

***** 要 目 *****

- ◎訪雲林縣廖泉裕縣長漫談
—雲林縣西海岸海埔地擬開發離島式基礎工業區概述
- ◎訪嘉義縣陳適庸縣長談
—外傘頂洲東石附近海埔新生地開發計畫
- ◎研究動態——物體衝擊水面之研究現況
- ◎雲嘉沿海地區地盤下陷概況
- ◎一種所謂的“海灘前進系統”
—Beach Advancer System
- ◎海岸保護工程尖兵系列報導(二)
—元鼎塊，雙U塊，利水塊
- ◎熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程之設計施工研究
- ◎澳洲雪梨港海底隧道簡介
- ◎暴風浪對重力式海域基礎之效應
- ◎大地結構之新工具—離心機
- ◎電探儀量測系統及其在地球物理探勘之應用
- ◎標準化／統一化的電腦作業系統 UNIX

中華民國八十年元月出版

目 錄

◎訪雲林縣廖泉裕縣長漫談	
— 雲林縣西海岸海埔地擬開發離島式基礎工業區概述	
黃濟和 港研所海工組組長	1
◎訪嘉義縣陳適庸縣長談	
— 外傘頂洲東石附近海埔新生地開發計畫	
黃濟和 港研所海工組組長	2
◎研究動態—物體衝擊水面之研究現況	
林銘崇 台大造船工程學研究所教授	5
◎雲嘉沿海地區地盤下陷概況	
林永德 農委會技正	6
◎一種所謂的“海灘前進系統”—Beach Advancer System	
莊甲子 港研所副所長	7
◎海岸保護工程尖兵系列報導(二)	
— 元鼎塊，雙U塊，利水塊	
施國富 安川利水工業股份有限公司總經理	10
◎熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程之設計施工研究	
莊秋明 台灣省公路局副技術長兼規劃處副處長	13
◎澳洲雪梨港海底隧道簡介	
李紹先 亞洲水泥公司副研究員	15
◎暴風浪對重力式海域基礎之效應	
陳俶季 國立海洋大學河海工程系教授	18
◎大地結構之新工具—離心機	
李崇正 國立中央大學土木系副教授	21
◎電探儀量測系統及其在地球物理探勘之應用	
趙光華 港研所	23
◎標準化／統一化的電腦作業系統UNIX	
蘇青和 港研所	25

訪雲林縣廖泉裕縣長漫談

雲林縣西海岸海埔地擬開發離島式基礎工業區概述

港研所海工組組長 黃清和

政府為因應我國未來十年經濟與工業之持續發展，認應朝基礎資源型工業，其設廠多需利用大面積之土地，雲林縣政府為便利整體規劃、開發、集中管理，擬開發該縣西海岸海埔地以提供使用。開發模式則採取離島方式闢設以兼顧工業發展與環境保育，同時納入住宅新社區、文教、休閒、遊樂等各種機能，以達到「開發效益回饋地方，開發成果與地方共享」之目標，並藉此清弭區域開發之差距。

基礎工業區位於雲林縣台西、麥寮沿岸，北起濁水溪，南至箔子寮漁港北面，南北延長約23公里，寬度在3至4公里之間，包括已開發完成之台西、新興、麥寮三區海埔地（面積約2,000公頃），合計開發面積約8,300公頃。本工業區擬開發範圍內除三區已開發完成之海埔地外，其餘目前為平緩潮間帶，鄰近居民用以養殖牡蠣為主。至於已開發之三區海埔地中，台西區及新興區多半已出售私人經營利用，惟台西區除漁塢及漁民住宅外，尚包括一處海洋觀光公園及水產試驗所。至於麥寮區則剛開發完成，尚未出售。

離島工業區距台西、麥寮既有聚落約2~5公里，都市化設施明顯不足，對外交通僅台17號省道靠近本區，距離在2~4公里間，外有六條縣道通達本區。至於高速公路、台一號省道、縱貫鐵路等，距本區約在30公里以上，計劃中之第二高速公路支線元長交流道距本工業區約19公里。有關本工業區30分鐘通勤範圍內之社經背景如下：

一自民國60年至76年人口成長率為負0.37%，成長率偏低，人口外流嚴重。

一第一次產業人口比率高達44.37%，顯示工商業成長緩慢就業機會不足。

一民國75年，每戶每年平均收入僅290,198元為台灣地區平均值之70%

一附近都市計劃局可容納人口約242,380人
廖縣長有鑑於此，為提供就業機會，抑止

人口外流，繁榮地方經濟，加速地方建設，擬在該區透過有計劃開發工業區，引進製造業，故初步規劃構想

(1)引進產業方面一如煉油業、石化上游基本原料及中游中間原料、煉鋼業及基本金屬材料業、金屬製品及機械業、食品及其他地方資源型工業、電廠等。

(2)相關產業方面一如運輸倉儲服務業、產業技術研務中心、職業教育訓練服務業、金融保險業、醫療服務業、觀光休閒服務業等。

(3)規劃原則

①考量環境資源之供給特性及基礎工業區開發需求，合理配置開發範圍內之各種土地使用。

②規劃內容需符合興辦工業人之需求，包括建廠用地環保設施空間、碼頭之吃水深度與長度以及製造過程上所需設施之佈置條件。

③塑造本區為一適合工業發展與居住之工業城鎮，配合員工及眷屬之居住需求，規劃多樣性、自足性之住宅社區，以適當之開放空間系統及便利足夠之公共設施，增進住宅社區之景觀品質與寧適性。

④考慮需求面因素、施工機具之能量及相關自然環境以及中鋼爐渣、台電煤灰棄置等問題，研擬分期分區之時程與範圍，俾資金之投入能發揮最高效益，工程之推動能如期完成。

⑤整體規劃將考慮自然及人文環境之可能變遷，預留能做彈性修正與配合之空間。

(4)規劃之構想

本工業區雖採離島方式，惟整體規劃仍將考慮鄰近地區之自然環境、資源特性、土地使用型態、都市計劃、運輸系統及既定

相關計劃間之配合，以提高整體開發效率，其初步規劃構想之要點如下

- ①為維護沿岸地區之自然資源與環境，本案基本上採離島方式闢建，隔離水道擬約500公尺寬，再以綠帶縵圍，由內陸望去，除這處之煙囪項外，不見任何廠房。
- ②基礎工業區上除提供工廠生產用地外，並依工業安全及環保、景觀上之需要，於適當位置設綠帶及其他開發空間，此外為配合工業營運，亦提供工商及個人服務設施。
- ③港區之配置，基本上屬工業港性質且為提昇工業區之形象，擬以開敞而有系統之綠化開放空間及適合本地區之植栽、造景，構成一處綠意盎然之工業圍區。

此外，整個工業區之開發，除將配置綠化景觀休閒設施，以提昇當地之環境品質外，於開發前並將進行環境影響評估工作，分別預擬(1)水污染防治計劃，如作二次防護，除工廠之排放管制外，另設廢水處理廠、設置水污染生

物指標及監測檢驗設施等(2)空氣污染防治計劃，如設置空氣污染指標及監控檢驗設施等(3)廢棄物處理計劃，如建議各廠應將廢棄物先行分類，並考慮廢棄物回收再用措施，而全區廢棄物最終處理，以在區內築堤構造掩埋場與燃性廢棄物一起掩埋為原則。

而整個工業區之開發效益除可提升工業水準，擴大產業關聯之波及效果，並開發海埔地，促進土地資源有效利用外，將因整體規劃、集中管理可有效控制工業污染，且對國家而言亦可達到區域均衡發展目標。對地方效益而言本工業區全部開發利用後，估計每年可增收地價稅5.6億元以上，房屋稅估計每年可增收16.2億元等除可增加地方稅收外，尚可提供地方就業機會（估計可容納就業員工約40,000人以上），並加速公共設施與周邊社區之建設以及提升鄰近地區之生活層次。同時離島式工業區之開發亦可配合雲林科技工業區之建設，藉由二者共同發展，將可降低公共建設投資分擔比例，並增大公共建設之投資效益、使用頻率等（資料來源由雲林縣政府提供）

訪嘉義縣陳適庸縣長談—— 外傘頂洲東石附近 海埔新生地開發計畫

港研所海工組組長 黃清和

民國79年10月23日下午4時，筆者為瞭解嘉義縣政府有關外傘頂洲開發計劃等，特別拜訪了陳縣長，僅就目前縣府該區之規劃事宜作一概述報導如下

• 計劃緣起

根據以往土資會及水利局初步調查，台灣地區可供開發利用之海埔新生地面積約54,000公頃左右，其中嘉義縣沿海即佔13,100公頃之多約佔全省四分之一。惟此寶貴土地資源過去一直受財力及人力之限制，迄今僅止於零星之開發階段缺乏一整體性規劃，加以外傘頂洲過去一直對布袋港與海域穩定具有重要屏障功能，卻因北面濁水溪、北港溪等砂源歷年來由於上游修建水壩以致砂源日漸減少，附近海灘遂由淤積性海岸逐漸轉變成為侵蝕性海岸，亟待作

更有效之保固措施以確保沿岸之安全與鞏固海域背後產業之發展，故歷任之縣長自涂德琦、何嘉榮至陳縣長本人即非常重視該問題，無不以外傘頂洲東石附近海埔新生地之開發並配合交通部深水港闢建，以利區域綜合發展作為其施政之重點。

• 計劃範圍

外傘頂洲昔日面積廣闊如沙漠，但自河川實施整治後，除在南端尚存140ha左右沙丘地外，小潮滿潮時可露出約550ha。根據資料顯示，自1720年到1979年間，灘地面積減少6300ha，流失土方60,000萬立方米，每年平均約1,000萬立方米，縣府擬開發之計劃範圍北起雲林縣箔仔寮漁港南至嘉義八掌溪河口之間，主要為由海岸線向海延伸形成之外傘頂洲內一

一萬二千公頃之淺灘地，屬稱嘉義海埔地。

• 規劃方案

本計劃開發面積廣達8350公頃左右，為國內罕見之大規模海埔地開發計劃，一般而言最適合於基礎工業，如中鋼、中油、台電等工業局系統下需大面積設廠之國營事業屬基礎工業重鎮，但因這些重工業易生污染公害，除作有效污染防治外，自以能與陸地有適當之隔離開發此海埔地為宜，然據陳縣長言，地方民情並不希望本區域有此重工業之設廠，按縣府之構想，該區之開發計劃其規劃方案有三

第一方案

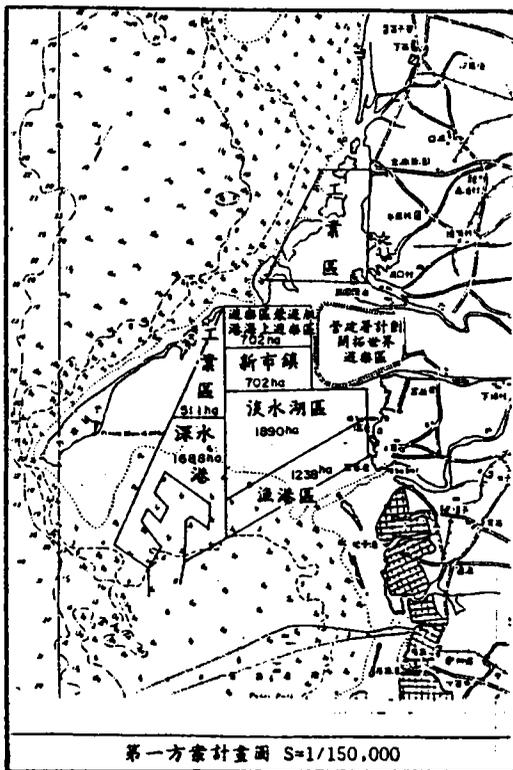
以淡水湖做為中心，四周配合各種區域如圖

- 1. 淡水湖 1890公頃
- 2. 深水港區 1688公頃
- 3. 工業區 511公頃
- 4. 漁業區 1238公頃
- 5. 新市鎮區 702公頃
- 6. 遊樂區 702公頃

