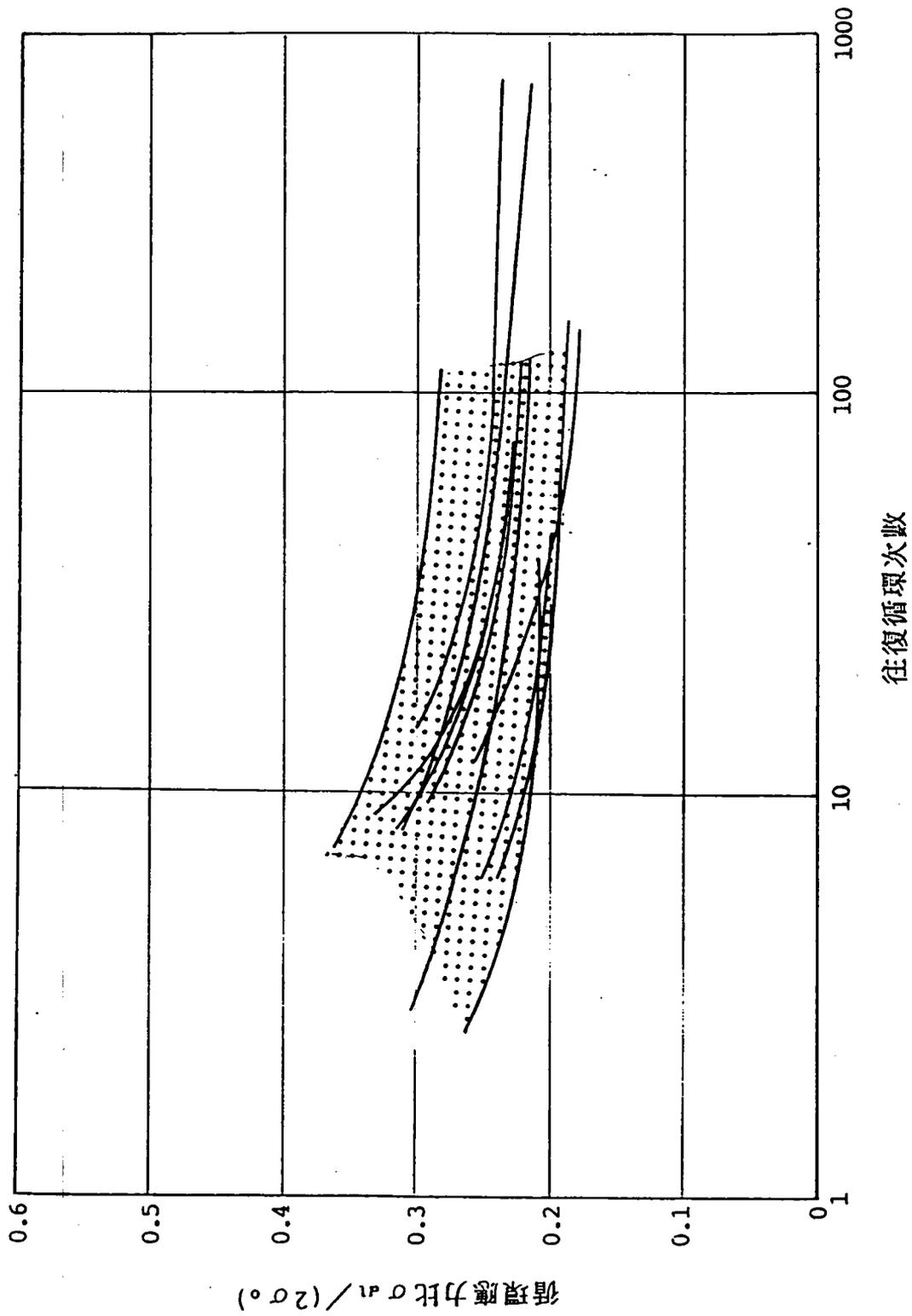


圖 4.9 高雄港區砂性土壤動力三軸試驗結果

間歇性之海進及海退現象，致使本構造盆地中心軸由東向西漸移，而形成本構造盆地上部之第四紀沉積（更新世及全新世），由於海侵及海退現象，致使平均海水面因時而異，海侵時期平均海水面曾高於目前平均海水面約180公尺（大南灣海侵期），而 15000年前之海退期平均海水面低於目前平均海水面約140公尺，顯示本基地之地層所經歷之沉積環境及應力過程極為複雜。

本基地近地表之地層為由河川沖積及海洋沖積雙重作用所形成之巨厚現代沖積層所覆蓋，其下依次為上新世及更新世未固結之頭料山層，上新世之卓蘭層及錦水頁岩層等，現代沖積層主要由粘土、沉泥、砂和礫石所組成，厚度甚厚，由鑽探結果顯示，地表下100至130公尺內大多為沉泥質砂層間夾沉泥或粘土薄層，其下始有礫石出現。

台中港區地表地層為由河川沖積及海洋沖積雙重作用所形成之巨厚現代沖積層所覆蓋，主要為沉泥質砂，砂質沉泥，粘土質沉泥及沉泥質粘土等互相交雜而成。有關於沉積土層之厚度，根據台中港務局在台中港區內進行的鑽探資料顯示，鑽探深度至60公尺時仍為沉積砂土層，而根據台灣電力公司在台中火力電廠的地質調查資料顯示，鑽探深度在150公尺時，僅在深度115公尺處發現0.6公尺厚之卵礫石層，在深度147公尺至150公尺間，偶含礫石，礫石粒徑在6公分以下，故現代沖積層為厚層砂土層，其詳細厚度未知，惟根據鑽探資料可確定沖積層厚度應在150公尺以上。

根據已搜集之鑽探資料研判，台中港地區之地層分佈以沉泥質砂土層為主，間夾有許多沉泥質粘土薄層或厚層，但常不延續而間斷出現，頗為複雜，鑽探資料顯示標準貫入試驗 N值，在同一深度中分佈甚為散亂，可見本區土層有交錯沉積之現象，一般而言，大致在高程-25m以下 N值大多高於30，屬中等緊密以上程度，而高程-80m以下，其N值大都高於100為極緊密堅硬之層次，可提供比較可靠的承載力。

2.台中港區土壤動態性質分析

(1)剪力模數與阻尼比特性

根據本所進行的共振柱試驗結果，台中港區砂性土壤圍壓對剪力模數和阻尼比之影響如圖4.10和圖4.11所示，圖4.10顯示剪力模數隨剪應變的增加而遞減，隨圍壓的增加而增加，在低應變階段圍壓對剪力模數之影響較大，隨剪應變的增加圍壓對剪力模數之影響程度逐漸減少。

