

# 港灣報導季刊

第 78 期

交通部運輸研究所

中華民國 96 年 10 月

## 港灣報導第 78 期

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市 105 敦化北路 240 號

網 址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw)

電 話：(02)23496789

總 編 輯：黃德治

編輯委員：邱永芳、李豐博、林昭坤、朱金元、何良勝、簡仲璟、  
蘇青和、單誠基、馬維倫

出版年月：每年二、六、十月

創刊年月：中華民國七十七年二月一日

定 價：100 元

本次出刊：300 冊

印 刷 者：悅翔數位印刷有限公司

GPN：2007700020

ISSN：1019-2603

# 目 錄

『海岸環境資訊管理系統』建置之研究 ——以台南市安平港為例.....1	
蕭炎泉 中華大學營建工程系	副教授
朱達仁 中華大學休閒遊憩規劃與管理學系	助理教授
董韋廷 中華大學營建管理研究所	研究生
高雄港境外航運中心發展癥結.....11	
張雅富 長榮大學經營管理研究所博士候選人	
臺灣地區碼頭鋼板樁腐蝕成因之初探.....19	
羅建明 交通部運輸研究所港研中心助理研究員	
林明德 中興大學環境工程學系副教授	
參加「台日強震即時警報系統技術交流研討會」 ——會後心得.....28	
單誠基 交通部運輸研究所港研中心研究員	



# 『海岸環境資訊管理系統』建置之研究 ---以台南市安平港為例

蕭炎泉 中華大學營建工程系 副教授  
朱達仁 中華大學休閒遊憩規劃與管理學系 助理教授  
董章廷 中華大學營建管理研究所 研究生

## 摘要

我國海岸工程的設計已突破以往只考量處理潮位、波力等外力因素，生物棲息環境之條件在生態工法觀念日趨重要之下，已成為海岸工程規劃、設計、施工過程中相當重要的考量因素。生態工程的發展與落實，須仰賴長期整體性的規劃，工程之施行必須對生態環境現況及對環境造成之衝擊有相當深切的認知。

本研究嘗試針對海岸生態環境的調查工作，使用 GIS、Delphi 及 ER-Studio 環境，開發『海岸環境資訊管理系統』，建立海岸生態與環境資料庫，以提供監測人員紀錄觀測水質屬性、採樣物種、監測點施工資料等，並利用系統交叉查詢的功能，彙整監測點及各時間之採樣資料，以紀錄底棲生物、附著性生物等之採樣結果。另本研究整合地理資訊系統，將文字資料與空間資料結合，利用圖層標示觀測站、海岸工程施工作資訊與週遭環境概況，提供建置長期環境監測資料，可作為海岸工程在開發前對現場資料之掌握，並可觀察施工後物種回游之情形，可作為工程在規劃評估時的參考，對於推行生態工法及環境之保護具很大之助益。

## I. 前言

隨著科技進步，人類為求經濟發展往往過度開發自然資源；並且開發過程

多著眼於帶來的價值，缺乏對於生態環境保護的觀念。雖然近來生態保育意識逐漸抬頭，對生態環境保護也越加重視，但據估計地球每天滅絕的物種超過一百種，滅絕速率是自然滅絕速率的一萬倍以上。這種情況若不改善，在 2050 年時地球上將會有約四分之一以上的物種消失(IUCN 植物中心)。1989 年生態學家 Mitsch 提出生態工程觀念，乃運用生態系之自我設計能力為基礎，強調透過人為環境與自然環境間之互動達到互利共生的目的。

我國海岸工程的設計已突破以往只考量處理潮位、波力等外力因素，生物棲息環境條件在生態工法觀念日趨重要之下，已成為海岸工程規劃、設計、施工過程中相當重要的考量因素。隨著海岸生態工程之施作，對不同生物與環境因子間之關係可逐步建立，因此將工程環境、相關案例建立資訊管理系統，彙整相關調查資料，進行生態工法時便可在規劃階段掌握該區域之指標物種及數量，並可於施工後將所有的基礎調查資料資料庫化，以便未來海岸工程管理單位、施工單位可透過資料庫之查詢得到指標物種生物參數，作為海岸生態工法設計之依據。這不但可節省大量之時間，且不用因重複進行生物及環境因子之調查，造成人力及財力之浪費。

有鑑於此，陳緯蒼[1]探討水利工程人員從事生態工程規劃設計所需要的資訊，利用 ASP 建立生態工程資訊

系統,提供工程人員紀錄及查詢自然環境資訊;竺世駿[2]以 GIS 為基礎套用 SARS 疫情新聞為例設計災情資訊彙整系統,以空間關係將疫情訊息作分析以呈現靜態的圖例;J-S Wu[3]應用地理資訊系統觀測水象資料分佈,提供測站位置及相關資訊;J-Y Lin[4]採用生態工法維護台灣生態恢復棲地,積極改善以往施工時人們對環境所造成的衝擊,並輔以三文魚做案例探討;J. Kunapo[5]應用 GIS 搜尋土質資料,並對現地狀況做描述,以空間圖層型式呈現數字及文字等靜態資料。

由上述諸君的研究顯示現代生態環境越來越受重視,然而海岸環境方面相關資料的蒐集相當缺乏,資料繁雜且管理上不易,亟待統整海岸生態工程相關經驗以供分享。本文針對海岸環境與工程現況進行調查,並結合資訊平台建立生態與環境資料庫,以供相關人士做調查紀錄及查詢之用,期望能達成經濟發展與生態環境保護兼籌並顧之理想。

## II. 研究目的

『海岸環境資訊管理系統』主要提供海岸相關研究者從事現場監測,包含生物採樣、現場環境、週遭工程等資料,本文之研究目的包含下列項目:

1. 透過文獻回顧與問卷調查匯整系統之功能架構。
2. 依據需求功能使用 ER Studio 建立資料庫架構後予以正規化,建立邏輯模組,進而轉為實體模組,再轉為資料庫管理系統可讀入之 SQL Script 檔案。
3. 使用 Delphi、SuperObjects 及 Windows 環境建立採樣紀錄維護,並提供每筆生物調查、環境監測、周遭環境工程資訊等資料之輸入,提供後續海岸生

態、水利環境之追蹤與調查。

4. 整合 MIS、Multimedia 與 GIS,透過疊圖及空間分析功能,呈現調查環境之相關資訊。
5. 建立底棲生物及附著生物多樣性指數功能,並依據環保署「海域環境分類及海洋環境品質標準」,建置水質檢驗分類作業,依檢驗項目及標準將水質做分類,提高使用者對原始資料整理的效率。
6. 建立電子資料界面轉換書面文件功能。
7. 輸入案例資料-台南市安平漁港-至『海岸環境及工程資訊管理系統』驗證系統之功能。

## III. 資訊系統之架構規劃與功能設計

資料結構為系統的主要核心,如果資料庫架構發生錯誤或是不符功能需求,將使資料處理發生錯誤而輸出非預期之結果;所以建立一合適的資料結構是系統成敗之關鍵。本研究以系統分析來模擬使用者需求,並利用 ER/Studio 工具建立一個 E-R Diagram,規劃 E-R Model。資料庫內容則採用正規化處理,並建立相關之限制,使資料庫在使用時更有效率、更易維護,並可避免資料重複或相互矛盾的情形發生。

### 3.1 使用者需求確認

系統分析的工作重點以確定軟體之作業內容及資料流程,訂定每一群組功能需求。本研究回顧相關文憲資料,含相關作業所牽涉的法規、手冊、文獻等,並針對海岸相關領域可能使用者進行問卷調查,確認功能的需求。

- A. 搜集生物資訊資料,參考中央研究院動物研究所「台灣魚類

資料庫」，建置生物資訊學名、俗名、英文名稱、命名者、分佈地域等九項資訊，並將生物依林奈系統分為界、門、綱、目、科、屬、種予以分類。

B. 以半開放式的問卷方式調查海岸相關研究領域的群體，將海岸地區資訊分為生物、環境、系統及其他等四部份(如圖 1 所示)，並調查使用者對所列項目存在之需要性詢求相關的建議，調查之方法及內容如表 1 所示。

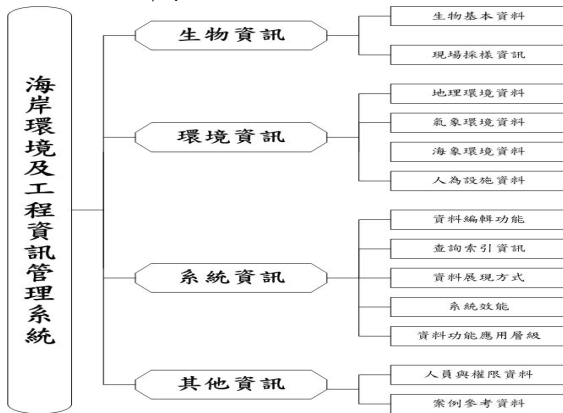


圖 1、問卷大綱

表一、調查方法及內容

項目	說明
調查方法	採半開放式問調查法，檢驗研究問項是否成立，並接受調查相關人員提供相關建議
問卷內容	生物資訊兩小類 19 問項、環境資訊四小類 28 問項、系統資訊五小類 25 問項與其他資訊兩類四類 13 問項
受訪對象	海洋環境研究者
資料分析方法	1. 以面對面現場填寫方式發放問卷，共發放 35 份問卷，扣除填答不完整及填答選項錯誤的 5 份，有效問卷共計 30 份 (85.6%)。 2. 本研究項目分析依據採用因子分析，平均數、標準差、變異數、偏態、t-test、person 卡方、因素負荷等七項指標來加以研判
量表	採取李克特 (Likert) 的五點量表記分方式，由填答者依實際狀況勾選適當答案，每題從「完全不重要」到「完全重要」分別給予 1 分至 5 分

各項目有任何一項指標未達理想計達二題者，考慮予以刪除。調查結果建議刪除如表 2 所示：

表 2、調查結果建議刪除項目

刪除項目	說明
監測區域	監測位置的表達並不是十分的清楚，建議使用座標軸。
環境類別	長期以來並沒有很清楚的區分，因此，建議予以刪除。
生物命名者	部份受訪者認為應予以刪除，因為此資訊的需求性並非不重要。

藉由調查使用者對系統需求提出的建議事項共有九項，經考量後做相關新增處置如表 3 所示：

表 3、調查結果建議新增項目

使用者需求建議項目	系統規劃實體、屬性 & 功能考量
風象資料應考量季節風，包含其風速與風向	經調整後將此資料表納入資料庫建置中
海象資料應考量水溫	經調整後將此資料表納入資料庫建置中
地理資訊應考量海岸地質	經調整後將此資料表納入資料庫建置中
氣象環境應考量濕度	經調整後將此資料表納入資料庫建置中
人為設施應考量管理單位	經調整後將此資料表納入資料庫建置中
系統資訊應增設設施類別查詢	經調整後將此資料表納入資料庫建置中
人員資料應註明其專長項目	經調整後將此資料表納入資料庫建置中
建議資訊管理系統在使用上，對資料來源能註名來源單位	經調整後將此資料表納入資料庫建置中
建議加入資料排序以提昇資料搜尋速度	經調整後將此資料表納入資料庫建置中

### 3.2 資料庫架構規劃與設計

透過分析使用者需求，規劃資料庫系統的主要架構，並編輯初期資料庫各實體資料，建構資料庫之實體(Entity)。表 4 為生物基本資料之中英文名稱及實體資料表。

表 4 生物基本資料表

生物基本資料表	建構生物資料 (Attribute)	
生物基本資料表	生物學名	Scientific_Name
Organism_ID	生物中文名	Chinese_Name
Scientific_Name	生物英文名	English_Name
Chinese_Name	生物中文俗名	C_Common_Name
English_Name	生物圖片	B_PIC
C_Common_Name	生物特徵	Feature
B_PIC	分佈區域	Distribution
Feature	保存方式	Reserve
Distribution	界	ItemA
Reserve	門	ItemB
ItemG	綱	ItemC
ItemF (FK)	目	ItemD
ItemE (FK)	科	ItemE
ItemC (FK)	屬	ItemF
ItemB (FK)	種	ItemG

本資料庫資料表設計中實體大多與該資料主鍵相依，所以只進行到第二正規化。經過資料庫正規化後，規劃共計 38 個資料表，分為生物資料、工程資料、環境資料、監測資料、系統權限、空間資料、其他資料等七大群組。資料庫之邏輯模組（如圖 2 所示）在經 ER Studio 軟體內部依據資料庫種類轉置為實體模組（如圖 3 所示）後，可產生 SQL 資料庫文字檔，以供資料庫管理系統讀入後產生實體資料庫。

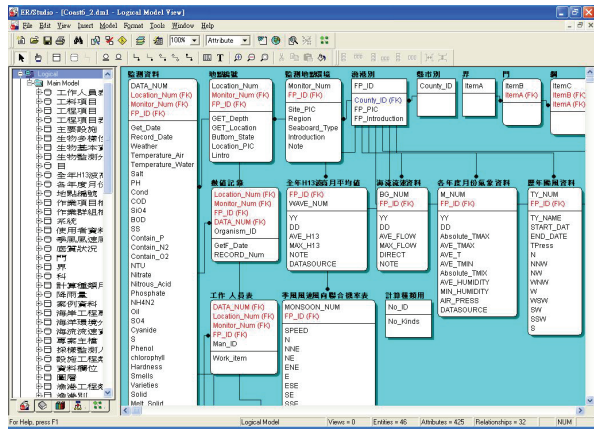


圖 2、ER 邏輯模組

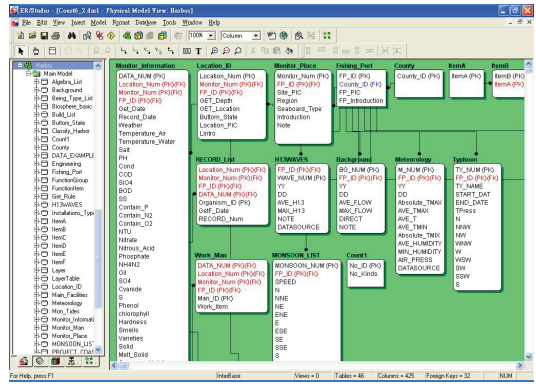


圖 3、ER 實體模組

```

CREATE TABLE Algebra_List(
  Biodiversity_Num          VARCHAR(15) NOT NULL,
  Start_time               DATE,
  End_time                 DATE,
  Fishport                VARCHAR(30),
  Mplace                  VARCHAR(30),
  Lplace                  VARCHAR(30),
  Date_Unit               VARCHAR(15),
  N                       VARCHAR(15),
  NI                      VARCHAR(15),
  S                       VARCHAR(15),
  Dominace_Index          VARCHAR(18),
  Shannon_Diversity_Index VARCHAR(18),
  Evenness_Index         VARCHAR(18),
  Species_Richness_Index VARCHAR(18),
  Other_Function          VARCHAR(50),
  Other_Index            VARCHAR(18),
  CONSTRAINT PK31 PRIMARY KEY (Biodiversity_Num)
);
  
