

96-63-7277

MOTC-IOT-95-H1DA003-2

港灣地區港工材料建檔及查詢展示 模組之建立(2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

96-63-7277

MOTC-IOT-95-H1DA003-2

港灣地區港工材料建檔及查詢展示 模組之建立(2/4)

著 者：張道光、謝明志、柯正龍

交通部運輸研究所
中華民國 96 年 4 月

港灣地區港工材料建檔及查詢展示模組之建立(2/4)

著 者：張道光、謝明志、柯正龍

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 96 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定 價：100 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書坊臺視總店：臺北市八德路 3 段 10 號 B1•電話：(02)25781515

五南文化廣場：臺中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

GPN：1009601078

ISBN：978-986-00-9566-1(平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣地區港工材料建檔及查詢展示模組之建立(2/4)			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-00-9566-1(平裝)	政府出版品統一編號 1009601078	運輸研究所出版品編號 96-63-7277	計畫編號 95-H1DA003-2
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：張道光 研究人員：謝明志、柯正龍 聯絡電話：04-26587119 傳真號碼：04-265713297 & 04-26564418			研究期間 自 95 年 01 月 至 95 年 12 月
關鍵詞：腐蝕調查、地理資訊系統、鋼板樁、安平港			
摘要： 本年度主要以安平港鋼構碼頭之腐蝕檢測資料為建置檔案，利用MapInfo地理資訊系統整合成一適當之查詢系統，架構於港研中心「港區工程基本資料查詢展示系統」下，目前已建置完成碼頭鋼板樁腐蝕資料之查詢系統介面，以多樣化展示方式呈現，並提供給後續資料庫建立與更新。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
96 年 4 月	49	100	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密【限】條件： ☐ 年 月 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註： 本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Establishing a Database and Consulting Demonstration System of Harbor Engineering Material (2/4)			
ISBN (OR ISSN) 978-986-00-9566-1 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009601078	IOT SERIAL NUMBER 96-63-7277	PROJECT NUMBER 95- H1DA003-2
DIVISION: HARBOR AND MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang Tao-kuang PROJECT STAFF: Hsieh Ming-jyh, Ko Jeng-long PHONE: 04 -26587119 FAX: 04 -26571329 & 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2006 TO December 2006
KEY WORDS: corrosion inspection, GIS, steel-sheet-pile, Anping Harbor			
ABSTRACT: This study creates a database of corrosion rate of steel-sheet-pile wharves at Anping Harbor. This database includes an inquiring system integrated by the geographic information system of MapInfo. This database, a part of the "Harbor Engineering Fundamental Information Inquiring and Displaying System" developed by the Center, can be accessed online. The current system provides the interface of multiple functions with above-mentioned purposes.			
DATE OF PUBLICATION April 2007	NUMBER OF PAGES 49	PRICE 100	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
表目錄	IV
圖目錄	V
第一章 計畫緣起及目的	1-1
1.1 計畫源起	1-1
1.2 研究目的	1-1
1.3 研究流程	1-2
第二章 碼頭鋼板樁腐蝕資料收集彙整	2-1
2.1 前言	2-1
2.2 鋼板樁檢測步驟	2-2
2.2.1 目視檢測	2-2
2.2.2 厚度量測	2-2
2.2.3 鋼板樁保護電位量測	2-6
2.3 安平港碼頭	2-6
2.3.1 碼頭構造物背景資料搜集與分析	2-6
2.3.2 鋼板樁現況檢測	2-7
2.3.2.1 安平港 3 號碼頭	2-7
2.3.2.2 安平港 4 號碼頭	2-17
第三章 碼頭鋼板樁腐蝕調查系統展示	3-1

3.1 系統操作程序	3-1
3.2 蘇澳港鋼板樁檢測資料查詢展示	3-3
3.3 安平港鋼板樁檢測資料查詢展示	3-10
第四章 結論與建議	4-1
參考文獻	5-1

表目錄

表 2.1 防蝕率與海水浸水率之關係 -----	2-6
表 2.2 海水中鋼構造物之防蝕保護電位標準-----	2-6
表 2.3 鋼板（管）樁碼頭構造物背景資料 -----	2-7
表 2.4 安平港 3 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率-----	2-12
表 2.5 安平港 3 號碼頭鋼板樁保護電位檢測結果-----	2-16
表 2.6 安平港 4 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率檢測結果-----	2-18
表 2.7 安平港 4 號碼頭鋼板樁保護電位檢測結果-----	2-22

圖目錄

圖 1.1 研究流程	1-2
圖 2.1 檢測水深標示方式	2-3
圖 2.2 水面下超音波量測鋼板樁厚度之情形	2-4
圖 2.3 超音波測厚儀量測之示意圖	2-4
圖 2.4 安平港 3 號、4 號碼頭平面佈置	2-8
圖 2.5 安平港 3 號、4 號碼頭結構斷面	2-8
圖 2.6 PU-32 U 型鋼板樁型式	2-9
圖 2.7 安平港 3 號、4 號碼頭鋼板樁陽極塊配置	2-9
圖 2.8 安平港鋼板樁碼頭陽極塊及電位測試裝置詳圖	2-10
圖 2.9 海生物敲除後之鋼板樁表面 (1)	2-11
圖 2.10 海生物敲除後之鋼板樁表面 (2)	2-11
圖 2.11 安平港 3 號碼頭鋼板樁厚度量測水深示意圖	2-12
圖 2.12 安平港 3 號碼頭平均腐蝕速率與檢測水深之關係	2-13
圖 2.13 安平港 3 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與水深之關係 (1)	2-14
圖 2.14 安平港 3 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與水深之關係 (2)	2-15
圖 2.15 安平港 3 號碼頭鋼板樁保護電位量測位置圖	2-16
圖 2.16 安平港 4 號碼頭鋼板樁厚度量測位置示意圖	2-17
圖 2.17 安平港 4 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係	2-18
圖 2.18 安平港 4 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與檢測水深之關係 (1)	2-19
圖 2.19 安平港 4 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與檢測水深之關係 (2)	2-20

圖 2.20 安平港 4 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與檢測水深之關係 (3)	2-21
圖 2.21 安平港 4 號碼頭鋼板樁保護電位量測位置圖 -----	2-21
圖 3.1 查詢系統主畫面 -----	3-5
圖 3.2 蘇澳港碼頭資料選單下拉及碼頭位置分佈圖 -----	3-5
圖 3.3 蘇澳港腐蝕調查碼頭位置分佈圖 -----	3-6
圖 3.4 檢測起迄點輸入對話框 -----	3-6
圖 3.5 凸側凹面點取對話框 -----	3-7
圖 3.6 蘇澳港腐蝕速率調查成果展繪圖 -----	3-7
圖 3.7 檢測位置輸入對話框 -----	3-8
圖 3.8 蘇澳港鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較圖 -----	3-8
圖 3.9 蘇澳港鋼板厚度調查成果展繪圖 -----	3-9
圖 3.10 蘇澳港鋼板凸側凹三面厚度比較圖 -----	3-9
圖 3.11 查詢系統主畫面 -----	3-11
圖 3.12 安平港碼頭資料選單下拉及碼頭位置分佈圖 -----	3-11
圖 3.13 安平港腐蝕調查碼頭位置分佈圖 -----	3-12
圖 3.14 檢測點輸入對話框 -----	3-12
圖 3.15 安平港腐蝕速率調查成果展繪圖 -----	3-13
圖 3.16 安平港鋼板厚度調查成果展繪圖 -----	3-13

第一章 計畫緣起及目的

1.1 計畫源起

臺灣目前有四個國際商港及其輔助港，每個港在港埠的創建及長期的維護下，都累積了相當龐大的工程資料，在港工材料資料方面，本中心曾多次分批對臺灣各大港口碼頭鋼板樁腐蝕及防波堤破損情形進行全面性的調查檢測。由於資料眾多，查詢及調閱甚為不便，有鑑於此本計畫就利用現有之資料以 MapInfo 地理資訊系統著手加以整合架構成一適當之查詢系統。又港灣之港工材料資料庫之建立，常需投入大量之人力、物力、財力及時間，92 年~95 年以基隆港、花蓮港、高雄港及蘇澳港為建置對象，今年將以安平港調查之檢測資料為主要之建置基礎，並將系統架構在本中心所開發的「港區工程基本資料查詢展示系統」之下，希望能架構適當查詢系統，以多樣化表現方式呈現，提供給後續之資料庫建立，給使用者更方便的使用系統。

1.2 研究目的

電腦化之建檔方式能做大量而有系統的資料儲存工作，並可提供快速且有效之查詢作業服務，真正達到資料共用共享的益處，且未來新的資料又可迅速之補充，使資訊的流通更為便捷。相關資料及查詢系統建置完成後可達到下列目的：

- 1.以數位化形式收集港埠空間及港灣工程基本資料。
- 2.有效率的存取所收集及建置的資料。
- 3.開發撰寫腐蝕資料分析之模組。
- 4.查詢程式撰寫，並提供中文下拉式選單供使用者使用，展示蘇澳港區各項調查資料。
- 5.提供工程依據：提供給港務局進行工程上之研判。

6.提供學術資料：可供各學術單位從事研究、分析所需的基本資料。

1.3 研究流程

本計畫之研究流程如圖 1.1 所示。

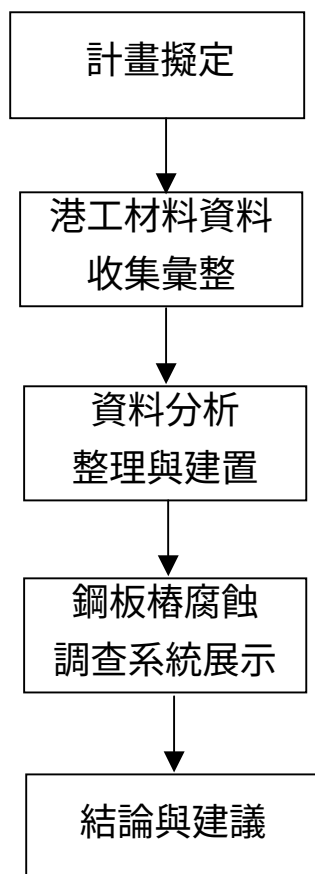


圖 1.1 研究流程

第二章 碼頭鋼板樁腐蝕資料收集彙整

2.1 前言

鋼板（管）樁碼頭具有施工設備簡單、施工期短，工程費用少、壁體較富彈性、耐震性強、不需要水下基礎工程…等優點，在港灣工程中廣受應用，然其最大的缺點為容易發生腐蝕。

腐蝕為鐵回歸其自然氧化狀態的過程，金屬元素大多數以礦石等自然狀態存在，經冶煉而成為金屬，僅為一暫存態，發生腐蝕回歸至氧化狀態為自然之趨勢。鋼板樁之腐蝕為一自然的化學反應，其發生與海洋環境有關，因浸泡於不同的海域，受海水中的氯離子、pH 值、溶氧量、導電度、溫度、流速、海中生物和細菌的附著…等因素影響，會產生不同的腐蝕現象；由於腐蝕發生原因十分複雜，設計鋼板(管)樁碼頭前，應先行瞭解構造物所處之海洋環境特性。

港灣構造物依曝露環境之不同，其腐蝕部位及速率會有明顯差異，腐蝕形態亦不同。一般將海洋環境分成大氣帶、飛沫帶、潮汐帶、海中帶及海泥(床)帶等五大區域。位於大氣帶之構造物，由於其表面完全曝露於大氣中，易使鋼材表面受到水氣、高濃度鹽份與日照造成溫度強烈變化等侵蝕，在陽光照不到及風雨可及之處更易發生腐蝕。飛沫帶之鋼板樁，由於海浪潑濺及日曬乾燥產生之乾濕循環作用，鋼材表面附著之氯離子及氧氣濃度將持續累積，其腐蝕為五大區域中最為嚴重之部位。

潮汐帶界於高低潮位之間，因空氣與海水波浪之交互作用，海水中之溶氧濃度增加，潮汐帶下方緊臨海中帶之部份，將形成氧氣濃差電池作用，位於此區域之鋼材可視為一陰極反應區，其腐蝕速率低。但低潮位下約 1 公尺處(海中帶部份)因溶氧量低，鋼材變成陽極反應部位，腐蝕量將較大；鋼材如位於海中帶，因完全浸泡於海水中，其上端緊臨低潮位區域，因氧氣濃差電池作用，加上海生物附