合計 6731公頃

(扣除淡水湖面積1890公頃)

實際面積4841公頃



第二方案

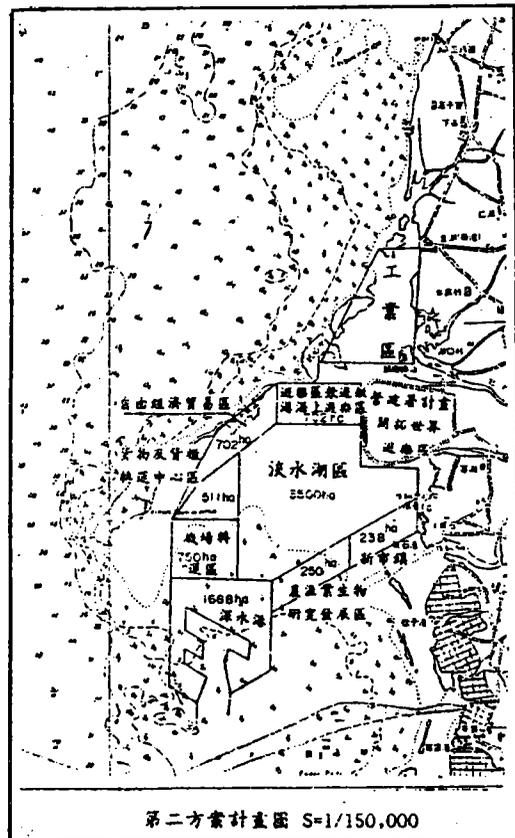
以淡水湖做為中心，四周配合各種區域如圖

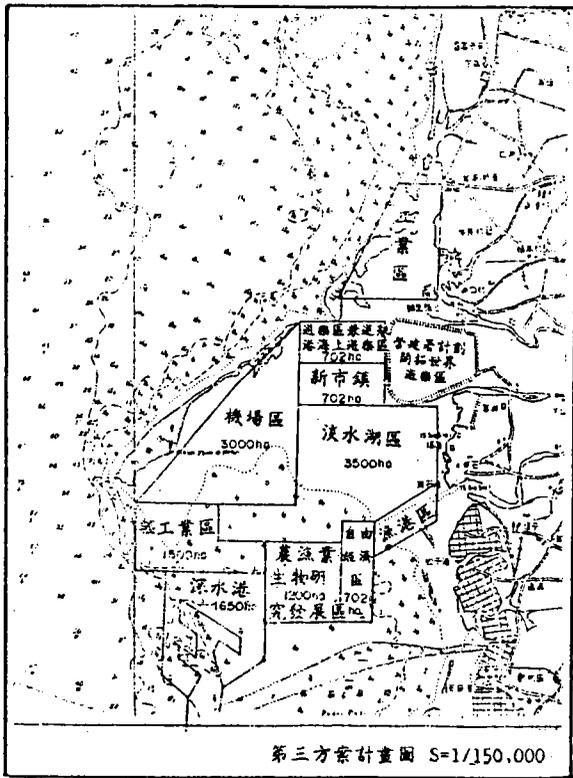
- 1. 淡水湖 3500公頃
- 2. 深水港區 1688公頃
- 3. 工業區 511公頃
- 4. 自由經濟區 702公頃
- 5. 新市鎮區 238公頃
- 6. 遊樂區 702公頃
- 7. 生物研究區 250公頃
- 8. 機場區 750公頃

合計 8341公頃

(扣除淡水湖 3500公頃)

實際面積 4841公頃





第三方案

以淡水湖做為中心，四周配合各種區域
如圖

- | | |
|------------|--------|
| 1. 淡水湖 | 3500公頃 |
| 2. 深水港區 | 1650公頃 |
| 3. 工業區 | 1500公頃 |
| 4. 自由經濟貿易區 | 702公頃 |
| 5. 遊樂區 | 702公頃 |
| 6. 轉運機場區 | 3000公頃 |
| 7. 生物研究區 | 1200公頃 |
| 8. 新市鎮區 | 600公頃 |

合計 12854公頃
(扣除淡水湖 3500公頃)
實際面積 9354公頃

• 海埔新生地填築可行性

本計劃主要結構物為海堤及溝堤兩種断面，其断面均需用沙土作為中間堤身，外側再以塊石及消波塊保護成為整個堤防断面，據估計

——海堤填方	1,680,000立方米
——溝堤填方	
內圍體積	2,380,000立方米
外圍體積	1,100,000立方米
——基地填方	
遊樂區、自由經濟區	28,080,000立方米
工業區	12,775,000立方米
深水港區	67,520,000立方米
生物研究區、機場區及新市鎮區	18,570,000立方米
合計	126,945,000立方米
——填方總數	132,105,000立方米
——土方來源	
深水港泊地	24,690,000立方米
淡水湖	50,000,000立方米
布袋港外海	25,000,000立方米
北港溪外海	40,000,000立方米
合計	139,690,000立方米

• 開發工程概算

海堤	2,637,500,000元	區內公共設施費	895,585,000元
溝堤	940,000,000元	閘門工程	40,000,000元
淡水湖內舖裝工程	141,000,000元	深水港碼頭及防波堤	(另計)
淡水引水費	12,000,000,000元		

覆土 3,630,750,000元
合計 20,284,835,000元 = 203億元

• 開發成本

每公頃 $20,284,835,000 / 8341 = 2,431,943$ 元 = 243萬元

• 開發效益

以淡水湖3500公頃為中心，四周圍配合海上遊樂區、自由經濟貿易區、貨櫃轉運中心區、轉運機場、深水港、漁農生物研究區、新市鎮區等七種綜合開發計劃，則可預期獲致如下效益：

1. 海埔地新國土造成效益
2. 保護西海岸國土安全效益
3. 增加海陸上遊憩休閒區效益
4. 開闢雲嘉地區優良深水港效益

5. 促進農漁生物高科技發展效益
 6. 增加自由貿易區之效益
 7. 增加貨櫃轉運區之效益
 8. 增設轉運機場之效益
 9. 新開闢新市鎮區之效益
 10. 水資源開發效益
 11. 可防止沿海地盤繼續下陷之效益
- (資料來源：嘉義縣政府外傘頂洲東石附近海埔新生地開發可行性研究報告書)

研究動態—物體衝擊水面之研究現況

台大造船工程學研究所教授 林銘崇

物體衝擊水面之問題，已有許多工程應用例與此有直接關連，例如水上飛機在水面上降落時，其降落板會受到瞬時的衝擊力；又如海上鑽油平台矗立在海面上的支架，隨時受到波浪衝擊力的作用；再如一艘船在波濤洶湧的海上行駛時，船艙被海浪舉起而再度入水時所受到的衝擊力等；這類問題最早在1932年曾由德國人Wagner所探討。

即使假設流體為不可壓縮，且撞擊物為剛體之情況下，此問題仍具有相當之複雜性，因為：

1. 衝擊之剎那引起之流體運動型態不能事先預估。
2. 衝擊物與水面連接之區域界限亦是未知。
3. 在衝擊線(點)屬於三相問題，會產生奇異現象。

以上的三點困難，我們在定量上可以藉著理想化之模式以數值方法求得此衝擊過程，但定性上必須以近似解來探討此現象較為合理。

至於在實驗上，已證明了作用在物體上的衝擊力在極短時間內即達極端值，但到目前為止仍無嚴謹的數學式可以描述此問題，最近有用Matched asymptotic expansion method以求得其解析解似乎行得通。另外液體掉落在物體上之現象與此問題相似，因此也可以藉觀察此種現象來探討這問題。

另外再依撞擊物之外型有如下之二種分類：

(1) 鈍形物 (Blunt Body)：與水撞擊之剎那為“面”接觸，會產生氣洞 (Cavity)，能夠降低衝擊力，如圓球。

(2) 尖形物 (Point Body)：與水撞擊之剎那為“點”接觸，並不會產生氣洞，如楔形體 (Wedge)。

由於這二類物體會引起不同之邊界，在數值計算上必須特別分辨清楚。因此，目前的研究方向也都是以鈍形物與尖形物為主，並同時假設衝擊在靜水面之情形。

以上之處理均以理想化之模式來簡化問題，但實際上之問題尚包括以下四點：

1. 速度變化：當物體以U之速度衝擊水面後，其速度會變慢，但目前仍視為U來處理。
2. 有限水深：若水深不很大時，其情況與無限水深之情形不同，目前大都以無限水深來處理，僅有部分作品探討有限水深。
3. 重力與表面張力之考慮：一項簡單的數據顯示對於 $U = 10^4$ cm/sec 之衝擊而言，重力與表面張力均不可忽略。
4. 黏滯力：目前只有部分研究將黏滯力加入考慮。

當然，有關本問題之未來研究潛力，除了將以上四點問題分別考慮外，還要考慮三維之物體所受之衝擊力，以模擬真實情況，對海洋工程之研究而言，這是一項新的挑戰。

雲嘉沿海地區地盤下陷概況

農委會技正 林永德

台灣西南沿海地區普遍均有地盤下陷現象，其中以屏東沿海地區之累積最大下陷量2.5公尺為最嚴重，雲林、嘉義地區之累積最大下陷量約1~1.5公尺次之。但因雲林、嘉義沿海地區地勢平坦，地盤下陷範圍遼闊，受災情形最為嚴重。茲就雲嘉沿海地區地盤下陷的成因、地盤下陷之調查與判識、受災情形、地盤下陷之防止及相關建設應考慮事項等說明如下：

一、地盤下陷的成因

(一)地質軟弱—自明末鄭成功於台灣屯墾以來，雲林、嘉義、台南地區因河川沖積而形成五萬多公頃土地，這些沖積地層，預壓密情況不佳，如因地下水位下降或地面荷重增加等改變土壤應力的情況，很容易發生地盤下陷。此次北港溪河口最為明顯，從地質資料可以看出砂與沉泥重疊交錯，從地下水位資料可以看出北港溪河口是個地下水位之沉降錐，從地盤下陷資料也可以判斷北港溪河口一帶是個地盤下陷中心。

(二)地下水超抽—世界上許多國家均面臨超抽地下水造成地盤下陷的問題。如有地下水位下降而地盤未下陷者，只是該地區土壤預壓密情況良好，地盤下陷發生之時間延後而已，遲早總會發生。台灣地區以屏東沿海地區地下水位每下降五公尺，地盤下陷一公尺最嚴重，雲林嘉義地區則約地下水位下降30公尺才造成地盤下陷一公尺。但因地下水位下降範圍遼闊，嘉義縣高速公路以西地區之地下水位均已在平均海水面以下，在此範圍內，即使未發生地盤下陷，也有可能發生地下海水入侵之現象。

二、地盤下陷之調查與判識

地盤下陷是在無聲無息的情況下進行著，因此地盤下陷區的人們也往往等到發生災害才察覺到地盤下陷。為了瞭解下陷情形，地盤下陷區之調查工作必須經常進行。一般之調查與判識方法如下：

(一)裝置地盤下陷觀測儀—雲林、嘉義兩縣都裝有地盤下陷觀測儀，但因只能在固定點觀測，無法瞭解地區性之下陷情形，且因地下沖積層太厚，量得的下陷量偏小，只能做參考用。

(二)水準測量—每隔一、兩年就辦理一次全面水準測量，可以獲得這一、兩年間全面之地盤下陷資料，目前雲林、嘉義兩縣海岸地區之測量工作係由台灣省水利局負責辦理。

(三)海水可到達地區建築物之判識—地盤下陷後，感潮排水路內之水位很容易越堤，而需加高堤岸，以嘉義縣六腳排水堤岸而言，目前已加高1.4公尺，其地盤下陷之情況亦可由此推斷。

