

港灣報導



季刊No.24

要 目

- /// 台中港第二階段發展計畫
- /// 台灣北部新港規劃問題之探討
- /// 「雲嘉海岸保育及開發研討會」內容簡介
- /// 漫談中國大陸湄洲灣之開發
- /// The Leader in ICCP Systems
- /// 地下水整治方法簡介
 - 現場微生物處理之推展與設計
- /// 港灣防蝕(III)
- /// 以震測錐試驗評估土壤液化潛能
- /// 「海岸工程短期研習會(問題與對策)」簡介

中華民國八十二年四月出版

目 錄

一、台中港第二階段發展計畫	1
台中港務局局長 江龍	
二、台灣北部新港規劃問題之探討	4
海洋大學河工系 黃文言	
三、「雲嘉海岸保育及開發研討會」內容簡介	8
港研所海工組組長 黃濟和	
四、漫談中國大陸湄洲灣之開發	12
中華港埠設計部經理 林碩章	
五、The Leader in ICCP Systems	20
Rahim K.M.A.& Ting Lee	
六、地下水整治方法簡介	
—現場微生物處理之推展與設計	26
美商Riedel環境顧問公司資深水文工程師 王奕森	
七、港灣防蝕(III)	34
匯茂實業股份有限公司 李定湘、李定宇、王維寧	
八、以震測錐試驗評估土壤液化潛能	37
港研所副研究員 陳圭璋	
九、「海岸工程短期研習會(問題與對策)」簡介	46
港研所副研究員 曾哲茂	

台中港第二階段發展計畫

江龍 台灣省交通處台中港務局局長

台中港係規建於台灣西海岸中央，大甲溪與大肚溪間沙灘上之人工港，距離北部之基隆港及高雄港航程各約110浬。港區範圍北起大甲溪南岸，南迄烏溪北岸，西臨台灣海峽，東以臨港路及其延長線為界。

依據原擬定之台中港綱要計畫，台中港建港目標為一綜合性國際商港（包括商港區、工業港區及漁港區三大部份）。第一階段建港工程始於民國六十年七月，分三期辦理。民國六十五年十月首期工程完成，隨即展開營運，並繼續進行第二、三期及後續擴港工程。截至目前為止台中港計完成商港碼頭三十一座、漁港一處及其他相關水陸域設施，為一可供六萬載重噸級船舶自由進泊裝卸貨物之國際港。

近年來由於營運量快速成長，民國七十六年已超過原第一階段建港年運量一千一百萬噸之目標，民國八十一年更高達三千四百餘萬噸，面對持續成長之運量，商港設施亟待擴建。加之多年來尚未推動之「工業專業區」亦急需開發，為此台中港務局遵照交通部指示配合未來船舶大型化、專業化趨勢，特別考量船舶操航及碇泊安全，並分析對環境之影響及工程經

濟性，重新評估完成「台中港第二階段發展計畫」作為未來擴建之參據。茲將重要結論摘述如后：

一、台中港除將繼續發展成為台灣地區主要大宗散貨進口港外，由於台灣外貿貨櫃化貨物有逐漸轉向亞太地區（尤其是快速成長之兩岸貿易量），「短程化」之發展趨勢，更應適時掌握契機，積極拓展本港小型集貨式貨櫃航線業務，讓「中樞南北運」不合理現象逐步消除，多功能國際大港目標早日實現（詳圖）。

二、本局與台電合作辦理之「台中港工業港區開發計畫」業已完工，台中港全域港型即初具規模。未來第二階段發展計畫祇需逐步在內航道兩側增設碼頭、擴建港埠設施。為避免過早或不當投資，本局將逐年就實際運量成長及港埠需求詳加檢討，再就亟需擴建項目，分別依政府規定研提計畫，陳報核定後實施。

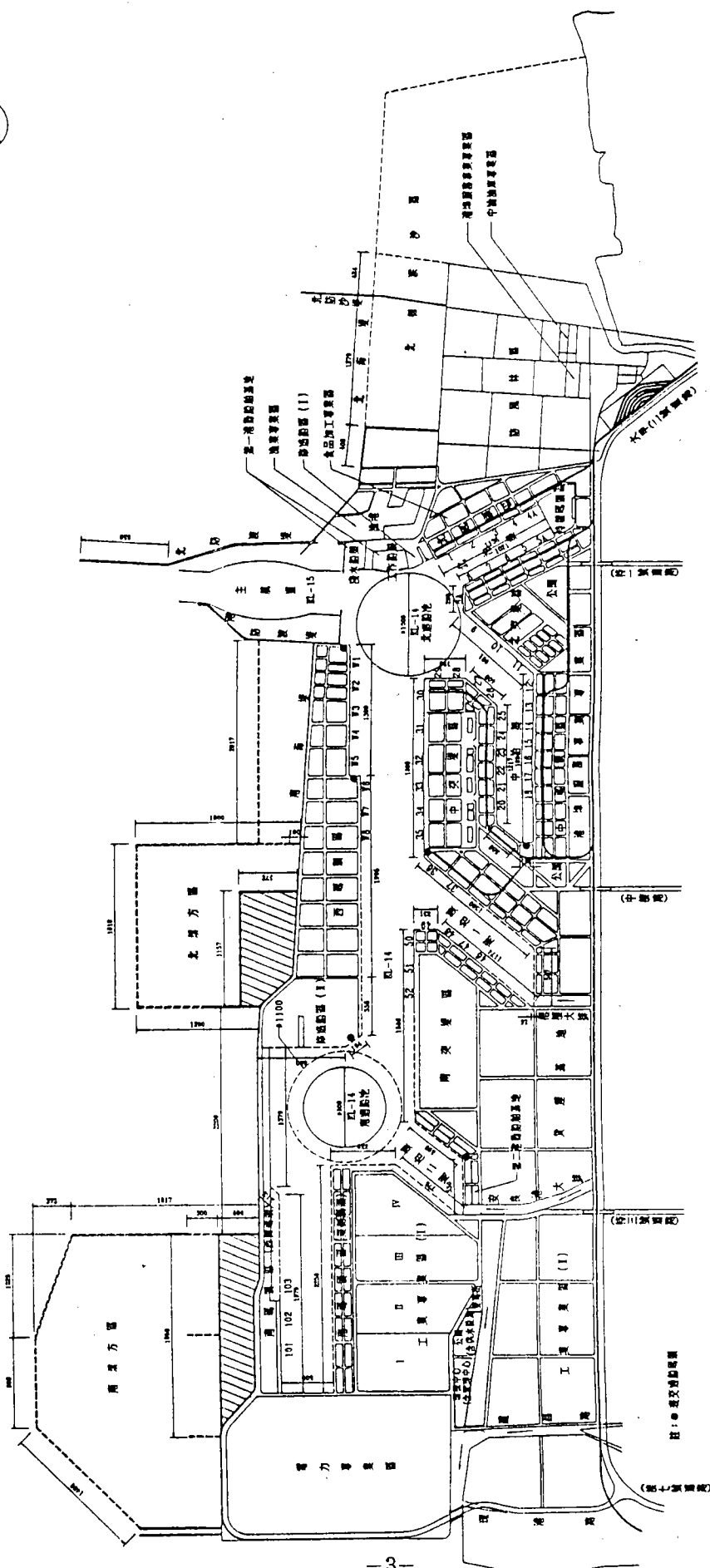
三、台中港為規建於冬季季節風強勁、潮差大、漂沙活動劇烈地帶之人工港，經驗告訴我們，港建得愈大愈容易成功、維護費用也愈低。因此台中港第二階段發展計

畫應妥善利用「沙」為資源向西側海域增新生地，並積極尋找合適之公民營廠商投資使用，除可降低建港成本外，更能配合船舶深水化潮流，將已往狹長港形逐漸向深水發展，使外港自然形成，建港效益達到最大。

- 四、為落實政府環境保護政策，台中港各項必要之環境保護基本設施將於第二階段發展中逐步興建完成。由於台中港區各項廢污水屬性與上游台中港特定區不同，有必要自行建立獨立之污水系統，

與社區污水分開，以提高處理效率、劃清污染權責，並符污染者付費之精神。至於港區垃圾亦應保留自行處理之彈性空間。

- 五、在不妨礙港區安全管制及港埠設施經營管理使用之原則下，配合政府開放政策，加強公園、綠地的闢建，並鼓勵港區內公民營廠商美化、綠化廠區環境，使台中港逐步朝向親和性、開放性之「花園港灣」目標邁進，爭取附近民眾對本港的認同、進而協助推動台中港第二階段發展計畫。



台中港第二階段港區整體規劃圖

台灣北部新港規劃問題之探討

黃文吉 國立台灣海洋大學河工系

近十年來，雖然有關單位花了不少的人力、經費與時間從事基隆新港、深水港及台灣北部港埠開發等計劃案之研究。然而，至今仍意見分歧，沒有定論。本文從三方面來加以分析、探討：(一)當前狀況形成的原因(二)本案應有的方向及作法(三)相關的配合措施。

一、當前狀況形成的原因—本案及相關計劃歷經多年的研究，至今撲朔迷離，見解互異。其原因可歸納為：

1. 問題界定不清：基隆新港計劃與台灣地區深水港計劃，是兩個不同目標功能的計劃不宜混為一談。基隆新港是台灣北部新港計劃的一個解決方案；而深水港計劃是屬於整個台灣地區為考量範圍的整體規劃案。其目的是為因應大宗散貨船舶大型化而有的對策。

2. 基隆港在台灣地區港埠整體運輸系統之定位不明確：基隆港在國際港及國內港運輸系統所扮演之角色與份量。至今沒有明確的定位。以致於它的功能與重要性無從顯示週知。

3. 過去十年來的多項研究計劃，由

於狀況不同、時間的差異及委託單位不同且目的互異。加上考慮的港埠貨物運輸需求亦不同，形成港埠設施之內容與規模互異。復因計算效益分析之各項基準有別。以致於無法從過去之研究報告，分析獲得結論（包括：基隆新港案乃至於淡水國際港案），據以斷言那一方案為最佳案。

4. 研究計劃之系統程序及研究重點，頗有值得爭議之處：可行性研究及規劃案，似乎缺乏對運輸系統規劃及經濟效益分析（包括內部效益及外部效益）作深入的探討。尤其，效益分析為方案評估的重要指標。如果界定不清或考慮得不周嚴，影響決策分析至鉅。

二、本案應有的方向及作法—有關本案今後之發展其方向與作法，謹提出淺見供參考。

1. 建立制度化之決策程序及明確的幕僚機構（研究單位）。

2. 以台灣北部區域計劃涵蓋縣市為研究（腹地）範圍。

3. 基隆港港埠運輸系統問題癥結之探討：宜從台灣地區港埠整體規劃著手，系統化地分析基隆港當

前港埠運輸之癥結點為何？其影響程序如何？各影響因子間之相互關係又如何？如此才能對症才藥。不致於步上一般的頭痛醫頭腳痛醫腳的直覺（主觀）判斷。而其問題癥結應朝以下之思考方向：

- ①深入研究貨櫃南北運輸問題之成因及後果，該現象對港埠運量之需求及港埠最適規模之影響。
 - ②徹底研究臺灣北部港埠運輸需求量。
 - ③臺灣地區各港各類碼頭之適正規模，因投資建設及營運制度而被歪曲之現況下國家社會的損失。
 - ④基隆港先天地理環境不良（水域不寬闊、水深不夠、港區後線土地不足、多山…）是事實，但其影響程序如何？有無替代方案（香港能基隆港不能）？多少代價的方案值得投資？均宜詳加分析研究。
 - ⑤了解增加適量的裝卸及搬運機具、出租專用、改善經營管理績效對港埠作業系統之影響。
 - ⑥港區現有土地整編與妥善利用之探討。
4. 港埠運輸需求分析（需求面）應包括什貨（含貨櫃）、砂石、水泥、煤、油品、液化天然氣及穀類等。尤其，由於港埠競爭等因素而形成之貨櫃南北運輸問題，應分析其成因，衡量影響之層面與程度，並速謀對策。

5. 港埠容量分析（供給面）應朝著硬體及軟體改善，可能的最大容量來分析。硬體改善包括：機具之汰舊與增購、碼頭之改建與增建（正濱漁港、軍用碼頭、東岸第三突堤等）、聯外運輸系統、貨櫃集散站之興建。軟體改善包括作業效率之提高、優先指泊制度之改良、碼頭出租專用、自動化管理系統、企業化與民營化之導入等。此外，“港埠的再開發”為近年來國外成功的經驗，值得借鏡。其意義為：將已喪失機能的舊港區，重新定位新的機能，並給予整體開發利用，對港埠運輸及鄰近地區帶來新的氣象。

6. 上述，各種改善及擴建案在目標年如無法滿足運輸需求時，則應考慮另闢新港。開建新港時應注意：基隆港新的機能定位問題；新港規模及策略問題（含商港及工業港之綜合港或是商港與工業港分開或其他方案…等）；尤其新港開發對基隆地區產業發展之社會與經濟上的負面衝擊應深入探討。

7. 系統規劃程序上，建議循序漸進地研究：基隆港定位及整體開發規劃→台灣北部新港可行性研究（著重經濟效益分析）→港埠運輸需求分析（起訖點、產業關連、長期趨勢）→港址選擇→多目標決策分析、高技術及最佳化設計及施工法。其中，可行性研究應包括：經濟可行性、技術可行性、運作可行性及安全可行性等

四個層面加以分析。

8. 財務預算及運作可行性之考量：

決策分析過程中，效益（內部及外部）分析占極大的比重，除此之外。財務能力的可行與否亦為一大限制。亦即：財務能力如有300億、500億或1000億的限制時，則超出財務能力再好的計劃也很難以執行（北部新港值得投資金額約在500億~1000億間）。

三、相關的配合措施—建新港為百年大計，除了要審慎考量、詳細規劃之外。有關單位之配合措施更是重要，否則仍無法盡其順利與完美，其內容包括—

1. 明確的港灣政策：港灣建設鼓勵民間投資與否？（對象、範圍、內容、所有權、公平性等）；貫徹地方自治的精神與否？（計劃審議及建設屬中央，營運管理屬地方）；港市合一體制（含營運民營化制度）之建立。

2. 港灣相關法規之研擬：國土計画法、公有水面掩埋法、海岸管理法、工業港法、遊艇港法、海上交通安全法、海洋污染防治法、國土綜合開發法、地方自治法、獎助民間投資條例等。

3. 港灣計劃審議制度之建立：中央及各港務局應遴選公正、廉潔之相關專家、學者組成“港灣計劃審議委員會”。前述相關學門應包括：國土規劃、運輸系統規劃、產業經濟、港埠規劃、港灣工程、海岸工程、港埠經營與管理、都市及區域計劃、環境與景觀

、社會學等領域之產、官、學三方面人士組成。

4. 如果政策上決定需要另闢北部新港（港址之評選尚需詳加分析研究）則：

① 北部新港與基隆港、蘇澳港在臺灣地區整體港埠運輸系統之功能定位。

② 北部新港為包括商港、工業港、能源港…等之單一綜合性國際港或北部新港為兩個以上港口之意。

③ 與基隆港有密切關連之就業人口及相關產業其永續問題之解決，以避免形成其他的社會問題。

④ 藉此北部新港之建設與營運來徹底實施自由化與民營化，建立現代化港埠模式之典範。

⑤ 臺灣北部貨櫃集散站之興建…等，將是研究重點。

5. 合乎現代化港埠經營管理體制之建立：就港埠經營管理各項目，訂定時程表以確實推展自由化、民營化及國際化。如此，方能真正達到現代化的港埠開發。而非只是空有的目標或口號。尤其重要的是，並非盲目的去實施自由化、民營化與國際化。而應視國情、地方、時機與業務類別而有不同程序的區別與階段步驟。