著和海流海浪衝擊關係，腐蝕速率較高。深海處之鋼材由於溶氧量低。腐蝕速率亦相對降低。海泥(床)帶區域內如海底土壤無存在硫化氫或硫酸還原菌，鋼材腐蝕速率很小。

國內鋼板（管）樁之腐蝕速率，早期多沿襲日本之設計準則，以 0.20 mm/yr. 為設計允許值，由於不同海域環境，其腐蝕速率亦有差異，使用上述之準則設計，是否合適，值得研究。本所港研中心於民國 79 年至 94 年間，曾在國內五大港口港區碼頭之鋼板(管)樁進行全面調查，發現部分港區碼頭之鋼板(管)樁腐蝕問題嚴重，不僅腐蝕速率大於允許設計值，並發生穿孔、破洞等情形，甚至曾發生碼頭岸壁後方級配砂石流失、掏空、岸肩沉陷或靠海床處鋼板發生開裂及彎曲等重大損壞^[1~5]。為確保碼頭作業安全，調查對象以建造年份較早者為優先考量，結果顯示海中帶採用犧牲陽極塊作為防蝕工法，可確實達到降低鋼板樁腐蝕速率之效果。

2.2 鋼板樁檢測步驟

2.2.1 目視檢測

由潛水人員潛入水下，近距離以目視檢測鋼板（管）樁表面腐蝕情況，如發現有破洞或變形則應先標定位置，丈量或記錄破洞大小，再檢查鋼板（管）樁後方級配是否有流失、掏空等現象，最後以照相或攝影存證。

2.2.2 厚度量測

1. 選定檢測樁

2. 選定水深與量測位置

依各港碼頭構造物腐蝕可能狀況，每支鋼板（管）樁選定五至九點水深作為量測點，每支測樁之測點以潮汐帶至少一點，水中帶至少

兩點為選定原則。U 型鋼板樁檢測其凸面或凹面之厚度，鋼管樁則依圓周四等分取三或四點量測其厚度。檢測水深以平均海平面為基準，標示方式如圖 2.1 所示。

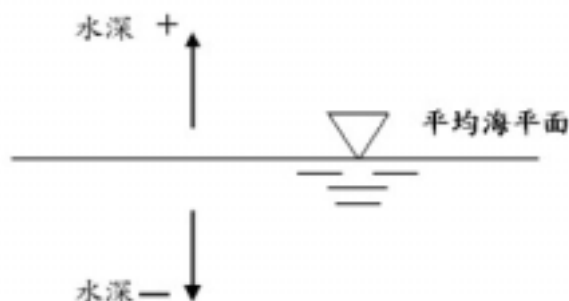


圖 2.1 檢測水深標示方式

3. 厚度量測與步驟

超音波測厚法

a. 海生物敲除

使用工具敲除鋼板樁表面上附著之海生物體及鐵銹，敲除面積約 20 cm × 20 cm 左右。

b. 厚度量測^[6]

以英國製之 Cygnus I 型超音波厚度儀之探頭，接觸已敲除清理乾淨之鋼材表面，即可讀取鋼材厚度。於每一水深測點量取兩次鋼板樁厚度，平均後即為其現有厚度。圖 2.2 為潛水人員於海中量測鋼板（管）樁厚度之情形。

c. 測厚原理

超音波厚度儀係利用脈衝原理，由於音波在鋼材之傳播速率為一定值，因此，由探頭傳送出一彈性波，經鋼材表面至內壁之傳播時間，即可算出波通過路徑之距離(鋼材厚度)，精準度可達 ± 0.1 mm，可由接收器直接讀取厚度，其原理簡示於圖 2.3。

厚度計算可由下列數學式求得：

$$S_i = V \times 1/2 (t_{i+1} - t_i). \quad (\text{公式 2.1})$$

式中 V ：超音波在鋼材中之傳播速度（5920 m/sec）

S_i ：鋼材厚度讀數(mm)

t_{i+1} , t_i ：探頭接受回聲及初始傳播的時間



圖 2.2 水面下超音波量測鋼板樁厚度之情形

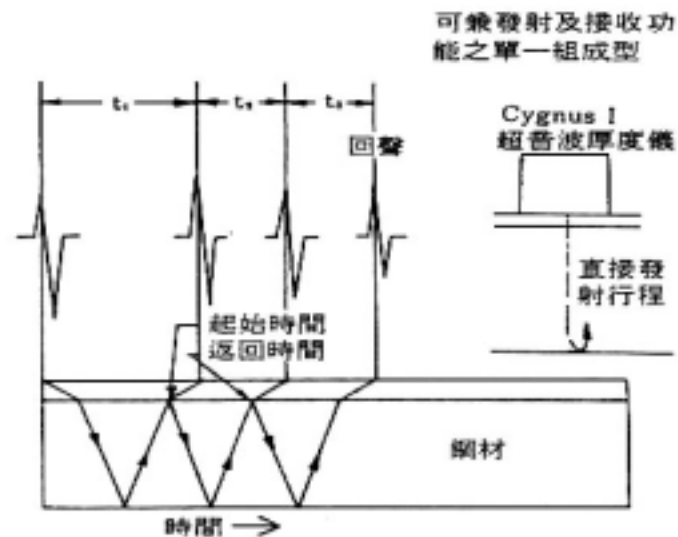


圖 2.3 超音波測厚儀量測之示意圖

4. 腐蝕速率計算

將各測點所測得之厚度數據平均之，可得鋼板樁現有厚度。以鋼板樁原有厚度減去現有厚度，得出鋼板樁實際減少之厚度(即腐蝕厚度)。減少之厚度除以鋼板樁使用之年期，即為其實際腐蝕速率。其計算公式如下；

$$\begin{aligned}\text{腐蝕速率} &= \text{腐蝕量} / \text{使用年期} \\ &= (\text{原始厚度}-\text{現有厚度}) / \text{使用年期} \quad (\text{公式 2.2})\end{aligned}$$

碼頭鋼板（管）樁初期如未採用任何防蝕措施，使用一段期間後再安裝犧牲陽極作為防蝕工法，其腐蝕速率又分為未作防蝕措施前與採用防蝕措施後之腐蝕速率兩種，計算公式如下：

$$V_C = \frac{C}{Y_C + (1-P)Y_P} \quad (\text{公式 2.3})$$

$$V_P = \frac{C - V_C \times Y_C}{Y_P} \quad (\text{公式 2.4})$$

式中 V_C = 無防蝕措施之腐蝕速率 (mm/yr.)

V_P = 有防蝕措施之腐蝕速率 (mm/yr.)

Y_C = 無防蝕措施之年期 (yr)

Y_P = 有防蝕措施之年期 (yr)

C = 腐蝕量 (mm)

P = 防蝕率，防蝕率與海水浸水率之關係示如表 2.1。

表 2.1 防蝕率與海水浸水率之關係^[7]

海水浸水率 (%)	防蝕率 (%)
0 40	40 以下
41 80	41 60
81 99	61 90

(註) 海水浸水率：鋼材浸於海水之時間與鋼材使用全部時間之比

2.2.3 鋼板樁保護電位量測

以銅/硫酸銅電極為準，量測時以高阻抗電位計或電錶之一端搭接於與鋼板樁連結之不銹鋼電位測試棒上，另一端則置於欲量測之鋼板樁旁。

防蝕效果的判斷標準如表 2.2 所示，若鋼鐵結構物之保護電位值較標準防蝕電位值為"負"時，鋼鐵結構物是為保護狀態，若電位值比標準防蝕電位值"正"時，則表示保護不足或防蝕效果不佳。以飽和硫酸銅參考電極為例，若鋼鐵結構物之電位值較 -850 mV 為"負"，鋼鐵結構物為保護狀態，但若值較 -800 mV 為"正"，則表示保護不足或防蝕效果不佳。

表 2.2 海水中鋼構造物之防蝕保護電位標準^[7]

防蝕保護電位	參考電極
-780 mV vs. SCE	飽和甘汞電極
-800 mV vs. Ag/AgCl/seawater	海水氯化銀電極
-750 mV vs. Ag/AgCl/sat'd KCl	飽和氯化銀電極
-850 mV vs. Cu/CuSO ₄	飽和硫酸銅電極

2.3 安平港碼頭^[8]

2.3.1 碼頭構造物背景資料搜集與分析

本次資料搜集與分析為安平港 3 號、4 號碼頭背景資料如表 2.3 所

示。

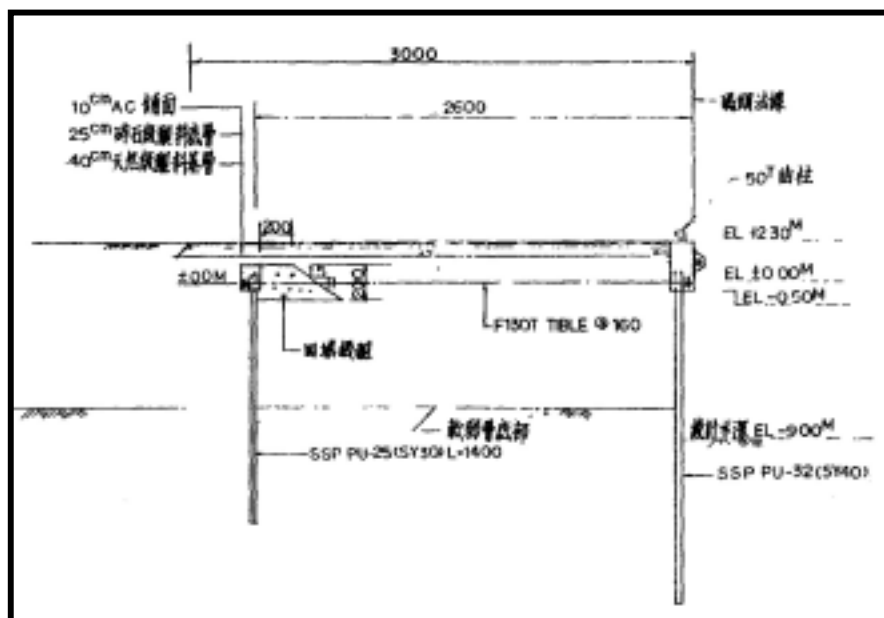
表 2.3 鋼板（管）樁碼頭構造物背景資料

構造物名稱	長度 (m)	水深 (m)	鋼板（管）樁 型式	原始厚度 (mm)	完工 日期（年）	防蝕處理
安平港 3 號碼頭	160	-9	SSP PU32 U 型鋼板樁	19.5	80	犧牲陽極
安平港 4 號碼頭	160	-9	SSP PU32 U 型鋼板樁	19.5	80	犧牲陽極

2.3.2 鋼板樁現況檢測

2.3.2.1 安平港 3 號碼頭

本座碼頭於民國 80 年完工，水深 -9 公尺，碼頭全長 160 公尺，採用 SSP PU-32 U 型鋼板樁建造，鋼板樁以安裝犧牲陽極塊作為防蝕措施，整支鋼板樁均位於海水中。碼頭平面佈置、結構斷面、使用鋼板樁型式及陽極塊配置示如圖 2.4 至圖 2.7，陽極塊及電位測試裝置詳圖如圖 2.8。



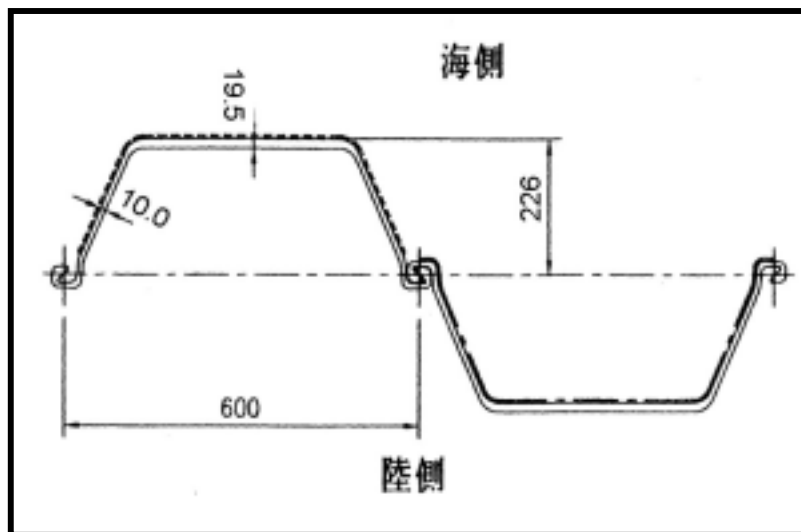
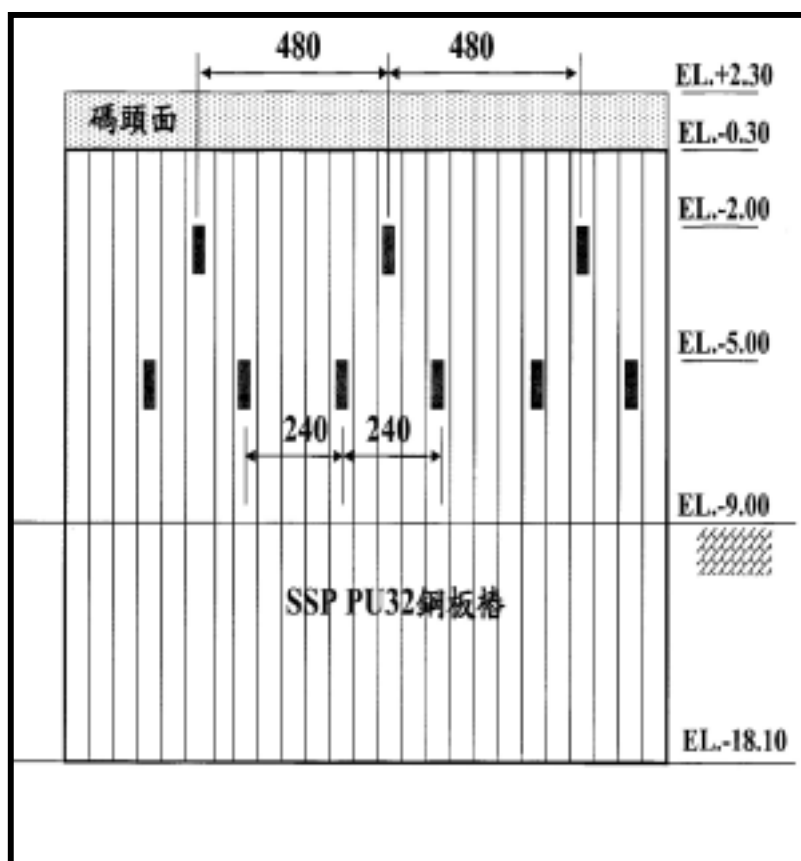