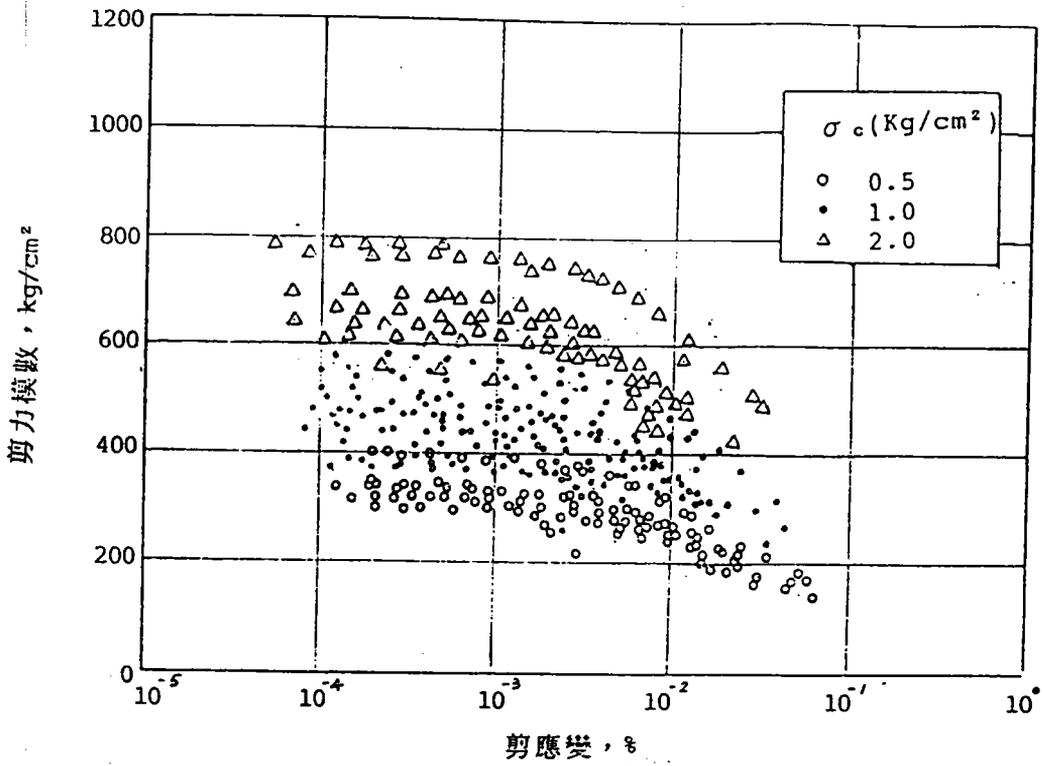


圖4.10 台中港區砂性土壤剪力模數受不同圍壓影響

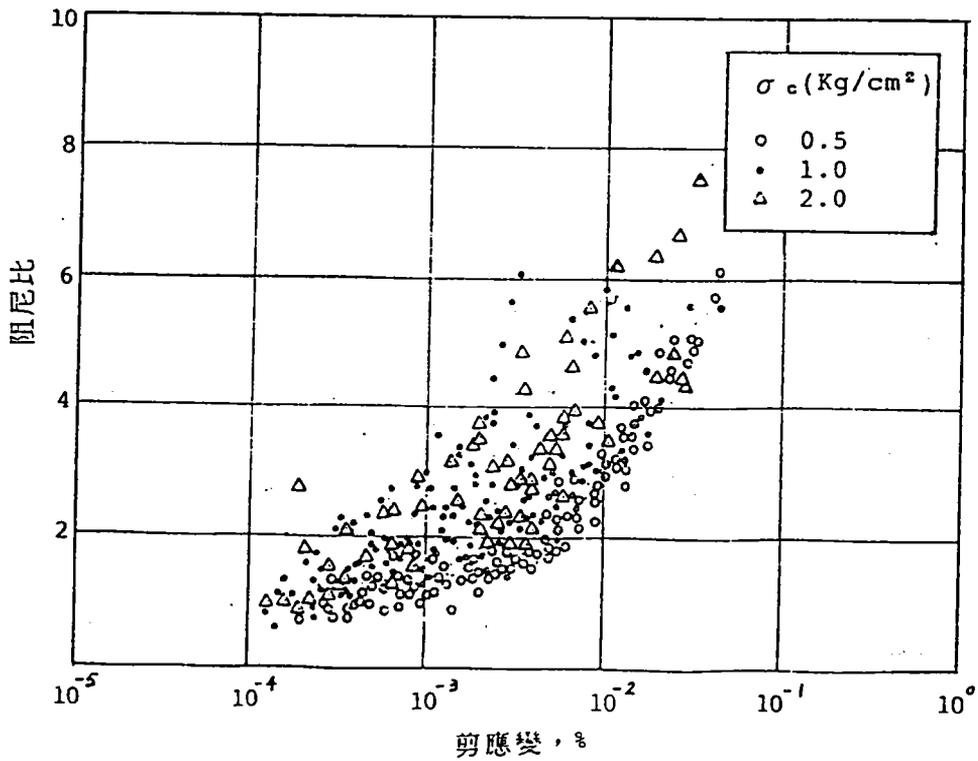


圖4.11 台中港區砂性土壤圍壓對阻尼比的影響

圖4.1和圖4.10相比較顯示台中港區砂性土壤之剪力模數較高高雄港區砂性土壤之剪力模數高。

圖4.11顯示共振柱試驗結果台中港區砂性土壤圍壓對阻尼比的影響，阻尼比隨剪應變之增加而增加，圍壓增加亦會使阻尼比隨之增加，但不明顯，與高雄港區砂性土壤比較，台中港區砂性土壤之阻尼比稍高。

圖4.12為台中港區砂性土壤動力三軸試驗結果楊氏模數，剪力模數及阻尼比與剪應變之關係，圍壓 1.8kg/cm^2 及 2.0kg/cm^2 ，試驗結果與共振柱試驗結果極接近。

若將砂性土壤之剪力模數予以常態化處理如圖4.13所示，其變化範圍與Seed & Idriss(1970)之建議值比較，台中港區砂性土壤 G/G_{\max} 與剪應變關係偏向其上限範圍。

圖4.14顯示阻尼比與剪應變之關係，其變化關係在Seed & Idriss (1970)建議之範圍。

圖4.15及圖4.16為台中港區與高雄港區砂性土壤共振柱試驗結果比較。比較結果顯示，台中港區砂性土壤之剪力模數和阻尼比均較高高雄港區砂性土壤為高。

(2)土壤動力強度

台中港區土壤亦極少有土壤動力三軸試驗之資料，亞新工程顧問公司進行台中港火力發電廠之地質調查和分析曾完成若干組動力三軸試驗，圖4.17為綜合各組動力三軸試驗結果，由於取樣深度不同，各試驗細粒含量差異甚大，故圖4.17循環應力比與產生液化時循環次數之關係頗具分散性，惟大致而言，台中港區土壤之循環應力比較高雄港區為高，第20個循環數以後之循環應力比約在0.35至0.7之間。