特別值得一提的是，“民營化”為的是達成建港目標，並非終極目的，如何提高效率與效益，在現階段某些港（棧）營運業務民營或許較公營為宜。因此，引導民間力量投資港灣

是值得鼓勵的，這對國家及社會均有正面的意義。尤其在港埠再開發及海洋遊憩設施方面，國外均有極為成功的例子。我們或許還有兩岸貿易的“利多”存在。因此，結合民間產業力量來開展並建設港埠，應有一套長期且穩定成長的計劃（政策及法規）。

如此，才能對產業界及社會有最大的效益與保障。附帶一提的是，北部新港運輸需求分析時，海洋遊憩需求及兩岸貿易（貨物種類、起訖點、數量）是否應納入考量，值得有關單位深思。

「雲嘉海岸保育及開發研討會」內容簡介

黃清和 港研所海岸工程組組長

本所為促進產、官、學、研與縣府、鄉、鎮等單位承辦人員作有關「雲嘉海岸保育及開發工作」雙向溝通，曾在八十二年元月十五日在嘉義縣政府四樓第七會議室舉辦該項研討會，會中共邀請學者、專家發表有關雲嘉海岸保育及開發之研究成果，分別由國立成功大學台南水工試驗所所長黃煌輝教授主講「雲林海域開發相關調查研究」、工研院能資所研究員吳啓南先生主講「嘉南沿海沙洲島的變遷分析—利用多時衛星影像及航照」、本所所長張金機先生主講「外傘頂洲侵蝕調查與雲嘉海岸開發研究」以及台灣省水利局總工程司黃金山先生主講「台灣西部海岸資源的經理及展望」等，並擬藉此研討座談會，進一步瞭解地方需求，俾擬定本所未來研究方向，按本次研討會報名參與人數共63人，參與座談單位及人數如表一所示，採不收報名費並由本所提供點心以及中午便當等，整個會議於當天下午3時30分圓滿結束，謹將此次研討座談會議討論內容及結論摘要敘述如下：

表一 研討會出席單位及人數統計表

出席單位	人數
交通處	1人
工研院能資所	2人
行政院環保署	1人
水利局	11人
嘉義縣政府	13人
嘉義縣東石鄉公所	2人
雲林縣政府	2人
中央大學遙測中心	2人
成大台南水工所	1人
聯合報	1人
榮工處	2人
宇泰工程顧問公司	1人
台技工程顧問公司	1人
僑龍工程顧問公司	3人
環海工程顧問公司	2人
中興工程顧問公司	2人
港研所	16人
共 計	63人

一、僑龍工程顧問公司 蘇祺福

1. 利用遙測照片計算沙洲面積，應注意衛星通過時間，並修正潮差引起之水位變化。
2. 布袋灣之沙洲分佈可能受颱風浪引起之迴流作用所致。
3. 遙測僅能觀測懸浮質濃度，無法計算漂沙底移質。
4. 實測港灣工程設計僅對颱風浪及暴潮位有興趣，其它平時之波浪

觀測僅有參考價值。

5. 希望各學、研單位能針對澎湖水溝較深水域進行波浪觀測。

二、能資所 吳啓南

1. 對遙測照相之水位變化有利用附近之驗潮站記錄加以校正。
2. 外傘頂洲南端受侵蝕速度較北端快之原因可能為沙洲南端深入外海受浪作用較大致。

三、水利局

1. 外傘頂洲冬季飛砂量大亦會影響沙洲變化，遙測僅依定性之判斷，定量方面尚須現場測量作驗證。
2. 目前對外傘頂洲之觀測研究僅對沙洲面海一側，似乎忽略了沙洲向岸側對陸上海堤之安全影響。
3. 是否有人為之方法將沙洲之漂沙方向移向陸測而不流失於深海中。
4. 布袋灣南、北兩側沙洲各屬不同之水源系統所形成。
5. 民國七十年即曾考慮於外傘頂洲進行定沙作業，但至今尚無成果。若外傘頂洲被風浪侵蝕而形成潛沙洲時，可能會危及沿岸堤安全，應注意其發展，並考慮因應對策。
6. 沿岸沙洲之開發順序應由南往北，但目前限於政策及實際之困難，而必須由北往南開發，六輕建廠完成後，必造成外傘頂洲之嚴重侵蝕，各單位應如何因應必須速謀對策。

7. 建議雲林離島工業區開發同時，應同時開發外傘頂洲。

8. 整個海岸資源開發時，對於周邊環境之衝擊應計入成本，以免屆時無經費善後。

9. 以水利局之立場對西海岸海堤完成後必須進行維護，對不同海岸環境應有不同之工法保護。利用養灘保護海岸不受侵蝕成本上應比目前採用之硬式海堤較為划算。

四、中興工程公司

利用遙測觀測漂沙時必須注意光線在水中滲透深度對照片感光之影響，並由現場實測資料修正之。

五、成大水工所

1. 地方政府應責請工業局委託學、研單位監測，六輕建廠對下游雲嘉海岸及沙洲之影響，掌握實際數據才能有效反應上級單位，對於海岸空間之利用應作整體之考量。
2. 所有海岸之開發皆應順應自然才能事半功倍。
3. 因海上波浪觀測非常困難，曾使用 SEA-DATA 測波儀觀測波向並不成功，彰濱海域目前僅有超音波測波並無波向資料。將來可能利用波壓及二維流場推算波向。
4. 去年因無颱風直接通過彰濱海域，因此沒有實測之颱風資料，僅測得3.9米之湧浪。

六、宇泰工程顧問工程公司

由於抽沙距離遠近，影響抽沙成本至鉅，政府相關單位對六輕建廠時使用沙源之水深位置應予注意，以免對沿海環境造成破壞。

七、港灣技術研究所

1. 據現場調查人員之觀測，外傘頂洲上受東北季風引起之飛砂量非常可觀，研究該區漂沙時亦應將飛砂列入考慮。
2. 外傘頂洲南端受颱風浪作用後形成沿岸沙洲，而東北季風無法將其回復，因此南端受侵蝕較北端快速。

八、嘉義縣政府

1. 嘉義縣東石布袋沿海海埔地之外緣由北往南延伸長達二十公里，由外傘頂洲等一系列大砂嘴構成，為本縣海岸之天然屏障，其可資開發之面積廣達一萬三千多公頃，連同雲林縣沿岸海埔地離島工業區一萬一仟餘公頃，共計有二萬四千多公頃。佔全省西部海岸可開發海埔地的四十八%，為目前台灣地區疆域拓展最寶貴的資源。
2. 此一海埔地之開發依照各學者、專家之研究，以濁水溪漂砂出海之流向由北南下，故開發順序應由南而北之，則地盡其利，倘由北端先行開發並開建工業港，把防波堤向外海伸出十一公里長，達到水深負22公尺左右，則港口

南岸必受潮流冲刷，在缺乏砂源補充下，外傘頂洲將逐漸被海浪沖失，此一天然屏障一旦不存在，那麼本縣東石、布袋與雲林縣金潮一帶之安全即失去保障，而此一地區又係地盤下陷嚴重地帶，每遇大潮日即有海水倒灌，如遇風災水患其嚴重後果令人堪憂（見書面資料第四章），如何妥善加以穩住這一系列之砂洲為我們所應面對之重大問題，又經費籌措及技術層面的克服等等必在開發或建港定案之前先行妥加研擬規劃一併列入開發計劃內立即進行。祈免浩劫落臨雲嘉沿海地區。

3. 昨天六輕與六輕擴大開發環境影響評估審查有條件通過，而認為該工業區開發後將改變現有海岸平衡，阻斷沿岸海流及漂砂移動，並影響南面海岸侵蝕問題。經濟部工業局應對此一地區另做整體性規劃的環境影響評估。對南岸的沖蝕災害、生態、資源保護措施擬妥解決方案。應配合六輕預定今年四月開工迅即決定否則恐失時效，而無法補救。
4. 我們認為最佳而可行之措施係外傘頂洲區域海埔地無論從(1)區域發展(2)環境影響(3)開發工程(4)開發意願等四大項目加以評估（七十八年間經濟部工業局曾委託中興工程顧問社在選擇離島工業區時評估）均列第一優先（詳見書面資料四一二）如將外傘頂洲區域與麥寮區開發同時進行，不但

可避免重覆投資保固此一系列砂洲之施設，亦可加速提供土地資源對整個台灣之產業升級經濟發展有肯定性之貢獻。

5. 檢附如何維護外傘頂系列砂洲以增進雲嘉海岸之安全書面資料一份。

九、主席結論

1. 利用遙測可以研判較長時間巨觀海岸變化；對微觀沙洲面積變化必須針對乾沙程度及其反射光譜進行現場採用驗證及潮位校驗，才有較正確結果。
2. 台灣沿海 20 米水深以上之波浪觀

測目前由中央氣象局海象測報中心負責，關於澎湖水溝較深水域之波浪觀測可建議之設站觀測。

3. 港灣技術研究所有關海象觀測資料，得保留二年作研究後向外提供，歡迎各界索取。
4. 關於沙洲內潟湖及沿岸海堤之關係，目前為養蚵水域，水深調查極困難，據了解尚無人進行研究。
5. 海岸開發固然重要，但是開發同時必須注意海岸之保育，台西離島式基礎工業區開發應同時加強外傘頂洲保育工作，建議將開發所帶來沖擊列入成本。

漫談中國大陸湄洲灣之開發

林碩章 中華港埠技術顧問社設計部經理

一、前言

中國大陸湄洲灣之開發，是我國近百年來志士仁人夢寐以求的建設壯舉。早在本世紀初，偉大的革命先行者孫中山先生就在所著建國方略中，將它置於全國大港之列，安排為重大開發對象。進入八十年代，中國大陸正式將湄洲灣港列入開展前期工作的重點項目，完成了湄洲灣區域國土綜合規劃。從此，湄洲灣進入了一個統籌協調，逐步開發的新時期。

最近幾年，隨著海峽兩岸氣氛日益祥和，兩岸經濟貿易聯繫迅速擴展新形勢的出現，湄洲灣已進一步脫穎而出，它以其種種優勢，包括：與臺灣僅一水之隔，一夕之程；水深港闊，浪小不淤，海陸條件均佳；俱有極大的發展對外生產運輸的潛力等等；為眾多的具有遠見卓識的臺灣投資人士以及港澳海外華僑和外商共同矚目。前往考察者絡繹於途。不少人士還從參與世界市場競爭的大視野為觀點，提出了許多新穎的發展設想。將這些新設想補充到中國大陸之國土規劃中去，無疑將大大有利於挖掘湄洲灣所俱有的種種發展潛力。

為此，福建省及莆田市各級政府

曾集中了各方人士之見，按照新情況新要求，編製了新的湄洲灣或莆田市城市整體規劃，包括湄洲島、忠門、秀嶼和紅埔四個分區的長遠發展計畫。供海內外有志研究或有意投資開發湄洲灣的人士，筆者曾數次前往湄洲灣勘查，並與關心湄洲灣開發事業的有關人士研討，包括參與整體規劃的小組成員，以及目前正致力於該地區投資開發之財團之顧問人員。俾利於群策群力，對開發湄洲灣這一事業提供技術專業上之建議。

二、開發湄洲灣的由來

湄洲灣區域包括莆田市和泉州市的惠安縣，總面積4700平方公里（如附圖）。根據岸線地帶的多用性和陸域條件等特點，將湄洲灣劃為秀嶼、東吳、肖厝三個開發區；根據自然地理和行政區劃，又分為南岸和北岸。肖厝開發區處於南岸，屬於泉州市惠安縣；北岸在莆田市境內，包括秀嶼、東吳兩個開發區及湄洲島旅遊經濟區。

湄洲灣六世紀中葉已有海運，十一世紀秀嶼就相當繁榮，由於歷史條件和地理環境等種種原因，秀嶼碼頭

建設曾幾度興廢。中國大陸的十一屆三中全會以來，福建經濟得到迅速發展，省委、省政府將湄洲灣開發建設提到議事日程。1982年以來福建省政府先後邀派和組織省內外20多個有關部門、高等院校、科研單位的專家、學者和工程技術人員對湄洲灣進行科學考察、論證，一致認為：湄洲灣是一個得天獨厚的天然良港，是國內少有的尚未開發的大型深水港口。為保護湄洲灣深水良港資源，做好今後合理開發利用的準備，國家計委於1983年批准將湄洲灣列入全國重點項目的前期工作和全國第一批國土規劃的試點之一；交通部規劃將它建設為全國四大國際深水港之一。在中國大陸中央、國務院的關懷和支持下，在各有關部門的努力下，湄洲灣已從規劃階段轉入開發階段，從而揭開了開發序幕。

湄洲灣是中國東南沿海的天然深水港灣，自然條件優越，開發湄洲灣對改善中國深水港口的規劃，發展海運事業；對促進福建經濟的發展，改善全省工業發展；以及加強與臺灣的經濟聯繫都具有戰略意義。湄洲灣的作用不僅是福州、廈門所不能代替的，而湄洲灣且的開發與福廈兩地的經濟發展是相互促進、相輔相成的。隨著湄洲灣經濟中心的逐步形成，福州、湄洲灣和廈門三者將有機地聯繫起來，成為福建三百公里黃金海岸的發展地區。

三、開發湄洲灣的有利條件

(一)優越的地理位置

湄洲灣在臺灣海峽西側，與臺灣隔海相望，面向東南亞，與大洋洲、美洲的海上聯係非常便利，又處於中國南方航線中點，北上福州馬尾港132海里，至上海510海里；南下廈門96海里，至香港397海里，至湛江港600海里；東達基隆港178海里，至高雄194海里，至臺中港僅72海里。湄洲灣是中國沿海對外開放地帶及對臺往來的交通中樞，適合建設南北物資集散地和國際貨物中轉港。

(二)難得的深水岸線

湄洲灣港闊、水深、岸線長。10~20m自然深水岸長21.4公里，遠期在秀嶼以東的石門澳修建挖入式港池，則增加深水岸線十餘公里，可供建萬噸級以上碼頭的深水岸線總長達30多公里。航道水深一般都在15米以上，航道和錨地寬度一般都在一公里以上，這對船舶迴船，航行，錨泊和接駁作業都很有利。

(三)具有天然的防護條件

湄洲灣屬於半封閉形海灣，三面山丘環抱，灣口向東南敞開，整個灣內似三級葫蘆、湄洲島、大竹島、盤嶼、羅嶼、橫嶼等諸島嶼形成三道自然屏障，而且常風向和強風向為東北，因此外海湧浪難以入灣，使處於灣內的岸線得到層層掩護，是一個不可得的天然避風港。

(四)巨大的納潮量

湄洲灣灣口到灣裡約33公里，高潮位最大海域面積516平方公里，平均

506 平方公里，低潮位以下面積為 373 平方公里，占高潮位時面積的 72%，低潮位以上的潮間帶面積 142 平方公里，占高潮位時海域面積的 28%，平均納潮量達 24.23 億 3。巨大的納潮量可加速污染物的遷移、擴散、自淨以及穩定港灣的水深。

(五)不凍不淤的港灣

湄洲灣氣候溫和，平均氣溫為 19.9℃，歷年極端最高氣溫 37.9℃，極端最低氣溫 0.7℃，霜罕見，更無冰凍。

湄洲灣內無大河注入，陸地漂砂量少，一般情況下海水含砂量僅有 0.012～0.02 公斤/米³，並且灣內底層流速在 0.45 米/秒以上，通常落潮速度又大于漲潮速度，有較強的沖刷力，因此不易產生淤積。據 1955 年和 1984 年的海圖比較表明，湄洲灣不但沒有發生淤積，個別地方尚出現深槽現象，是個難得的不凍不淤的港灣。