```

圖 4、SQL 資料庫文字檔

### 3.3 繪置系統作業狀態圖

本研究以狀態圖來表示物件在反應某事件 (Event) 後該物件所改變的狀態，並繪製各功能模組的狀態圖。圖 5 為以使用者登入系統為例，自系統起始狀態到拒絕或批准，共有登入選單、取得個人帳號、拒絕及批准等四種狀態及九種狀態改變過程。

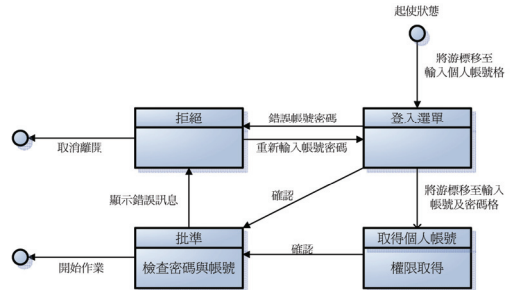


圖 5、使用者登入狀態圖



## IV. 系統架構與作業內容

本研究之『海岸環境資訊管理系統』共建置以下作業項目：

### 4.1 基本作業

基本作業為系統後續功能使用之便利性而設計，例如某資料在輸入重複性高時可將該資料建立至基本作業，方便在編輯報告或填寫紀錄時可用點選該項目以替代打字輸入，能確保資料的一致性、避免人為疏失。

圖 6 及圖 7 為生物分類系統，係採用林奈系統為生物資料建置時作分類。圖 8 為海岸工程類別，將漁港工程分為水域設施、外廓設施、交通等七項類別，再依資料子項目設立資料間之主從關係，方便建檔輸入作業的效率。圖 9 為我國漁港資料的簡介，包含所在的城市、簡介、及圖片檔等資訊。圖 10 為我國各縣市、鄉鎮名稱及郵遞區號資料。

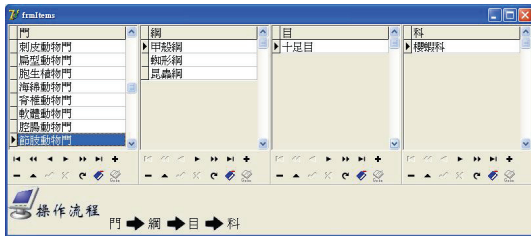


圖 6、生物類別架構圖視窗

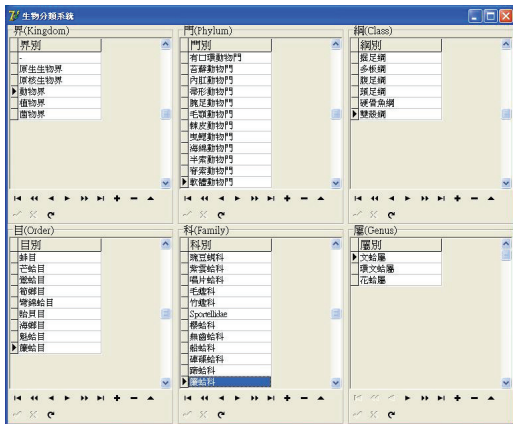


圖 7、生物分類系統視窗

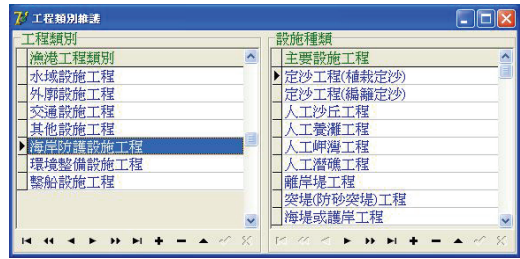


圖 8、工程類別視窗

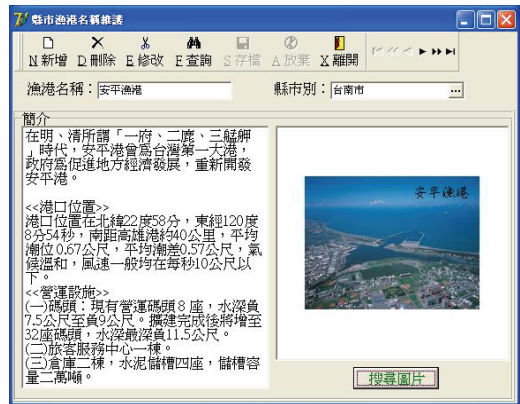


圖 9、漁港資料維護視窗

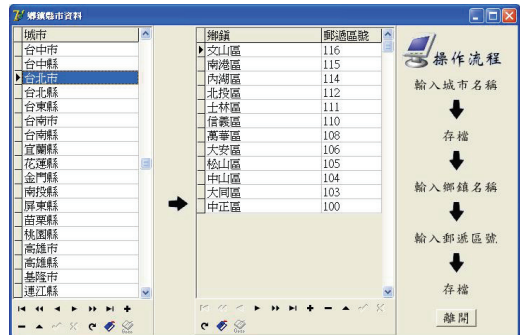


圖 10、台灣縣市名稱維護視窗

### 4.2 資料建置作業

本作業包含監測地點基本資料、生物資訊基本資料及工程資訊基本資料：

#### A. 監測地點基本資料：

內含監測站及監測點的選設，並將監測點基本資料建立在資料庫中，可在建立監測紀錄時作點選即時顯示地點以確認位置，圖 11 為安平港 A 區測站區 A1 測點的相關資訊，含深度、底質狀態、測點介紹等。



圖 11、監測地點資料視窗

B. 生物資訊基本資料：

建置當地生物之基本資訊，含林奈分類系統對生物所做的命名資訊，中英文學名、物種特性、棲地分類、分部地區等文字資訊及圖片等如圖 12 所示。



圖 12、生物資料建置圖視窗

C. 工程資訊基本資料：

提供海岸環境設施工程施作的名稱及該設施相關資訊，包含中英文名稱、中文俗名資訊、生物圖片、命名者、特徵、分佈地區等(如圖 13 所示)，提供監測報告紀錄周遭海岸資訊工程施作的相關資訊。



圖 13、工程資料建置視窗

4.3 環境調查作業

監測人員對於監測點所進行的調查報告，包含生物資訊、水質檢測項目、周遭施作的工程狀況、底質資料、地點測站等。本工作平臺主要功能為存放監測報告資料，包含監測地點、水質檢驗、採樣紀錄、地質調查、環境工程施作及採樣人員資訊。系統中包含文字資料、向量圖檔並儲存監站經緯度資訊，提供檢視地理相關資訊及多媒體查詢，可標示該紀錄的位置。

資料編輯功能則提供新增、刪除、修改、放棄、存檔，提供自動流水編號；另為提升資料搜尋效率，查詢資料時以快顯視窗顯示搜尋資料列表。基本資料中之監測環境、生物資料、港灣工程、監測人員等資料皆可用點選方式加以設定，以建立相關資訊。

另氣象資料中季節風風速、風向、海水水溫、海岸地質、氣象濕度等資料，提供輸入相關資料。圖 16 颱風相關資料；圖 17 為氣象資料。

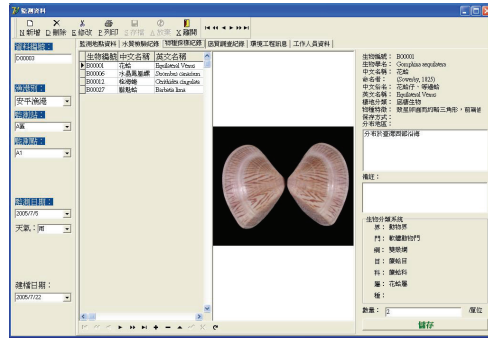


圖 14、監測地點資料及生物採樣紀錄視窗

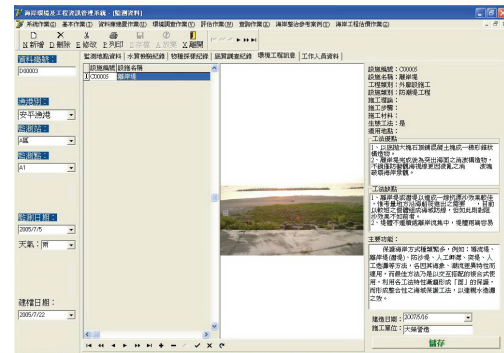
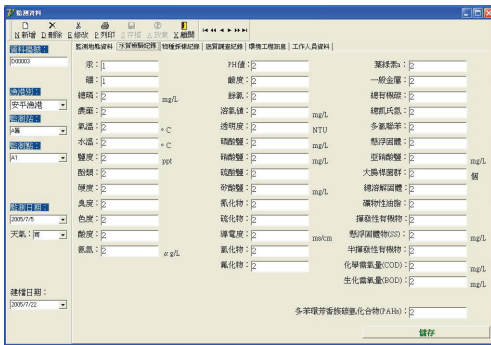


圖 15、質採樣紀錄及環境施作工程施做資料視窗

縣市別：台南市

歷年影響管理處風統計表 V.S 空之風型之風風示性波推推表

站序	站名	風速	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	風向別
110	NARI	960	3.24	4.15	1.83	2.56	2.11	0.55	0	0	1.68	安平漁港
118	TORALI	952	1.62	2.26	1.38	2.62	2.57	1.95	0	0	0	安平漁港
1105	TRAMI	965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	安平漁港
1102	CHEBI	965	0	0	0	0	1.65	2.26	5.74	6.79	7.95	安平漁港
20	XANGSAN	960	0.51	2.06	2.19	2.17	2.02	0	0	0	4.81	安平漁港
10	BILIC	930	1.21	4.57	4.69	3.69	4.45	4.43	4.49	4.64	0	安平漁港
4	KAI-TAK	965	0	1.93	0	0.89	2.14	1.85	0	1.19	3.85	安平漁港
9906	MAGGIE	965	0	0	0	0	0	1.79	1.52	1.51	2.23	安平漁港
9812	BASS	965	0	0	0	1.61	1.88	2.88	2.06	3.21	3.12	安平漁港
9810	ZEB	930	1.74	2.36	2.57	2.15	0	0	0	0	0	安平漁港
9977	AMBER	945	3.11	2.36	2.56	3.21	3.5	3.52	0	0	0	安平漁港
9608	HEPB	920	1.35	0	1.68	2.09	3.06	1.07	1.18	0	0	安平漁港
9607	CLODIA	965	0.83	1.88	2.31	1.85	3.06	2.69	3.82	3.93	0	安平漁港
9815	RYAN	940	1.94	1.92	0	0	0	0	0	4.81	5.81	安平漁港
9809	KENT	955	0	0	0	0	0	2.12	1.91	1.99	1.84	安平漁港
9416	GLADYS	970	2.70	0	0	0	0	1.36	1.32	0	0	安平漁港
9405	TM	945	3.34	2.34	2.57	2.27	3.04	3.23	3.38	2.99	0	安平漁港
9916	ABE	950	0	0	0	0	1.71	1.97	1.29	1.31	1.32	安平漁港
9215	OMAR	960	1.58	2.28	2.07	2.34	2.52	2.69	2.7	2.65	0	安平漁港
9120	NAT	945	0.68	0	0	0	0	1.67	1.15	0.53	0	安平漁港
9112	YANLY	960	0	0	1.46	2.66	2	0.99	0	0	0	安平漁港
9005	OPBLJA	970	0	1.73	2.04	2.09	1.88	0	0	0	0	安平漁港
9017	DOT	960	1.96	4.33	4.35	4.28	3.49	3.56	3.62	3.69	3.41	安平漁港
9003	MARIAN	965	0	0	0	0	0	6.29	7.18	6.82	4.63	安平漁港
8919	SARAH	952	2.07	2.25	2.54	2.8	1.74	0	0	0	0	安平漁港

圖 16、颱風資料視窗

溫度、溼度、氣壓資料表

資料編號	年度	月份	絕對最高溫度	平均最高溫	平均氣溫	平均最低溫	絕對最低溫度	平均相對濕度	最小相對濕度	氣壓	資料來源	FP_ID
M0012	1977	12	30.7	24.47	19.38	16.10	6.10	76.33	28	1011.0	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0011	1977	11	33.4	28.10	22.97	19.50	13.30	76.29	35	1014.5	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0010	1977	10	34.2	30.82	26.23	23.13	18.90	76.29	36	1011.1	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0009	1977	9	35.9	31.85	27.72	24.83	20.10	78.48	38	1006.9	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0008	1977	8	35.2	32.60	28.67	25.82	23.30	81.10	45	1003.7	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0007	1977	7	36.0	32.73	28.80	25.92	22.50	77.95	40	1005.1	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0006	1977	6	36.3	32.43	28.53	25.62	19.70	79.52	37	1005.6	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0005	1977	5	34.7	32.12	26.82	23.70	17.40	77.57	40	1007.9	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0004	1977	4	34.3	29.15	24.33	20.82	11.50	77.23	21	1011.1	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0003	1977	3	34.2	23.57	21.80	17.85	11.60	77.77	27	1014.0	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0002	1977	2	32.1	23.58	18.15	14.65	8.00	79.00	24	1015.9	中央氣象局台南測候站	安平漁港
M0001	1977	1	29.4	22.92	17.43	14.33	8.30	77.86	18	1017.0	中央氣象局台南測候站	安平漁港

