

***** 要 目 *****

- ◎ 荷蘭奧斯特齊 (Oosterschelde) 防潮閘簡介
- ◎ 旗津海洋文化世界人工島
- ◎ 新加坡港之訪後感
- ◎ 高強度混凝土特性簡介
- ◎ P C 作業系統 Ms-Dos 的取代者-os/2 介紹
- ◎ 淺談「打擊樁承載力程式系統」
- ◎ 溫度感測器簡介
- ◎ Rowe 氏液壓式壓密儀在土層沈陷預測之應用
- ◎ 非醫學用游離輻射防護研習簡介
- ◎ 台灣地區荷式錐試驗之實務與應用

中華民國七十九年十月出版

荷蘭奧斯特齊 (Oosterschelde) 防潮閘簡介

港研所副所長 莊甲子

全國半數以上土地低於海平面下之歐洲低地國一荷蘭，其與海博鬥，與海爭地之歷史已逾千年。只因此特殊之地形因素，是以沿海堤防之堅固與否便為該國人民生命財產之所繫，也因此有英勇村童颶風雨夜獨堵堤防漏洞勇救全村免遭水淹之燴炙人口的故事發生，致其與荷蘭風車同享盛名。

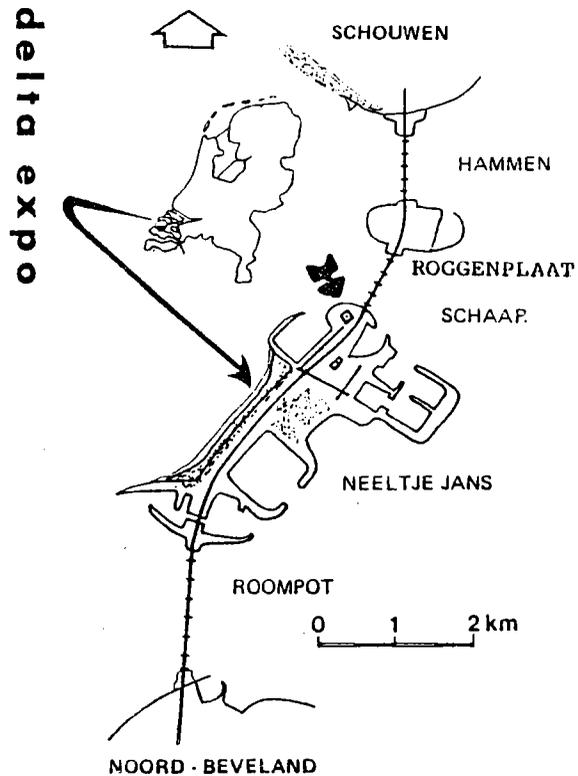
在伴隨荷蘭之國土逐年增加之過程中，多項築堤以開發新生地之浩大工程乃逐年開展，其中河口三角洲開發計畫 (Delta Expo) 不但經費龐大，同時施工亦最困難。該計畫乃在荷蘭南部海岸，靠近比利時部份築堤及在各河口三角洲築壩和防潮閘以開發新生地並可免遭水患。各堤壩位置如圖一所示。



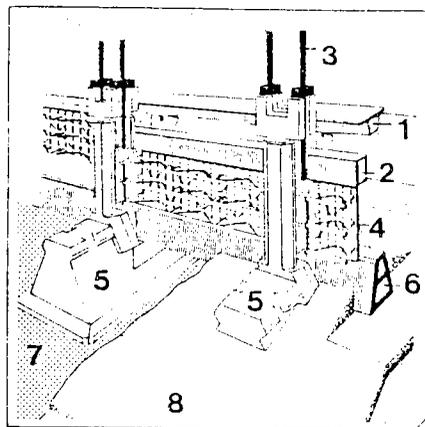
圖一 荷蘭河口三角洲計畫施工位置圖

奧斯特齊防暴潮閘 (The Storm Surge Barrier in The Oosterschelde) 興建工程屬 Delta 計畫中的一部份，此部份為該計畫中最後且最困難的一部份。防潮閘工程位置在荷蘭麥恩 (Schouwen) 與北比芙蘭 (Noord-Beveland) 兩地之間如圖二所示。河口全長9公里，以堤防、閘門、道路等混合構築，兼具防暴潮、導流、航運及陸上交通之各項功能。

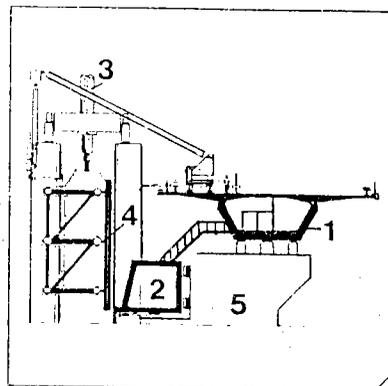
本防潮閘門包含懸掛於65座基礎橋墩上之62座鋼製閘門 (Steel barriers)。每座閘門長42公尺，閘門高度則因所在位置而有所不同。在河口之兩端者高度為5至9m，在河口中央段則在9至11m間。至於防潮閘之透視、斷面示意圖及其實景分別如圖三、四及照片一所示



圖二 奧斯特齊防潮閘工程位置圖



圖三 防潮閘透視圖

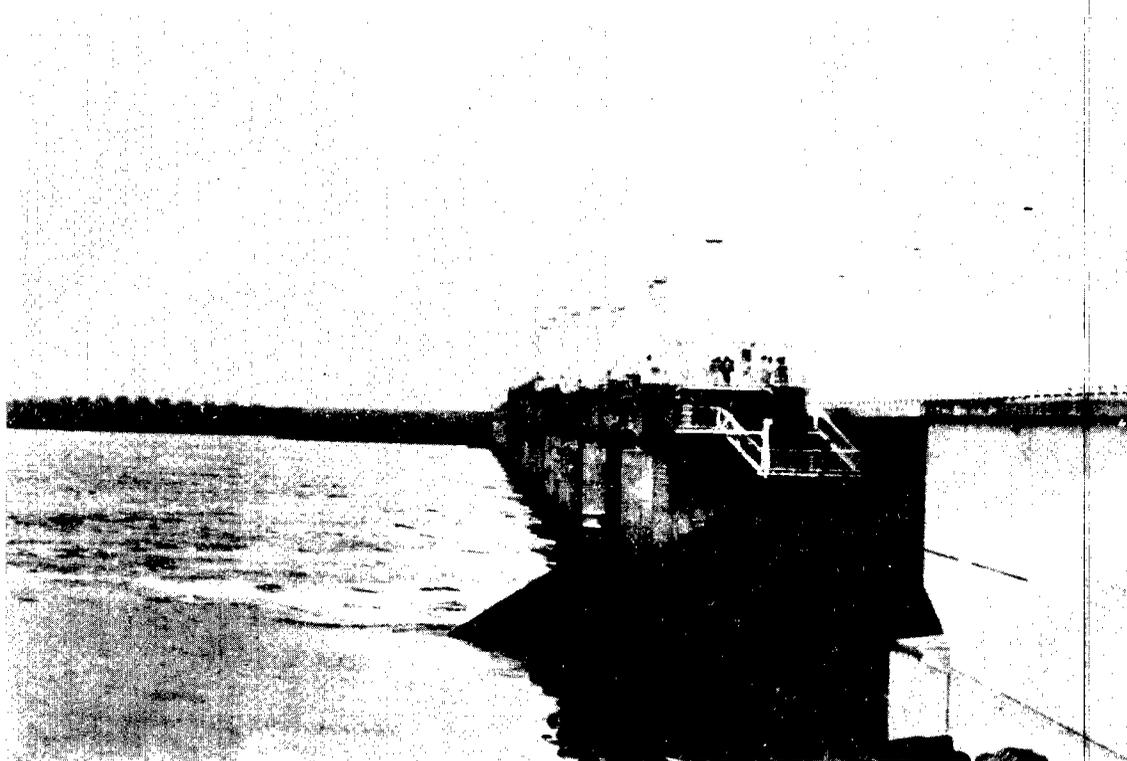


圖四 防潮閘橫斷面

。其中圖三、四內標示1部份為公路箱型橋 (Traffic encasement)，由該箱型橋與全閘門工程比例觀之，足見此工程之浩大。

最後，有關防潮閘之操作方面，在一般環境情況下，閘門保持開啟，以便河水可以外流。當潮水非常高漲時，全部閘門同時關閉以免

海水倒灌。所有操作系統以油壓與電力配合完成。每次啟閉需時約1小時。維護方面，每個閘門每月作一次操作試驗，且每個閘門操作試驗為逐一進行而非同時，借能達到所有閘門的功能要求以確保安全。



