

98-41-7398
MOTC-IOT-97-H1DA007

高雄港碼頭鋼板樁腐蝕特性研究



交通部運輸研究所

中華民國 98 年 4 月

98-41-7398
MOTC-IOT-97-H1DA007

高雄港碼頭鋼板樁腐蝕特性研究

著 者：羅建明、張道光

交通部運輸研究所

中華民國 98 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

高雄港碼頭鋼板樁腐蝕性研究 / 羅建明, 張道光著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民98.04

面 ; 公分

參考書目:面

ISBN 978-986-01-8293-4(平裝)

1. 港埠工程 2. 鋼結構

443.22

98007151

高雄港碼頭鋼板樁腐蝕特性研究

著者：羅建明、張道光

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 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 98 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

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1009800936

ISBN：978-986-01-8293-4 (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分內容者，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：高雄港碼頭鋼板樁腐蝕特性研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-8293-4（平裝）	政府出版品統一編號 1009800936	運輸研究所出版品編號 98-41-7398	計畫編號 H1DA007
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：羅建明 研究人員：張道光 聯絡電話：04-26587110 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 97 年 01 月 至 97 年 12 月
關鍵詞：腐蝕、鋼板樁、複迴歸分析、相關分析			
摘要： 港灣鋼結構物諸如鋼板樁、管線、拉桿等構件，常年浸泡於海水下，鋼構件甚難倖免於腐蝕損壞的威脅。由於不同海域環境、深度會產生不同腐蝕速率，且現場腐蝕檢測須長期人力物力投入，經濟效益影響甚大。為了使腐蝕速率能迅速推測，本研究乃針對高雄港海水水質監測結果中的環境因子如流速、水溫、酸鹼度、溶氧量、生化需氧量、氯鹽之水質資料與現場鋼板樁腐蝕速率資料整理歸納後，進行統計分析之相關分析與複迴歸分析。以建立評估碼頭鋼板樁腐蝕速率預測模式與環境因子之關聯性。 研究結果發現，鋼板樁腐蝕與環境因子之相關性分析中，U型(全)鋼板腐蝕速率與環境相關因子具有顯著性相關。在環境因子之間相關顯著性分析中，流速與氯鹽間呈正相關。U型(春)、U型(秋)二種複迴歸模式符合檢定，且流速、水溫增加則腐蝕速率愈大。 本研究之成果與效益包括：1.瞭解高雄港碼頭鋼板樁腐蝕速率與環境因子中流速相關性高。2.本計畫可提供港務局及相關單位規劃、設計、施工、檢測之參考與應用。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
98 年 4 月	130	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: Corrosion Characteristics of Steel-Sheet-Pile Wharves in Kaohsiung Harbor			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-01-8293-4 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009800936	IOT SERIAL NUMBER 98-41-7398	PROJECT NUMBER 97-H1DA007
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION CHIEF: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lo Chien-ming PROJECT STAFF: Chang Tao-kuang PHONE: 04-26587110 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2008 TO December 2008
KEY WORDS: Corrosion, Steel-Sheet-Pile, Multiple Regression Analysis, Correlation			
ABSTRACT : Steel-made structures such as steel-sheet-pile wharves, pipelines, and pull rods are immersed in seawater all the time. It is inevitable that they will be affected by corrosion. Site inspection under sea level needs a lot of money and labor. Because of different environmental areas, depths produce different corrosion rate. After analyses of some environmental factors, such as seawater composition, flow rate, water temperature, PH values, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, and chlorine and on-site corrosion rate, we find the statistic correlation and regression to help make a rapid calculation. Results were shown. Findings from correlation analyses indicate significant correlation for U-type (total) corrosion rate and environmental factors. Flow rate and chlorine are positively correlated on selected environmental factors analyses. U-type (spring) and U-type (autumn) of multiple regression equations confirm the basic assumptions. As flow rate and water temperature increase, the corrosion rate increases in the model, too. The results of this study and benefits include: 1. Learning corrosion rate of steel-sheet-pile and environmental factors is highly correlated in Kaohsiung Harbor. 2. The results can provide references for the port authorities and forward-coming research.			
DATE OF PUBLICATION April 2009	NUMBER OF PAGES 130	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.			

高雄港碼頭鋼板樁腐蝕特性研究

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
表目錄	VI
圖目錄	VII
第一章 前言	1-1
1.1 研究動機	1-1
1.2 研究目的	1-1
1.3 報告內容	1-2
第二章 文獻回顧	2-1
2.1 鋼材之腐蝕機制源	2-1
2.2 鋼材在海水之腐蝕	2-1
2.2.1 鋼材之腐蝕機理	2-1
2.3 影響鋼板樁腐蝕之因子	2-3
2.3.1 曝露區域	2-3
2.3.2 海水的性質	2-3
2.4 統計分析原理	2-5
2.4.1 相關分析	2-5
2.4.2 迴歸分析	2-7
第三章 研究規劃與方法	3-1

3.1 規劃流程	3-1
3.2 鋼板樁檢測	3-1
3.2.1 目視檢測	2-5
3.2.2 厚度量測	2-7
3.3 海水水質資料及碼頭檢測	3-1
3.3.1 分析方法	2-5
3.4 鋼板樁背景資料	3-1
3.5 研究對象	3-1
3.6 研究變數	3-1
3.7 研究工具	3-1
3.7.1 相關分析	3-2
3.7.2 複迴歸分析	3-5
第四章 結果與討論	4-1
4.1 樣本基本敘述	4-1
4.2 鋼板相關分析	4-1
4.2.1 鋼板樁腐蝕速率與環境因子相關顯著性分析	4-2
4.2.2 環境因子之間相關顯著性分析	4-2
4.3 複迴歸模式建立	4-4
4.3.1 迴歸模式摘要	4-5
4.3.2 變異數分析(ANOVA)	4-6
4.3.3 迴歸係數	4-7

4.3.4 複迴歸模式	4-8
4.4 複迴歸模式的檢驗與討論	4-8
4.5 複迴歸的預測模式	4-11
第五章 結論與建議	5-1
5.1 結論	5-1
5.2 建議	5-2
參考文獻	參-1
附表 A 鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果	附錄 1-1
附表 B 鋼板樁腐蝕樣本及相關分析	附錄 2-2

表目錄

表 2-1 海洋及港灣腐蝕各領域發展情形.....	2-4
表 2-2 迴歸模式的檢驗.....	2-19
表 3-1 鋼板（管）樁碼頭構造物背景資料	3-8
表 4-1 Z 型鋼板樁樣本敘述統計表(1/2)	4-1
表 4-2 U 型鋼板樁樣本敘述統計表(2/2).....	4-3
表 4-3 Z 型鋼板樁腐蝕速率與環境因子相關性分析	4-8
表 4-4 U 型鋼板樁腐蝕速率與環境因子相關性分析	4-9
表 4-5 Z 型鋼板樁環境因子相關性分析(1/2)	4-10
表 4-6 Z 型鋼板樁環境因子相關性分析(2/2)	4-11
表 4-7 U 型鋼板樁環境因子相關性分析	4-12
表 4-8 鋼板樁模式摘要	4-15
表 4-9 變異數分析(ANOVA)	4-17
表 4-10 迴歸係數分析(1/3).....	4-20
表 4-11 迴歸係數分析(2/3).....	4-21
表 4-12 迴歸係數分析(3/3)	4-22
表 4-13 U 型迴歸係數分析(1/3)	4-23
表 4-14 U 型迴歸係數分析(2/3)	4-24
表 4-15 U 型迴歸係數分析(3/3)	4-25
表 4-16 迴歸預測模式(Z 型)	4-26
表 4-17 迴歸預測模式(U 型).....	4-27

圖目錄

圖 2.1 水溶液系統之腐蝕程序示意圖.....	2-3
圖 2.2 鋼板樁曝露區域與腐蝕速率之關係.....	2-8
圖 2.3 海水之含鹽量與溶氧量、pH 值、溫度、水深之關係.....	2-9
圖 2.4 鋼材腐蝕速率與 pH 值之關係.....	2-11
圖 2.5 鋼材之腐蝕速率與溶氧量之關係.....	2-12
圖 2.6 鋼材腐蝕速率與海水流速之關係.....	2-13
圖 2.7 碼頭鋼板樁遭受迷失電流之情形.....	2-14
圖 3.1 研究規畫流程.....	3-1
圖 3.2 檢測水深標示方式.....	3-2
圖 3.3 鋼板樁厚度量測位置示意圖.....	3-3
圖 3.4 水面下量測鋼板樁厚度之情形.....	3-4
圖 3.5 測厚儀量測之示意圖.....	3-4
圖 3.6 高雄港 39、40、58、69、70 碼頭檢測位置.....	3-8
圖 3.7 Z 型鋼板樁斷面(凸面、側面、凹面).....	3-8
圖 3.8 U 型鋼板樁斷面.....	3-9
圖 3.9 水深下 0m、6m 位置圖.....	3-9
圖 3.10 複回歸模式建構流程圖.....	3-11
圖 4.1 標準化殘差次數分配直方圖(1/2).....	4-30
圖 4.2 標準化殘差次數分配直方圖(2/2).....	4-31
圖 4.3 樣本殘差值常態機率分佈圖(1/2).....	4-32
圖 4.4 樣本殘差值常態機率分佈圖(2/2).....	4-33
圖 4.5 殘差值與預測值交叉散佈圖(1/2)	4-34

圖 4.6 殘差值與預測值交叉散佈圖(2/2).....	4-35
------------------------------	------

第一章 前言

1.1 研究動機

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。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，浸泡於不同的季節、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。

歷年來本中心(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、水溫、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。

1.2 研究目的

本研究以文獻回顧方式，從過去相關研究之中，廣泛搜尋海洋與港灣鋼結構物腐蝕之因子及彙整歷年來（民國 79 至民國 94）港灣技術研究中心於高雄港碼頭鋼板樁檢測之腐蝕速率與相對應位置之海水成分中流速、水溫、酸鹼度、溶氧量、生化需氧量、氯鹽之水質資料，區分各碼頭、不同水深，不同季節，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。

1.3 報告內容

本研究本文共分五章，第一章說明本研究之動機、目的與論文各章節之內容。第二章為國內外文獻回顧，就鋼材之腐蝕機制、鋼材在海水之腐蝕、影響鋼板樁腐蝕之因子、海水的性質及統計分析原理之相關分析與迴歸分析作概略之介紹。第三章就規畫流程、鋼板（管）樁及海水水質檢測方法、數據蒐集篩選，將樣本依研究對象、研究變數、研究工具、資料分析等作較詳細之介紹。第四章為針對不同型狀鋼板樁，水深差異，季節腐蝕速率，分 U 型、Z 型斷面（凸、側、凹）三面等四種鋼板樁腐蝕速率對應海水環境因子以相關分析與迴歸統計方法討論結果。第五章則對本研究結果提出簡要之結論與建議。

第二章 文獻回顧

2.1 鋼材之腐蝕機制

鋼材料在海洋環境中之腐蝕行為概可分為以下幾種型態：

1. 均勻腐蝕(uniform attack)：

腐蝕作用發生時，金屬表面之腐蝕較為均勻，如鐵之表面銹蝕 (rusting of iron)、銀器變晦暗 (silver tarnishing)、金屬在高溫下的氧化現象等均為其中例子。腐蝕速率的估計一般有年穿透率如 mm/y(millimeters per year)、ipy(inches per year)、mils(0.001 in. per year) 或重量損失如 gmd(grams per square meter per day)、mdd(miligrams per square decimeter per day)。鋼鐵材料在海水中之均勻腐蝕速率約為 0.13mm/y、2.5gmd、25mdd 或 0.005 ipy。

2. 孔蝕作用(pitting)：

孔蝕作用為局部的腐蝕作用，當部分區域的腐蝕速率大於其他區域時稱為孔蝕。孔蝕的深度以孔蝕因子(pitting factor) 來表示；定義為最大穿透深度與平均穿透深度之比值。許多的腐蝕現象，均可歸類為孔蝕作用的一種，如金屬在高速相對運動環境中，形成之孔蝕現象，或歸類為沖蝕 (impingement attack, or corrosion erosion)；又如金屬在較低速相對運動環境中，形成之孔蝕現象，或歸類為侵蝕性腐蝕 (fretting corrosion)；穴蝕或漩渦腐蝕 (cavitation corrosion) 造成蜂巢狀之孔蝕現象，亦為其中一種。

3. 伽凡尼腐蝕 (galvanic corrosion)：

不同的兩種金屬或合金，置於電解液中時，電位較低的金屬將發生氧化作用，而造成腐蝕；電位較高的金屬則受到腐蝕保護。此種腐蝕主要因為金屬間不同的電位差而導致，各種金屬與合金在海

水中之化學活性，可以伽凡尼系列(galvanic series)之氧化電位高低表示之，故稱為伽凡尼腐蝕(galvanic corrosion)。

4. 間隙腐蝕(crevice corrosion)：

間隙腐蝕主要因為濃度差異電池的產生而引起。若一金屬所處環境具有濃度不同的離子、或溶解之氣體於溶液中，在濃較低的一端，將發生金屬腐蝕作用。由於此種腐蝕現象，通常發生於金屬接合之間隙中，於是稱為間隙腐蝕。

5. 晶間腐蝕 (intergranular corrosion)：

晶間腐蝕（或侵蝕）亦屬局部性腐蝕之一，發生於金屬晶界、性質不一致時，通常造成材料強度 (strength) 及延展性 (ductility) 之損失。通常在有限面積之顆粒邊界 (granular boundary) 為陽極，其他相接觸之大面積之顆粒則為陰極。此型態之侵蝕作用通常迅速、且穿透性嚴重。

6. 應力腐蝕破裂(stress corrosion cracking)：

應力腐蝕破裂為處於腐蝕環境中時，雖然作用於材料上之應力較小，未達破壞應力，但在腐蝕環境中最終會有裂縫發生。作用於材料上之應力，在此一形式的腐蝕時，通常為固定，如材料製作過程中產生之殘餘應力 (residual stress)，固定載重下之拉應力 (tensile stress) 等。

7. 疲勞腐蝕 (corrosion fatigue)：

疲勞腐蝕有時也歸納為應力腐蝕之一種，其與應力腐蝕之主要區別為，疲勞腐蝕時，作用於材料上之應力為週期性、往覆作用。例如、在海水腐蝕環境中，鋼料若承受一自然頻率為 $Nf = 10 \times 10^7$ 之應力作用時，其破壞應力減少四倍之多。理論上，在非腐蝕環境中，材料受到往覆應力作用時，有一疲勞應力極限 (fatigue limit or endurance limit)，當作用應力低於此極限值時，無論週期為何，材料

均不至破壞；但若處於腐蝕環境，此一疲勞應力極限 (fatigue limit) 則不再存在。

2.2 鋼材在海水之腐蝕

2.2.1 鋼材之腐蝕機理

金屬發生腐蝕為一自然的反應程序，大多數的金屬材料曝露於宇宙大氣環境下，都會自然發生物質退化，逐漸被腐蝕的現象，尤其是在酸、鹼或海水等環境下，腐蝕更趨嚴重。腐蝕是電化學反應之行為，其間涉及電子的轉移，如金屬由原子狀態因放出電子而變成金屬離子，或金屬離子因獲得電子而成為金屬，因而構成氧化(陽極)及還原(陰極)反應之發生。因此，任何腐蝕的發生，必須具有陽極反應和陰極反應以及能讓離子流動轉移之導電途徑，形成一封閉的導電迴路，如圖 2.1 所示。

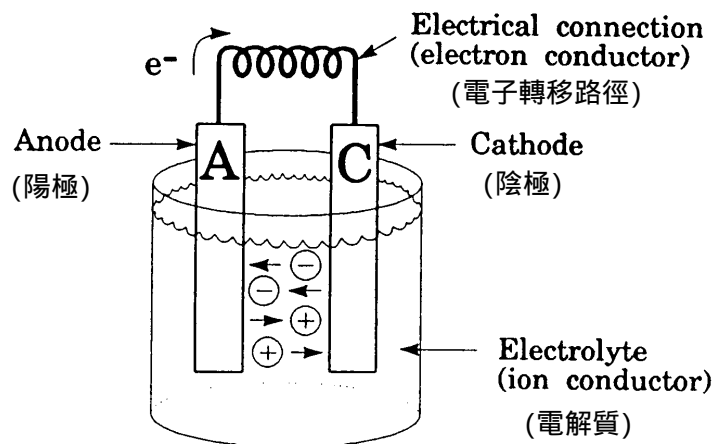
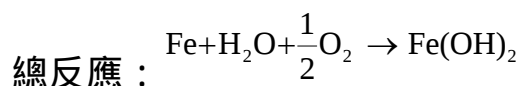
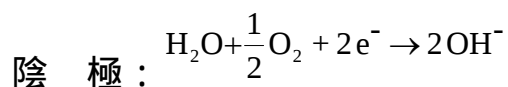
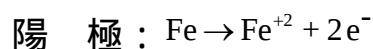
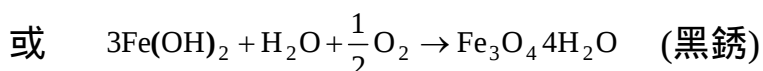
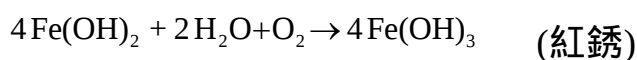


圖 2.1 水溶液系統之腐蝕程序示意圖

海水中之鋼材如鋼板樁之表面，因同時具有許多高活性區域(陽極反應)與(陰極反應)所形成之許多小腐蝕電池(corrosion cell)系統，導致鋼材發生表面腐蝕現象。鋼材在海水中發生腐蝕之電化學反應程序如下：



總反應式中之 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 繼續反應，生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 或 $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 產物，其化學反應式如下：



2.3 影響鋼板樁腐蝕之因子

金屬材料再海洋及港灣環境中的腐蝕過程，腐蝕因子主要受溫度，酸鹼度，溶氧量，鹽度，氧化還原電位，海生物等環境因子的影響，以下對於海洋及港灣腐蝕各領域發展情形，加以回顧如表 2-1 所示。

表 2-1 海洋及港灣腐蝕各領域發展情形

研究者	年別	研究方向	說明
吳與黃	1995	海洋結構物之腐蝕與防蝕	就腐蝕原理，海水特性海洋常見腐蝕型態及海洋防蝕措施分別提出防蝕方法以陰極防護最為理想。
劉	1995	生物腐蝕	指出生物膜內硫酸還原菌，產氫氣細菌，產酸之細菌，包外聚合物及細菌金屬電池扮演角色以硫酸還原菌對海洋腐蝕影響明顯。
邵	1995	海洋附著物及其調查研究	探討海洋附著生物及污損生物種類，特性，影響船舶及水中設施概況，大陸及台灣沿海以藻類，水螅，外肛動物，雙殼類，藤壺，海鞘，龍界蟲為主。

李與羅	1996	工程結構材海生物附著研究-高雄港	不同水深附著生物由淺到深生物分別是藤壺、紫孔哈雀、多毛類。不同材質金屬及混凝土試片附著生物面積和附著數量均有差異水泥沙漿比軋剛試片明顯多。0m 水深附著生物表面覆蓋面積最高，探討細菌與微生物腐蝕時金屬所在環境溶氧量是決定腐蝕重要參數。
黃	2002	碳鋼在海水中的腐蝕研究-環境因素對腐蝕速度影響	碳鋼在初期以溫度流速主要因素，中期生物污損面積成為主要因素，硫酸還原菌影響增大，硬殼生物具有阻絕養和營養物質傳輸作用，在穩定期，硬殼生物污損面積為主要因素。
朱等	2000	灰關聯分析探討環境因素評價海水腐蝕方法探討	在海水環境因素中影響局部腐蝕深度主要因素為溫度，酸鹼度及海生物附著面積並提出海水腐蝕評價因子概念 $Q = \sum_{i=1}^3 Y_i \times F_i$ 用 Q 值大小顯示某海區海水腐蝕強弱（ Y_i ：環境因素、 F_i ：關聯度）
唐與黃	2002	海洋環境腐蝕因子相關性研究	分別控制溫度和溶氧量條件下研究海水與其他腐蝕因子相應變化，結果升高溫度溶氧量減少，酸鹼度緩慢下降，氧化還原電位明顯降低；增加海水溶氧量，使酸鹼度緩慢下降，氧化還原電位線性增大。
黃	2002	碳鋼在海水中的腐蝕研究-腐蝕和污損特性	碳鋼在初期，大型污損生物少腐蝕速率由氧擴散為主，在中期以微生物腐蝕控制，在穩定期，界面穩定，主要由微生物腐蝕控制。
黃與郭	2006	微生物對碳鋼海水腐蝕影響	以電化學測量技術研究微生物對碳鋼海水腐蝕初期腐蝕速率隨時間下降，10 天後腐蝕變化不大，90 天後腐蝕速率上升，微生物改變碳鋼腐蝕機制加速其腐蝕。

2.3.1 曝露區域

港灣周圍之海、氣象環境，如大氣之溫濕度、海風鹽份、雨量、酸雨，海水之水質(酸鹼度、水溫、氯離子、硫酸鹽類、溶氧量、導電阻)、流速、潮汐、海生物附著等變化，對鋼材之腐蝕造成相當影響。鋼構物曝露之區域影響亦為甚巨，從許多調查研究發現，海洋結構物曝露的部位與腐蝕速率有很明顯的差異，如圖 2.2 所示。由於曝露環境不同，其腐蝕形態亦不同，為方便區分與探討，將海洋環境區可分成五個曝露區域，分別簡述於下；

1. 大氣帶

這區域之鋼結構物不接觸海水，表面完全接觸大氣中之各種介質，諸如氣體、日照等大自然介質，由於海洋大氣中含有較高濃度之 Cl^- ，加上濕度、日照、溫度之變化，致使碳鋼材料外表很容易受到侵蝕，其腐蝕速率為一般內陸地區大氣腐蝕的 2~5 倍。

2. 飛沫帶

此區域自平均高潮位以上至海面大氣帶下端，屬於海洋大氣與海水交界面，鋼板樁曝露於此範圍內，由於不斷反覆地受到海浪的潑濺與日曬乾燥之乾濕循環作用，致使附著鋼材表面之鹽份及氧氣濃度不斷增濃，因此，此部位鋼材之腐蝕最為嚴重，年腐蝕速率最大，為五個曝露區域中腐蝕最嚴重的部位。一般低碳鋼如沒有任何防蝕處理時，其腐蝕速率可達 0.5~1.0mm/yr.，約為海水全浸區(海中帶)的 5~10 倍。

3. 潮汐帶

此區域介於高低潮位之間，由於受到海水漲退潮之變化，鋼板樁表面週期性的接觸海水浸泡及曝露於大氣中，猶如進行乾濕循環作用。由於空氣與海水波浪之交夾作用，致使海水中之溶氧濃度高，因而在潮汐帶下方緊鄰海中帶之部位，恰可形成一個氧氣濃淡電池作用之現象。溶氧量較高之潮汐帶中之鋼板，可視為一陰極反

應區域，其鋼材之腐蝕速率低，而低潮位下約 1 米處(亦即海中帶部份)，因溶氧量低，故可將海中帶內之鋼板當成陽極反應部位，相對地其腐蝕量較大。潮汐帶中之腐蝕速率為五個曝露區域中最低者。

4. 海中帶

自低潮位下端至海泥(床)帶間，在此範圍內，整個結構體完全浸泡於海水中。此區域之上端邊緣與最低潮位緊鄰的部位，因氧氣濃淡電池之作用，曝露於海中帶之鋼板可視為一陽極反應區域，因此，海中帶上端部位之鋼板腐蝕速率很大，極需做適當的防蝕保護措施。又在此區域範圍內，海生物之附著、海流之沖擊、水溫及溶氧量等因素，亦會影響對鋼材之腐蝕速率。通常一般海水中鋼鐵之腐蝕速率一般為 0.1~0.2mm/yr。

5. 海泥(床)帶

鋼板(管)樁埋入於海底土層之部份，由於與海水接觸面較小，鋼材之腐蝕速率相對很小。但是在污染的海域中，如有硫化氫(H_2S)或海泥中有硫酸還原菌存在時，則鋼材的腐蝕性會增加，腐蝕速率變大。

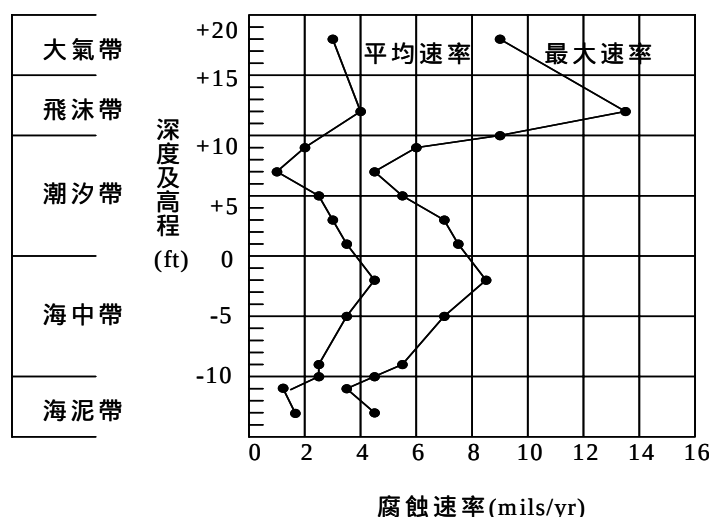


圖 2.2 鋼板樁曝露區域與腐蝕速率之關係

2.3.2 海水的性質

海水是一個極複雜的水溶液，為大自然環境下一個包容性非常大的緩衝溶液，碼頭鋼板(管)樁絕大部份(約 80%)都浸泡於海水溶液下，其間金屬材料發生腐蝕之變化很大，因此有關海水之化性、物性及相關影響因素都必須深入探討之。

1. 含鹽量

海水與其它水溶液最大的不同點，即海水含有很高的鹽份(以氯離子濃度或鹽度表示之)，亦是鋼鐵材料最易發生電化學腐蝕反應之環境。在廣闊的大海中，海水中大約含有 3.5%(重量百分比)之氯化鈉(NaCl)或鹽度(Salinity)約介於 32~36 ppt 之間。在封閉的海灣水域，由於蒸發作用致使海水鹽度較高，例如紅海其鹽度約為 41，而在有河川流入之海口附近，因受陸地淡水溪流之稀釋，則鹽度較低。海水中之 Cl^- 能穿透破壞鋼鐵表面之鈍化性質或阻止鈍態保護膜之生成，因而使鋼鐵表面發生腐蝕。據美國海軍研究人員 Reinhart 在太平洋海域所做試驗發現，海水含鹽量之多寡與溶氧量、pH 值、溫度、水深等均有相互關係，如圖 2.3 所示。