圖 2.6 PU-32 U 型鋼板樁型式



單位：
距離：cm
水深：m

圖 2.7 安平港 3 號、4 號碼頭鋼板樁陽極塊配置

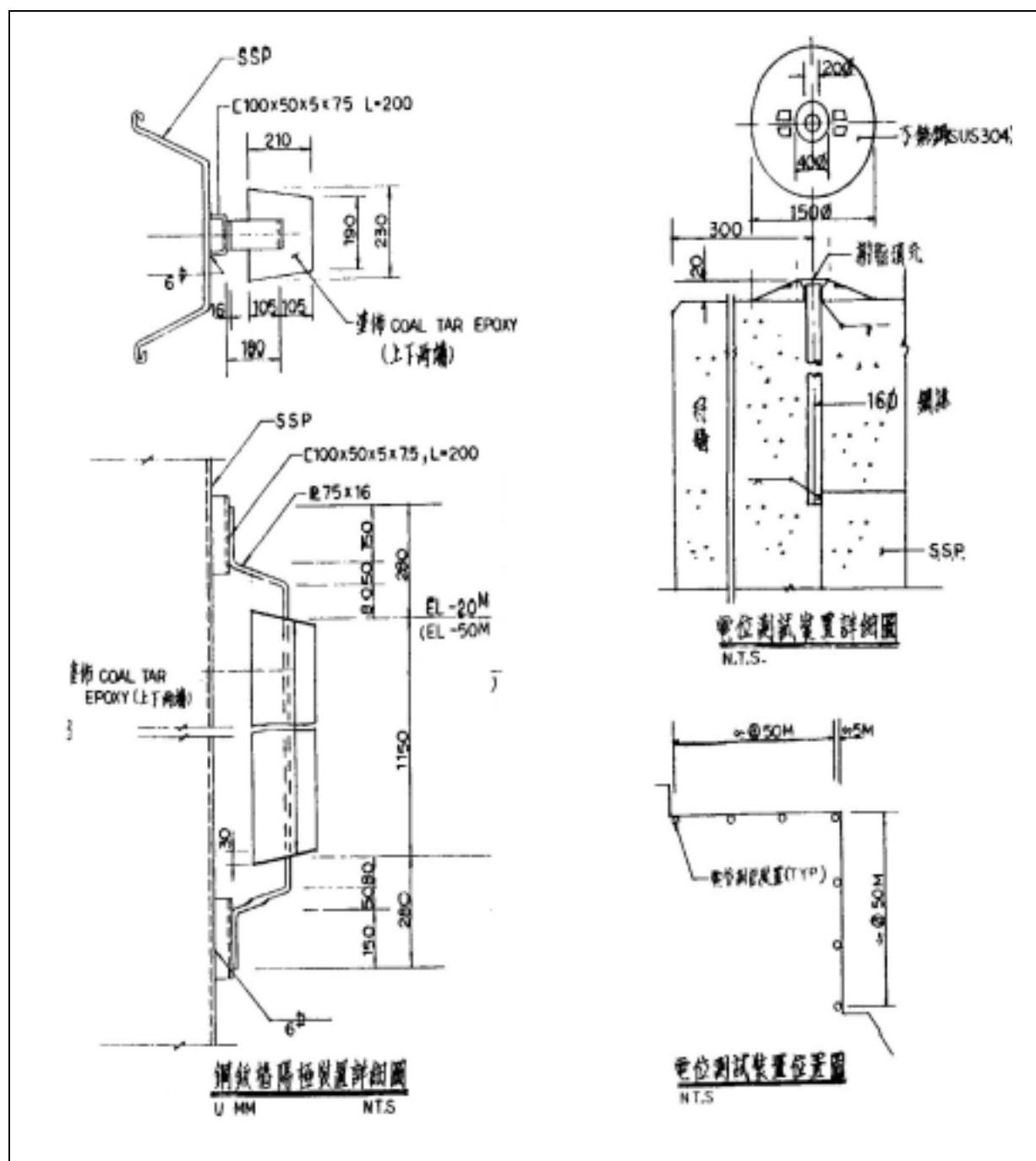


圖 2.8 安平港鋼板樁碼頭陽極塊及電位測試裝置詳圖

1. 目視檢測

本座碼頭鋼板樁均位於海水中，鋼板樁表面附著許多海生物，無明顯銹蝕斑點及凹凸不平現象，圖 2.9 及圖 2.10 為海生物敲除後之鋼板樁表面，外觀仍然保持光亮，顯見無嚴重腐蝕現象。

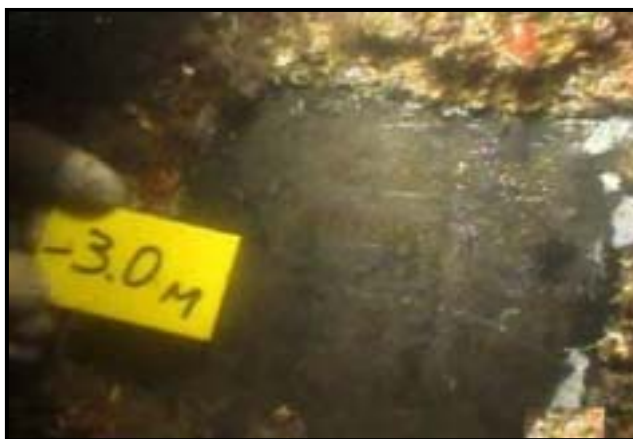


圖 2.9 海生物敲除後之鋼板樁表面 (1)



圖 2.10 海生物敲除後之鋼板樁表面 (2)

2. 鋼板樁厚度量測

圖 2.11 為 3 號碼頭鋼板樁厚度量測水深示意圖，於自起點 0 m、20 m、80 m、160 m 處各選取連續 10 支測樁，每支測樁檢測水深分別為 +0.3 m、± 0.0 m、-1.0 m、-2.0 m、-3.0 m、-4.0 m、-5.0 m、-6.0 m、-7.0 m，計 9 個深度測點，檢測點共計 360 點。

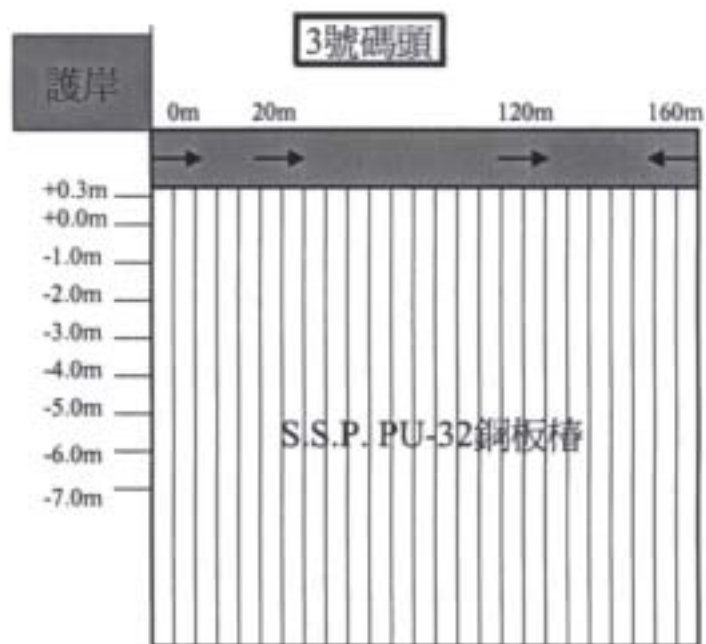


圖 2.11 安平港 3 號碼頭鋼板樁厚度量測水深示意圖

表 2.4 及圖 2.12 為 3 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係。各檢測水深平均腐蝕速率均小於 0.06 mm/yr.，遠小於設計允許值 (0.20 mm/yr.)，圖 2.13 及圖 2.14 為各測樁腐蝕速率與水深關係，每一測點之腐蝕速率亦均小於設計允許值；量測現有厚度最小值為 18.4 mm，最大減少厚度僅約 1.1 mm，顯見腐蝕程度輕微，安裝犧牲陽極塊已達到防蝕之目的。

表 2.4 安平港 3 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率

水深(m)	+0.3	0.0	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	-5.0	-6.0	-7.0
腐蝕速率 (mm/yr.)	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06

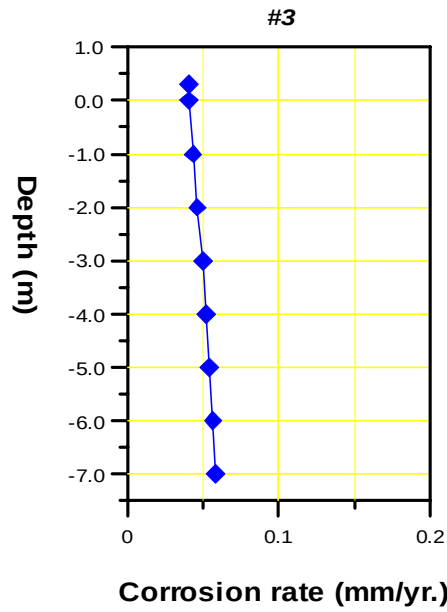


圖 2.12 安平港 3 號碼頭平均腐蝕速率與檢測水深之關係

3. 鋼板樁保護電位量測

鋼板樁保護電位量測位置如圖 2.15，量測結果列於表 2.5。保護電位最大值為 -928 mV ，最小值為 -1025 mV ，本座碼頭陽極塊保護電位均小於 -850 mV (以 Cu/CuSO_4 電極量測)，已達保護鋼板樁免於腐蝕之目的。