漁港別：安平漁港

圖 17、氣象資料視窗

#### 4.4 評估作業

生物多樣性可以解釋為生物中的多樣性和變異性及物種的生態複雜性。近年來基於對生態系統的認知，各界致力於人為與自然環境之平衡，為落實生物多樣性保育及永續發展，環保團體倡導採取以生態為基礎、安全為導向的開發方式，對各項物種建立長期監測紀錄以供環境評估判定依據。本研究建置底棲生物及附著生物監測資料多樣性計算作業，包含優勢度指數(Dominance Index, C)、香農韋納指數(Shannon Diversity,  $H'$ )、均勻度指數(Evenness Index,  $J'$ )及種數的豐富指數(Species Richness Index, SR)等，如圖 18 所示。



圖 18、多樣性指數視窗

由環保署海域環境分類及海洋環境品質標準所建立對水質分類檢測，經由檢測資料的輸入，含 pH、BOD、氮、總磷、酚類、溶氧值、氰化物、NTU、大腸桿菌數、礦物性油脂等資料，檢驗該筆檢測之結果，如圖 19 所示。



圖 19、水質檢測分類標準視窗

#### 4.5 查詢作業

地理資訊系統整合「地理」、「資訊」、「系統」三類資訊，用 GIS 來設計儲存、分析具地理區位特性的事物，以疊圖及空間分析功能，將原始地理資料轉變為支援空間決策的資訊，如圖 20 所示為安平港 A1 測點，其經度為(E)120.0024°、緯度為(N) 22.3829°，並可瀏覽該測點的生物資訊、水質、周遭的工程訊息、監測環境、測站所在漁港簡介等及相關多媒體播放。

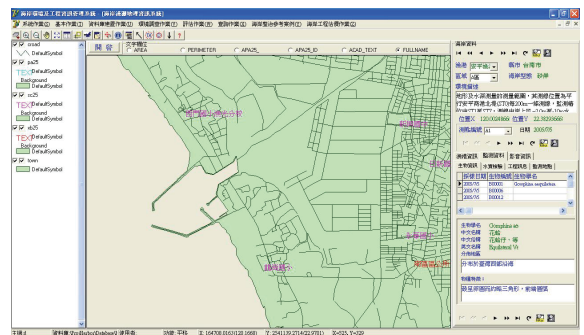


圖 20、GIS 系統視窗

#### 4.6 其他功能

本『海岸環境資訊管理系統』整合相關界面，其他功能內容包括：

##### A. 查詢及自動輸入功能

尋找資料時點選『查詢』鈕，系統以快顯視窗顯示查詢選單(如圖 21 所示)，可快速查詢目標資料。

##### B. 資料界面的轉換

系統所儲存的電子資料，可轉由書面文件型態呈現(如圖 22 所示)，並列印輸出以利資料之保存。



圖 21、查詢功能選單

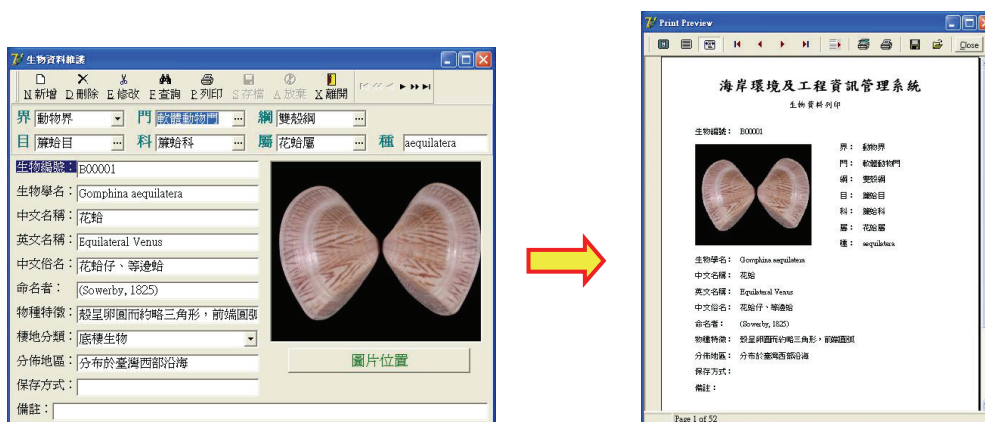


圖 22、書面文件轉置視窗

C. 即時提示功能

系統中各按鈕等元件可以即時顯示相關功能之說明，以協助使用者之操作。

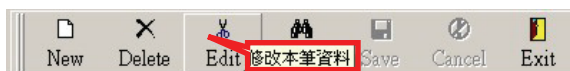


圖 23、即時說明圖例

D. 排序功能

本系統中輸入資料會以編號依序並由小到大自動做的排序動作，以方便查詢。



圖 24、排序功能視窗

## V. 結論

本研究使用 ER Studio 建構資料庫架構，以 InterBase 為資料庫管理系統，結合地理資訊系統以 Delphi 為開發工具建置『海岸環境資訊管理系統』，回顧相關文獻並對從事海岸環境調查、研究的專家群體做需求調查，藉由所彙整的建議納入規劃考量，並經輸入安平港相關數據作驗證，由系統功能運作及計算結果顯示資料庫規劃完整。本研究歸納獲得下列貢獻：

- A. 由文獻回顧及專家訪談整合使用者需求建立海岸環境資訊資料庫模組。
- B. 建立海岸環境監控系統，提供使用者輸入相關生物資訊、水質檢測項目、施作工程狀況、底質資料、測站等資料，供紀錄、查詢各海域測站海岸生態工法施做前後之生物及水質資料。
- C. 由多樣性指數及海岸分類標準，提供使用者對海岸環境污染的情形作進一步的追蹤。
- D. 藉由資訊管理系統的應用，可以改善海岸環境工程長久以來資料管理煩雜、重複及謬誤之問題，並簡化處理資料的程序及時間，提高了資料尋找和分享之效用。
- E. 藉由海岸環境及工程管理系統與 GIS 的結合，可用來搜集、儲存、分析、描述實際地理區位特性的事物，改善文字型資料庫無法達成的視覺化效果，使這些傳統資料在空間中更具使用效能。
- F. 本系統之建立有利長期生態環境監測資料之收集，避免重複監測調查所造成寶貴資源的浪費，對未來港

灣開發有相當良好的參考價值。

## VI. 參考文獻

1. 陳緯蒼，「網路生態工程資訊系統之建置研究」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，2002。
2. 竺世駿，以 GIS 為基礎之災情資訊彙整系統設計，以 SARS 疫情新聞為例，2003。
3. Jingsong Wu, Kevin Amaratunga; and Royol Chitradon, "Design of Distributed Interactive Online Geographic Information System Viewer using Wavelets", 2002.
4. Jen-Yang Lin, Ju-Chung Lee, Cheng-Daw Shieh, and Shaw L. Yu, "A Study on Quantifying the Relationship between Stream Physical Parameters and Ecological Conservation", 2004.
5. Joshphar Kunapo, Ganeswara Rao Dasari, Kok-Kwang Phoon, and Thiam-Soon Tan, "Development of a Web-GIS Based Geotechnical Information System", 2005.
6. 根本何史，「資料庫設計 ER Model 基礎講座」，博碩文化股份有限公司，2003。
7. 陳錦媽，「GIS 技術與實務應用 Arcview 3.x & 8.x」，新文京開發出版股份有限公司，2003。
8. 黃文鈺，「Delphi 7.0 程式設計徹底研究」，文魁資訊股份有限公司。
9. 周碩聰，「網路庫存管理之物件模型」，國立台灣大學電信工程學研究所碩士論文，2001。
10. 楊亨利等，「系統分析與設計」，國立空中大學用書，民國 87 年 9 月。

11. 郭一羽，朱達仁，「漁港生態工法應用類別之探討」，第一屆營建產業永續發展研討會。
12. 吳海音，「生物多樣性概念在保育規畫上的落實－以保護區的選取為例」，國立東華大學自然資源研究所。
13. 郭一羽，水域生態工程，滄海書局，2003。
14. Jeffrey D. Rieker and John W. Labadie, “GIS Visualization and Analysis of Environmental Effects of Operations in the Lower Colorado River”, 2003.
15. Seann Reed, Dennis Johnson and Timothy Sweeney, ”Application and National Geographic Information System Database to Support Two-Year Flood and Threshold Runoff Estimates”, 2002。

# 高雄港境外航運中心發展癥結

張雅富 長榮大學經營管理研究所博士候選人

## 1. 緒論

1949 年由於台海兩岸軍事對立結果，兩岸政府即禁止雙方貨物與人員的直接往來，雙方是透過第三地(例如香港)進行間接貿易與貨物轉運。1997 年政府為推動台灣與中國大陸的未來直航與推動高雄港成為海運轉運中心，就通航的各項問題進行多次授權民間組織談判，最後促成雙方在高雄港(台灣)設置「境外航運」與廈門、福州港(中國大陸)設置「試點直航」的協議，並於 1997 年 4 月 17 日完成廈門至高雄的首次港口通航(Chang, et al., 2006)。

台灣設立境外航運中心的背景，由於兩岸的互不承認與限制，使台海兩岸各自的船舶無法直航兩岸港口，影響貨物的轉運，故台灣在其國境內的港口區域劃分一部分為境外航運中心，以供中國大陸船舶停靠作業，並避開雙方船舶國籍與懸掛國旗等的政治困擾。但其業

務本質並不是真正的直航，因為兩岸政對通航兩岸港口的船舶與貨物運送權利仍然都有不同的限制規定，例如中國大陸限制僅能由兩岸所屬船公司的權宜船航行此一航線，台灣限制兩岸之間的貨物不能通關、入境，大陸轉運貨經由境外航運中心轉運至第三地。

對於外籍航商而言，東亞快速成長中的經濟環境是一個值得開拓的海運市場，特別是原有的南韓、日本、台灣及香港之港口外，再加上結合中國大陸港口的貨櫃船航線(Chang, 2007)。但台灣與中國大陸認為兩岸之間的航線屬性，分為不同於國際航線的「特別航線」或特殊管理的「國內航線」，對兩岸與外籍航商都有不同的政策限制。而中國大陸港口近年大量的貨櫃量與成長幅度如表 1 所示，對航商更是一大誘因，特別是位於越太平洋航線與遠東-歐洲航線之間的海峽兩岸航線。

表 1、中國大陸主要港口貨櫃量

(Unit: TEU)

2002	港口	2003	%	2004	%	2005	%	2006	%
8,611,890	上海	11,370,000	32	14,550,000	22	18,084,000	24	21,710,000	20
7,613,754	深圳	10,650,000	40	13,660,000	22	16,197,173	19	18,468,900	14
3,410,000	青島	4,230,000	24	5,139,000	20	6,307,000	23	7,702,000	22
2,408,100	天津	3,020,000	25	3,810,000	21	4,801,000	26	5,950,000	24
1,859,000	寧波	2,772,200	49	4,000,000	31	5,208,000	30	7,068,000	36
2,172,800	廣州	2,760,000	27	3,313,200	18	4,685,000	41	6,600,000	40
1,754,370	廈門	2,330,000	33	2,871,700	20	3,342,300	16	4,018,700	20
1,367,192	大連	1,670,590	22	2,210,000	24	2,690,000	22	3,212,000	21

資料來源：整理自中國大陸「交通部」網站資料。



由於目前台海兩岸政府管轄區域不同，各有不同的主管機關與法律規範，因此兩岸港口的直航顯然與釜山至香港的國際航線、上海至廈門的國內航線不同。而高雄經廈門至香港、深圳或高雄經上海、天津至釜山，對航行此區域的兩岸與外籍航商而言，所涉及的問題更為複雜(例如台灣海峽是否為國際或國內水域)，有需要深入分析並謀求對策。

本文先說明設立境外航運中心的決策背景與台海兩岸直航政策的比較，特別是台灣與外籍航商面對中國大陸「一個中國」、主張沿海貿易權(Cabotage)等航運政策，如何運用高雄港的境外航運中心將海峽兩岸航線與國際航線相結合。最後對台海兩岸未來直航發展，提出改善建議以供後續研究方向的參考。

## 2. 直航政策的構想發展

從 1949 年中國內戰後的兩岸政治對立並未和緩，面臨香港 1997 年回歸中國大陸後原有台港航線持續問題，以及未來推動兩岸直航的試驗，尋找一

運輸時間與成本的方案，兩岸當局對有個能替代香港的第三地角色與減少兩岸關直航的政策開始認真面對這個問題並進行規劃與實施。

### 2.1 政策背景簡介

1949 年起兩岸政府嚴格限制任何船舶直接通航台海兩岸港口。1990 年代，台灣為重新加入 WTO 與因應香港回歸中國大陸，加速航運服務業自由化與維持為海運轉運中心的目標，推出亞太營運中心計畫，該項計畫之一即是建設高雄港為亞太海運轉運中心(Chiu, 2007)。

隨著中國大陸的外貿與台海兩岸民間轉口貿易金額增加，由於兩岸轉口貿易一直以香港為第三地，但兩岸港口的通航問題隨著 1997 年 7 月香港由英國回歸中國大陸更顯迫切，台灣與香港的航線在 1997 年後如仍維持通航就意味打破兩岸政府自 1949 年禁止直航的政策，政治的不確定性使 1996 年兩岸轉口貿易金額經香港的成長率開始下降，如表 2 所示。

表 2、海峽兩岸 1997 年以前經香港轉口貿易金額統計

年	貿易總額		經香港轉口			
	單位：百萬美元		台灣向中國大陸出口		台灣從中國大陸進口	
	金額	成長率	金額	成長率	金額	成長率
1991	5,793.2	43.3	4,667.2	42.4	1,126.0	47.1
1992	7,406.0	27.9	6,287.9	34.7	1,119.0	-0.6
1993	8,689.0	17.3	7,585.4	20.6	1,103.6	-1.4
1994	9,809.5	12.9	8,517.2	12.3	1,292.3	17.1
1995	11,457.0	16.8	9,882.8	16.0	1,574.2	21.8
1996	11,300.0	-1.4	9,717.6	-1.7	1,582.4	0.5
1997	11,458.9	1.4	9,715.1	0.0	1,743.8	10.2

資料來源：整理自經濟部國貿局網站資料。

政府在1987年11月開放民眾前往中國大陸探親，隨後民間的旅行、貿易交流快速成長，不論海運或空運都是經由第三地(主要是香港)來進行，基於減少運輸成本與時間的經濟因素，兩岸直航的情況開始受到政策考量。所謂的直航是指海峽兩岸的飛機、船舶可以經由雙方機場或港口，載運旅客、郵件、貨物，不經第三地直接航行到對岸，例如上海至高雄或高雄至廈門。基於安全的考量，台灣認為兩岸直航不同於一般國家之間的通航模式，在現況也不是一般的「國內航線」，隨著1997年香港回歸中國大陸的來臨，兩岸港口定點直航或其他變通方式便列入評估(Taiwan's Mainland Affairs Council, 1992)。