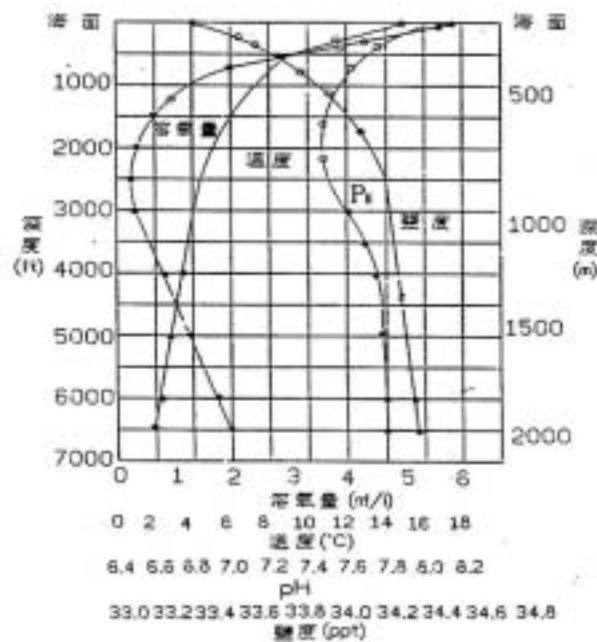


圖 2.3 海水之含鹽量與溶氧量、pH 值、溫度、水深之關係

2. 水溫

海水之表面溫度，通常受到地球上緯度之影響而有所變化。其變化範圍從極地-2 至赤道 35 之間。水溫之變化，對海水之化性、物性及海洋（微）生物滋長等都有相當密切關係。因此從金屬材料腐蝕反應觀點下，海水溫度之變化就變成一個極複雜的變數。一般而言，水溫是影響動力學上之反應速率及質量傳送。在動力學理論控制下，水溫每上升 10°K ，腐蝕速率則增加一倍。當海水溫度升高時，致使鋼材變成為較不貴重電位之金屬，此時鋼材之腐蝕電位開始移向電位更負之方向，亦即鋼材更容易進行腐蝕反應。港灣結構物等開放系統，隨水溫上升，溶氧量減少，鋼鐵之腐蝕速率變大，而如海水管線等密閉系統，雖然沒有溶氧量減少之發生，腐蝕速率仍隨溫度之上升而遞增。

3. pH 值

海水通常為一含鹼性之水溶液，海水之 pH 值是表示海水中多種基本離子與大氣層中之二氧化碳(CO_2)進入海水之量，達成平衡狀況之數值。一般海水之 pH 值正常情況下是介於 8.1 至 8.3 之間。

但在停滯不流動之港灣海域中或是海水中之有機物體分解，一方面消耗海水中之溶氧量，一方面受到厭氧細菌作用產生大量之 H_2S 下，亦可能使海水變成較酸性，海水之 pH 值降低至 7.0 以下。但在較接近海水表面之部位，當海水中之植物進行光合作用時，將會消耗海水中之 CO_2 量，此時海水之 pH 值可能增高而超過 9.0 以上。又 pH 值之變化隨著海水之深度、溫度、溶氧量 等因素之不同而異，如圖 2.4 鋼材腐蝕速率與 pH 值之關係。

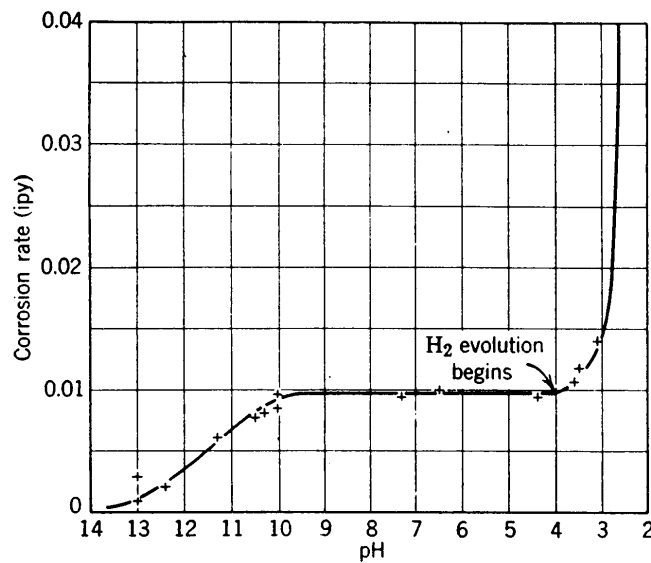


圖 2.4 鋼材腐蝕速率與 pH 值之關係

一般金屬材料在水溶液之腐蝕反應速率與 pH 值有密切關係，但是當 pH 值介於 4 10 之間時，金屬維持一定腐蝕速率如圖 2.4 所示，而僅與氧氣擴散至金屬表面之速率有關。通常鋼材在海水中極易發生腐蝕，金屬表面生成一層阻礙氧氣擴散之 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 膜，隨著腐蝕之進行，此膜不斷的更新形成，並與鹼性海水接觸，當海水 pH 值低於 4 時，鋼材表面之 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 鈍態保護膜被溶解，鋼鐵腐蝕速率增加，而 pH 值大於 10 時，增加環境之鹼性，亦增加鋼鐵表面之 pH 值，因此鋼鐵表面之鈍態保護膜不易溶解，腐蝕速率大幅降低。

4. 溶氧量

氧是海水中金屬發生腐蝕最主要的催助劑。主要原因乃是鋼材腐蝕電化學反應過程中，氧在陰極半反應部份中與水作用生成 OH^- ， OH^- 再與陽極半反應部份中溶解出之 Fe^{+2} 作用，形成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 之腐蝕生成物，如果氧氣供應充足時，則 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 生成各種不同之鐵銹生成物。海水中鋼鐵之腐蝕速率依其表面之溶氧量而定，若海水之溶氧量增加時，則接觸鋼鐵表面之氧量增加，其腐蝕速率增大，相對關係如圖 2.5 所示。在正常的大氣壓下，海水之溶氧量與溫度及鹽度維持一平衡關係。溶氧量亦隨海水深度而有所差異，主要受

到海中植物進行光合作用或有機生物體之分解作用，而致使溶氧量有所消長。在深海處溶氧量低，對大多數之金屬而言，其腐蝕速率相對亦低。溶氧量亦受海水流速之增大而增濃，但受某些好氧細菌之作用(消耗)而降低濃度。

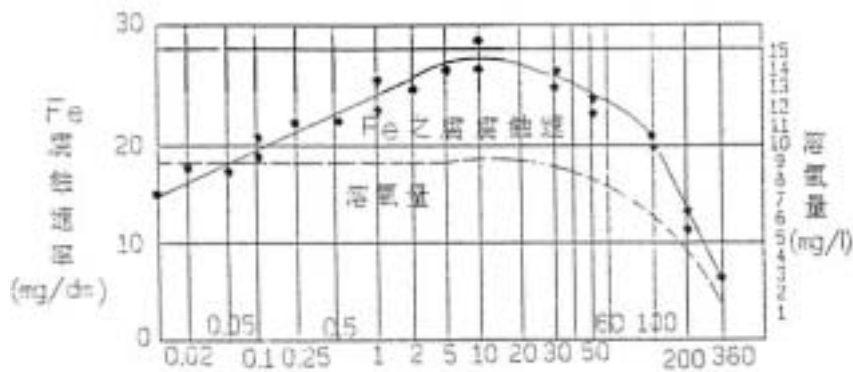


圖 2.5 鋼材之腐蝕速率與溶氧量之關係

5. 導電度(conductivity)

海水之導電度是決定金屬腐蝕量多寡之一個重要因素，尤其是在有伽伐尼偶合作用(Galvanic coupling)及金屬表面局部有間隙存在的地方。從腐蝕工程師之觀點來看，海水與其它水溶液比較時，最主要的特徵是海水具有很高的比導電度，約比一般水溶液高 250 倍以上。海水之高比導電度容易造成金屬表面大面積的發生腐蝕反應，尤其是金屬表面之陽極面積小而陰極面積大時，腐蝕更是嚴重，最後形成局部孔蝕或間隙腐蝕。導電度之倒數謂之比電阻(resistivity)，為陰極防蝕設計上，陽極材料放電(消耗)大小之主要影響因子之一。

6. 深度

海水深度對金屬腐蝕之影響，現有公開的研究調查資料並不多。美國海軍試驗站研究人員於 1966 年，曾在太平洋的試驗站做深海腐蝕試驗，結果顯示：腐蝕速率隨著深度之增加而呈遞減趨勢，但亦有例外。如深至海床泥土時，若有硫化化合物存在時，更能助長厭氧性之硫酸還原菌之滋長，最後更可能加速金屬之腐蝕反應速率。

7. 流速

海水流速對金屬腐蝕速率有多方面的影響，它不但能增加較易到達接觸金屬表面之溶氧量，又能因海流衝擊之機械效應，更促使氧氣較易對金屬表面進行擴散及濃度極化，造成金屬發生腐蝕。圖 2.6 為腐蝕速率與海水流速之關係。

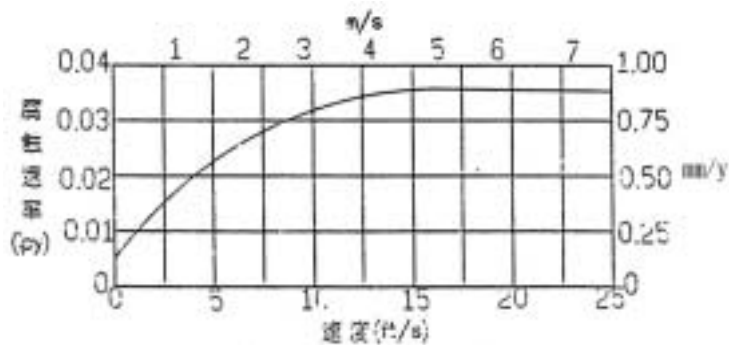


圖 2.6 鋼材腐蝕速率與海水流速之關係

8. 雜散電流

雜散電流乃指不沿正規路徑，而走其它路徑流通之電流謂之。一旦這種雜散電流進入金屬結構物時，會發生電蝕現象並加速腐蝕速率。海洋結構物諸如碼頭鋼板樁、油井平台，船舶停泊港口卸貨或進行電焊維修工程時或安裝防蝕系統(外加電流)時，其供電設備，諸如發電機，直流電源供應器等，可能發生斷路或漏電，接地流電流可能經由船殼或直接流入海水中，由於海水是良好之電解質，更容易將這些電流傳導至鋼板樁等金屬結構物，碼頭鋼板樁遭受雜散電流襲擊的過程如圖 2.7 所示。通常一片金屬表面，在陽極部位(金屬溶解釋出離子)由於受到迷失電流的影響，所造成腐蝕量可由法拉第定律計算出。例如一安培直流電之雜散電流，流經鋼鐵結構物至海水中，每年將可腐蝕掉結構物約 9.1kg 之鋼鐵。

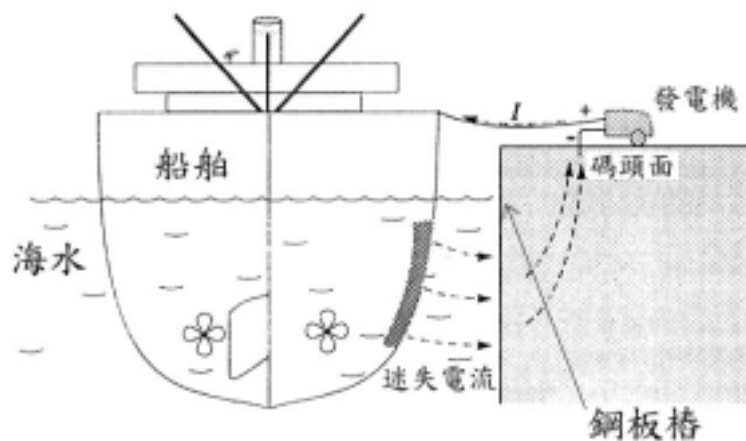


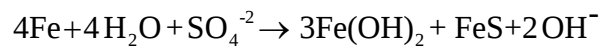
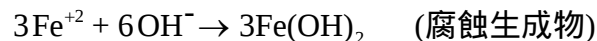
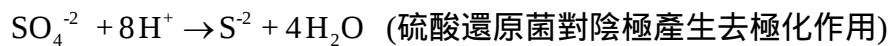
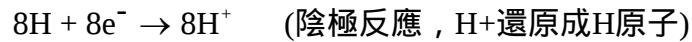
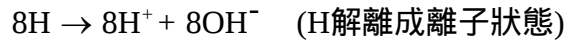
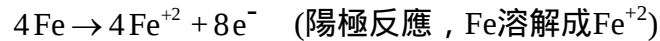
圖 2.7 碼頭鋼板樁遭受迷失電流之情形

9. 海生物附著

海生物附著對鋼鐵之腐蝕，並不是一般腐蝕型態之一。它是一種因海生物有機體附著，致使金屬劣化。海水中包含有許多各種不同的有機生物體等，這些有機生物體有微污生物諸如細菌等，及巨污生物諸如海藻、藤壺、貝類等。海洋結構物浸泡海水中常受到海生物附著所困擾。由於海生物所排放之黏液(slime)容易附著於結構物表面上，接著形成生物黏液膜，萌芽的固著微生物體持久大量的附著，最後繁殖形成巨大的附著生物體，造成結構體局部的腐蝕劣化及荷重增加。海生物之種類及繁殖受到海水深度、溫度、光度及滋養等因素影響，同時亦因季節、潮汐等變化而異。海生物附著於鋼板樁，其發生腐蝕行為之過程，有下列幾種方式：

- (1)直接對陰極產生去極化作用，影響腐蝕之特性或加速腐蝕速率。
- (2)由於生物新陳代謝作用或分泌物釋出有機酸液，製造具腐蝕性之環境，鋼材更易與酸性反應，造成嚴重局部孔蝕。
- (3)破壞金屬表面鈍態保護膜。
- (4)形成金屬表面有氧氣濃淡電池作用。
- (5)在金屬表面附近因有硫化物生成，使硫酸還原菌更具腐蝕侵蝕。

硫酸還原菌對鋼材之腐蝕機理如下：



2.4 統計分析原理

相關分析與簡單迴歸分析(simple-regressionanalysis) 利用雙變項資料(bivariate-data)通常可以研究相關(Correlation)和預測(Prediction)的問題。相關是指兩個變項之間關聯的強度。瞭解相關，通常有二種方式，一為繪製資料散佈圖，另為計算相關係數。而當兩變項有相關存在時，則可進行簡單迴歸分析，通常可由一個自變項(預測變項，X)，來預測一個依變項(被預測變項，或效標變項(criterion-variable)，Y)。

2.4.1 相關分析

兩組資料之間的關係分析，可以用相關係數來表示，這種分析方法即為相關分析。相關分析的表示有二種型式：一為繪散佈圖，二為計算相關係數，以表示相關程度及方向。相關分析中沒有自變數和依變數的區分，根據分析變數的個數，相關程度與方向可分成下列種類：

1. 以變數個數區分：

簡單相關 - 只探討二個變數之間的關係。

複相關(多元相關) - 探討三個以上的變數之間的相關。

2. 以線性或非線性關係來區分：

線性相關 - 兩變數間的相關情形可用直線來描述的。

非線性相關 - 無法用直線來描述變數間的關係時，其相關情形即為非線性相關，亦稱曲線相關。

3. 以相關程度區分：

函數關係 - 兩變數間的相關可用一直線或曲線完全表示時，其相關係數為 1 者稱完全正相關，相關係數為-1 者稱完全負相關。

統計相關 - 相關係數介於 0 和-1 或 1 之間。

零相關 - 兩變數間完全不具任何關係者，相關係數為零。

4. 以相關方向來區分：

正相關:兩變數之間的相關情形為同時增加或同時減少。相關係數介於 0~1 之間。

負相關:一變數增加另一變數即減少。相關係數介於 0~-1 之間。

5. 顯著性水準：

一般認為 0.05 水準是典型相關最低要求的顯著水準，0.05 水準和 0.01 水準是一般可接受的水準。

相關分析在許多調查研究中，我們常常需要就實驗中的每一實驗單位觀察兩個或兩個以上的變數，以決定是否可以從其他的變數衡量預測另一主要變數的情形。相關分析是利用來衡量兩個隨機變數之間“直線關係”的方向與強弱程度，在某些狀況下，決策制定者對二變數之關係的方程式的關切，可能不如其對二變數之關係程度的關切。在這種情形下，我們可以使用相關分析來決定二變數之間關係的強度（在相關分析裡， X 與 Y 均假設為隨機變數）。相關分析的結果為一稱為相關係數(correlation coefficient)的數字。由於其定義，相關係數的值恆介於-1 與+1 之間。+1 表示 X 與 Y 為完全正向線

性相關；換句話說，所有的點落於斜率為正的直線上。 -1 表示 X 與 Y 為完全負向線性相關；換句話說，所有的點落於斜率為負的直線上。若相關係數的值非常接近零，則表示 X 與 Y 無線性關係。

2.4.2 迴歸分析

迴歸分析就是一種統計分析的方法，主要在了解自變數 (independent variable) 與依變數 (dependent variable) 間之數量關係。它的主要用處，是尋找兩個或兩個以上的變數之間的相互變化的關係。依自變數多寡分類：簡單迴歸分析 (Simple regression analysis) 與複迴歸分析 (Multiple regression analysis)。

1. 簡單迴歸分析

最簡單的迴歸，只包括了一個依變數 和一個自變數，通常可由一個自變項(預測變項： X)，來預測一個依變項(被預測變項： Y)。而我們假設它們之間的關係是直線，以下茲就在簡單迴歸分析中，常見的基本名稱加以說明：迴歸線方程式：

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (2-1)$$

在 2-1 式中

Y ：被預測變項

X ：預測變項

a, b ：迴歸係數

標準化迴歸線方程式：

$$Z_y = \beta Z_x \dots\dots\dots (2-2)$$

在 2-2 式中

Z_y ：標準化被預測變項

Z_x ：標準化預測變項

β ：標準化迴歸係數迴歸模式的檢驗，如表 2-2 所示。

表 2-2 迴歸模式的檢驗

	平方和 SS	自由度 df	平均平方和 MS	F 檢定
迴歸模式 Treatments	SS_{REG}	p	$MST = \frac{SST}{p}$	$F = \frac{MS_{REG}}{MSE}$
誤差 Error	SS_E	$n - p - 1$	$MSE = \frac{SSE}{n - p - 1}$	
全體 Total	SS_{TOTAL}	$n - 1$		

註： n 為樣本數； p 為迴歸線中不包括截距的參數個數。

決定係數(R^2):表示由 X 變項能正確預測 Y 變項之變異數的百分比。

2. 複迴歸分析(或稱多元迴歸分析)

複迴歸分析(multiple-regression-analysis)是簡單相關的一種延伸應用，用以瞭解一組預測變項和一個效標變項的直線關係：當效標變項僅一個，而預測變項僅一個時，稱為簡單迴歸，當效標變項僅 Y 一個，而預測變項二個以上時，則稱為單變項複迴歸(或多元迴歸) 如公式 (2-5)

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_iX_i \dots\dots\dots (2-3)$$

通常，我們利用複迴歸分析，可以解決下列的問題：(1)找出一個線性組合，簡潔說明一組預測變項 X_i 與一個效標變項 Y 的關係。(2)關係的強度有多大，即利用預測變項線性結合來預測效標變項的

能力如何。(3)整體關係是否具有統計上的顯著性。(4)在解釋效標變項的變異方面，那些預測變項最為重要；特別是在原始模式中的變項數目能否予以減少而仍具有足夠的預測能力。

3. 選取預測變項的方法：

建立迴歸模式時，一方面希望包含較多的預測變項，以求得較準確之預測；另一方面，基於經費及控制程度的考慮，希望模式中的預測變項數目能儘量減少。基於這二方面的考慮，我們希望能以較少的預測變項，達到足以解釋整個模式的變異程度。通常選取預測變項的方法可分兩大類：一為同時分析法，一為逐步選取法。同時分析法(simultaneous)是指將所有的自變數同時納入迴歸方程式當中。逐步分析法(stepwise)是指所有的預測變數並非同時被取用來進行預測，而是依據解釋力的大小，逐步地檢視每一個自變數的影響。

(1)同時分析法：同時分析法又分為強行進入法與強制去除法：

(a)Enter(強行進入法)：乃對任何自變數皆不予以篩選，而是全部納入迴歸模型中。

(b)Remove(強制去除法)：即按照篩選標準將同一個區塊內的變數一次全部去除，是一種將變數只出不進的選入方法。

(2)逐步選取法：可分為：

(a)順向選擇法(FORWARD)：在每一次選擇的步驟中，選出一個變項，對模式的貢獻最大者，進入迴歸方程式中，並對尚未進入迴歸程式的預測變項加以考驗，以決定某一個預測變項是否有資格被納入迴歸模式中。而進入的標準為是否具有最小 F 機率值。

(b)反向淘汰法(BACKWARD)：首先將所有預測變項放入迴歸方程式中，而後在每一次淘汰的步驟中，剔出一個變項，對模式的貢獻最小者，並對留在迴歸方程式中的預測變項加以考

驗，以決定某一個預測變項是否應繼續被保留在迴歸模式中。而剔除的標準為是否具有最大 F 機率值。

(c)逐步迴歸法(STEPWISE)：是傾向選擇法與反向淘汰法的綜合。首先模式中不包含任何預測變項。然後採順向選擇法，根據對模式的貢獻最大者，挑選預測變項進入迴歸模式中。而在每一步驟中，已被納入模式的預測變項則必須再經過反向淘汰法的考驗，以決定該變項要被淘汰亦或留下。逐步迴歸法的進入標準(F 機率值)為 0.15，剔除標準則為 0.15。

(d)最大 R^2 法：亦即採取最大 R^2 ，依次導出在預測變項數目逐一增加時，選出各個最佳的迴歸方程式。

(e)最小 R^2 法：亦即採取最小 R^2 ，依次導出在預測變項數目逐一增加時，選出各個最佳的迴歸方程式。

第三章 研究規劃與方法

本章依據擬定之目的，規劃流程，將現場碼頭鋼板樁腐蝕檢測方法及腐蝕速率推估與海水水質檢測方法說明，並彙整歷年來碼頭檢測背景資料，以統計方法中迴歸及相關分析方法探究。

3.1 規劃流程

本研究參考國內碼頭鋼板樁檢測調查報告後，依碼頭檢測位置對應海水水質擬訂樣本，以統計方法探討分析鋼板（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 3.1 所示。

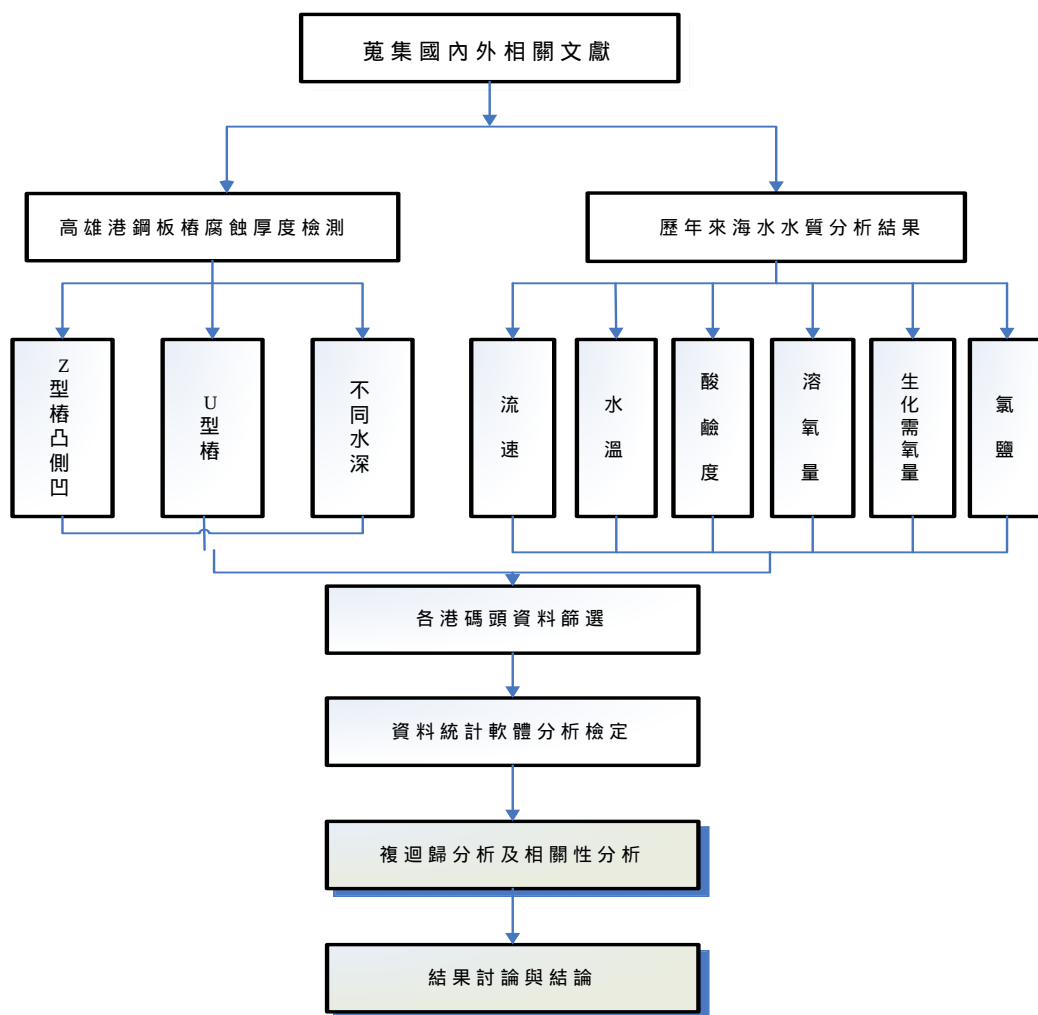


圖 3.1 研究規畫流程

3.2 鋼板樁檢測

3.2.1 目視檢測

由潛水人員潛入水下，近距離以目視檢測鋼板樁表面腐蝕情況，如發現有破洞或變形先標定位置，丈量及記錄破洞大小，再檢查鋼板樁後方級配是否有流失、淘空等現象。

3.2.2 厚度量測

1. 選定檢測樁

在碼頭上每隔 5 公尺選定一支鋼板樁進行檢測。

2. 選定水深與量測位置

依鋼構碼頭之鋼樁腐蝕可能狀況及測樁位於海面下之長度範圍，每支測樁選定二至十點水深作為量測點。U 型鋼板樁檢測凸面或凹面厚度，。檢測水深以平均海平面為基準，標示方式如圖 3.2 所示。