(3)震測法求土壤動態性質

台中港區極少進行震測試驗求取土壤之動態性質，本所曾於民國75年間進行下井法震測試驗量測現地土層之剪力波速度及剪力模數，試驗結果如圖4.18所示，亞新工程顧問公司在台中火力電廠之試驗結果亦示於圖4.18上，圖4.18顯示台中港區土層標準貫入試驗N值，剪力波速度及剪力模數之關係，試驗深度22m，標準貫入試驗N值在10至30間，屬疏鬆至中等緊密程度，剪力波速度平均在 100m/sec 至 200m/sec 間，剪力模數 200kg/cm 至 800kg/cm 間，與

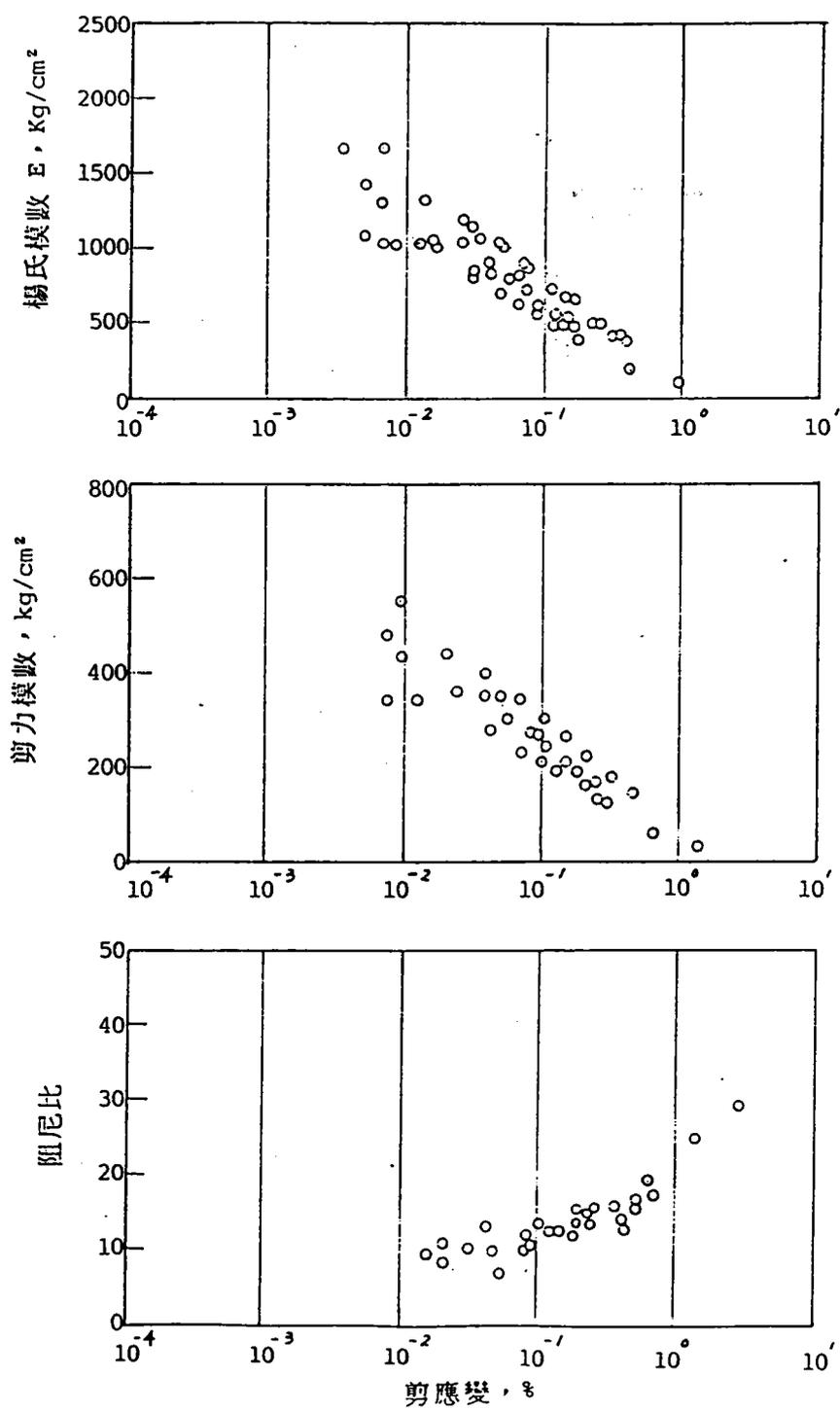


圖4.12 台中港區砂性土壤動力三軸試驗結果