(四)井管突出—在地盤下陷區，地面之下陷量較井管之下陷量為大，因此常有抽水井井管突出之現象。

三、受災情形

(一)海水倒灌—雲嘉沿海地區最嚴重的地盤下陷災害就是海水倒灌，地盤下陷區端賴海堤、防潮閘門、排水路堤防來防止海水倒灌。只要其中一樣出問題，就可能造成數百公頃至數千公頃之海水倒灌。雲嘉沿海地區多養殖魚塢，大都引取海水養殖，因此防潮閘門與他們的利益相衝突，因而防潮閘門常遭破壞。雲嘉地區海水倒灌最頻繁的為雲林縣口湖地區、嘉義縣布袋鎮、東石鄉網寮、白水湖地區，近年來則擴張至雲林縣台西地區。一旦發生海水倒灌後，土壤鹽化，每每又轉成養殖魚塢，促進地盤下陷，而成惡性循環。

(二)排水情況惡化—沿海地區地盤下陷後，地面高程低於海水面，常不能以重力排水，豪雨時極易造成淹水現象。雲嘉沿海地區大都排水不良，將來可能需以機械排水才能解決。

四、地盤下陷之防止及相關建設應考慮事項

- (一)地盤下陷之防止—地盤下陷之成因以地下水超抽占較大部分，因此要防止地盤下陷還是要從防治超抽地下水著手。然而雲嘉地區之地盤下陷型態大都為地下黏土層收縮，縱使地下水位不再下降，地盤下陷仍要持續數年。目前雲嘉沿海地區抽取地下水仍以養殖漁業之用量為最大，目前政府正積極推動輔導養殖漁業減抽地下水，如能成功，地盤下陷才能緩和下來。
- (二)相關建設應考慮事項—目前有關地盤下陷之調查均著眼於海岸線以上部分，地盤下

陷對於海岸線以外之影響如何則甚少研究，兩年前，台灣省水利局曾辦理雲林台子村外海地形變化調查，其結果顯示海堤外之地形略有變化。今後在海岸線外之重大建設均應考慮：(1)地盤是否下陷，如是，則下陷量應預留多少？(2)鄰近地區的地盤下陷對計畫本身的影響程度，因嚴重之海水倒灌常常積水不退，可能迫使計畫區對外交通斷絕。目前，在沿海地區之建設如防潮閘門，海堤等，均考慮到地盤如再下陷有如何因應，如再下陷一公尺以內，尚可以改善或加高的方法解決。

一種所謂的“海灘前進系統” —Beach Advancer System

港研所副所長 莊甲子

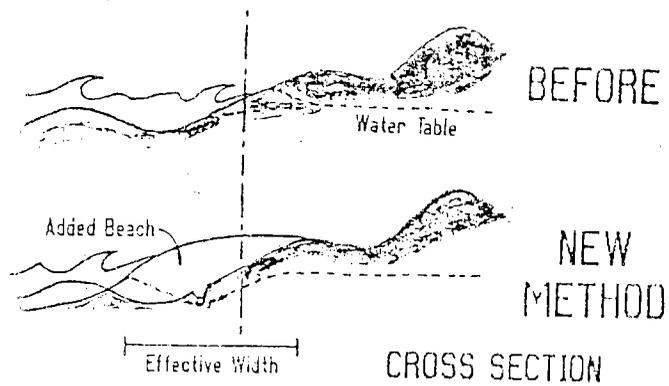
海岸的沖刷與國土的流失為現今世界上許多國家所面臨且急於解決的問題。在於過去以至於現今，築造“硬體結構物”，如突堤、防沙堤、防波堤、離岸堤、海堤及異形塊之拋放等為最常使用的方法。惟在某些特殊地域，為保持原有海岸的自然景觀，常需以海灘養護 (beach nourishment) 以達到保護的目的。

但此海灘養護中，則需找到沙源以“餵”沖刷區。此種以灘養灘之方法將所費不貲。

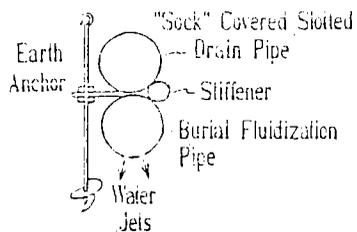
最近有一種新的海灘養護方法，即利用所謂的“海灘前進系統”以保持 (hold) 海灘原有之沙並進而能逐漸的產生堆積現象。此種海灘保護之原理，為在海岸沙灘下抽水，借降低其地下水位線，並可增加海水入滲，使得沖上

(rush up) 之波所夾帶之泥沙沖下 (rush down) 時，降低速度並被吸附 (soak) 於沙面而不再流回外海，以達到沈積定沙之目的，其簡單示意如圖一。至於地下抽水管之埋設器，則如圖二所示。

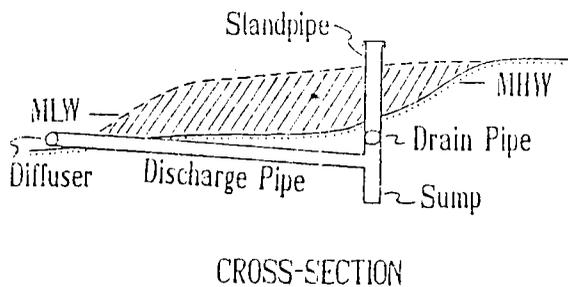
埋管之法為利用沖蝕管 (burial fluidization pipe) 加壓造成向下之噴流以沖蝕沙溝並利用土錨 (earth anchor) 向下埋置，連帶使得連接於其上之排水管 (drain pipe) 下沉。埋置完成後之沙灘下排水管的橫斷面、縱斷面及平面配置分別如圖三、四及五所示。



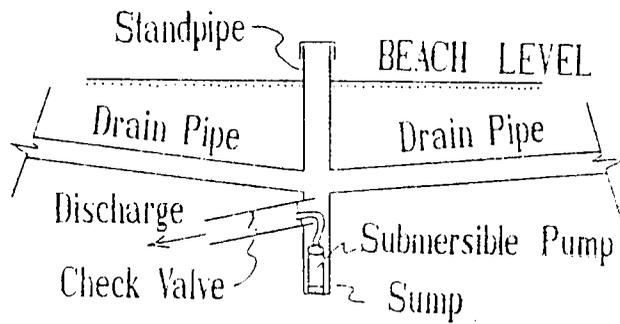
圖一 海灘沈積定沙原理



圖二 地下抽水管理設器

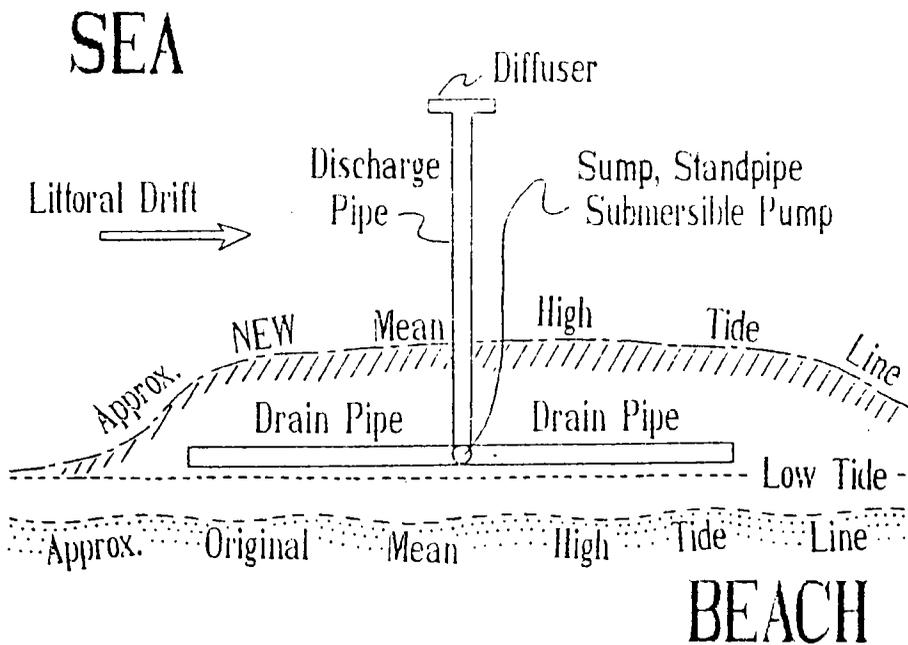


圖三 海灘前進系統橫斷面



PROFILE VIEW

圖四 海灘前進系統縱斷面



PLAN VIEW

圖五 海灘前進系統平面配置圖

上述系統的海灘定沙效應為逐漸且緩慢的，因此其對海岸區之植物群（flora）與動物群（fauna）的生態影響不大。同時，由於所有管路與抽水系統全部埋在沙灘下，故對海岸景觀而言，亦為全然無影響。

本套系統在南非、澳洲與丹麥已被成功的引用了數年。在美國佛羅里達州東海岸亦已於半年前開始裝置與操作。本系統雖其成效甚為緩慢，但可節省大量的工程經費且能保有原始海岸景觀為其最大的特色。

海岸保護工程尖兵系列報導(二) 一元鼎塊、雙U塊、利水塊

安川利水工業股份有限公司總經理 施國富

混凝土異形消波塊體被使用為保護海岸港灣結構物以來，因為其消殺與緩衝波浪能量使得港灣結構物避免被波浪衝擊，而引致堤體之破壞與維持港池水域平穩的特殊功效，而廣泛地被推廣使用於各項港灣水利工程。而後經由各工程人員的深入研究與開發，依序改進各項混凝土消波塊體之結構與形狀特性，使得各項工程可依工程適切的需要選擇各種不同特性的塊體型式加以排列保護。於數十年間所發展出近50餘種的異形消波塊，而其因不同的構成形狀，如斷面做成圓形、斷面成正方形、斷面成矩形或獨立的多角形等四種，其突出腳數有3到6根不等，另依整體構造主要可分為：(一)菱形塊（tetrapod）系列。(二)鼎形塊（tribar）系列(三)雙T塊（dolosse）系列(四)其他型式。一般而言，以上之混凝土異形消波塊所具備特性如「海岸保護工程尖兵系列報導(一)」所列八項功能然而其中安定性、消波效果與美觀條件是相對的與異形消波塊的構成形狀有絕對關係（整體的組合與契合性、孔隙率、重心位置、部材強度、波壓的振動、形狀係數）。所以如何妥切調合三者，以選擇適當型式為運用異形消波塊體的一大課題，其間必須做綜合性的判斷藝術。

至於不同塊體的設計選用 K_D 值的討論於「系列報導(一)」已有詳述，而於塊體放置且因塊體形狀的不同而各有不同的使用方法與效果，一般分為有規則地堆積排列（層積）與無規則性的亂堆（亂積）。其間兩者的比較優劣如下：

層積

- (1)整齊而美觀。
- (2)能按照設計擺設，可確保孔隙率。
- (3)可單層排列，節省工程經費。
- (4)在海岸線的曲線部，角落部分層積困難
- (5)當斷面產生下沉時，追加補充則有明顯的參差不齊。
- (6)未將拋石平均放置則塊體不能平穩地放置，特別是在靠近平面的塊體尤其如此。

亂積

- (1)形狀不整。
- (2)一般聚集之後常無法掌握理想的設計孔隙率，且比設計高。
- (3)在施工後，每隨海上暴風雨的來襲而下沉，且組合情形益形著實。
- (4)因為是雜亂地堆積，故不常在一定面積內檢查所要個數，最後塊體終將不足或是過多。
- (5)下沉嚴重斷面減少或損害塊體，補充容易。
- (6)拋石面雖有少許凹凸，但對塊體的組合無礙，反而是有凹凸時，其組合可得較好。

以上是兩者的利害得失，到底該用層積或亂積，必須依各塊體的特性，聚集斷面的形狀，現場的狀況等判斷來作選用之依據。一般而言，如使用於淤積海岸時，可考慮使用整齊排列，以其較佳之經濟性達成保護效果，如於沖刷海岸或水深之處，則可考慮使用亂層以求施工之容易及日後破壞後之修補容易。