(六)有大片土地可供工業開發

湄洲灣兩岸多為丘陵和紅土臺地，土壤貧瘠，而且大片土地尚處於荒蕪狀態，人文簡單，可供城市、工業開發利用的土地有 174 平方公里，沿岸後方尚有較大面積土地可供開發，是發展港口及臨海工業的理想用地。

(七)著名僑鄉，海外聯繫密切

福建是我國重點僑鄉，僑居海外華僑華人達 740 多萬人，莆田市港澳同胞和海外僑胞近 40 萬人，他們向有愛國愛鄉優良傳統，熱誠盼望家鄉繁榮富強，願為家鄉建設盡自己最大努

力。

(八)勞動力資源充裕

湄洲灣區域人口密度每平方公里超過 700 人，為全省平均數的三倍多，勞動力資源充足，素質較高。莆田市高、初中文化水平的剩餘勞力數以萬計，而且勤勞、儉樸，勞力費用較低。每年還有 2000 多人上大、中專及大學深造，這些都是開發湄洲灣的生力軍。

(九)旅遊資源豐富

湄洲灣區域有風景綺麗的旅遊網點和許多美麗動人的傳說，有著名的媽祖廟，廣化寺等名勝古蹟，還有九鯉湖、麥斜岩、風動石等天然湖泊和壯麗景觀，這些都是理想的旅遊勝地。

(十)中國大陸中央賦予優惠的開發政策

湄洲灣位於福建沿海經濟開發區，中國大陸對湄洲灣開發給予更優惠政策，實行沿海經濟、技術開發區和某些經濟特區的政策，為外國企業家和臺灣同胞、港澳同胞及海外僑胞提供優惠的合作條件和日趨完善的投資環境。

四、中國大陸湄洲灣綜合開發簡介

根據湄洲灣區域國土規劃論證，沿湄洲灣兩岸(秀嶼、肖厝、吳三片)約 400 平方公里範圍內，將開發成為福建省深水大港和重工業城市，其開發計畫及主要內容：

(一) 湄洲灣綜合開發方向和基本構想

1. 城市

沿湄洲灣兩岸規畫開發為港口城市，福建省大型深水港和重工業基地，湄洲灣區域的經濟中心。湄洲港城分三區：

秀嶼區：為城市行政管理、港口運輸、商業貿易、文化科技和輕工業中心。其布局以港口為端部、工業、居住區呈帶狀發展，遠期呈“層式”或組合式“混合結構”。

肖厝區：以石油化工業、海洋化工業為主的工業基地，北部石化區以港口為端部，工業區和居住區呈條帶狀向南發展，南部形成海洋石化工業等區。

東吳區：以能源、鋼鐵、船舶修造等為基礎的工業城鎮和國際中港口，工業採用“組團式”結構，生活居住集中布局。

城市人口規模：近期(到九〇年)為5萬人，其中秀嶼區2萬人，肖厝區3萬人；中期(到二〇〇〇年)為22萬人，其中秀嶼區5萬人~7萬人，肖厝區10萬人，東吳4~6萬人；遠景控制在40~50萬人，其中秀嶼15萬人，肖厝15~20萬人，東吳10萬人。

2. 港口

(1) 港口性質

根據湄洲灣的港灣特徵和客觀需要，湄洲灣擬開發建設為內貿與外貿，散雜貨與貨櫃，專業化與綜合性相結合的對外開放的工商業綜合性大港。

(2) 岸線分配與口布局

A. 秀嶼商港區：這裡深水岸線長而集中，避風條件好，陸域縱深，是湄洲灣好的岸段，現已完成兩個3000噸碼頭和一個1000噸碼頭，規劃作為無污染和少污染的商業港區(包括客運和貨物中轉、貿易等)。並中莆頭至秀嶼主要建設為雜貨深水碼頭和糧食散裝碼頭，其北側淺水區作為工作船、聯檢船、航檢、救助基地，石門澳段遠期可浚深十公里長岸線，採用挖入式港池布置。

B. 肖厝港區：有較長的深水岸線，寬坦縱深的陸域，受東北主要風向的影響也較大，規劃作為石油化工基地，現正在建設萬噸雜貨碼頭。港口採用工商兼顧。

蝦嶼~白石礁~嶼仔段：岸線長2.7公里，以商港為主，在嶼仔附近避一港池，布置小輪、木帆船、工作和輪渡碼頭等。

鯉魚尾段：岸線長2.5公里，離商港區較遠，作為石油專用碼，油碼頭集中一端建設，另一端作為後備發展或另作他用。

斗尾段：水深，岸線長，風浪大，離城遠，規劃作為未來南海與東海石油勘探基地和儲油、中轉港口。

C. 東吳區：深水岸線長7~9公里，作為拆修造船基地在其

南部建設國際性中轉港口。

(3)港口規模

初步估計，近期（到1995年），總吞吐能力約為740萬噸，其中商港約180萬噸；中期（到二〇〇〇年），隨著泉湄鐵路的建成通車，全港吞吐能力可達1200萬噸，其中商港約360萬噸。遠景總吞吐能力可達4000～5000萬噸。

3.工業

湄洲灣的自然資源條件極適合發展石化、電力、鋼鐵、建材、修造船等五大支柱工業，並以此為突破點來帶動港口和地方工業的發展。

(1)工業布局

- A. 肖厝～山腰重化工區：本區陸域寬闊平坦，東側有鯉魚尾深水區，適宜發展重化工業（包括鹽鹼化工），逐步建設石油化工和海洋化工基地。
- B. 秀嶼工業區：在秀嶼半島南側，主要發展輕工、食品、服裝、電子、建材、機械等無污染或少污染的輕型工業和以外貿出口為主的加工工業。
- C. 東吳工業區：有良好港口條件，位置相對獨立，適宜發展大型工業，規劃建設以火電廠、鋼鐵（包括拆船煉鋼）、船舶修造工程為主的綜合性重工業區。

(2)工業發展策略

- A. 煉油及石油化工：設想從海上輪進原油，建設石化工業

，一期建成年加工250萬噸煉油廠，二期擴建到年加工750萬噸原油與石油化工聯合企業，在這基礎上，利用本地的海鹽資源，建設年產1萬噸燒鹼的燒鹼廠和18萬噸燒鹼的燒鹼廠。如果東海石油得到開發，湄洲灣有條件成為以煉油為主的石油化學工業基地。

- B. 電力工業：利用海運從北方調煤，建設裝機容量為120萬千瓦的港口電廠，並聯于省220千伏電網主網架上，加強福建省電網結構。華東電力設計院選擇了鯉魚尾、西亭、塔林、沙格四個廠址方案，還需進一步研究確定。
- C. 鋼鐵工業：在湄洲灣先從拆船軋鋼、煉鋼入手，建設年拆20萬輕噸的拆船廠，然後利用引進球鐵礦和本省廢鋼鐵建設50萬噸或更大規模的鋼鐵聯合企業。
- D. 船舶工業和海洋工程：利用湄洲灣有利的條件，建設為勘探海洋資源服務的海洋工程（主要包括船舶工業、海洋鑽井平台和水下作業船製造基地、供應基地等），以及修造萬噸以上特別是五至十萬噸的大型船舶工業。
- E. 建材工業：在發展磚瓦砂石等傳統的地方粗級建材的同時，利用港灣附近豐富的瓷

土、花崗岩、海砂等，大力發展（有色）玻璃、建築陶瓷、衛生陶瓷、水泥、花崗岩高級飾料、建築預鑄構件等建材工業，為湄洲灣和其它地區提供大量的建築材料。

F. 其它工業：主要有機械、電子、食品、輕工和外貿加工等。在發展以五大支柱工業的同時，為了配合港口、工業建設，以及滿足人民生活需要，發展相應的地方性工業。

(二) 基礎設施及配套建設

1. 供水

採用南北岸分區、分期供水的辦法，近期主要通過對區域內現有水利設施進行改造挖潛調整，中遠期主要通過修建大中型水利工程設施，並可考慮南北兩區統一供水。

(1) 南岸肖厝區供水

採用晉江干流金雞水閘取水方案，近期（到95年）供水流量按3.0米³/秒考慮，中期（到二〇〇〇年）使輸水能力達6.0米³/秒，遠景可根據國民經濟需要，與北岸統一考慮。

(2) 北岸秀嶼、東吳區

本區需水主要靠對東圳水庫和木蘭陂灌區水利工程進行挖潛改造調整。秀嶼區起步工程主要靠紅山水庫調水（1萬噸/日）。近期（到95年），供水流量按3.0米³/秒考慮，中期（到二〇〇〇年）使供水流量達5.0米³/秒。遠景可結合南岸，進行跨流域調水。

2. 電力

(1) 近期（1995年前）：採用南北兩岸分別供電的辦法，南岸先以泉州架設一回11萬伏線路至仙境變電所，作為肖厝區開發建設的施工用電（包括生活用電），隨著煉油廠供電，再架設第二回11萬伏線路直供廠區，同時將第一回路經擴建後的仙境變電所11萬伏轉煉油廠，作為保安電源。北岸，目前已建成莆田～笏石～秀嶼35千伏線路，可臨時解決當前生產和生活用電，待（福州火電廠的配套項目）笏石220千伏變電站建成後，可根據用電負荷布局和增長情況逐步建設區域的輸變電所。

(2) 中期（1995至2000年）：建設120萬千瓦火電廠，根據需要，建設第二個220千伏變電站和相應的220千伏變電站和相應的200千伏線路，與省電網緊密聯繫，併完善湄洲灣區域兩岸的輸配電網工程。

3. 交通

(1) 公路：利用湄洲灣至三明干線公路的建設和福廈公路的技術改造，並加快通公路、環港公路的建設。目前除莆田～笏石～秀嶼37公里二級公路擴建工程基本完成外，正進行涂嶺至沙格19公里二級公路和新厝店至東吳19公里二級公路以及笏石至楓亭約20公里二級公路的建設。

(2)鐵路：規劃中有漳泉湄鐵路與湄洲灣相接，並增建出省鐵路線，積極籌建向（塘）贛（州）龍（岩）路。

(3)航空：短期內可先修復惠安機場，遠期可在笏石建設大型機場。

(4)通訊：配合港口、工業建設，在湄洲灣南北兩岸建設現代化的通訊網路。

(三)綜合開發計畫

根據湄洲灣的基本特徵和國民經濟的發展情況，首先以船舶和汽車集疏運為主的大宗雜貨碼頭和煤炭碼頭建設以及水、電、交通等基礎設施的建設，改善和創造投資環境，為煉油廠、火電廠、鋼廠等大、中型項目營運做準備，利用漳泉湄港口鐵路建設，逐步擴大經濟腹地，建立起綜合性的大型深水港和重工業城市。

五、對湄洲灣開發計畫之建議

上述湄洲灣開發計畫係由大陸地

方政府之技術人員所規劃，雖顧及各種產業之發展，但以一現代化港埠規劃的觀念而言。本人曾當面向參與計畫之規劃小組成員提出以下數項建議供其參考：

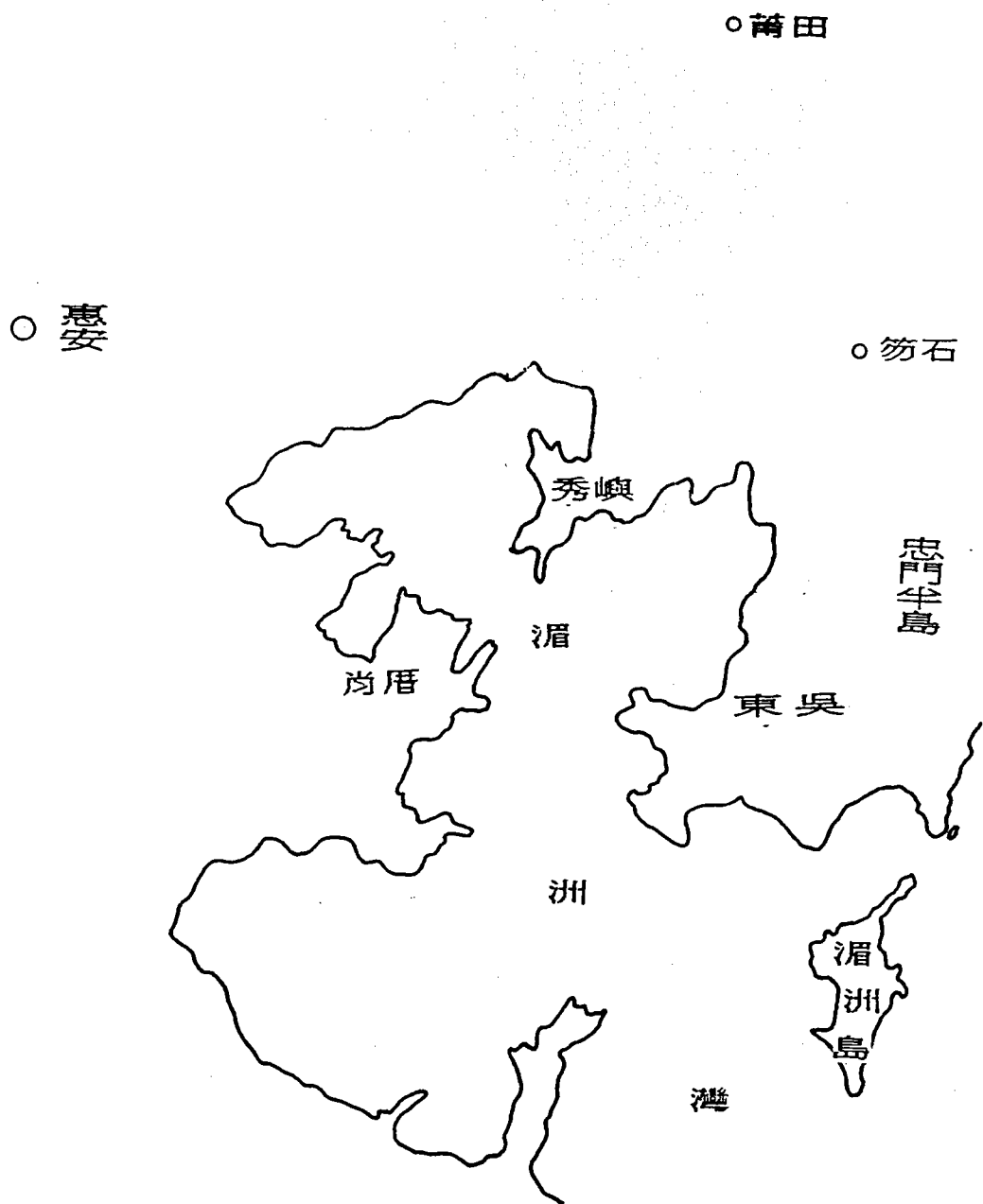
1.各種產業之分區設置計畫，並未以各該產業之成長量作未來發展規模之預測，此點應是封閉幾十年的大陸經濟環境所使然，目前講求改革開放，但缺乏大量外匯與援之下，成長速度之預估，誠亦非易。

2.港灣工程欠缺整體性之規劃，各種碼頭之配置方向，各級噸位船舶之操船與航道水深之規劃等，應作通盤檢討，詳加規劃。

3.加強灣內現代化導航設施之規劃。

4.應加強港灣公園化之環保觀念，關於這點我們也坦誠台灣的港口也做得不好，對於未開發之港灣規劃尤須引以為鑑。

5.應成立統籌湄洲灣內港灣業務之投資、興建、營運、管理之專責單位。



中國大陸湄洲灣平面圖1：300,000

THE COMPOSITE ANODES IN ICCP SYSTEMS

K.M.A. Rahim
Manager, LIDA(R) Products
De Nora Permelec Pte Ltd
Singapore 2263

Ting Lee,
Manager
Fer Mo Enterprise Corporation
Kaohsiung, Taiwan, R.O.C

中文摘要：

在鈦金屬表面以特殊方法附著一層混合金屬氧化物而製成之外加電流陽極，具有極強之抗酸、鹼性，並有良好之導電性、極低之消耗率，與傳統之外加電流陽極相較，具有體積小，易安裝，可塑造成不同外觀型式之陽極，防蝕之可靠性高及較為經濟等特性。

ABSTRACT

This paper mainly describes general features of the Lida(R) products in ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) system and its advantages over conventional anodes. The authors can be contacted for any further information on the application and performance of LIDA(R) products.