## 2.2 重要爭議問題與解決

中國大陸人民代表大會在1979年即要求海峽兩岸直航。但在直航的要求上視台灣等同香港為地方政府，兩岸之間的航線在其「一個中國」政策下定位為「國內航線」，禁止外國業者經營兩岸的客貨運業務，凡與台灣有關航權協議，須先經中國大陸同意，否則就是涉及干涉中國主權問題。1997年7月1日香港回歸中國大陸，台灣與香港的原有航線變成兩岸的通航，中國大陸主張台灣比照香港實施「一國兩制」，展開台灣與中國大陸的全面直航(Wu, 1998)，這是台灣拒絕直航的原因其中之一。

由於必須因應1997年7月後香港回歸中國大陸後，台灣與香港(中國大陸)發生實質直航問題，在安全與法律兼顧下，台灣取材自境外金融中心的構想，將台灣地區境內港口經由法律程序劃定為境外航運中心，香港仍視為第三地，維持提供船舶與人員進出、貨物裝卸等業務(Cheng, 1995)。因此規劃高雄

港為境外航運中心，在不涉及兩岸主權與航權問題，營運上以貨櫃轉運為主，以取代部分貨物由香港轉運的功能以節省運輸成本。

透過雙方政府委託民間航運團體的多次協商，1996年8月中國大陸宣佈開放位於台灣海峽西側的廈門與福州兩港，允許以兩岸航商所屬的外籍權宜輪方式，直航至台灣的高雄港境外航運中心。

## 3. 境外航運中心的發展

台灣的境外航運中心初期以解決台灣與大陸航線的法律定位與政治困擾，日後並沿用法律上「境外」地位發展至台灣與其他中國大陸港口通航的航線，但有關航行船舶與貨物運送權利，海峽兩岸政府仍有不同的限制。

### 3.1 階段性的實施規劃

在1997年後，兩岸無法再維持以香港作為間接通航的角色，就中國大陸與亞太地區航運的發展，在兩岸全面的實施直航階段前，選擇境外航運中心方式的定點直航作業，先行避開政治議題是一雙方雙贏的策略。在不妨害安全前提下，台灣推動的初期的構想是：(1)以貨物定點直航(2)以港對港的直航(3)以船舶為主(4)以文件間接、貨物直接的模式規劃。將台灣的境外航運中心與中國大陸地區港口之間航線定義為「特別航線」，允許中國大陸轉運貨物以「不通關、不入境」方式，在高雄港境外航運中心裝卸、分裝及轉運，航行兩岸的船舶限制以外籍船及權宜船(Mao, 1996)，初期的推動規劃如圖1所示，未來如兩岸政府如互相承認進入和平談判環境，配合台灣政策規定可以雙方船貨進入全面直航階段。

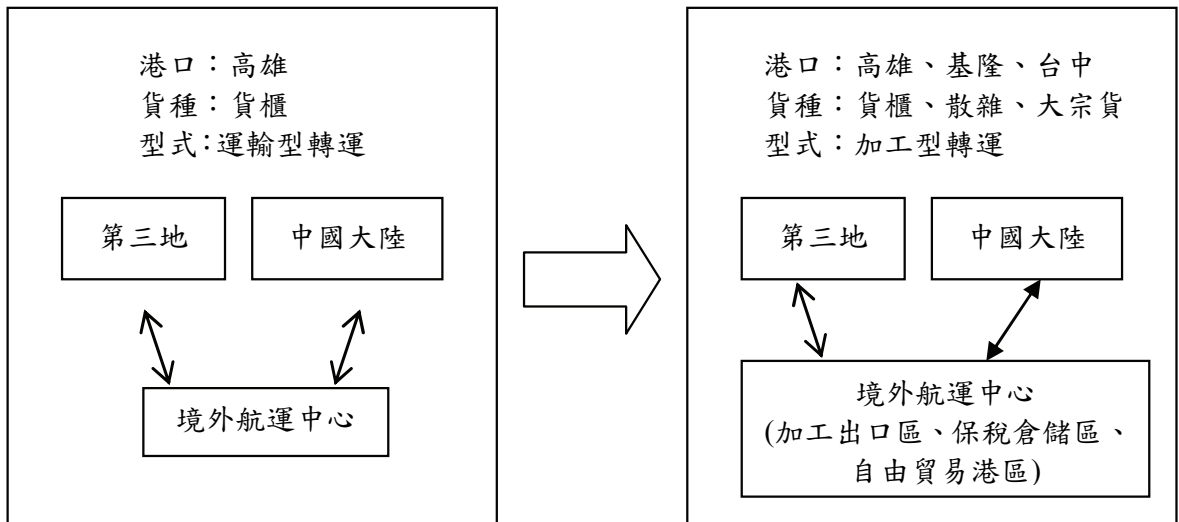


圖 1、境外航運中心階段發展步驟

中國大陸初期是於 1997 年開放廈門與福州港與台灣高雄港的境外航運中心通航，但排除外籍航商的參與，但允許兩岸航商所屬的外籍權宜船參加。第二階段隨著中國大陸交通部於 2002 年 1 月 1 日起時實施的「國際海運條例」的特別規定，外籍、香港和台灣航商經特許後可經營中國大陸港口經台灣、香港、澳門至第三地的航線。使台灣的境外航運中心從原先的廈門、福州至高雄港的兩岸境外航線外，又新增其他中國大陸口經台灣的境外航運中心至第三地的遠洋航線，產生將國際航線與兩岸航線可以相連接的變化，但中國大陸對於外籍航商仍禁止運送

兩岸的貨物與轉運貨。

### 3.2 兩岸的政策差異

海峽兩岸航線的複雜性異於一般國際航線或國內航線模式，主要是兩岸的政策與法律對直航的經營者、船舶國籍、兩岸貨物運送權利規定有差異，特別是中國大陸「交通部」主張海峽兩岸航線為其沿海貿易權，不允許外籍航商參與。台灣認為直航在經濟面涉及外籍航商能否參與，以及兩岸航商能否獨占此航運市場的利益；在政治面認為中國大陸有將台灣地位視為如香港的地方政府，因此航線定位成為兩岸海運直航的核心問題(Liu, 2002)。而兩岸在通航政策的主要規定差異如表 3 所示：

表 3、兩岸在通航政策的主要規定差異

重點	台灣	中國大陸
政策	統一前互為對等政治實體	目前為一個中國
目標	階段性開放直航	全面直航
兩岸航線定位	特別航線	特殊管理的國內航線
港口通航定義	境外航運	試點直航
經營者資格	台灣、中國大陸及外籍航商	台灣及中國大陸航商
航行船舶	台灣、中國大陸航商所屬權宜船及外籍航商所屬船舶	台灣、中國大陸航商所屬權宜船及船舶
開放港口	高雄港(後續增加基隆、台中港)	廈門、福州港(未來港口全面開放)
運送方式	中國大陸經台灣轉口至第三地貨櫃	運送兩岸貨物與轉口貨櫃
申請限制	許可制	許可制

本文參考有關陸委會對兩岸海運直航的評估，依重要的管制重點，就目前兩岸直航與境外航運中心實務運作內容與變化，加以分析說明：

- (1) 航線：1997年香港回歸中國大陸前，海峽兩岸並無通航航線，只有台灣至香港航線。港澳人民關係條例將1997年後的香港、澳門仍視為第三地，維持原有航線但不定義為兩岸直航航線。1997年通航的廈門、福州至高雄航線定義為境外航運航線(中國大陸稱為試點直航航線)，台灣於1997年另開放經第三地(例如南韓、沖繩)的兩岸三地定期航線。
- (2) 港口：1997年前無任何通航港口，1997年海峽兩岸開放廈門、福州與高雄。2002年中國大陸同意國際航線可同時彎靠兩岸港口，意味國際航線與兩岸之間的航線可相合併。2004年台灣新增開放基隆與台中兩港為境外航運中心。
- (3) 船舶：1997年前禁止兩岸及外籍航商船舶營運兩岸之間的航線，1997年的境外航運中心(廈門、福州至高雄)，台灣開放兩岸航商所屬權宜船及外籍航商船舶，中國大陸僅允許兩岸船舶及所屬權宜船。2002年中國大陸再開放外籍船舶可航行兩岸港口，即原有境外航運中心(廈門、福州至高雄)與兩岸其他港口，除了兩岸船籍的船舶外，已無針對外國籍船舶的航行限制。
- (4) 貨物：兩岸貨物於1997年以前經香港裝卸後轉運，1997年後維持香港原有轉運功能。同年新增的境外航運中心(廈門、福州至高雄)，台灣僅允許中國大陸轉口貨物經境外航運中心至第三地，中國大陸則開放

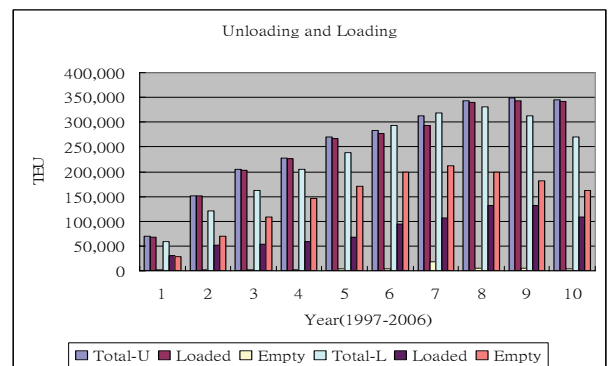
運送兩岸與轉運貨物。2002年中國大陸開放外籍航商經境外航運中心至第三地，但仍不得運送兩岸與轉口貨物。

## 4. 境外航運中心營運分析

### 4.1 營運結果

高雄港境外航運中心自1997年4月營運以來，本文運用交通部公布的統計資料，將其作業量分析發現總體變化趨勢，如圖2所示：

- (1) 由廈門、福州運往高雄的貨櫃量大於從高雄運往廈門、福州的貨櫃量，且重櫃平均占98%以上，空櫃至台灣的比率極低，已達到台灣設置境外航運中心轉運中國大陸貨櫃至第三地的目標。
- (2) 從高雄運往廈門、福州的貨櫃量以空櫃最多，而且空櫃平均占60%以上，顯示航商以境外航運中心做為往中國大陸的空櫃調度基地，也與台灣禁止經此航線運送兩岸貨物有關。



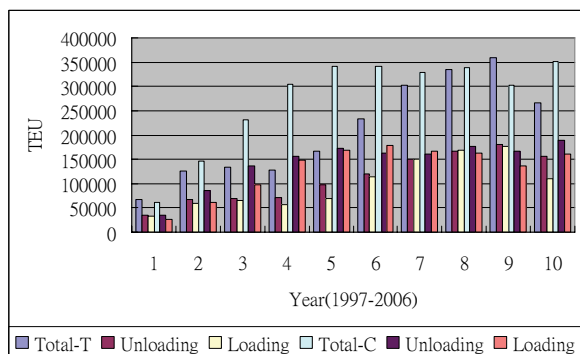
註：Total-U：總卸櫃量，Total-L：總裝櫃量

圖 2、高雄港境外航運中心裝卸量(重櫃、空櫃)

- (3) 境外航運中心初期以台灣航商的營運表現較佳，但中國大陸對申請境外航運航線的兩岸航商，對台灣航

商核准家數較低與運量限制，使台灣與中國大陸航商的運送能力趨於接近。

- (4) 由於兩岸對境外航運中心行駛船舶的國籍規定，唯一的交集是兩岸航商所屬的權宜船，因此變成兩岸之間的集貨船(Feeder)航線，裝卸量無法重大突破，如圖 3 所示。



註: Total-T: 台灣船公司總運量,

Total-C: 大陸船公司總運量

圖 3、船公司裝卸量(台灣、中國大陸)

## 4.2 角色的變化

香港 1997 年以前在英國的統治下提供兩岸海運轉運的中介地位，1997 年設置於台灣海峽之間的境外航運中心亦提供同樣的角色，使兩岸政府暫時擱置船舶國籍、懸掛國旗等政治爭議問題。但廈門、福州與高雄港的境外航運中心對外籍航商而言，只是一個封閉式的兩岸內部航線，並無參與的空間。

中國大陸於 2002 年實施的國際海運條例，允許外籍航商的國際定期航線同時彎靠兩岸港口，就直航港口數目而言，使高雄港的境外航運中心除原有廈門、福州港外，航線可以延伸至其他中國大陸港口(例如上海、天津)，但受中國大陸對沿海貿易權主張限制，外商仍不得參與兩岸貨物與轉運的業務。表示在兩岸直航問題有政治與航線定位的

爭議外，對外籍航商更有爭取此一新興市場的貨物運送權利的限制。不過已使國際航線與兩岸之間的原有廈門-高雄航線可以相連接，對境外航運中心運作已是一項重要的突破。

在政府法律的許可下，台灣的境外航運中心航線維持原有第三地功能，使高雄至香港與中國大陸港口航線亦維持原有通航功能。而境外航運中心的觀念使高雄港具有與香港相同的雙重身分。例如對中國大陸而言，上海-廈門-高雄-香港-高雄-廈門-上海是其定義的「國內航線」；對台灣而言，廈門-高雄-香港-高雄-沖繩(日本)-上海-廈門是「廈門-高雄特別航線」加上經第三地(沖繩或香港)連接外國港口的國際航線。直航政策上雙方政府各取政治所需意涵，同樣航線定義各自對外表述，實務上也使此地區航線規劃頗為曲折。

## 5. 結語

綜合前面的分析，境外航運中心的功能已有改變，1997 年開始的原有廈門、福州至高雄的航線，重點在管制航行船舶國籍與允許轉運貨物仍維持不變。2002 年新增中國大陸港口與高雄港的通航航線，外籍船舶與兩岸所屬外籍權宜船雖可航行兩岸港口，但禁止運送兩岸貨物與轉運貨物，故通航的港口數目增加，但整體境外航運中心的運量並未增加。