旗津海洋文化世界人工島

港研所海工組組長 黃清和

高雄市為國際著名港埠，貨櫃吞吐量高居世界第三位，人口高達一百三十多萬人，因近海之利，各種金屬、石化、機械、造船等重工業及漁業等，莫不獨佔國內鰲頭，加以對外貿易發達、造成萬商雲集，人文薈萃、經濟繁榮、市況熱絡，乃成為南台灣之工商、文化中心。自高雄市改制為院轄市以來，歷任市長莫不以建設高雄市為現代化大型都市為施政首要目標，十數年來由於國家經濟全面迅速發展，國民生活水準日益提高，觀光、旅遊、休憩活動已成為國民日常生活中主要需求項目；為求高雄市之均衡成長發展，除了積極推動各項工商、交通、市政等公共建設外，對觀光資源作有效開發利用及設置現代化旅遊休閒設施，提供一百三十萬市民之正常休閒活動場所，以調劑身心、舒散工作精神壓力，已成為不可或缺之市政建設項目。

自前市長蘇南成先生接掌市政以來，即懷抱建設高雄市為兼具港都文化與海洋氣質雙重內涵之現代化港埠大都會理想，期藉之以提昇高雄市國際知名度與地位，並促進國民休閒生活品質，以達成此目標，蘇市長乃將發展高雄市之觀光特色列為施政要項之一，擬將蓮池潭風景區、壽山公園、國立美術館、跨海大橋與旗津海濱休閒觀光區連成一風格別具之遊覽觀光帶，並計劃在旗津沿岸外海填築一座人工島

，以興建一兼具教育與觀光及休憩多重功能之「海洋文化世界」，內有海洋博物館、海洋水族館、海洋生態館、海洋漁業館、海洋科學館、海洋工程館、海底世界館及海洋動物表演館等八座展示館，並設置一遊艇港，此外另有高聳之塔樓乙座及各項海洋觀光與遊憩設施以提供市民及國民休閒活動空間。此人工島上「海洋文化世界」建築，若能更進一步加以妥善規劃、設計，使其成為高雄市之城市象徵，令國內外觀光客一見難忘，則除可提昇高雄市之城市形象外，更可促進高雄市國際性旅遊業之繁榮。有關旗津海洋文化世界人工島之規劃、水工試驗目前正由高雄市政府委託國立高雄海專研究中。

旗津島臨港、瀕海、交通便捷、海洋觀光資源潛力雄厚，如能及時配合高雄市觀光帶整體建設，有效開發旗津海岸公園，使之成為夏威夷式的優美海灘，並以全國首創突破性的方式填海造島，興建傲視東亞之劃時代「海洋文化世界」，則高雄市不但即成為國內民衆休閒、旅遊、觀光勝地，亦將成為國際海洋觀光、休憩及航運之名城。

（資料來源：國立高雄海專旗津海洋文化世界人工島研究報告，沈健全教授提供）

新加坡港之訪後感

港研所 王克尹

新加坡港是由成立於1964年4月1日的新加坡港務局所管轄（簡稱P.S.A），港務局是隸屬於交通新聞部的一個法定機構，負責提供海港之維修與服務設施，導航事務之規劃。新加坡港由於位置適中，處於東西貿易十字路口，是來往於太平洋與印度洋間必經之航道，也是東南亞的中心，有優良的海港，天然的深水碼頭完善的設施，同時又為國際金融中心，造成今日繁榮的新加坡港。由於使用現代化之裝卸設備和高水準之服務效率，使得新加坡港連續兩年被亞洲貨物特刊讀者選為亞洲最佳海港（Best port in Asia），最佳海港經營者（Best Terminal operation）和最佳倉儲營運者（Best Warehouse operator）之榮譽。

P.S.A管理五個碼頭，其中丹戎巴葛碼頭（Tanjong Pagar Terminal）是主要的貨櫃裝卸碼頭，峇巴碼頭為歷史悠久的傳統式雜貨碼頭，西班牙讓碼頭專門處理駁船，淺海貨輪，子母船之操作。裕廊港位於新加坡西南部，它為裕廊工業區服務以處理散貨為主，裕廊港屬於裕廊鎮管理局但由P.S.A代為管理。三巴旺碼頭位於新加坡北部，專門處理廉價而量大的貨物如木材和橡膠等。1988年五個碼頭所裝的普通貨量比上年增加29%達到六仟六佰玖拾萬噸。

新加坡港務局組織採用主席及委員制度，屬於決策階層委員會共有委員十一人，其中一人為主席，主席下設局長和副局長各一人，副局長下設八個部門即航運署、商務署、營運署、資訊署、行政署、人事署、工程署和財政署，每個部門均有主任、副主任。P.S.A為半官方性質，屬交通新聞部屬下部門，港務局的所有預算、採購、工程維修均需由委員會同意即可執行。港務局1988年員工總數從1987年的7,694名減至7,519名，減少了2.3%，在採用改進方法和進一步電腦化之情形下，每名員工之增值提高26%達到96,270元新幣。良好的勞資關係也是促使生產力措施更順暢進行的原因之

一。新加坡港務局為一個多元化之組織，並非像國內一樣僅掌管單一的港埠事務，凡舉世貿中心，新加坡航空公司、港警、港灣、燈塔、引水、拖駁、倉儲等均為編制內之員工，故員工人數與其他港口相較顯得偏多。

新加坡港務局將在未來的十年裡投資新幣十五億元提高丹戎巴葛貨櫃碼頭的設備，以及發展新的布拉尼島貨櫃碼頭。新的布拉尼島貨櫃碼頭，將規劃十個貨櫃船席，其中五個為遠洋貨櫃船席，每個船席長320公尺，水深15公尺，另五個為支線集貨船席（Feeder ship），每個船席長220公尺，水深12公尺，總面積廣達125公頃，將安置25台橋式起重機和100台門式跨載機，每年裝卸貨櫃能量達380萬TEUS。P.S.A也將興建一條四車道之長堤以聯接布拉尼島貨櫃碼頭和丹戎巴葛碼頭。新貨櫃碼頭之第一座船席興建工程於1990年動工，將於1992年啟用，接下來每一年陸續興建完成一座船席。港務局也預計在新碼頭附近興建一個高層之貨櫃集散站兼貨倉中心，以支援丹戎巴葛碼頭和布拉尼貨櫃碼頭，一座六層樓高之貨櫃集散站和一座六層樓高之海港貨倉大樓屆時將矗立起來，每棟大樓之首兩層將用以儲放貨櫃，兩座大樓將有車輛駛入大廈之坡道，而整個大廈將由一條汽車天橋通到峇巴碼頭。整個大廈佔地23公頃組合面積共四十七萬平方公尺，興建工程將於1990年開始，總共預計耗資三億九仟九百萬元新幣。