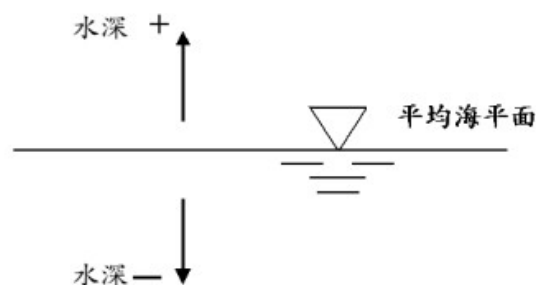


圖 3.2 檢測水深標示方式

依碼頭腐蝕可能狀況及參考以往鋼板樁調查水深，每支鋼板樁選定九點高程測點。測點高程為+0.35m、-0.05m、-0.5m、-1.0m、-1.5m、-2.0m、-3.0m、-4.0m、-5.0m 等。Z 型鋼板樁檢測凸、凹、側等三面之厚度，厚度量測位置如圖 3.3 所示。

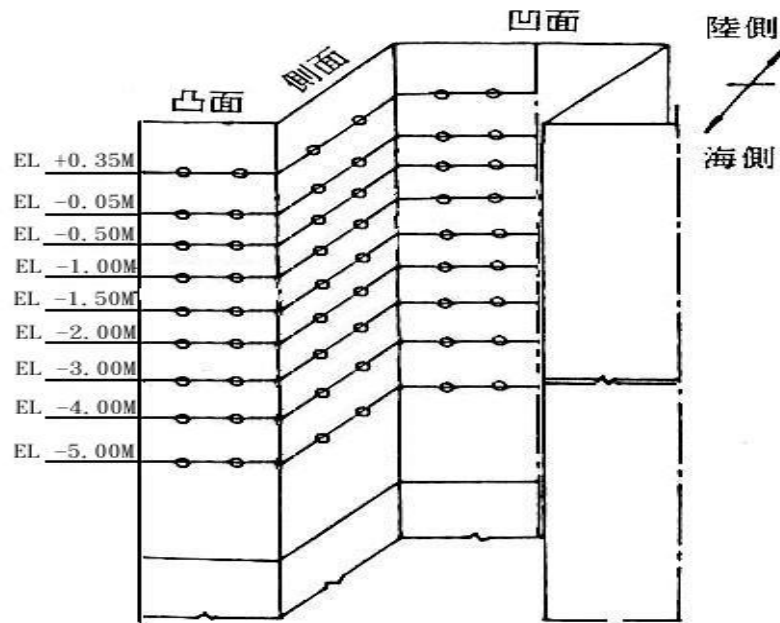


圖 3.3 鋼板樁厚度量測位置示意圖

3. 厚度量測與步驟

(1) 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 10cm×10cm 左右。

(2) 厚度量測

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板表面，即可讀取鋼板樁厚度，鋼板樁每面於每一水深測點，量取兩次厚度數據，平均後即為現有厚度。圖 3.4 為潛水人員於海中量測鋼板樁厚度之情形。



圖 3.4 水面下量測鋼板樁厚度之情形

(3)厚度量測之原理

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 $\pm 0.1mm$ ，可由接收器直接讀取厚度，其量測原理簡示於圖 3.5。

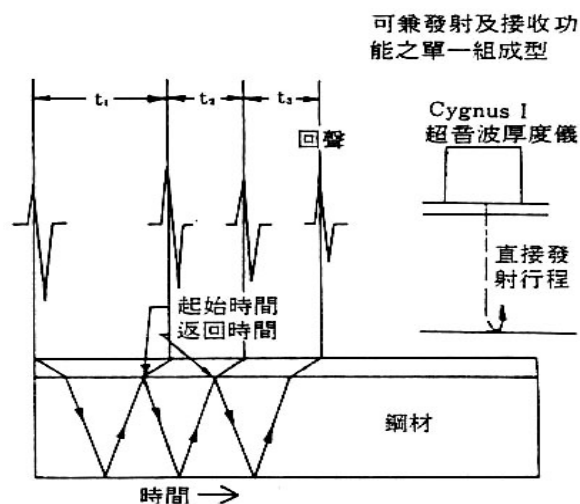


圖 3.5 測厚儀量測之示意圖

厚度計算可由下列數學式求得：

$$S_i = V * \frac{1}{2} (T_{i+1} - T_i) \dots\dots\dots (3-1)$$

式中

S_i ：現有鋼板樁厚度讀數(mm)

V ：超音波在鋼板樁中之傳播速度（5920m/sec）

T_{i+1} ， T_i ：探頭接受回聲及初始傳播的時間

(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，再以鋼板樁原有厚度減去現有厚度，即可得出鋼板樁實際減少之厚度(亦即腐蝕厚度)。將減少之厚度再除以鋼板樁使用之年期，可計算鋼板樁之實際腐蝕速率。腐蝕速率換算公式如下；

$$V_c = \frac{C}{Y} = \frac{T_o - T_n}{Y} \dots\dots\dots (3-2)$$

式中

V_c = 腐蝕速率（mm/yr.）

C = 腐蝕量（mm）

Y = 使用年期（yr）

T_o = 原始厚度（mm）

T_n = 現有厚度（mm）

3.3 海水水質資料及碼頭檢測

海水水質資料來自高雄港務局水質監測報告及歷年來本中心鋼板(管)樁現場檢測碼頭，定點對應海水水質數據，其檢測分析方法如下說明之：

3.3.1 分析方法

監測報告之水質採樣方法、樣品保存、檢驗方法、分析步驟等皆依照環保署公告之標準方法進行。各項目所依據之分析方法簡述如下：

1. 水溫：現場以電子式溫度計直接測定(水溫檢測方法，NIEA W217.51A)。
2. pH 值：現場以電子式 pH 計直接測定(水中氫離子濃度指數測定法 - 電極法，NIEA W424.51A)。
3. 溶氧量：依環保署水質測定方法，水中溶氧檢測方法 - 碘定量法(NIEA W422.51C)測定。
4. 生化需氧量：依環保署水質測定方法，水中生化需氧量檢測方法(NIEA W510.54B)。
5. 氯鹽：依環保署水質測定方法，水中氯鹽檢測方法 - 硝酸汞滴定法(NIEA W406.51C)測定。

3.4 鋼板樁背景資料

蒐集鋼板（管）樁碼頭建造之原始資料，包括碼頭結構設計、板樁型式、使用年限、施工等。如表 3-1 所示。

表 3-1 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
高雄港 39 號	200	-10.5	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	57	80
高雄港 40 號	214	-10.5	Z-38	凸、凹面 17.2 側面 11.4	57	80
高雄港 58 號	184	10.5	FSP A U 型鋼板樁	16.1	65	85
高雄港 69 號	320	-14	FSP 6L U 型鋼板樁	27.6	68	83、93
高雄港 70 號	320	-14	FSP 6L U 型鋼板樁	27.6	68	83、93

3.5 研究對象

彙整歷年來（民國 79 至民國 94）港灣技術研究中心於高雄港碼頭鋼板樁檢測之腐蝕速率與相對應位置之海水成分中流速、水溫、酸鹼度、溶氧量、生化需氧量、氯鹽之水質資料，區分各碼頭、不同水深，不同季節，不同鋼板樁型式，水質環境因子等項目共計五座碼頭；如圖 3.6。並經同時期海水水質分析與相關位置篩選後，將其對應結果作為研究樣本；如附錄（附表 A1 至附表 A32）所示。

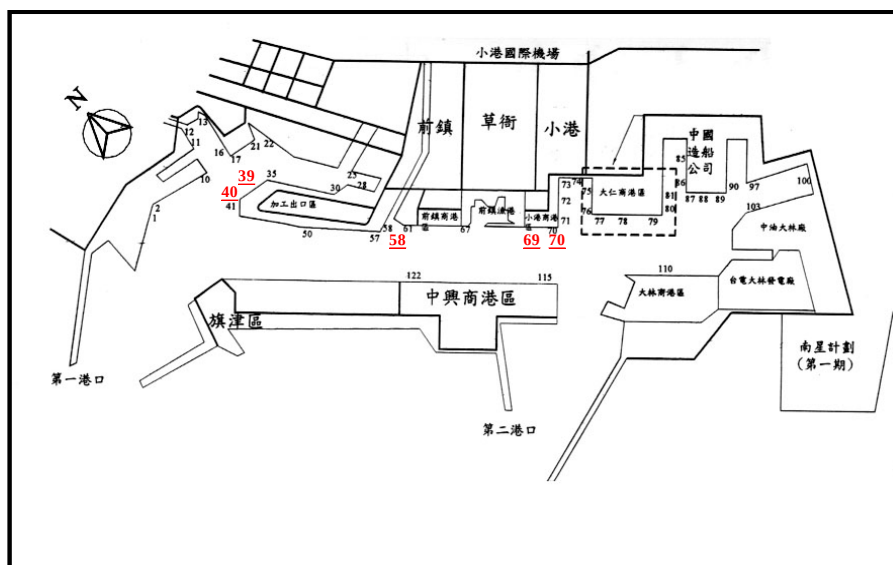


圖 3.6 高雄港 39、40、58、69、70 碼頭檢測位置

同時針對 Z 型、U 型，二種不同鋼板樁型式如圖 3.7 與圖 3.8 之腐蝕厚度及水深下 0m、6m 處如圖 3.9，進行探討研究。

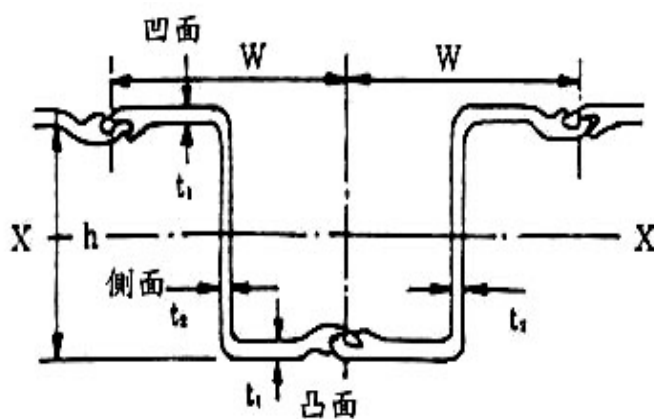


圖 3.7 Z 型鋼板樁斷面(凸面、側面、凹面)

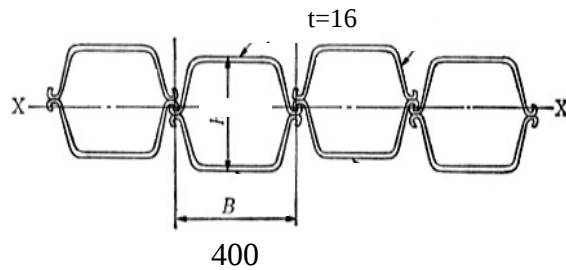


圖 3.8 U 型鋼板樁斷面

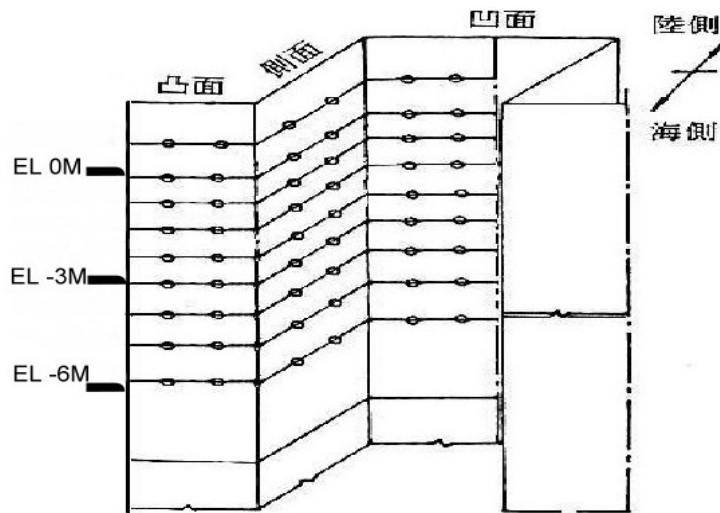


圖 3.9 水深下 0m、6m 位置圖

3.6 研究變數

本研究分析之依變數為平均腐蝕速率單位($\frac{mm}{yr}$)，自變數為流速($\frac{m}{s}$)、水溫()、酸鹼度、溶氧量($\frac{mg}{l}$)、生化需氧量($\frac{mg}{l}$)、氯鹽溶氧量($\frac{mg}{l}$)共六項變數。

3.7 研究工具

以 Microsoft Excel 軟體將資料建檔，再以 SPSS 軟體進行資料分析，並將分析結果製成表格與圖檔。本研究所使用之統計方法有以相

關分析探討依變數與自變數間的相關性及複迴歸分析探討依變數與自變數間的預測模式說明如下：

3.7.1 相關分析

由於碼頭鋼板樁腐蝕速率對環境因子結構中，含括了流速、水溫、酸鹼度、溶氧量、生化需氧量、氯鹽溶氧量等六項變數，腐蝕速率分別與各環境因子可能具有某種程度之相關性及各環境因子之間亦具互動相關顯著性，故本分析研究擬採用相關分析方法來檢測及估算組變數間之相關程度與顯著程度。

3.7.2 複迴歸分析

以複迴歸分析探討依變數與自變數間的相關模式。主要在了解依變數（dependent variable）腐蝕速率與環境因子為自變數（independent variable）間之數量關係，探討腐蝕速率對環境因子之預測能力。藉此尋找兩個或兩個以上的變數之間的相互變化的關係及判斷是否符合常態分布之基本假設。複迴歸建構流程圖如圖 3.10 所示。

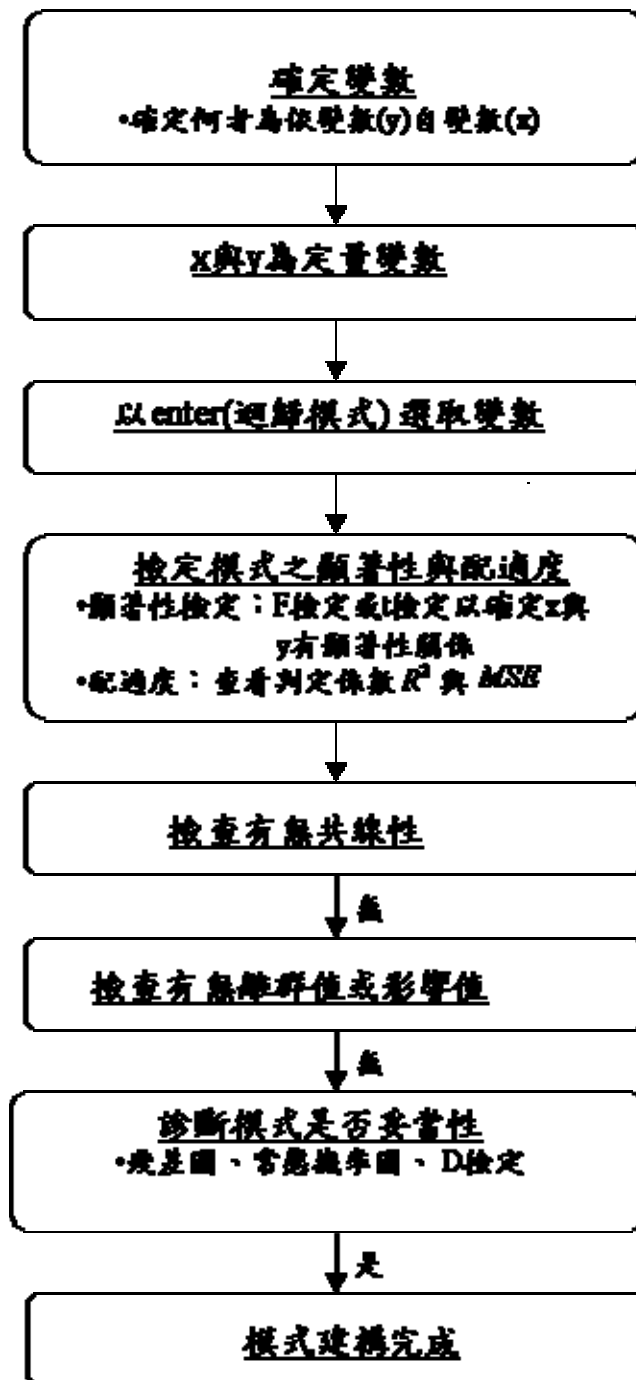


圖 3.10 複回歸模式建構流程圖

第四章 結果與討論

依不同型狀鋼板樁，U 型、Z 型斷面（凸、側、凹）三面及在水深下(0m、6m)鋼板樁腐蝕厚度與海水分析對應結果（附錄 A）經本研究利用 SPSS 統計軟體相關分析與複迴歸分析，產生分析報表（附錄 B）。整合後之資料於本章依序討論其相關分析與顯著性分析及複迴歸模式建立、分析基本假設、模式之檢驗、複迴歸預測模式。

4.1 樣本基本敘述

由表 4-1 及表 4-2 樣本敘述統計表可知鋼板各腐蝕速率與環境因子之平均值，腐蝕速率範圍自 $0.007\sim0.088(\text{mm}/\text{yr})$ ，流速介於 $5.5\sim17.4(\text{m}/\text{s})$ ，水溫介於 $22.6\sim30.5(^{\circ}\text{C})$ ，酸鹼度的 pH 值在 $7.8\sim8.1$ 之間，溶氧量約介於 $2.3\sim7.0(\text{mg}/\text{l})$ ，生化需氧量介於 $0.0\sim1.9(\text{mg}/\text{l})$ ，氯鹽介於 $14400\sim20400(\text{ppm})$ ，腐蝕速率標準差介於 $0.006663\sim0.020774$ ，共十六組樣本進行分析。

表 4-1 Z 型鋼板樁樣本敘述統計表 (1/2)

	樣本數	腐蝕速率 (mm/yr.)	流速 (m/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (-)	溶氧量 (mg/l)	生化需 氧量 (mg/l)	氯鹽 (ppm)	腐蝕速率 平均值	腐蝕速率 標準差
Z 型 (凸)	32	0.039~0.088	5.5~16.2	26.3~29.8	7.8~8.1	4.0~7.0	0.0~1.9	14400 ~20400	0.06225	0.017705
Z 型 (側)	32	0.007~0.045	5.5~16.2	26.3~29.8	7.8~8.1	4.0~7.0	0.0~1.9	14400 ~20400	0.02525	0.013901
Z 型 (凹)	32	0.030~0.047	5.5~16.2	26.3~29.8	7.8~8.1	4.0~7.0	0.0~1.9	14400 ~20400	0.03875	0.007089
Z 型 (0M)	38	0.028~0.088	5.5~16.2	26.3~29.8	7.8~8.1	4.0~6.8	0.0~1.9	14400 ~20400	0.05183	0.018720
Z 型 (6M)	38	0.007~0.063	5.5~16.2	26.3~28.5	7.9~8.1	4.8~7.0	0.0~1.8	15800 ~20100	0.03233	0.017325
Z 型 (春)	24	0.007~0.088	13.2	27.3~28.6	8.1	6.1~7.0	0.0~1.9	19900 ~20400	0.04208	0.020774
Z 型 (夏)	24	0.007~0.088	5.5	28.2~29.8	7.8~8.0	4.0~5.4	0.0~1.7	14400 ~16100	0.04208	0.020774
Z 型 (秋)	24	0.007~0.088	16.2	27.7~29.8	7.8~7.9	4.3~5.3	0.0~1.6	17900 ~18200	0.04208	0.020774
Z 型 (冬)	24	0.007~0.088	15.3	26.3~26.7	8.0~8.1	4.8~6.0	1.7~1.9	17200 ~18000	0.03767	0.014681

表 4-2 U 型鋼板樁樣本敘述統計表 (2/2)

	樣本數	腐蝕速率 (mm/yr.)	流速 (m/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (-)	溶氧量 (mg/l)	生化需 氧量 (mg/l)	氯鹽 (ppm)	腐蝕速率 平均值	腐蝕速率 標準差
U 型 (全)	48	0.048~0.068	5.5~17.4	26.3~30.5	7.8~8.1	2.3~5.8	0~1.9	15500 ~20300	0.05417	0.006663
U 型 (0M)	24	0.045~0.088	5.5~16.2	26.3~29.8	7.8~8.1	4.0~6.8	0.0~1.9	14400 ~20400	0.02525	0.018292
U 型 (6M)	24	0.048~0.052	5.5~17.4	26.3~28.9	7.9~8.1	2.4~5.7	0.0~1.8	16300 ~20300	0.04967	0.001736
U 型 (春)	12	0.048~0.068	5.5~17.4	27.4~28.3	7.9~8.0	2.4~4.5	0.0~1.7	19800 ~20300	0.05417	0.006887
U 型 (夏)	12	0.048~0.068	5.5~17.4	28.1~29.8	7.9~8.0	3.4~5.8	0.0~1.8	15500 ~17300	0.05417	0.006887
U 型 (秋)	12	0.048~0.068	5.5~17.4	27.6~30.5	7.8~8.0	4.1~5.5	0.0~1.4	17600 ~18400	0.05417	0.006887
U 型 (冬)	12	0.048~0.068	5.5~17.4	26.3~26.5	8.0~8.1	3.4~5.5	0.0~1.9	17500 ~18200	0.05417	0.006887

4.2 鋼板相關分析

利用統計相關分析 (Correlation) 中皮爾森相關係數 (pearson Correlation)，其方法為將每個變項標準化，使其平均數為 0，標準差為 1，亦即共變數除以因變項與依變項二個變項的標準差，其資料以矩陣 (marix) 方式呈現，觀察判斷二變項關連，相關係數大小，正負面交互影響，顯著性等，並將附錄 B 報表資料彙整於表 4-3 與表 4-4。在表中顯著性意義的相關係數，一般 $p < 0.05$ (顯著性水準 $\alpha = 0.05$) 的係數值旁會標記一個星號， $p < 0.01$ (顯著性水準 $\alpha = 0.01$) 則標記二個星號。

4.2.1 鋼板樁腐蝕速率與環境因子相關顯著性分析

1. 鋼板斷面相關分析

在 Z 型凸面，側面及凹面三者斷面腐蝕速率與環境相關因子間皆無顯著性相關。在 U 型(全) 腐蝕速率與流速($p = +0.330$) 為正相關(正面交互影響)。

2. 水深(0m)相關分析

3.U 型及 Z 型鋼板在水深(0m)腐蝕速率與環境相關因子相關無顯著性。

3. 水深(6m)相關分析

U 型及 Z 型鋼板在水深(6m)腐蝕速率與環境相關因子無顯著性相關。

4. 季節性相關分析

在 Z 型鋼板夏季腐蝕速率與水溫 ($p = +0.453$) 為正相關,在秋季腐蝕速率與溶氧量 ($p = -0.454$) 為負相關,在冬季腐蝕速率與生化需

氧量 ($p=+0.587$) 正相關。在 U 型鋼板春季腐蝕速率與氯鹽($p=-0.631$)負相關,夏季腐蝕速率與酸鹼度 ($p=-0.675$) 負相關,秋季腐蝕速率與酸鹼度 ($p=-0.852$)及氯鹽($p=-0.643$)兩者皆負相關。

經過腐蝕速率與環境因子相關分析之後, U 型(全) 腐蝕速率與流速有相關顯著性,而 Z 型凸面,側面及凹面三者斷面及水深(0m)及水深(6m) 則無相關性。在季節相關分析中 Z 型腐蝕速率於夏季、秋季、冬季分別與(水溫、溶氧量、生化需氧量)具相關性,春季則無相關性。在 U 型季節中腐蝕速率於春季、夏季、秋季分別與(氯鹽、酸鹼度、酸鹼度及氯鹽)具相關性,冬季則無相關性。

4.2.2 環境因子之間相關顯著性分析

除了上節鋼板樁腐蝕速率與環境因子(流速、水溫、酸鹼度、溶氧量、生化需氧量、氯鹽)之間相關性分析外,環境因子之間亦具有相關顯著之互動影響,其矩陣彙整如表 4-5、表 4-6 與表 4-7 所示。

1. Z 型鋼板斷面相關顯著性分析

在 Z 型凸面,側面及凹面三者流速 氯鹽之間顯著性($p=+0.628$) 正相關、溶氧量、酸鹼度之間顯著性 ($p=+0.878$) 正相關,水溫、酸鹼度之間顯著性 ($p=-0.648$) 負相關,氯鹽、溶氧量之間顯著性 ($p=+0.686$) 正相關。

2. Z 型水深 0m 相關顯著性分析

流速、氯鹽之間顯著性 ($p=+0.647$) 正相關,水溫、酸鹼度之間顯著性 ($p=+0.921$) 正相關,氯鹽、溶氧量之間顯著性 ($p=+0.689$) 正相關。

3. Z 型水深 6m 相關顯著性分析

流速、氯鹽之間顯著性 ($p=-0.604$) 負相關,水溫、酸鹼度之

間顯著性 ($p = -0.635$) 負相關, 氯鹽、溶氧量之間顯著性 ($p = +0.689$) 正相關。

4. Z 型季節相關顯著性分析

春季氯鹽、溶氧量之間顯著性 ($p = -0.802$) 負相關, 氯鹽、生化需氧量之間顯著性 ($p = -0.982$) 負相關, 溶氧量、生化需氧量之間顯著性 ($p = +0.705$) 正相關。在夏季溶氧量、酸鹼度之間顯著性 ($p = +0.923$) 正相關, 氯鹽、溶氧量之間顯著性 ($p = 0.802$) 正相關。在秋季溶氧量、生化需氧量之間顯著性 ($p = -0.859$) 負相關, 氯鹽、生化需氧量之間顯著性 ($p = +0.803$) 正相關, 在冬季水溫、酸鹼度之間顯著性 ($p = +0.980$) 正相關, 溶氧量、酸鹼度之間顯著性 ($p = +0.996$) 正相關, 溶氧量、水溫之間顯著性 ($p = +0.989$) 正相關。

5. U 型鋼板斷面相關顯著性分析

水溫、酸鹼度之間顯著性 ($p = -0.627$) 負相關, 溶氧量、氯鹽之間顯著性 ($p = -0.520$) 負相關。

6. U 型水深 0m 相關顯著性分析

水溫、酸鹼度之間顯著性 ($p = -0.572$) 負相關, 流速、氯鹽之間顯著性 ($p = +0.408$) 正相關。

7. U 型水深 6m 相關顯著性分析

水溫、酸鹼度之間顯著性 ($p = -0.671$) 負相關, 流速、氯鹽之間顯著性 ($p = +0.550$) 正相關。溶氧量、酸鹼度之間顯著性 ($p = +0.578$) 正相關, 溶氧量、氯鹽之間顯著性 ($p = -0.789$) 負相關。