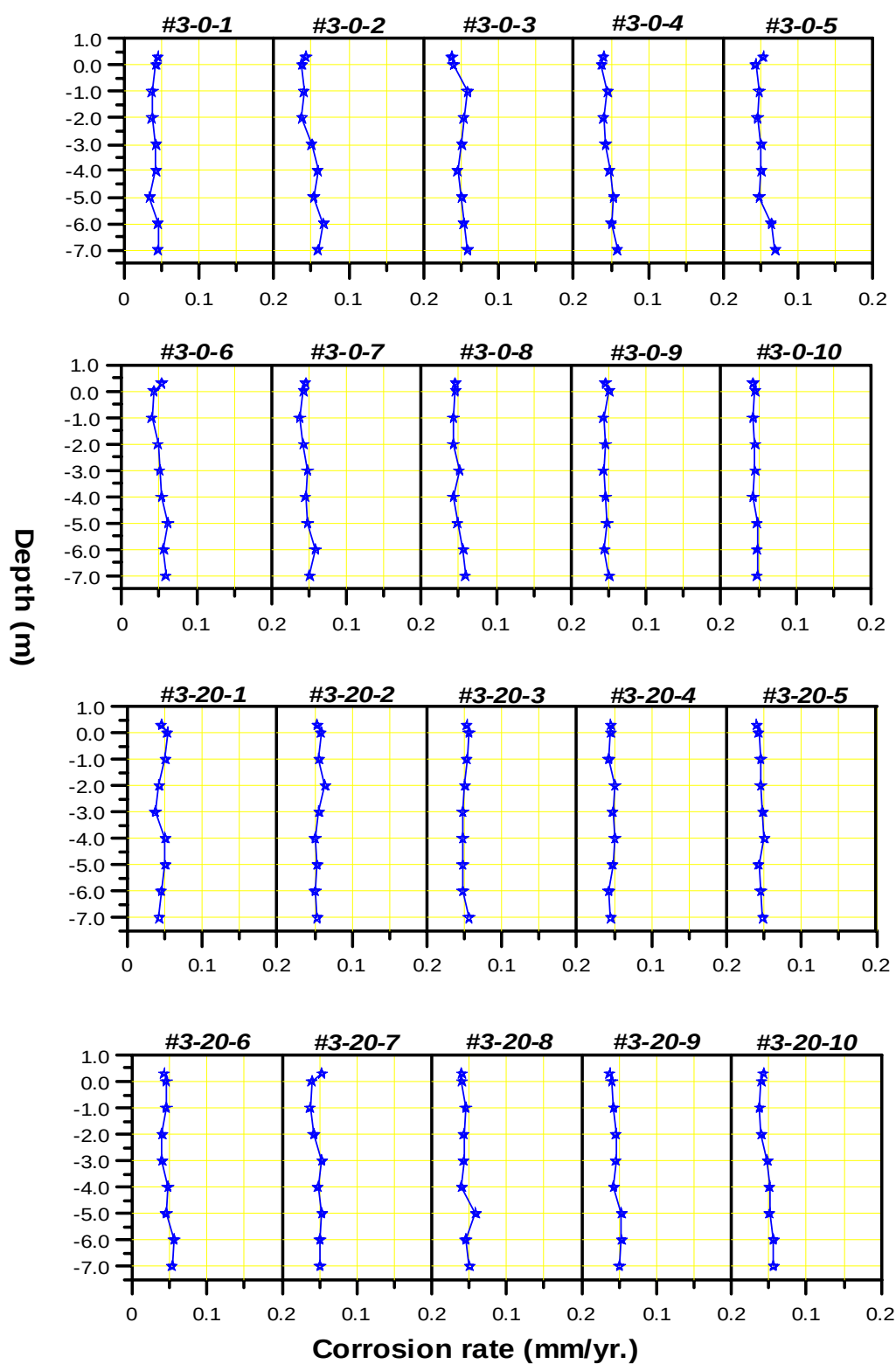


圖 2.13 安平港 3 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與水深之關係 (1)

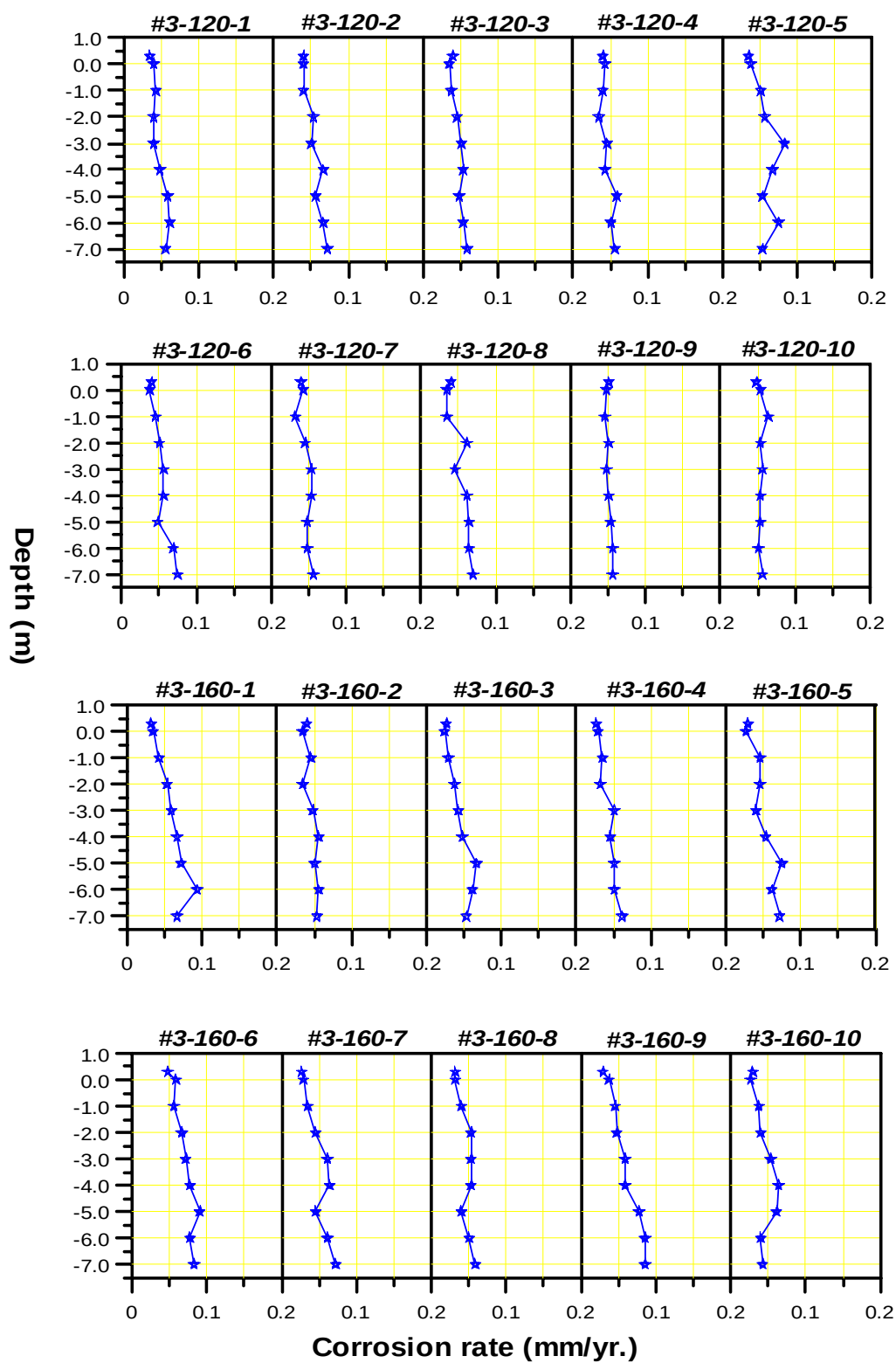


圖 2.14 安平港 3 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與水深之關係 (2)

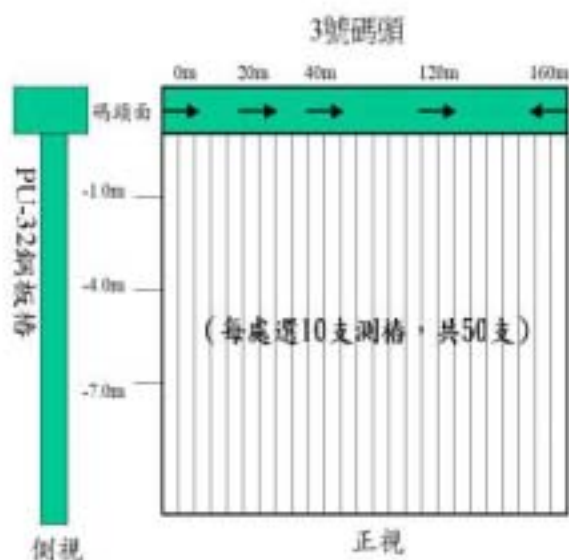


圖 2.15 安平港 3 號碼頭鋼板樁保護電位量測位置圖

表 2.5 安平港 3 號碼頭鋼板樁保護電位檢測結果 (mV)

水深 (m)	保護 電位	編 號	水深 (m)	保護 電位	編 號	水深 (m)	保護 電位	編 號	水深 (m)	保護 電位	編 號	水深 (m)	保護 電位
-1.0	-979	#3-20-1	-1.0	-971	#3-40-1	-1.0	-973	#3-120-1	-1.0	-993	#3-160-1	-1.0	-977
-4.0	-997		-4.0	-985		-4.0	-994		-4.0	-1003		-4.0	-1003
-7.0	-1005		-7.0	-1016		-7.0	-1012		-7.0	-1023		-7.0	-1009
-1.0	-977	#3-20-2	-1.0	-972	#3-40-2	-1.0	-820	#3-120-2	-1.0	-972	#3-160-2	-1.0	-975
-4.0	-1001		-4.0	-988		-4.0	-794		-4.0	-978		-4.0	-997
-7.0	-1005		-7.0	-1012		-7.0	-709		-7.0	-1018		-7.0	-1000
-1.0	-979	#3-20-3	-1.0	-972	#3-40-3	-1.0	-740	#3-120-3	-1.0	-975	#3-160-3	-1.0	-974
-4.0	-1039		-4.0	-982		-4.0	-735		-4.0	-988		-4.0	-997
-7.0	-1004		-7.0	-1018		-7.0	-759		-7.0	-1059		-7.0	-1015
-1.0	-978	#3-20-4	-1.0	-973	#3-40-4	-1.0	-585	#3-120-4	-1.0	-981	#3-160-4	-1.0	-972
-4.0	-995		-4.0	-992		-4.0	-652		-4.0	-989		-4.0	-983
-7.0	-1005		-7.0	-1005		-7.0	-647		-7.0	-1019		-7.0	-1011
-1.0	-981	#3-20-5	-1.0	-972	#3-40-5	-1.0	-606	#3-120-5	-1.0	-986	#3-160-5	-1.0	-973
-4.0	-997		-4.0	-988		-4.0	-620		-4.0	-996		-4.0	-993
-7.0	-1026		-7.0	-1012		-7.0	-721		-7.0	-1014		-7.0	-1013
-1.0	-975	#3-20-6	-1.0	-972	#3-40-6	-1.0	-744	#3-120-6	-1.0	-981	#3-160-6	-1.0	-973
-4.0	-985		-4.0	-982		-4.0	-795		-4.0	-989		-4.0	-993
-7.0	-1016		-7.0	-1005		-7.0	-789		-7.0	-1019		-7.0	-1013
-1.0	-978	#3-20-7	-1.0	-973	#3-40-7	-1.0	-846	#3-120-7	-1.0	-986	#3-160-7	-1.0	-973
-4.0	-1012		-4.0	-992		-4.0	-804		-4.0	-989		-4.0	-994
-7.0	-1011		-7.0	-1005		-7.0	-780		-7.0	-1012		-7.0	-1012
-1.0	-998	#3-20-8	-1.0	-978	#3-40-8	-1.0	-733	#3-120-8	-1.0	-985	#3-160-8	-1.0	-973
-4.0	-1012		-4.0	-995		-4.0	-734		-4.0	-992		-4.0	-1034
-7.0	-1026		-7.0	-1005		-7.0	-705		-7.0	-1023		-7.0	-1014
-1.0	-993	#3-20-9	-1.0	-981	#3-40-9	-1.0	-750	#3-120-9	-1.0	-988	#3-160-9	-1.0	-971
-4.0	-1000		-4.0	-997		-4.0	-790		-4.0	-1003		-4.0	-985
-7.0	-1029		-7.0	-1026		-7.0	-627		-7.0	-1023		-7.0	-1016
-1.0	-994	#3-20-10	-1.0	-975	#3-40-10	-1.0	-634	#3-120-10	-1.0	-995	#3-160-10	-1.0	-972
-4.0	-1005		-4.0	-985		-4.0	-616		-4.0	-1001		-4.0	-988
-7.0	-1024		-7.0	-1016		-7.0	-677		-7.0	-1028		-7.0	-1012

2.3.2.2 安平港 4 號碼頭

本座碼頭於民國 80 年完工，水深 -9 公尺，碼頭全長 160 公尺，採用 SSP PU-32 U 型鋼板樁建造，整支鋼板樁均位於海水中。碼頭結構斷面、鋼板樁型式及陽極塊配置均同 3 號碼頭。

1. 目視檢測

本座碼頭均位於海水中，鋼板樁表面附著許多海生物，無明顯銹蝕斑點及凹凸不平現象，海生物敲除後之鋼板樁表面，外觀仍然保持光亮。

2. 鋼板樁厚度量測

圖 2.16 為 4 號碼頭鋼板樁厚度量測位置示意圖，於自起點 0 m、40 m、80 m、120 m、160 m 共五處各選取連續 10 支測樁，每支測樁檢測水深同 4 號碼頭，檢測點共計 450 點。