海峽兩岸海運直航的持續穩定發展，有賴兩岸政府的智慧與善意，使政策與法律配合現實的更新，方能有妥協的方案產生。高雄港境外航運中心便是兩岸政府因應國際海運轉運發展與貿易需求而產生。大中華圈蓬勃的對外貿易動力，推動此地區海運輸市場的擴大，吸引各國航商的注目與加入。受限於

目前兩岸的政治對立關係，境外航運中心的設立與功能的持續擴大，雖可減輕兩岸政策對外籍船舶航行海峽兩岸港口的限制，但中國大陸對轉運貨物在高雄港作業的限制未解禁，則境外航運中心的運量很難大幅的再提升。

## 參考文獻

1. Chi-Kuo Mao. (1996). Offshore Shipping Center Plan. Ministry of Transportation and Communications, ROC (Taiwan).
2. Chih-Ching Chang, Kuang Lin, Jya-Yuan Bao. (2006). Developing Direct Shipping across the Taiwan Straits. *Marine Policy*; 30(4) : 392 - 399.
3. Han-Ting Liu. (2002). Cabotage Issue in Direct Shipping across the Taiwan Straits. *Review of Taiwan Economics*; 8(3):34-47.
4. Li-Tze Wu. (1998). Analysis for Direct Shipping across the Taiwan Straits: Political View. *Study in Communism*; 24(11):18-27.
5. Mainland Affairs Council, ROC (Taiwan). (2003). Assessment of the Impact of Direct Cross-Strait Transportation.
6. Ministry of Communications of PRC, [http://www.moc.gov.cn/06shuiyuns/guojihy/200311/t20031119\\_16463.htm](http://www.moc.gov.cn/06shuiyuns/guojihy/200311/t20031119_16463.htm)
7. Ministry of Communications of PRC, <http://www.moc.gov.cn/06shuiyuns/duitaisw/>
8. Ministry of Transportation and Communications, ROC (Taiwan), [http://www.motc.gov.tw/monthly\\_report/c5210.xls](http://www.motc.gov.tw/monthly_report/c5210.xls)
9. National People's Congress of the PRC. (1979). Message to Taiwanese compatriots.
10. Rong-Her Chiu. (2007). The Liberalization of Shipping in Taiwan. *Marine Policy*; 31(3):258-265.
11. Taiwan's Mainland Affairs Council. (1992). [The Problems and Outlook for Direct Transportation across the Taiwan Straits](#). *Taiwan Economy and Finance Monthly*; 28(11):57-65.
12. Ya-Fu Chang. (2007). Container volume in East Asian Seaports: An analysis. *International Journal of Management*; 24(1):144-154.
13. Yueh-Suey Cheng. (1995). The Issues of Offshore Shipping Center and Direct Shipping across the Taiwan Straits. *Mainland China Monthly* 1995; 28(2):10-13.

# 臺灣地區碼頭鋼板樁腐蝕成因之初探

羅建明 交通部運輸研究所港研中心助理研究員

林明德 中興大學環境工程學系副教授

## 一、前言

鋼板樁碼頭因其具有施工設備簡單，施工期短，工程費用少，且壁體富彈性，耐震性佳，不需要水下基礎工程等優點，因此在港灣工程廣受應用，與鋼管樁碼頭同為最主要之鋼結構物之一。鋼板(管)樁常年浸泡於海水下，鋼構件甚難倖免於腐蝕的威脅。鋼結構物的腐蝕係自然的化學變化，其發生與所處環境有關，浸泡於不同海域、季節、深度，受海水中氯鹽、酸鹼度、溶氧量、溫度、流速、海生物附著等因素影響，會發生不同的鋼板(管)樁腐蝕速率及現象。港中心歷年來(民國 79 年至今)在臺灣各國際商港，針對碼頭鋼板樁檢測與腐蝕防治上已研究多年，但大部分研究為現場腐蝕檢測調查，此項工作須長時間定期檢測，人力物力的投入，經濟效益影響甚大。所以，本研究為了使腐蝕速率能迅速推測，希望能透過現場海水水質分析結果如溶氧量、酸鹼度、溫度、氯鹽等參數資料與鋼板(管)樁腐蝕速率關係，以統計方法中的相關性分析及迴歸分析，初步探討海水環境因子與碼頭鋼板(管)樁腐蝕互動關聯性，進而建立預測模式，期望能藉由此鋼板(管)樁腐蝕初探，對國內碼頭鋼板(管)樁之腐蝕現場檢測工作有所助益。

本研究彙整歷年來(民國 79 至民國 94)港灣技術研究中心於基隆港、蘇澳港、花蓮港、臺北港、臺中港、安平港、高雄港、馬公港等臺灣八個商港

碼頭鋼板樁之腐蝕速率與相對應位置之海水成分中溶氧量、酸鹼度、溫度、氯鹽之水質資料，區分各碼頭、不同水深，不同鋼板樁型式，水質環境因子等項目，應用 Microsoft Excel 及統計產品與整體服務解決方案 SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 電腦軟體，以相關分析及迴歸分析，比較影響鋼板(管)樁腐蝕主要的因素。最後，依據估計的參數值與資料分析結果，探討鋼板(管)樁腐蝕與環境因子等方面行為之差異互動，並比較各環境因子之關聯性及顯著性。

## 二、研究規劃與方法

### (一)、研究規劃

本研究參考國內碼頭鋼板(管)樁檢測調查報告後，依碼頭檢測位置對應海水水質擬訂樣本，以統計方法探討鋼板(管)樁腐蝕速率與海水環境因子相關性並以迴歸分析建構預測模式，其規劃流程如圖 2.1 所示。

### (二)、研究方法

本研究彙整自民國 79 至民國 94 年間港灣研究中心歷年來之檢測結果，檢測港口及碼頭計八個商港 26 座碼頭，相關背景資料如表 2-1 所示，作為研究樣本。同時針對 Z 型、U 型、管樁三種不同鋼板樁型式之腐蝕厚度及水深下 0m、3m、6m 處，進行探討研究。

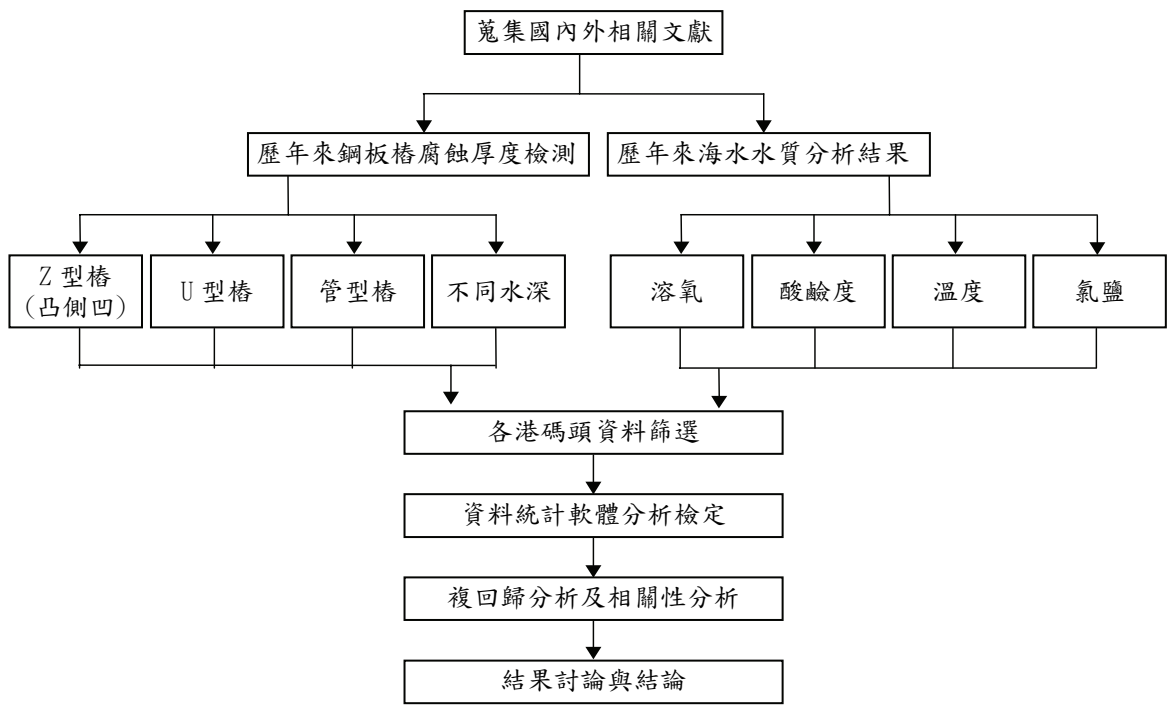


圖 2.1 研究規畫流程

表 2-1 鋼板(管)樁碼頭構造物背景資料

碼頭名稱	長度 (m)	水深 (m)	鋼板(管)樁型式	原始厚度 (mm)	完工年月	調查日期	碼頭名稱	長度 (m)	水深 (m)	鋼板(管)樁型式	原始厚度 (mm)	完工年月	調查日期
基隆港東 2 號	200	-9	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	57.3	79、90	高雄港 56 號	200	10.5	FSP IVA U 型	16.1	65	94
基隆港東 3 號	170	-9	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	57.3	79、90	高雄港 57 號	184	10.5	FSP IVA U 型	16.1	65	94
基隆港東 4 號	180	-9	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	57.3	79、90	高雄港 58 號	184	10.5	FSP IVA U 型	16.1	65	85
基隆港東 5 號	260	-9	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	57.3	79、90	高雄港 69 號	320	-14	FSP 6L U 型	27.6	68	83、93
基隆港東 6 號	180	-9	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	58.4	79、90	高雄港 70 號	320	-14	FSP 6L U 型	27.6	68	83、93
基隆港東 7 號	178	-9	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	59.4	79、90	臺北港東 1 號	170	-6	SSP PU32 U 型	19.5	83	92
基隆港西 21 號	160	-8.5	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	50	91	臺北港東 2 號	170	-6	SSP PU32 U 型	19.5	83	92
基隆港西 22 號	160	-8.5	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	50	91	臺北港東 3 號	170	-7.5	LARSEN6-31 U 型	25.4	90	92
高雄港 39 號	200	-10.5	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	57	80	臺中港 30 號	236	-13	管型	12	84	91
高雄港 40 號	214	-10.5	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	57	80	安平港 3 號	160	-9	SSP PU32 U 型	19.5	80	92
花蓮港 5 號	160	-8.5	Belvol-Z	凸、凹面 15.2 側面 10.2	50	91	安平港 4 號	160	-9	SSP PU32 U 型	19.5	80	92
花蓮港 6 號	150	-8.5	Z-25	凸、凹面 13.0 側面 9.6	60	91	馬公港 6 號	120	7.5	φ609 mm 管型	12	81	94
蘇澳港駁船	338	-4.5	Z-14	凸、凹面 9.4 側面 8.2	67	91	馬公港 7 號	56	7.5	φ609 mm 管型	12	81	94
高雄港 54 號	200	10.5	FSP IVA U 型	16.1	65	94	馬公港 8 號	140	7.5	φ609 mm 管型	12	81	94
高雄港 55 號	200	10.5	FSP IVA U 型	16.1	65	94							



本研究分析之依變數為平均腐蝕速率 (mm/yr)，自變數為溶氧量(mg/l)、酸鹼度( pH)、溫度(°C)、氯鹽(ppm)。以 Microsoft Excel 軟體將資料建檔，以 SPSS 軟體進行資料分析，並將分析結果製成表格與圖檔。再以統計方法探討依變數與自變數間的相關性及複迴歸分析的預測模式如圖 2-2。

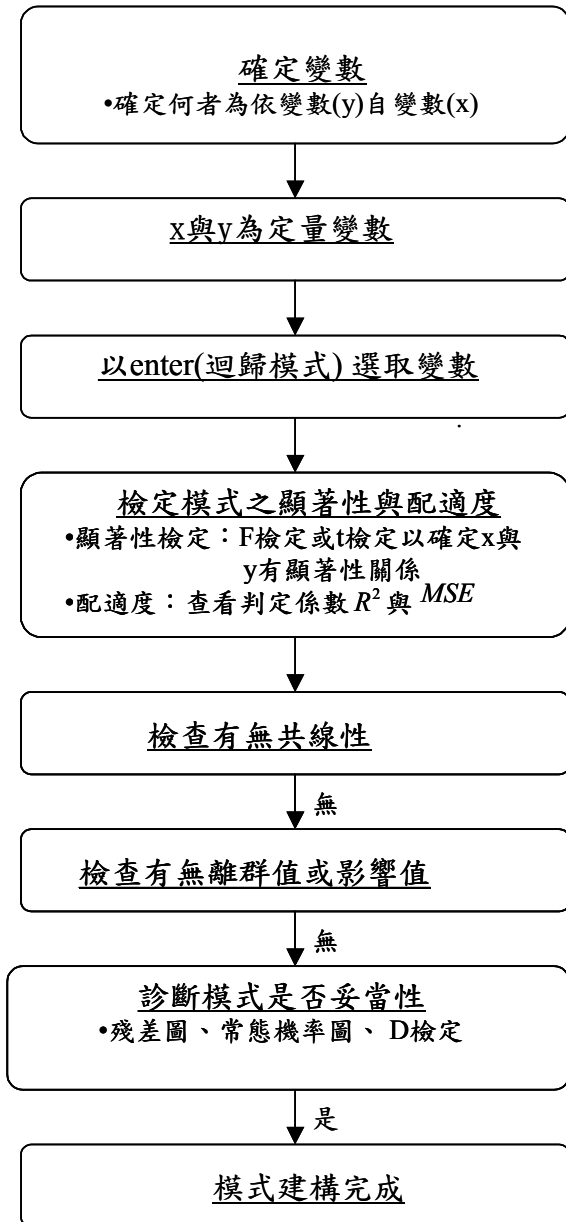


圖 2-2 複迴歸模式建構流程圖

### 三、結果與討論

#### (一)、樣本基本敘述

由表 3-1 樣本敘述統計表可知鋼板各環境因子之平均值，溶氧量介於 2.3~6.8 (mg/l)，酸鹼度的 pH 值在 7.54~8.57 之間，溫度介於 22.6~31.0°C，氯鹽約介於 15201~29900 (ppm) 腐蝕速率平均值介於 0.0435~0.0740 (mm/yr)，腐蝕速率標準差介於 0.0186~0.0361 (mm/yr)。