8. U 型季節相關顯著性分析

春季氯鹽、溶氧量之間顯著性 ($p = -0.767$) 負相關, 生化需氧

量、流速之間顯著性 ($p=+0.664$) 正相關。在夏季溶氧量、氯鹽之間顯著性 ($p=+0.642$) 正相關, 氯鹽、溶氧量之間顯著性 ($p=0.802$) 正相關。在秋季溶氧量、酸鹼度之間顯著性 ($p=+0.857$) 正相關, 酸鹼度、生化需氧量之間顯著性 ($p=-0.845$) 負相關。溶氧量、生化需氧量之間顯著性 ($p=-0.860$) 負相關。在冬季溶氧量、酸鹼度之間顯著性 ($p=+0.616$) 正相關, 溶氧量、生化需氧量之間顯著性 ($p=+0.870$) 正相關。

上述相關顯著性分析中發現在 Z 型凸面、側面、凹面及 U 型(全)斷面在水深 0m 流速與氯鹽之間呈正相關顯著性, 在 Z 型 6m U 型 6m Z 型春季、U 型春季中溶氧量、氯鹽之間呈負相關顯著性, 在 Z 型及 U 型夏季中則呈正相關顯著性, 在溶氧量與酸鹼度之間皆呈現正相關顯著性。

表 4-3 Z 型鋼板樁腐蝕速率與環境因子相關性分析

Peason 相關		流速 (m/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (-)	溶氧量 (mg/l)	生化需 氧量 (mg/l)	氯鹽 (ppm)
Z 型 (凸)	Peaso 相關	0.000	0.237	-0.113	-0.125	0.012	-0.048
	顯著性雙尾	1.000	0.191	0.539	0.494	0.947	0.793
	個數	32	32	32	32	32	32
Z 型 (側)	Peaso 相關	0.000	-0.302	-0.144	-0.160	0.015	-0.061
	顯著性雙尾	1.000	0.093	0.433	0.382	0.933	0.739
	個數	32	32	32	32	32	32
Z 型 (凹)	Peaso 相關	0.000	0.356	-0.169	-0.188	0.018	-0.072
	顯著性雙尾	1.000	0.046	0.355	0.303	0.921	0.694
	個數	32	32	32	32	32	32
Z 型 (0M)	Peason 相關						
	顯著性雙尾	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	個數						
Z 型 (6M)	Peason 相關						
	顯著性雙尾	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	個數						
Z 型 (春)	Peason 相關		0.333		-0.094	-0.070	0.128
	顯著性雙尾	(-)	0.112	(-)	0.663	0.743	0.551
	個數		24		24	24	24
Z 型 (夏)	Peason 相關		0.453 *	-0.339	-0.224	0.231	-0.308
	顯著性雙尾	(-)	0.026	0.105	0.294	0.294	0.294
	個數		24	24	24	24	24
Z 型 (秋)	Peason 相關		0.396	-0.277	-0.454 *	0.343	0.110
	顯著性雙尾	(-)	0.055	0.190	0.026	0.100	0.609
	個數		24	24	24	24	24
Z 型 (冬)	Peason 相關		0.091	0.000	0.059	0.587 * *	-0.316
	顯著性雙尾	(-)	0.673	1.000	0.785	0.003	0.132
	個數		24	24	24	24	24

* *.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 4-4 U 型鋼板樁腐蝕速率與環境因子相關性分析

Peason 相關		流速 (m/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (-)	溶氧量 (mg/l)	生化需 氧量 (mg/l)	氯鹽 (ppm)
U 型 (全)	Peaso 相關	0.330 *	0.197	-0.346	-0.117	0.146	-0.044
	顯著性雙尾	0.022	0.179	0.016	0.429	0.324	0.767
	個數	48	48	48	48	48	48
U 型 (0M)	Peason 相關	-0.193	-0.040	-0.361	0.181	0.051	-0.071
	顯著性雙尾	0.367	0.852	0.083	0.398	0.814	0.939
	個數	24	24	24	24	24	24
U 型 (6M)	Peaso 相關	0.053	-0.002	0.047	-0.006	-0.001	0.000
	顯著性雙尾	0.804	0.992	0.829	0.979	0.997	1.000
	個數	24	24	24	24	24	24
U 型 (春)	Peason 相關	0.330 *	0.550	-0.232	0.278	0.003	0.631 *
	顯著性雙尾	0.295	0.064	0.467	0.382	0.992	0.028
	個數	12	12	12	12	12	12
U 型 (夏)	Peaso 相關	0.330 *	0.569	-0.657 *	-0.332	0.103	0.024
	顯著性雙尾	0.295	0.053	0.020	0.291	0.750	0.940
	個數	12	12	12	12	12	12
U 型 (秋)	Peason 相關	0.330 *	0.368	-0.852 *	-0.677 *	0.489	-0.643 *
	顯著性雙尾	0.295	0.239	0.000	0.017	0.107	0.024
	個數	12	12	12	12	12	12
U 型 (冬)	Peason 相關	0.330 *	0.179	-0.232	-0.122	0.080	0.147
	顯著性雙尾	0.295	0.578	0.485	0.706	0.804	0.648
	個數	12	12	12	12	12	12

* *.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 4-5 Z 型鋼板樁環境因子相關性分析(1/2)

Pearson 相關		流速 (m/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (-)	溶氧量 (mg/l)	生化需 氧量 (mg/l)	氯鹽 (ppm)
Z 型 (凸)	流速	1	-0.419 * *	0.249 *	0.178	0.071	0.628 * *
	水溫		1	-0.648 * *	-0.371 * *	-0.197	-0.300 * *
	酸鹼度			1	0.878 * *	0.236 *	0.629 * *
	溶氧量				1	0.114	0.686 * *
	生化需氧量					1	-0.048
	氯鹽						1
Z 型 (側)	流速	1	-0.419 * *	0.249 *	0.178	0.071	0.628 * *
	水溫		1	-0.648 * *	-0.371 * *	-0.197	-0.300 * *
	酸鹼度			1	0.878 * *	0.236 *	0.629 * *
	溶氧量				1	0.114	0.686 * *
	生化需氧量					1	-0.048
	氯鹽						1
Z 型 (凹)	流速	1	-0.419 * *	0.249 *	0.178	0.071	0.628 * *
	水溫		1	-0.648 * *	-0.371 * *	-0.197	-0.300 * *
	酸鹼度			1	0.878 * *	0.236 *	0.629 * *
	溶氧量				1	0.114	0.686 * *
	生化需氧量					1	-0.048
	氯鹽						1
Z 型 (0M)	流速	1	-0.454 * *	0.347 *	0.194	0.383 * *	0.657 * *
	水溫		1	-0.641 * *	-0.371 * *	-0.188	-0.274
	酸鹼度			1	0.921 * *	0.204	0.663
	溶氧量				1	0.258	0.689 * *
	生化需氧量					1	0.088
	氯鹽						1
Z 型 (6M)	流速	1	-0.484 * *	0.130	0.169	-0.180	-0.604 * *
	水溫		1	-0.635 * *	-0.244	-0.452 * *	-0.346 *
	酸鹼度			1	0.790 * *	-0.139	0.510 * *
	溶氧量				1	-0.525 * *	0.681 * *
	生化需氧量					1	-0.598 * *
	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 4-6 Z 型鋼板樁環境因子相關性分析(2/2)

Pearson 相關		流速 (m/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (-)	溶氧量 (mg/l)	生化需 氧量 (mg/l)	氯鹽 (ppm)
Z 型 (春)	流速	1	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	水溫		1	(-)	0.329	0.609 * *	-0.495 * *
	酸鹼度			1	(-)	(-)	(-)
	溶氧量				1	0.705 * *	-0.802 * *
	生化需氧量					1	-0.982 * *
	氯鹽						1
Z 型 (夏)	流速	1	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	水溫		1	-0.535 * *	-0.208	0.548 * *	-0.359
	酸鹼度			1	0.923 * *	-1.000 * *	0.749 * *
	溶氧量				1	-0.756 * *	0.829 * *
	生化需氧量					1	-0.500 *
	氯鹽						1
Z 型 (秋)	流速	1	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	水溫		1	-0.134	-0.737	0.737 * *	0.554 * *
	酸鹼度			1	0.765 * *	-0.608 * *	-0.132
	溶氧量				1	-0.859 * *	-0.391
	生化需氧量					1	0.803 * *
	氯鹽						1
Z 型 (冬)	流速	1	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	水溫		1	0.980 * *	0.989 * *	-0.127	-0.273
	酸鹼度			1	0.996 * *	-0.302	-0.324
	溶氧量				1	-0.218	-0.367
	生化需氧量					1	-0.098
	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 4-7 U 型鋼板樁環境因子相關性分析

Pearson 相關		流速 (m/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (-)	溶氧量 (mg/l)	生化需 氧量 (mg/l)	氯鹽 (ppm)
U 型 (全)	流速	1	0.168	0.044	-0.185	0.123	-0.059
	水溫		1	-0.627 * *	0.111	-0.187	-0.196
	酸鹼度			1	0.368 *	0.163	-0.284
	溶氧量				1	0.101	-0.520 * *
	生化需氧量					1	0.076
	氯鹽						1
U 型 (0M)	流速	1	0.103	-0.145	-0.090	0.348	0.408 *
	水溫		1	-0.572 * *	0.366	-0.152	-0.236
	酸鹼度			1	0.082	0.058	-0.199
	溶氧量				1	0.200	-0.334
	生化需氧量					1	0.297
	氯鹽						1
U 型 (6M)	流速	1	0.062	-0.221	-0.393	-0.441 *	0.550 * *
	水溫		1	-0.671 * *	0.041	-0.430 *	-0.119
	酸鹼度			1	0.578 * *	0.400	-0.441 *
	溶氧量				1	0.156	-0.789 * *
	生化需氧量					1	-0.198
	氯鹽						1
U 型 (春)	流速	1	0.469	0.139	0.112	0.664 *	-0.338
	水溫		1	0.145	0.407	0.267	-0.570
	酸鹼度			1	0.479	0.471	-0.500
	溶氧量				1	0.188	-0.767 * *
	生化需氧量					1	-0.438
	氯鹽						1
U 型 (夏)	流速	1	0.497	0.317	-0.432	-0.315	-0.512
	水溫		1	-0.177	-0.160	-0.061	-0.151
	酸鹼度			1	0.265	-0.314	-0.320
	溶氧量				1	-0.150	0.642 *
	生化需氧量					1	-0.161
	氯鹽						1
U 型 (秋)	流速	1	0.287	-0.253	-0.375	0.250	-0.093
	水溫		1	-0.579 *	-0.364	0.646 *	0.250
	酸鹼度			1	0.857 * *	-0.845 * *	0.257
	溶氧量				1	-0.860 * *	0.057
	生化需氧量					1	0.254
	氯鹽						1
U 型 (冬)	流速	1	0.392	0.230	-0.335	-0.088	0.136
	水溫		1	0.500	-0.125	-0.035	-0.053
	酸鹼度			1	0.616 * *	0.592 *	-0.213
	溶氧量				1	0.870 * *	-0.560
	生化需氧量					1	-0.450
	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 *)

4.3 複迴歸模式建立

迴歸分析中的依變數（腐蝕速率）與自變數（流速、水溫、酸鹼度、溶氧量、生化需氧量、氯鹽），以複迴歸分析方法中之強迫進入（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：

4.3.1 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 4-8 所示。

1. 相關程度（ R ）

R 表示透過複迴歸分析所預測出的依變項，與所輸入的自變數之間的相關程度，由-1 至 1 越接近 1 表示成高度正相關，越接近-1 則成高度負相關。本研究結果計算出的 R 值以 U 型之四個季節皆達 90 以上，其中 U 型秋季鋼板腐蝕速率為 $R=0.974$ 最高， $R=0.974$ 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 U 型秋季腐蝕速率的預測值與實際值相關達 97.4%，整體來說 Z 型相關程度大部份低於 50%，U 型則反之。

2. 判定係數（ R^2 ）

R^2 又稱為決定係數表示所輸入的依變數的總變異量中，能被複迴歸模式所解釋的變異量百分比有多少。 R^2 值由 0 至 1， R^2 越接近 1 表示所計算出的複迴歸模式的適配度越好。因此在複迴歸分析中除了是否有共線性問題之外，藉由 R^2 值可以明確判斷一個複迴歸模式優劣。本研究中以 U 型秋季 $R^2=0.949$ ，可以說根據六個預測變數（環境影響因子）可以解釋腐蝕速率總變異的 94.9%，而 Z 型（0M）及 Z 型 6M）可解釋腐蝕速率總變異則未達 10%。

3. 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 U 型秋季調整的判定係數 $\text{Adjusted } R^2 = 0.887$ 。

4. D 檢定法 (Durbin-Watson)

是常用來檢定複迴歸分析殘差值是否有自相關的方法，D 值介於 0 至 4 之間。一般而言 D 值在 2 左右時，表示殘差值並無自相關情形產生。本研究發現 Z 型(側面)及 U 型之四季、殘差值大約在 2 左右，所以並無自相關情形產生。

表 4-8 鋼板樁模式摘要

依變項	模式 model	相關程度 R	判定係數 R^2	調整判定係 數 $adjR^2$	標準誤	D 檢定
Z 型 (凸面)	強迫 進入 enter	0.349	0.122	-0.089	0.1848	1.101
Z 型 (側面)		0.445	0.198	0.005	0.1387	<u>1.917</u>
Z 型 (凹面)		0.523	0.273	0.099	0.0673	3.099
Z 型 (0M)		0.022	0.000	-0.149	0.02026	0.097
Z 型 (6M)		0.000	0.000	-0.146	0.01855	0.116
Z 型 (春)		0.479	0.230	0.114	0.1955	0.207
Z 型 (夏)		0.479	0.230	0.114	0.1955	0.207
Z 型 (秋)		0.479	0.230	0.114	0.1955	0.207
Z 型 (冬)		0.649	0.422	0.335	0.1197	0.318
U 型 (全)		0.586	0.344	0.248	0.0598	3.190
U 型 (0M)		0.671	0.450	0.256	0.0058	0.135
U 型 (6M)		0.140	0.020	-0.348	0.0021	0.426
U 型 (春)		0.963	0.928	0.841	0.0274	<u>1.848</u>
U 型 (夏)		0.908	0.824	0.612	0.0043	<u>2.226</u>
U 型 (秋)		0.974	0.949	0.887	0.0232	<u>1.707</u>
U 型 (冬)		0.968	0.937	0.862	0.0256	<u>1.719</u>

4.3.2 變異數分析 (ANOVA)

在變異數分析 (ANOVA) 中有離均差平方和，F 檢定，顯著性等如表 4-5 所示。

1. 離均差平方和 SS(sum of square)：

表示總變異量是由迴歸離均差平方和與殘差離均差平方和所組成，因此

$$R^2 = \frac{SS_{REG}}{SS_{TOTAL}} \dots\dots\dots (4-1)$$

由此可知之值相對於之值越大 R^2 值越接近 1。

2. 平均平方和 (Mean square)

將迴歸總平方和與殘差總平方和分別除以 (df) 自由度，分別得迴歸平均平方和及殘差平均平方和。

3. F 檢定 (F Statistic)及顯著性 Sig.(Significance Value)

利用F統計量來進行F檢定，主要是進行整體之顯著性，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 、 X_5 、 X_6)，相當足以有效解釋並預測依變數 (Z_y) 之能力。

$$F = \frac{MS_{REG}}{MSE} \dots\dots\dots (4-2)$$

由表 4-3 變異數分析 (ANOVA) 中，Z 型(冬)、U 型(全)、U 型(春)、U 型(秋)、U 型(冬)等腐蝕速率， $P < 0.05$ ，Sig(0.000)，具顯著水準，可以說依據這六個變數來預測是有顯著線性關係。

表 4-9 變異數分析(ANOVA)

	變異 來源	離均差 平方和	自由度 ()	平均 平方和	F 檢定	顯著性
Z 型 (凸面)	迴歸 殘差	0.001 0.009	6 25	0.000 0.000	0.578	0.744
Z 型 (側面)	迴歸 殘差	0.001 0.005	6 25	0.000 0.000	1.026	0.432
Z 型 (凹面)	迴歸 殘差	0.000 0.001	6 25	0.000 0.000	1.569	0.198
Z 型 (0M)	迴歸 殘差	0.000 0.016	6 40	0.000 0.000	0.003	1.000
Z 型 (6M)	迴歸 殘差	0.000 0.014	6 41	0.000 0.000	0.000	1.000
Z 型 (春)	迴歸 殘差	0.002 0.008	3 20	0.001 0.000	1.990	0.148
Z 型 (夏)	迴歸 殘差	0.002 0.008	3 20	0.001 0.000	1.990	0.148
Z 型 (秋)	迴歸 殘差	0.002 0.008	3 20	0.001 0.000	1.990	0.148
Z 型 (冬)	迴歸 殘差	0.002 0.003	3 20	0.001 0.000	4.862	<u>0.011</u>
U 型 (全)	迴歸 殘差	0.001 0.001	6 41	0.000 0.000	3.477	<u>0.007</u>
U 型 (0M)	迴歸 殘差	0.000 0.001	6 17	0.000 0.000	2.316	0.081
U 型 (6M)	迴歸 殘差	0.000 0.000	6 16	0.000 0.000	0.053	0.999
U 型 (春)	迴歸 殘差	0.000 0.000	6 5	0.000 0.000	10.719	<u>0.010</u>
U 型 (夏)	迴歸 殘差	0.000 0.000	6 5	0.000 0.000	3.894	0.079
U 型 (秋)	迴歸 殘差	0.000 0.000	6 5	0.000 0.000	15.371	<u>0.004</u>
U 型 (冬)	迴歸 殘差	0.000 0.000	6 5	0.000 0.000	12.449	<u>0.007</u>

4.3.3 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 β ，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4-10至表4-15所示。

1.未標準化係數B，所列出為複迴歸分析的結果，複迴歸模式中的常數，以及各自變數(X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6)的未標準化係數B。它反映的是相應的某個因變數上升一個單位時，依變數取值的變動情況，即因變數對依變數的影響程度。

2.標準化迴歸係數 β ，所列出為複迴歸分析的結果，是先將自變數(X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6)資料矩陣加以標準化之後再進行計算的標準化係數 β_{eta} 。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。

3.t 檢定(t statistic)與 sig. (Significance Value)

利用個別係數之t 檢定來檢定複迴歸模式中自變數對於整個模式重要性與貢獻度，即檢定各自變數的複迴歸係數是否太小而可視為零，進而將自變數忽略。一般而言所計算出的 $t > 2$ 或 $t < -2$ ；或 sig. < 0.10 的自變數是屬於較有用或較重要的預測變數，t 值乃由迴歸係數除以其標準誤而得，其值愈大愈容易達到顯著水準。本研究中Z 型(側)、Z 型(凹)、Z 型(春)三者水溫，與Z 型(冬)生化需氧量之t 值 $t > 2$ 為較有用預測變數。U 型(全)則以流速 $t > 2$ 、酸鹼度 $t < -2$ ，Z 型(春)以酸鹼度、溶氧量、生化需氧量與氯鹽 $t < -2$ ，在Z 型(夏)以流速 $t > 2$ 、酸鹼度 $t < -2$ 為較有用預測變數，在Z 型(冬)中流速、水溫 $t > 2$ 與酸鹼度、溶氧量、氯鹽 $t < -2$ 為重要預測變數。

4.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。通常我們以變數的容忍度(Tolerance)

作為共線性量數，VIF 與容忍度有密切關係其公式為： $VIF = 1/(1-R^2)$ ，當 VIF 增大時，迴歸係數的變異數也隨之增大，若容忍度較小（通常為 0.10），則此變數可能與其他自變數有線性相關，變異數波動因素（variance inflation factor；VIF）值愈大（通常為 10），表示該自變項與其他自變項共線問題愈嚴重。在本研究中以 Z 型(凸、側、凹) 酸鹼度及 Z 型(夏)、Z 型(秋)、U 型(0M)的酸鹼度與溶氧量，自變項容忍度皆大於 0.10，VIF 大於 10 具有共線性存在。其餘樣本容忍度大於 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小，模型自變項間線性相依性低。

4.3.4 複迴歸模式

由複迴歸分析輸出結果及所計算出各自變數(流速，水溫，酸鹼度，溶氧量，生化需氧量、氯鹽)的迴歸係數，將本研究預測模式寫成數學公式如表 4-16 及表 4-17。

例如：在公式 4-18，Z 型(冬)模式中 $\beta_2=0.101$ ，表示當標準化流速 Z_1 ，標準化水溫 Z_2 ，標準化酸鹼度 Z_3 ，標準化溶氧 Z_4 ，標準化生化需氧量 Z_5 ，標準化氯鹽 Z_6 ，皆在模式中， Z_3 （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 0.415。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。

表 4-10 迴歸係數分析(1/3)

		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
Z 型 (凸面)	常數	0.656		-1.230	0.230		
	流速	0.001	0.205	0.644	0.526	0.347	2.884
	水溫	0.009	0.559	1.696	0.102	0.323	3.093
	酸鹼度	0.113	0.693	1.164	0.255	0.099	10.098
	溶氧量	-0.011	-0.504	-0.975	0.339	0.131	7.612
	生化需氧量	-6.694E-05	-0.003	-0.012	0.990	0.826	1.211
	氯鹽	-8.885E-07	-0.085	-0.213	0.833	0.218	4.590
Z 型 (側面)	常數	-1.053		-1.698	0.102		
	流速	0.001	0.261	0.858	0.399	0.347	2.2884
	水溫	0.009	0.712	2.260	0.033	0.323	3.093
	酸鹼度	0.113	0.883	1.551	0.134	0.099	10.098
	溶氧量	-0.011	-0.642	-1.299	0.206	0.131	7.612
	生化需氧量	-6.694E-05	-0.003	-0.016	0.987	0.826	1.211
	氯鹽	-8.885E-07	-0.109	-0.283	0.779	0.218	4.590
Z 型 (凹面)	常數	-0.608		-2.021	0.054		
	流速	0.001	0.307	1.061	0.299	0.347	2.884
	水溫	0.005	0.838	2.794	0.010	0.323	3.093
	酸鹼度	0.068	1.039	1.917	0.067	0.099	10.098
	溶氧量	-0.006	-0.755	-1.606	0.121	0.131	7.612
	生化需氧量	-4.016E-05	-0.004	-0.020	0.984	0.826	1.211
	氯鹽	-5.331E-07	-0.128	-0.350	0.729	0.218	4.590

表 4-11 迴歸係數分析(2/3)

		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
Z 型 (0M)	常數	0.0746		0.066	0.948		
	流速	9.878E-05	0.022	0.042	0.996	0.299	3.341
	水溫	0.000	0.007	0.021	0.983	0.308	3.247
	酸鹼度	-0.003	-0.019	-0.021	0.983	0.086	11.644
	溶氧量	0.001	0.029	0.028	0.978	0.108	9.265
	生化需氧量	0.000	0.008	0.026	0.979	0.766	1.306
	氯鹽	-3.483E-07	-0.034	-0.059	0.953	0.184	5.422
Z 型 (6M)	常數	0.032		0.032	0.975		
	流速	0.000	0.000	0.000	1.000	0.304	3.291
	水溫	0.000	0.000	0.000	1.000	0.212	4.709
	酸鹼度	0.000	0.000	0.000	1.000	0.077	13.035
	溶氧量	0.000	0.000	0.000	1.000	0.105	9.558
	生化需氧量	0.000	0.000	0.000	1.000	0.382	2.621
	氯鹽	0.000	0.000	0.000	1.000	0.287	3.489
Z 型 (春)	常數	-1.641		-1.651	0.114		
	流速						
	水溫	0.020	0.536	2.353	0.029	0.742	1.347
	酸鹼度						
	溶氧量	0.007	0.127	0.382.	0.706	0.351	2.851
	生化需氧量						
	氯鹽	5.379E-05	0.495	1.375	0.184	0.297	3.366

表 4-12 迴歸係數分析(3/3)

		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
Z 型 (夏)	常數	-0.206		-0.266	0.793		
	流速						
	水溫	0.012	0.390	1.676	0.109	0.710	1.409
	酸鹼度	-0.003	-0.010	-0.030	0.976	0.358	2.794
	溶氧量						
	生化需氧量						
	氯鹽	-4.946E-06	-0.161	-0.541	0.594	0.437	2.289
Z 型 (秋)	常數	1.167		1.087	0.290		
	流速						
	水溫	0.012	0.463	1.959	0.064	0.690	1.450
	酸鹼度	-0.112	-0.239	-1.202	0.244	0.977	1.023
	溶氧量						
	生化需氧量						
	氯鹽	-3.319E-05	-0.178	-0.753	0.460	0.690	1.449
Z 型 (冬)	常數	-0.171		-0.371	0.714		
	流速						
	水溫	0.008	0.101	0.563	0.580	0.902	1.109
	酸鹼度						
	溶氧量						
	生化需氧量	0.100	0.577	3.336	0.003	0.965	1.036
	氯鹽	-1.082E-05	-0.232	-1.300	0.208	0.908	1.101

表 4-13 U 型迴歸係數分析(1/3)

		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 (全)	常數	0.612		3.387	0.002		
	流速	0.001	0.415	2.832	0.007	0.754	1.327
	水溫	-0.002	-0.369	-1.695	0.098	0.342	2.923
	酸鹼度	-0.062	-0.737	-3.267	0.002	0.318	3.418
	溶氧量	0.001	0.128	0.712	0.481	0.497	2.011
	生化需氧量	0.001	0.152	1.126	0.267	0.890	1.123
	氯鹽	-1.184E-06	-0.246	-1.516	0.137	0.614	1.630
U 型 (0M)	常數	0.064		0.038	0.970		
	流速	0.000	0.000	0.000	1.000	0.088	11.408
	水溫	0.000	0.000	0.000	1.000	0.246	4.073
	酸鹼度	0.000	0.000	0.000	1.000	0.032	31.227
	溶氧量	0.000	0.000	0.000	1.000	0.025	40.693
	生化需氧量	0.000	0.000	0.000	1.000	0.295	3.387
	氯鹽	0.000	0.000	0.000	1.000	0.077	13.067
U 型 (6M)	常數	-0.171		-0.052	0.959		
	流速	2.806E-05	0.055	0.177	0.861	0.611	1.637
	水溫	0.000	0.182	0.356	0.726	0.222	4.497
	酸鹼度	0.006	0.247	0.417	0.682	0.165	6.055
	溶氧量	0.000	-0.150	-0.304	0.765	0.240	4.170
	生化需氧量	8.393E-05	0.038	0.137	0.892	0.742	1.347
	氯鹽	-1.710E-08	-0.013	-0.029	0.977	0.276	3.628

表 4-14 U 型迴歸係數分析(2/3)