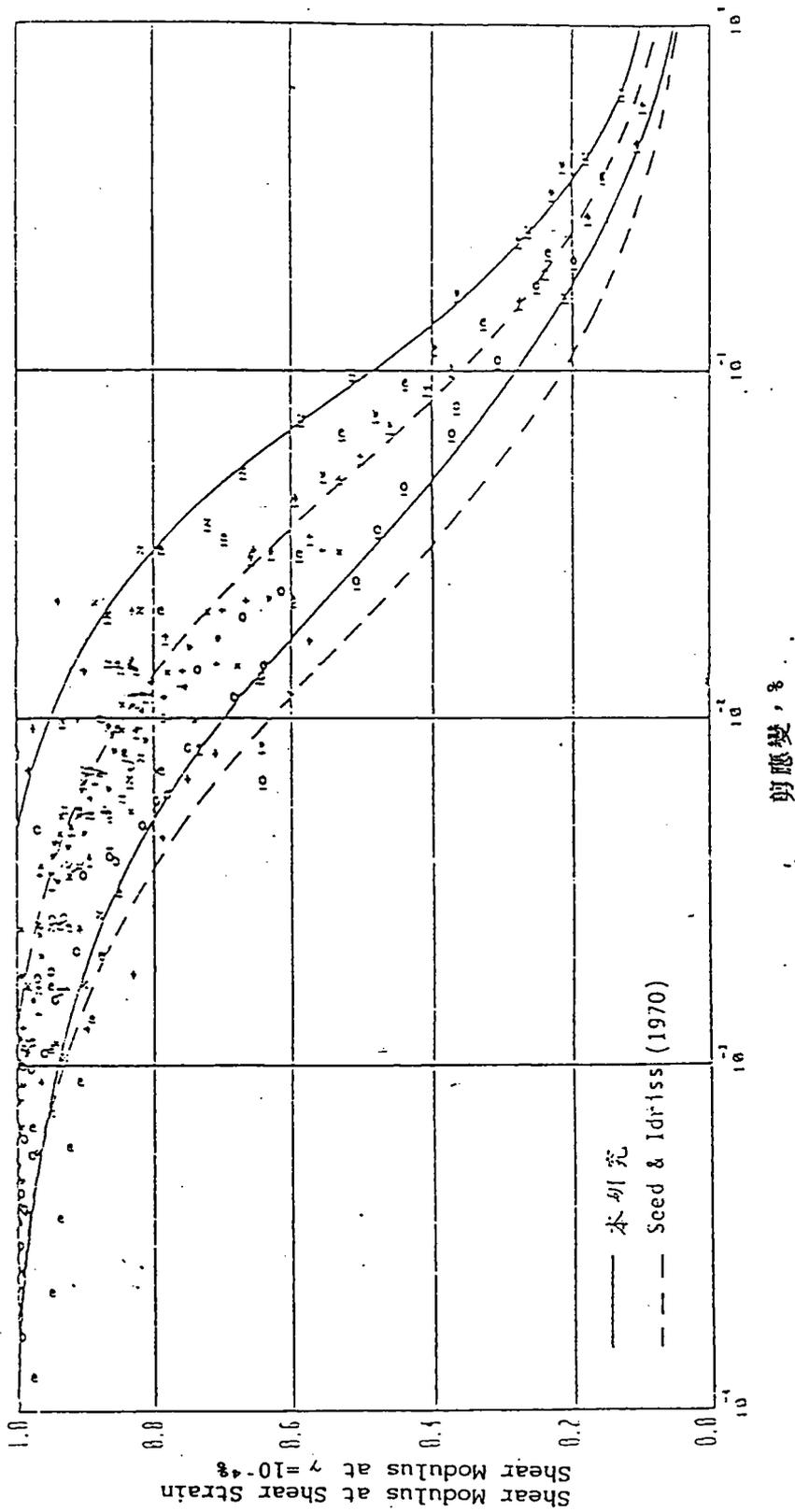


圖4.13 台中港區沉泥質砂性土壤G/Gmax與剪應變之關係

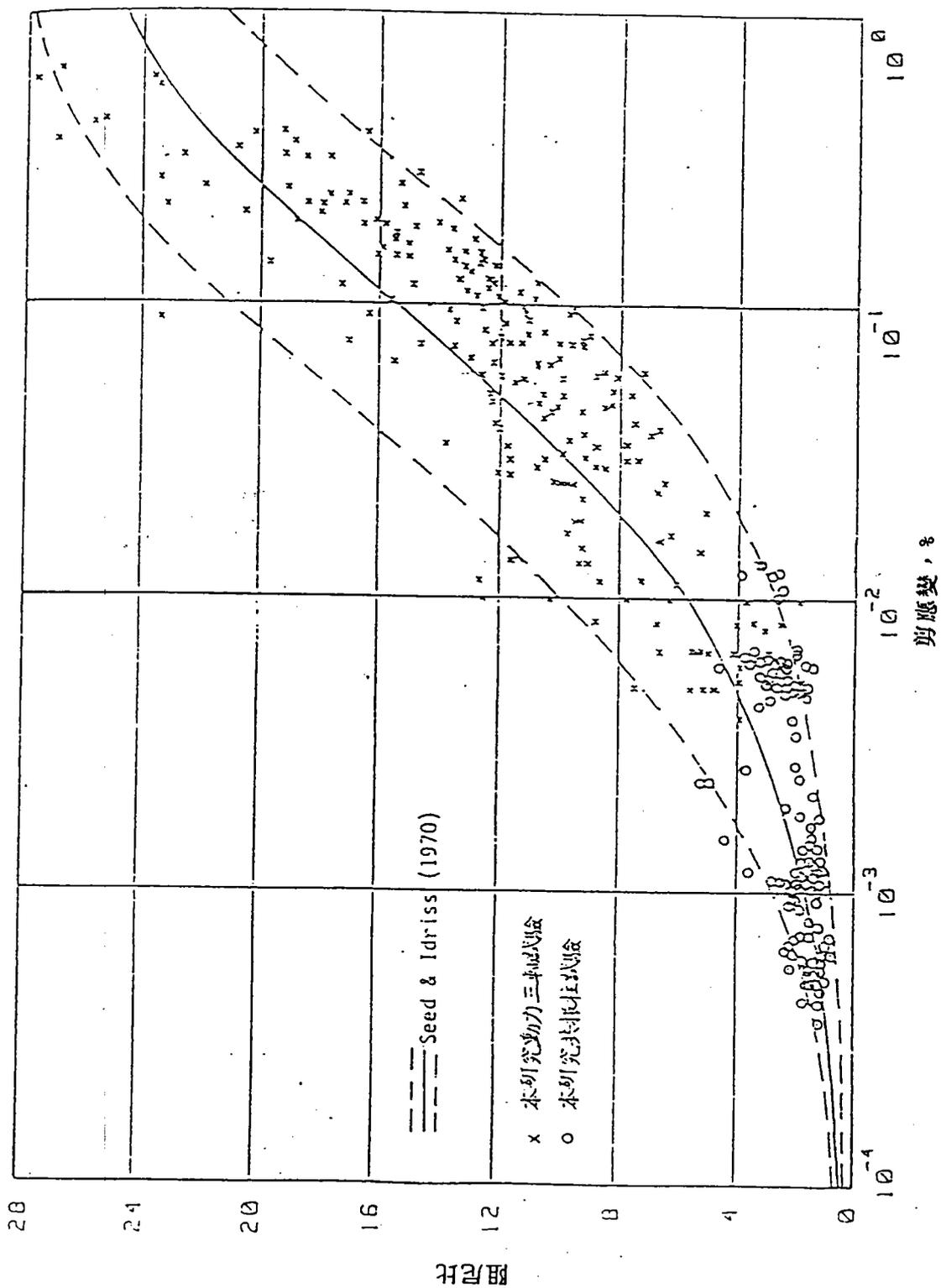


圖4.14 台中港區沉泥質砂性土壤阻尼比與剪應變之關係

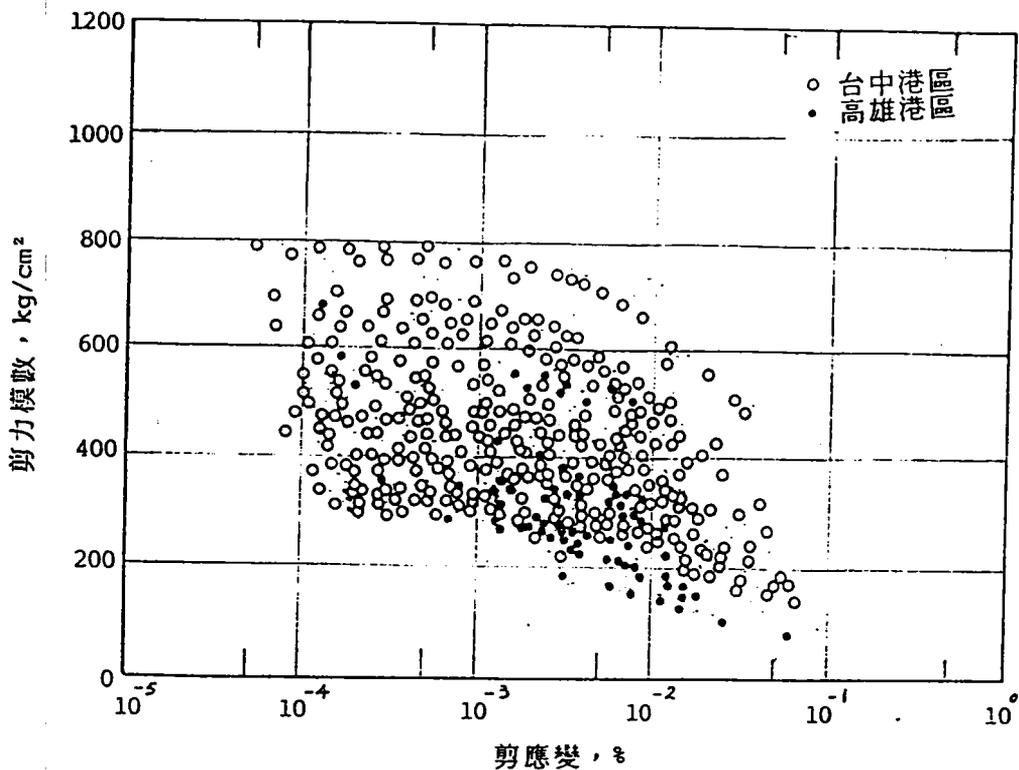


圖4.15 台中港區與高雄港區砂性土壤剪力模數比較結果

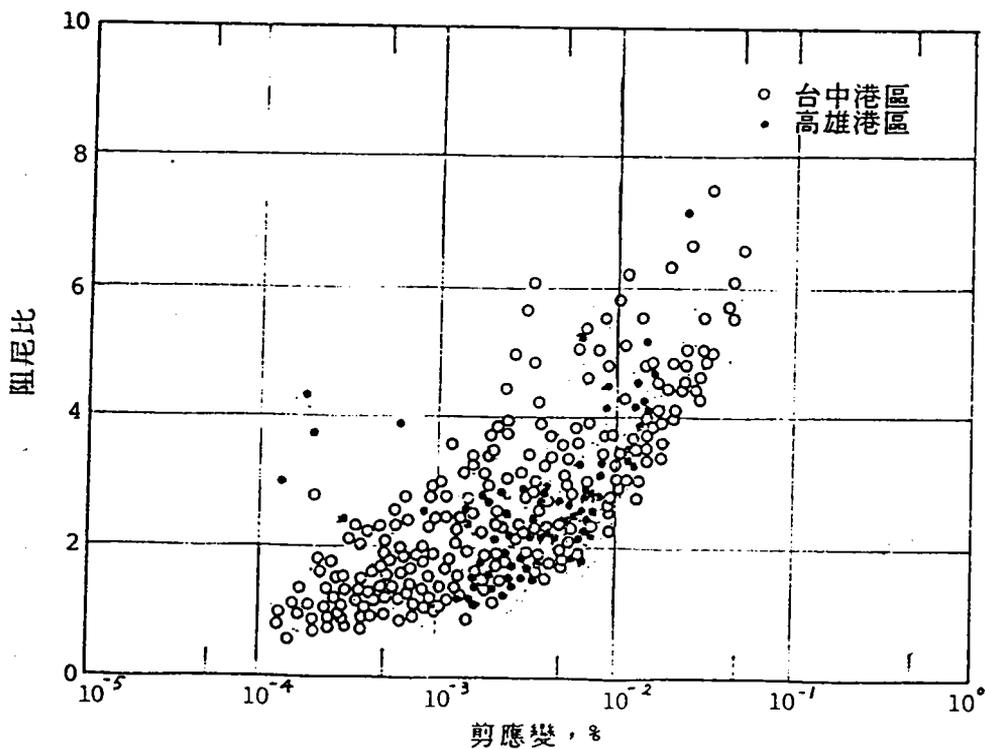


圖4.16 台中港區與高雄港區砂性土壤阻尼比比較結果

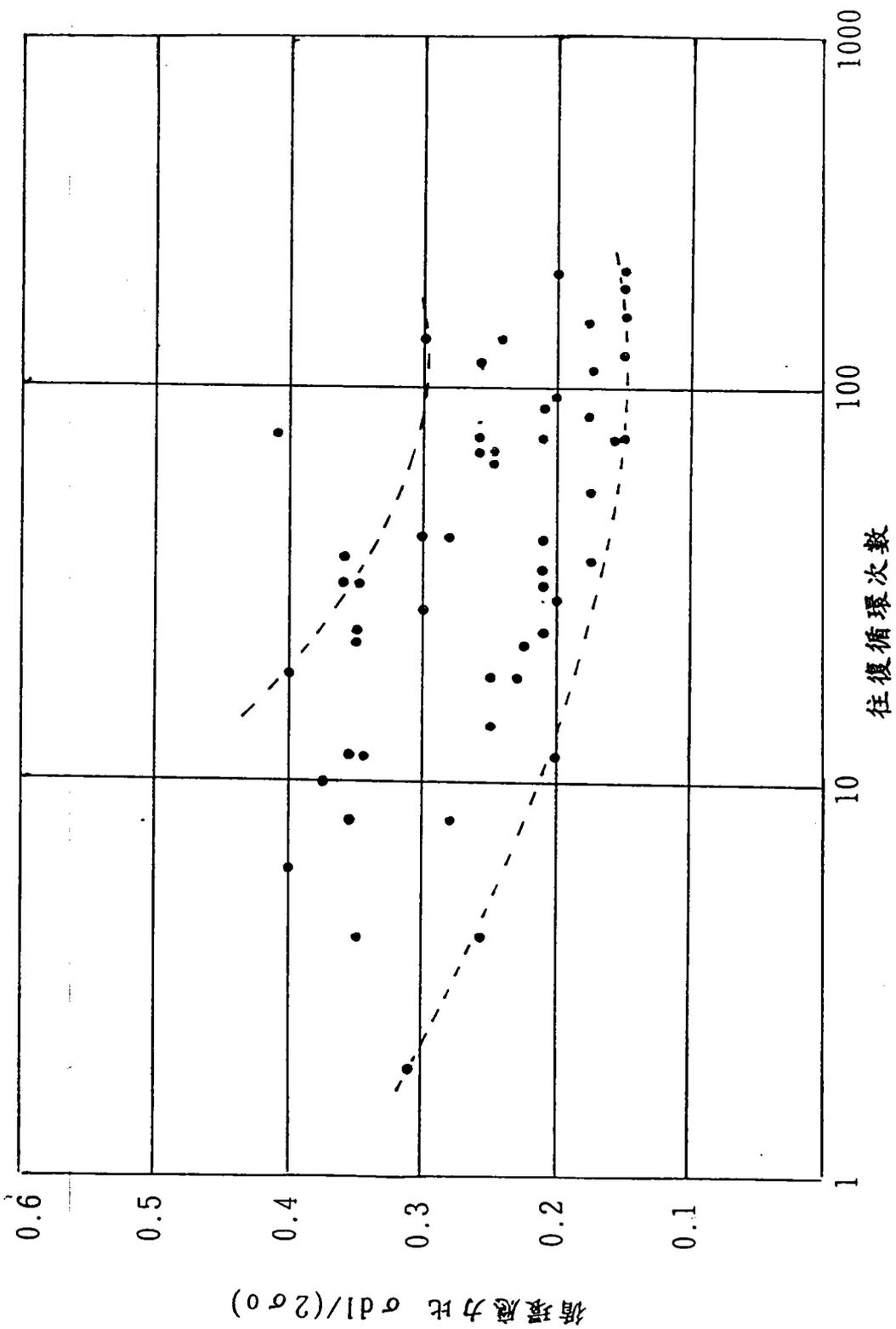