表 3-1 樣本敘述統計表

型樁及水深	樣本數	腐蝕速率 (mm/yr.)	溶氧量 (mg/l)	酸鹼度 (-)	溫度 (°C)	氯鹽 (ppm)	腐蝕速率平均數	腐蝕速率標準差
U 型	105	0.020 ~0.140	2.3 ~6.8	7.54 ~8.25	22.6 ~30.3	15201 ~29900	0.0469	0.0219
管樁	28	0.040 ~0.133	4.5 ~7.7	7.86 ~8.57	23.3 ~30.3	17087 ~21421	0.0740	0.0361
Z 型 (凸面)	38	0.030 ~0.110	4.6 ~8.0	7.58 ~8.53	22.7 ~31.0	15228 ~20272	0.0625	0.0215
Z 型 (側面)	38	0.009 ~0.110	4.6 ~7.9	7.60 ~8.42	24.0 ~31.0	15228 ~20272	0.0534	0.0247
Z 型 (凹面)	38	0.030 ~0.120	4.6 ~7.9	7.58 ~8.42	24.0 ~31.0	15228 ~20272	0.0525	0.0211
水深 0M	106	0.020 ~0.140	2.3 ~8.0	7.58 ~8.56	22.6 ~31.0	15201 ~23330	0.0606	0.0257
水深 3M	46	0.030 ~0.140	5.0 ~7.7	7.67 ~8.57	23.3 ~30.0	16104 ~21069	0.0620	0.0299
水深 6M	95	0.009 ~0.140	4.0 ~7.9	7.54 ~8.57	23.2 ~30.0	15710 ~29900	0.0435	0.0186

#### (二)、鋼板相關分析

利用統計之皮爾森相關係數 (Pearson Correlation) 分析二變項數關連，相關係數大小，正負面交互影響，顯著性等資料以矩陣(marix)方式呈現。

##### 1. 鋼板樁腐蝕速率與環境因子相關顯著性分析

腐蝕速率與環境因子相關分析之後，其結果彙整如表 3-2 所示。表中顯示 U 型、管樁、水深 0 m、水深 6 m 鋼板腐蝕速率與環境相關因子具有顯著性相關其餘則無，溶氧量對 U 型、管樁、水深 0 m、水深 6m 之腐蝕速率有相關性，酸鹼度對 U 型、管樁以及氯鹽對 U 型、管樁、水深 0 m 處之腐蝕速率也有顯著相關。表中鋼板樁環境因

子皆與腐蝕速率相關程度較小(即皮爾森相關係數 $p < 0.3$ )。唯管樁與環境因子酸鹼度與氯鹽此二變數呈現高度相關( $p > 0.7$ )。

## 2. 環境因子間之相關顯著性分析

除了鋼板樁腐蝕速率與環境因子(溶氧量、酸鹼度、溫度、氯鹽)相關性分析外,環境因子間亦具有顯著之互動影響,其結果彙整於表 3-3 所示。表中顯示,Z 型凸面、Z 型側面、Z 型凹面及水深 3m、水深 6m 中酸鹼度與溫度之間皆呈正相關顯著性,而 Z 型凸面、Z 型側面、Z 型凹面,溫度與氯鹽之間呈負相關顯著性。Z 型側面、Z 型凹面兩者中溶氧量與溫度為正相關。

### (三)、複迴歸模式建立

迴歸分析中的依變數(腐蝕速率)與自變數(溶氧量、酸鹼度、溫度、氯鹽),以強迫進入(enter)模式方式,依迴歸模式摘要、變異數分析、迴歸係數、共線性等分述解釋定義及本研究迴歸預測模式可行性說明如下:

#### 1. 迴歸模式摘要

迴歸模式摘要內容有相關程度,判定係數,調整的判定係數及 D 檢定等如表 3-4 所示。

##### A. 相關程度 (R)

以管樁鋼板腐蝕速率為  $R = 0.921$  最高, Z 型凹面  $R = 0.266$  最低,  $R = 0.921$  表示所預測管樁腐蝕速率,依變數與所輸入的自變數間相關程度極高,即管樁腐蝕速率的預測值與實際值相關達 92.1%,其他相關程度則低於 50%。

##### B. 判定係數 ( $R^2$ )

以管樁  $R^2 = 0.848$ , 根據四個

預測變數(環境影響因子)可解釋腐蝕速率總變異的 84.8%, 而 Z 型(凹面)及水深 (3M) 腐蝕速率總變異則未達 10%。

##### C. 調整的判定係數(Adjusted $R^2$ )

透過計算公式對原始  $R^2$  直接加以修正,使其更能真實呈現複迴歸模式。如管樁調整的判定係數 Adjusted  $R^2 = 0.822$ 。

##### D. D 檢定法 (Durbin-Watson)

D 檢定法檢定複迴歸分析殘差值是否有無自相關的方法,一般而言 D 值介於 0 至 4 之間。本研究發現管樁、Z 型(凸面)、Z 型(側面)、Z 型(凹面)殘差值大約在 2 左右,所以並無自相關情形產生。

## 2. 變異數分析 (ANOVA)

在變異數分析 (ANOVA) 如表 3-5 所示。利用 F 統計量來進行 F 檢定進行整體之顯著性,所計算出顯著性 Sig. 值為 0.000, 代表本研究的複迴歸分析中的自變數( $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ ), 相當足以有效解釋並預測依變數 ( $Z_y$ ) 之能力。變異數分析中, U 型、管樁、水深 0M、水深 6M 等腐蝕速率,  $P < 0.05$ , 具顯著水準, 可以說依據這四個變數來預測是有顯著線性關係。

## 3. 迴歸係數

在迴歸係數分析中有未標準化係數 B, 標準化迴歸係數  $\beta$ , t 檢定 (t statistic) 與 sig. (Significance Value), 容忍度 (Tolerance) 與變異數波動因素 (VIF) 之共線性分析如表 3-6 所示。

A. 標準化迴歸係數  $\beta$ , 所列出為複迴歸分析的結果, 是先將自變數資料矩陣加以標準化之後再

進行計算的標準化係數  $\beta$ 。由於因變數之間的變異程度和平均數有時相差非常大，直接用未標準化係數 B 是無法比較各依變數的影響程度大小的，為此將各因變數進行標準常態變換後再進行分析，它的大小可以直接用來比較各因變數對依變數的影響程度。

#### B. t 檢定 (t statistic) 與 sig. (Significance Value)

本研究中 U 型之 t 值中溶氧量  $t > 2$  與酸鹼度  $t < -2$  為較有用預測變數。管樁則以酸鹼度  $t < -2$  與氯鹽  $t < -2$ ，在 Z 型凸面以溫度  $t > 2$  為較有用預測變數，水深 0M 處以溶氧量  $t > 2$  與氯鹽  $t < -2$ ，6M 處則以溶氧量  $t > 2$  與酸鹼度  $t < -2$  為重要預測變數。

#### C. 容忍度 (Tolerance) 與變異數波動因素 (VIF) 之共線性分析

共線性分析可以讓我們檢查共線性資料是否存在，並評估共線性是否影響參數的建立。本研究中容忍度皆大於 0.10 以上及 VIF 變異數波動因素皆小於 10 以下，表示自變項間的共線性問題很小，顯示模型自變項間線性相依問題很小。

#### 4. 複迴歸模式

由複迴歸分析輸出結果及所計算出各自變數(溶氧量、酸鹼度、溫度、氯鹽)的迴歸係數，將本研究預測模式寫成數學公式如表 3-7: 在管樁模式中  $\beta_1 = 0.226$ ，表示當  $Z_3$  (標準化溫度) 及  $Z_4$  (標準化氯鹽) 已在模式中， $Z_2$  (標準化酸鹼度) 減少一單位，預期  $Z_y$  (標準化腐蝕速率) 會增加 0.226。同理

得之  $\beta_3 = -0.145$ ，表示當  $Z_2$  及  $Z_4$  已在模式中， $Z_3$  (標準化溫度) 減少一單位，預期  $Z_y$  (標準化腐蝕速率) 會增加 0.145。簡言之，在管樁模式當溫度、氯鹽存在時，溶氧量增加、酸鹼度降低則腐蝕速率增加。

#### (四)、複迴歸模式的檢驗與討論

根據前節所討論的迴歸分析基本假設，對於建立鋼板樁複迴歸模式加以檢驗與討論，是否符合假設：

##### 1. 標準化殘差次數分配圖

資料透過 SPSS 計算經整理歸納，表示樣本的標準化殘差值呈完全常態分配，研究結果顯示符合常態分配。

##### 2. 樣本殘差值常態機率分佈圖

當樣本殘差值累積機率分佈愈接近  $45^\circ$  斜線，表示樣本觀察值愈能符合常態性假設。研究結果顯示除 U 型、Z 型凹面及在水深 3m 不符合常態性假設，其餘勉強符合分配。

##### 3. 殘差值與預測值交叉散佈圖

當散佈圖呈現水平的隨機散佈時，表示樣本觀察值符合常態性與變異數齊一性的假設。可得知散佈圖大致成水平的隨機散佈符合變異數齊一性的假設，但管樁殘差值從左上至右下分佈其殘差的散點圖不是隨機分配或斜率不是 0，而是呈現明顯的規律性，則認為存在變異數不等問題。

##### 4. 自變項間無共線性

本研究結果顯示 VIF 小於 10，容忍度大於 0.10 因此自變項間無共線性存在問題。

#### (五)、複迴歸的預測模式

經過以上之檢驗分析，模式達顯著

水準，且經診斷後確定模式適當，符合迴歸分析基本假設，且無共線性或自我相關問題。得到最後的模式有水深 0M、水深 6M，此二種模式符合。

1. 水深 0M 模式，在公式 3-12 中，

$$Z_y = 0.248Z_1 + 0.026Z_2 - 0.166Z_3 - 0.218Z_4 \quad (3-12)$$

顯示腐蝕速率 ( $Z_y$ ) 與溶氧量 ( $Z_1$ )、結構比呈正相關(係數正值)，即增加此因子比例對整個腐蝕速率呈正面效果，若溶氧量 ( $Z_1$ ) 增加，則腐蝕速率增加。

2. 水深 6M 模式，在公式 3-16 中，

$$Z_y = 0.462Z_1 - 0.272Z_2 - 0.004Z_3 + 0.039Z_4 \quad (3-16)$$

顯示腐蝕速率 ( $Z_y$ ) 與溶氧量 ( $Z_1$ ) 呈正相關(係數正值)，即增加此因子對整個腐蝕速率呈正面效果，若溶氧量 ( $Z_1$ ) 增加，則腐蝕速率增加。

表 3-2 鋼板樁腐蝕速率與環境因子相關性分析

型式	環境因子 相關性	溶氧量 (mg/l)	酸鹼度 (-)	溫度 (°C)	氯鹽 (ppm)
U 型	Peason 相關	0.197*	-0.247*	-0.083	-0.217*
	顯著性雙尾 個數	0.044 105	0.011 105	0.403 105	0.026 105
管樁	Peason 相關	0.624**	-0.717**	-0.292	-0.856**
	顯著性雙尾 個數	0.000 28	0.000 28	0.132 28	0.000 28
Z 型 (凸面)	Peason 相關	-0.312	-0.248	0.083	0.078
	顯著性雙尾 個數	0.056 38	0.134 38	0.621 38	0.642 38
Z 型 (側面)	Peason 相關	0.317	-0.095	-0.063	0.200
	顯著性雙尾 個數	0.052 38	0.571 38	0.705 38	0.229 38
Z 型 (凹面)	Peason 相關	0.031	0.236	0.214	-0.180
	顯著性雙尾 個數	0.853 38	0.155 38	0.197 38	0.280 38
水深 0M	Peason 相關	0.299**	0.111	-0.123	-0.222 *
	顯著性雙尾 個數	0.002 106	0.256 106	0.209 106	0.022 106
水深 3M	Peason 相關	0.198	-0.064	-0.068	0.103
	顯著性雙尾 個數	0.188 46	0.673 46	0.656 46	0.494 46
水深 6M	Peason 相關	0.333**	-0.077	-0.104	-0.139
	顯著性雙尾 個數	0.000 95	0.456 95	0.314 95	0.180 95

\*\* . 在 0.01 水準相關性是顯著的 (後面有\*\*)

\* . 在 0.05 水準相關性是顯著的 (後面有\*)

表 3-3 環境因子之間相關顯著性分析

型式	環境因子 相關性	溶氧量 (mg/l)	酸鹼度 (-)	溫度 (°C)	氯鹽 (ppm)
U 型	溶氧量	1	0.470**	-0.041	0.258**
	酸鹼度	-	1	-0.110	-0.202*
	溫度	-	-	1	0.039
	氯鹽	-	-	-	1
管樁	溶氧量	1	-0.222	-0.73**	-0.448*
	酸鹼度	-	-	-0.239	0.719**
	溫度	-	-	-	0.144
	氯鹽	-	-	-	1
Z 型 (凸面)	溶氧量	1	0.294	0.259	-0.112
	酸鹼度	-	1	0.581**	-0.369*
	溫度	-	-	1	-0.257
	氯鹽	-	-	-	1
Z 型 (側面)	溶氧量	1	0.230	0.383*	-0.086
	酸鹼度	-	1	0.743**	-0.333*
	溫度	-	-	1	-0.275
	氯鹽	-	-	-	1
Z 型 (凹面)	溶氧量	1	0.225	0.402*	-0.086
	酸鹼度	-	1	0.748**	-0.349*
	溫度	-	-	1	-0.306
	氯鹽	-	-	-	1
水深 0M	溶氧量	1	0.454**	-0.026	-0.160
	酸鹼度	-	1	0.126	0.031
	溫度	-	-	1	-0.211*
	氯鹽	-	-	-	1
水深 3M	溶氧量	1	0.026	-0.211	-0.232
	酸鹼度	-	1	0.540**	0.322*
	溫度	-	-	1	-0.104
	氯鹽	-	-	-	1
水深 6M	溶氧量	1	-0.421**	-0.050	-0.35**
	酸鹼度	-	1	0.275**	0.047
	溫度	-	-	1	-0.051
	氯鹽	-	-	-	1

\*\* . 在 0.01 水準相關性是顯著的 (後面有\*\*)

\* . 在 0.05 水準相關性是顯著的 (後面有\*)