		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 (春)	常數	1.626		5.160	0.004		
	流速	0.001	0.282	1.532	0.186	0.424	2.358
	水溫	0.001	0.054	0.329	0.755	0.543	1.841
	酸鹼度	-0.071	-0.505	-3.147	0.025	0.560	1.785
	溶氧量	-0.004	-0.437	-2.165	0.083	0.354	2.821
	生化需氧量	-0.004	-0.440	-2.241	0.075	0.373	2.679
	氯鹽	-5.135E-05	-1.285	-5.541	0.003	0.268	3.725
U 型 (夏)	常數	1.818		1.889	0.118		
	流速	0.001	0.687	2.145	0.085	0.344	2.911
	水溫	-8.440E-05	-0.008	-0.027	0.980	0.395	2.533
	酸鹼度	-0.211	-1.384	-2.129	0.087	0.083	11.996
	溶氧量	0.006	0.777	1.057	0.339	0.065	15.340
	生化需氧量	-0.003	-0.332	-0.741	0.492	0.176	5.682
	氯鹽	-7.760E-06	-0.620	-0.843	0.438	0.065	15.348
U 型 (秋)	常數	-0.874	0.065	2.505	0.054		
	流速	0.000	0.155	0.481	0.651	0.555	1.802
	水溫	0.001	-0.930	0.715	0.507	0.218	4.594
	酸鹼度	-0.089	-0.283	-1.578	0.175	0.030	33.787
	溶氧量	-0.005	-0.583	-0.827	0.446	0.088	11.422
	生化需氧量	-0.006	-0.589	-1.108	0.318	0.036	27.421
	氯鹽	-6.325E-06	-0.271	-0.879	0.420	0.108	9.264

表 4-15 U 型迴歸係數分析(3/3)

		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 (冬)	常數	-1.086		-3.176	0.025		
	流速	0.002	1.056	5.786	0.002	0.377	2.655
	水溫	0.122	1.303	6.476	0.001	0.310	3.229
	酸鹼度	-0.332	-2.377	-7.698	0.001	0.132	7.598
	溶氧量	0.025	2.453	-5.094	0.004	0.054	18.483
	生化需氧量	-0.001	0.106	-0.392	0.711	0.171	5.848
	氯鹽	2.659E-05	0.893	-5.210	0.003	0.427	2.344

表 4-16 迴歸預測模式(Z 型)

	迴歸模式	R^2	公式
Z 型 (凸面)	$y = 0.001X_1 + 0.009X_2 + 0.113X_3 - 0.011X_4 - 6.694E^{-05}X_5 - 8.885E^{-06}X_6$ $Zy = 0.205Z_1 + 0.559Z_2 + 0.693Z_3 - 0.504Z_4 - 0.003Z_5 - 0.085Z_6$	0.122	(4-3) (4-4)
Z 型 (側面)	$y = 0.001X_1 + 0.009X_2 + 0.113X_3 - 0.011X_4 - 6.694E^{-05}X_5 - 8.885E^{-07}X_6$ $Zy = 0.261Z_1 + 0.712Z_2 + 0.883Z_3 - 0.642Z_4 - 0.003Z_5 - 0.109Z_6$	0.198	(4-5) (4-6)
Z 型 (凹面)	$y = 0.001X_1 + 0.005X_2 + 0.068X_3 - 0.006X_4 - 4.016E^{-05}X_5 - 5.331E^{-07}X_6$ $Zy = 0.307Z_1 + 0.838Z_2 + 1.039Z_3 - 0.755Z_4 - 0.004Z_5 - 0.128Z_6$	0.273	(4-7) (4-8)
Z 型 (0M)	$y = 9.878E^{-05}X_1 - 0.003X_3 + 0.001X_4 - 3.403E^{-07}X_6$ $Zy = 0.022Z_1 + 0.007Z_2 - 0.019Z_3 + 0.029Z_4 + 0.008Z_5 - 0.034Z_6$	0.000	(4-9) (4-10)
Z 型 (6M)	(-)	0.000	(4-11)
	(-)		(4-12)
Z 型 (春)	$y = 0.001X_2 + 0.007X_4 - 5.379E^{-05}X_6$ $Zy = 0.536Z_2 + 0.127Z_4 + 0.495Z_6$	0.230	(4-13) (4-14)
Z 型 (夏)	$y = 0.012X_2 - 0.003X_3 - 4.946E^{-06}X_6$ $Zy = 0.390Z_2 - 0.010Z_3 - 0.161Z_6$	0.230	(4-15) (4-16)
Z 型 (秋)	$y = 0.012X_2 - 0.112X_3 - 3.319E^{-05}X_6$ $Zy = 0.463Z_2 - 0.239Z_3 - 0.178Z_6$	0.230	(4-17) (4-18)
Z 型 (冬)	$y = 0.008X_2 + 0.1X_5 - 1.082E^{-05}X_6$ $Zy = 0.101Z_2 + 0.577Z_5 - 1.082E^{-05}$	0.422	(4-19) (4-20)

(其中 X_1 流速、 X_2 水溫、 X_3 酸鹼度、 X_4 溶氧、 X_5 生化需氧量、 X_6 氯鹽、 y 為標準化腐蝕速率； Z_y 為標準化腐蝕速率、 Z_1 標準化流速、 Z_2 標準化水溫、 Z_3 標準化酸鹼度、 Z_4 標準化溶氧、 Z_5 標準化生化需氧量、 Z_6 標準化氯鹽)

表 4-17 迴歸預測模式(U 型)

	迴歸模式	R^2	公式
U 型 (全)	$y = 0.001X_1 - 0.02X_2 - 0.062X_3 + 0.01X_4 + 0.001X_5 - 1.184E^{-06}X_6$ $Zy = 0.415Z_1 - 0.369Z_2 - 0.737Z_3 + 0.128Z_4 + 0.152Z_5 - 0.246Z_6$	0.337	(4-21) (4-22)
U 型 (0M)	$y = -0.004X_2 - 0.069X_3 + 0.004X_4 - 7.731E^{-05} - 6.778E^{-07}$ $Zy = -0.139Z_1 - 0.719Z_2 - 0.858Z_3 + 0.454Z_4 - 0.008Z_5 - 0.626Z_6$	0.450	(4-23) (4-24)
U 型 (6M)	$y = -2.239E^{-05}X_1 + 0.001X_2 + 0.008X_3 - 3.151E^{-05} - 2.579E^{-08}$ $Zy = -0.038Z_1 + 0.254Z_2 + 0.346Z_3 - 0.234Z_4 - 0.014Z_5 - 0.019Z_6$	0.020	(4-25) (4-26)
U 型 (春)	$y = 0.001X_1 + 0.001X_2 - 0.071X_3 - 0.004X_4 - 0.004X_5 - 5.135E^{-05}X_6$ $Zy = 0.282Z_1 + 0.054Z_2 - 0.505Z_3 - 0.437Z_4 - 0.440Z_5 - 1.285Z_6$	0.928	(4-27) (4-28)
U 型 (夏)	$y = 0.001X_1 - 8.440E^{-05}X_2 - 0.221X_3 + 0.06X_4 - 0.003X_5 - 7.760E^{-06}X_6$ $Zy = 1.056Z_1 + 1.303Z_2 - 2.377Z_3 + 2.453Z_4 - 0.106Z_5 + 0.893Z_6$	0.824	(4-29) (4-30)
Z 型 (秋)	$y = 0.001X_2 - 0.089X_3 - 0.005X_4 - 0.006X_5 - 6.325E^{-06}X_6$ $Zy = 0.065Z_1 + 0.155Z_2 - 0.930Z_3 - 0.283Z_4 - 0.589Z_5 - 0.271Z_6$	0.949	(4-31) (4-32)
Z 型 (冬)	$y = 0.002X_1 + 0.122X_2 - 0.332X_3 + 0.025X_4 - 0.001X_5 + 2.659E^{-05}X_6$ $Zy = 1.056Z_1 + 1.303Z_2 - 2.377Z_3 + 2.453Z_4 - 0.106Z_5 + 0.893Z_6$	0.937	(4-33) (4-34)

(其中 X_1 流速、 X_2 水溫、 X_3 酸鹼度、 X_4 溶氧、 X_5 生化需氧量、 X_6 氯鹽、 y 為標準化腐蝕速率； Z_y 為標準化腐蝕速率、 Z_1 標準化流速、 Z_2 標準化水溫、 Z_3 標準化酸鹼度、 Z_4 標準化溶氧、 Z_5 標準化生化需氧量、 Z_6 標準化氯鹽)

4.4 複迴歸模式的檢驗與討論

以下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

本研究資料透過 SPSS 計算輸出於附錄 B，經整理歸納如圖 4.1「標準化殘差次數分配直方圖」。此圖可作為檢定樣本觀察值是否符合常態性的基本假設，當殘差值的次數分配與圖中鐘型曲線（標準常態分配曲線）完全符合時，即表示樣本的標準化殘差值呈完全常態分配，研究結果顯示除 Z 型 0m、Z 型 6m，U 型 0m 外其餘符合常態分配。

2. 樣本殘差值常態機率分佈圖

資料整理歸納如圖 4.2「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°}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 Z 型 0m、Z 型 6m、Z 型(春、夏、秋、冬)四季及 U 型 0m、U 型 6m 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。本研究結果如圖 4-3「殘差值與預測值交叉散佈圖」可以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，如 Z 型(凸、側、凹)三面，U 型(全)、U 型(春)、U 型(秋)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

自變數間相關程度過高，不但迴歸係數會變得不穩定外，迴歸方程式的自變數也會相互削弱各自對因變數的邊際影響，使得本身

的迴歸係數變小，於是會出現整體的迴歸方程式顯著(F 值與 R 皆很大)，但個別自變數的迴歸係數(Beta 值很小)卻不顯著的現象，使得迴歸分析結果難以解釋，稱為多元共線性或複共線性。一般常用來檢定自變項間有無共線性可透過 Tolerance 與 VIF 值檢驗。容忍值(Tolerance)或變異數膨脹因素(variance inflation factor, VIF)。Ri² 為某一個自變數被其他自變數當作因變數來預測時，該自變數可以被解釋的比例。 $Tolerance = 1 - R_i^2$ ，亦即 Ri² 比例愈高，容忍值愈小， $VIF = 1/Tolerance = 1/(1 - R_i^2)$ 。由此可知，容忍值愈小，VIF 愈大，即預測變數迴歸係數的變異數增加，複共線性愈明顯。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

。

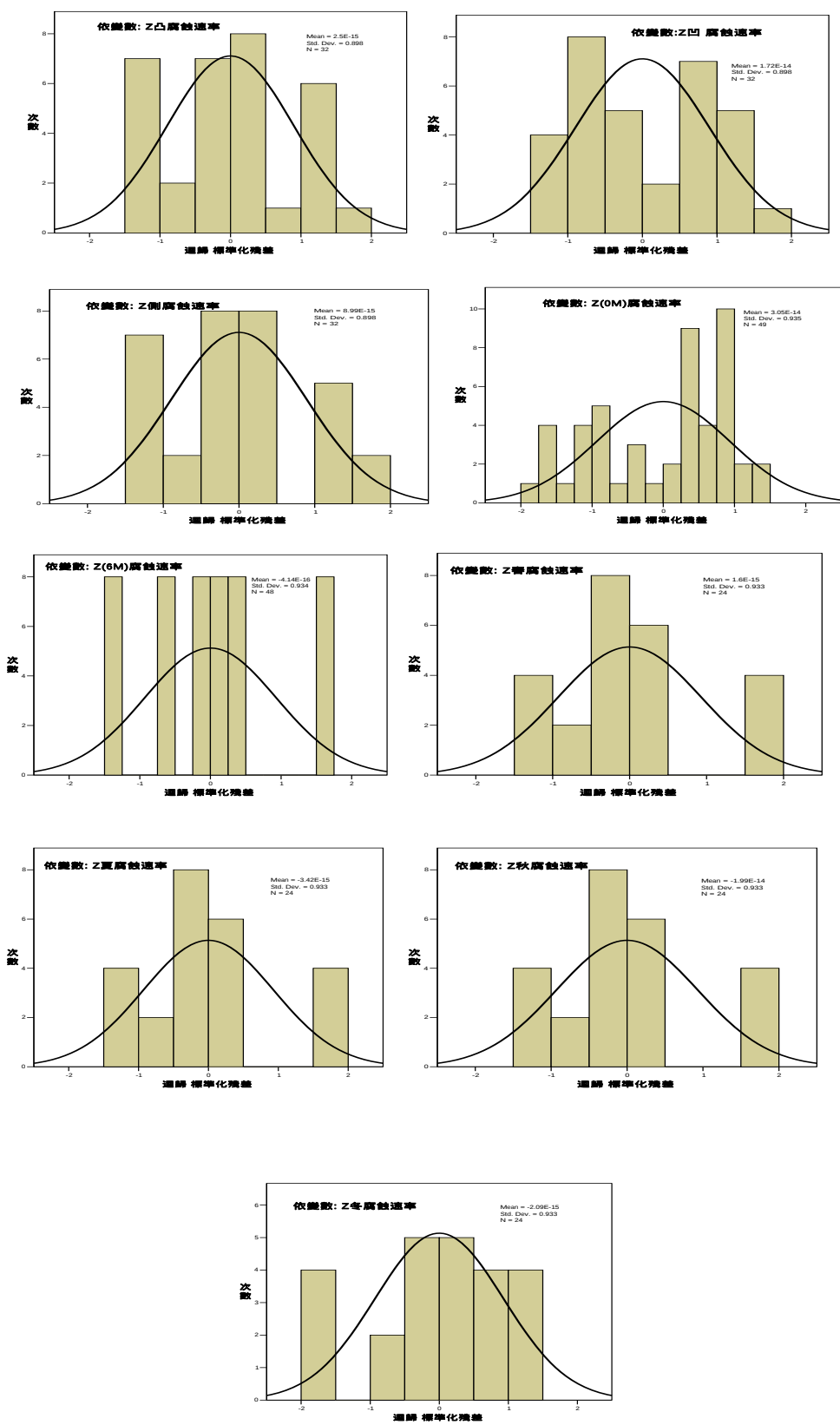


圖 4.1 標準化殘差次數分配直方圖(1/2)

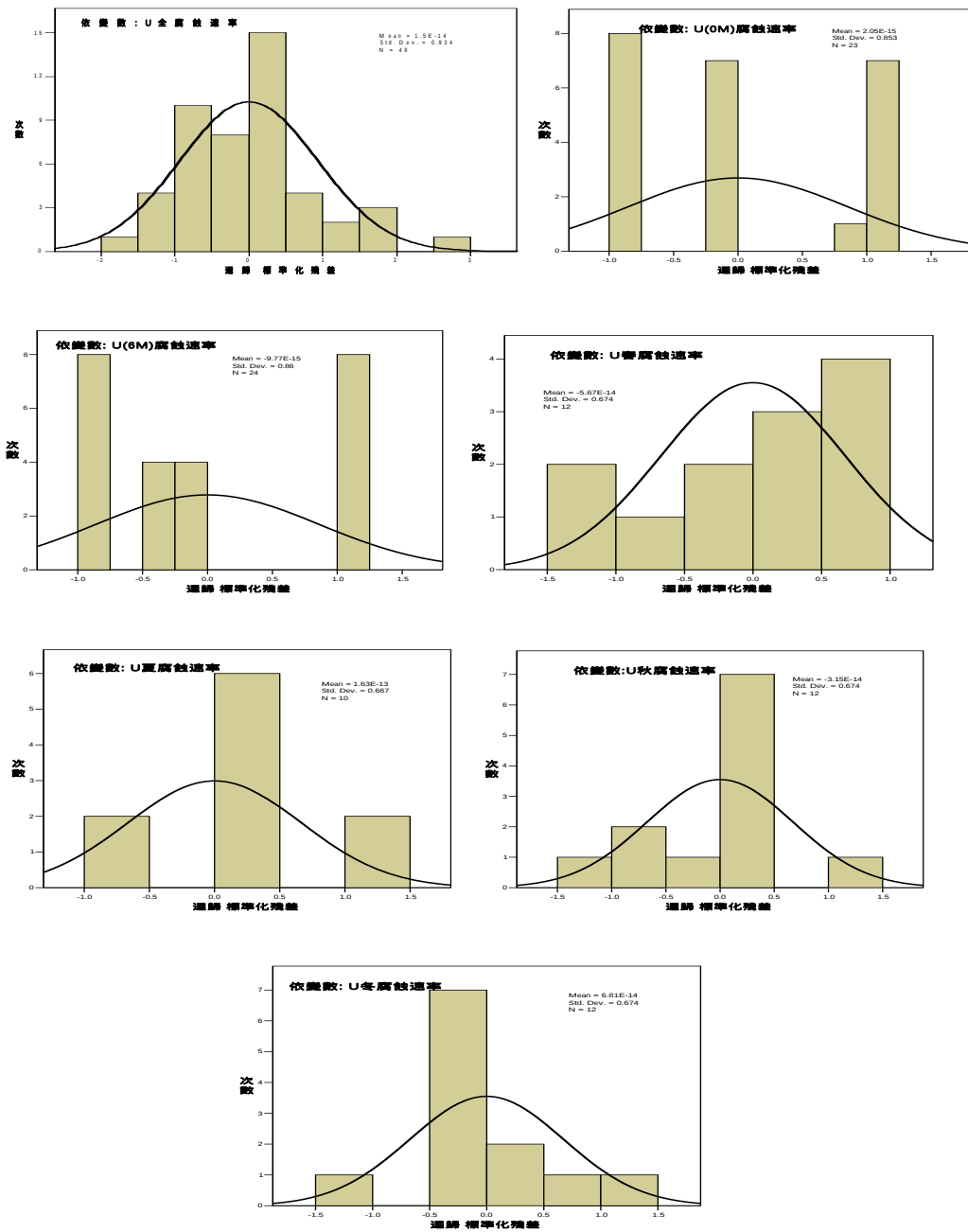


圖 4.2 標準化殘差次數分配直方圖(2/2)

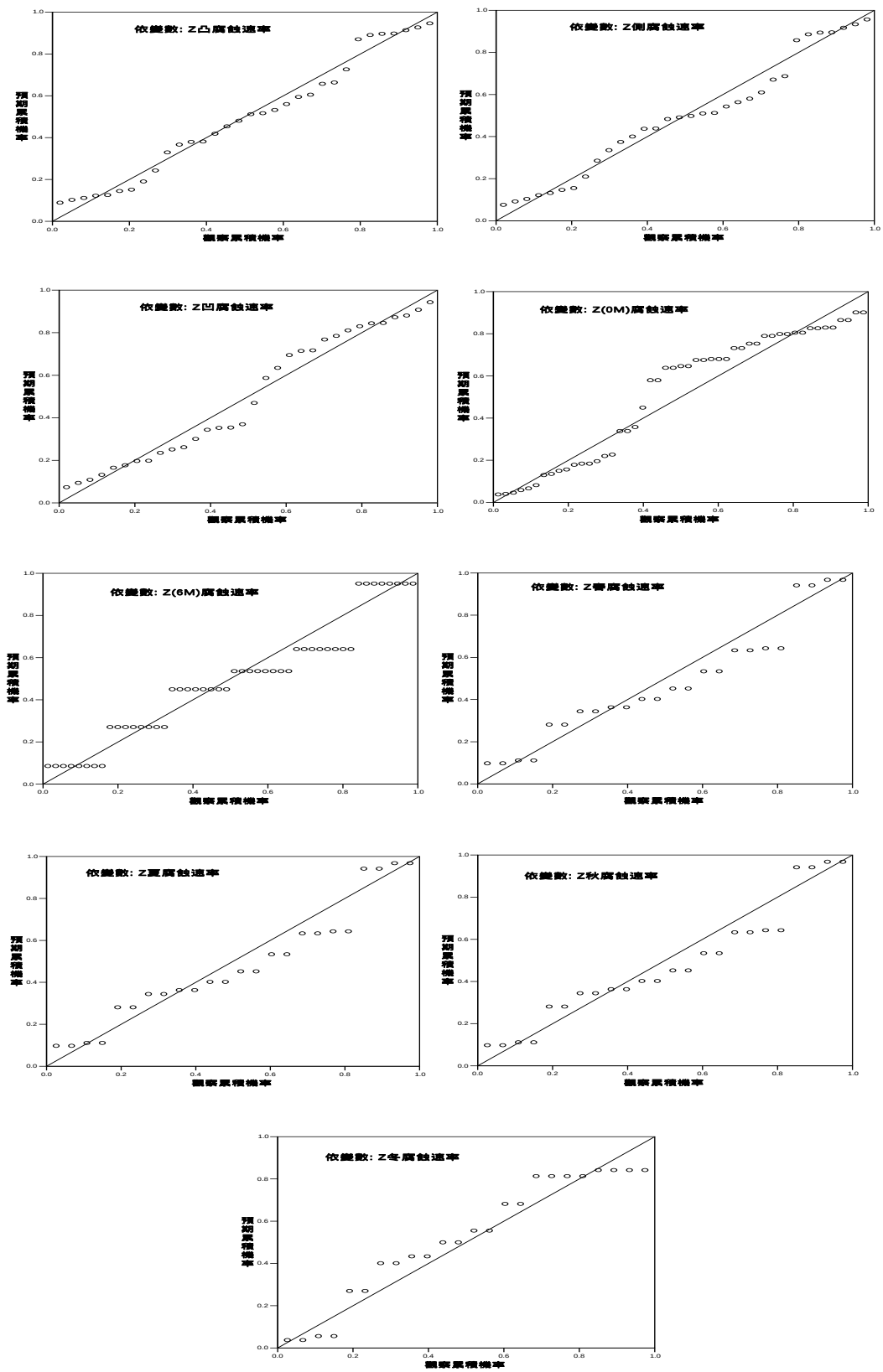


圖 4.3 樣本殘差值常態機率分佈圖 (1/2)

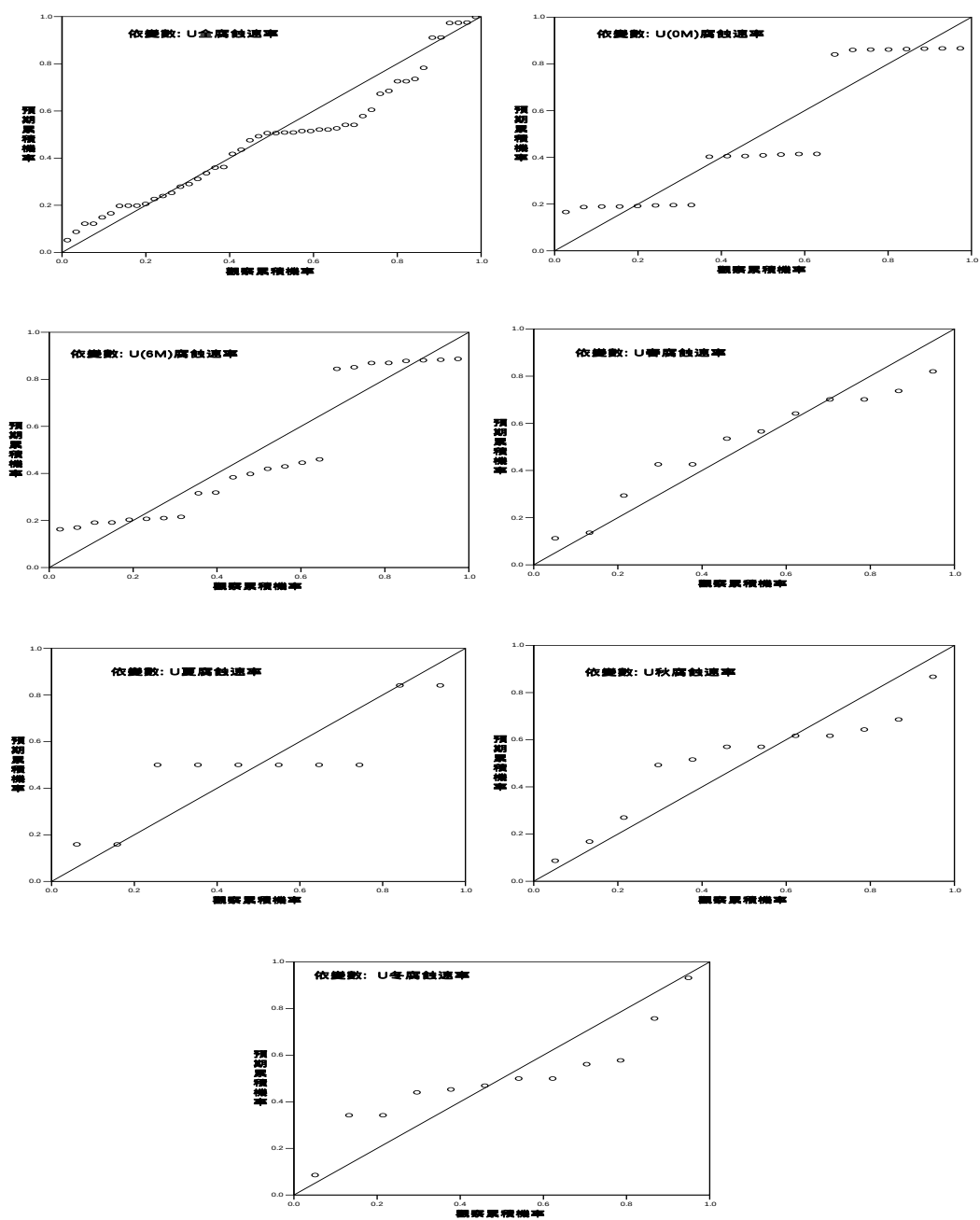


圖 4.4 樣本殘差值常態機率分佈圖 (2/2)