For the last 20 years LIDA(R) products have spearheaded ICCP systems worldwide, the reason being its reliability, negligible wear rate and the reduced cost when compared to other anode systems.

When designing an ICCP system-whether it is onshore or offshore-the C.P. engineer has to fulfill the task of making the most judicious selection of anodes. Composite anodes for its advantage of ease and convenience in the installation combined with reliability, low wear rate and economic considerations tend to be the right choice. Anodes like high Cr-silicon iron and magnetite are usually subject to high consumption rate. Subsequently even for a ten year life expectancy, a considerable mass of the anode material has to be incorporated.

Composite anodes consist of a ductile corrosion resistant metal as substrate with an electroconductive coating. The commonly used substrate metals are titanium and niobium. The coating material

used is either a noble metal like platinum or mixed metal oxide.

LIDA(R) products feature an electro-conductive coating of mixed metal oxides forming a solid solution with titanium as substrate and exhibiting electrical properties which allow the composite to function as an anode. The characteristics of LIDA(R) mixed metal coating are:

- excellent electrical conductor (resistivity of 10^{-5} ohm-cm)
- deposited on the substrate by thermal decomposition and therefore anhydrous, and shows a very high chemical stability even in environments with pH values below one
- thermal treatment favours crystallisation which enhances chemical stability
- low and uniform wear rates

Empirical results have shown that to match the performance of LIDA(R) mixed metal oxide coated anodes, platinum-clad titanium anodes tend to be uneconomical.

LIDA(R) TUBULAR ANODE ASSEMBLIES

This is the most commonly used LIDA(R) type anode under various environments viz soil, seawater, freshwater, brackish water, mud etc.

SOIL ENVIRONMENT

The maximum recommended cur-

rent density for LIDA(R) anodes in soil is 100 Amps/sq.m, when used with De Nora specified carbaceous backfill.

Case history studies of Lida installation in various groundbeds worldwide have established the reliability of the system.

There are more than 7000 Lida deepwell groundbeds operating worldwide at present providing adequate protection to various structures. The installed cost of a LIDA(R) deepwell system would be approximately 30 ~ 50 % cheaper than the conventional massive anode systems. The highlights and advantages of Lida deepwell anode strings are as follows:

- Ease of installation. No lifting equipments are required to install. A 100 amp string including vent pipe and end weight would weigh only approximately 150 kgs and could be installed by a 2-men team. The complete assembly could be delivered to site in a ready to install condition.
- With the unique and patented LIDA(R) connection, several anodes with suitable spacing can be assembled in one cable. Groundbeds which need over 100 amp output can be accomplished by a single string.
- Lida anodes for soil application are designed for 20 year nominal life and the case histories have proved beyond doubt that the system is most reliable.

Lida strings could be assembled for

other groundbed applications viz, vertical shallow, horizontal shallow continuous and horizontal shallow discontinuous.

There are a wide range of other Lida products for soil application catered to site conditions.

SEAWATER ENVIRONMENT

The maximum recommended current density for LIDA(R) anodes in flowing seawater is 600 amp/sq.m. The other parameters applicable are as follows:

Resistivity : 35 ohm-cm max.

Salinity : 25 gr/l min.

Chlorinity : 16 gr/l min.

(as chloride ions)

Velocity : 0.01 m/sec min.

Temperature range: 10°C – 50°C

Based on above parameters the nominal design life of Lida anodes would be 15 years.

As in the soil application, the configuration of the anode could be selected from wide range of LIDA(R) products depending on the nature of application.

Retrofitting C.P. systems on offshore platforms is effectively and most economically accomplished using LIDA(R) tensioned strings.

IN FRESH AND BRACKISH WATER ENVIRONMENT

The maximum current density in this case for LIDA(R) anodes is 100 amps/sq.m. Resistivity would be in the range of 35 to 3000 ohm-cm.

MUD ENVIRONMENT

Muds are generally classified as follows:

— sea mud or saline mud

— river mud

The recommended current density for LIDA(R) anodes in above cases is 100 amps/sq.m. max.

LIDA(R) anode sleds are commonly used worldwide for seamud application.

STRING ASSEMBLY PROCEDURE

Having discussed the various environments for which LIDA(R) systems find application, we shall briefly describe the assembly procedure of LIDA(R) tubular anode strings, the method which is unique and patented worldwide.

The desired length of cable is pushed through the tubular anode units; each anode has the anode-to-cable electrical connection at the centre of the tubular element and two sealing connections, one at each end of the activated titanium tube.

The anode-to-cable electrical connection is made by the following procedure : first, the cable insulation is re-

moved for a short length to expose the copper wire; then two metal half-sleeves are fixed over the copper conductor and finally the central part of the activated titanium tube is uniformly pressed on the metal sleeves in order to achieve the electrical contact.

The seals on each end are obtained by pressing, uniformly, over the circumference, the activated titanium tube directly on the cable insulation.

A swaging machine, hydraulically operated with uniform pressure over the tube circumference, is used to achieve the seals on each end and the electrical connection in the middle of each anode.

Copper or iron rings are interposed between the activated titanium tube and the teeth of the swaging machine in correspondence with the position of the anode-cable connection and seals. The operation of reducing the titanium activated tube diameter is done in such a way as to prevent the formation of microcracks in those areas where the metal is subject to intense cold-working.

The above method obviates cable connection failure which is a common cause in CP system failures.

ELECTRICAL AND MECHANICAL STRING CHARACTERISTICS

The anode cable connection in the middle of each anode has an electrical

resistance of less than 0.001 ohm.

The seals are tested to an external pressure of 15 atmospheres of helium. Minimum breaking loads for the anode-cable connections are:

- with EPR/CSPE 50 : 900kg (1,985 lbs)
- with EPR/CSPE 16 : 300kg (662 lbs)

Maximum weights of the tubular anodes for a LIDA * string 100m (328 ft) long are as follows:

- with 15 S.T. 2.5/100, 7.0kg (15.5 lbs) or 8% of the total string weight
- with 10 S.T. 1.6/100, 3.0kg (6.6 lbs) or 10% of the total string weight
- with 15 S.T. 1.6/50, 2.9kg (6.4 lbs) or 8.5% of the total string weight

The anode weights will not generate excess mechanical stress on the anode-cable connections.

Other than Lida tubular anode strings, the commonly used anode configurations are:

- Lida strip configured to various current output requirements
- Lida wire assembly — Lida mesh assembly
- Lida rod anode assembly in various configurations
- Lida plate assembly

LIDA(R) CANISTERED ANODES

In some types of installation (soil), the use of anodes pre back-filled is preferred to minimise installation time and

to obtain a better compaction of the backfill around the anodes.

In these cases, Lida tubular anode string or strip/wire/rod anodes are shop assembled in galvanised steel spiral tubes with carbonaceous backfill.

Canistered anodes of various current outputs can be made available by changing the dimensions of the anode element.

The preferred carbonaceous backfill material used in canistered LIDA* anodes has the following physical/chemical characteristics:

- Particle size : 0.1-1mm(150-20mesh)
- Resistivity : max. 50 ohm-cm
- Carbon content : min 90%

The backfill material is vibrated inside the galvanized steel canister to obtain a good compaction around the activated titanium anodes to minimize the contact resistance.

QUALITY CONTROL OF LIDA*STRING

The quality control procedure for the LIDA*strings covers:

- the electrocatalytic activation based on mixed metal oxides
 - the cable
- and two major operations:
- electrical connection between cable and tubular anode;
 - sealing between cable insulating material and tubular anode

ELECTROCATALYTIC ACTIVATION

For the base metal-Titanium Grade 1-a Certificate of Compliance with ASTM B 348-83 will be supplied, if requested.

An activated titanium sample, representative of each batch of anodic activation, is retained for six years.

On each sample, an electrochemical test is carried out measuring the anode potential in synthetic sea water at a current density of 1,000 A/m² (93A/ft²).

The potential of the anode shall not be higher than +1.4 volts (SCE).

A bending test on a part of the sample is carried out to check the mechanical stability of the metallurgical bond between the electrocatalytic coating and the titanium substrate.

POWER CABLE

The quality control for this component is carried out by the cable manufacturer, who is providing the electrical test certificate.

These procedures cover the control on the basic raw materials used for the cable insulation and the control of the extrusion process. Finished cable testing includes:

- Voltage test (12 KVolts for 15 minutes)
- Cable insulation resistance

— Conductor resistance

ELECTRICAL CONNECTION

For each power cable, the electrical continuity between the copper core and the anodes assembled on it, is checked. Anode-cable connection resistance shall be lower than 0.001 ohm.

SEALING

Seals are submitted to a quality control procedure, which is described briefly below:

- a pressurized helium source is connected to the cable as it leaves the assembly line.
- the interface between the copper wire and copolymer sheath is pressurized to 2.0 atmospheres,
- after a set period of time, the opposite end of the unit is "sniffed" for helium by means of a mass spectrometer;
- after helium is detected, each seal is subject to the mass spectroscopy detector
- if no helium is detected along the string, the anode-cable string is approved;

地下水整治方法簡介— 現場微生物處理之推展與設計

王奕森 美商 Riedel 環境顧問公司資深水文工程師

摘 要

本文主要之目的在介紹一般地下水整治的理念。目前在美國之工業污染案例中現場調查工作，幾乎完成，促使整治的技術研究與發展，益加迅速，以滿足需求，往昔之抽水與處理方法（Pump and treat）已經不合經濟時效，而不受業主歡迎，新進的方法乃綜合各種不同的科技，如微生物法（Bioremediation），紫外線／氧化法（UV/Oxidation），抽氧法（Venting），電解法（Electrolysis），電滲透法（Electro-osmosis），及高溫氣除法（Steam Stripping）等以達到整治的效果，方法的選擇乃配合廠址之地質，水文，及污染物質本身的條件而定，其中亦以現場處理（In-situ Treatment）較能滿足經濟效益，而廣受業主及環保單位的接受。

一、前言

美國環保署（U.S. EPA）近年來對一些有害廢棄物之丟棄條件限制更趨嚴格，使得往昔對有害廢棄物廢置於掩埋場的處理方法，變得不合經濟

效益而不太可行。因此應用現場微生物處理法來減低地下水中的碳氫化合物變成了當前美國地下水整治最受歡迎的方法之一。其優點不但降低了整治的成本，也免除了污染物質之回收，處理與丟棄上所帶來的種種困擾。本文乃敘述筆者所參與之一地下水整治的經驗，其中涉及地下水抽取、回注、地面處理、現場微生物處理及電腦模擬等計劃。

二、背景介紹

美國加州一石油公司附屬之化工廠，以生產塑膠粒為主，其生產過程中以苯乙烯單體（styrene monomer）及乙苯（ethylbenzene）為主要原料，並蓄存在二座5,000加崙的地下儲存槽（underground storage tank）。這二儲存槽在過去曾發生外洩而造成該廠址內的土壤及地下水質污染現象，至於該化學原料溶液流失的數量，則不得而知。

於外洩事件發現後，該廠乃採取了緊急措施，並聘請一家環保顧問公司，進行土壤及地下水的全面勘察。在勘察的過程中，共鑽有深水井2口

，淺水井18口，且在當地之環保單位督促下，定期做地下水質監測，以決定污染水體的動向，於1990年三月，該廠由筆者所屬之環保顧問公司負責策劃，展開第二階段之地下水調查，並著手地下水整治設計的專案計劃。

圖(一)為該廠一般地上建築物的位置圖，並指出相關地下水觀測井之相對位置。該廠佔地約為2.5英畝，廠的西面為主要的塑膠粒製造場，而在西面的周界附近有一鐵軌，以為運送原料之用，廠的東面則為倉庫及行政大樓（不在圖內）。該廠北面有一大樓，其地下室有一集水坑（Sump），約離地面20呎下，此集水坑乃用以抽取一條環繞大樓的法式壕溝（Frech Drain）所滲入的地下水，降低地下水對該大樓所施予的靜水壓，此法式壕溝共長300呎長，20呎深，並在集水坑內裝有抽水幫浦，流量為每分鐘5加崙左右。

三、廠址地下水文調查

由第一階段的地質及地下水調查中，該廠地下之含水層共有二層。此二含水層隔有一約30呎厚之不透水層，淺水層的地下水位約離地面15呎，而深水層的水位則離地面有75呎深，淺水層之水力坡度偏向北方及東北方，亦即該廠址下之地下水向北及東北流動（參照圖二）。

淺水層的主要構成沉積物為細砂及粉土（silt）等滲水率（hydraulic conductivity）不甚良好之土壤，而深水層所含之沉積物則為透水性良好之

中砂及細砂層，於第二階段之水文調查中的抽水試驗結果算出淺水層之導水係數（transmissivity）約在500至1000加崙/天·呎之間，為一不良之含水層。

四、水質化驗及微生物分析

廠址的深、淺水井，依照環保單位之要求，做定期水質監測，所抽取的地下水樣品均送至環保局認可之化驗室做定量分析，圖(三)為碳氮化合物之濃度分佈圖，且表一列出部份的分析結果，從圖(三)中可看出，高濃度之碳氮化合物集中在MW-7附近，而在MW-3A附近亦有異常的現象。

為了配合微生物現場整治方法的評估，水樣亦分析微生物的種類及數量（參照表二），廠址的地下水中平均含有 6×10^6 /ml的有機營養菌（total heterotrophs），在這些菌中並帶有足夠的碳氮化合物吞食菌（degrader），其數量約為 1.8×10^4 /ml，這些數據即為設計現場微生物整治系統及運作的根據。

五、現場地下水整治系統之設計

根據化學及微生物分析的結果，配合相關之水文資料，以為設計一組地下水現場整治之處理系統。這組處理系統綜合了地面處理系統，微生物之營養及溶氧添加系統，地下水抽水及回注系統及地下水攔截系統等，如

圖四，各系統之功能及用途分述如下：

(A)地下水攔截系統(Groundwater Interceptor Trench)

此攔截系統主要目的在有效防止在地下水整治作業中之污染水體飄離廠外，該系統由一條約500呎長的攔水溝組成。此溝深度約為20呎，且每100呎設有一集水坑，坑底約為25呎深。溝中之填充物以礫石為主，以利抽取攔截之地下水，總抽水量為每分鐘50加侖。

(B)地下水抽水與回注系統(Pumping & Reinjection System)

地下水經由攔水溝及北面大樓之集水坑中，抽取後經由管線輸送至一座地面處理系統適當處理後，再經過微生物營養及溶氧添加系統，最後始注入回注系統。

回注系統包括一約150呎長的地下透水管及三個回注場。每一回注場深約3呎，並埋有網狀透水管。回注場的總面積共約3,000平方呎，並以礫石充填以利回注，回注場的位置請參照圖四。

(C)地面處理系統(Surface Treatment System)

該系統的主要功能在降低所抽取地下水中之污染有機物(Contaminants)濃度，並除去水中之鐵離子，以減低在回注場附近可能造成的土壤孔隙阻塞，該系統包括有沙濾器(sand filter)，空氣浮除槽(Dissolved Air Floatation)，及紫外線氧化槽(UV/Oxidation Unit)等。