圖4.17 台中港區土壤動力三軸試驗結果

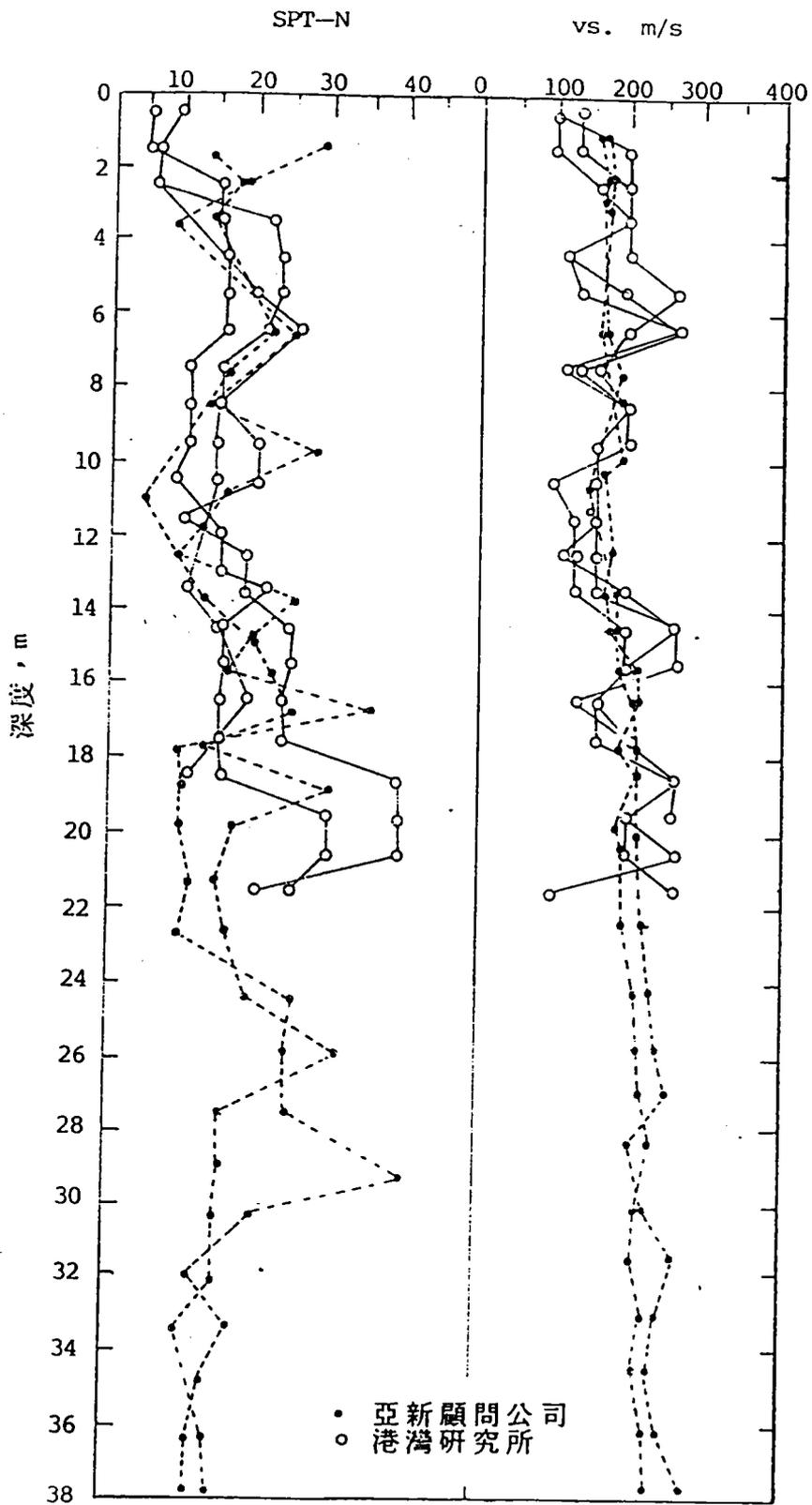


圖4.18 台中港區土壤SPT-N值與剪力波速度及深度變化圖

試驗室共振柱試驗及動三軸試驗結果（參閱圖4.10及圖4.12）極接近，惟現地試驗局部深度剪力模數有高達1200kg/cm以上者。

與高雄港區相比較，台中港區砂性土壤之剪力波速度或剪力模數均較高，高雄港區之砂性土壤為高。

4.2.4 興達港區土壤動態性質資料研討

1. 興達港區地質狀況

興達港區域為台灣西南部海岸平原的一部份，地勢平坦，屬於海岸平原幼年期，沿海砂州甚為發達，本區之地質組成主要為沉泥質砂，砂質沉泥及沉泥質黏土交互而成，為瀉湖沉積物質。沉泥質砂近地表處較為疏鬆，隨深度受覆土壓力影響而漸趨緊密，沉泥質黏土亦為近地表者較為軟弱，隨深度受覆土壓力影響而成堅實狀態。

興達港地層除地表約有4公尺左右之人工抽砂回填層外，主要為自然沖積形成，大致由數層砂性土層與粘性土層交互出現，此沖積土層厚度未知，根據鑽探資料顯示，此層厚度在160公尺以上。

在高程-15公尺以上之砂性土層現地標準貫入試驗 N值在2至15間，屬疏鬆至中等緊密程度，粘性土層，平均 N值約為1或2屬極軟弱至軟弱稠度，高程+15公尺以下標準貫入試驗N值有明顯增高現象，平均N值在15至30以上，屬中等緊密至極緊密程度，粘性土層平均N值在10以上，屬極堅硬程度。