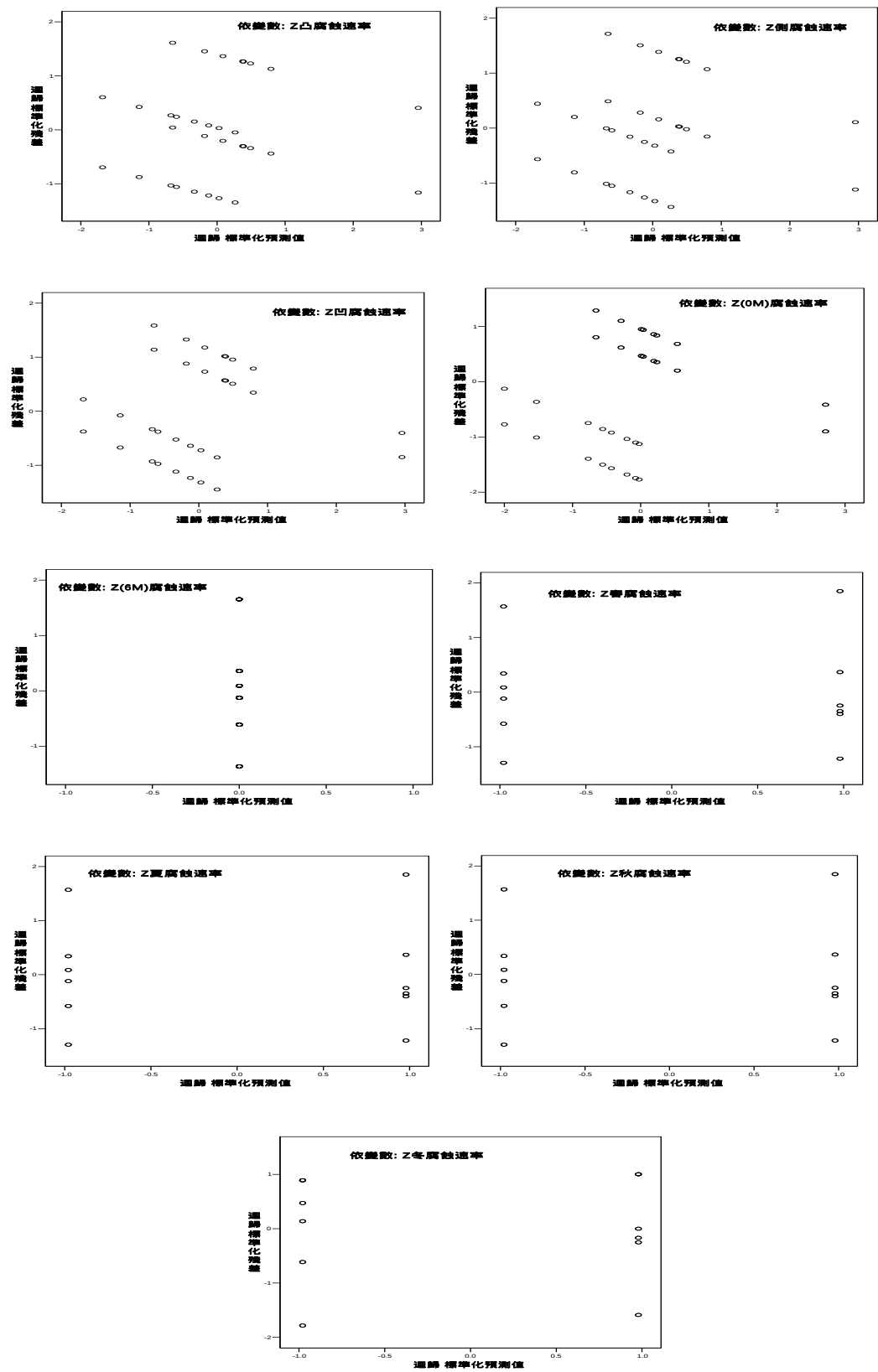


圖 4.5 殘差值與預測值交叉散佈圖 (1/2)

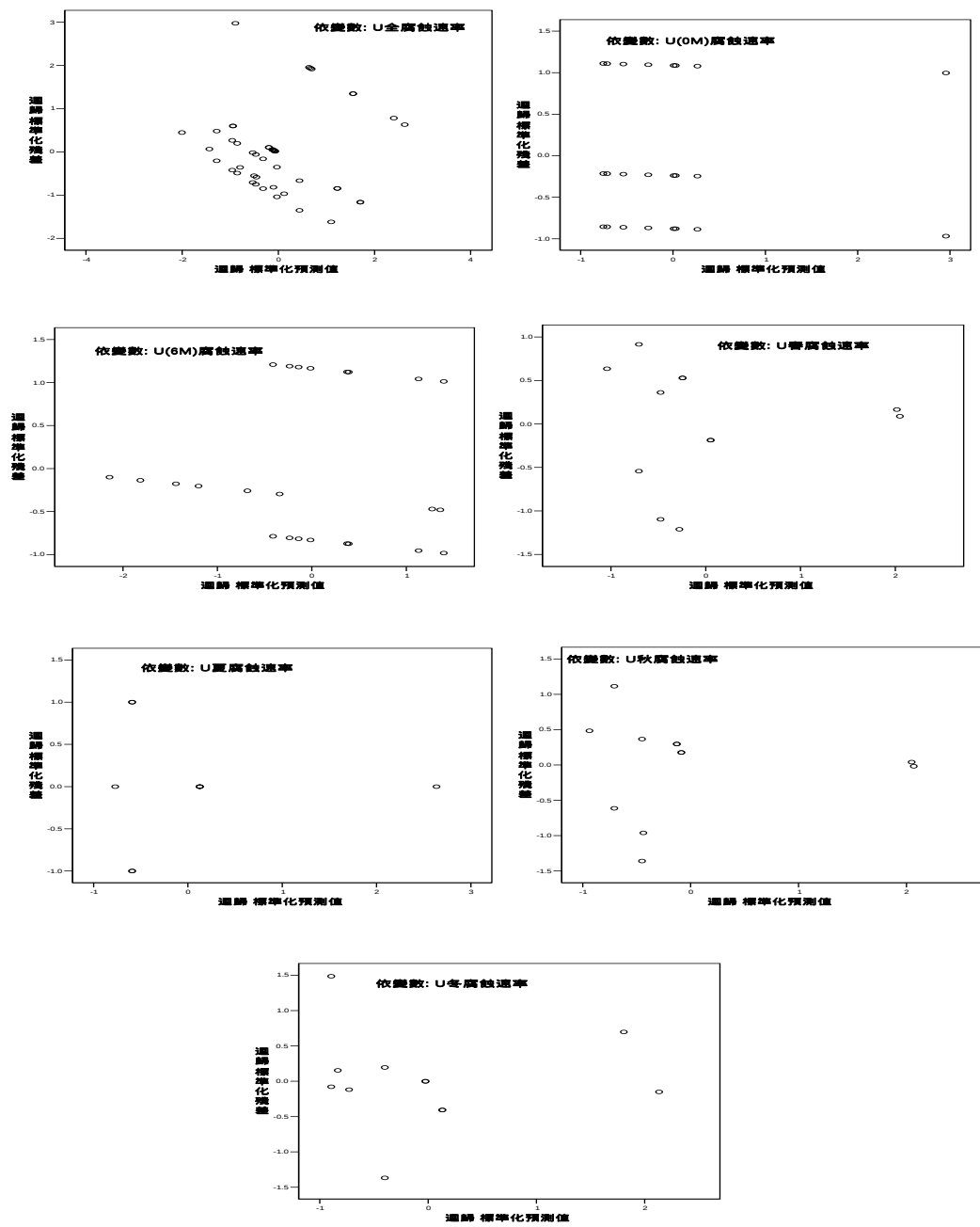


圖 4.6 殘差值與預測值交叉散佈圖 (2/2)

4.5 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 U 型(春)、U 型(秋)，此二種模式較為符合。

得知在 U 型(春)模式，公式 4-28 與 U 型(秋)模式，公式 4-32：

$$Z_y = 0.282Z_1 + 0.054Z_2 - 0.505Z_3 - 0.437Z_4 - 0.440Z_5 - 1.285Z_6 \quad \dots (4-28)$$

$$Z_y = 0.065Z_1 + 0.155Z_2 - 0.930Z_3 - 0.283Z_4 - 0.589Z_5 - 0.271Z_6 \quad \dots (4-32)$$

顯示二者腐蝕速率（ Z_y ）與流速（ Z_1 ）、水溫（ Z_2 ）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。

第五章 結論與建議

本研究的主要目的是探討高雄港碼頭鋼板樁腐蝕速率與環境因子之關聯性，以現場海水水質分析結果如溶氧量、酸鹼度、水溫、氯鹽、流速等參數資料對應現場量測鋼板樁腐蝕速率資料，利用統計方法中的相關性分析及迴歸分析進而建立腐蝕預測模式，提供對港務局碼頭安全維護及現場檢測人員參考。

5.1 結論

根據本研究的研究結果與討論，可以得到以下結論：

1. 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(全) 腐蝕速率與流速有相關顯著性，而 Z 型凸面，側面及凹面三者斷面及水深(0m)及水深(6m) 則無相關性。在季節相關分析中 Z 型腐蝕速率於夏季、秋季、冬季分別與（水溫、溶氧量、生化需氧量）具相關性，春季則無相關性。在 U 型季節中腐蝕速率於春季、夏季、秋季分別與（氯鹽、酸鹼度）具中度相關性($\rho > 0.6$)，冬季則無相關性。其餘相關程度較小($\rho < 0.4$)。

2. 環境因子之間相關程度

本研究環境因子之間相關顯著性分析中，在 Z 型凸面、側面、凹面及 U 型(全)斷面在水深 0m 流速與氯鹽之間呈正相關顯著性，在 Z 型 6m、U 型 6m、Z 型春季、U 型春季中溶氧量、氯鹽之間呈負相關顯著性，在 Z 型及 U 型夏季中則呈正相關顯著性，在溶氧量與酸鹼度之間皆呈現正相關顯著性。

3. 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 U 型(春)、U 型(秋)兩種預測模式符合。腐蝕速率與流速、水溫呈正相關，即增加此因子比例對整個腐蝕速率呈正面效果，若流速及水溫增加，腐蝕速率增加。

5.2 建議

港灣工程中鋼板樁腐蝕對碼頭結構體影響甚大，應持續探討臺灣其他商港在不同環境因子中與鋼板樁腐蝕之關聯互動性。

本研究之成果與效益包括：1.瞭解高雄港碼頭鋼板樁腐蝕速率與環境因子中流速相關性高。2.本計畫可提供港務局及相關單位規劃、設計、施工、檢測之參考與應用。

參考文獻

1. Ashby, M. F., and Jones, D. R., "Engineering Material Pergamon Press," 1980.
2. Bradford, S. A., "Corrosion Control," Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A., 1993.
3. Callister, W. D., "Materials Science and Engineering," 3rd Edition, John Wiley and Sons Inc. New York, 1994.
4. Cyguns Instruments Ltd., "Operation Manual," U.K., 1989.
5. Edwards, W. E., "Marine Corrosion :Its Cause and Cure," Proceedings of the Eighth Annual Appalachian Underground Short Course, Technical Bulletin No.69, West Virginia University Bulletin, 1963.
6. Fink, F. W., "Corrosion of Metals in Seawater," U.S. Department of the Interior, Office of Saline Water, Research and Development Progress Report, No.46, 1960.
7. Gray, K. O., "Environment of Deep Ocean Test Site," U.S. Navel Civil Engineering Laboratory, Technical Note, N-657, P.41, 1965.
8. Jones, D. A., "Principles and Prevention of Corrosion," 1st Ed. Macmillan Publishing Company, New York, 1992.
9. Uhlig H. H., "The Corrosion Handbook," (La Que), John Wiley and Sons, Inc., New York, P.387-388, 1948.
- 10.Uhlig, H. H. and Revie, R. W., "Corrosion and Corrosion Control," An Introduction to Corrosion Science and Engineering, 3rd Edition, John Wiley and Sons Inc. New York, 1991.
- 11.Whitman, G. W., and Russll, R. P., and Altieri, V. J., "Industrial Engineering Chemistry," Vol.16, P.665, 1924.
- 12.William H., Swain Inc., "Swain Meter," 1989.

- 13.日本運輸省港灣技術研究所，「港灣構造物腐蝕評價手法」，港灣技術資料 No.501，P.11，1984。
- 14.交通部運輸研究所，「高雄港港工結構材腐蝕與海生物附著研究」，臺中，2002。
- 15.交通部運輸研究所，「港灣鋼構造物耐久性試驗研究」，臺中，2002。
- 16.交通部運輸研究所，「港灣鋼構造物耐久性試驗研究 2/3」，臺中，2003。
- 17.交通部運輸研究所，「港灣鋼構造物耐久性試驗研究 3/3」，臺中，2004。
- 18.交通部運輸研究所，「港灣鋼構造物耐久性與維護機制之研究 1/4」，臺中，2005。
- 19.交通部運輸研究所，「碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究」，臺中，2002。
- 20.朱經明，「教育統計學」，五南出版社，1998。
- 21.吳建國、黃然，「海洋結構物之腐蝕與防蝕」，海洋構造物之腐蝕探討講習會論文集，P.1-14，1996。
- 22.林清山，「多變項分析統計學」，東華書局，1983。
- 23.林傑彬、劉明德，「SPSS 11.0 與統計模式建構」，博碩出版社，2002。
- 24.邵廣昭，「海洋附著物及其調查研究」，海洋構造物之腐蝕探討講習會論文集，P.43-79，1996。
- 25.唐曉、王佳，「海洋環境腐蝕因子相關性研究」，第三屆海峽兩岸材料腐蝕與防護研討會論文集，P.757-782，2002。
- 26.曾國雄，「多變量解析之實例應用」，中興管理，1980。

- 27.曾國雄，「多變量解析與其應用」，華泰出版社，1985。
- 28.港灣技術研究所，「基隆港碼頭鋼板樁腐蝕調查研究」，臺中，1990。
- 29.港灣技術研究所，「港灣構造物腐蝕機理與維修防制研究」，臺中，1996。
- 30.港灣技術研究所，「港灣鋼結構造物耐久性研究」，臺中，1995。
- 31.港灣技術研究所，「港灣鋼構造物耐久性研究第三年報告」，臺中，1992。
- 32.黃俊英，「多變量分析」，華泰出版社，1991。
- 33.黃桂橋，「碳鋼在海水中的腐蝕研究（ ）-環境因素對腐蝕速度影響」第三屆海峽兩岸材料腐蝕與防護研討會論文集，P.787-790，2002。
- 34.黃桂橋，「碳鋼在海水中的腐蝕研究（I）-腐蝕和污損特性」，第三屆海峽兩岸材料腐蝕與防護研討會論文集，P.783-786，2002。
- 35.黃桂橋，「環境因素評價海水腐蝕方法探討」，第二屆海峽兩岸材料腐蝕與防護研討會論文集，P.390-394，2000。
- 36.黃桂橋、郭鵬，「微生物對碳鋼海水腐蝕的影響」，第五屆海峽兩岸材料腐蝕與防護研討會論文集，P.209-212，2006。
- 37.劉秀美，「生物腐蝕」，海洋構造物之腐蝕探討講習會論文集，P.16-41，1996。

附表 A1 Z 型(凸)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 39	凸	1	0.088	13.2	27.5	8.10	6.10	0	20,400
高雄 39	凸	2	0.063	13.2	27.3	8.10	7.00	1.2	20,000
高雄 39	凸	3	0.088	13.2	28.6	8.10	6.80	1.9	19,900
高雄 39	凸	4	0.063	13.2	27.3	8.10	6.20	1.1	20,100
高雄 39	凸	5	0.088	5.5	29.2	7.80	4.00	0	14,400
高雄 39	凸	6	0.063	5.5	28.2	8.00	5.40	1.4	15,800
高雄 39	凸	7	0.088	5.5	29.8	7.90	5.20	1.7	15,800
高雄 39	凸	8	0.063	5.5	28.3	7.90	4.80	1.7	16,100
高雄 39	凸	9	0.088	16.2	28.9	7.80	4.30	1.6	18,100
高雄 39	凸	10	0.063	16.2	27.7	7.90	5.30	0	17,900
高雄 39	凸	11	0.088	16.2	29.8	7.90	4.60	1.2	18,100
高雄 39	凸	12	0.063	16.2	28.5	7.90	5.10	1.1	18,200
高雄 39	凸	13	0.088	15.3	26.7	8.10	6.00	1.9	17,500
高雄 39	凸	14	0.063	15.3	26.6	8.10	5.90	1.7	17,300
高雄 39	凸	15	0.088	15.3	26.3	8.00	4.90	1.9	17,200
高雄 39	凸	16	0.063	15.3	26.3	8.00	4.80	1.8	18,000
高雄 40	凸	17	0.059	13.2	27.5	8.10	6.10	0	20,400
高雄 40	凸	18	0.039	13.2	27.3	8.10	7.00	1.2	20,000
高雄 40	凸	19	0.059	13.2	28.6	8.10	6.80	1.9	19,900
高雄 40	凸	20	0.039	13.2	27.3	8.10	6.20	1.1	20,100
高雄 40	凸	21	0.059	5.5	29.2	7.80	4.00	0	14,400
高雄 40	凸	22	0.039	5.5	28.2	8.00	5.40	1.4	15,800
高雄 40	凸	23	0.059	5.5	29.8	7.90	5.20	1.7	15,800
高雄 40	凸	24	0.039	5.5	28.3	7.90	4.80	1.7	16,100
高雄 40	凸	25	0.059	16.2	28.9	7.80	4.30	1.6	18,100
高雄 40	凸	26	0.039	16.2	27.7	7.90	5.30	0	17,900
高雄 40	凸	27	0.059	16.2	29.8	7.90	4.60	1.2	18,100
高雄 40	凸	28	0.039	16.2	28.5	7.90	5.10	1.1	18,200
高雄 40	凸	29	0.059	15.3	26.7	8.10	6.00	1.9	17,500
高雄 40	凸	30	0.039	15.3	26.6	8.10	5.90	1.7	17,300
高雄 40	凸	31	0.059	15.3	26.3	8.00	4.90	1.9	17,200
高雄 40	凸	32	0.039	15.3	26.3	8.00	4.80	1.8	18,000

附表 A2 Z 型(側)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 39	側	1	0.045	13.2	27.5	8.10	6.10	0	20,400
高雄 39	側	2	0.021	13.2	27.3	8.10	7.00	1.2	20,000
高雄 39	側	3	0.045	13.2	28.6	8.10	6.80	1.9	19,900
高雄 39	側	4	0.021	13.2	27.3	8.10	6.20	1.1	20,100
高雄 39	側	5	0.045	5.5	29.2	7.80	4.00	0	14,400
高雄 39	側	6	0.021	5.5	28.2	8.00	5.40	1.4	15,800
高雄 39	側	7	0.045	5.5	29.8	7.90	5.20	1.7	15,800
高雄 39	側	8	0.021	5.5	28.3	7.90	4.80	1.7	16,100
高雄 39	側	9	0.045	16.2	28.9	7.80	4.30	1.6	18,100
高雄 39	側	10	0.021	16.2	27.7	7.90	5.30	0	17,900
高雄 39	側	11	0.045	16.2	29.8	7.90	4.60	1.2	18,100
高雄 39	側	12	0.021	16.2	28.5	7.90	5.10	1.1	18,200
高雄 39	側	13	0.045	15.3	26.7	8.10	6.00	1.9	17,500
高雄 39	側	14	0.021	15.3	26.6	8.10	5.90	1.7	17,300
高雄 39	側	15	0.045	15.3	26.3	8.00	4.90	1.9	17,200
高雄 39	側	16	0.021	15.3	26.3	8.00	4.80	1.8	18,000
高雄 40	側	17	0.028	13.2	27.5	8.10	6.10	0	20,400
高雄 40	側	18	0.007	13.2	27.3	8.10	7.00	1.2	20,000
高雄 40	側	19	0.028	13.2	28.6	8.10	6.80	1.9	19,900
高雄 40	側	20	0.007	13.2	27.3	8.10	6.20	1.1	20,100
高雄 40	側	21	0.028	5.5	29.2	7.80	4.00	0	14,400
高雄 40	側	22	0.007	5.5	28.2	8.00	5.40	1.4	15,800
高雄 40	側	23	0.028	5.5	29.8	7.90	5.20	1.7	15,800
高雄 40	側	24	0.007	5.5	28.3	7.90	4.80	1.7	16,100
高雄 40	側	25	0.028	16.2	28.9	7.80	4.30	1.6	18,100
高雄 40	側	26	0.007	16.2	27.7	7.90	5.30	0	17,900
高雄 40	側	27	0.028	16.2	29.8	7.90	4.60	1.2	18,100
高雄 40	側	28	0.007	16.2	28.5	7.90	5.10	1.1	18,200
高雄 40	側	29	0.028	15.3	26.7	8.10	6.00	1.9	17,500
高雄 40	側	30	0.007	15.3	26.6	8.10	5.90	1.7	17,300
高雄 40	側	31	0.028	15.3	26.3	8.00	4.90	1.9	17,200
高雄 40	側	32	0.007	15.3	26.3	8.00	4.80	1.8	18,000

附表 A3 Z 型(凹)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 39	凹	1	0.044	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 39	凹	2	0.03	13.2	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 39	凹	3	0.044	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 39	凹	4	0.03	13.2	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 39	凹	5	0.044	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 39	凹	6	0.03	5.5	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 39	凹	7	0.044	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 39	凹	8	0.03	5.5	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 39	凹	9	0.044	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 39	凹	10	0.03	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 39	凹	11	0.044	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 39	凹	12	0.03	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 39	凹	13	0.044	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 39	凹	14	0.03	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 39	凹	15	0.044	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 39	凹	16	0.03	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 40	凹	17	0.047	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 40	凹	18	0.034	13.2	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 40	凹	19	0.047	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 40	凹	20	0.034	13.2	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 40	凹	21	0.047	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 40	凹	22	0.034	5.5	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 40	凹	23	0.047	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 40	凹	24	0.034	5.5	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 40	凹	25	0.047	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 40	凹	26	0.034	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 40	凹	27	0.047	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 40	凹	28	0.034	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 40	凹	29	0.047	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 40	凹	30	0.034	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 40	凹	31	0.047	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 40	凹	32	0.034	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000

附表 A4 Z 型(0M)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果(1/2)

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 39	凸	1	0.088	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 39	凸	2	0.088	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 39	凸	3	0.088	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 39	凸	4	0.088	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 39	凸	5	0.088	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 39	凸	6	0.088	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 39	凸	7	0.088	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 39	凸	8	0.088	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 39	側	9	0.059	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 39	側	10	0.059	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 39	側	11	0.059	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 39	側	12	0.059	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 39	側	13	0.059	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 39	側	14	0.059	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 39	側	15	0.059	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 39	側	16	0.059	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 40	凹	17	0.045	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 40	凹	18	0.045	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 40	凹	19	0.045	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 40	凹	20	0.045	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 40	凹	21	0.045	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 40	凹	22	0.045	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 40	凹	23	0.045	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 40	凹	24	0.045	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 40	凸	25	0.028	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 40	凸	26	0.028	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 40	凸	27	0.028	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 40	凸	28	0.028	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 40	凸	29	0.028	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 40	凸	30	0.028	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 40	凸	31	0.028	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 40	凸	32	0.028	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200

附表 A5 Z 型(0M)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果(2/2)

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 40	側	33	0.044	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 40	側	34	0.044	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 40	側	35	0.044	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 40	側	36	0.044	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 40	側	37	0.044	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 40	側	38	0.044	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 40	側	39	0.044	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 40	側	40	0.044	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 40	凹	41	0.047	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 40	凹	42	0.047	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 40	凹	43	0.047	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 40	凹	44	0.047	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 40	凹	45	0.047	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 40	凹	46	0.047	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 40	凹	47	0.047	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 40	凹	48	0.047	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 40	側	33	0.044	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400

附表 A6 Z 型(6M)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果(1/2)

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 39	凸	1	0.063	13.2	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 39	凸	2	0.063	13.2	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 39	凸	3	0.063	5.5	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 39	凸	4	0.063	5.5	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 39	凸	5	0.063	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 39	凸	6	0.063	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 39	凸	7	0.063	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 39	凸	8	0.063	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 39	側	9	0.039	13.2	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 39	側	10	0.039	13.2	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 39	側	11	0.039	5.5	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 39	側	12	0.039	5.5	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 39	側	13	0.039	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 39	側	14	0.039	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 39	側	15	0.039	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 39	側	16	0.039	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 39	凹	17	0.021	13.2	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 39	凹	18	0.021	13.2	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 39	凹	19	0.021	5.5	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 39	凹	20	0.021	5.5	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 39	凹	21	0.021	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 39	凹	22	0.021	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 39	凹	23	0.021	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 39	凹	24	0.021	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 40	凸	25	0.007	13.2	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 40	凸	26	0.007	13.2	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 40	凸	27	0.007	5.5	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 40	凸	28	0.007	5.5	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 40	凸	29	0.007	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 40	凸	30	0.007	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 40	凸	31	0.007	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 40	凸	32	0.007	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000

附表 A7 Z 型(6M)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果(2/2)

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 40	側	33	0.030	13.2	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 40	側	34	0.030	13.2	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 40	側	35	0.030	5.5	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 40	側	36	0.030	5.5	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 40	側	37	0.030	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 40	側	38	0.030	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 40	側	39	0.030	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 40	側	40	0.030	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 40	凹	41	0.034	13.2	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 40	凹	42	0.034	13.2	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 40	凹	43	0.034	5.5	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 40	凹	44	0.034	5.5	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 40	凹	45	0.034	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 40	凹	46	0.034	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 40	凹	47	0.034	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 40	凹	48	0.034	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000

附表 A8 Z 型(春)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 39(0)漲	凸	1	0.088	13.20	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 39(0)退	凸	2	0.063	13.20	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 39(6)漲	凸	3	0.088	13.20	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 39(6)退	凸	4	0.063	13.20	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 39(0)漲	側	5	0.059	13.20	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 39(0)退	側	6	0.039	13.20	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 39(6)漲	側	7	0.059	13.20	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 39(6)退	側	8	0.039	13.20	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 39(0)漲	凹	9	0.045	13.20	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 39(0)退	凹	10	0.021	13.20	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 39(6)漲	凹	11	0.045	13.20	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 39(6)退	凹	12	0.021	13.20	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 40(0)漲	凸	13	0.028	13.20	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 40(0)退	凸	14	0.007	13.20	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 40(6)漲	凸	15	0.028	13.20	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 40(6)退	凸	16	0.007	13.20	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 40(0)漲	側	17	0.044	13.20	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 40(0)退	側	18	0.030	13.20	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 40(6)漲	側	19	0.044	13.20	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 40(6)退	側	20	0.030	13.20	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100
高雄 40(0)漲	凹	21	0.047	13.20	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 40(0)退	凹	22	0.034	13.20	27.3	8.1	7	1.2	20,000
高雄 40(6)漲	凹	23	0.047	13.20	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 40(6)退	凹	24	0.034	13.20	27.3	8.1	6.2	1.1	20,100

附表 A9 Z 型(夏)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 39(0)漲	凸	1	0.088	5.50	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 39(0)退	凸	2	0.063	5.50	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 39(6)漲	凸	3	0.088	5.50	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 39(6)退	凸	4	0.063	5.50	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 39(0)漲	側	5	0.059	5.50	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 39(0)退	側	6	0.039	5.50	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 39(6)漲	側	7	0.059	5.50	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 39(6)退	側	8	0.039	5.50	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 39(0)漲	凹	9	0.045	5.50	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 39(0)退	凹	10	0.021	5.50	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 39(6)漲	凹	11	0.045	5.50	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 39(6)退	凹	12	0.021	5.50	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 40(0)漲	凸	13	0.028	5.50	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 40(0)退	凸	14	0.007	5.50	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 40(6)漲	凸	15	0.028	5.50	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 40(6)退	凸	16	0.007	5.50	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 40(0)漲	側	17	0.044	5.50	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 40(0)退	側	18	0.030	5.50	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 40(6)漲	側	19	0.044	5.50	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 40(6)退	側	20	0.030	5.50	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100
高雄 40(0)漲	凹	21	0.047	5.50	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 40(0)退	凹	22	0.034	5.50	28.2	8	5.4	1.4	15,800
高雄 40(6)漲	凹	23	0.047	5.50	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 40(6)退	凹	24	0.034	5.50	28.3	7.9	4.8	1.7	16,100