有關元鼎塊、雙U塊與利水塊設計基本資料、成品製作單價分析以及拋放標準工程分別

摘錄如表一～表七所示。

表一 元鼎塊、雙U塊與利水塊設計基本資料

	元鼎塊	雙U塊		利水塊	
類別	鼎形塊系列	雙T塊系列		混合(菱形+雙T塊)	
排法	層積	層積	亂積	亂積	層積
孔隙率	56%	55%	57%	57%	56%
Ko值	11	12	10	10	12

表二 元鼎塊成品製作單價分析(單位:個)

項 目	說 明	單位	5	7	10	12	15	20
混凝土	$f_c=175\text{kg}/\text{cm}^3$	m^3	2.14	3.21	4.45	5.30	6.51	8.70
鐵模租金	鋼模	m^2	13.30	17.53	21.66	24.49	27.91	34.07
大工	組折、澆置	工	1.15	1.39	1.66	1.96	2.28	2.62
型塊堆積	吊放前堆放	式	1	1	1	1	1	1
型塊拋放		式	1	1	1	1	1	1
雜項材料	鋼模塗油型塊養生	式	1	1	1	1	1	1

表三 雙U塊成品製作單價分析(單位:個)

項 目	說 明	單位	5	7	10	12	15	20
混凝土	$f_c=175\text{kg}/\text{cm}^3$	m^3	2.19	3.06	4.35	5.22	6.55	8.71
鐵模租金	鋼模	m^2	12.45	15.56	19.69	22.23	25.85	31.28
大工	組折、澆置	工	1.20	1.45	1.74	2.09	2.42	2.80
型塊堆積	吊放前堆放	式	1	1	1	1	1	1
型塊拋放		式	1	1	1	1	1	1
雜項材料	鋼模塗油型塊養生	式	1	1	1	1	1	1

表四 利水塊成品製作單價分析(單位:個)

項 目	說 明	單位	5	7	10	12	15	20
混凝土	$f_c=175\text{kg}/\text{cm}^3$	m^3	2.20	3.06	4.36	5.25	6.56	8.73
鐵模租金	鋼模	m^2	12.34	15.38	19.45	22.03	25.57	30.92
大工	組折、澆置	工	1.10	1.34	1.61	1.91	2.23	2.55
型塊堆積	吊放前堆放	式	1	1	1	1	1	1
型塊拋放		式	1	1	1	1	1	1
雜項材料	鋼模塗油型塊養生	式	1	1	1	1	1	1

表五 元鼎塊拋放標準工程

項 目	說明	單位 (噸)	5	7	10	12	15	20
層積拋放	單層	個/日	23	21	19	16	14	12
層積拋放	雙層	個/日	15	14	13	12	11	10

表六 雙U塊拋放標準工程

項 目	說明	單位 (噸)	5	7	10	12	15	20
層積拋放	單層	個/日	23	21	19	16	14	12
層積拋放		個/日	28	26	24	22	19	16

表七 利水塊拋放標準工程

項 目	說明	單位 (噸)	5	7	10	12	15	20
層積拋放	單層	個/日	23	21	19	16	14	12
層積拋放		個/日	28	26	24	22	19	16

以上皆為含水中施工數量。



花蓮南濱海堤雙U塊

熱浸鍍鋅鋼橋防蝕工程之設計施工研究

台灣省公路局副技術長兼規劃處副處長 莊秋明

摘要

本文陳述熱浸鍍鋅鋼橋之經濟效益及特性並說明其設計施工之要點以供建橋之參考。希望台灣不久之將來亦能建造長期免維護之防蝕設施之橋樑—熱浸鍍鋅鋼橋。

一、鋼橋採用熱浸鍍鋅作為長期免維護之防蝕設施

眾所知，大氣中之鋼鐵構造物習慣上除採用水泥混凝土防止其腐蝕外，尚有採用油漆或其他化學塗裝防蝕材料、包紮防蝕帶、熔射抗蝕金屬保護層、加厚構材設計厚度延長使用壽命、及採用耐候抗蝕金屬材料或鍍防蝕金屬保護層等以防治腐蝕增加使用壽命。上述防蝕設施由於下列理由(一)經濟造價問題如採用抗蝕合金屬材料及熔射抗蝕保護層等費用昂貴(二)耐候抗蝕鋼(CORTEN Steel)因銹層之形成不美觀及不適用於強風及含鹽份多之空氣地帶故其表面仍須塗裝防護與一般鋼材之防蝕設施相同惟造價較高。(三)增加厚度或加大構材尺寸導致增加建造費用而不經濟且任其腐蝕不易控制將後尺寸之均勻性，不陰蔽部份亦不美觀或有時受本身載重之限制。(四)塗裝或包紮化學材料，因受紫外線或自然天候侵蝕下壽命短效果低。惟一般人有施工方便經濟之錯誤觀念等原因，迄目前為止，鋼橋除採用鍍鋅法外，仍多採用塗裝法防蝕。其中油漆塗裝防蝕法最為普遍。雖然塗裝法依不同腐蝕環境採用不同塗裝材料及施工方法，各國亦努力研究改進其防蝕效果耐用性但終歸化學材料抵抗不了紫外線及自然天候自然力之侵蝕大原則下與工地施工上很難達到100%之完美品管下目前發展號稱耐用10年之最佳塗裝材料經塗裝後仍須每年檢查修補局部之鋼材腐蝕，平均每隔5年須全面重新塗漆一次。目前較佳之工料塗裝費為500元/ m^2 以上，每年局部之維修費約1%之原塗裝費計5元/ m^2 及每隔5年重新整修及全面重塗費共約750元/ m^2 以50年之防蝕及其設施維修費計算：

$$500 + 5 \times 50 + 750 \times \frac{50}{5} = 8,250 \text{元} / m^2$$

以鋼橋防蝕效益而言，熱浸鍍鋅量650 g/ m^2 之費用約820元/ m^2 ，以位於沿海易腐蝕環境地帶之鍍鋅鋼橋為例，至少耐用50年不銹蝕免維修計算防蝕費與油漆塗裝鋼橋每年局部補修每隔5年全面整修重新塗裝，使用50年後之防蝕設施累計費用高達約8,250元/ m^2 （詳前述）比較，鍍鋅鋼橋之防蝕經濟效益顯然遠比塗裝鋼橋為佳為鐵之事實。至於於水中部份構材如因環境需要亦可配合或改用陰極防蝕法防蝕。目前國內之鍍鋅技術及設備已達到應有之標準，嗣後國內鋼橋之設計建造多能考慮採用熱浸鍍鋅鋼橋，以節省公帑及維護人力時間。

二、熱浸鍍鋅鋼橋之特性及效益

熱浸鍍鋅鋼橋有下列特性及效益：

- (1)由於熱浸鍍鋅技術不斷改進與進步，鋼材鍍鋅量（厚度）已可控制，依環境抗蝕之需求及鋼材厚度大小尺寸予以鍍鋅。
- (2)熱浸鍍鋅之腐蝕速率依地域環境天候之不同而有差別，台灣目前尚未有其腐蝕速率之調查統計資料惟台灣與日本之環境較為接近，茲介紹日本不同地帶之熱浸鍍鋅腐蝕速率實地試驗檢驗之資料如下以供國內規劃設計參考：^②

曝露試驗地域	腐蝕速率	平均(g / m^2 / year)
重工業地帶	32~35	34
都市地帶	12~18	15
海岸地帶	11~14	13
田園地帶	8~12	10
山間地帶	3~8	6
乾燥地帶	2~5	4

一般鋼橋鍍鋅量至少 $600\sim 700\text{ g}/\text{m}^2$ ，取平均數至少 $650\text{ g}/\text{m}^2$ 並以易腐蝕環境如沿海地帶之腐蝕速率 $13\text{ g}/\text{m}^2/\text{year}$ 計算，熱浸鍍鋅鋼橋之耐用年限為 $650/13=50$ 年，可不維修而不銹蝕，如鍍鋅量增多（厚）耐用年限當可再增多，以台灣電力公司高壓線鍍鋅鋼架鐵塔為例，自日據時代建設至今已超過60年以上，目前尚無銹蝕而繼續使用，亦可作為長久耐蝕性之有力證明。

- (3)大型鋼材應依設計形狀製造完成後再鍍鋅，小型或小尺寸之鋼材如有需要在鍍鋅完成後亦可依所需形狀依規定條件範圍內加工彎曲。
- (4)熱浸鍍鋅之溫度約在 $460^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ ，而影響鋼材應力強度之溫度為 700°C 以上，故鍍鋅時只要適當控制熱浸時間，對鋼材之強度影響可不予考慮而原有之機械性質不變。
- (5)鋼鐵在自然狀態下為活性不安定、易腐蝕之金屬，鋼鐵與鋅之組成為防蝕之最佳結合，主要理由如下：^①

①鋼鐵與鋅間不產生極大之電位差而使鋅加速溶解消失；②鐵鋅結合後，鋅為陽極而經常產生適量之防蝕電流保護陰極之鐵防止腐蝕；③鋼鐵鍍鋅如有瑕疵，小孔或裂痕存在時仍可以鋅產生之防蝕電流防止鐵之腐蝕；④熱浸鍍鋅之附着力強，為化學結合不易脫落；⑤鋅為耐磨耗之金屬不易磨損；⑥熱浸鍍鋅量或厚度易有效控制；⑦雖然鐵鋅結合防蝕方式有(A)噴鋅法(B)塗鋅法(C)電鍍鋅法及(D)熱浸鍍鋅法，但除熱浸鍍鋅法外其他各種鐵鋅之結合均屬機械式之附著，其附着力差異脫落且其附著之鋅量厚度亦不易控制。

- (6)規範上必要之塗裝及配合周圍環境美觀之塗裝均同，且以防蝕效果而言，鍍鋅表面再加塗裝當可有效增加防蝕壽命。又長久使用後鍍鋅表面如有劣化現象經處理後再塗裝亦可有效防蝕。

(7)有均勻之鍍鋅皮膜：
鋼鐵浸漬於熔融之鍍鋅槽中，可獲得完全而均勻鍍鋅皮膜。

- (8)可免維護：
油漆塗裝鋼橋平均3~5年間必需重新塗裝，且每年亦須檢查局部補修，而熱浸鍍鋅鋼橋在一般環境下至少可耐用防蝕50年以上而可免維護並有效防止銹蝕。其維護費當然遠比塗裝等防蝕設施低廉。

- (9)鍍鋅鋼橋施工方便，可有效控制施工進度縮

短施工期限且可免除將來之防蝕維護工作。
三、鍍鋅鋼橋設計施工應注意各點及修正防止方法：

往昔鍍鋅鋼橋因下列之原因而未能普遍化被採用：

- (1)鍍鋅設備簡劣，鍍鋅槽小，鋼材之長度及樑高均受限制。
 - (2)鍍鋅後之鋼板樑發生變形。
 - (3)高強力螺栓接合板經鍍鋅後摩擦係數降低，致螺栓之轉矩係數加大。如採用原壓式接頭在工地接合時，經過 900°C 以上加熱後，鋅浸入鋼材而脆化致有鉚釘龜裂發生斷頭飛離之現象。
 - (4)擔心高強力鋼（螺栓、螺帽等），經鍍鋅後有機械性質之變化致有延遲破壞之可能。
 - (5)初期之建設費較塗裝橋樑為高。
- 為確實了解並獲得解決上述問題之技術上資料，國外做下表之試驗。^①