表 3-4 鋼板樁模式摘要

型樁 及水深	模式 model	相關 程度 R	判定 係數 R <sup>2</sup>	調整判定 係數 adjR <sup>2</sup>	標準 誤差	D 檢定
U 型	強迫 進入 enter	0.451	0.203	0.171	0.0199	0.693
管樁		0.921	0.848	0.822	0.0153	<u>2.132</u>
Z 型 (凸面)		0.468	0.219	0.125	0.0208	<u>2.205</u>
Z 型 (側面)		0.417	0.174	0.074	0.0237	<u>1.647</u>
Z 型 (凹面)		0.266	0.071	0.042	0.0215	<u>1.993</u>
水深 (0M)		0.382	0.146	0.112	0.0243	0.982
水深 (3M)		0.302	0.091	0.002	0.0299	0.606
水深 (6M)		0.412	0.170	0.133	0.0173	0.965

依變數：腐蝕速率

自變數：溶氧量、酸鹼度、溫度、氯鹽

表 3-5 變異數分析(ANOVA)

型樁及水深	變異來源	離均差平方和	自由度( )	平均平方和	F 檢定	顯著性
U 型	迴歸	0.010	4	0.003	6.379	<u>0.000</u>
	殘差	0.040	100	0.000		
管樁	迴歸	0.030	4	0.007	32.087	<u>0.000</u>
	殘差	0.005	23	0.000		
Z 型(凸面)	迴歸	0.004	4	0.001	2.318	0.078
	殘差	0.013	33	0.000		
Z 型(側面)	迴歸	0.004	4	0.001	1.737	0.165
	殘差	0.019	33	0.001		
Z 型(凹面)	迴歸	0.001	4	0.000	0.628	0.646
	殘差	0.015	33	0.000		
水深 0M	迴歸	0.010	4	0.003	4.314	<u>0.003</u>
	殘差	0.059	101	0.001		
水深 3M	迴歸	0.004	4	0.001	1.026	0.405
	殘差	0.037	41	0.001		
水深 6M	迴歸	0.006	4	0.001	4.606	<u>0.002</u>
	殘差	0.027	90	0.000		

表 3-6 迴歸係數分析

型樁及水深	環境因子	未標準化係數 B 估計值	標準化係數 Beta 估計值	T 檢定	顯著性	容忍度	變異數波動因素 VIF
U 型	常數	0.656		4.415	0.000		
	溶氧量	0.009	0.379	3.489	0.001	0.676	1.479
	酸鹼度	-0.074	-0.423	-3.834	0.000	0.655	1.526
	溫度	-0.002	-0.126	-1.381	0.170	0.953	1.050
管樁	常數	-6.063E-07	-0.064	-0.631	0.530	0.784	1.276
	溶氧量	0.850	0.226	1.515	0.143	0.298	3.358
	酸鹼度	0.008	-0.361	-2.486	0.021	0.313	3.198
	溫度	-0.055	-0.145	-0.948	0.353	0.282	3.547
Z 型(凸面)	常數	-0.003	-0.474	-3.572	0.002	0.375	2.666
	溶氧量	0.276	0.226	1.515	0.143	0.298	3.358
	酸鹼度	-0.008	-0.361	-2.486	0.021	0.313	3.198
	溫度	-0.034	-0.145	-0.948	0.353	0.282	3.547
Z 型(側面)	常數	0.004	0.226	1.515	0.143	0.298	3.358
	溶氧量	4.247E-08	0.002	0.012	0.990	0.861	1.161
	酸鹼度	-0.043	-0.223	-1.845	0.074	0.902	1.109
	溫度	0.012	0.396	2.303	0.028	0.846	1.182
Z 型(凹面)	常數	0.000	-0.004	-0.016	0.987	0.427	2.344
	溶氧量	-0.002	-0.161	-0.642	0.526	0.399	2.504
	酸鹼度	4.320E-06	0.188	1.120	0.271	0.887	1.127
	溫度	-0.033	-0.187	-1.173	0.242	0.621	1.146
水深 0M	常數	-0.001	-0.049	-0.263	0.794	0.825	1.212
	溶氧量	0.012	0.134	0.517	0.608	0.419	2.385
	酸鹼度	0.001	0.101	0.371	0.713	0.382	2.621
	溫度	-2.080E-06	-0.106	-0.591	0.559	0.873	1.146
水深 3M	常數	0.134	0.248	2.334	0.022	0.748	1.336
	溶氧量	0.005	0.026	0.248	0.805	0.756	1.323
	酸鹼度	0.003	-0.166	-1.730	0.087	0.919	1.088
	溫度	-0.002	-0.218	-2.255	0.026	0.905	1.105
水深 6M	常數	-0.005	-0.035	-0.355	0.725	0.825	1.212
	溶氧量	0.014	0.297	1.774	0.084	0.791	1.264
	酸鹼度	-0.028	-0.238	-1.133	0.264	0.501	1.995
	溫度	0.003	0.151	0.738	0.465	0.527	1.899
水深 6M	常數	6.176E-06	0.264	1.456	0.153	0.672	1.488
	溶氧量	0.187	0.462	3.847	0.000	0.641	1.264
	酸鹼度	0.008	-0.272	-2.339	0.022	0.680	1.995
	溫度	-0.024	-0.004	-0.043	0.966	0.867	1.899
水深 6M	氣鹽	-4.986E-05	0.039	0.364	0.717	0.802	1.488
	氣鹽	3.187E-07	0.039	0.364	0.717	0.802	1.488

表 3-7 迴歸預測模式

	迴歸模式 $R^2$	公式
U 型	$y = 0.656 + 0.009X_1 - 0.074X_2 - 0.002X_3 - 6.063 \times 10^{-7} X_4$ $Zy = 0.379Z_1 - 0.423Z_2 - 0.126Z_3 - 0.064Z_4$	0.203 (3-1) (3-2)
管樁	$y = 0.850 + 0.008X_1 - 0.055X_2 - 0.003X_3 - 1.456 \times 10^{-5} X_4$ $Zy = 0.226Z_1 - 0.361Z_2 - 0.145Z_3 - 0.474Z_4$	0.848 (3-3) (3-4)
Z 型 (凸面)	$y = 0.276 - 0.008X_1 - 0.034X_2 + 0.004X_3 + 4.247 \times 10^{-8} X_4$ $Zy = 0.299Z_1 - 0.381Z_2 + 0.382Z_3 + 0.002Z_4$	0.219 (3-5) (3-6)
Z 型 (側面)	$y = -0.043 + 0.012X_1 - 0.002X_3 + 4.320 \times 10^{-6} X_4$ $Zy = 0.396Z_1 - 0.004Z_2 - 0.016Z_3 + 0.188Z_4$	0.174 (3-7) (3-8)
Z 型 (凹面)	$y = -0.033 - 0.001X_1 + 0.012X_2 + 0.001X_3 - 2.080 \times 10^{-6} X_4$ $Zy = -0.049Z_1 + 0.134Z_2 + 0.101Z_3 - 0.106Z_4$	0.071 (3-9) (3-10)
水深 0M	$y = 0.134 + 0.005X_1 + 0.03X_2 - 0.002X_3 - 3.560 \times 10^{-6} X_4$ $Zy = 0.248Z_1 + 0.026Z_2 - 0.166Z_3 - 0.218Z_4$	0.146 (3-11) (3-12)
水深 3M	$y = -0.005 + 0.014X_1 - 0.028X_2 + 0.003X_3 + 6.176 \times 10^{-6} X_4$ $Zy = 0.297Z_1 - 0.238Z_2 + 0.151Z_3 + 0.264Z_4$	0.091 (3-13) (3-14)
水深 6M	$y = 0.187 + 0.008X_1 - 0.024X_2 - 4.986 \times 10^{-5} X_3 + 3.187 \times 10^{-7} X_4$ $Zy = 0.462Z_1 - 0.272Z_2 - 0.004Z_3 + 0.039Z_4$	0.170 (3-15) (3-16)

其中  $X_1$  溶氧量、 $X_2$  酸鹼度、 $X_3$  溫度、 $X_4$  氯鹽， $Z_y$  為標準化腐蝕速率  
 $Z_1$  標準化溶氧量、 $Z_2$  標準化酸鹼度、 $Z_3$  標準化溫度、 $Z_4$  標準化氯鹽

## 四 結論

### (一) 鋼板樁腐蝕與環境因子之相關性

在皮爾森相關係數分析結果得知 U 型、管樁、水深 0m、水深 6m 鋼板腐蝕速率與環境相關因子具有顯著性相關，其餘型式則無。環境因子中之溶氧量對 U 型、管樁、水深 0m、水深 6m 有顯著相關，酸鹼度對 U 型、管樁有顯著相關，氯鹽對 U 型、管樁、水深 0m 之腐蝕速率等皆有顯著相關，溫度則無顯著相關，唯管樁與環境因子酸鹼度與氯鹽此二變數呈現高度相關 ( $\rho > 0.7$ ) 其餘相關程度較小 ( $\rho < 0.3$ )。

### (二) 環境因子間之相關程度

環境因子之間相關顯著性分析中，Z 型凸面、Z 型側面、Z 型凹面及水深 3m、水深 6m 等酸鹼度與溫度間具正相關，而 Z 型凸面、Z 型側面、Z 型凹面三者溫度與氯鹽呈負相關。在 Z 型側面、Z 型凹面兩者中溶氧量與溫度為正相關。

### (三) 鋼板樁腐蝕迴歸模式之可行性

透過本研究結果及相關顯著性分析，可以建立腐蝕預測關係式，經統計檢定模式之適當性，並符合迴歸分析基本假設且無共線性或自我相關問題，以水深 0M、水深 6M 兩種預測模式符合

。其中在水深 0M 中溶氧量呈正相關，增加此因子，則腐蝕速率增加；在水深 6M 腐蝕速率與溶氧量亦呈正相關。整體而言，當溶氧量增加則腐蝕速率愈大。

## 參考文獻

1. 「港灣鋼構造物耐久性與維護機制之研究 1/4」，交通部運輸研究所，2005。
2. 「港灣鋼構造物耐久性試驗研究 3/3」，交通部運輸研究所，2004。
3. 「港灣鋼構造物耐久性試驗研究 2/3」，交通部運輸研究所，2003。
4. 「台灣五大港區海水水質調查分析」，交通部運輸研究所，2003。
5. 「高雄港港工結構材腐蝕與海生物附著研究」，交通部運輸研究所，2002。
6. 「港灣鋼構造物耐久性試驗研究」，交通部運輸研究所，2002。
7. 「碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究」，交通部運輸研究所，2002。
8. 「港灣構造物腐蝕機理與維修防制研究」，港灣技術研究所，1996。
9. 「港灣鋼結構造物耐久性研究」，港灣技術研究所，1995。
10. 「港灣鋼構造物耐久性研究第三年報告」，港灣技術研究所，1992。
11. 「基隆港碼頭鋼板樁腐蝕調查研究」，港灣技術研究所，1990。
12. 林傑彬、劉明德，「SPSS 11.0 與統計模式建構」，博碩出版社，2002。
13. 朱經明，「教育統計學」，五南出版社，1998。
14. 林清山，「多變項分析統計學」，東華書局，1983。
15. 曾國雄，「多變量解析與其應用」，華泰出版社，1985。
16. 黃俊英，「多變量分析」，華泰出版社，1991。

# 參加「台日強震即時警報系統技術交流研討會」——會後心得

單誠基 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員

## 一、主辦單位、時間

國家災害防救災科技中心、日本 Real-time 地震情報利用協議會。2007 年 9 月 3~4 日。

## 二、研討會宗旨

由於現今科學技術尚無法有效預測地震之來臨，因此世界上許多國家，如美國、日本、墨西哥、及我國等先後投入地震早期預警系統之研發。地震早期遇警系統係利用嚴密之地震監測網，在地震發生時快速定出震源位置、規模大小等地震參數；配合即時快速傳遞系統爭取數秒或數十秒之預警時間，將地震訊息傳遞給防救災相關單位、重要建築及公共設施、及重要產業等，即早採取因應措施，減少地震造成人員傷亡及財產及財產損失。詳如圖 1。

日本是最早開始採用地震早期預警系統的國家，近來來逐步將應用層面擴大到集合住宅、醫療院所、電力設施、半導體工廠等。日本首相宣佈今年開始對一般民眾發佈地震預警資訊。日本地震早期預警系統之技術研發及推廣應用經驗值得我國參考學習。

## 三、研討會內容

研討會主要是日本學者、專家介紹 EEW (Earthquake Early Warning) 系統發展、推廣過程。國家四年 (2003 ~ 2007) 計畫由教育、文化、運動、科學

部 (MEXT) 委託獨立行政法人防災科學技術研究所 (National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, NIED) 結合財團法人日本氣象廳 (JMA) 和民間機構 (REIC) 共同打造出來。NIED 研究顧問堀內茂木先生說明他們有 800 個岩盤強地動地震站，JMA 主要任務是定出震源和規模等參數擁有 200 個地震站。要在 0.1 秒內傳送 EEW 到百萬個使用者是這 2 個受託單位一大挑戰。應用層面則由民間機構發揮。日本即時地震情報利用協議會是民間推動的機構。由英文全名 (Real-time Earthquake Information Consortium) 知道是個集團組成份子包括政府機構、大學、大都會、和民間企業涉及交通、通信、建築、醫院等眾多行業。

1995 年日本阪神大地震死亡 6434 人，日本學者仔細分析這死亡數字，絕大多數是房屋倒塌壓死的，還有少數是火災中喪生的。年齡層有二個高峰，一個是 60~70 歲，還有一個是 20 歲青年。學者發現第一個年齡層是行動不便老人居住一樓；第二個年齡層是外來的學生或討生活的勞動工人，都居住在老舊木造房屋內。片山恆雄教授指出神戶大地震前，日本科學家沒有意識到地震預測普及到民間的意義；工程師對建築規範太有信心。從大地震後如何減少傷亡成了最大議題。地震研究推廣總部成立，推動許多計畫：包括建立密集、高感度地震監測網，還有即時地震



資訊應用到減輕災難，使用大型平台式振動器研究抗震建築規範及老式木造建築物補強等。

REIC 常務理事藤繩幸雄先生說明日本地震監測網路由高敏感度地震儀網路 (Hi-net)，寬頻地震儀網路 (F-net)，強地動地震儀網路 (K-net) 組成。大學與氣象廳共同完成。地震早期預警系統是氣象廳與 NGOs 於 2003 起年共同研發，地震初期提供各項相關參數給大眾或訂戶，以減輕災情。