附表 A10 Z 型(秋)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 39(0)漲	凸	1	0.088	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 39(0)退	凸	2	0.063	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 39(6)漲	凸	3	0.088	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 39(6)退	凸	4	0.063	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 39(0)漲	側	5	0.059	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 39(0)退	側	6	0.039	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 39(6)漲	側	7	0.059	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 39(6)退	側	8	0.039	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 39(0)漲	凹	9	0.045	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18100
高雄 39(0)退	凹	10	0.021	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17900
高雄 39(6)漲	凹	11	0.045	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 39(6)退	凹	12	0.021	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 40(0)漲	凸	13	0.028	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 40(0)退	凸	14	0.007	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 40(6)漲	凸	15	0.028	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 40(6)退	凸	16	0.007	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 40(0)漲	側	17	0.044	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 40(0)退	側	18	0.030	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 40(6)漲	側	19	0.044	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 40(6)退	側	20	0.030	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200
高雄 40(0)漲	凹	21	0.047	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 40(0)退	凹	22	0.034	16.2	27.7	7.9	5.3	0	17,900
高雄 40(6)漲	凹	23	0.047	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 40(6)退	凹	24	0.034	16.2	28.5	7.9	5.1	1.1	18,200

附表 A11 Z 型(冬)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 39(0)漲	凸	1	0.059	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 39(0)退	凸	2	0.039	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 39(6)漲	凸	3	0.059	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 39(6)退	凸	4	0.039	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 39(0)漲	側	5	0.059	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 39(0)退	側	6	0.039	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 39(6)漲	側	7	0.059	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 39(6)退	側	8	0.039	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 39(0)漲	凹	9	0.045	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 39(0)退	凹	10	0.021	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 39(6)漲	凹	11	0.045	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 39(6)退	凹	12	0.021	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 40(0)漲	凸	13	0.028	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 40(0)退	凸	14	0.007	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 40(6)漲	凸	15	0.028	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 40(6)退	凸	16	0.007	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 40(0)漲	側	17	0.044	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 40(0)退	側	18	0.030	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 40(6)漲	側	19	0.044	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 40(6)退	側	20	0.030	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000
高雄 40(0)漲	凹	21	0.047	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 40(0)退	凹	22	0.034	15.3	26.6	8.1	5.9	1.7	17,300
高雄 40(6)漲	凹	23	0.047	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 40(6)退	凹	24	0.034	15.3	26.3	8	4.8	1.8	18,000

附表 A12 U 型(全)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果(1/2)

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 58	U	1	0.068	17.4	27.7	7.9	3.7	1.5	19,800
高雄 58	U	2	0.049	17.4	27.5	7.9	4.0	0	20,200
高雄 58	U	3	0.068	17.4	28.3	7.9	4.5	0	19,900
高雄 58	U	4	0.049	17.4	27.7	7.9	4.0	1.5	20,100
高雄 58	U	5	0.068	14.3	28.6	7.9	4.0	1.8	15,900
高雄 58	U	6	0.049	14.3	28.3	7.9	4.7	1.5	16,700
高雄 58	U	7	0.068	14.3	29.8	7.9	4.8	0	17,300
高雄 58	U	8	0.049	14.3	28.2	8.0	5.1	0	16,400
高雄 58	U	9	0.068	13.9	28.4	7.8	4.1	1.4	17,600
高雄 58	U	10	0.049	13.9	27.6	8.0	5.5	0	17,900
高雄 58	U	11	0.068	13.9	30.2	7.8	4.8	1.2	17,600
高雄 58	U	12	0.049	13.9	28.6	8.0	5.3	0	17,900
高雄 58	U	13	0.068	10	26.5	8.1	4.9	1.9	18,000
高雄 58	U	14	0.049	10	26.3	8.0	4.8	1.8	17,700
高雄 58	U	15	0.068	10	26.3	8.0	4.8	1.9	17,600
高雄 58	U	16	0.049	10	26.3	8.1	4.8	1.8	18,200
高雄 69	U	17	0.054	18.7	27.8	7.9	2.8	1.7	20,200
高雄 69	U	18	0.052	18.7	27.4	8.0	4.1	1.4	20,000
高雄 69	U	19	0.054	18.7	28.2	8.0	4.0	1.7	19,900
高雄 69	U	20	0.052	18.7	27.4	7.9	2.4	0	20,300
高雄 69	U	21	0.054	17.7	29.1	8.0	3.4	0	15,500
高雄 69	U	22	0.052	17.7	28.1	8.0	5.1	1.3	16,300
高雄 69	U	23	0.054	17.7	29.5	8.0	5.8	1.3	16,200
高雄 69	U	24	0.052	17.7	28.1	8.0	5.7	0	16,900
高雄 69	U	25	0.054	18.1	28.7	7.9	4.6	1.4	18,200
高雄 69	U	26	0.052	18.1	27.7	8.0	5.2	0	18,100
高雄 69	U	27	0.054	18.1	30.5	7.9	4.8	1.3	18,400
高雄 69	U	28	0.068	17.4	27.7	7.9	3.7	1.5	19,800

附表 A13 U 型(全)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果(2/2)

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 69	U	29	0.052	18.1	28.9	7.9	4.8	1.3	18,400
高雄 69	U	30	0.054	15.5	26.5	8.1	4.4	1.7	17,700
高雄 69	U	31	0.052	15.5	26.4	8.1	5.1	1.7	17,500
高雄 69	U	32	0.054	15.5	26.4	8.0	3.4	0	18,000
高雄 70	U	33	0.052	15.5	26.4	8.1	5.5	1.8	17,600
高雄 70	U	34	0.054	18.7	27.8	7.9	2.8	1.7	20,200
高雄 70	U	35	0.048	18.7	27.4	8.0	4.1	1.4	20,000
高雄 70	U	36	0.054	18.7	28.2	8.0	4.0	1.7	19,900
高雄 70	U	37	0.048	18.7	27.4	7.9	2.4	0	20,300
高雄 70	U	38	0.054	17.7	29.1	8.0	3.4	0	15,500
高雄 70	U	39	0.048	17.7	28.1	8.0	5.1	1.3	16,300
高雄 70	U	40	0.054	17.7	29.5	8.0	5.8	1.3	16,200
高雄 70	U	41	0.048	17.7	28.1	8.0	5.7	0	16,900
高雄 70	U	42	0.054	18.1	28.7	7.9	4.6	1.4	18,200
高雄 70	U	43	0.048	18.1	27.7	8.0	5.2	0	18,100
高雄 70	U	44	0.054	18.1	30.5	7.9	4.8	1.3	18,400
高雄 70	U	45	0.048	18.1	28.9	7.9	4.8	1.3	18,400
高雄 70	U	46	0.054	15.5	26.5	8.1	4.4	1.7	17,700
高雄 70	U	47	0.048	15.5	26.4	8.1	5.1	1.7	17,500
高雄 70	U	48	0.054	15.5	26.4	8.0	3.4	0	18,000

附表 A14 不同水深 U 型鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果(0M)

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 58(0)漲	U	1	0.088	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 58(0)退	U	2	0.088	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 58(0)漲	U	3	0.088	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 58(0)退	U	4	0.088	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 58(0)漲	U	5	0.088	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 58(0)退	U	6	0.088	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 58(0)漲	U	7	0.088	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 58(0)退	U	8	0.088	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 69(0)漲	U	9	0.059	13.2	27.5	8.1	6.1	ND	20,400
高雄 69(0)退	U	10	0.059	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 69(0)漲	U	11	0.059	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 69(0)退	U	12	0.059	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 69(0)漲	U	13	0.059	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 69(0)退	U	14	0.059	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 69(0)漲	U	15	0.059	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 69(0)退	U	16	0.059	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200
高雄 70(0)漲	U	17	0.045	13.2	27.5	8.1	6.1	0	20,400
高雄 70(0)退	U	18	0.045	13.2	28.6	8.1	6.8	1.9	19,900
高雄 70(0)漲	U	19	0.045	5.5	29.2	7.8	4	0	14,400
高雄 70(0)退	U	20	0.045	5.5	29.8	7.9	5.2	1.7	15,800
高雄 70(0)漲	U	21	0.045	16.2	28.9	7.8	4.3	1.6	18,100
高雄 70(0)退	U	22	0.045	16.2	29.8	7.9	4.6	1.2	18,100
高雄 70(0)漲	U	23	0.045	15.3	26.7	8.1	6	1.9	17,500
高雄 70(0)退	U	24	0.045	15.3	26.3	8	4.9	1.9	17,200

附表 A15 不同水深 U 型鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果(6M)

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 58(6)漲	U	1	0.049	13.2	27.5	7.9	4	0	20,200
高雄 58(6)退	U	2	0.049	13.2	27.7	7.9	4	1.5	20,100
高雄 58(6)漲	U	3	0.049	5.5	28.3	7.9	4.7	1.5	16,700
高雄 58(6)退	U	4	0.049	5.5	28.2	8	5.1	0	16,400
高雄 58(6)漲	U	5	0.049	16.2	27.6	8	5.5	0	17,900
高雄 58(6)退	U	6	0.049	16.2	28.6	8	5.3	0	17,900
高雄 58(6)漲	U	7	0.049	15.3	26.3	8	4.8	1.8	17,700
高雄 58(6)退	U	8	0.049	15.3	26.3	8.1	4.8	1.8	18,200
高雄 69(6)漲	U	9	0.052	17.4	27.4	8	4.1	1.4	20,000
高雄 69(6)退	U	10	0.052	17.4	27.4	7.9	2.4	0	20,300
高雄 69(6)漲	U	11	0.052	14.3	28.1	8	5.1	1.3	16,300
高雄 69(6)退	U	12	0.052	14.3	28.1	8	5.7	0	16,900
高雄 69(6)漲	U	13	0.052	13.9	27.7	8	5.2	0	18,100
高雄 69(6)退	U	14	0.052	13.9	28.9	7.9	4.8	1.3	18,400
高雄 69(6)漲	U	15	0.052	10.0	26.4	8.1	5.1	1.7	17,500
高雄 69(6)退	U	16	0.052	10.0	26.4	8.1	5.5	1.8	17,600
高雄 70(6)漲	U	17	0.048	17.4	27.4	8	4.1	1.4	20,000
高雄 70(6)退	U	18	0.048	17.4	27.4	7.9	2.4	0	20,300
高雄 70(6)漲	U	19	0.048	14.3	28.1	8	5.1	1.3	16,300
高雄 70(6)退	U	20	0.048	14.3	28.1	8	5.7	0	16,900
高雄 70(6)漲	U	21	0.048	13.9	27.7	8	5.2	0	18,100
高雄 70(6)退	U	22	0.048	13.9	28.9	7.9	4.8	1.3	18,400
高雄 70(6)漲	U	23	0.048	10.0	26.4	8.1	5.1	1.7	17,500
高雄 70(6)退	U	24	0.048	10.0	26.4	8.1	5.5	1.8	17,600

附表 A16 U 型(春)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 58(0)漲	U	1	0.068	13.2	27.7	7.9	3.7	1.5	19,800
高雄 58(0)退	U	2	0.049	5.5	27.5	7.9	4	0	20,200
高雄 58(6)漲	U	3	0.068	16.2	28.3	7.9	4.5	0	19,900
高雄 58(6)退	U	4	0.049	15.3	27.7	7.9	4	1.5	20,100
高雄 69(0)漲	U	5	0.054	17.4	27.8	7.9	2.8	1.7	20,200
高雄 69(0)退	U	6	0.052	14.3	27.4	8	4.1	1.4	20,000
高雄 69(6)漲	U	7	0.054	13.9	28.2	8	4	1.7	19,900
高雄 69(6)退	U	8	0.052	10.0	27.4	7.9	2.4	0	20,300
高雄 70(0)漲	U	9	0.054	17.4	27.8	7.9	2.8	1.7	20,200
高雄 70(0)退	U	10	0.048	14.3	27.4	8	4.1	1.4	20,000
高雄 70(6)漲	U	11	0.054	13.9	28.2	8	4	1.7	19,900
高雄 70(6)退	U	12	0.048	10.0	27.4	7.9	2.4	0	20,300

附表 A17 U 型(夏)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 58(0)漲	U	1	0.068	13.2	28.6	7.9	4	1.8	15,900
高雄 58(0)退	U	2	0.049	5.5	28.3	7.9	4.7	1.5	16,700
高雄 58(6)漲	U	3	0.068	16.2	29.8	7.9	4.8	ND	17,300
高雄 58(6)退	U	4	0.049	15.3	28.2	8	5.1	ND	16,400
高雄 69(0)漲	U	5	0.054	17.4	29.1	8	3.4	0	15,500
高雄 69(0)退	U	6	0.052	14.3	28.1	8	5.1	1.3	16,300
高雄 69(6)漲	U	7	0.054	13.9	29.5	8	5.8	1.3	16,200
高雄 69(6)退	U	8	0.052	10.0	28.1	8	5.7	0	16,900
高雄 70(0)漲	U	9	0.054	17.4	29.1	8	3.4	0	15,500
高雄 70(0)退	U	10	0.048	14.3	28.1	8	5.1	1.3	16,300
高雄 70(6)漲	U	11	0.054	13.9	29.5	8	5.8	1.3	16,200
高雄 70(6)退	U	12	0.048	10.0	28.1	8	5.7	0	16,900

附表 A18 U 型(秋)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 58(0)漲	U	1	0.068	13.2	28.4	7.8	4.1	1.4	17,600
高雄 58(0)退	U	2	0.049	5.5	27.6	8	5.5	0	17,900
高雄 58(6)漲	U	3	0.068	16.2	30.2	7.8	4.8	1.2	17,600
高雄 58(6)退	U	4	0.049	15.3	28.6	8	5.3	0	17,900
高雄 69(0)漲	U	5	0.054	17.4	28.7	7.9	4.6	1.4	18,200
高雄 69(0)退	U	6	0.052	14.3	27.7	8	5.2	0	18,100
高雄 69(6)漲	U	7	0.054	13.9	30.5	7.9	4.8	1.3	18,400
高雄 69(6)退	U	8	0.052	10.0	28.9	7.9	4.8	1.3	18,400
高雄 70(0)漲	U	9	0.054	17.4	28.7	7.9	4.6	1.4	18,200
高雄 70(0)退	U	10	0.048	14.3	27.7	8	5.2	0	18,100
高雄 70(6)漲	U	11	0.054	13.9	30.5	7.9	4.8	1.3	18,400
高雄 70(6)退	U	12	0.048	10.0	28.9	7.9	4.8	1.3	18,400

附表 A19 U 型(冬)鋼板樁腐蝕厚度及海水分析對應結果

檢測碼頭號 數(#)、位置 (m)	鋼板 樁斷 面	編 號	碼頭鋼板樁 平均腐蝕速 率(mm/yr)	海水水質因子					
				流速 (cm/sec)	水溫 ()	酸鹼度 (pH)	溶氧量 (mg/l)	生化 需氧量 (mg/l)	氯離子 (ppm)
高雄 58(0)漲	U	1	0.068	13.2	26.5	8.1	4.9	1.9	18,000
高雄 58(0)退	U	2	0.049	5.5	26.3	8	4.8	1.8	17,700
高雄 58(6)漲	U	3	0.068	16.2	26.3	8	4.8	1.9	17,600
高雄 58(6)退	U	4	0.049	15.3	26.3	8.1	4.8	1.8	18,200
高雄 69(0)漲	U	5	0.054	17.4	26.5	8.1	4.4	1.7	17,700
高雄 69(0)退	U	6	0.052	14.3	26.4	8.1	5.1	1.7	17,500
高雄 69(6)漲	U	7	0.054	13.9	26.4	8	3.4	0	18,000
高雄 69(6)退	U	8	0.052	10.0	26.4	8.1	5.5	1.8	17,600
高雄 70(0)漲	U	9	0.054	17.4	26.5	8.1	4.4	1.7	17,700
高雄 70(0)退	U	10	0.048	14.3	26.4	8.1	5.1	1.7	17,500
高雄 70(6)漲	U	11	0.054	13.9	26.4	8	3.4	0	18,000
高雄 70(6)退	U	12	0.048	10.0	26.4	8.1	5.5	1.8	17600

附表B1 Z型凸面鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

Z凸敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	32	.039	.088	.06225	.017705
流速	32	5.5	16.2	12.550	4.2808
水溫	32	26.3	29.8	27.938	1.1404
pH	32	7.8	8.1	7.981	.1091
DO	32	4.0	7.0	5.400	.8493
BOD	32	.0	1.9	1.263	.6748
氯鹽	32	14400	20400	17800.00	1700.854
有效的 N (完全排除)	32				

Z凸相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.000	.237	-.113	-.125	.012	-.048
顯著性 (雙尾)		1.000	.191	.539	.494	.947	.793
個數	32	32	32	32	32	32	32
流速 Pearson 相關	.000	1	-.419*	.249	.178	.071	.628**
顯著性 (雙尾)	1.000		.017	.169	.329	.697	.000
個數	32	32	32	32	32	32	32
水溫 Pearson 相關	.237	-.419*	1	-.648**	-.371*	-.197	-.300
顯著性 (雙尾)	.191	.017		.000	.037	.280	.095
個數	32	32	32	32	32	32	32
pH Pearson 相關	-.113	.249	-.648**	1	.878**	.236	.609**
顯著性 (雙尾)	.539	.169	.000		.000	.194	.000
個數	32	32	32	32	32	32	32
DO Pearson 相關	-.125	.178	-.371*	.878**	1	.114	.686**
顯著性 (雙尾)	.494	.329	.037	.000		.536	.000
個數	32	32	32	32	32	32	32
BOD Pearson 相關	.012	.071	-.197	.236	.114	1	-.048
顯著性 (雙尾)	.947	.697	.280	.194	.536		.795
個數	32	32	32	32	32	32	32
氯鹽 Pearson 相關	-.048	.628**	-.300	.609**	.686**	-.048	1
顯著性 (雙尾)	.793	.000	.095	.000	.000	.795	
個數	32	32	32	32	32	32	32

*. 在顯著水準為0.05時(雙尾), 相關顯著。

**. 在顯著水準為0.01時(雙尾), 相關顯著。

附表B2 Z型凸面鋼板鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH ^a	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.349 ^a	.122	-.089	.018476	1.101

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.001	6	.000	.578	.744 ^a
	殘差	.009	25	.000		
	總和	.010	31			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	-1.016	.826		-1.230	.230		
	流速	.001	.001	.205	.644	.526	.347	2.884
	水溫	.009	.005	.559	1.696	.102	.323	3.093
	pH	.113	.097	.693	1.164	.255	.099	10.098
	DO	-.011	.011	-.504	-.975	.339	.131	7.612
	BOD	-6.694E-05	.005	-.003	-.012	.990	.826	1.211
	氯鹽	-8.885E-07	.000	-.085	-.213	.833	.218	4.590

a. 依變數：腐蝕速率

附表 B3 Z 型側面鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

Z側敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	32	.007	.045	.02525	.013901
流速	32	5.5	16.2	12.550	4.2808
水溫	32	26.3	29.8	27.938	1.1404
pH	32	7.8	8.1	7.981	.1091
DO	32	4.0	7.0	5.400	.8493
BOD	32	.0	1.9	1.263	.6748
氯鹽	32	14400	20400	17800.00	1700.854
有效的 N (完全排除)	32				

Z側相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.000	.302	-.144	-.160	.015	-.061
顯著性 (雙尾)		1.000	.093	.433	.382	.933	.739
個數	32	32	32	32	32	32	32
流速 Pearson 相關	.000	1	-.419*	.249	.178	.071	.628**
顯著性 (雙尾)	1.000		.017	.169	.329	.697	.000
個數	32	32	32	32	32	32	32
水溫 Pearson 相關	.302	-.419*	1	-.648**	-.371*	-.197	-.300
顯著性 (雙尾)	.093	.017		.000	.037	.280	.095
個數	32	32	32	32	32	32	32
pH Pearson 相關	-.144	.249	-.648**	1	.878**	.236	.609**
顯著性 (雙尾)	.433	.169	.000		.000	.194	.000
個數	32	32	32	32	32	32	32
DO Pearson 相關	-.160	.178	-.371*	.878**	1	.114	.686**
顯著性 (雙尾)	.382	.329	.037	.000		.536	.000
個數	32	32	32	32	32	32	32
BOD Pearson 相關	.015	.071	-.197	.236	.114	1	-.048
顯著性 (雙尾)	.933	.697	.280	.194	.536		.795
個數	32	32	32	32	32	32	32
氯鹽 Pearson 相關	-.061	.628**	-.300	.609**	.686**	-.048	1
顯著性 (雙尾)	.739	.000	.095	.000	.000	.795	
個數	32	32	32	32	32	32	32

*. 在顯著水準為0.05 時 (雙尾), 相關顯著。

**. 在顯著水準為0.01時 (雙尾), 相關顯著。

附表B4 Z型側面鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH ^a	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.445 ^a	.198	.005	.013866	1.917

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.001	6	.000	1.026	.432 ^a
	殘差	.005	25	.000		
	總和	.006	31			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	-1.053	.620		-1.698	.102		
	流速	.001	.001	.261	.858	.399	.347	2.884
	水溫	.009	.004	.712	2.260	.033	.323	3.093
	pH	.113	.073	.883	1.551	.134	.099	10.098
	DO	-.011	.008	-.642	-1.299	.206	.131	7.612
	BOD	-6.694E-05	.004	-.003	-.016	.987	.826	1.211
	氯鹽	-8.885E-07	.000	-.109	-.283	.779	.218	4.590

a. 依變數：腐蝕速率

附表B5 Z型凹面鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

Z凹敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	32	.030	.047	.03875	.007089
流速	32	5.5	16.2	12.550	4.2808
水溫	32	26.3	29.8	27.938	1.1404
pH	32	7.8	8.1	7.981	.1091
DO	32	4.0	7.0	5.400	.8493
BOD	32	.0	1.9	1.263	.6748
氯鹽	32	14400	20400	17800.00	1700.854
有效的 N (完全排除)	32				

Z凹相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.000	.356*	-.169	-.188	.018	-.072
顯著性 (雙尾)		1.000	.046	.355	.303	.921	.694
個數	32	32	32	32	32	32	32
流速 Pearson 相關	.000	1	-.419*	.249	.178	.071	.628**
顯著性 (雙尾)	1.000		.017	.169	.329	.697	.000
個數	32	32	32	32	32	32	32
水溫 Pearson 相關	.356*	-.419*	1	-.648**	-.371*	-.197	-.300
顯著性 (雙尾)	.046	.017		.000	.037	.280	.095
個數	32	32	32	32	32	32	32
pH Pearson 相關	-.169	.249	-.648**	1	.878**	.236	.609**
顯著性 (雙尾)	.355	.169	.000		.000	.194	.000
個數	32	32	32	32	32	32	32
DO Pearson 相關	-.188	.178	-.371*	.878**	1	.114	.686**
顯著性 (雙尾)	.303	.329	.037	.000		.536	.000
個數	32	32	32	32	32	32	32
BOD Pearson 相關	.018	.071	-.197	.236	.114	1	-.048
顯著性 (雙尾)	.921	.697	.280	.194	.536		.795
個數	32	32	32	32	32	32	32
氯鹽 Pearson 相關	-.072	.628**	-.300	.609**	.686**	-.048	1
顯著性 (雙尾)	.694	.000	.095	.000	.000	.795	
個數	32	32	32	32	32	32	32

*. 在顯著水準為0.05 時 (雙尾), 相關顯著。

**. 在顯著水準為0.01時 (雙尾), 相關顯著。

附表B6 Z型凹面鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH ^a	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.523 ^a	.273	.099	.006729	3.099

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.000	6	.000	1.569	.198 ^a
	殘差	.001	25	.000		
	總和	.002	31			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	-.608	.301		-2.021	.054		
	流速	.001	.000	.307	1.061	.299	.347	2.884
	水溫	.005	.002	.838	2.794	.010	.323	3.093
	pH	.068	.035	1.039	1.917	.067	.099	10.098
	DO	-.006	.004	-.755	-1.606	.121	.131	7.612
	BOD	-4.016E-05	.002	-.004	-.020	.984	.826	1.211
	氯鹽	-5.331E-07	.000	-.128	-.350	.729	.218	4.590

a. 依變數：腐蝕速率

附表 B7 Z 型 0M 鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

Z上敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	48	.028	.088	.05183	.018720
流速	48	5.5	16.2	12.550	4.2580
水溫	48	26.3	29.8	28.350	1.2853
pH	48	7.8	8.1	7.962	.1231
DO	48	4.0	6.8	5.237	.9247
BOD	47	.0	1.9	1.302	.7609
氯鹽	48	14400	20400	17675.00	1864.620
有效的 N (完全排除)	47				

Z上相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.000	.000	.000	.000	.014	.000
顯著性 (雙尾)		1.000	1.000	1.000	1.000	.925	1.000
個數	48	48	48	48	48	47	48
流速 Pearson 相關	.000	1	-.454**	.347*	.194	.401**	.657**
顯著性 (雙尾)	1.000		.001	.016	.186	.005	.000
個數	48	48	48	48	48	47	48
水溫 Pearson 相關	.000	-.454**	1	-.641**	-.371**	-.219	-.274
顯著性 (雙尾)	1.000	.001		.000	.009	.138	.059
個數	48	48	48	48	48	47	48
pH Pearson 相關	.000	.347*	-.641**	1	.921**	.255	.663**
顯著性 (雙尾)	1.000	.016	.000		.000	.084	.000
個數	48	48	48	48	48	47	48
DO Pearson 相關	.000	.194	-.371**	.921**	1	.303*	.689**
顯著性 (雙尾)	1.000	.186	.009	.000		.039	.000
個數	48	48	48	48	48	47	48
BOD Pearson 相關	.014	.401**	-.219	.255	.303*	1	.148
顯著性 (雙尾)	.925	.005	.138	.084	.039		.322
個數	47	47	47	47	47	47	47
氯鹽 Pearson 相關	.000	.657**	-.274	.663**	.689**	.148	1
顯著性 (雙尾)	1.000	.000	.059	.000	.000	.322	
個數	48	48	48	48	48	47	48

** . 在顯著水準為0.01時 (雙尾) , 相關顯著。

* . 在顯著水準為0.05 時 (雙尾) , 相關顯著。

附表 B8 Z 型 0M 鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, BOD, 水溫, DO, ^a 流速, pH	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.000 ^a	.000	-.146	.020043	.097