(D)微生物營養及溶氧添加系統

地下水經由地面處理系統處理後，再進入本系統以調整水之pH值，然後加入微生物成長所需之養分如銨($\text{NO}_3\text{-N}$ 及 $\text{NH}_4\text{-N}$)及磷等。最後再加入過氧化氫(H_2O_2)以增加溶氧濃度，以利喜氣微生物之生長，調整後的水質pH值約在6.5至7.5之間，而水中碳、銨及磷之濃度，比例在1000:20:1(此比例視各地之土壤化學成份及環境而定)，而溶氧之濃度亦調至15至100ppm之間。

六、現場微生物整治法之流程

本法之流程乃將污染之地下水經由攔水溝及北面大樓之集水坑抽取，並輸送至沙濾器除去部份之懸浮固體後，送至空氣浮除槽，除去水中之鐵離子化合物，再送至紫外線氧化槽降低碳氫化合物，然後再送至營養及溶氧添加槽調整pH值及加入適量之養分及溶氧。之後，處理過後的水才輸入回注場而回到地下水體，並造成了水丘(water mound)。此時富養分的水由水丘往污染區及其四周流動，並刺激含水層的微生物生長，而加速微生物對碳氫化合物的破壞。其主要的的作用有二，第一是稀釋，第二是微生物的破壞作用(biodegradation)。於是廠址底下之地下水，週而復始的抽水、處理、及回注，直至水質符合環保單位的標準為止。

七、電腦模擬

綜合上述設計之理念及水質化學分析數據，整治運作之水質變化情形，乃以電腦模型來預測。電腦模型的選用，以 Thomas Prickett 之「PLASM」來模擬地下水位的分佈，然後以萊斯大學所發展的「BIOPLUMEID」來模擬溶氧的濃度擴展及碳氫化合物濃度之變化。

圖(五)為二度及三度空間的水位分佈圖，此圖乃模擬地下水抽水及回注後第24天的水位分佈情形，很明顯的，在回注場附近造成了水丘（Water mound）及在集水坑附近造成了一抽水錐（Cone of Depression）、富養分及溶氧的回注水從水丘流向污染區，並刺激了水中的微生物（有機營養菌）的成長，而增加了微生物處理（Biodegradation）的作用。圖(六)指出了溶氧的分佈情形。在回注後第90天，

於MW-7及MW-8附近的溶氧皆升至10 ppm 左右，而圖(七)亦指出碳氫化合物濃度的分佈，在微生物處理後第90天，廠內的污染水體幾乎消失，僅有在MW-16及MW-3A附近有輕微的異常現象。

八、結論

一項地下水整治工程之進行，需配合多種不同的專業技術，諸如地質、水文、化工、土木、微生物及管理，本專案的設計理念，業已經環保單位核準實施，並計劃在一年內完成整治工作。

九、感謝

作者藉此機會感謝作者前服務公司之同仁熱心協助，並特別感謝羅懷濤先生的技術指導。

表一

TABLE GROUNDWATER QUALITY DATA Concentration in MG/L (PPM)				
	NW7	S-3	SUMP	DW-1
Ethylbenzene	74	0.955	ND	ND
Styrene	464	ND	ND	ND
COD	585	143	109	106
BOD	234	20	4	9
pH	6.9	6.9	7.0	7.3
Alkalinity	842	720	547	192
Chloride	50	106	120	125
Nitrate	16	1.2	6.5	2.7
Sulfate	18,300	1,520	41,400	295

表二

TABLE
MICROBIOLOGICAL DATA*
UNITS IN COLONY FORMING UNITS PER MILLILITER

NW7	5.2×10^8	Pseudomonas	2×10^4
		Bacillus	3×10^4
Sump	6.5×10^8	Not Analyzed	
S-3	7×10^8	Norcadia	4×10^3
DW-1	5.2×10^8	Not Analyzed	
	6.5×10^8 (Duplicate)		

Microbial analysis performed by Valley Microbiology Services and reported on March 14, 1991.

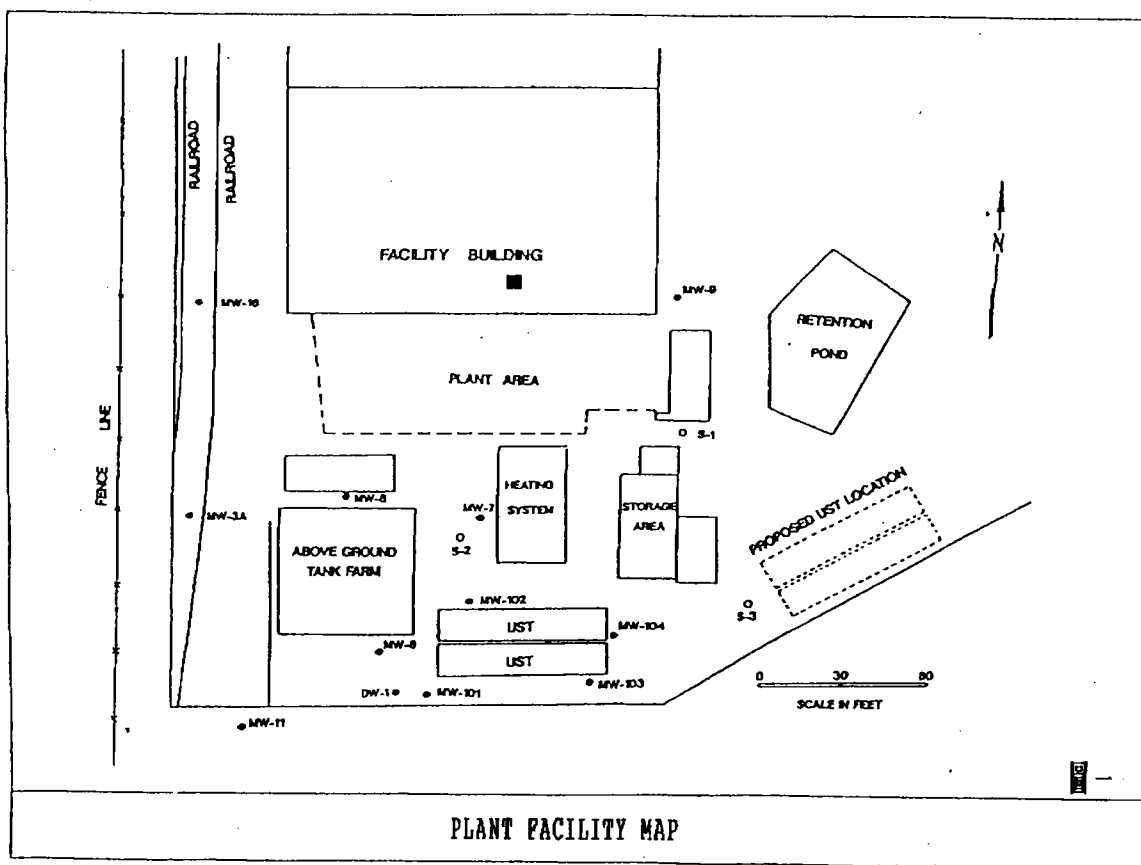


Fig. 1

GROUNDWATER CONTOUR BEFORE TREATMENT

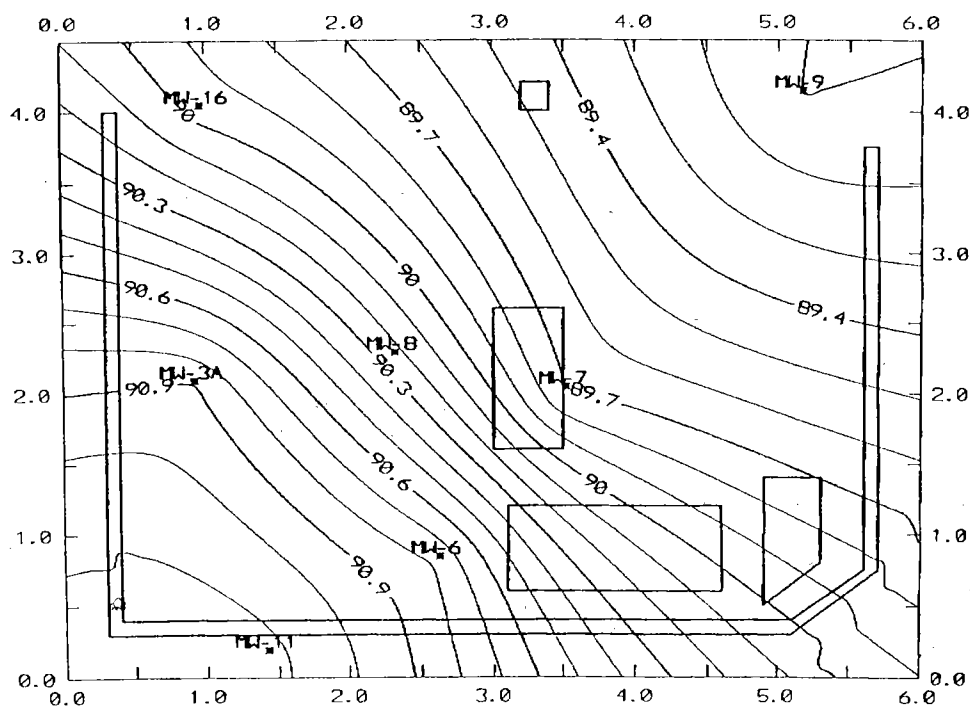
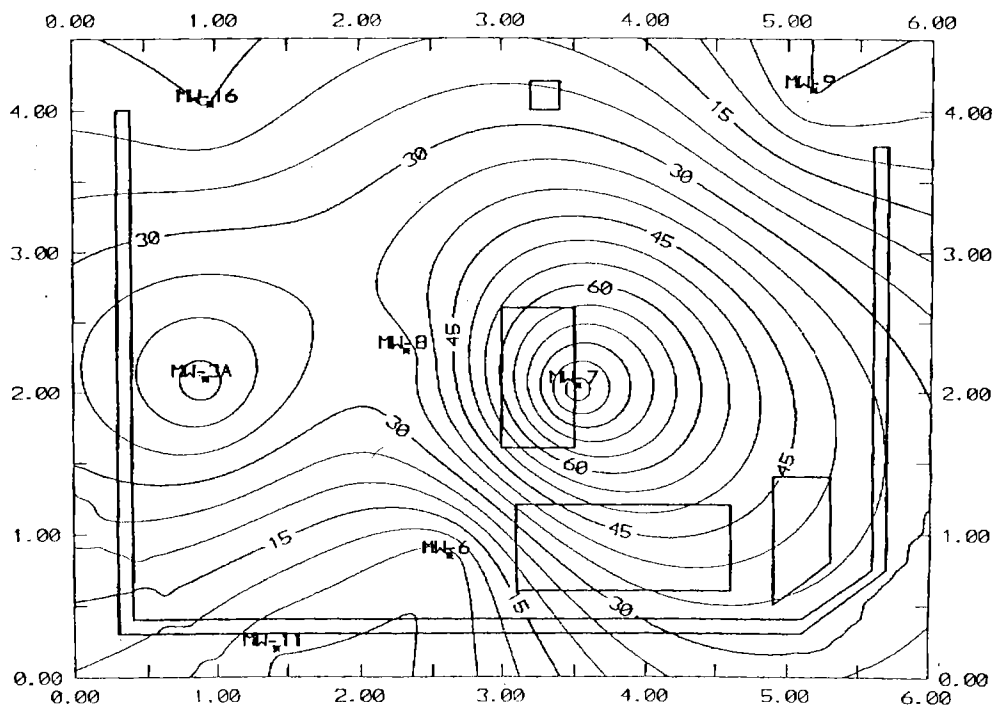
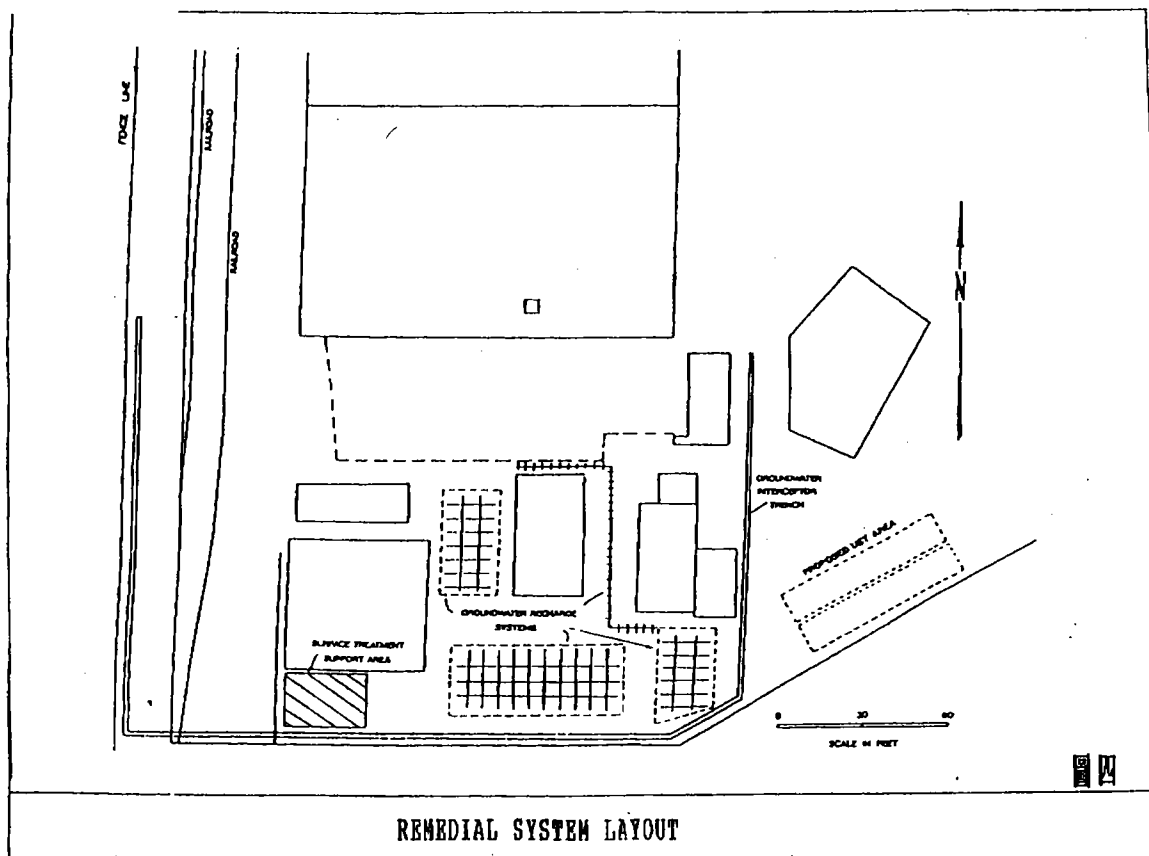