新加坡港務局在未來十年內將在丹戎巴葛碼頭實施“電腦綜合碼頭操作系統”（Computer Integrated Terminal Operations System, C.I.T.O.S），該系統將採用最新科技來裝備專用電腦和進行自動化，以便提高生產力和效率，使貨櫃船縮短滯港時間和船舶配置貨櫃裝卸得到更充分之利用。另外P.S.A也已開始策劃一個“電腦綜合海事操作系統”Computer Integrated Marine Operations System, C.I.M.O.S，該系統將能使錨地得到充分利用

，以及能使船隻更安全的在有關錨地下錨泊，同時也改善了港務局為航商所提供之服務水準。為進一步提高作為船舶和海運貨物的資訊樞紐地位，新加坡港務局已和香港及布萊梅港設立電腦聯線，通過這些聯線貨櫃船抵港和駛離日期，以及這些港口之貨櫃裝卸訊息，將能互相交流，從而使得為進港貨櫃船進行的靠泊和碼頭配置計劃能更周詳展開。

新加坡港為一個純公營之作業港，港灣、棧埠業務完全由政府投資經營，機具設備由港務局自行購買保養，碼頭工人亦完全由政府僱用管理，屬於港務局之員工，但船上或海上之裝卸工作則開放民間經營，由於港務局對民營

公司 (Stevedore company) 及碼頭工人之管理辦法，訂定相當周延，因此港埠作業井然有序，效率亦相當良好，勞資氣氛和諧，碼頭作業不會發生碼頭工人怠工或罷工事件。港務局對民營裝卸公司及碼頭工人之管理辦法值得我國參考，由於新加坡公營效率高，公務人員待遇好，容易吸引人才，因此公營效率比台灣好，但民營企業之效率則比台灣差，在新加坡有著公營單位領導民營企業之趨勢，而國內則有民營企業領先公營單位的傾向，新加坡政府公權力之執行和做事效率實值國內各有關單位參考學習。

高強度混凝土特性簡介

港研所港工組組長 林維明

一、前言：

混凝土為石料、水泥、細紗與水混合經水化作用所形成的複合材料，由於成本低廉，原料取得容易，結構造型變化大，因此在營建工程上為廣受應用的施工材料，隨著科技之進步及安全、經濟與實用上之考慮，因此現已發展高強度混凝土而且大量地在高層建築、橋樑、預鑄及預力構件上使用。強度可高達19,000 psi。例如目前世界上最高的RC超高層建築為芝加哥的水晶塔大廈 (Water Tower Place) 共79層，自地下層至25層的RC柱是使用9,000 psi強度建造的。最近剛在西雅圖完工的Two Union Square大廈使用高強度混凝土建造為62層大樓，設計強度為 $980\text{kg}/\text{cm}^2$ ($1,000\text{psi}=70\text{kg}/\text{cm}^2$) 而材齡56天時高達 $1,355\text{kg}/\text{cm}^2$ ，其RC柱直徑為3公尺建造費用受柱體之成本降低而可節省30%，如使用鋼柱則需增加成本6倍以上，現美國已有許多使用高強度混凝土 ($700\sim 1,400\text{kg}/\text{cm}^2$) 建造超高層大樓之經驗，鄰近日本亦有使用 $600\sim 800\text{kg}/\text{cm}^2$ 高強度之混凝土之施工經驗而北海最大的海域石油探勘重力式平台為Gulfaks C平台建於水深216公尺處，混凝土強度為 $760\text{kg}/\text{cm}^2$

於去年剛建造完成，使用此種材料建造具有成本低，可耐腐蝕，耐沖蝕、磨損、韌性高，不易產生彈性疲勞，耐火性及高低溫下材質不變及易修理等優點，同時在橋樑、預力和預鑄構件上之應用實例亦相當多，這方面之發展趨勢似乎無止境，本文將概述其發展情形及工程特性與未來之展望。

二、定義：

高強度混凝土為一種新材料，其強度之定義隨科技之進步而異，1950年代定為5,000psi目前美國混凝土學會 (ACI) 將之定義為抗壓強度超過6,000psi而可利用現有之材料與拌合技術製作，而不需使用特殊材料 (如高分子、環氧樹脂、人造骨材、重骨材等) 或生產技術製作者，選用6,000psi為低限的原因是一般混凝土強度為3,000~5,000psi而超過6,000psi之混凝土，其微結構與巨觀的力學性質與一般混凝土不同。目前ACI對混凝土的規範係依一般混凝土之試驗數據分析結果所訂定的。由於兩者特性上不盡相同，因此不能應用外差法延伸應用於高強度混凝土，必須經過廣泛之實驗及現場性能測試所得到新的經驗公式及結果，才能確定其所具有特性。

三、材料之選用：

高強度混凝土所使用的材料必須細心地選用，並運用現有之技術以確保能達到均質之好結果。在選用材料時所應考慮的項目包括水泥特性，骨材之大小與強度，顆粒之形狀與紋理，控制凝結時間的摻料、減水劑、強塑劑、矽灰與波索蘭等材料之功效。試拌對於確保能獲得所需求之混凝土強度為不可或缺的工作。而且所有組成材料必須能相容共存。

通常高強度混凝土之配比是根據在一特定之材齡下可達到所需的抗壓強度而設計的。依據適當應用之需要，特定之材齡除28天外亦需使用56天或91天等之抗壓強度數據。影響選用混凝土配比設計的因素包括可獲得的材料之性質，所要求的坍度和溫度上升之影響性等。為獲取最高之強度，在混凝土配比設計中所有的材料必須能夠發揮其最大的效用。通常高強度混凝土拌合時是使用高水泥含量，低水灰比，較佳的骨材及增加強塑劑、矽灰等摻料並嚴格控制品質而製作的。需求之強度、指定之材齡、材料特性及應用型態等都強烈地影響配比設計。高強度混凝土之配比設計之處理較低強度混凝土更為重要。為了得到配比設計上所需之數據，必須在實驗室試拌，而在許多情況下，在實驗室拌合後，接著必須在現場進行試拌，以便應用時更具有信心。

四、施工控制：

高強度混凝土的配料、拌合、運送、澆注和控制程序與一般混凝土大同小異。然而必須特別注意確保為一高強度均質的材料，需特別考慮縮短混凝土配料與最後澆注於結構體模型中期間的時間。混凝土澆注時間之延誤將導致爾後長期強度之損失或增加混凝土澆注工作上困難程度。同時也必須特別注意高強度混凝土圓柱試體之試驗問題，因為任何之缺失將導致所得之強度比實際情況為低。需注意之要項包括抗壓強度試體的製作、養生及加蓋等工作；抗壓試驗儀器特性，製作試體所使用之模具及試驗時間等。抗壓強度除早期28天強度外，尚需注意後期強度如56天或90天的發展情形。

有一些研究數據已指出高強度混凝土具有較高之彈性模數，而其波松比與一般混凝土相近，破裂模數則較高，劈裂強度與抗壓強度之平方根之關係變化性不大，單位重，比熱、擴

散性、熱傳導和熱膨脹係數等發現都在一般混凝土所使用之範圍內。與一般混凝土比較，其早期強度發展速率較快，而後期之發展之變化性並不顯著。高強度混凝土之乾縮量與一般混凝土相近，而加強塑劑則可減少乾縮量，而潛變係數則較小，若使用強塑劑可大為減少。

五、結構性質：

在結構設計上之考慮，發現軸向負荷柱體之設計方式類似一般混凝土，由於高強度混凝土具有較高的彈性模數和較低之潛變係數之特性，因此在負荷下柱體之縮短量較小。就樑之設計而言，使用等值矩形應力塊的應力分佈計算樑斷面之彎矩對於高強度RC混凝土很適用。抗壓之應變量0.003似乎可被接受，然而現行規範中對於最小抗拉鋼筋比，破裂模數和彈性模數之建議必須修正，同時對於計算樑之長期撓度的方法亦需加以改變。