根據鑽探期間量測結果，興達港區地下水位大致在高程+0.5公尺至+1.5公尺間。

2. 興達港區土壤動態性質分析

圖4.19為本所對興達港區不擾動土樣進行動三軸試驗結果土壤剪力模數，阻尼比與剪應變之關係。圖4.20為亞新工程顧問公司委託日本Ishihara及台灣大學進行動三軸試驗結果。

根據中華工程公司委託聯合大地工程顧問公司在興達港區進行交叉井震測法測得剪力波速度大致在126m/sec至254m/sec之間，與其他台灣西部海岸地區砂土層剪力波速度極接近。

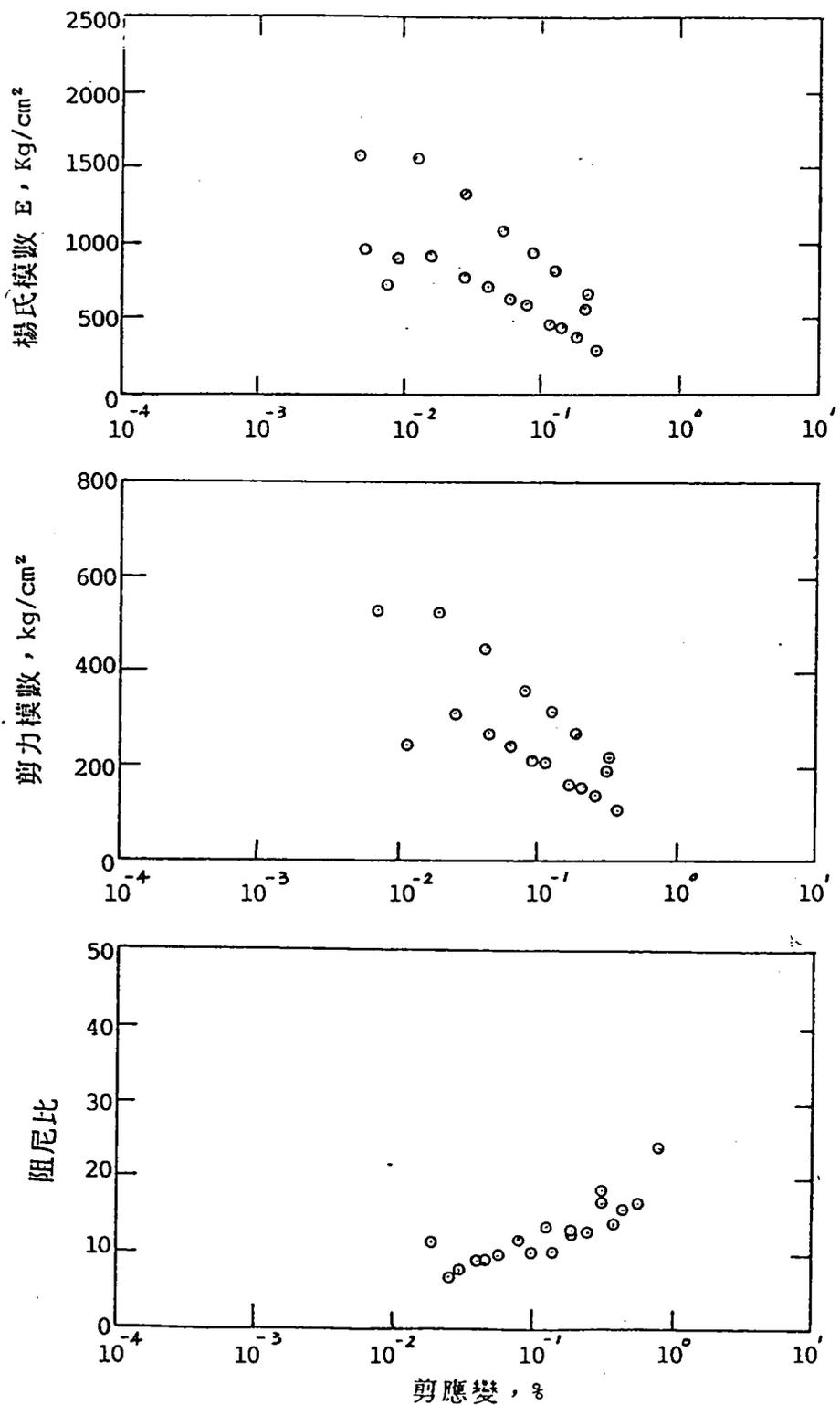


圖4.19 興達港區砂性土壤動力三軸試驗結果(a)