試驗樑之試驗結果表^①

項 目	試 驗 結 果
樑長、樑高、起拱形	因熱浸鍍鋅、樑長及樑高均稍有收縮約 $1\text{mm}/\text{m}$ 依鍍鋅情況而有增減，其變化量很難定量。惟可以試裝法矯正減少其變化量。
樑腰板之凹凸變形	產生 $10\sim 20\text{mm}$ 之凹凸變形，增加樑腰厚度及增加水平補強鋼材（道數）將可有設防止及依鍍鋅作業條件亦可減少前變形。
樑腰板之彎曲（起凸形）	現場接頭焊接雖然很大，採用凸形抑制設施可防止其變形。
平面彎曲（樑翼之直角）	變化不大。
扭曲	9mm 厚之樑腰等發生很大之扭曲，惟增加板厚將可減少變形，可以試裝法矯正。
螺栓孔徑之變化，鍍鋅品質之檢查皮膜厚度測定，外觀檢查	約 1mm ，孔徑依鋅附著之厚度而減小。 附著量試驗，均勻性試驗，密著性試驗均合格。 鍍鋅量規定值 $600\text{ g}/\text{m}^2$ ，實際鍍鋅量 $1500\text{ g}/\text{m}^2$ 以上。 全部試驗樑觀測結果，發現有未鍍上鋅部份，並有垂滴，鋅灰及泡粒現象，尤其清除樑面污物之地方造成不雅觀。鍍鋅前將浮於鍍液上之鋅灰除去並將槽面之污物消除，當可獲得改良。樑自鍍鋅槽慢慢吊起，延長提放時間並同時散佈適度之氯化氫，當可防止發生垂滴現象。

四、結語

- (1)熱浸鍍鋅樑經加熱矯正後之收縮量仍有必要放大計算，此次實驗之樑收縮量為 $1\text{mm}/\text{M}$ ，惟今後製造樑時有必要再度檢討。^①
- (2)以往對熱浸鍍鋅樑之變形認為採用壓制設施較加熱矯正法為^④佳，惟兩種方法試驗結果並無差別。
- (3)樑扭曲量及膜板凸形量受焊接產生變形之影響很大，因此填^②角焊接長度之控制十分重要，有必要將焊後之變形量儘量抑制。
- (4)樑本身之對稱或非對稱，對最終形狀之變形影響有限。^③
- (5)由於鋅層面滑移導致螺栓軸力減衰問題，依螺帽迴轉法用接近螺栓降伏強度之高軸力施加轉緊以補加20%軸力損失部份。
- (6)摩擦接合面抗滑係數降低問題，可將接合面打粗以確保 $\mu = 0.4$ 以上之摩擦係數。接合板面打粗之粗糙度規定 $R_{\text{max}} = 80 \mu\text{m}$ 以上。^④

- (7)增加板厚及水平補強鋼材可防止腹板波浪形之變形。^①
- (8)利用大型壓床機具先矯正焊接引起之變形可減低鍍鋅之變形至最小。^②
- (9)樑之焊接應以中央向外側方向順序焊接儘可能減少殘留之應力導致鍍鋅之變形並應連續作業。^④
- (10)採用螺帽旋轉法旋緊螺栓，即第一次旋緊至 $20\text{kg}\cdot\text{m}$ ，第二次再將螺帽旋轉 $115^\circ \pm 15^\circ$ 。^①

五、參考文獻

- ①溶融亞鉛メッキ橋樑工事報告書，1988年3月，日本道路公團。
- ②メンテナンスフリーをめざしての溶融亞鉛メッキ橋，1982御子紫光春。
- ③從鋼鐵結構設計來談熱浸鍍鋅，1987年11月，日本道路公團。
- ④熱浸鍍鋅橋樑現況調查報告書，1988年10月，日本橋樑建設協會。

澳洲雪梨港海底隧道簡介

亞洲水泥公司副研究員 李紹先

雪梨是澳洲最古老，最大，也是人口最稠密的都市，人口高達三百五十多萬人，總面積達一千七百三十六平方公里，位居太平洋的樞紐，並擁有舉世聞名的幽美港灣。著名的雪梨港大橋將市中心和東部郊區與北岸聯結起來。

雪梨港海底隧道位於雪梨港大橋斜下方的海底，全長2.3公里，最深處位於海平面下27公尺，規劃有4.6公尺高之雙向四線車道，連接南雪梨Cahill高速公路及北雪梨Warringah高速公路，開闢出城市東邊的新通路以疏導雪梨港大橋的交通（見圖一）。這項工程已於1988年1月開始動工預計於1992年8月竣工，由澳洲Transfield及Kumagai兩家建築公司共同負責設計、建造及管理。

此隧道為澳洲私人投資最大之公共工程，總建築費用預估為澳幣五億五千四百萬元。興建完成後將交由私人公司營運管理，並藉收取

過路費來抵付投資費用及一切開支，直至2022年再無償歸還澳洲政府。

雪梨港大橋目前每天約有二十萬輛車子經過，因而造成十一小時的尖峰時間，幾乎已達飽和狀況。預估2000年時每天約有二十三萬輛車子經過，並將造成十三小時的尖峰時間。為求促進雪梨市的進一步發展，改善澳洲人的生活品質，以及解決雪梨過港交通問題，最經濟有效且不影響環境的方法即係建造此一海底隧道。預期隧道完工後將為雪梨過港交通開拓一新紀元，其可減少每輛車子於交通尖峰時段的過港時間約十分鐘，不但可減低總交通污染量，而且每年並將能節省約一千三百萬公升汽油。此外，亦可改善市區環境，增加保障徒步者的安全。

隧道主要包括三個部份：

- (1)兩座岸上隧道，各長九百公尺（見圖二）。

(2)一座海底隧道，長九百六十公尺，將由八組預鑄加強混凝土管連接而成（見圖三）。

(3)兩座岸上隧道，各長四百公尺（見圖二）。

港口兩岸隧道終點段係以挖掘一覆蓋技術施工，岸上隧道其餘部份則用傳統的隧道方法施工。

海底隧道管則在雪梨南方八十公里處Kembla港之龐大預鑄凹地內建造。每一座混凝土管均長一百二十公尺，寬二十六公尺，高7.5公尺，且重達二萬三千噸。混凝土設計的主要著眼點為：

- 一強度，以滿足結構的考慮，需能抵抗沈船撞擊及地震。
- 一耐久性，使隧道於海洋環境中可確保一百年的壽命。
- 一低收縮，減少混凝土中之龜裂頻率及寬度。
- 一低水合熱，減少巨積混凝土之熱龜裂。
- 一泵送性，需將混凝土由預拌場泵送至三百公尺遠的工地。
- 一工作度，混凝土應易於澆置以確保緻密性及無孔隙。

混凝土拌合配比的主要特點為：

- 一水泥石質材料中含有40%卜特蘭水泥及60%水淬爐渣粉，以增進混凝土耐久性之減少水合熱。
- 一使用當地的玄武岩作骨材。
- 一使用強塑劑以改善泵送性及澆置而對水灰比及強度無不良影響。

混凝土管底部有一層固定的防水膜，其餘管外圍則塗上防水物質。當混凝土管預鑄完成後，即用鋼套密封管的兩端。將海水引入凹地中使管體浮在水面上，再拖至雪梨港安裝。當管體到達定位時，即暫時在管中充入一些壓艙水，然後以駁船上的吊索控制下沈至預先掘妥

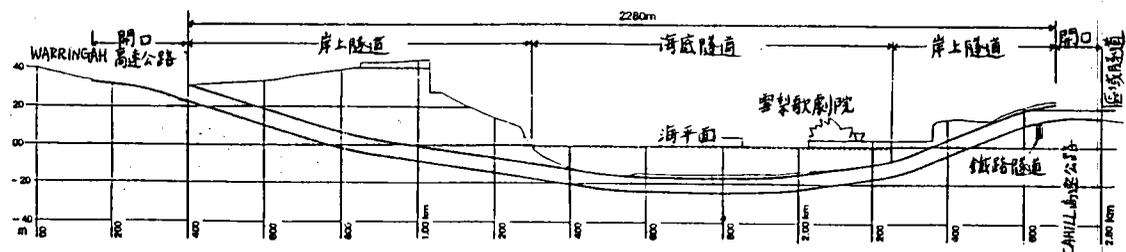
之海底壕溝中。此時潛水伏再用千斤頂拉海底的管體，使管端的連續圈形橡膠填塞物壓縮至已安置妥的另一座管端之鋼板上，而在兩座管體間形成一水密空間。混凝土管連接妥後，於管體下鋪上砂，再以土石回填壕溝，兩側則用石盾來防護。管端的鋼套則從內部切除，然後於內部將兩座管體鎖定在一起並止封之。

隧道的通風方式係利用地下通風站連接至雪梨港大橋北邊的塔門（見圖四）。藉通風站中的風車吸入空氣後循環經過隧道，再由前述塔門頂端（海平面九十公尺高處）排出，以減少污染空氣。

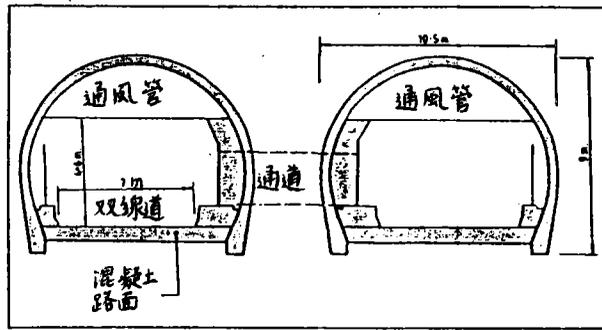
完工後的海底隧道將可負擔一半的過港交通量。控制中心將24小時監視隧道中交通狀況並可直接連繫緊急服務處。隧道中所有區域均裝設有電腦連線的閉路電視及熱感應器，可立即向管理員傳達交通事故。沿著隧道每隔一固定距離裝設有自動滅火器，捲收式水管及緊急通風口，以利救火及排煙，此外亦裝置有電話，可供駕駛人向全天候待命的緊急救難車求救。隔鄰的隧道間每隔一段距離設有通路，供駕駛人遇火警時避難用。為維持在隧道中仍可接聽收音機，一低功率的無線電播音站將重新播放AM及FM收音機頻道與緊急頻道。管理員亦可利用此系統直接插播，以隨時通知駕駛人路況。

參考文獻：

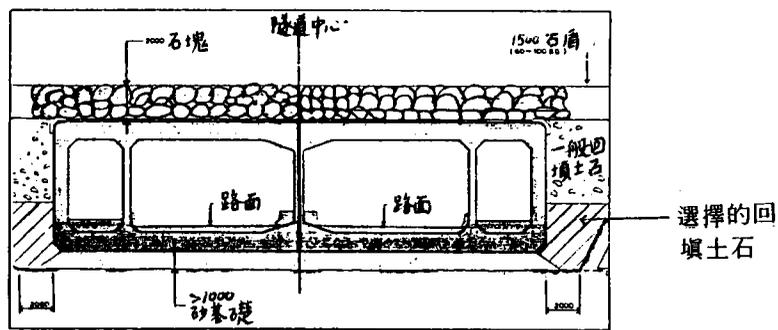
1. Transfield-Kumagai Joint Venture. *The Sydney Harbour Tunnel*. North Sydney: Transfield-Kumagai Joint Venture.
2. Lukins, Peter. "Concrete Usage in the Sydney Harbour Tunnel Project." Onoda Pacific Conference, Sydney, 1990.