六、優劣點：

高強度混凝土具有高強度（壓力、拉力、剪力）可減少斷面，降低靜載重並減低鋼筋的需要量，均勻性佳，低透水性，低潛度及乾縮量，高彈性模數與彈性疲勞極限，耐久性，耐磨損及沖蝕能力，具有抗酸鹼化學侵蝕性，耐候性，強度發展及低的維護成本及需求。而其缺點為延展性較差，成本較高，使用材料品質要求較高，施工要求較嚴格，需特別注意養生，初期水化熱較高須加緩凝劑等改善。

七、使用情形：

使用高強度混凝土於超高層建築之柱體設計上所獲得之經濟效益已經在許多城市如芝加哥、多倫多、休士頓、紐約等之應用中很明確地證實。它具有減少柱體中鋼筋的使用量，而未降低其強度而且可以縮小柱體斷面積在容許範圍內，增加使用的空間及加速建造速度而使業主蒙受經濟上之利益，因此在北美許多城市相繼有許多超高層建築的柱體都是使用超過6,000psi高強度混凝土建造的。

使用高強度混凝土於橋樑可使其靜荷重降低，跨距加大，然而當強度超過8,000psi時，目前預力鋼鍵之發展之強度尚無法配合，因此使其發展受限，對於預鑄構件，由於可在工廠施工，品質控制較易，而且可迅速養生、拆模，提高產量，降低成本。而在預力結構上由於所施加之預力大，若使用高強度混凝土則配合

結構上之需求，可達美觀、安全、耐久與經濟。因此在國內、外有許多水壩預力混凝土柱、樁、賽馬場看台屋頂、海洋結構物、儲水塔、核子反應爐圍阻體等結構物都相繼使用。

八、結論：

雖然高強度混凝土經常被考慮為一相當新的材料，由於在北美的一些使用成功實例已受廣泛接受。同時，材料製作商為應付對材料之需要而致力於製作技術之提昇，如同許多新材

料之發展一樣，其成長必賴研究數據支持，而有關剪力強度、扭力、握裹和發展長度及反覆荷重之影響性等方面之研究資料仍需加強，現在國內外已有一些研究計劃正在進行中，未來相信會有更多的數據可供適當設計之需，然而需再深入研究如何充分利用此高強度混凝土之優點與肯定其潛能，尚有廣大的研究領域有待發展。

作業系統MS-DOS的取代者—OS/2介紹

港研所 蘇青和

從IBM PC問世以來，已經有八年為了，而MS-DOS都沒有受到任何挑戰，隨著32位元80386機器日益普遍，雖然又老又衰弱的DOS已無法面對九十年代的挑戰，可是DOS仍然倔強地繼續生存下去。但是我們看的很清楚，DOS已經不適合時代了！因為現在DOS已經有繼承者了——那就是OS/2作業系統。

隨著使用需求品質的不斷提高，個人電腦（Personal Computer）的發展趨勢已使8088/8086的PC/XT成為甚為落後的機種，而部分使用者仍沿用的80286 AT機種，也隨著目前32位元80386機型之普遍上市，價格快速降低，而面臨被淘汰的命運，綜觀整個PC市場32位元80386之機種已將16位元的PC/XT/AT市場完全侵吞。

使用者換用80386機器主要動機，除了求得更高速的運算能力，多人使用（multiuser）、多工（multitasking）等功能外，更大的定址空間是部分使用者最迫切的需求。由於80386的實際定址能力已高達4GB，而老舊的MS-DOS卻仍只能掌握微少的640KB空間；這是工程人員在從事像數值模式研究，需要有較大的位址空間，但想在PC上執行，卻有力不從心之感，OS/2提供了解決這個迫切需求，因為其實際定址可高達16MB，一般台灣市面上的80386機種，RAM記憶容量也有能力支援到16MB，而虛擬定值更可高達16GB，這些記憶

容量足於執行一般大型程式了。

好的作業系統，一定要有好的應用軟體配合，才能發揮其功能，對一般工程人員最常用的高階語言為FORTRAN或BASIC，新版的FORTRAN V5.0及Quick BASIC V4.5因此提供可同時在DOS及OS/2二個系統執行之能力。在配合具高速運算能力之80386-25以上主機，你可執行早期只有上仟萬價位迷你電腦才能做到的工作，雖然速度慢了點，但而386機器僅10萬以內價位。

要一個熟悉DOS工作環境的使用者，重新面對一個嶄新陌生的工作環境不容易，更何況原本開發於MS-DOS下之軟體，若得全盤放棄，這種作業系統要使用者採用恐白就更難了，OS/2系統考慮了相容之重要性，對DOS的用戶而言，使用OS/2會相當順手，因為OS/2的檔案系統和DOS系統是相同的，而且OS/2可以裝設在DOS環境下的硬式磁碟中，不需要重新規劃。你在真實模式（real mode）之下，可完全執行舊有MS-DOS之應用軟體。除少數像中文系統外，你同時也可在OS/2保護模式（protected mode）下，執行大部的DOS應用軟體。新的OS/2應用軟體，例如FORTRAN程式，不用重新開機，就可在原來的DOS機器上執行。

OS/2是一單用戶多工的作業系統，其所提供的服務，對應用程式而言，令人想到迷你

電腦或大型電腦的作業系統才能做到的，而不是DOS，OS/2有虛擬記憶體，可以在一個程式中執行多重運算線，而且可以在同時執行的程式中並傳資料。其次OS/2最為用戶所稱道的是它提供了許多全螢幕多工“交談線”，每一交談線都可以執行一不同的程式，意思就是，你可同時執行幾個FORTRAN程式，並且在銀幕上編輯你的檔案。OS/2可以提供到12條“OS/2模式”交談線，給在OS/2環境下的程式使用，而且你可以在不同交談線間交換。

OS/2除了具有上述超越640KB的定址能力及多工二項功能外，雖然目前仍然無法支援多人使用，但其他如硬碟空間管理的能力，繪圖能力，視窗管理系統，也較DOS系統有更好的改進。不過筆者在此，並不想做進一步的介紹，有興趣的讀者，可自己去參考有關書籍或雜誌；終竟一個好的軟體，須花點時間才能駕輕就熟，筆者只因有感這麼好的一個作業系統，PC使用者知道的並不多，在此做拋磚引玉之舉。

淺談「打擊樁承載力程式系統」

港研所 蘇吉立

打擊樁承載力之研究，係本所大地工程組現階段所進行基本研究之一，其主要係以波動方程式理論為基礎所發展之「GRLWEAP」程式，進行打擊樁行為之研究；以期能建立相關之施工規範，提供學術與工程界參考。

為使大家對本研究所使用之程式系統功能有初步的認知，特就「GRLWEAP」程式集系統，做一概括性的描述。

一、「GRLWEAP」程式的發展與演進

於1950年代，Simth首先提出波動方程式理論後，此分析法之運用於樁行為的研究，在工程學術界逐漸受到喜愛，終至成為被廣泛使用的方法。在美國聯邦公路管理局（Federal Highway Administration，簡稱FHWA）的支持下，1976年WEAP與TTI程式之研發及1981年WEAP之更新都很好的進展。另外由於有關打樁機具之新理念與量測設備不斷創新突破，及對土壤性質，樁基打擊後留於樁內殘餘應力（Residual Stress）的更瞭解。使得WEAP程式能基於實際試驗所收集更多有關樁鏈和樁的行為，而得以不斷的改進發展，以提高其分析的精度。因WEAP程式一再的研究與更新，使1976年WEAP程式得以脫胎換骨成為GRLWEAP程式集（Goble Rausche Likins and Associates Inc. Wave Equation Analysis of Pile Driving），茲將程式的演進流程簡述如