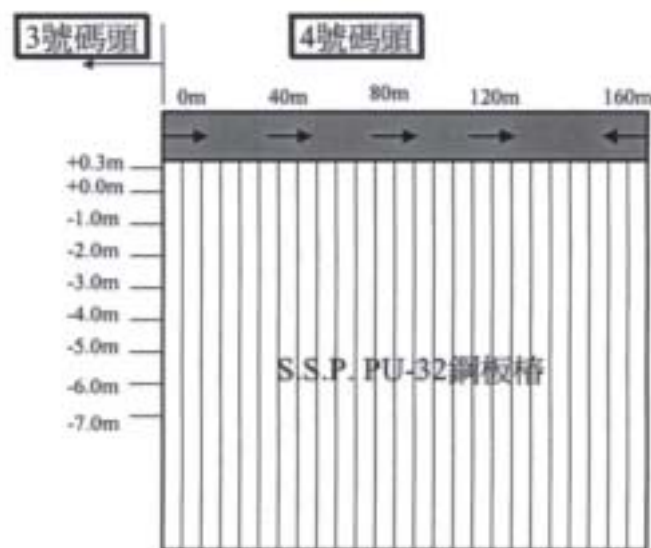


圖 2.16 安平港 4 號碼頭鋼板樁厚度量測位置示意圖

表 2.6 及圖 2.17 為 4 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係。各檢測水深平均腐蝕速率均小於 0.05 mm/yr.，遠小於設計允許值，

圖 2.17 至圖 2.19 為各測樁腐蝕速率與水深關係，腐蝕速率亦均小於設計允許值；量測現有厚度最小值為 18.4 mm，最大減少厚度僅約 1.1 mm，顯見腐蝕程度輕微，安裝犧牲陽極塊已達到防蝕之目的。

3. 鋼板樁保護電位量測

鋼板樁保護電位量測位置如圖 2.21，量測結果列於表 2.7。保護電位最大值為 -942 mV，最小值為 -1068 mV，本座碼頭陽極塊保護電位均小於-850 mV (以 Cu/CuSO₄ 電極量測)，已達保護鋼板樁免於腐蝕之目的。

表 2.6 安平港 4 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率檢測結果

水深(m)	+0.3	0.0	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	-5.0	-6.0	-7.0
腐蝕速率 (mm/yr.)	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

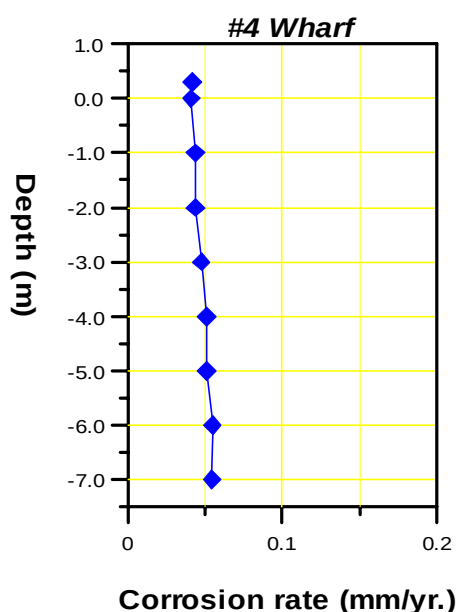


圖 2.17 安平港 4 號碼頭鋼板樁平均腐蝕速率與檢測水深之關係

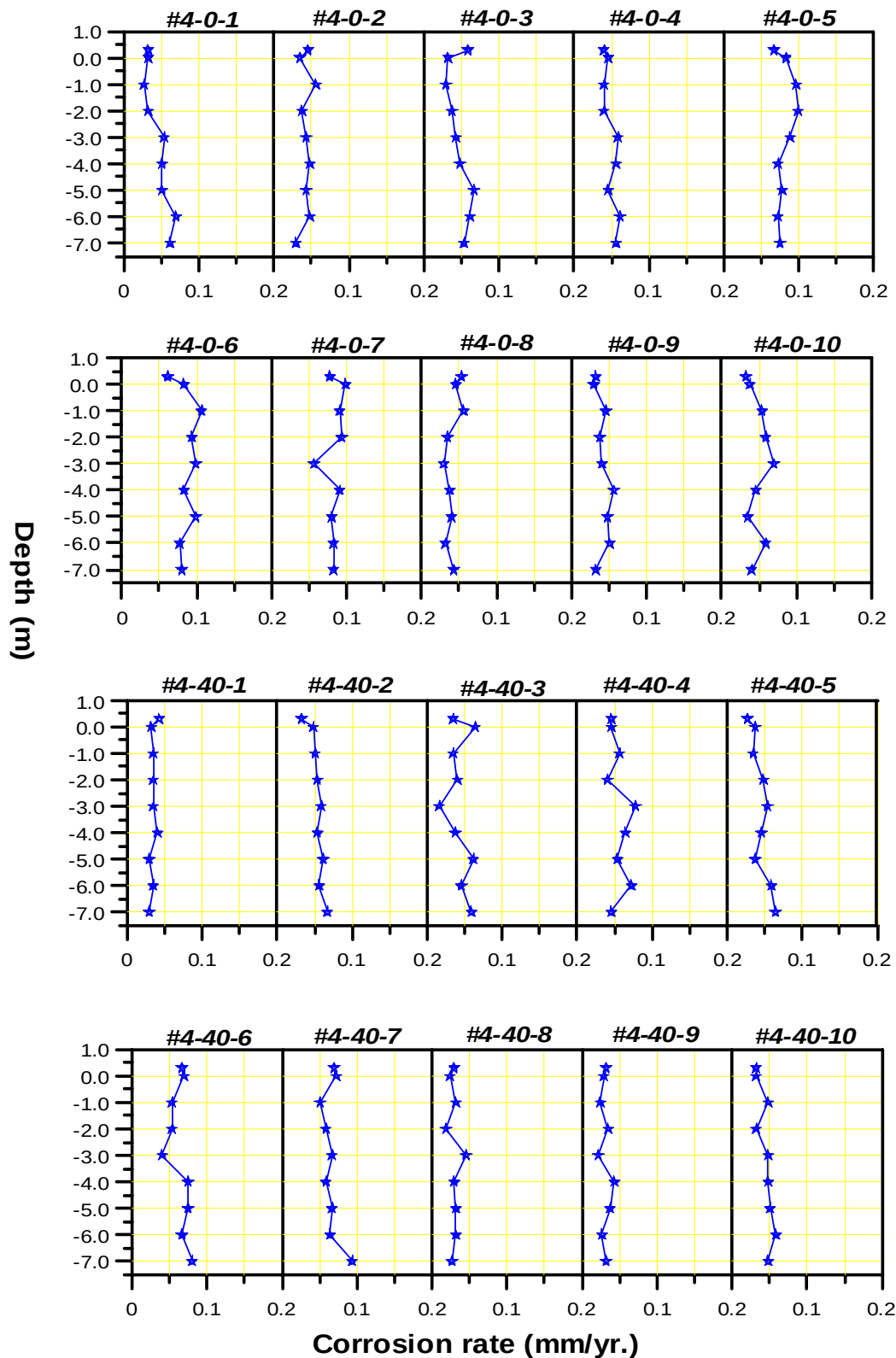


圖 2.18 安平港 4 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與檢測水深之關係 (1)

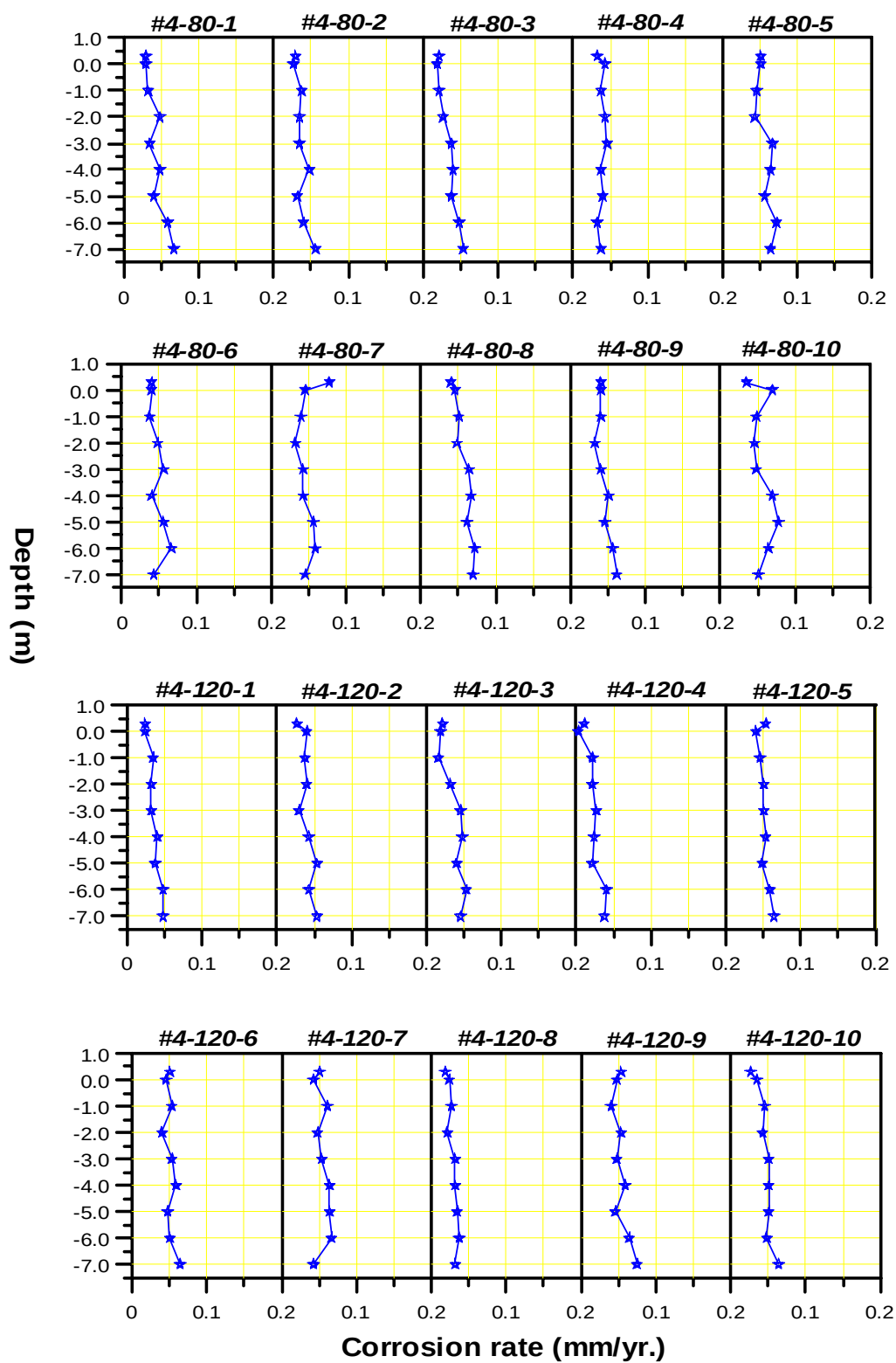


圖 2.19 安平港 4 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與檢測水深之關係 (2)

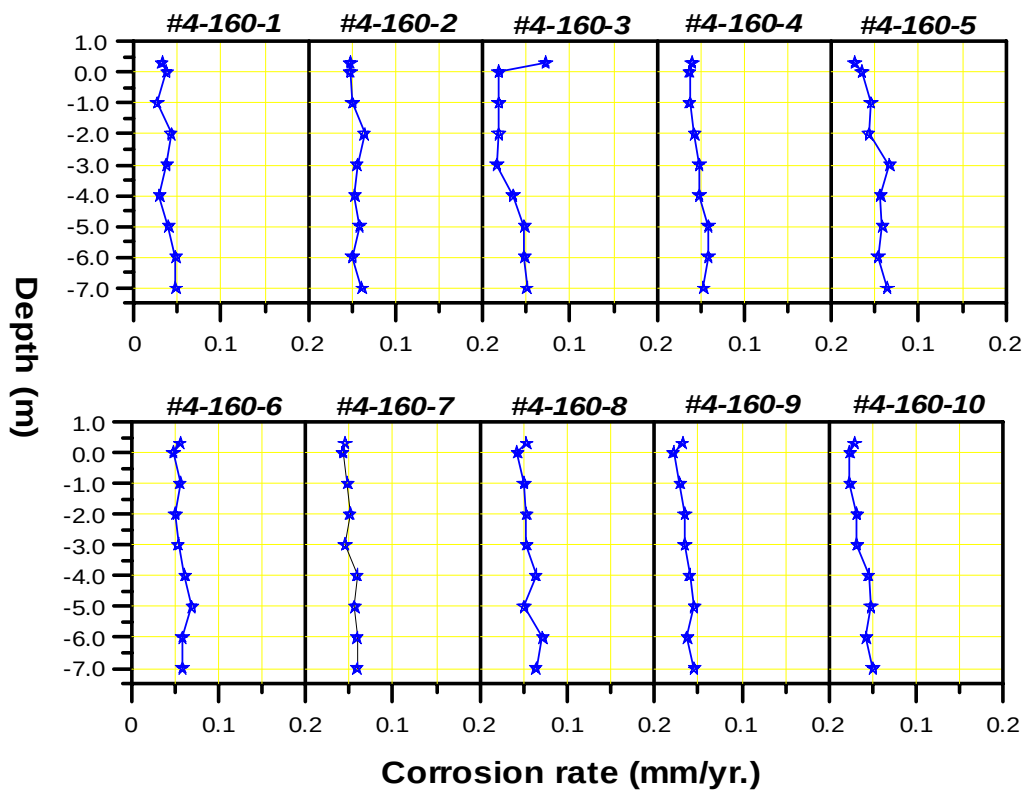


圖 2.20 安平港 4 號碼頭鋼板樁腐蝕速率與檢測水深之關係 (3)