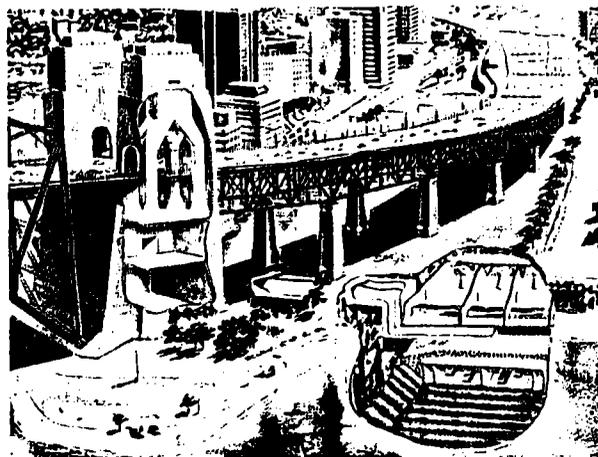
圖一 雪梨港海底隧道剖視圖



圖二、岸上隧道截面



圖三、海底隧道管截面



圖四、隧道的地下通風站(右)連接至雪梨港大橋北邊的塔門(左)

暴風浪對重力式海域基礎之效應

國立海洋大學河海工程系教授 陳俶季

一、前言

台灣地狹人稠，陸地資源短缺，且都已相當程度開發。幸好台灣四面環海，海域中所蘊藏之豐富資源，有待吾人努力開發與利用。欲開發海域資源，非得有海域結構物作為根據地不可。然而海域結構物長時期受波浪、海流、風等外力作用，尤其是暴風浪之作用，以北海油田為例，有高達25公尺至30公尺者，如此暴風浪作用下，波浪力反覆作用對基礎土壤之效應，就得深入研究之。

二、基礎土壤受波浪反覆作用下之行為

海域結構物，當波峯作用其上時，波浪施加於結構物之作用力與波進行方向相同；但當波峯越過後，波浪之作用力則反向。因此，波浪作用於結構物之力將為某方向，而後反方向，如此正負向持續進行。暴風浪時，海域結構物會因而承受數小時之反覆載重；結構物基礎土壤也將經歷一系列大小相同，但正負相反之剪應力作用。和地震引起之剪應力相比較，暴風浪導致基礎土壤所承受之剪應力，可高達0.2~0.4g之加速度值，其延時却不少於3~6小時，所以暴風浪對海域基礎土壤之嚴重效應，吾人不可不研究之。

由地震之研究經驗可知，某些土壤，尤其是均質細砂，承受應力反轉時，有壓密傾向，當土壤為飽和，且無足夠時間排除超額孔隙水壓時，應力反轉將導致孔隙水壓之持續增長。如此，將減低有效應力，終至發生剪力破壞。若土壤為鬆砂，強度會完全消失而產生極大應變。

重力式海域結構物，有時需安置於細砂上。例如北海油田有些重力式平台，其基礎土壤即為細砂組成，粒徑分佈在動力分析上呈現液化之特性；結構物底面積又甚大，承受應力反轉之基礎土壤，滲透係數又不高（約為 10^{-3} cm/s），使得增加之超額孔隙水壓無暇排除。就延時數小時之暴風浪言之，砂土行為之評估，應假設其為不排水情況。考慮所承受剪應力之大小

、砂的特性與不良排水條件，此重力式海域結構物，若其基礎土壤為鬆砂時，毫無疑問地，將有液化之疑慮。若基礎土壤為緊砂，雖無液化之疑慮，其承受應力反轉下之反覆載重行為，亦得深入研究之。Bjerrum (1973) 由北海油田取得砂樣所作反覆載重試驗結果，指出土壤承受一系列之應力反轉時，孔隙水壓呈現持續增長。雖然反覆載重對緊砂之效應，不若鬆砂劇烈，然而試驗初始，砂土之孔隙水壓，都呈現快速增加現象。為了描述反覆載重對飽和砂土之效應，Bjerrum (1973) 將試驗初始階段，每一載重循環所增加之孔隙水壓值除以試驗初始之有效垂直應力值，定義為 β 值。圖1即為Bjerrum (1973) 利用直剪反覆載重試驗所得之 β 值。由圖1中可知，每一載重循環之孔隙水壓上升值（即 β 值）隨反覆載重時，剪應力值之增加而急遽上升。

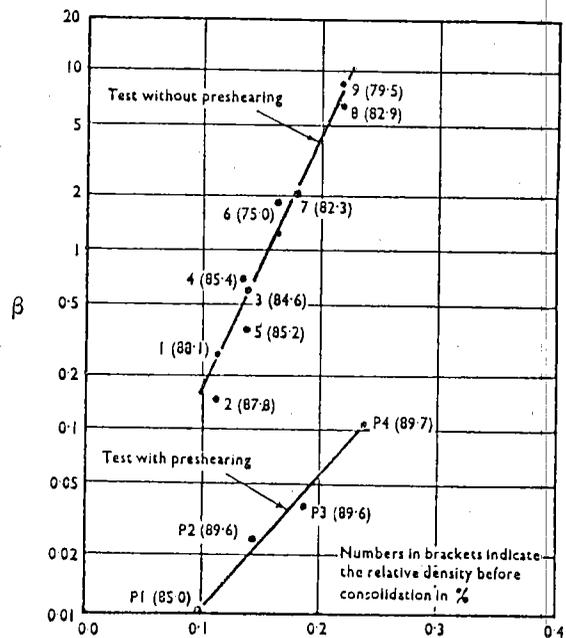


圖1 τ_n / σ'_v 與 β 之關係曲線

三、設計暴風浪之抉擇

初步了解砂土在反覆剪應力作用下之行為後，欲將這些分析結果應用於重力式海域結構物之設計上，首先需就設計暴風浪作一明確抉擇。根據觀測波浪之統計分析，暴風浪可以瑞氏分佈 (Rayleigh distribution) 描述之，亦即某一延時之暴風浪將包括衆多不同波高之波浪。基於統計分析結果，Bjerrum (1973) 所定義之“北海設計風浪”，示於圖 2 中，其強烈程度以波長和強度言之，100年僅發生一次，含括海域結構物需抵抗之100年波浪。圖 2 中顯示此100年一次之暴風浪的波高與延時。波浪在統計學上之描述，一般以有義浪高 (Significant wave) 表示之，其定義為暴風浪之波高，由大而小依序排列，全波數中較大之 $1/3$ 個波高的平均值，以 $H_{1/3}$ 表示之。考慮其延時，北海之暴風浪可假設為在 6~9 小時期間內逐漸增強，全暴風浪期為 3~9 小時，其後之 6~9 小時則為衰減期。表 1 詳細說明根據統計分析而得，北海油田在 100 年暴風浪發生時，最壞 6 小時內之不同波高的波數。

由每一波浪循環所導致之孔隙水壓增量，為基礎土壤所承受剪應力之函數，其依波高而定。計算孔隙水壓之累積增量時，需先評估每一個別波浪之效應，再將全部波浪之效應累加起來，其步驟與結果示於表 1 中。每一波高所產生基礎土壤之剪應力值，乃假設作用於結構物之水平力正比於波高而計算之。如此而得之 25m 高波浪對北海 Ekofisk 海域平台基礎土壤所產生之剪應力比 τ_n / σ'_v 為 0.30。基於圖 1 之曲線，每一波浪所增加之孔隙水壓增量可以其波高估算出。表 1 之分析，為使用有預剪土樣之試驗結果。將圖 1 讀出之數據，乘以有相同波高之波數並疊加之，就可決定其累積效應。由表 1 所示，暴風浪最壞情況下之 6 小時延時所包含的總數為 1394 個不同大小波高之波浪，所導致之增額孔隙水壓，為暴風浪發生前，土壤有效垂直應力之 31.1%。

四、等值波高與等值波數

實驗室之土壤反覆載重試驗，常無法完全模擬現地情況，對同一試體施予各種不同大小之剪應力；而以同樣大小之剪應力施加至試體達吾人所定義之破壞為止。亦即為便為操作，實驗室之土壤反覆載重試驗，常以等值波高或等值反覆載重次數進行之。所謂等值波高 (

equivalent wave height)，以上述之 Ekofisk 海域基礎為例，亦即以相同波高之波浪，作用於結構物 1394 次時，對基礎土壤所產生之超額孔隙水壓，會與實際暴風浪作用時所導致之超額孔隙水壓值完全相同。等值波高之求法，可由表 1 所示之波數

$$\begin{aligned} \text{每一循環之孔隙水壓增量} &= 31.1 / 1394 = 0.0223\% \\ \text{由圖 1 所讀相當值之剪應力} &= 0.15 \\ \text{等值波高} &= (25 / 0.3) (0.15) \\ &= 12.5\text{m} \end{aligned}$$

如此由表 1 所計算出之等值波高為 12.5m，較有義波高 ($H_{1/3}$) 之 15m 為小。

至於等值反覆載重次數，則為暴風浪所產生的 1394 個大小不同波高之波浪，對基礎土壤所產生之剪應力效應，可以 N 個最大剪應力 α 值， $\alpha \cdot \tau_{max}$ 之反覆載重來表示之。基於砂土反覆載重行為之研究結果，Seed et al (1975) 提出 α 為 0.65 (亦即 $0.65 \tau_{max}$) 時， τ_n / τ_{max} 對等值均勻載重量次數之關係曲線，如圖 3 所示，產生 τ_{max} 之一個載重循環，可轉換為 3 個 $0.65 \tau_{max}$ 載重循環，亦即其轉換因子為 3。由表 1 所列之值，與圖 3 所示之曲線，暴風浪時轉換成 $0.65 \tau_{max}$ 之等值反覆載重次數 N 值便可求得，其步驟如下：

1. 由表 1 讀出各種不同剪應力值， τ_{max} 、 $0.9 \tau_{max}$ 、……之載重次數 (波數)
2. 由圖 3 讀出不同剪應力換算成 $0.65 \tau_{max}$ 之轉換因子
3. 決定每一剪力值之波浪換算成 $0.65 \tau_{max}$ 剪力值時之波數
4. 將所有產生不同剪應力值之波浪數目累加起來

由此分析步驟，所計算出北海 100 暴風浪換算成產生 $0.65 \tau_{max}$ 剪應力之等值波浪數目為 350 個。

五、結論

台灣陸地資源有限，海域資源的開發與利用日漸需要，外海工程與海域資源工程之研究亦需早日拓展。如何使這些外海工程與海域資源工程的設計與施工達安全而穩固之要求，首先仍得探討如何更直接有效地考量海域基礎受波浪力時的反覆效應。

Height of waves: m	Number of waves, N	$\frac{\tau_b}{\sigma'_v}$	β : % (From Fig. 1)	$\frac{\Delta u}{\sigma'_v} \cdot N$: %	Equiv. of cycles at $0.65 \tau_{max}$	N_{eq}
4-8	485	0.07	0.006	2.9	0.006	2.9
8-12	471	0.12	0.013	6.1	0.04	18.84
12-16	282	0.17	0.030	8.5	0.42	118.44
16-20	121	0.22	0.065	7.9	1.13	136.73
20-24	32	0.26	0.150	4.8	2.08	66.56
24-26	3	0.30	0.300	0.9	3.00	9.00
Total	1394			31.1		350