下：

1976 WEAP（原始程式）→1981（更新版）→1986改寫成WEAP₈₆（包含CUWEAP₈₃，爾後CUWEAP₈₃轉而被運用在WEAP₈₇的發展）→1987年再修訂產生WEAP₈₇（與WEAP₈₆比較兩者大致相同，亦都適用於大電腦及個人電腦，但增加柴油樁鏈效率之研究。）→延伸擴展產生GRLWEAP（專為PC而發展，使用方便且經濟，並可籍由螢幕圖形顯示之幫助，使研究者對打擊樁的力學行為，更易獨得瞭解。）

二、「GRLWEAP」程式的內容

程式集主要包括下列三大部份：

- (1)GRLINP：資料輸入程式，允許使用者快速輸入或修改檔案資料，且能利用電腦鍵盤快速移動至任何參數和改變值。
- (2)GRLWEAP：打擊樁動力分析程式。除能執行傳統WEAP分析與殘餘應力分析外，尚能執行「打擊數與樁基貫入量之相關性」及「固定承載力與變化衝擊量之相關性」等分析。
- (3)GRLGRF：繪圖輸出程式。可於繪圖機、列表機或螢幕上繪出分析結果，包括承載力曲線、力和速度及各種變數之歷時曲線、樁內應力波傳遞之三向度圖解和打擊數與樁基貫入量之關係圖。

三、「GRLWEAP」程式的功用

「GRLWEAP」是一套可模擬基樁在樁鏈衝擊下其行為的程式集，程式能計算下列諸參數：

- (1) 對一定之樁鏈和打擊系統（樁帽、樁鏈護墊及樁護墊），且在一個或多個假設極限承載力和其它土壤動態參數情況下所需的打擊數。
- (2) 對應計算所得打擊數的樁內軸應力。
- (3) 輸送至樁基能量之計算。

基於以上的結果，可進一步推導出下列諸項：

- (i) 於打擊或再打時，對樁基具一定貫入阻抗（打擊數）時的承載力。

- (ii) 打擊間樁內的應力及樁是否損壞的評估，更能提供單位表面摩擦力和端承載力隨深度的變化，計算打擊間相對於各深度的打擊數以及最大合應力。

- (iii) 如果樁的實際承載力已知，可預估所需的打擊數。

當然，於程式多次模擬中，更可藉著樁鏈型式、打擊系統及樁之性質等的改變，選擇最佳組合系統。

以上介紹限於篇幅，若有不明或疏漏之處，尚請見諒，亦盼經此次簡介後，能促進大家對本研究發展所使用之程式系統有進一步認識與興趣。

溫度感測器簡介

港研所 陳明宗

熱是可傳輸的一種能量，與人類生活有相當密切關係。若要測量某一系統的溫度，則須要藉助一些熱電裝置的幫助，將熱（溫度）轉換成一對應的電流流動或電壓水平。本文乃討論這些溫度感測器的種類以及它們的特性。

(一) 溫度系統

溫度最常用的表示方法有下列四大系統

1. 華氏 (F) 溫度
 2. 攝氏 (C) 溫度，又稱公制溫度
 3. 凱氏 (K) 溫度，即 (SI) 公制絕對溫度
 4. 蘭氏 (R) 溫度
- $$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 5/9$$
- $$^{\circ}\text{F} = 32 + 9/5 \times ^{\circ}\text{C}$$
- $$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$
- $$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.67$$

(二) 熱電偶 (Thermocouple)

當兩種不同性質的金屬連接在一起而形成閉合迴路時，將其接點分別接上不同溫度，則由溫度差異產生熱電動勢，稱為Seebeck效應，如圖一所示。熱電偶就是利用這種原理作成之溫度感測器。

一般熱電偶之基本連接法如圖二所示。熱

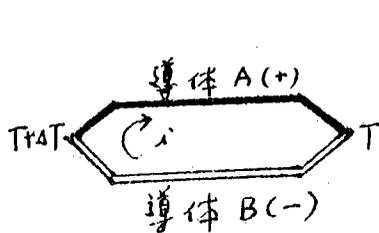
電偶與儀表間必須使用專用之補償導線，以進行測量並補償因迴路上的各種因素所引起之誤差。一般電動勢均以 0°C 為參考點，但實際測量時，接點溫度不一定是 0°C ，因此易造成溫度讀數的誤差。為抵消此差異，熱電偶輸入儀表時通常裝有冷接點補償。

(三) 電阻溫度偵測器 (Resistance Temperature Detectors)

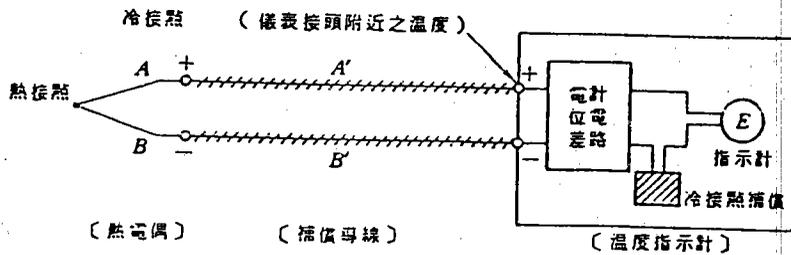
RTD的工作原理是利用它的正溫度係數特性—電阻值隨溫度上昇而增加。RTD電阻與溫度間的關係可表示為： $R = R_0(1 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2)$ 。 R_0 為 0°C 時之電阻值，以白金而言， $\alpha_1 = 3.96 \times 10^{-3}$ ，而 $\alpha_2 = 5.83 \times 10^{-6}$ 。一般而言，由於熱電偶在低溫區（特別是在 100°C 以下）之熱電動勢小，不能測定高精度數值，多使用RTD。而在高溫區因RTD不耐用，故多用熱電偶。兩相比較，RTD不須冷接點補償，中間配線亦不須使用補償導線，是其最大優點。

(四) 熱敏電阻體 (Thermistor)

熱敏電阻體的電阻值會隨著溫度的上升而下降。在電路中電阻下降將導致電流上昇，溫度愈高電流愈大。其阻值隨溫度上昇急劇下降，且響應快速，可從事高感應度之測試。但不



圖一



圖二

易製造同一品質，經久易生變化，且有非直線性等缺點。

(五) 半導體測溫元件

常用的半導體材料，如矽、鎘等，其電阻對溫度十分敏感。由電子學可知，半導體裡的電荷載子是隨著溫度來變化，其關係可以表示為 $N_i^2 = A_0 T^3 e^{-E_G/KT}$

(E_G 表材料的能隙， K 為 Boltzmann Constant) 另外，半導體的載子移動率 (mobility) 也是溫度的函數，通常移動率是與 T^{-m} 成比例。利用半導體來做感溫元件的優點是它的體積小，價格便宜，同時製造容易。但它最大的缺點就是只能用來測定較低的溫度。($-50 \sim$

150°C)

(六) 輻射型高溫計 (Radiation Pyrometer)

輻射高溫計為一種探測物體所發出的輻射線以測定其溫度的非接觸型溫度轉換器。其優點為響應快，不與被測體接觸即可測定，比熱電偶可做更高溫測定。其缺點為價昂，易受周圍環境擾亂之影響，且有的被測物須輔正其輻射率。

以上感測器各有其特性，也各有其測定溫度範圍。如水溫測量時，RTD 中的 PT100，及半導體測溫元件就是很恰當的選擇。當然，戲法人人會變，巧妙各有不同。選擇何種感測器就看各位看官的判斷了。