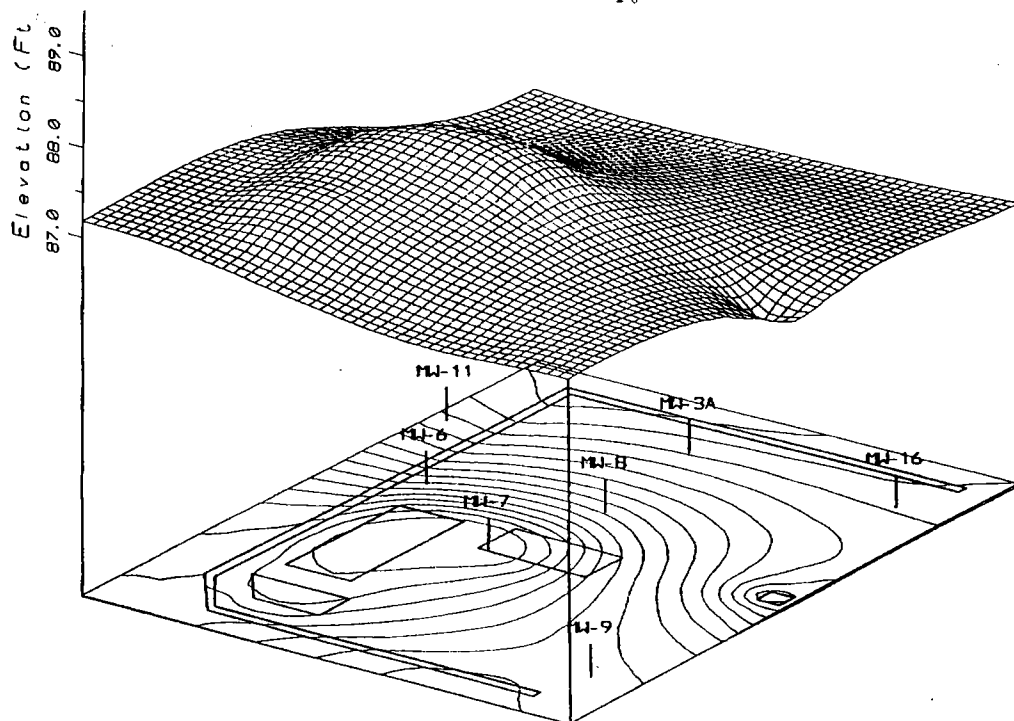
Fig. 2

TOTAL HYDROCARBON CONTOUR BEFORE TREATMENT





66

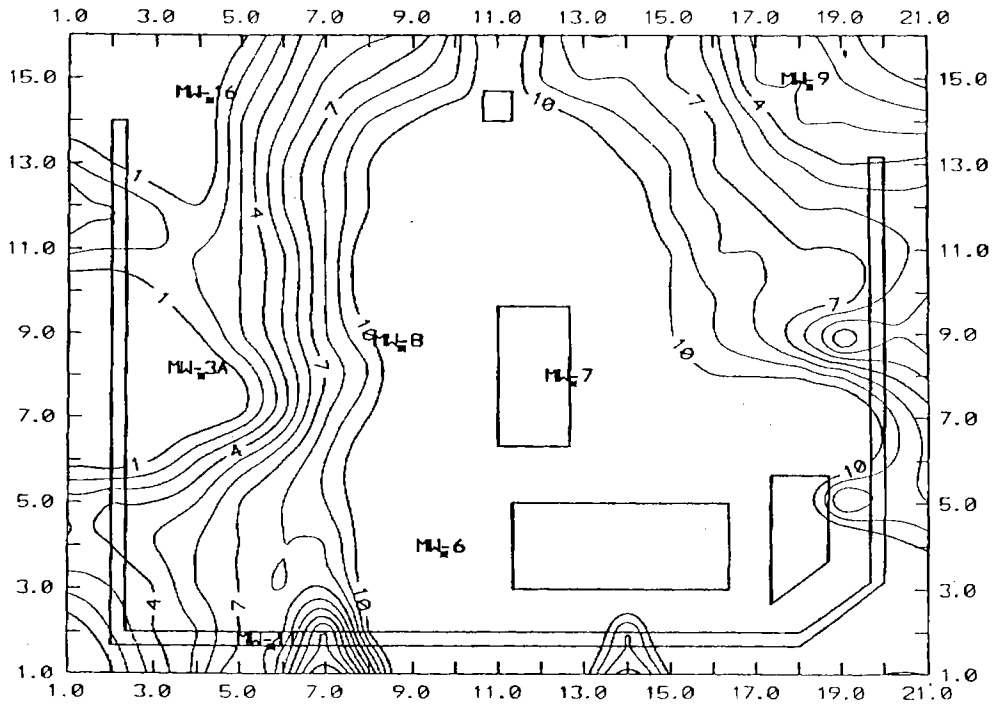


GROUNDWATER SIMULATION AFTER 24 DAYS

65

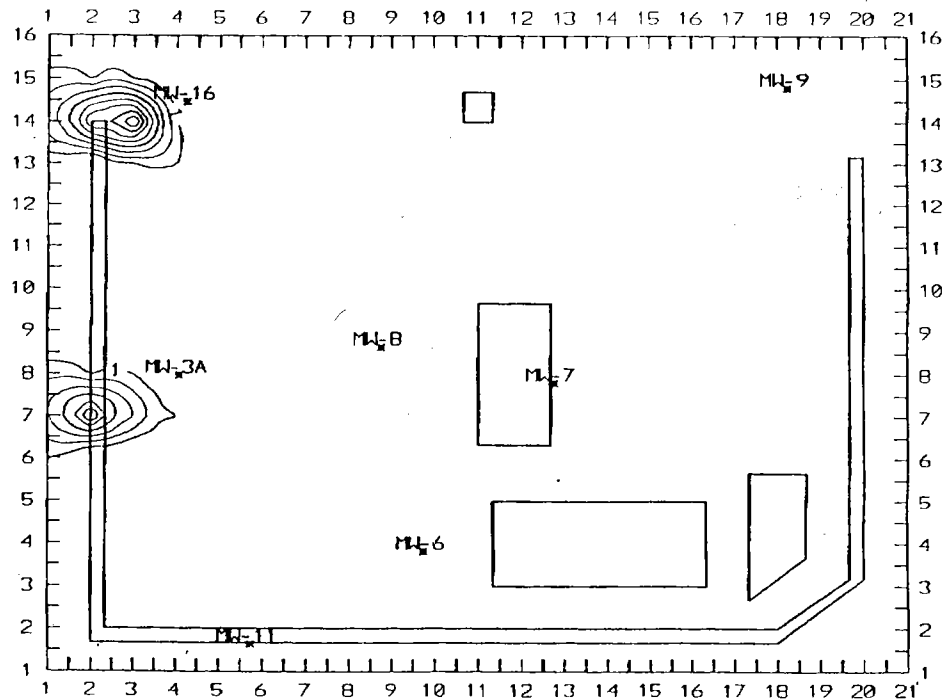
圖六

AFTER 90 DAYS OF OXYGEN ENHANCEMENT



圖七

TOC CONTOUR AFTER 90 DAYS OF TREATMENT



港灣防蝕 (III)

李定湘，李定宇，王維寧 匯茂實業股份有限公司

III · 工程設計

(A) MICROVIEW (微觀工程設計)

鋼鐵結構物在海水中所需之保護電流為 $120\text{mA}/\text{m}^2$ ，在海泥中所需之保護電流為 $20\text{mA}/\text{m}^2$ （對此兩數值雖有諸多之爭議，但依本公司所做之工程，如基隆港、台中港、高雄港等等，可確定此兩數值對台灣海域是保守而有效的；世界各地海域之海水成份、溫度、含氧量、環境等均可能有所有不可，所以此兩數值在其他海域或需略為調整），試想一鋼片（單面的）有 100m^2 浸沉於海水中，其下面部份有 100m^2 在海泥中，則此一面鋼片總共所需之保護電流為：

$$\begin{aligned} & 120 \frac{\text{mA}}{\text{m}^2} \times 100\text{m}^2 + 20 \frac{\text{mA}}{\text{m}^2} \times 100\text{m}^2 \\ &= 14000\text{mA} \\ &= 140\text{A} \end{aligned}$$

$$(\text{A}-\text{安培}), 1\text{A} = 1 \frac{\text{coul}}{\text{sec}}$$

參照本文港灣防蝕 (II) 中陽極效率之計算的範例（鋁-鋅-錫-鎂-鈣系鋁合金陽極），每公斤鋁陽極可釋出 $107.91 \text{ mole } e^-$ （100%效率時），

若此鋼片需保護20年不生銹，則此鋼片在此20年內所需之電子數目為：

$$\begin{aligned} & 14\text{A} \times 20\text{年} \times \frac{365\text{天}}{1\text{年}} \times \frac{24\text{小時}}{1\text{天}} \times \frac{60\text{分}}{1\text{小時}} \times \frac{60\text{秒}}{1\text{分}} \\ &= 8830080000 \text{ coul} \\ &= 8830080000 \text{ coul} \times \frac{1 \text{ mole } e^-}{96500 \text{ coul}} \\ &\approx 91503 \text{ mole } e^- \end{aligned}$$

依此計算，則此鋼片在20年內所需之上述鋁陽極重量（陽極效率以90%計）為：

$$\frac{91503 \text{ mole } e^-}{107.91 \frac{\text{mole } e^-}{\text{KG}}} \times 0.9 \approx 942\text{公斤} \quad (1)$$

（以上之計算未考慮陽極之形狀、底面或底面及兩端是否有塗上 COAL TAR EPOXY 等因素），若單以 100m^2 鋼片在海水中計算，則所需之陽極重量為：

$$\begin{aligned} & 20\text{年} \times \left(\frac{120 \frac{\text{mA}}{\text{m}^2} \times 100\text{m}^2}{1000 \frac{\text{mA}}{\text{A}}} \right) \times \frac{365\text{天}}{1\text{年}} \times \frac{24\text{小時}}{1\text{天}} \times \frac{60\text{分}}{1\text{小時}} \times \frac{60\text{秒}}{1\text{分}} \\ &= 8830080000 \text{ coul} \\ &= 8830080000 \text{ coul} \times \frac{1 \text{ mole } e^-}{96500 \text{ coul}} \times 0.9 \\ &\approx 808\text{公斤} \quad (2) \end{aligned}$$

若單以 100 m²鋼片在海泥中計算，則同上之計算，所需之陽極重要約為134公斤----- (3)

$$(2)+(3)=942\text{公斤}=(1)$$

由以上之討論，所得之結論如下：
(以保護20年為期限)

(1)在海水中每平方米 (m²) 之鋼鐵結構物

所需鋁合金陽極重量約為：

(2)在海泥中每平方米 (m²) 之鋼鐵結構物所需之鋁合金陽極重量約為：

$$\frac{808\text{公斤}}{100}=8.08\text{公斤}$$

以上兩個數字可用來做為工程設計估算之用，亦即一般所謂之 RULE OF THUMB。

而所謂足夠之陽極（本文港灣防蝕(II)中電位測試節所述）即為遠超過此RULE OF THUMB所述之重量而陽極呈片狀，使放電面積增大，而使得實驗室中測得鋼試片之電位（相對於參考電極）即可代表陽極本身之電位（相對於參考電極）。

(B)潮汐飛沫帶之防蝕微觀（參照本文港灣防蝕(I)）

(1)含氧量多，在漲落潮間，為維持海水本身電之中性，陽極對此段區域保護不完全。需另覓防蝕保護法。

(2)飛沫帶水滴與海水本體之間可能之不連續性，以及含氧量多，更易造成鋼鐵結構物之局部腐蝕，亦需另覓防蝕保護法。

（以上之討論已將大氣腐蝕包含

之內）

此潮汐飛沫帶之保護設計一般使用英國之 DENSO PASTE，DENSO TAPE及保護層，日本之NITTO PASTE，NITTO TAPE 及保護層，美國之 TAPE COAT（較新發展出來的保護法）等等，這一類之產品甚多，研究發展仍然是在繼續進行中。

(C)MACROVIEW（宏觀工程設計）

一般港灣防蝕用鋁陽極之設計，多半使用經驗公式，本文作者所用之工程設計電腦程式，依參照中華顧問工程公司，德國 AMPAK 公司，日本中川及日防公司，美國、英國之資料，及 CATHODIC PROTECTION HANDBOOK (BY W.V. BAECKMANN AND W. SCHWENK)等，以及本公司之經驗綜合而成，因係 PROPRIETARY,程式未在本文中列出；程式也依新的理論及實際經驗在不斷的改進之中。

依此電腦程式（考慮陽極形狀，尺寸，海水比電阻等等因素），在簡單狀況之下，所計算之結果與(A)所得之結果甚為接近，在複雜之狀況下（如底面或底面及兩端塗上 COAL TAR EPOXY 等；一般陽極多為梯形），亦相去不遠，通常所需鋁陽極之重量約在7至12 KG/m²之間（保護年限約為20年）。

港灣研究所在此方面甚有研究，對設計之複雜性亦知之甚詳，港工組亦正在積極進行對鋼板樁，鋼管樁等之防蝕（海水中，潮汐飛沫帶，海泥中）設計做深入的研究及發展，以供省交通處、港務局及其他機構做為參

考。

鋼管樁及鋼板樁於安裝陽極後之測試法甚為簡單，將導電體（如不銹鋼棒等）焊接於鋼管或鋼板上，伸至碼頭面左右，其電位之測試法與本文港灣防蝕(II)中陽極之測試相同。

完全保護之標準為：（LOWER WATER LINE之下方）

(1)相對於飽和甘汞電極在 770mV 或 770mV 以上。

(2)相對於飽和硫酸銅電極在 850mV 或 850mV 以上。

（本文係以氧化電化表示，以避免意義上之不易了解；還原電位系統之完全保護標準表示法為：

(1)相對於飽和甘汞電極在 - 770mV 或更負。

(2)相對於飽和硫酸銅電極在 - 850 mV 或更負）。

以震測錐試驗評估土壤液化潛能

陳圭璋 港研所副研究員

一、前言

台灣位於環太平洋地震帶之西環，大小地震頻繁，因地震引致之動態性荷重，對飽和鬆砂性基礎土層，可能引致土壤液化現象，土壤之液化將喪失支持強度，因而造成位於其上之結構物嚴重傾倒與破壞，為避免地震造成重大工程設施之破壞，惟有於工程規畫階段，對工程地址作詳細之調查探測之工作，以了解工程地址其基礎土層之液化潛能，而避免將工程結構設於高液化潛能地區，或者將該等土層改良，設法降低其液化潛能。過去數十年經 Seed 等多位學者之研究，對土壤液化現象之成因、液化潛能研判與土壤液化防制等，無論在理論或實務方面均有長足之進步。

目前常用以評估土壤液化潛能之方法大致可區分為兩大類，其一是根據室內之試驗結果來分析，另一種是根據現地試驗結果來分析，室內方法之主要關鍵在於能取得有代表性之土樣，否則於取樣與試驗過程對土樣造成之擾動，將影響試驗結果之可靠性，而作出錯誤之評估結果。至於現地試驗方法，過去最常用者是標準貫入試驗 SPT，雖然建立有很多經驗法則

，而且其應用情形也不錯，惟該試驗在設備及人員操作上甚難有一致之標準，因之有時造成試驗結果之未具代表性，進而影響土壤液化潛能之評估結果。

荷式錐貫入試驗 CPT 在過去數十年經學者專家之研究發展與改進，使 CPT 由最初僅能量測錐頭阻力（Cone resistance），而逐漸演變成能同時量測錐頭阻力、摩擦阻力（Local friction）、孔隙水壓、垂直度及溫度等之水壓錐（Piezocone），利用水壓錐試驗結果詮釋評估土壤液化潛能之方法近年亦逐漸發展成熟，加上 CPT 試驗大都由機械操作，且其設備與試驗過程都有標準規範，因之可將人為之錯誤減至最低，目前有逐漸取代 SPT 之趨勢。Robertson 等學者為改進水壓錐評估固結性（Cemented）砂土或過壓密粘土工程性質之能力，於水壓錐內部增設量測土層剪力波速之波動接收器（Geophone），該貫入錐頭我們稱之為震測錐（Seismic cone）圖 1 為其結構示意圖，而剪力波速亦為一種評估土壤液化潛能之重要參數，本文願就以震測錐試驗結果評估土壤液化潛能之有關問題作一敘述，以供工程界參考。