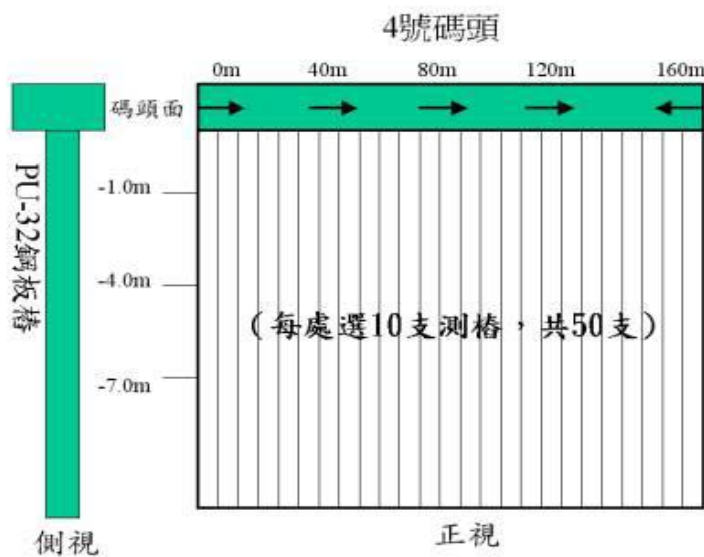


圖 2.21 安平港 4 號碼頭鋼板樁保護電位量測位置圖

表 2.7 安平港 4 號碼頭鋼板樁保護電位檢測結果 (mV)

編號	水深 (m)	保護 電位	編號	水深 (m)	保護 電位	編號	水深 (m)	保護 電位	編號	水深 (m)	保護 電位	編號	水深 (m)	保護 電位
#4-00 -1	-1.0	-1027	#4-40 -1	-1.0	-984	#4-80 -1	-1.0	-973	#4-120 -1	-1.0	-973	#4-160 -1	-1.0	-1002
	-4.0	-1003		-4.0	-998		-4.0	-978		-4.0	-993		-4.0	-1020
	-7.0	-992		-7.0	-1013		-7.0	-1068		-7.0	-1054		-7.0	-1033
#4-00 -2	-1.0	-977	#4-40 -2	-1.0	-982	#4-80 -2	-1.0	-995	#4-120 -2	-1.0	-973	#4-160 -2	-1.0	-1000
	-4.0	-1003		-4.0	-999		-4.0	-1001		-4.0	-994		-4.0	-1019
	-7.0	-1009		-7.0	-1012		-7.0	-1028		-7.0	-1016		-7.0	-1030
#4-00 -3	-1.0	-975	#4-40 -3	-1.0	-988	#4-80 -3	-1.0	-993	#4-120 -3	-1.0	-973	#4-160 -3	-1.0	-1000
	-4.0	-997		-4.0	-1012		-4.0	1003		-4.0	-1034		-4.0	-1056
	-7.0	-1000		-7.0	-1014		-7.0	-1023		-7.0	-1009		-7.0	-1030
#4-00 -4	-1.0	-974	#4-40 -4	-1.0	-984	#4-80 -4	-1.0	-972	#4-120 -4	-1.0	-971	#4-160 -4	-1.0	-997
	-4.0	-997		-4.0	-992		-4.0	-978		-4.0	-985		-4.0	-1025
	-7.0	-1015		-7.0	-1016		-7.0	-1018		-7.0	-1001		-7.0	-1033
#4-00 -5	-1.0	-972	#4-40 -5	-1.0	-988	#4-80 -5	-1.0	-975	#4-120 -5	-1.0	-972	#4-160 -5	-1.0	-998
	-4.0	-983		-4.0	-995		-4.0	-988		-4.0	-988		-4.0	-1012
	-7.0	-1011		-7.0	-1012		-7.0	-1059		-7.0	-1016		-7.0	-1026
#4-00 -6	-1.0	-973	#4-40 -6	-1.0	-995	#4-80 -6	-1.0	-981	#4-120 -6	-1.0	-972	#4-160 -6	-1.0	-993
	-4.0	-987		-4.0	-995		-4.0	-989		-4.0	-988		-4.0	-1000
	-7.0	-1019		-7.0	-1018		-7.0	-1019		-7.0	-1007		-7.0	-1029
#4-00 -7	-1.0	-973	#4-40 -7	-1.0	-988	#4-80 -7	-1.0	-986	#4-120 -7	-1.0	-973	#4-160 -7	-1.0	-994
	-4.0	-991		-4.0	-992		-4.0	-996		-4.0	-992		-4.0	-1005
	-7.0	-1006		-7.0	-1005		-7.0	-1014		-7.0	-1005		-7.0	-1024
#4-00 -8	-1.0	-942	#4-40 -8	-1.0	-1014	#4-80 -8	-1.0	-985	#4-120 -8	-1.0	-973	#4-160 -8	-1.0	-991
	-4.0	-1005		-4.0	-1018		-4.0	-992		-4.0	-987		-4.0	-997
	-7.0	-1013		-7.0	-1014		-7.0	-1023		-7.0	-1007		-7.0	-1023
#4-00 -9	-1.0	-971	#4-40 -9	-1.0	-991	#4-80 -9	-1.0	-988	#4-120 -9	-1.0	-977	#4-160 -9	-1.0	-992
	-4.0	-982		-4.0	-993		-4.0	-1003		-4.0	-996		-4.0	-1011
	-7.0	-1008		-7.0	-1039		-7.0	-1023		-7.0	-1015		-7.0	-1024
#4-00 -10	-1.0	-973	#4-40 -10	-1.0	-1007	#4-80 -10	-1.0	-978	#4-120 -10	-1.0	-978	#4-160 -10	-1.0	-990
	-4.0	-1002		-4.0	-1019		-4.0	-1011		-4.0	-1005		-4.0	-1014
	-7.0	-1010		-7.0	-1014		-7.0	-1019		-7.0	-1009		-7.0	-1021

第三章 碼頭鋼板樁腐蝕調查系統展示

本研究所建置的港區鋼板樁檢測資料及新開發的查詢模組，係架構在本中心所開發的「港區工程基本資料查詢展示系統」之下，該系統的查詢界面設計成下拉式選單方式。主選單共有六大項，分別為(1)港埠規劃、(2)鑽探資料、(3)碼頭設計及調查資料、(4)堤防設計資料、(5)地震監測、(6)海氣象現地調查等。由 MapInfo 進入此查詢系統，點選進入所欲查詢的港區，該港區地圖即展示在螢幕上，且原有的 MapInfo 內定選單也同時全部更換成新設計的選單，供使用者點取需用功能。本系統延續 94 年所建置蘇澳港之資料，與安平港檢測系統一起展示。

3.1 系統操作程序

系統之查詢設計，係以下拉式選單配合物件選項的操作方式為主。使用者可在螢幕上選取所欲查詢的物件，再利用下拉式選單來展示各項文件資料或繪製相關成果。港區碼頭鋼板樁檢測資料查詢展示之操作程序如下：

1. 在視窗作業環境下，執行 MapInfo 系統，進入該系統內。
2. 點取選單 File\Run MapBasic Program，選擇 d:\harbor-1 內的執行檔 harbor.mbx，按 OK 選鈕，即進入港區工程基本資料查詢展示系統。
3. 此時螢幕會展繪出台灣全島地圖，並標示基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等港區的分佈位置。
4. 利用滑鼠，點選所欲查詢的港區，則螢幕展繪出該港區的向量地圖，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之

第一選項「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖。

5. 再點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第十二選項「顯示腐蝕調查碼頭」，則有腐蝕調查的碼頭區塊會由白色轉變成紅色，可得知那些碼頭為鋼材所構建且有施做腐蝕調查。
6. 利用工具箱內的放大、縮小、平移等工具，可作地圖縮放，以更精細地查詢目標位置及鄰近地形。
7. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之碼頭，此時主選單的第三功能項(即「碼頭設計及調查資料」功能項)底下所附屬的幾個次選項(即「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「關閉腐蝕調查碼頭」、「鋼板腐蝕速率展繪」、「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」、「海水水質分析成果展示」等功能項等)，會由啟始的無效狀態轉變為有效狀態。
8. 當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被異色斜紋所遮罩，此時可在第三主選單下點選「鋼板腐蝕速率展繪」選項，系統會開啟「檢測起迄點輸入對話框」。輸入檢測起迄點後，若所點取的碼頭為 Z 型板樁所構築，因該型板樁具有凸側凹三個面，系統會再開啟一個「凸側凹面點取對話框」。使用者可依框內收音機鈕(Radio Button)選項點取某一面來繪圖，隨後系統即呼叫 surfer 程式，展繪該檢測段之腐蝕速率，圖中上半部設計為三維立體圖，下半部設計為等值分佈圖。
9. 接續在第三主選單下點選「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」選項，系統會先開啟「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」選項，系統會先開啟「檢測位置輸入對話框」。選取任一檢測位置，系統隨即展繪該位置之凸側凹三腐蝕速率比較圖。
10. 「鋼板厚度調查成果展繪選項」，其操作如步驟 8 所示。
11. 「鋼板凸側凹三面厚度比較」選項，其操作如步驟 9 所示。

12. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 4 至 11，可繼續查詢所需港區之相關資料。
13. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。

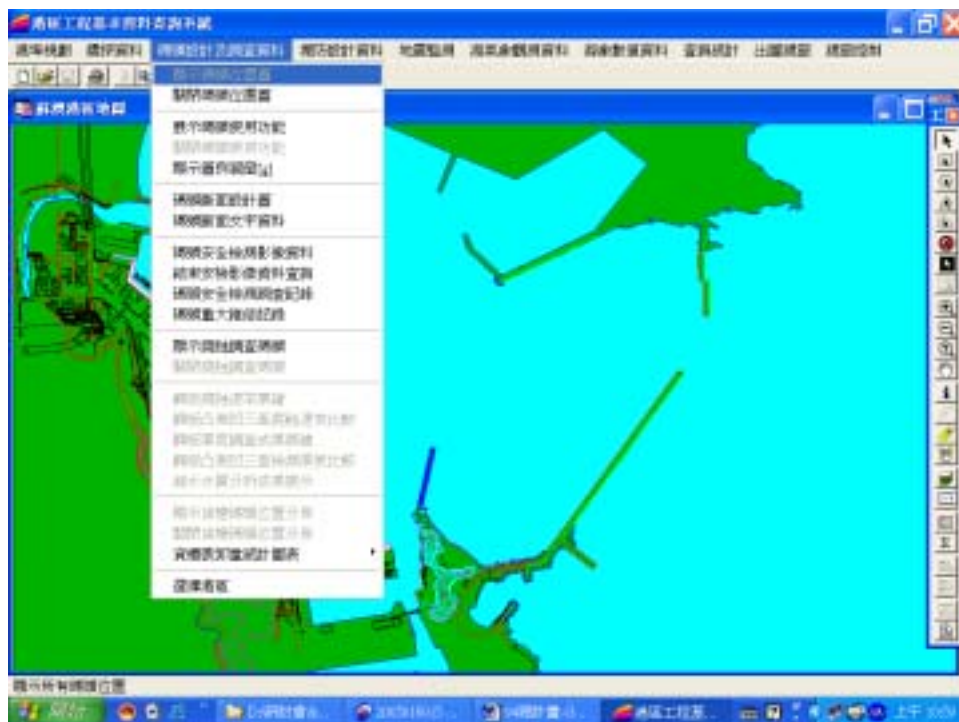
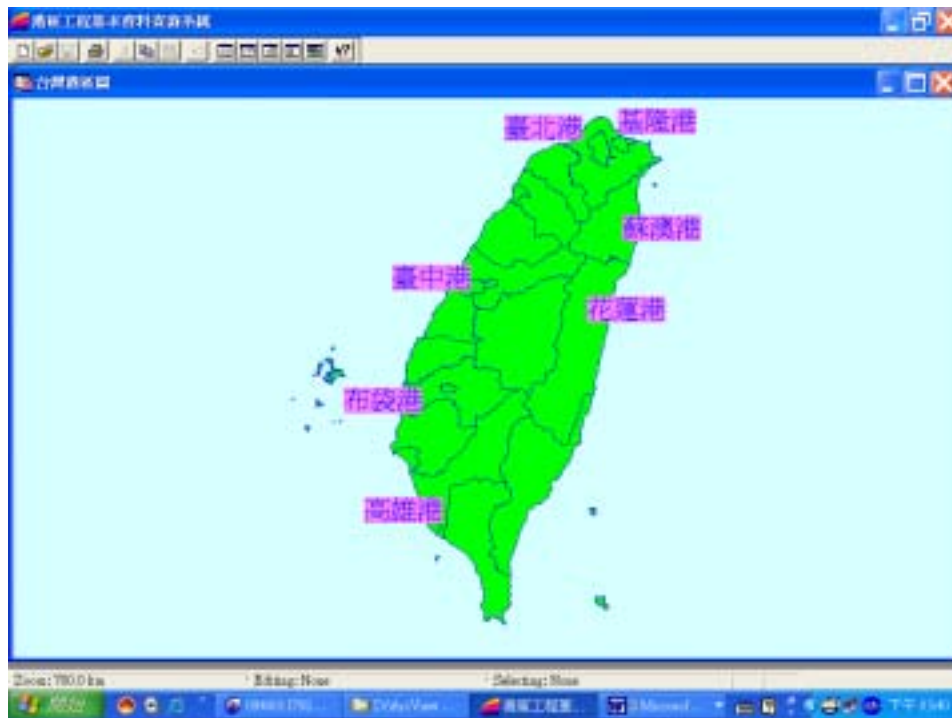
3.2 蘇澳港鋼板樁檢測資料查詢展示