新知介紹—Rowe 氏液壓或壓密儀在土層沈陷預測之應用

港研所 陳志芳

在工程結構設計中，設計者對於基礎沉陷量之大小及速率必須充分之了解，過量之沉陷或沉陷速度很快等皆可能造成結構物之損害，因此須取得土層代表性之未擾動土樣，在模擬給定荷重下，進行壓密試驗，測定其壓密特性，據以預測現場土層之沉陷，進而決定基礎建造型式。

傳統之壓密儀其試驗方法係將代表性之未擾動土樣，經修整為高度約 2 公分，直徑約 5 公分之試樣，放置於無側向變形之剛性圓環中，土樣上下放置透水石供壓密排水，而荷重經由力學式槓桿系統逐級增加，每級荷重皆在試樣

上置放一段時間，同時量測土樣變形值，以求得應力~變形曲線及變形~時間曲線，進而計算土壤壓縮性係數，如壓密係數 C_c ，體積壓密係數 m_v ，壓縮指數 C_e 及滲透係數 K 等諸常數。因傳統壓密儀只可進行模擬垂直方向排水之試驗，且利用槓桿系統施加荷重易受人為操作與震動影響，又試驗土樣甚小，不易代表及掌握現地土層實際狀況。所以 Rowe 氏於 1966 年設計發展液壓式壓密儀 (Hydraulic Consolidation Cells)，改進了傳統壓密儀之諸多缺點，同時增加了相當多的試驗功能。圖一為 Rowe 氏液壓式壓密儀示意圖。

Rowe氏液壓式壓密儀可進行較大土樣之壓密試驗，其最大土樣可達直徑25公分，高度9公分，且利用液壓式荷重系統（Hydraulic Loading System）施加荷重，同時試驗時可改變邊界條件及排水方式，其與傳統式壓密儀相比較，具有下列特點：

1. 荷重施加容易控制，土樣較不會受到槓桿系統震動之影響。
2. 荷重能施加於土樣表面之柔性透水板造成一均勻分佈壓力，或施加於一剛性透水板造成一均勻沉陷。
3. 進行大土樣之壓密試驗能夠更逼真的估計造成壓密之比率，且大土樣修整時，造成之擾動性較小。
4. 能控制排水，以進行垂直排水或水平排水。
5. 容易辨別土壤之初始壓縮（Initial Compression）及主要壓縮（Primary Compression）。
6. 可量測不排水荷重所引致之孔隙壓力（Pore Pressure）
7. 土樣可施加一反水壓（back pressure）以維持試驗期間之飽和，其類似三軸試驗。
8. 可模擬現場較複雜之應力和排水條件。
9. 可進行滲透試驗，求得土壤在特定有效壓力下之水平滲透係數 K_h 及垂直滲透係數 K_v 。

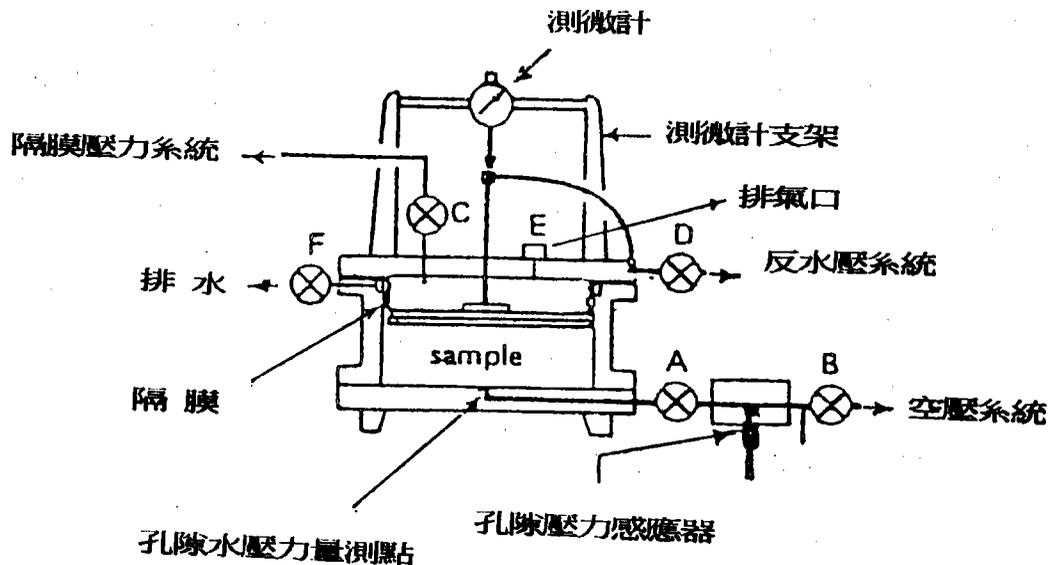
10. 可模擬排水井（drainage well）進行試驗以決定其排水效果及影響範圍。

如上所述Rowe氏液壓式壓密儀可改變邊界條件及排水式進行各種壓密試驗，其主要試驗類型有下列數種：

1. 單向垂直排水：於頂端表面垂直排水，但不量測孔隙水壓。
2. 雙向垂直排水：同時在頂底端進行垂直排水，底部量測孔隙水壓。
3. 向外徑向排水：通過外緣透水內襯作水平排水，而在中心量測孔隙水壓。
4. 向內徑向排水：作中央水平滲透排水，量測距離中心 $0.55R$ 或某特定位置之孔隙水壓。

利用Rowe氏液壓式壓密儀也可進行滲透試驗，於土樣上下施加不同反水壓，造成垂直排水情況可求得垂直滲透係數。若在土樣中心與周圍施加不同反水壓，造成徑向排水，可求得水平滲透係數。

綜合以上所述Rowe氏液壓式壓密儀所具有之多項特點，對土壤在不同荷重與排水條件下之壓密及透水特性，提供了進一步了解，並可較真實的反應與模擬現場土層狀況，進而提高了預估基礎沉陷量及沉陷速率之正確性。



圖(一) Rowe 氏液壓式壓密儀示意圖

非醫用游離輻射防護研習簡介

港研所 李延恭

筆者曾於本年五月中旬，參加行政院原子能委員會和國立清華大學聯合舉辦之「非醫用游離輻射防護研習班」研習。該班每年分二梯次舉辦，每梯次研習五天。其講習對象以在國內公私立機構實際從事，或有可能利用放射性射源從事於非醫用途之工作人員。該班設立宗旨即在增進非醫用放射線從業人員之游離輻射防護知識與技術，使其符合統一標準，以確保國民健康與安全。

本研習班研習共同科目包括：(1)放射物理學概要，(2)輻射安全，(3)放射線偵測，(4)輻射保健，(5)人員偵測，(6)非醫用游離輻射防護與檢查，(7)放射線工業應用現況，(8)原子能法令介紹，(9)輻射屏蔽，(10)放射性待處理物料管理。研習須經總測驗成績及格者才發給結業證書。

另為適應參訓人員學經歷背景之不同，研習班分成甲、乙兩組。甲組為放射線照相之應用，其專業科目包括工業放射攝影術和放射線照相檢驗裝備及安全操作。乙組為放射線量測及控制儀器，其專業科目包括密封射源之安全處理及放射線自動控制裝備和安全操作。

本文所謂游離輻射係指直接或間接使物質產生游離作用之電磁輻射或粒子輻射。一提到游離輻射，一般人立刻聯想到西元1945年8月6日和9日，投於日本廣島和長崎的原子彈所造成的浩劫，其輻射對於人體的效應，迄今仍然存在。而1979年3月美國賓州三哩島核能電廠事故及最近蘇俄烏克蘭車諾比爾核能電廠事故等，更使大家記憶猶新，談「核」色變。

其實自有宇宙即有游離輻射存在，外太空、土壤、大氣和水域中的放射性核種以及經由食物鏈或呼吸作用，均有可能將放射性核種貯存於人體組織內。工業產品如鐘錶夜光錶面、彩色電視、高電壓整流器等均有使人體曝露於輻射污染的可能，是故世界各國對核能科學與技術之研究發展，資源之開發與和平使用，均訂有相關法規加以規範。