二、根據錐頭阻力評估土壤液化潛能

Seed 等多位學者曾建立由 SPT-N 值評估土壤液化潛能之方法，該方法是根據觀察地震前後現地土壤反應行為所訂出 N 值與臨界反復應力比 (CSR) τ_{vm}/σ'_v 之關係圖如圖 2 所示，圖中 $(N_1)_{60}$ 為現地量測 N 值經正規化成 60% 自由落錘能量之修正值，該圖為根據淨砂土 (Clean sand) 之行爲所建立之關係。Seed 研究土壤液化問題時，發現飽和疏鬆砂土承受反復荷重後，孔隙水壓將逐漸增加，當孔隙水壓等於土壤之總應力而達到液化時，會產生無限量之變形，但隨砂土緊密程度之增加，其液化時之應變量將逐漸變小，亦即僅會引致有限量之變形，在工程規畫階段，若以基礎土層其液化潛能如何來選定結構物地址時，便須視結構物能忍受之變形量而定，只要液化時土層之應變量不超過結構物能忍受之程度，該土層便可視為合適之施設地址。Seed 為便於工程上之應用，於圖 2 內更建立一組曲線供研判土層承受反復荷重產生液化時應變量之大小，該圖顯示當淨砂土 ($D_{50}=0.25\text{mm}$) 且 $(N_1)_{60}$ 小於 10~15 時，土壤液化將產生大量之變形，但若其 $(N_1)_{60}$ 大於 10~15 時，土壤液化將僅產生有限之變形量，通常其應變量將小於 20%。

Douglas, Seed, Robertson 等學者於從事研究錐頭阻力 q_{ci} 與 SPT-N 值之關係時，發現各種土壤其 $q_{ci}/(N_1)_{60}$ 比值雖然不同，但同種類之土壤其比值常

為定值，且比值是隨土壤顆粒平均粒徑之增大而逐漸增加，其比值之分佈情形如圖 3 所示，為工程應用安全起見，Robertson 建議淨砂土其 $q_{ci}/(N_1)_{60}$ 比值選用 5， q_{ci} 為錐頭阻力經有效覆土壓力正規化之數值， $q_{ci}=q_c \cdot (\sigma'_v)^{0.5}$ ，Robertson 根據 $q_{ci}/(N_1)_{60}$ 之比值，將圖 2 內之橫軸由 $(N_1)_{60}$ 轉換成 q_{ci} ，因之該圖亦能顯示修正錐頭阻力與臨界反復應力比 (CSR) 之關係，Robertson 認為圖 2 僅適於有效覆土壓力小於 1.5kg/cm^2 時發生之液化現象，若土層有效覆土壓力大於 1.5kg/cm^2 時，於評估土層之液化潛能，須將該關係圖之剪應力比作適量之減小。圖 2 為根據地震規模 $M=7.5$ 及土壤為乾淨砂土所建立評估土壤液化潛能之關係圖，若地震規模不是 7.5 或砂土含有細料，則該關係圖須加以修正才能適用。

(1) 地震規模之修正

Seed 認為從液化觀點而言，若考慮地震之作用力為 $0.65 \tau_{vm}$ 時，不同規模之地震其主要不同在於其所產生反復剪應力之作用次數，根據 Seed 統計分析結果顯示不同地震規模其對應之作用次數如表 1 所示，若以地震規模 $M=7.5$ 之作用次數選定為參考標準，則不同地震規模其將產生液化現象之作用次數與反復應力比之比值 τ/τ_c 之關係圖如圖 4 所示，欲將圖 2 地震規模為 7.5 之關係圖修正成適用於各種不同地震規模，則須利用圖 4 內所顯示各種地震規模所對應之縱座標與圖 2 內之縱座標 (反復應力比 τ_{vm}/σ'_v) 相乘而得新反復應力比，因此可獲得各種不同地震規模下之錐頭阻力 q_{ci}

與臨界反復應力比之 τ_{mv}/σ_v' 之關係圖。

表 1 不同地震規模反復應力作用次數
地震規模 地震作用力為 $0.65 \tau_{mv}$
之代表作用次數

$8\frac{1}{2}$	26
$7\frac{1}{2}$	15
$6\frac{3}{4}$	10
6	5-6
$5\frac{1}{4}$	2-3

(2) 細料含量之修正

細料含量 (Fines content) FC 之定義是通過 200 篩 (0.075mm) 之重量百分比，某種砂土其細料含量若增加，則其壓縮性 (Compressibility) 將增加，在產生大應變 (Large strains) 時該現象特別明顯，錐頭阻力為一種大應變情形下之量測結果，因此當土壤之細料含量增加時，將使得土壤之壓縮性改變，也使量測之錐頭阻力有減低之情形，Kuerbins 認為砂土所含細料若為非塑性 (Non-plastic) 則對液化之阻抗 (Liquefaction resistance) 將維持不變。

Robertson 根據 Seed 之資料建議錐頭阻力 q_{ci} 因細料含量之修正量 Δq_{ci} ，圖 5 為各種 q_{ci} 值在不同細料含量 FC 狀況下之修正量 Δq_{ci} 之變化圖形，該圖形顯示在 $FC < 40\%$ 時修正量 Δq_{ci} 隨 FC 之增加而增加，但該圖在 $FC > 40\%$ 以上時，因土壤之排水性質完全改變，亦即貫入試驗過程將因細料含量之增加而由排水狀況逐漸變為不排水狀況，因此對高細料含量之砂土，其錐頭阻力不再適合用來評估不排水反復荷重作用下之液化阻抗。

決定土壤之細料含量，除採取試樣分析外，由 CPT 量測結果來估量亦是一種可行之方法，圖 6 為根據 CPT 試驗結果研判土壤分類之圖表，於第 6 區通常是淨砂或含少量細料之沉泥質砂，若在第 5 區則為沉泥質砂或砂質沉泥而其細料含量均大於 15%，隨著區數之減少而細料含量是逐漸增加。

Woeller 根據 CPT 之現場試驗資料指出細料含量與 CPT 試驗時超額孔隙水壓消散 50% 之時間有良好關係存在如圖 7 所示，該圖通常僅適用於消散 50% 時間 $T_{50} > 50$ 秒且細料含量大於 40% 之情況下，當 T_{50} 介於 10 秒與 50 秒時，則因錐頭之貫入過程是屬於部份排水之狀況，細料含量與 T_{50} 之間將不再有良好的關係存在。

前面所述細料含量之修正僅涉及錐頭阻力之修正量 Δq_{ci} ，分析時仍然使用淨砂土情況之反復應力比與錐頭阻力間之關係圖。Seed 根據現地土壤反應情形，建議一組不同細料含量之 τ_{mv}/σ_v' 與 q_{ci} 之關係圖如圖 8 所示。日本學者 Shibata 等研究細料含量之影響時，是依土壤不同之顆粒平均粒徑而建議一組關係曲線如圖 9，以供分析土壤之液化潛能，圖內 $(q_{ci})_0$ 為錐頭阻力 q_{ci} 經有效覆土壓力及顆粒平均粒徑正規化之數值。

$$(q_{ci})_0 = C_1 \cdot C_2 \cdot q_{ci}$$

式中

C_1 ：因有效覆土壓力之修正係數，

$$C_1 = \frac{1.7}{\sigma_v' + 0.7}$$

σ_v' : 垂直有效應力

C_2 : 平均粒徑修正係數, $C_2 = \frac{D_{50}}{0.25}$

三、根據剪力波速研判土壤液化潛能

針對一定強度 (Intensity) 及延期 (Duration) 之震動欲給剪力波速一界限值以判別某地區是否液化, 通常須根據現地之量測資料, 到目前為止, 雖然有關之量測數據仍然十分有限, 但很多事實均清楚顯示剪力波速能作為研判液化潛能之有效指數。

Robertson根據加州Imperial Valley地區之現地資料, 曾建議剪力波速之界限值為 140m/sec 以判別液化及非液化區, 剪力波速是孔隙比 (Void ratio) 與有效圍壓之函數, 對某一定孔隙比之砂土 (即固定密度), 其剪力波速將隨深度而增加, 因之欲訂出剪力波速 V_s 與臨界應力比 CSR 之關係圖以研判土層之液化潛能, 其剪力波速須先經有效覆土壓力正規化後再進行相關性分析。Hardin 及 Drnevich 曾明白指出剪力波速為有效覆土壓力之函數, 通常正規化之剪力波速可以下式求取。

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{1}{\sigma_v'} \right)^{0.25}$$

式中 V_s : 剪力波速
 V_{s1} : 正規化剪力波速
 σ_v' : 有效覆土壓力

圖 10 為 Robertson 所建議用以研判土壤液化潛能之正規化剪力波速與臨界應力比之關係圖, Robertson 研究發現細

料含量對正規化剪力波速與臨界應力比 CSR 僅有些微影響, 甚至無影響, 此點為以剪力波速來分析液化潛能較以 SPT-N 值或錐頭阻力 q_c 來分析為佳之處。

四、結論

震測錐貫入試驗由於具有三大特點(1)快速、經濟、有試驗標準規範及無人為誤差之優點(2)可根據試驗結果之錐頭阻力來研判土壤液化潛能, 若再加上其它試驗結果如摩擦阻力、孔隙水壓等亦能研判土壤之所屬種類及細料含量情形, 因此可使液化潛能之研判分析能快速、方便及正確之進行(3)亦能根據不受細料影響之剪力波速來輔助分析土壤液化潛能, 使液化潛能分析工作能達到較正確之境界。

使用震測錐試驗結果評估土壤液化潛能, 亦應了解該方法基本上有二個小缺點(1)因為錐頭阻力不僅受細料含量之影響, 同時亦為土壤顆粒組織 (Fabric) 及其礦物成份 (Mineralogy) 之函數, 因此進行含細料土壤之液化潛能分析, 若使用僅考慮細料含量影響之相關圖形來分析, 其結果與實際情形可能存有某些差異, 但就工程應用而言, 本文所敘述土壤液化潛能分析方法仍有其一定之價值。(2)土壤液化時產生之應變量雖然於分析時亦能求得, 但通常那僅是一種粗略概估, 若欲精確了解變形量之大小, 則須採取土樣進行室內試驗先求取土壤之殘餘強度 (Residual strength) 然後再進行精確之變形量分析。

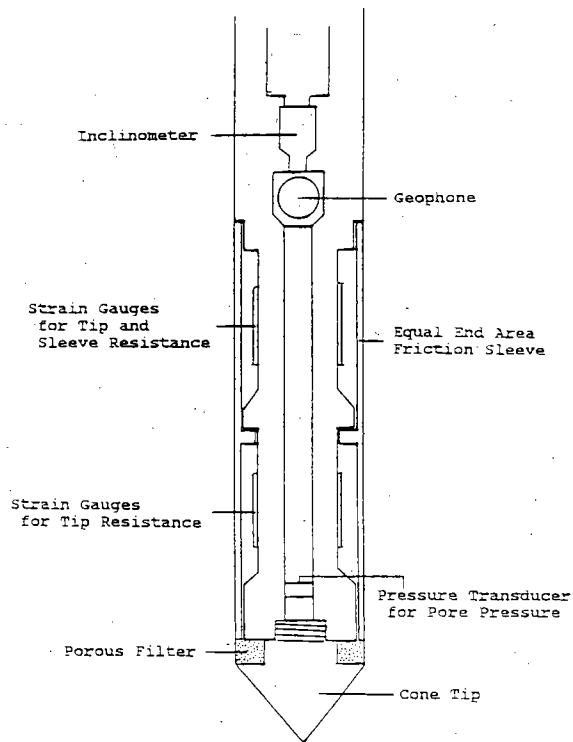


圖 1 震測錐結構示意圖

CORRELATION FOR "CLEAN SANDS"

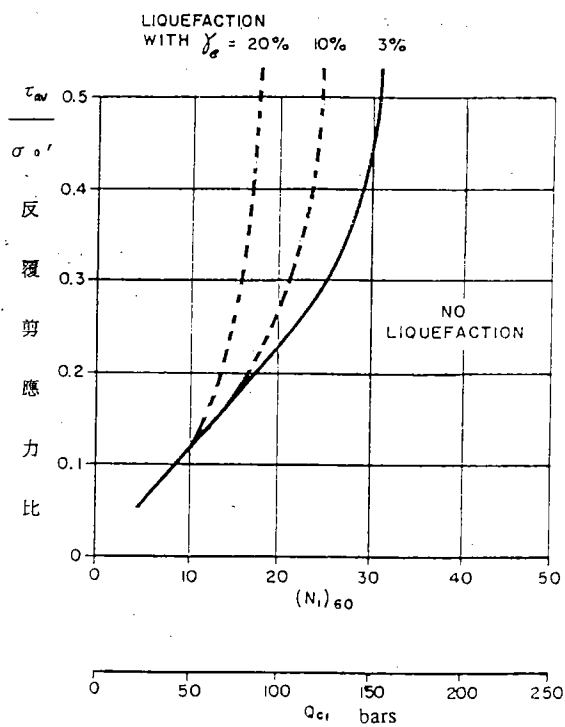


圖 2 以 SPT-N 值或錐頭阻力 Q_{c1} 評估淨砂土之液化潛能

BASED ON ENERGY RATIO OF 60% (N_{60})