堀內義仁先生發表醫院演練過程。當收到地震早期預警，自動廣播系統起動，自動關閉電梯電源，電梯大門打開。病房、開刀房等都有作業手冊遵循。除此之外，疏散系統標誌視覺化、維生系統、電腦資料存檔都注意到。基本上，醫院結構物不會倒塌。

國內方面：

中央氣象局是主導單位。經過多次大型研究計畫推動，形成全島區域子網即時強地動觀測網共 109 個站，從 921 集集大地震時有能力在 18.8 秒偵測到規模 4.5 以上島內或離島的地震震源及一些地震參數，也就是具有地震速報能力，但震央 60 公里半徑內盲區不能提供預警。為減少盲區範圍，採用 P 波垂直位移當作基礎發佈預警。研究證明振幅達 0.1 公分時，地震規模 6 以上強震會發生。使用最大地表加速 (PGA)、最大地表速度 (PGV) 等參數演算可以將島內強震處理時間降到 10 秒內，盲區可以減到 30 公里內。地震早期預警範圍更為廣大。如圖 2 和圖 3。

中央氣象局地震測報中心 指出 EEW 在氣象局業務可能遭遇課題如下：

- 1) 震央地區無法發布預警，有盲區存在。

- 2) 可能發布錯誤警報。

- 3) 地震預警最終目的將實際應用於地震防災作業，需要許多不同單位共同的努力與合作，才能夠完成建立地震預警的機制。

- 4) 大部份預警研究對於預警時間的估算皆假設系統為正常運作的情形，但實際應用狀況並非如此理想，尤其在大地震發生時，如何讓這些跨單位的觀測、計算以及通訊平台保持正常運轉，全是地震應用必須面對的。

- 5) 教育宣導與演練，若平時沒有經過持續的訓練與演習，當預警發布時由於對應流程的不熟悉，在短暫的警報時間裡勢必無法發揮其減災的成就，而且透過適當的宣導，也可讓使用者清楚明白地震預警的限制。

台灣鐵路局、核能電廠、和高鐵局都有設置地震儀預警系統，也都有自己的安全流程。當 PGA 大於安全值時，核能電廠關閉反應爐為最後手段；當 PGA 大於 280gal 時，台鐵供電所會切斷電源讓火車停駛；高鐵行駛速度快，安全考慮更為謹慎，其使用電子式與機械式雙套地震儀，以確保地震強度是正確的，各項安全手段按規定執行，最後手段也是切斷電源，讓火車停駛。

#### 四、課後感：

1. 研討會之前，有關日本地震報告就有提到地震早期預警系統

20070716 日本新瀉縣中越海峽地震發生刻時，日本氣象廳起用全新警告系統，感應器一旦偵測到地區偵測到地震 P 波，就會自動計算 S 波到達的時間與強度，然後在電視節目中快速插播。離震央較近的新瀉縣與長野縣地區，

地震所造成之災害損失與衝擊。

在主要振動抵達前 20 秒正確收到地震速報。此次雖事先對長野縣飯綱町，新潟縣長岡市等極少數區域發出警報，然而由電視、廣播等傳播支援體制未臻完備，一般民眾沒接獲通知。(摘自 20070809 國家災害防救科技中心 ‘日本新潟縣中越海域地震初步分析評估報告’) 這次研討會日方沒人提到此事，可見 EEW 在日本也是大力推動的計畫，先教育一般民眾正視地震危害，即時地震資訊推廣才有可能。

2. 交通部運輸研究所港研中心在各商港區設有井下型地震儀。其中臺中港地震儀，井下地震儀位於地表、10 米、20 米、100 米及 283 米共設置 5 部。民國 90 年底完成後，監測期間雖未有強震之觀測資料，唯小地震非常頻繁，至今共擷取地震觀測資料已有 54 組，唯其中有多組觀測資料受港區貨櫃車輛經過時之振動干擾，資料分析時予以篩除。地震站布置、測得最大地震波如圖 5、圖 6 所示。如果 EEW 能在全島實行，港研中心會是基本顧客之一。

3. 教育宣傳與演練要從示範區域，中型有感地震預警開始。具體而微有實際商業產品補助進行。日本地震警報器可倒數 5 秒計時。國內強震預警，中央氣象局已有能力，但 0.1 秒傳送到不同地區訂戶終端顯示器上，是努力方向。

4. 早期地震預警不能防止災難發生，但可降低人員傷亡，火災發生。重要設備手動關機，遠比被動關機復原迅速。

5. 中央大學馬國鳳教授說的好—日本可將地震工程轉變成一種產業，真是厲害。希望臺灣產官學能共同合作，達成臺灣地震早期預警系統建立，提升我國地震災害防救之研發能量，減輕大規模

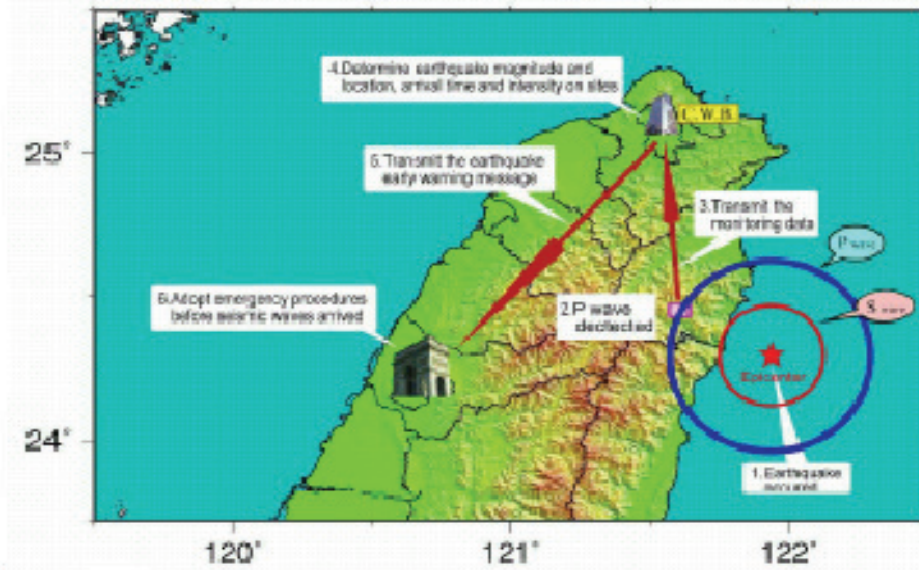


圖 1. 臺灣地震早期預警系統示意圖

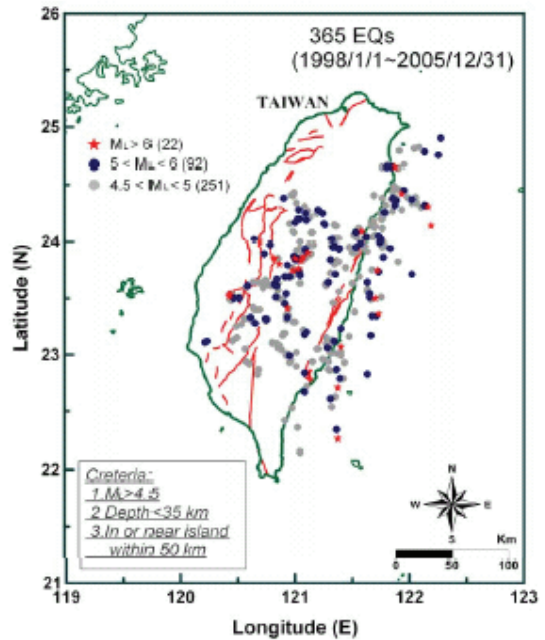
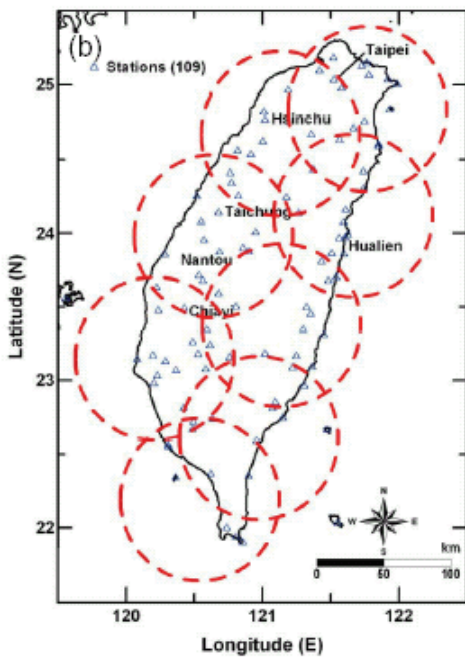


圖 2. 圖 3. 中央氣象局區域子網即時強地動觀測作業

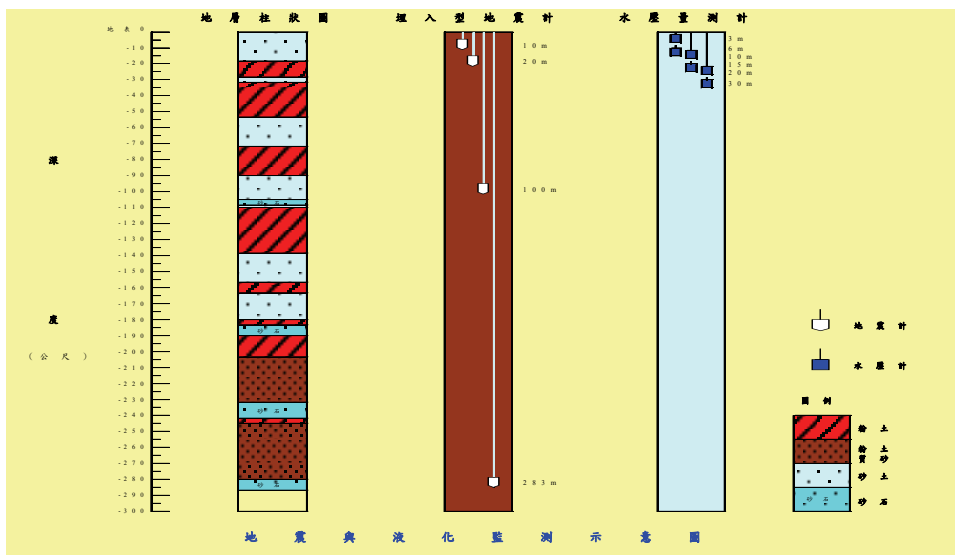


圖 4. 臺中港地震及動態水壓監測示意

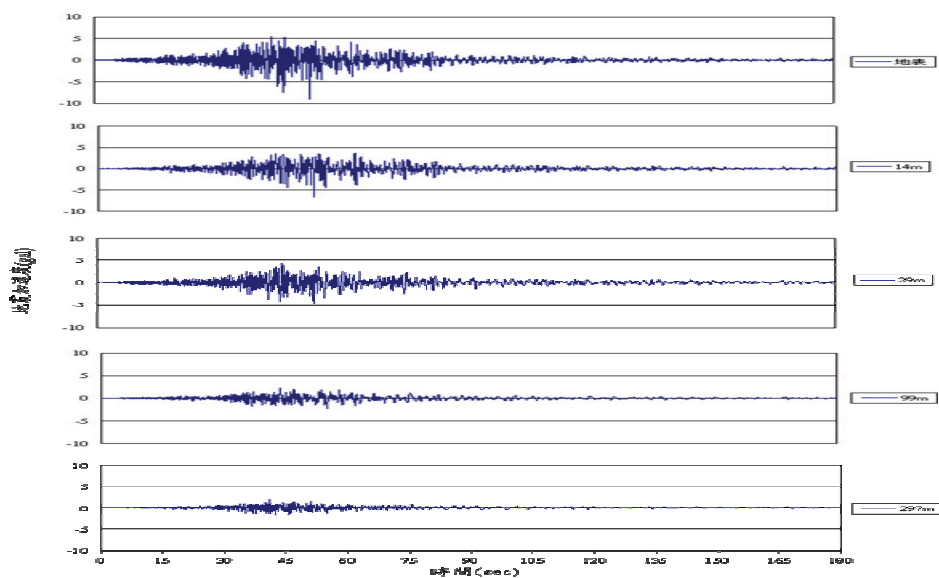


圖 5. 臺中港 2002 年 3 月 31 日 14 時 35 分地震波 (南北向)

## 港 灣 報 導 徵 稿 簡 訊

1. 本刊為提供國內港灣工程界同仁交換工作經驗與心得之園地，歡迎工程、學術界之同仁提供港灣工程相關之工程動態、實務、工程新聞、技術新知、地工技術、工程材料、營運規劃及其他有關之工程簡介或推動中之計畫等的報告、論著或譯述。
2. 投稿者應保證所投稿件無侵害他人著作權情事，如有違反，願就侵害他人著作權情勢負損害賠償責任，並對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）因此肇致之損害負賠償責任。
3. 來稿經本刊接受刊登後，作者應附具著作授權同意書，同意非專屬授權予本刊做下述利用：
  - (1) 以紙本或是數位方式出版。
  - (2) 進行數位化典藏、重製、透過網路公開傳輸、授權用戶下載、列印、瀏覽等資料庫銷售或提供服務之行為。
  - (3) 再授權國家圖書館或其他資料庫業者將本論文納入資料庫中提供服務。
  - (4) 為符合各資料庫之系統需求，並得進行格式之變更。
4. 作者應保證稿件為其所自行創作，有權為前項授權，且授權著作未侵害任何第三人之智慧財產權。
5. 稿件每篇以八頁（含圖）（4000~5000 字）以內為原則，稿酬從優；請附磁片或 E-mail，並請加註身分證字號及戶籍地址（含鄰、里）。
6. 本刊每年刊行三期，分別於二月、六月、十月出版。如蒙惠稿請於每期出版前三十日寄交本刊。
7. 聯絡電話：(04)2658-7139 馬維倫  
傳真電話：(04)2656-4415

E-mail：[elisa@mail.ihmt.gov.tw](mailto:elisa@mail.ihmt.gov.tw)

8. 歡迎賜稿，來稿請寄：  
台中縣 435 梧棲鎮中橫十路 2 號  
交通部運輸研究所港灣技術研究中心「港灣報導編輯委員會」 收