我國於民國44年春，在行政院下成立原子能委員會，民國57年我國立法院三讀通過原子能法，確定原子能主管機關為原子能委員會，隸屬行政院。我國原子能委員會為主管輻射防護的行政機構，根據行政院於民國七十年八月修正發佈之「原子能法施行細則」，對於非醫用放射性物質及可發生游離輻射設備之使用及操作均有詳細的規定。

依據原子能法施行細則第26條第三款規定，放射性物質及可發生游離輻射設備之操作人員，應受有關游離輻射防護之訓練，並應領有原子能委員會發給之操作執照。

第56條規定，操作執照分為初級、中級及高級三種，其操作範圍為：領有初級操作執照者，得操作未滿一百居里之密封放射性物質……。領有中級執照者，得操作未滿五千居里之密封放射性物質……。領有高級操作執照者，得操作任何密封或非密封放射性物質，或任何能量之可發生游離輻射設備。

另第57條除規定各級操作執照的申請資格外，又授權原子能委員會為鑑定申請人所具操作放射性物質，或可發生游離輻射設備之能力及游離輻射防護知識，得舉行測驗（包括實際操作）。

由於近期游離輻射的和平使用範圍逐漸普及，除眾所週知的核能電廠、醫療技術、及工業生產等的應用外，學術研究方面的應用亦逐漸增多，例如就大地工程而言，利用X射線研判粘土礦物的種類，及核子密度儀量測土壤的工地密度及含水量等。

X射線技術分析法研判粘土礦物的種類自1923年即廣被採用，利用X射線照射粘土礦物原子，經特殊處理把短波反射成長波，根據不同波長可計算出原子間距離，據以研判粘土礦物種類。而核子密度儀法係利用 γ 射線遇土壤顆粒產生散射與中子遇水分子而散射的原理，由核子密度儀一端發射，一端裝置感應器來接收所發射之 γ 射線與中子，利用其穿透能力及

輻射強度之不同以量測密度和含水量。

上述僅就游離輻射在大地工程的應用略述一、二，其他學門有關非醫用游離輻射的應用相信亦不在少數，由於相關法規規定對游離輻

射有關試驗設備之申購和使用，均應通過行政院原子能委員會的測試取得操作執照後才具備資格，故僅就該研習班情形提出供本所同仁參考。

台灣荷式錐試驗之實務與應用

港研所 陳圭璋

一、前言

於鬆砂或軟弱粘土層採取試驗土樣，擾動問題無法避免，為克服前述難題，大地工程界便極力發展現地試驗設備，過去最常用之現地試驗為標準貫入試驗（SPT），該試驗因人為因素引致之誤差甚大，常使試驗結果未具代表性，荷式錐貫入試驗（CPT）經荷蘭於1930年代發展後，廣泛使用於歐洲國家，為以靜壓力將機械錐頭貫入土層，根據所量取之錐頭貫入阻力研判土壤工程特性。1965年，機械錐頭後面增加一段摩擦袖筒用以量取摩擦阻力，使CPT試驗結果能分析較多之工程特性，電子錐頭之發展更使CPT試驗進入另一時代，該設備使人為操作錯誤之機會減少，所測得土層斷面之連續資料更具有代表性。於70年代中期，Janbu及schmertmann等人認為於貫入試驗時量取孔隙水壓對分析研判土壤工程特性非常重要，加上該時具低體積變化量及能快速反應之感應計（transducer）發展完成，因之裝有孔隙水壓感應計之電子錐頭於貫入土層時能同時測得錐頭阻力 g_s ，摩擦阻力 f_s 及動態孔隙水壓 u ，該電子進頭將為水壓錐（piezocone），目前水壓錐貫入試驗（PCPT）已成為工程上返行土層斷面研判，應力歷史（stress pistory）分析及量測土壤剪強度及變形特性等之良好工具，最近更由於理論分析之完成，而可用之估求土壤壓密係數（Consolidation Coefficient）。

荷蘭錐貫入試驗約於十年前引進國內，目前已逐漸受到國內大地工程界之重視，國內重要工程建設將該試驗視為重要且必要之土壤探測項目，開始階段僅以機械錐頭量取土層每20

公分之土壤貫入阻力值，經港灣技術研究所於近年陸續引進電子錐及水壓錐，並經多年之試驗研究提升國內荷式錐試驗之水準，港研所過去數年在引進荷式錐試驗於試驗過程與結果之分析也曾遭遇不少難題，願藉此作一報告，俾國內工程界對該試驗有進一步之認識，想對該試驗在國內之推廣與應用將有所助益。

二、荷式錐試驗應注意之實務問題

荷式錐試驗於試驗設備，試驗過程與試驗結果等問題須給予正確適合之處理，否則將對試驗結果之分析研判與應用造成甚大之影響，港研所引進荷式錐後經多年之摸索研究試驗，累積不少可貴之經驗，以下為荷式錐試驗應注意之實務問題。

1. 試驗機台之錨碇與水平

於試驗前應依據試驗土質情況及深度概估貫入時之反力大小，設置反力地錨，防止試驗機台於試驗進行時被頂起，造成壓桿之折斷或使貫入之方向偏斜。機台是否水平決定荷式錐貫入試驗是否垂直進行，貫入方向未垂直，將使試驗深度與實際不符，若偏斜角度太大時常使壓桿折斷，造成錐頭陷於土中無法取出，因電子錐頭甚為昂貴，故此等壓桿折斷現象應儘量避免，以免造成重大損失。通常於錐頭加裝斜度計（slope sensor）隨時檢核前進方向，當偏斜超過 6° 時，應停止試驗以策安全。

2. 水壓錐頭之飽和

水壓錐頭內之透水石及通往水壓感應計之通道，於試驗前應以抽取真空設備將之處理成飽和狀態，並以橡皮膜將錐頭套住，以防止飽和度之散失。未飽和狀態之錐頭

對水壓之反應將顯著遲緩，使所測得之動態孔隙水壓未具代表性，因之對所研判土壤特性之正確性有甚大影響。

水壓錐頭貫入地水面以上之未飽和土層，透水石內之水分有被土層吸取之可能，使其飽和度降低因而影響試驗結果，為解決上述困擾，於地水面上之土層先以另一支水壓錐頭量測 g_c 與 f_s ，至地水面後將之拔出，將產生一試孔，以便使用飽和後之水壓錐頭從地水面開始向下進行試驗。水壓錐頭拔出後試孔通常會內縮而使飽和之水壓錐頭無法順利到達地水面，因之該時試孔內最好能灌水以保持水壓錐頭之飽和。

3. 錐頭應定期維修

水壓錐頭於設計上其摩擦袖筒之管徑較錐尖底座之直徑大0.35mm，俾摩擦袖筒能完全偵知摩擦阻力，錐頭使用一段時間後若摩擦袖筒受土壤之磨損嚴重，便應換新，否則其所測得之摩擦阻力將低於其真正值。水壓錐頭每次使用後均應加以保養，以維持其正常功能，其主要保養工作如下列三項：

- a. 檢核透水石表面是否受磨損或阻塞，因其將影響孔隙水壓之量測。
- b. 槽縫部份是否填塞土粒，其將使部份錐頭阻力傳至摩擦袖筒，引起量測誤差。
- c. 摩擦袖筒是否變形，其將使摩擦阻力之零點產生位移。

4. 壓桿摩擦阻力之降低

貫入設備所施加之貫入力除克服水壓錐頭及摩擦袖筒之貫入阻力外，大部份均浪費在克服水壓錐頭上面所連接壓桿與土壤間之摩擦力，為使設備之貫入力能發揮最大效用，便須設法減低壓桿與土壤間之摩擦力，通常採用下列三種方法之一