表1 100年暴風浪之累積效應例題

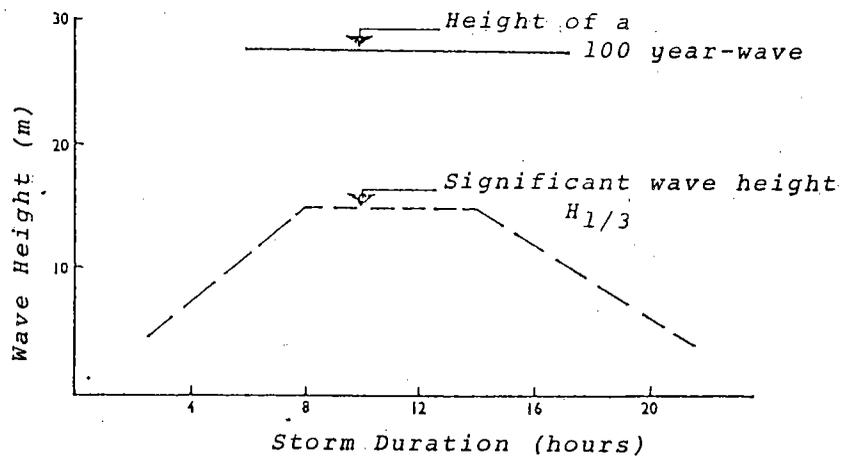


圖2 100年設計暴風浪之定義

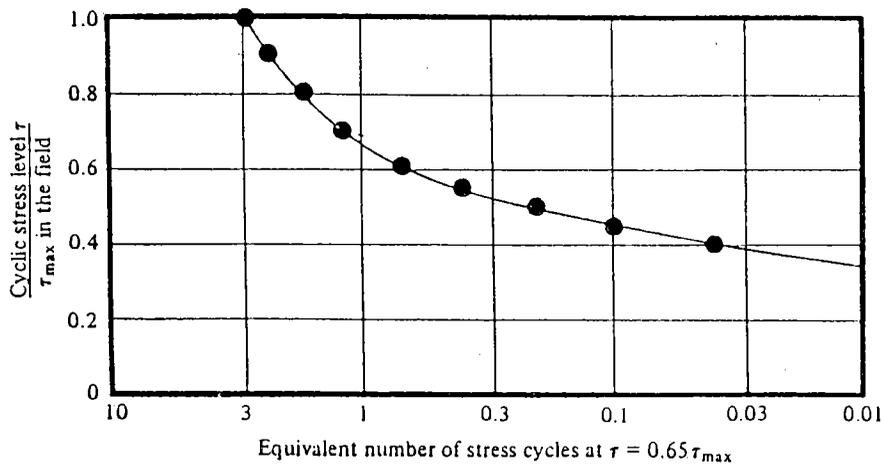


圖3 τ / τ_{max} 與 N_{eq} 在 $\tau = 0.65 \tau_{max}$ 之關係曲線

大地結構之新工具——離心機

國立中央大學土木系副教授 李崇正

土壤是一種困難的工程材料，具有非線性、非彈性及不等向性質，另外亦受到應力歷史、應力途徑及應變速率等之影響。目前這些性質雖然可由例行之傳統元素試驗了解，但是在土工結構物周遭不同位置之土壤之元素，施加工程荷重時，分別受到不同之應力途徑，很難由單純的例行元素試驗推測其整體的力學行為。利用相似模擬來研究物理現象以幫助解決理論與設計問題是工程上常用的原則；如水利工程中常用之土工模型，航空工程中常用之風洞試驗等。大地結構物模型能同時模擬結構物周遭不同位置土壤元素之各自有效應力途徑，因此對結構物之分析設計具有莫大助益。

重力是大地工程結構物最主要的受力變形、破壞因素。由Rocha及Roscoe建議之相似性條件，模型材料及模型內的應力狀態必須要與原型(Prototype)相同的情況。這是大地結構模型特點，亦是作模型試驗的困難處。在地球重力場 $1g$ 如將原型按幾何相似縮小 n 倍，用原型材料制成的模型，其各點之自重應力會遠低於原型中相對應點的應力，因此普通 $1g$ 條件下之模型的相似性較差，無法正確的反映出原型所產生的現象。但是將此模型放置在 ng 之重力場中，使模型材料加重 n 倍，則可以將模型中每點的自重應力提高到原型中相對應之應力，其相似性提高，模型就可表現原型之受力行為。而離心機是提供人造重力場最方便的裝置。

離心模型試驗是用離心力來模擬重力，使大地工程結構模型的自重提高到原型的狀態。離心試驗設備除了用來安置離心機之建築物外，其主要設備是離心機本身以及一切構成此設備的配件。世界上用在大地工程試驗的離心機構造大致相同，圖一是典型的離心機剖面圖。一般說來可分成三部份：離心機、模型試驗箱、量測控制儀器及數據收集系統。

1. 離心機本體包括一個水平的旋轉臂，一個垂

的旋轉主軸以及帶動旋轉軸的馬達系統及調節轉速及功率的齒輪箱。旋轉臂的一端是用來放置模型箱的掛台，另一端有勾掛平衡重量的裝置，以減少軸承上由轉臂不平衡而受扭轉及側向力的作用。

2. 控制量測儀器及數據搜集系統

一個完善的控制、量測及數據搜集系統是獲得模型變形及正確施加力的先決條件。量測系統主要以電子感應器為主，另外亦可用高速攝影機、錄影機來觀察模型進行的情況。至於控制施力設備，則可用油壓閥門或小型的步進馬達作為施力的動力來源。

離心機之信號傳遞媒介主要為集流環柱(Slip-ring Stack)。集流環柱有許多金屬環，配上耐磨的碳刷使電流從離心機透過這系統而傳出來。信號的輸入或輸出均要經過處理，避免電路受到干擾。

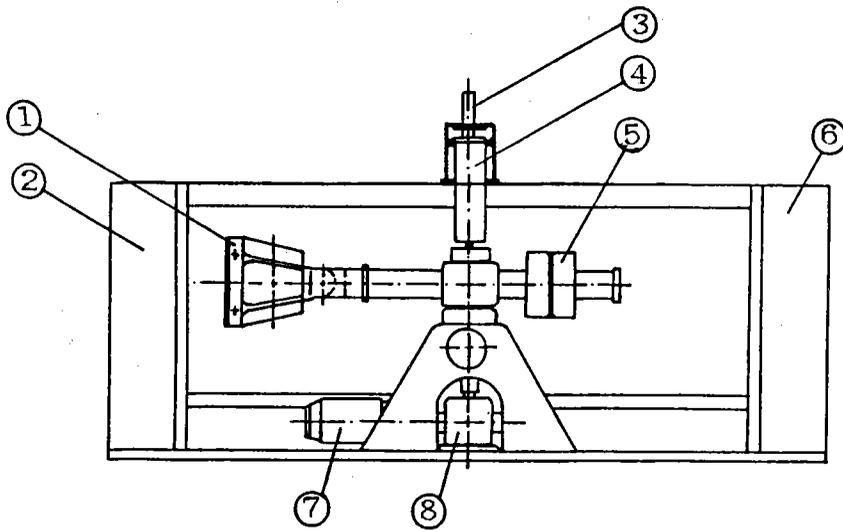
3. 模型試驗箱

模型試驗箱置於掛台上，箱中裝著離心模型。此模型試驗箱必須有足夠的強度，避免因土壓力而變形，但是模型箱的重量亦應輕量化。離心機設計時，容量之大小必須預先決定，模型箱及量測控制儀器可逐步增添及改進。但是必須要有足夠的集流環柱及適合之數據搜集系統及資料傳遞系統，在垂直軸內要有足夠的通道可以引進水、氣壓及油壓。一個基本上完善的離心機系統必須具有相當彈性，能夠滿足不同種類試驗的需求。

離心模型試驗相關設備的設立是需要一筆相當大的經費，往後也要養護費。離心模型試驗室包括離心機試驗坑、控制室、大地材料實驗室、模型製作室、機械車床及電子儀器室。

離心模型試驗的功用一般說來可分下類幾類：

(1) 教學：除了模型試驗外，在課堂上很難利用一個方便的方法訓練學生，以土壤力學的觀念進行分析及設計大地工程結構物。一般土



註：各部位組件名稱如下
 (1)掛台
 (2)電源及動力系統
 (3)流體之萬向接頭
 (4)集流環柱
 (5)平衡重
 (6)量測系統
 (7)馬達
 (8)齒輪箱

圖一 典型之離心機剖面圖

壤極限承载力及擋土牆的土壓力問題可用縮尺模型及千斤頂進行模擬。但是邊坡穩定問題在1960年代早已完成計算機程式的模擬，但是卻很困難在傳統1g情況下進行模型試驗，幫助學生了解邊坡破壞的機制，而離心機模型卻很容易讓學生了解這種由重力所導致的破壞現象。

- (2)破壞機制的探討：了解土石結構破壞機制，評估設計所作假設的正確性，尤其對破壞機制尚不明確的複雜工程更為必要。例如利用離心模型進行軟地通隧造成地盤沈陷分佈情形及破壞機制之探討，特別破壞型態之了解除了利用離心模型外，別無他法可以得到。
- (3)數值分析驗證：利用模型試驗測到的數據來驗證數值模擬的正確性，進而瞭解及肯定此類程式之可靠性。利用模型內土壤性質的容易掌握，可以得到較單純的邊界條件，進行計算機程式之驗證。目前國外有許多學者，利用離心模型試驗重新評估傳統土壤力學所關心的問題，諸如承载力問題、格載重問題。利用試驗資料重新檢討既有的古典理論，並驗證新發展之計算機程式。
- (4)設計參數研究：從變換模型的尺寸及其他參數來測得模型穩定性及變形的重要性。這可跟數值分析配合來簡化設計及分析方法，肯定某些參數的價值及對設計的影響程度。此類參數研究無法利用現場觀測來求得。
- (5)特別工程現場研究：設計時可以瞭解預計載荷條件下結構物的反應以及破壞時之變形，必要時可對設計方案修改調整以滿足設計及

實際的要求。

離心模型是用原型材料構成的，因此土壤或岩石所具有的複雜非線性特性在模型試驗中會自然的表現出來。此種效果是無法用元素試驗（例如三軸試驗或其他更複雜的試驗）得到的。另外離心模型能夠有效的模擬重力對現場應力的影響，使原型的變形、固結、滲透以及在動、靜力荷重下與結構物的互制作用都可用模型試驗而得。因此離心模型試驗是近年來一個為大家所重視的試驗工具，並可作為設計之初期評估或最後設計之檢核。

台灣位於太平洋強震區，各項大型公共工程之防災措施都跟大地工程息息相關，因此一個完善的、合理的、安全的設計及施工是迫切需要的。而離心模型試驗可以獲得模型在不同應力狀態下的變形直到破壞為止，此種益處更為可貴。近年來國內大地工程界從基本研究到設計規範的制定都扮演重要角色。而大顧問公司及工程公司承包國內外大型土木工程亦不懈餘力。一個離心模型試驗室的成立將會為國內學術研究及設計尋求新的突破，甚至有助於國防工程建設。

以英國劍橋大學及曼徹斯特大學離心模型試驗室之研究方向而言，除了基礎研究外，更接受許多工業界（石油公司、住都局、運輸交通局、土木工程公司等）委託，進行基本設計的先期研究或最後設計的檢核，對新的工程可能遭遇的問題進行評估，提供設計參數及破壞機制之選擇及分析。

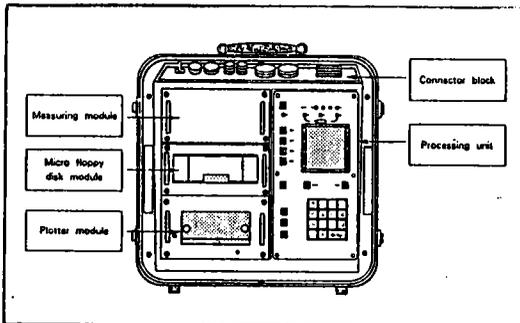
電探儀量測系統及其在地球物理探勘之應用

港研所 趙光華

一般工址基礎調查進行地質鑽探時，常因不擾動之土樣或岩樣（如礫石層等）取得不易及試體大小等因素，造成試驗的分析結果與現場地質之特性有所差異，故視狀況之需要於鑽孔內進行各項不同的井測（Logging）檢驗工作實有其必要性。為提供迅速且詳盡的描述現場的地質狀況，本所特別於近期購置井測多功能電探儀（GEOLOGGER-3030），其組件方面目前僅購置電探井測（EL）單體（MODEL-3143A）及配合單體專用的normal-logging和micro-logging二種探測器。茲將本電探儀的量測系統及其配用EL測量單體時所能進行的井測方法和檢測項目，分別簡述如下：

一、電探儀（GEOLOGGER-3030）之系統可分為以下五部份：

（如圖一所示）



圖一 電探儀(GEOLOGGER—3030)外觀圖

- (1)量測系統：可依井測項目選擇不同型式的測量單體，並配合其專用的探測器來檢測地質的各項物理特性，如電阻、溫度、孔徑、密度、放射性等。
- (2)資料記錄系統：利用軟式磁碟片（3.5"）可記錄探測器所得的資料訊息，同時亦可利用GP-IB介面與其他電腦連線，將資料轉輸至另一部電腦，做進一步的資料分析。
- (3)繪圖系統：可利用四種色筆（黑、藍、綠