蘇澳港區碼頭鋼板樁檢測資料查詢展示之操作程序如下：

1. 按照 3.1 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出台灣全島地圖與主要港區（如基隆、台中、高雄、花蓮、蘇澳等港區）的分佈位置，如圖 3.1 所示。
2. 將滑鼠遊標移至蘇澳港標示文字區內，按滑鼠左鍵，可叫出蘇澳港區基本地圖圖層，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第一選項「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖，如圖 3.2 所示為蘇澳港碼頭位置分佈情形。
3. 再點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第十二選項「顯示腐蝕調查碼頭」，則有腐蝕調查的碼頭區塊會由白色轉變成紅色，如圖 3.3 所示為蘇澳港腐蝕調查碼頭分佈位置。
4. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之碼頭，此時選單列的第三主選單(即「碼頭設計及調查資料」選單)底下所附屬的幾個選項(即「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「關閉腐蝕調查碼頭」、「鋼板腐蝕速率展繪」、「鋼板凸

測凹三面腐蝕速率比較」、「海水水質分析成果展示」等功能項等)，會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。

5. 當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被異色斜紋所遮罩，此時可在第三主選單下點選「鋼板腐蝕速率展繪」選項，系統會開啟「檢測起迄點輸入對話框」，如圖 3.4 所示。輸入檢測起迄點後，若所點取的碼頭為 Z 型板樁所構築，因該型板樁具有凸側凹三個面，系統會再開啟一個「凸側凹面點取對話框」，如圖 3.5 所示。使用者可依框內收音機鈕(Radio Button)選項點取某一面來繪圖，隨後系統即呼叫 surfer 程式，展繪該檢測段之腐蝕速率，成果如圖 3.6 所示，圖中上方為三維立體圖，下方為等值分佈圖。
6. 接續在第三主選單下點選「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」選項，系統會先開啟「鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較」選項，系統會先開啟「檢測位置輸入對話框」，如圖 3.7 所示。選取任一檢測位置，系統隨即展繪該位置之凸側凹三腐蝕速率比較圖，如圖 3.8 所示。
7. 「鋼板厚度調查成果展繪選項」，其操作如步驟 5 所示。展繪成果如圖 3.9 所示。
8. 「鋼板凸側凹三面厚度比較」選項，其操作如步驟 6 所示。展繪成果如圖 3.10 所示。
9. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 2 至 8，可繼續查詢所需港區之相關資料。
10. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。



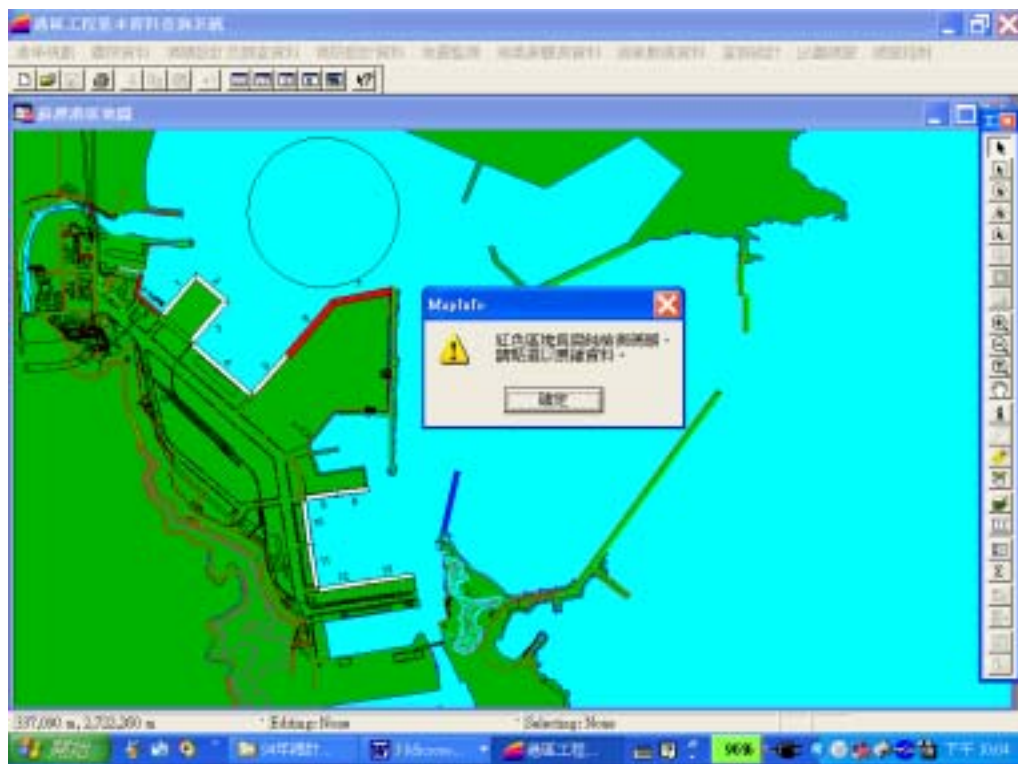


圖 3.3 蘇澳港腐蝕調查碼頭位置分佈圖

起迄點輸入對話框

本結構物岸線總長200m,等距佈設83個檢測點,請輸入展繪起迄點:

起點:	終點:
1	5
2	6
3	7
4	8
5	9
6	10

確定 取消

圖 3.4 檢測起迄點輸入對話框

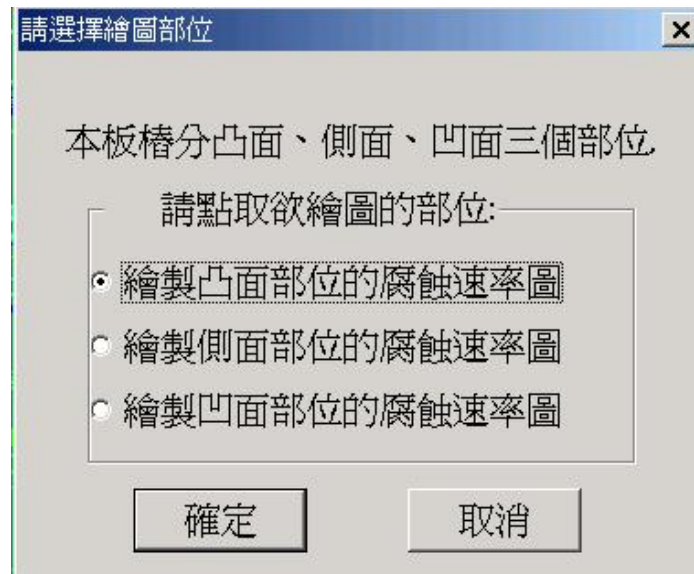


圖 3.5 凸側凹面點取對話框

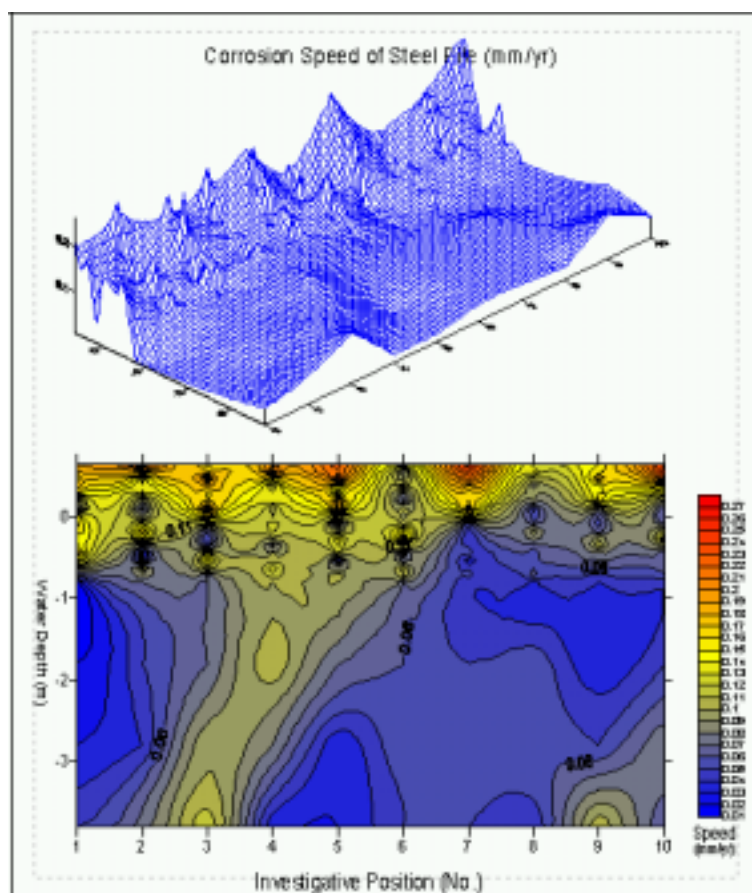


圖 3.6 蘇澳港腐蝕速率調查成果展繪圖

檢測位置輸入對話框

本結構物岸線總長200m,等距佈設83個檢測點,請輸入欲做比較之檢測位置:

檢測位置:

1
2
3
4
5
6

確定 取消

圖 3.7 檢測位置輸入對話框

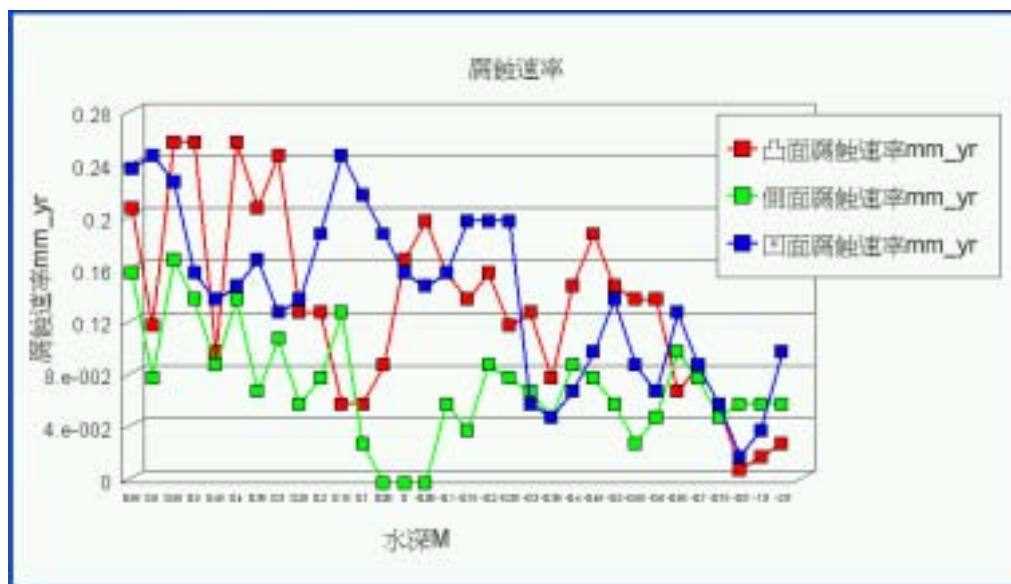


圖 3.8 蘇澳港鋼板凸側凹三面腐蝕速率比較圖

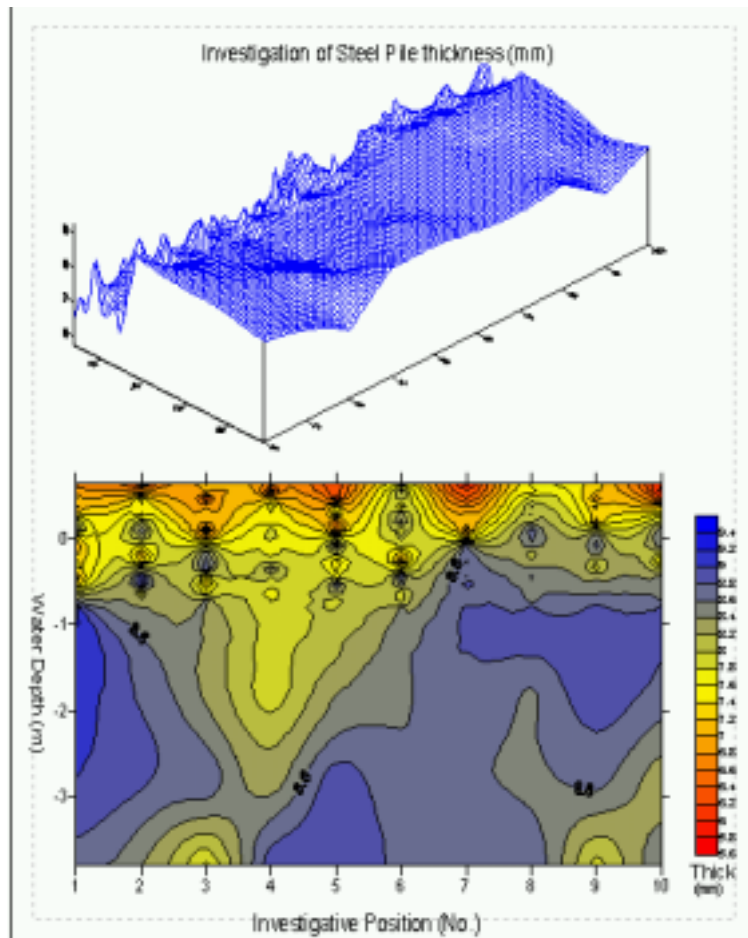


圖 3.9 蘇澳港鋼板厚度調查成果展繪圖



圖 3.10 蘇澳港鋼板凸側凹三面厚度比較圖

3.3 安平港鋼板樁檢測資料查詢展示

安平港區碼頭鋼板樁檢測資料查詢展示之操作程序如下：

1. 按照 3.1 節程式操作程序 1 至 3，使用者可進入查詢系統的主畫面，此時螢幕視窗會展繪出臺灣全島地圖與主要港區（如基隆、臺中、高雄、花蓮、安平等港區）的分佈位置，如圖 3.11 所示。
2. 將滑鼠遊標移至安平港標示文字區內，按滑鼠左鍵，可叫出安平港區基本地圖圖層，地圖以綠色標示陸面區域位置，以水藍色標示海面區域位置。此時可點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第一選項「顯示碼頭位置圖」，系統則載入該港區之碼頭位置分佈圖，如圖 3.12 所示為安平港碼頭位置分佈情形。
3. 再點選「碼頭設計及調查資料」主選單下之第十二選項「顯示腐蝕調查碼頭」，則有腐蝕調查的碼頭區塊會由白色轉變成紅色，如圖 3.13 所示為安平港腐蝕調查碼頭分佈位置。
4. 選用工具箱內的點選工具，再點選所欲查詢之碼頭，此時選單列的第三主選單(即「碼頭設計及調查資料」選單)底下所附屬的幾個選項(即「碼頭設計斷面圖」、「碼頭斷面文字資料」、「關閉腐蝕調查碼頭」、「鋼板腐蝕速率展繪」、「鋼板凸測凹三面腐蝕速率比較」、「海水水質分析成果展示」等功能項等)，會由啟始的無效狀態轉變為可點選的有效狀態。
5. 當點選到碼頭物件時，該碼頭區會被異色斜紋所遮罩，此時可在第三主選單下點選「鋼板腐蝕速率展繪」選項，系統會開啟「檢測點輸入對話框」，如圖 3.14 所示。輸入檢測起迄點後，系統即呼叫 surfer 程式，展繪該檢測段之腐蝕速率，成果如圖 3.15 所示，圖中上方為三維立體圖，下方為等值分佈圖。
6. 「鋼板厚度調查成果展繪選項」，其操作如步驟 5 所示。展繪成果如圖 3.16 所示。
7. 若要查詢另一港區的碼頭資料，可點選第一主選單「港埠規劃」

下的倒數第二選項「選擇港區」，則系統會跳回主畫面顯示港區位置分佈圖。再依循步驟 2 至 6，可繼續查詢所需港區之相關資料。

8. 結束查詢，可在功能表的第一個主選單「港埠規劃」下，拉出最後一個選項「離開系統」，點選後則可停止本程式的執行。



圖 3.11 查詢系統主畫面



圖 3.12 安平港碼頭資料選單下拉及碼頭位置分佈圖

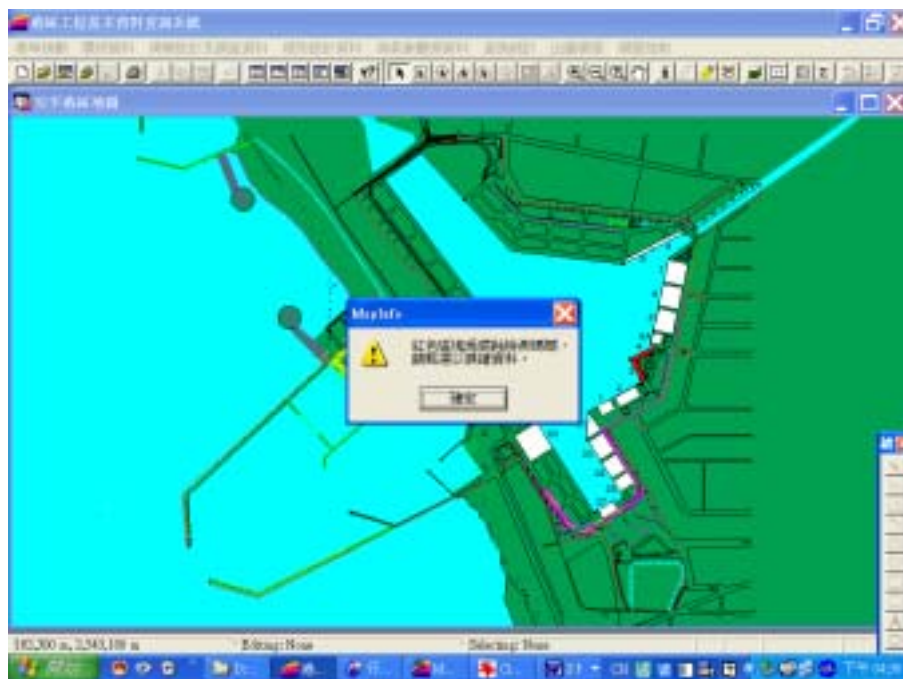


圖 3.13 安平港腐蝕調查碼頭位置分佈圖

腐蝕調查位置點取對話框

本碼頭分別於岸線 0m, 20m, 120m, 160m 等處佈設檢測點, 連續檢測 10 根鋼板樁, 請點取檢測點:

腐蝕調查位置

☒ 0m

☐ 20m

☐ 120m

☐ 160m

確定 **取消**

圖 3.14 檢測點輸入對話框

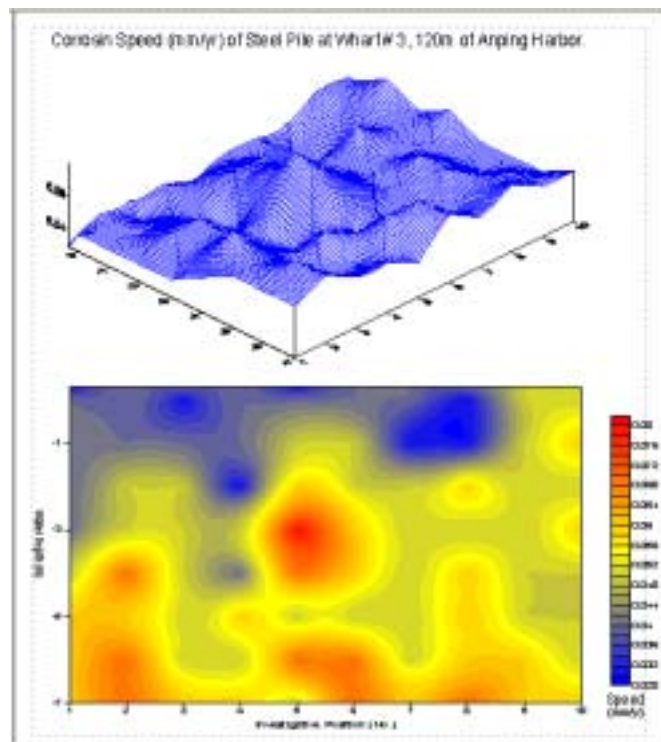


圖 3.15 安平港腐蝕速率調查成果展繪圖

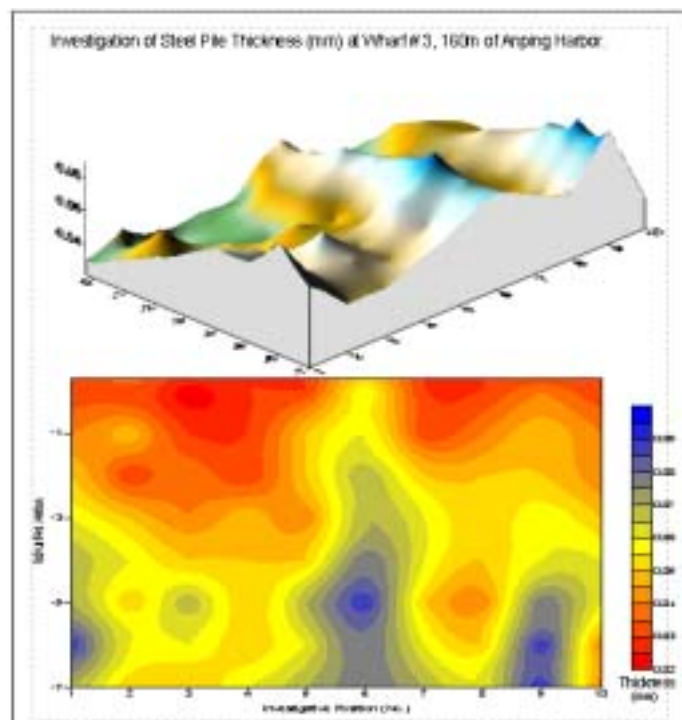


圖 3.16 安平港鋼板厚度調查成果展繪圖

第四章 結論與建議

- 1.本研究提供一適當查詢系統，以多樣化表現方式呈現，建立友善介面供使用者使用。
- 2.港工材料資料之取得常需耗費大量之人力及經費，得之不易，這些珍貴資料值得有系統加以收集與整理，除了可避免資料之遺失且可做為港灣工程之維修與參考依據。
- 3.本研究利用 MapInfo 地理資訊系統及 MapBasic 程式語言撰寫查詢分析系統，以提升資料之使用價值。
- 4.港灣之港工材料資料庫之建立，常需投入大量之人力、物力、財力及時間，而本中心之資源有限，以致於本研究以蘇澳港為建置基礎，希於往後能繼續收集各大港口之檢測資料,以充實資料庫。

參考文獻

- [1] 台灣省政府交通處港灣技術研究所，「基隆港碼頭鋼板樁腐蝕調查研究」港灣技術研究所專刊第 59 號， 1990。
- [2] 台灣省政府交通處港灣技術研究所，「港灣鋼構造物耐久性研究第三年報告」，港灣技術研究所，81 研(十二)， 1992。
- [3] 台灣省政府交通處港灣技術研究所，「基隆港碼頭鋼板樁檢測及其維護改善方案研究」，港灣技術研究所專刊第 81 號， 1993。
- [4] 交通部運輸研究所，「港灣構造物檢測與耐久性試驗研究」，MOTC-IOT-91-HA04，民國 91 年 3 月， 2002) 。
- [5] 交通部運輸研究所，「花蓮港外港防波堤及碼頭鋼板樁監測－碼頭鋼板樁暗必調查檢測」，IHMT-9001，民國 91 年 5 月。
- [6] 石黑健、白石基雄、海輪博之，"鋼矢板工法"， p571，日本，山海堂，1982。
- [7] 台灣省政府交通處港灣技術研究所，「港灣及海岸構造物設計基準」，專刊第 123 號，p3-26，民國 86 年 1 月。
- [8] 交通部運輸研究所，「港灣構造物檢測與耐久性試驗研究」，MOTC-IOT-93-H1BA04，2004。