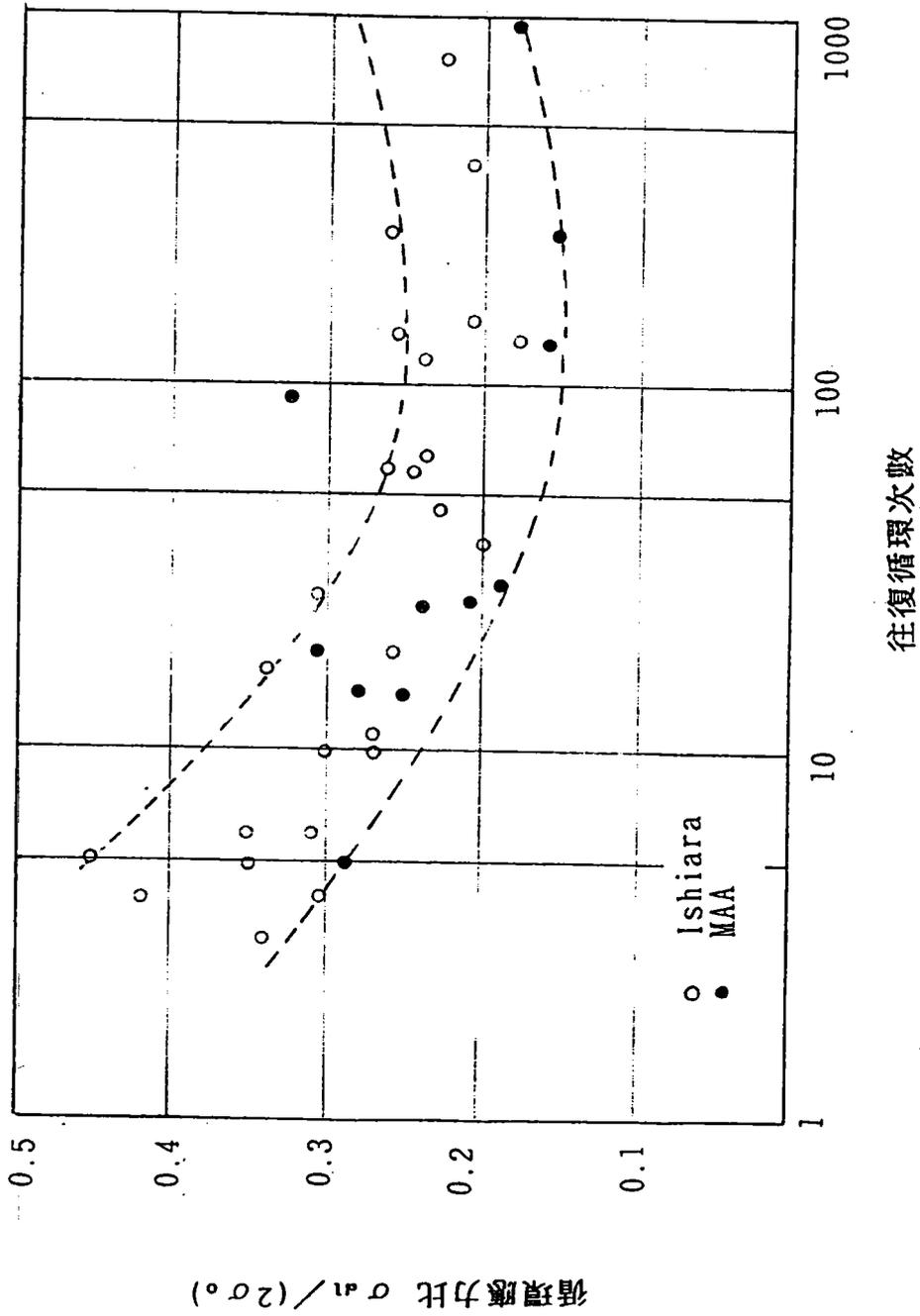


圖4.20 興達港區砂性土壤動力三軸試驗結果(b)

五、結論與建議

1. 國內各港區雖有許多地質資料可供參考利用，可惜這些資料散見於各有關單位，由於缺乏專人管理，資料極易遺失，故設立地質資料庫，有系統的整理分析與儲存土層分佈資料，已是極為迫切性的問題。
2. 土層分布資料庫之建檔工作為一永久性的計劃，須不斷的補充建檔，使各港區資料庫更趨完備，可靠度更加提高。
3. 本研究建檔軟體採用MapBasic語言撰寫，可直接提供各港埠單位配合Map-Info 系統使用，各港區於工程規劃階段或設計階段，可利用本土層分佈資料庫調閱所需之地質資料以節省時間及經費。
4. 建議各港務局協調提出鑽探“統一表格”，一方面營造廠商作業規格化，便於監工人員督導，一方面便於資料建檔儲存。而鑽探表格上所列之鑽孔位置、高程等基本資料應標示清楚，以方便日後查閱。各港區若有新的地質調查資料時，建議由專人列管，並提供乙份供本所建檔儲存。
5. 土壤之動態性質為結構物耐震設計之重要考慮因素，尤其台灣西海岸多屬沖積土層，其主要結構為沉泥質細砂或砂質沉泥層，地震時此飽和鬆軟砂性土層極可能發生液化現象，故對土壤動態性質之研究更為重要。
6. 台灣西海岸土壤動態性質研究資料不多，到目前為止對土壤動態性質更無較系統化的整理與分析，本研究儘量搜集現有土壤動態性質研究成果，包括土壤共振柱試驗和動三軸試驗資料，現地震測試驗資料等，並整理出各地區土壤之動態剪力模數，阻尼比，壓縮波速度及剪力波速度等特性供工程設計之參考。
7. 根據有限的土壤試驗資料整理結果，台中港區砂性土壤剪力模數和阻尼比較高雄港區和興達港區砂性土壤之剪力模數和阻尼比值高，剪力波速度和壓縮波速度一般亦以台中港區之砂性土壤較其它地區稍高，惟因可供比較的動態性質試驗資料極為有限，此種比較結果僅供初步參考。
8. 由於土壤動態性質極為複雜，影響因素又多，而所能獲取的資料實在有限，本研究成果僅能提供初步工程規劃分析應用參考，將來仍須更多的現場與試驗室資料補充，同時因試驗資料結果之正確與否，影響因素甚多，目前

仍有許多困難無法解決，故仍需更多的專家學者提供更多的研究成果，以求得台灣西海岸土壤動態性質有較完善的適用程度範圍及更安全可靠之設計參考數據。

9. 本報告有關各港區之土層分佈情況及土壤動態性質等，僅根據目前已搜集的資料加以研討，將來若陸續有新的資料補充時應再繼續檢討修訂。

參考文獻

- Hardin, B.O. and Drnevich, V.P. (1970) "Shear Modulus and Damping in Soils; I. Measurement and Parameter Effects, II. Design Equations and Curves," Technical Reports UKY 27-70-CE 2 and 3, College of Engineering, Univ. of Kentucky, Lexington, Kentucky, July.
- Prakash, S. & Puri, V.K. (1981) "Dynamic properties of soils from insitu Tests " JOGE, ASCE, vol.107, No. GT7 July pp.943~963
- Imai, T., Fumoto, H. & Yokota, K. (1976), "P and S wave Velocities in Sub-surface Layers of Ground in Japan" URAWA Reserarch Institute, OYO Crop., TOKYO, Japan.
- Seed, H.B. and Idriss I.M. (1970) "Soil Moduli and Damping Factors for Dynamic Respones analysis" Earthquake Engineering Research Center, Report No. EERC 70-100, U.C. Berkeley, Dec.
- Seed, H.B. (1974) "Soil problems and soil Behavior" Earthquake Engineering, chapter I, prentice-Hall Co. y48
- 日本土質工學會(1973)「土と構造物の動的相互作用。」
- 楊勝明(1996)「地質鑽探資料庫建置及系統功能展示」，國土資訊系統自然環境基本資料庫分組地理資訊技術研討會，PP.4-1~4-31。
- 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。
- 邱景升，周宜強(1995)「地理資訊系統入門與應用」，松崗圖書公司。
- 石正義譯(1994)「鑽探圖的判讀要領」，詹氏書局。
- 經濟部資訊中心(1994)「國土資訊系統自然環境基本資料分組離型地質探勘資料庫整合建置專案」
- 吳偉特(1983)「台北盆地土壤之剪力模數與阻尼比特性」，土木水利季刊第十卷第一期，PP.69~88民國72年5月。
- 徐明同(1975)「台灣地區地震危險度之研究」，氣象學報第21卷第2期PP.33-40。
- 蔡義本(1976)「宜蘭地區之地震研究」，中央研究院地球物理研究所。
- 亞新工程顧問公司(1978)「高雄過港隧道地質探測與地震調查分析」。

台灣各港區土層分佈資料微電腦建檔
及土壤動態性質分析研究

編輯者：謝明志、李延恭

發行人：張金機

發行所：台灣省政府交通處港灣技術研究所

打字排版：港灣技術研究所大地工程組

台中縣梧棲鎮臨海路83號

04-6564418

承印者：建州企業有限公司

電話：04-6270966

中華民國八十五年出版，印製50本，非賣品