- a. 緊接水壓錐頭後面接一短管其管徑較壓桿管徑粗約10mm，其將試孔管徑擴大以致減少壓桿與土壤間之摩擦阻力。
- b. 使用外徑為33mm之壓桿，因其管徑較錐頭之36mm為小，減少壓桿之摩擦阻力。但壓桿於接頭處因具螺紋桿壁厚度最薄，因之該處強度最低易折斷，故33mm外徑之壓桿於上下接頭處約長10公分應將其管徑增為36mm，以防此壓桿於接頭處

折斷。

- c. 貫入試驗時由中空之壓桿注入化學性潤滑劑以減少壓桿與土壤間之摩擦力。

5. 錐頭應定期進行校正

水壓錐貫入試驗所獲致之結果，均為各種電子感應計所測知，該等感應計應定期進行校正檢核工作，這樣試驗結果才能代表其真正受力情形，於每次試驗前更應進行零荷重之歸零校正，經加壓與解壓過程後零荷重輸出值未一致之差距稱為零荷重誤差，錐頭阻力之零荷重誤差應低於全荷重之1%，但對軟弱土壤應要求更低之零荷重誤差。摩擦阻力量測系統通常會產生較大之零荷重誤差，但亦不希望超過2%，零荷重誤差超過規定值之錐頭應停止使用送廠檢修。

6. 溫度差異引致之誤差

各種感應計於不同溫度下其零荷重之輸出值不同，因之試驗前校正歸零時之溫度若與試驗時不同，則因零點位移(Zero shift)之關係使所測得結果未具代表性，而須根據校正所得差異加以修正。本所曾於夏天溫度約35°C之情況下進行試驗，試驗結果顯示於地面下3~4公尺處較軟弱土壤處其摩擦阻力為負值之不合理現象，經研討後確定該現象是由於試驗至3~4公尺處為地水面，其溫度降至20°C左右，因之須根據溫度差異所引致之零點位移來修正其試驗結果。

7. 貫入速率應符合ASTM規定

砂性土壤因排水性良好，於貫入試驗時視為完全排水，貫入速率對試驗結果影響甚微，但粘性細粒土壤，因排水性不良，貫入速率對試驗結果會產生影響，尤其是動態孔隙水壓，因之試驗之貫入速率應符合ASTM之規定，即每秒貫入2公分，以免試驗結果存有誤差。

8. 壓桿斷裂之防止

本所於國內各工地進行荷式錐試驗曾遭遇壓桿斷裂之問題數次，深度大都位於4公尺左右，探討其原因認為該等地區之表面土層均為水力回填形成之新土層其強度不大，因之當水壓錐貫入較深之高阻力土層時，由於表面土層之側支撐不足，造成壓

桿產生側屈現象而斷裂。於深度較大處若存有軟弱土層，因受覆土壓力影響其側支撐較產生斷裂現象之表面土層為高，因之壓桿不易斷裂於高深度之軟弱土層。為防止土層側支撐不足造成壓桿之側屈斷裂現象於試驗時可考慮於壓桿外側以套管保護之。

9. 應隨時檢核試驗結果

目前荷式錐試驗使用之錐頭大都屬於電子式，在野外環境氣候條件不佳之情況下長期進行試驗，基本上較易產生故障或誤差，因之試驗所使用之資料擷取系統應具備能隨時檢核試驗結果是否合理正確之裝置如繪圖儀或電腦螢幕等，藉以能隨時排除試驗障礙，獲取正確之試驗結果。

10. 試驗結果之修正

水壓錐頭之構造為組合式，為提供錐尖承受阻力產生變形之用，於錐尖與摩擦袖筒間留有槽縫，若無該槽縫之設計，則錐尖之受力將部份傳至摩擦袖筒，因而影響試驗結果，貫入試驗時將有動態孔隙水壓向下作用於錐尖背後之槽縫，該力將抵消部份錐頭所量取向上作用之錐頭阻力，為求真正之錐頭阻力便須根據錐頭之幾何構造及動態孔隙水壓之大小加以修正。軟弱粘性土壤之錐頭阻力很低而錐頭貫入時所引致之動態孔隙水壓又很高，因之此時錐頭阻力之修正便顯得非常重要，相反的在錐頭阻力較高之砂性土壤，其所測得之動態孔隙水壓因砂土之排水性良好而與靜水壓相近，此時因動態孔隙水壓作用在槽縫所引致之錐頭阻力誤差程度不大。摩擦袖筒兩端之截面積若不相同，也應依作用於兩端之動態孔隙水壓之差異來修正摩擦阻力。

11. 孔隙水壓消散試驗

Torstensson及Baligh兩人對貫入試驗停止後錐頭周圍土壤孔隙水壓之消散均作過理論推導分析，並各建議有估求土壤壓密係數之方法。根據水壓錐消散試驗結果求取土壤壓密係數使荷式錐在工程上之應用又進入另一時代。本所為進行消散試驗，曾自行研製乙套資料擷取系統，該系統能依預先設定之擷取頻率，將錐頭周圍引致

之動態孔隙水壓逐漸消散至靜水壓之整個過程予以紀錄，於消散試驗過程，壓桿應予以鎖住，否則壓桿受力解除後造成之反彈將影響孔隙水壓之量測。

三、國內荷式錐試驗之工程應用

荷式錐試驗在歐洲及美國已研發多年，亦甚為流行，為直接或間接之工程應用所提出之經驗或半經驗公式甚為繁多，惟該等公式基本上均受各發展地區土層特性影響，國內若將該等公式直接應用於工程規劃設計，可能無法獲得滿意之效果，因之國內有必要研發適合自己工程環境之應用公式，港研所利用過去數年接受國內各工程單位委託所進行試驗結果，研究分析許多工程應用公式，相信對國內荷式錐試驗之推廣與應用將有不少助益。目前國內荷式錐試驗在工程上之應用大致可分為下列諸項：

1. 土壤種類與斷面之研判

一般鑽探試驗除非連續取樣，否則無法獲取整個土層斷面之連續變化資料，在夾雜甚多薄土層之情況更是，根據荷式錐試驗結果所分析之土壤分類參數 B_c 及貫入試驗所引致動態孔隙水壓之消散情形可精確研判整個土層斷面土壤之分類。

2. 液化潛能之研判

飽和疏鬆砂土層常具有高液化潛能，其液化潛能之高低依砂土層排水能力而異，由水壓錐試驗所量測之動態孔隙水壓結果能快速研判土層之排水性能，因之能偵知具高液化潛能之砂土層。

3. 土壤強度與變形特性之估求

利用各種經驗公式推估土層之強度特性如 C 、 ϕ 值及變形模數 E 等，再以傳統之分析公式估求土層之承載力及沈陷量。

4. 樁基承載力之估求

本所曾以荷式錐試驗所估求之樁基承載力與其它由打樁動力分析及靜力試樁之結果作比較分析研究，發現利用荷式錐試驗結果所估求承載力與靜力試樁結果差異不大，是值得推廣之方法。

5. 推估土壤之壓密特性及透水係數

根據水壓錐消散試驗結果之動態孔隙水壓消散曲線推估土壤之壓密係數，並進而求取土壤之透水係數，此等結果之獲取對分析粘性土壤之沈陷將有不少助益。

6. 土壤改良成交之評估

國內海岸地區土地之開發利用，常以水力回填方法構築新生地，該等土層一般較為疏鬆，常須以各種改良方法如夯實砂樁，動力壓密 (dynamic consolidation) 或

浮揚震動法 (Vibroflotation) 等加以處理，荷式錐試驗因具備快速簡易正確之特性，為檢核土壤改良成效最常使用方法之一。