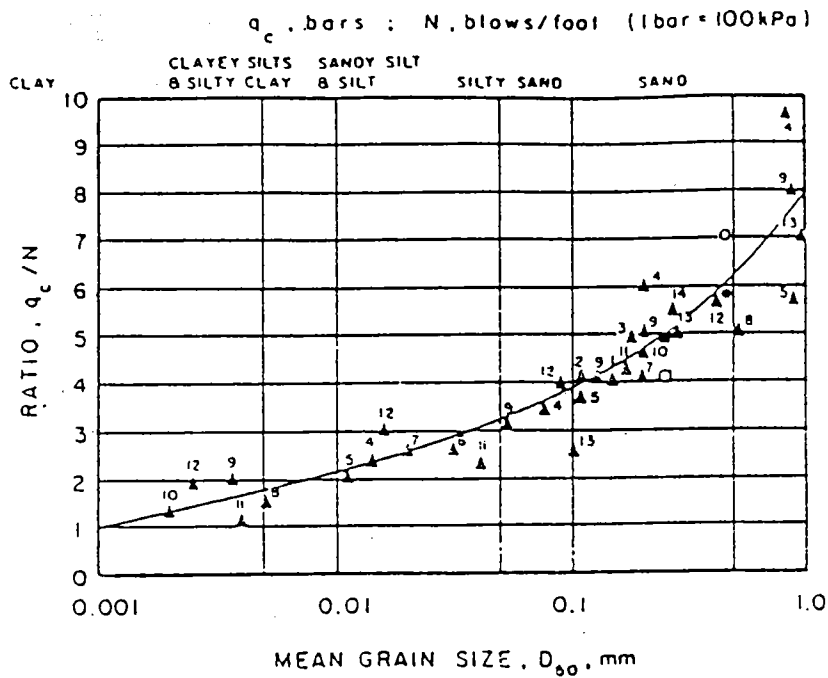


圖 3 q_c/N 隨顆粒平均粒徑變化圖

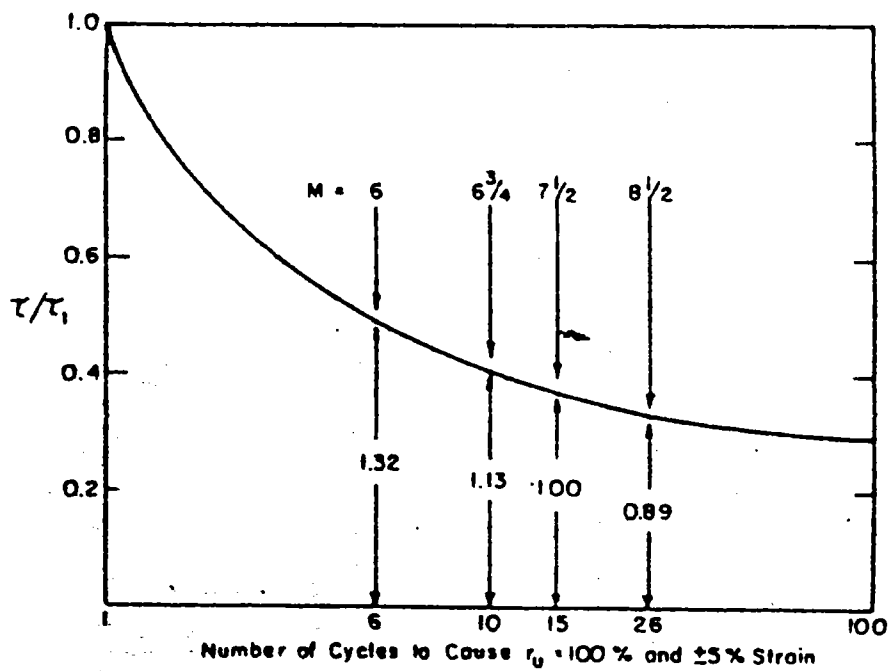


圖 4 各種地震規模產生液化時應力比值與作用次數之關係

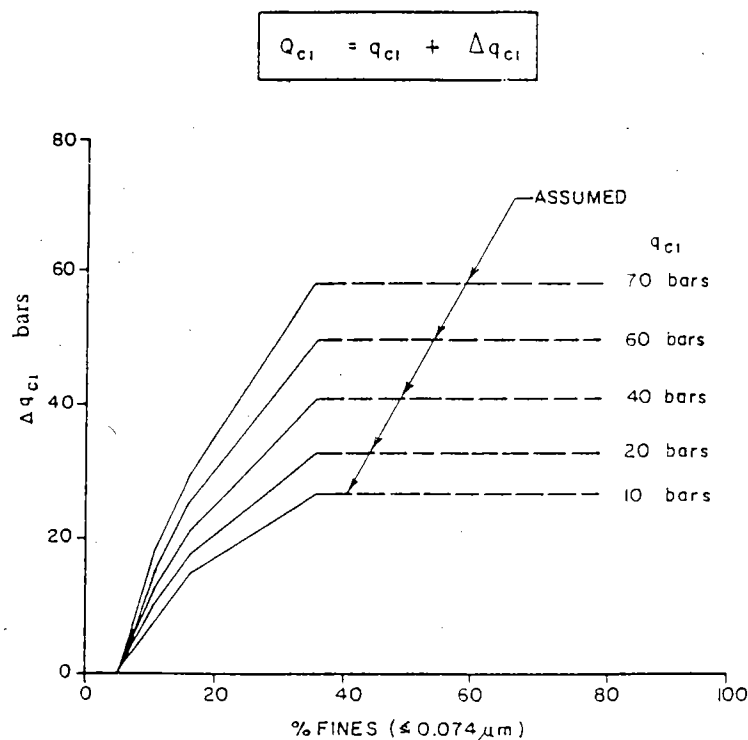
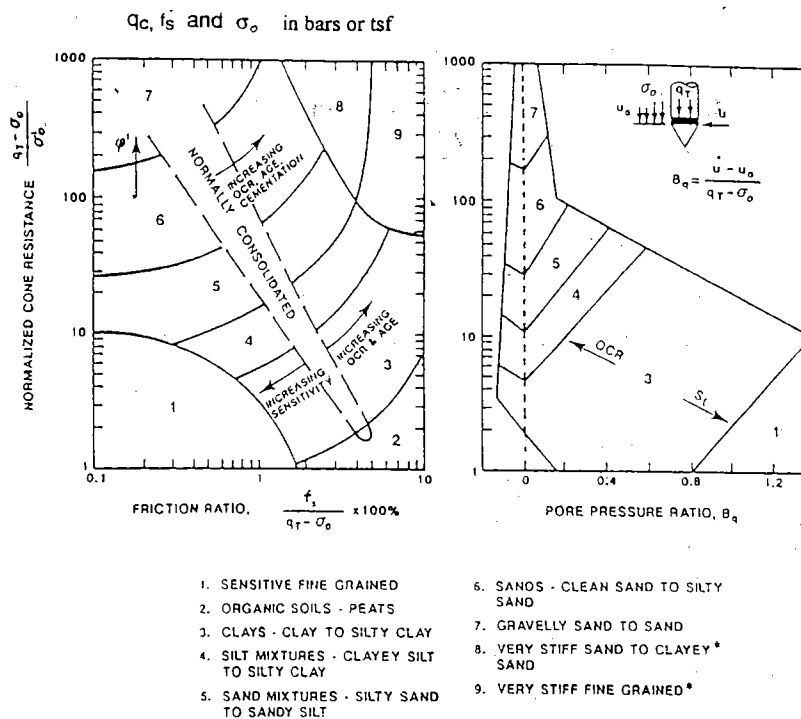


圖 5 不同細料含量之錐頭阻力修正量



(*) HEAVILY OVERCONSOLIDATED OR CEMENTED

圖 6 依CPT試驗結果之土壤分類圖

Plasticity Index ≤ 11

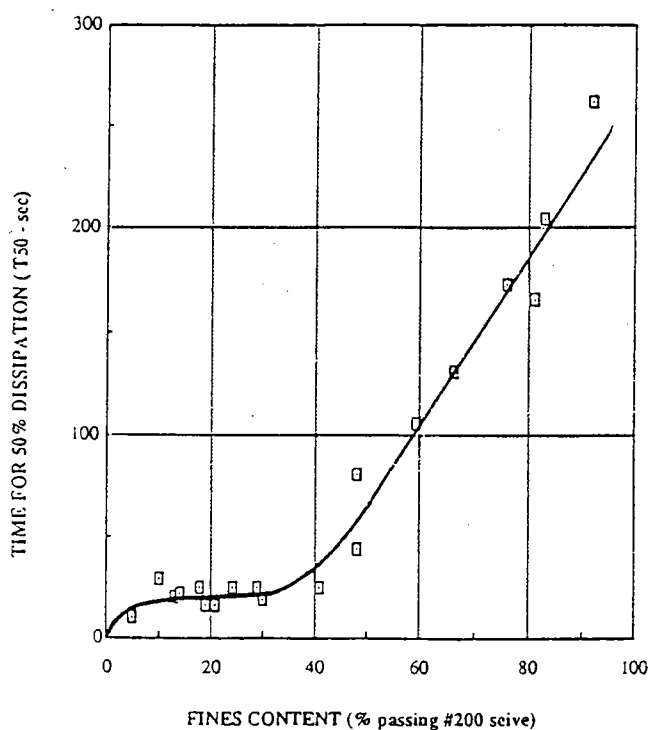


圖 7 細料含量與50%消散時間關係圖

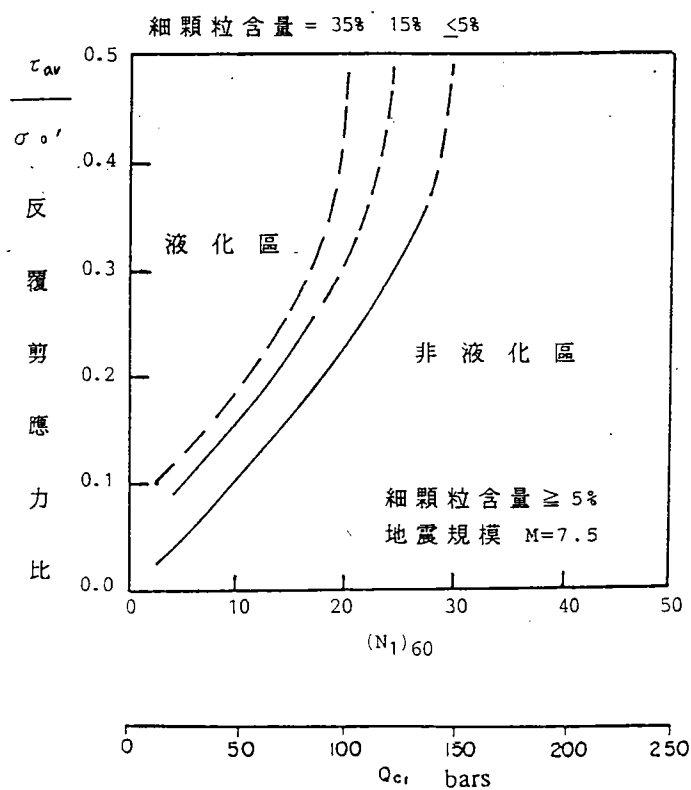


圖 8 不同細料含量情況之液化潛能評估

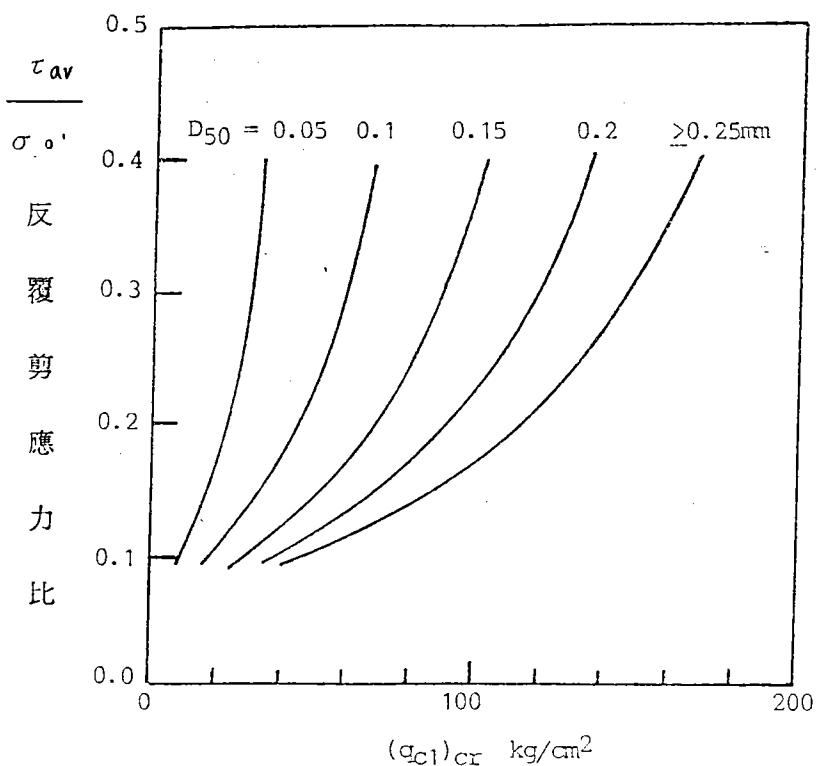


圖9 不同土壤顆粒平均粒徑之液化潛能評估

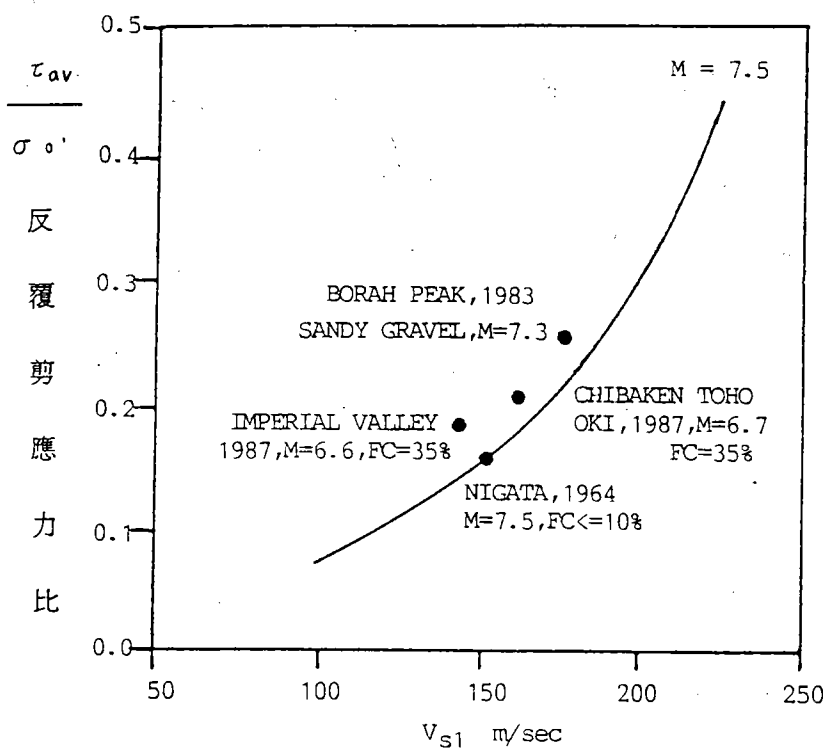


圖10 剪力波速與臨界反覆剪應力關係圖

「海岸工程短期研習會 (問題與對策)」簡介

曾哲茂 港研所副研究員

本所八十二年度海岸工程短期研習會於本(82)年3月23日至25日在本所舉行，為期四天。全省各相關單位人員到來參加人數達七十人，反應相當熱烈。此次研討會主題係針對國內目前工程上普遍遭遇到之問題進行探討並提出因應對策，頗具參考價值。茲將研討主題簡單介紹如下：

一、『臺灣各港口問題探討』—港研所所長張金機

1. 探討蘇澳、花蓮兩港在巨大風浪侵襲時港池不穩靜，造成船舶無法碇靠，甚至斷纜之水理機制，提出解決構想。
2. 介紹台中、花蓮兩港港灣建港對鄰近海岸沖擊。
3. 檢討規劃中之港灣建設計畫。

二、『臺灣沿海地區超抽地下水引致地層下陷問題之探討』—港研所大地工程組組長李豐博、副研究員賴聖耀

首先說明超抽地下水與一般荷重引致土層下陷行為之異同處，然後介紹如何以 ROWE CELL 壓密試驗及 CPTU 消散試驗推求土壤之沉陷特性，最後探討雲嘉、屏東地區地下水位變化與地層下陷之關係。

三、『海岸保護對策—人工養灘之規劃及設計』—港研所海岸工程組組長黃清和

比較人工養灘與其它防蝕—如構築海堤、護岸、突堤群以及離岸堤等之優缺點並說明養灘規劃時應注意事項。同時對人工養灘之設計準則，依所需設計資料、養灘型式、橫斷面、(包括養灘數量、地點、坡降以及空間條件等)，回填及挖掘區應考慮之事項等作一簡介。同時探討補注沙源底質不佳時應如何改善以及成本之計算等。最後說明人工養灘之執行方法與步驟。

四、『潮汐特性及預報模式使用介紹』—港研所研究員蘇青和

1. 介紹天文潮之物理特性、調和分析原理、預報模式使用
2. 學員現場電腦操作實習。

五、『海洋環境下工程材料耐久性之探討』—港研所港工材料組組長陳桂清、副研究員饒正

海洋環境下結構物易受鹽害侵襲，造成材料腐蝕劣化，致使結構物失去其耐久性。本文以港灣結構物調查之實例，介紹各項檢測技術、腐蝕原理以及防蝕措施等

。六、『海岸重大工程開發相關問題之調查』—成大水工所所長黃煌輝介紹重大海域工程施工前各項背景資料建立、調查研究之重要性及與工程社會成本之相關性。再者，說明各項調查研究項目、方法、範圍、步驟及分析相關特性。最後則討論台灣四周海域工程開發之觀念。

七『臺灣海岸地區環境資源保育問題之探討』—臺大地理研究所教授張長義探討臺灣海岸地區因未作好國土規劃，以致河川及近岸水域的污

染無法有效防制，海岸工程建設規劃未能因地制宜，造成海岸侵蝕及國土流失，進而影響海岸生態平衡；加以人民守法觀念和自然保育知識不足，促使臺灣海岸的環境品質日益惡化所造成的各種環境問題。

八、『海灘地形變化數值模式分析』—臺大造船及海洋研究所教授林銘崇

說明海岸地形變遷數值模擬之基本概念及其各種數值模式，並比較各模式之優缺點，其次扼要說明進行海岸地形變遷數值模擬之流程，並舉應用實例。