、紅）將各項測記資料以不同的顏色繪製成圖表，以圖示所獲得的探測資料。

(4)資取處理系統：為本系統各項檢測功能的操作及執行的處理單元，其具備有液晶螢幕、控制用的鍵盤及功能鍵等主要設備。

(5)聯結系統：提供本系統與電源、電極、探測器、測程儀、GP-IB等之連結用。

二、本系統配用EI測量單體（MODEL-3143A）時所能進行的井測方法：

(1)孔徑井測（Caliper Logging）：

當進行檢測時差接變能器的磁心將隨著探測臂的開合在測徑探測器內上、下移動。這探測臂是用來量測鑽孔的直徑，利用該臂的開合所測得鑽孔直徑的變化情形，經由差接變能器轉換成電子訊號，然後再經由射頻調整器轉換成鑽孔直徑數值，再提供給地面上的測量單體。其間測量單體恆以60mA的電流供給本測徑探測器。

(2)溫度井測（Temperature Logging）：

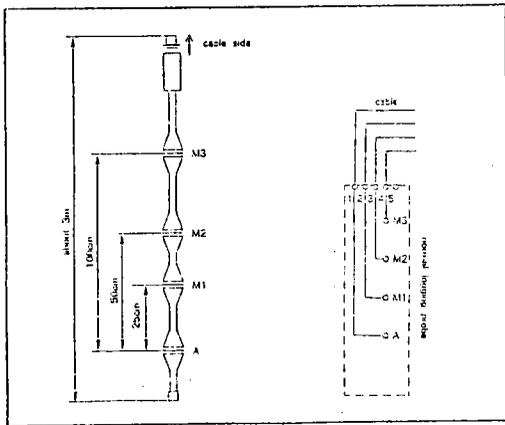
鑽孔的溫度是由溫度感應器測出，關於這感應器係利用矽二極管放置在不銹鋼管內來探測溫度，將測得的溫度轉換成電子訊號，再經由射頻調整器轉換成讀數傳送到地面上的測量單體。其間測量單體恆以20mA的電流供給溫度探測器。由於探測器之不銹鋼管厚度很薄要小心受損。

(3)電的井測（Electrical Logging），依量測電極排列間距可分為：

(A)normal logging（如圖二所示）：

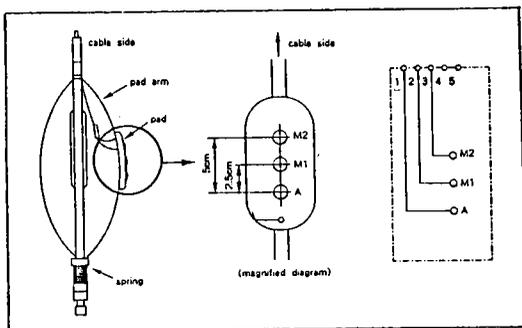
在探測時測量單體將供給在鑽孔內的電極A與地面上的電極B間之電流，可同時檢測孔內電極M1、M2、M3和地面上的電極N間之電位，給合歐姆定律，即可了解距測井不同距離剖面土層所對應的電阻特性（本系統可監測25，50，100公分等三種剖面），並可同時兼測電極M1的自然電位（SP）。

(B)micro logging（如圖三所示）：



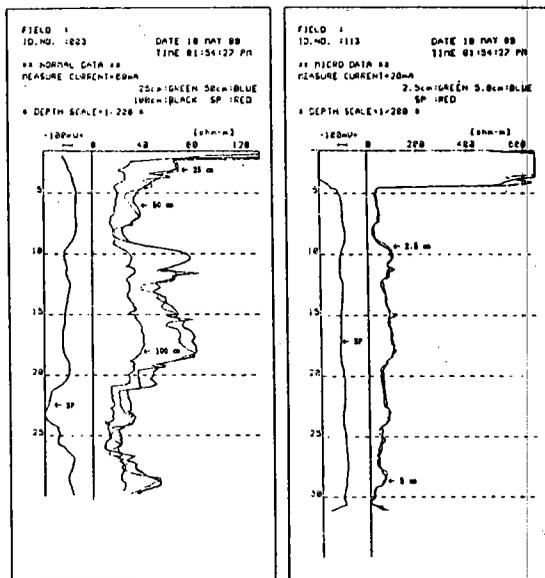
圖二 Normal Logging量測電極排列示意圖

本井測原理與normal logging相同，為了使鑽孔內之泥水對電阻所造成的誤差減至最低程度，本探測器有一個擴大臂和襯墊用來固定探測針並使其與鑽孔緊貼。



圖三 Micro Logging量測電極排列示意圖

經由上述兩種電的井測後，可獲得的資料分別如圖四所示。因其能同時檢測鑽孔處數個剖面的土層電阻資料及具兼測自然電位之功能，故對土層地質特性的檢測結果能更趨詳細確實，有利於土層的研判。



圖四 Normal及Micro Logging之地電阻及自然電位反應曲線圖

三、本系統配用EL測量單體 (MODEL-3143A) 對地質物理量檢測項目及其適用情形如下表：

井測方法		地球物理測量特性	檢測項目							適用條件				
			龜裂	斷層破碎帶	透水性	湧水	孔隙率	地層區分	孔徑	孔內			套管	
										空	清	泥	有	無
電的井測	雙極法	視電阻	○	◎	△	×	△	△	×	×	○	○	×	○
	微法	視電阻	○	×	◎	×	△	△	×	×	○	○	×	○
	自然電位法	自然電位	×	×	△	△	△	×	×	×	○	○	×	○
溫度井測		溫度	×	×	×	○	×	×	×	×	○	○	○	○
孔徑井測		孔徑	○	×	×	×	×	×	◎	○	○	○	×	○

◎表示對檢測項目為最有效的測定方法。
○表示對檢測項目為有效的測定方法。
△表示對檢測項目尚有效的測定方法。
×表示對檢測項目為無效的測定方法。

標準化／統一化的電腦作業系統 UNIX

港研所 蘇青和

從整個電腦產業發展的趨勢來看，標準化與開放性將是未來脈動之所趨，亦為未來發展的關鍵元素，而32位元作業系統以多工或多使用者之優勢，取代了以往DOS的單工、單使用者，其中32位元作業系統之兩大主流，OS/2與UNIX將爭取32位元作業系統之寶座。

OS/2系統將自己建立在MS-DOS架構所形成的骨架上，與DOS相容性甚高，在延續DOS系統上數萬種軟體之使用者，其競爭條件先天就佔了優勢，但UNIX較OS/2提供了更強的功能：UNIX為多使用者及多工，是為多用戶系統所寫，但OS/2並不是，它僅是單一使用者及多工。

美國AT&T所屬USO (UNIX Software Operation) 總裁Larry Dooling表示：UNIX將會在整個電腦界大獲全勝，包括桌上型電腦、迷你電腦、大電腦、超級電腦、網路服務和其他具體應用各方面。其理由基於UNIX為國外成長率快速的市場之一，而國際間以UNIX軟體環境為主的兩大集團OSF (Open Software Foundation)及UII(UNIX International Inc.)也卯足了勁，無不尋求技術層次的突破及陸續訂定開發標準，欲取得未來標準的領導者。

1973年是UNIX劃時代的一年，UNIX的重點在於它用C語言改寫，並導入muti-programing，實現了以高階語言來闡述OS壯舉，也是今日UNIX欣欣向榮的最大原因，隨後幾年所有的實用程式皆以C語言取代了組合語言。也因而確認了C語言之普遍性，本所研究人員以

C語言來設計程式之人員愈來愈多，就是一個很好的例子。

就整體發展環境而言，UNIX是為高科技的使用者所設計的，UNIX的許多特色，使它受到科技及工程人員的歡迎，而正是因為這種軟體的特性，使它不能像MS-DOS或OS/2一般辦公室軟體普級。除了受到若干著名PC軟體製造商的支持外，在大部分PC軟體製造商是將UNIX放在第三順位上，就是排在MS-DOS及OS/2之後，而且UNIX軟體價位一般遠較後二者為高。此外，主要的UNIX軟體發展者目前也正在發展OS/2應用軟體，希望UNIX軟體將供應相當量的OS/2應用軟體。

在PC市場UNIX雖然面對OS/2之挑戰，而無法雄霸天下！但在高科技工作站方面，UNIX目前已稱雄整個市場，而且逐年的擴大其市場佔有率；在迷你電腦及小型電腦式微的時代，工作站因擁有快速的計算能力！豐富之應用軟體、強大的繪圖功能及較低之價位，而成為市場主流，UNIX系統如借高科技工作站之市場，來擴展稱雄天下將是指日可待！不夠在獲致這樣的期望之前，必需先完成一些關鍵性的事項，包括支持OSF或UII的主要業者，先達成一致的標準！最後：我們希望UNIX的標準化／統一化能成為電腦的標準OS。

後記：本所研究人員熟悉UNIX系統的人並不多，在VAX-780預計明年度汰舊更新為工作站，而UNIX將是我們優先選擇之作業軟體前提下，筆者期望本文的簡略介紹，能給同仁一些初步的認識。

簡訊：

本所大地工程組賴聖耀、李豐博、謝明志等三位同仁，與中興大學土木系主任林炳森教授，合著之論文「荷式錐貫入試驗與液化可靠度之相關研究」，獲得中國土木水利工程學會七十九年度之「年度論文獎」，並於十一月廿五日年會上公開接受頒獎表揚。

港灣技術研究所簡介

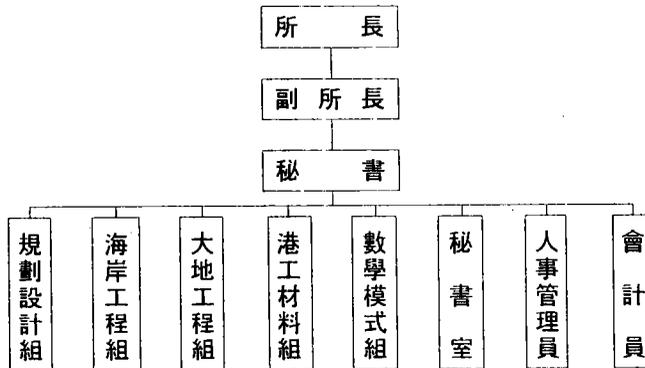
一、沿革

港灣技術研究所係依據行政院民國六十八年頒發之「科學技術發展方案」於民國七十年二月正式成立。本所主要任務為研究發展港灣技術、培育及訓練有關科技人才。未來，本所將更積極延攬有經驗之高級研究人員參與研究計畫，在解決港灣及海洋方面問題扮演更重要之角色。

二、任務

- | | |
|---------------------|----------------------|
| (1) 港埠營運發展與管理之研究 | (6) 港區設施築港材料之研究 |
| (2) 海象、氣象資料調查與分析研究 | (7) 海洋工程之數學模式研究 |
| (3) 新港及現有港灣之規劃與設計研究 | (8) 海洋資源開發及外海工程技術之研究 |
| (4) 港灣及海岸水力工程之研究 | (9) 辦理委託代辦計畫研究 |
| (5) 港區設施土壤基礎之研究 | (10) 培訓港灣專門人才 |

三、組織系統表



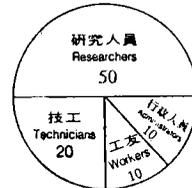
四、人員

編制員額表

所長	1
Director	
副所長	1
Deputy Director	
研究員	11
Researcher	
副研究員	13
Associate Researcher	
助理研究員	12
Assistant Researcher	
助理	12
Assistant	
行政人員	10
Administrators	
技工與工友	30
Technicians and Workers	
合計	90
(Total)	



實際員額 目前 (79.3)
Real Number Present (1990.3)



編制員額
Organization Number

五、財源

港灣技術研究所每年研究經費來源為：

- (一) 研究基金：由交通建設基金撥付。
- (二) 研究設施：由交通建設基金撥付。
- (三) 人事費：由省府公務預算統一編列。
- (四) 委託研究代辦費用。