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, DO, 流速, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.000	6	.000	.003	1.000 ^a
	殘差	.016	40	.000		
	總和	.016	46			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, DO, 流速, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	-.554	.227		-2.438	.019		
	流速	.000	.000	.239	.962	.342	.299	3.341
	水溫	.004	.001	.781	3.192	.003	.308	3.247
	pH	.064	.027	1.104	2.384	.022	.086	11.644
	DO	-.006	.003	-.822	-1.990	.053	.108	9.265
	BOD	-1.134E-05	.001	-.001	-.008	.994	.766	1.306
	氯鹽	-3.911E-07	.000	-.105	-.333	.741	.184	5.422

a. 依變數：腐蝕速率

附表 B9 Z 型 6M 鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

Z下敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	48	.007	.063	.03233	.017325
流速	48	5.5	16.2	12.550	4.2580
水溫	48	26.3	28.5	27.525	.7575
pH	48	7.9	8.1	8.000	.0875
DO	48	4.8	7.0	5.563	.7198
BOD	48	.0	1.8	1.250	.5466
氯鹽	48	15800	20100	17925.00	1488.466
有效的 N (完全排除)	48				

Z下相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.000	.000	.000	.000	.000	.000
顯著性 (雙尾)		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
個數	48	48	48	48	48	48	48
流速 Pearson 相關	.000	1	-.484*	.130	.169	-.369*	.604**
顯著性 (雙尾)	1.000		.000	.378	.251	.010	.000
個數	48	48	48	48	48	48	48
水溫 Pearson 相關	.000	-.484*	1	-.635*	-.244	-.296*	-.346*
顯著性 (雙尾)	1.000	.000		.000	.095	.041	.016
個數	48	48	48	48	48	48	48
pH Pearson 相關	.000	.130	-.635*	1	.790**	.320*	.510**
顯著性 (雙尾)	1.000	.378	.000		.000	.026	.000
個數	48	48	48	48	48	48	48
DO Pearson 相關	.000	.169	-.244	.790**	1	-.131	.681**
顯著性 (雙尾)	1.000	.251	.095	.000		.373	.000
個數	48	48	48	48	48	48	48
BOD Pearson 相關	.000	-.369*	-.296*	.320*	-.131	1	-.286*
顯著性 (雙尾)	1.000	.010	.041	.026	.373		.049
個數	48	48	48	48	48	48	48
氯鹽 Pearson 相關	.000	.604**	-.346*	.510**	.681**	-.286*	1
顯著性 (雙尾)	1.000	.000	.016	.000	.000	.049	
個數	48	48	48	48	48	48	48

** . 在顯著水準為0.01時 (雙尾) , 相關顯著。

* . 在顯著水準為0.05 時 (雙尾) , 相關顯著。

附表 B10 Z 型 6M 鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, BOD, 水溫, DO, ^a 流速, pH	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.000 ^a	.000	-.146	.018549	.116

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, DO, 流速, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.000	6	.000	.000	1.000 ^a
	殘差	.014	41	.000		
	總和	.014	47			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, DO, 流速, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	.032	1.006		.032	.975		
	流速	.000	.001	.000	.000	1.000	.304	3.291
	水溫	.000	.008	.000	.000	1.000	.212	4.709
	pH	.000	.112	.000	.000	1.000	.077	13.035
	DO	.000	.012	.000	.000	1.000	.105	9.558
	BOD	.000	.008	.000	.000	1.000	.382	2.621
	氯鹽	.000	.000	.000	.000	1.000	.287	3.489

a. 依變數：腐蝕速率

附表 B11 Z 型(春季)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

Z春敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	24	.007	.088	.04208	.020774
流速	24	13.2	13.2	13.200	.0000
水溫	24	27.3	28.6	27.675	.5519
pH	24	8.1	8.1	8.100	.0000
DO	24	6.1	7.0	6.525	.3915
BOD	24	.0	1.9	1.050	.6947
氯鹽	24	19900	20400	20100.00	191.107
有效的 N (完全排除)	24				

Z春相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	. ^a	.333	. ^a	-.094	-.070	.128
顯著性 (雙尾)		.	.112	.	.663	.743	.551
個數	24	24	24	24	24	24	24
流速 Pearson 相關	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a
顯著性 (雙尾)	.	.	.	.	.	.	.
個數	24	24	24	24	24	24	24
水溫 Pearson 相關	.333	. ^a	1	. ^a	.329	.609**	-.495*
顯著性 (雙尾)	.112	.	.	.	.116	.002	.014
個數	24	24	24	24	24	24	24
pH Pearson 相關	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a
顯著性 (雙尾)	.	.	.	.	.	.	.
個數	24	24	24	24	24	24	24
DO Pearson 相關	-.094	. ^a	.329	. ^a	1	.705**	-.802**
顯著性 (雙尾)	.663	.	.116	.	.	.000	.000
個數	24	24	24	24	24	24	24
BOD Pearson 相關	-.070	. ^a	.609**	. ^a	.705**	1	-.982**
顯著性 (雙尾)	.743	.	.002	.	.000	.	.000
個數	24	24	24	24	24	24	24
氯鹽 Pearson 相關	.128	. ^a	-.495*	. ^a	-.802**	-.982**	1
顯著性 (雙尾)	.551	.	.014	.	.000	.000	.
個數	24	24	24	24	24	24	24

** . 在顯著水準為0.01時 (雙尾), 相關顯著。

* . 在顯著水準為0.05 時 (雙尾), 相關顯著。

a. 由於至少有一個變數是常數, 因此無法計算。

附表B12 Z型(春季)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, 水溫, DO ^a	.	選入

a. 已達允差 = .000 界限。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.479 ^a	.230	.114	.019550	.207

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 水溫, DO

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.002	3	.001	1.990	.148 ^a
	殘差	.008	20	.000		
	總和	.010	23			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 水溫, DO

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	-1.641	.994		-1.651	.114		
	水溫	.020	.009	.536	2.353	.029	.742	1.347
	DO	.007	.018	.127	.382	.706	.351	2.851
	氯鹽	5.379E-05	.000	.495	1.375	.184	.297	3.366

a. 依變數：腐蝕速率

附表B13 Z型(夏季)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

Z夏敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	24	.007	.088	.04208	.020774
流速	24	5.5	5.5	5.500	.0000
水溫	24	28.2	29.8	28.875	.6752
pH	24	7.8	8.0	7.900	.0722
DO	24	4.0	5.4	4.850	.5477
BOD	24	.0	1.7	1.200	.7187
氯鹽	24	14400	16100	15525.00	675.181
有效的 N (完全排除)	24				

Z夏相關

		腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率	Pearson 相關	1	. ^a	.453*	-.339	-.224	-.239	-.308
	顯著性(雙尾)		.	.026	.105	.294	.262	.143
	個數	24	24	24	24	24	24	24
流速	Pearson 相關	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a
	顯著性(雙尾)	.	.	.	.	.	.	.
	個數	24	24	24	24	24	24	24
水溫	Pearson 相關	.453*	. ^a	1	-.535**	-.208	-.188	-.359
	顯著性(雙尾)	.026	.		.007	.329	.379	.085
	個數	24	24	24	24	24	24	24
pH	Pearson 相關	-.339	. ^a	-.535**	1	.923**	.704**	.749**
	顯著性(雙尾)	.105	.	.007		.000	.000	.000
	個數	24	24	24	24	24	24	24
DO	Pearson 相關	-.224	. ^a	-.208	.923**	1	.848**	.829**
	顯著性(雙尾)	.294	.	.329	.000		.000	.000
	個數	24	24	24	24	24	24	24
BOD	Pearson 相關	-.239	. ^a	-.188	.704**	.848**	1	.984**
	顯著性(雙尾)	.262	.	.379	.000	.000		.000
	個數	24	24	24	24	24	24	24
氯鹽	Pearson 相關	-.308	. ^a	-.359	.749**	.829**	.984**	1
	顯著性(雙尾)	.143	.	.085	.000	.000	.000	
	個數	24	24	24	24	24	24	24

*. 在顯著水準為0.05 時 (雙尾), 相關顯著。

** . 在顯著水準為0.01時 (雙尾), 相關顯著。

a. 由於至少有一個變數是常數, 因此無法計算。

附表 B14 Z 型(夏季)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, 水溫, pH ^a	.	選入

a. 已達允差 = .000 界限。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.479 ^a	.230	.114	.019550	.207

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 水溫, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.002	3	.001	1.990	.148 ^a
	殘差	.008	20	.000		
	總和	.010	23			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 水溫, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	-.206	.773		-.266	.793		
	水溫	.012	.007	.390	1.676	.109	.710	1.409
	pH	-.003	.094	-.010	-.030	.976	.358	2.794
	氯鹽	-4.946E-06	.000	-.161	-.541	.594	.437	2.289

a. 依變數：腐蝕速率

附表 B15 Z 型(秋季)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

Z秋敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	24	.007	.088	.04208	.020774
流速	24	16.2	16.2	16.200	.0000
水溫	24	27.7	29.8	28.725	.7725
pH	24	7.8	7.9	7.875	.0442
DO	24	4.3	5.3	4.825	.4046
BOD	24	.0	1.6	.975	.6059
氯鹽	24	17900	18200	18075.00	111.316
有效的 N (完全排除)	24				

Z秋相關

		腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率	Pearson 相關	1	a	.396	-.277	-.454*	.343	.110
	顯著性 (雙尾)		.	.055	.190	.026	.100	.609
	個數	24	24	24	24	24	24	24
流速	Pearson 相關	a	a	a	a	a	a	a
	顯著性 (雙尾)	.	.	.	.	.	.	.
	個數	24	24	24	24	24	24	24
水溫	Pearson 相關	.396	a	1	-.134	-.737**	.737**	.554**
	顯著性 (雙尾)	.055	.	.	.534	.000	.000	.005
	個數	24	24	24	24	24	24	24
pH	Pearson 相關	-.277	a	-.134	1	.765**	-.608**	-.132
	顯著性 (雙尾)	.190	.	.534	.	.000	.002	.537
	個數	24	24	24	24	24	24	24
DO	Pearson 相關	-.454*	a	-.737**	.765**	1	-.859**	-.391
	顯著性 (雙尾)	.026	.	.000	.000	.	.000	.059
	個數	24	24	24	24	24	24	24
BOD	Pearson 相關	.343	a	.737**	-.608**	-.859**	1	.803**
	顯著性 (雙尾)	.100	.	.000	.002	.000	.	.000
	個數	24	24	24	24	24	24	24
氯鹽	Pearson 相關	.110	a	.554**	-.132	-.391	.803**	1
	顯著性 (雙尾)	.609	.	.005	.537	.059	.000	.
	個數	24	24	24	24	24	24	24

*. 在顯著水準為0.05 時 (雙尾), 相關顯著。

**. 在顯著水準為0.01時 (雙尾), 相關顯著。

a. 由於至少有一個變數是常數, 因此無法計算。

附表 B16 Z 型(秋季)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽 ^a , pH, 水溫	.	選入

a. 已達允差 = .000 界限。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.479 ^a	.230	.114	.019550	.207

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, pH, 水溫

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.002	3	.001	1.990	.148 ^a
	殘差	.008	20	.000		
	總和	.010	23			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, pH, 水溫

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	1.167	1.073		1.087	.290		
	水溫	.012	.006	.463	1.959	.064	.690	1.450
	pH	-.112	.093	-.239	-1.202	.244	.977	1.023
	氯鹽	-3.319E-05	.000	-.178	-.753	.460	.690	1.449

a. 依變數：腐蝕速率

附表 B17 Z 型(冬季)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

Z冬敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	24	.007	.059	.03767	.014681
流速	24	15.3	15.3	15.300	.0000
水溫	24	26.3	26.7	26.475	.1824
pH	24	8.0	8.1	8.050	.0511
DO	24	4.8	6.0	5.400	.5641
BOD	24	1.7	1.9	1.825	.0847
氯鹽	24	17200	18000	17500.00	314.850
有效的 N (完全排除)	24				

Z冬相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	^a	.091	.000	.059	.587**	-.316
顯著性 (雙尾)		.	.673	1.000	.785	.003	.132
個數	24	24	24	24	24	24	24
流速 Pearson 相關	^a	^a	^a	^a	^a	^a	^a
顯著性 (雙尾)	.	.	.	.	.	.	.
個數	24	24	24	24	24	24	24
水溫 Pearson 相關	.091	^a	1	.980**	.989**	-.127	-.273
顯著性 (雙尾)	.673	.		.000	.000	.555	.198
個數	24	24	24	24	24	24	24
pH Pearson 相關	.000	^a	.980**	1	.996**	-.302	-.324
顯著性 (雙尾)	1.000	.	.000		.000	.152	.122
個數	24	24	24	24	24	24	24
DO Pearson 相關	.059	^a	.989**	.996**	1	-.218	-.367
顯著性 (雙尾)	.785	.	.000	.000		.305	.078
個數	24	24	24	24	24	24	24
BOD Pearson 相關	.587**	^a	-.127	-.302	-.218	1	-.098
顯著性 (雙尾)	.003	.	.555	.152	.305		.649
個數	24	24	24	24	24	24	24
氯鹽 Pearson 相關	-.316	^a	-.273	-.324	-.367	-.098	1
顯著性 (雙尾)	.132	.	.198	.122	.078	.649	
個數	24	24	24	24	24	24	24

** . 在顯著水準為0.01時 (雙尾), 相關顯著。

a. 由於至少有一個變數是常數, 因此無法計算。

附表 B18 Z 型(冬季)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽 ^a , BOD, 水溫	.	選入

a. 已達允差 = .000 界限。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.649 ^a	.422	.335	.011972	.318

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.002	3	.001	4.862	.011 ^a
	殘差	.003	20	.000		
	總和	.005	23			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	-.171	.459		-.371	.714		
	水溫	.008	.014	.101	.563	.580	.902	1.109
	BOD	.100	.030	.577	3.336	.003	.965	1.036
	氯鹽	-1.082E-05	.000	-.232	-1.300	.208	.908	1.101

a. 依變數：腐蝕速率

附表19 U型(全)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	48	.048	.068	.05417	.006663
流速	48	5.5	17.4	13.450	3.3404
水溫	48	26.3	30.5	27.927	1.1681
pH	48	7.8	8.1	7.973	.0792
DO	48	2.4	5.8	4.500	.8696
BOD	48	.0	1.9	1.031	.7580
氯鹽	48	15500	20300	18066.67	1384.309
有效的 N (完全排除)	48				

U全相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.330*	.197	-.346*	-.117	.146	-.044
顯著性 (雙尾)		.022	.179	.016	.429	.324	.767
個數	48	48	48	48	48	48	48
流速 Pearson 相關	.330*	1	.168	.044	-.185	.123	-.059
顯著性 (雙尾)	.022		.255	.767	.208	.405	.692
個數	48	48	48	48	48	48	48
水溫 Pearson 相關	.197	.168	1	-.627**	.111	-.187	-.196
顯著性 (雙尾)	.179	.255		.000	.453	.203	.181
個數	48	48	48	48	48	48	48
pH Pearson 相關	-.346*	.044	-.627**	1	.368*	.163	-.284
顯著性 (雙尾)	.016	.767	.000		.010	.268	.050
個數	48	48	48	48	48	48	48
DO Pearson 相關	-.117	-.185	.111	.368*	1	.101	-.520**
顯著性 (雙尾)	.429	.208	.453	.010		.493	.000
個數	48	48	48	48	48	48	48
BOD Pearson 相關	.146	.123	-.187	.163	.101	1	.076
顯著性 (雙尾)	.324	.405	.203	.268	.493		.607
個數	48	48	48	48	48	48	48
氯鹽 Pearson 相關	-.044	-.059	-.196	-.284	-.520**	.076	1
顯著性 (雙尾)	.767	.692	.181	.050	.000	.607	
個數	48	48	48	48	48	48	48

*. 在顯著水準為0.05時(雙尾)，相關顯著。

**. 在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。

附表20 U型(全)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, 流速, BOD, 水溫, DO, pH ^a	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.586 ^a	.344	.248	.005977	3.190

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, DO, 流速, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.001	6	.000	3.477	.007 ^a
	殘差	.001	41	.000		
	總和	.002	47			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 流速, BOD, 水溫, DO, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	.612	.181		3.387	.002		
	流速	.001	.000	.415	2.832	.007	.754	1.327
	水溫	-.002	.001	-.369	-1.695	.098	.342	2.923
	pH	-.062	.019	-.737	-3.267	.002	.318	3.148
	DO	.001	.001	.128	.712	.481	.497	2.011
	BOD	.001	.001	.152	1.126	.267	.890	1.123
	氯鹽	-1.184E-06	.000	-.246	-1.516	.137	.614	1.630

a. 依變數：腐蝕速率

附表21 U型(0M)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	24	.045	.088	.06400	.018292
流速	24	5.5	16.2	12.550	4.3040
水溫	24	26.3	29.8	28.350	1.2992
pH	24	7.80	8.10	7.9625	.12446
DO	24	4.0	6.8	5.238	.9347
BOD	24	.0	1.9	1.275	.7842
氯鹽	24	14400	20400	17675.00	1884.779
有效的 N (完全排除)	24				

相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.000	.000	.000	.000	.000	.000
顯著性 (雙尾)		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
個數	24	24	24	24	24	24	24
流速 Pearson 相關	.000	1	-.454*	.347	.194	.383	.657**
顯著性 (雙尾)	1.000		.026	.097	.364	.064	.000
個數	24	24	24	24	24	24	24
水溫 Pearson 相關	.000	-.454*	1	-.641**	-.371	-.188	-.274
顯著性 (雙尾)	1.000	.026		.001	.074	.379	.195
個數	24	24	24	24	24	24	24
pH Pearson 相關	.000	.347	-.641**	1	.921**	.204	.663**
顯著性 (雙尾)	1.000	.097	.001		.000	.339	.000
個數	24	24	24	24	24	24	24
DO Pearson 相關	.000	.194	-.371	.921**	1	.258	.689**
顯著性 (雙尾)	1.000	.364	.074	.000		.224	.000
個數	24	24	24	24	24	24	24
BOD Pearson 相關	.000	.383	-.188	.204	.258	1	.088
顯著性 (雙尾)	1.000	.064	.379	.339	.224		.683
個數	24	24	24	24	24	24	24
氯鹽 Pearson 相關	.000	.657**	-.274	.663**	.689**	.088	1
顯著性 (雙尾)	1.000	.000	.195	.000	.000	.683	
個數	24	24	24	24	24	24	24

*. 在顯著水準為0.05時(雙尾)，相關顯著。

**. 在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。

附表22 U型(0M)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, BOD, 水溫, DO, ^a 流速, pH	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.000 ^a	.000	-.353	.021277	.135

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, DO, 流速, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.000	6	.000	.000	1.000 ^a
	殘差	.008	17	.000		
	總和	.008	23			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, DO, 流速, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	.027	1.725		.015	.988		
	流速	.000	.004	-.040	-.047	.963	.088	11.408
	水溫	.000	.007	-.012	-.024	.981	.246	4.073
	pH	.005	.211	.033	.024	.981	.032	31.227
	DO	-.001	.032	-.050	-.031	.975	.025	40.693
	BOD	.000	.011	-.013	-.029	.977	.295	3.387
	氯鹽	5.931E-07	.000	.058	.064	.949	.077	13.067

a. 依變數：腐蝕速率

附表23 U型(6M)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	24	.048	.052	.04967	.001736
流速	24	5.5	17.4	13.450	3.3765
水溫	24	26.3	28.9	27.554	.8214
pH	24	7.90	8.10	7.9917	.07173
DO	24	2.4	5.7	4.750	.8807
BOD	24	.0	1.8	.900	.7935
氯鹽	24	16300	20300	18137.50	1337.360
有效的 N (完全排除)	24				

相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.053	-.002	.047	-.006	.019	.000
顯著性 (雙尾)		.804	.992	.829	.979	.930	1.000
個數	24	24	24	24	24	24	24
流速 Pearson 相關	.053	1	.062	-.221	-.393	-.249	.550**
顯著性 (雙尾)	.804		.773	.300	.057	.240	.005
個數	24	24	24	24	24	24	24
水溫 Pearson 相關	-.002	.062	1	-.671**	.041	-.452*	-.119
顯著性 (雙尾)	.992	.773		.000	.851	.027	.581
個數	24	24	24	24	24	24	24
pH Pearson 相關	.047	-.221	-.671**	1	.578**	.382	-.441*
顯著性 (雙尾)	.829	.300	.000		.003	.065	.031
個數	24	24	24	24	24	24	24
DO Pearson 相關	-.006	-.393	.041	.578**	1	.130	-.789**
顯著性 (雙尾)	.979	.057	.851	.003		.545	.000
個數	24	24	24	24	24	24	24
BOD Pearson 相關	.019	-.249	-.452*	.382	.130	1	-.118
顯著性 (雙尾)	.930	.240	.027	.065	.545		.584
個數	24	24	24	24	24	24	24
氯鹽 Pearson 相關	.000	.550**	-.119	-.441*	-.789**	-.118	1
顯著性 (雙尾)	1.000	.005	.581	.031	.000	.584	
個數	24	24	24	24	24	24	24

** . 在顯著水準為0.01時 (雙尾) , 相關顯著。

* . 在顯著水準為0.05 時 (雙尾) , 相關顯著。

附表24 U型(6M)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH ^a	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.125 ^a	.016	-.332	.002004	.426

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.000	6	.000	.045	1.000 ^a
	殘差	.000	17	.000		
	總和	.000	23			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, BOD, 水溫, 流速, DO, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	-.007	.141		-.052	.959		
	流速	2.806E-05	.000	.055	.177	.861	.611	1.637
	水溫	.000	.001	.182	.356	.726	.222	4.497
	pH	.006	.014	.247	.417	.682	.165	6.055
	DO	.000	.001	-.150	-.304	.765	.240	4.170
	BOD	8.393E-05	.001	.038	.137	.892	.742	1.347
	氯鹽	-1.710E-08	.000	-.013	-.029	.977	.276	3.628

a. 依變數：腐蝕速率

附表B25 U型(春季)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	12	.048	.068	.05417	.006887
流速	12	5.5	17.4	13.450	3.4524
水溫	12	27.4	28.3	27.733	.3393
pH	12	7.90	8.00	7.9333	.04924
DO	12	2.4	4.5	3.567	.7451
BOD	12	.0	1.7	1.050	.7833
氯鹽	12	19800	20300	20066.67	172.328
有效的 N (完全排除)	12				

U 春相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.330	.550	-.232	.278	.003	-.631*
顯著性 (雙尾)		.295	.064	.467	.382	.992	.028
個數	12	12	12	12	12	12	12
流速 Pearson 相關	.330	1	.469	.139	.112	.664*	-.338
顯著性 (雙尾)	.295		.124	.666	.728	.019	.283
個數	12	12	12	12	12	12	12
水溫 Pearson 相關	.550	.469	1	.145	.407	.267	-.570
顯著性 (雙尾)	.064	.124		.653	.189	.402	.053
個數	12	12	12	12	12	12	12
pH Pearson 相關	-.232	.139	.145	1	.479	.471	-.500
顯著性 (雙尾)	.467	.666	.653		.115	.122	.098
個數	12	12	12	12	12	12	12
DO Pearson 相關	.278	.112	.407	.479	1	.188	-.767**
顯著性 (雙尾)	.382	.728	.189	.115		.557	.004
個數	12	12	12	12	12	12	12
BOD Pearson 相關	.003	.664*	.267	.471	.188	1	-.438
顯著性 (雙尾)	.992	.019	.402	.122	.557		.155
個數	12	12	12	12	12	12	12
氯鹽 Pearson 相關	-.631*	-.338	-.570	-.500	-.767**	-.438	1
顯著性 (雙尾)	.028	.283	.053	.098	.004	.155	
個數	12	12	12	12	12	12	12

*. 在顯著水準為0.05時 (雙尾), 相關顯著。

** . 在顯著水準為0.01時 (雙尾), 相關顯著。

附表 B26 U 型(春季)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, 流速, pH, 水溫 ^b BOD, DO ^a	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.963 ^a	.928	.841	.002743	1.848

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 流速, pH, 水溫, BOD, DO

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.000	6	.000	10.719	.010 ^a
	殘差	.000	5	.000		
	總和	.001	11			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 流速, pH, 水溫, BOD, DO

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	1.626	.315		5.160	.004		
	流速	.001	.000	.282	1.532	.186	.424	2.358
	水溫	.001	.003	.054	.329	.755	.543	1.841
	pH	-.071	.022	-.505	-3.147	.025	.560	1.785
	DO	-.004	.002	-.437	-2.165	.083	.354	2.821
	BOD	-.004	.002	-.440	-2.241	.075	.373	2.679
	氯鹽	-5.135E-05	.000	-1.285	-5.543	.003	.268	3.725

a. 依變數：腐蝕速率

附表B27 U型(夏季)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

U夏敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	12	.048	.068	.05417	.006887
流速	12	5.5	17.4	13.450	3.4524
水溫	12	28.1	29.8	28.708	.6515
pH	12	7.90	8.00	7.9750	.04523
DO	12	3.4	5.8	4.883	.8726
BOD	12	.0	1.8	.708	.7525
氯鹽	12	15500	17300	16341.67	550.138
有效的 N (完全排除)	12				

U夏相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.330	.569	-.657*	-.332	.103	.024
顯著性 (雙尾)		.295	.053	.020	.291	.750	.940
個數	12	12	12	12	12	12	12
流速 Pearson 相關	.330	1	.497	.317	-.432	-.315	-.512
顯著性 (雙尾)	.295		.100	.315	.161	.319	.089
個數	12	12	12	12	12	12	12
水溫 Pearson 相關	.569	.497	1	-.177	-.160	-.061	-.151
顯著性 (雙尾)	.053	.100		.581	.620	.850	.640
個數	12	12	12	12	12	12	12
pH Pearson 相關	-.657*	.317	-.177	1	.265	-.314	-.320
顯著性 (雙尾)	.020	.315	.581		.405	.320	.311
個數	12	12	12	12	12	12	12
DO Pearson 相關	-.332	-.432	-.160	.265	1	.150	.642*
顯著性 (雙尾)	.291	.161	.620	.405		.642	.025
個數	12	12	12	12	12	12	12
BOD Pearson 相關	.103	-.315	-.061	-.314	.150	1	-.161
顯著性 (雙尾)	.750	.319	.850	.320	.642		.617
個數	12	12	12	12	12	12	12
氯鹽 Pearson 相關	.024	-.512	-.151	-.320	.642*	-.161	1
顯著性 (雙尾)	.940	.089	.640	.311	.025	.617	
個數	12	12	12	12	12	12	12

*. 在顯著水準為0.05 時 (雙尾), 相關顯著。

附表 B28 U 型(夏季)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, 水溫, BOD, pH _b , 流速, DO ^a	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.908 ^a	.824	.612	.004288	2.226

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 水溫, BOD, pH, 流速, DO

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.000	6	.000	3.894	.079 ^a
	殘差	.000	5	.000		
	總和	.001	11			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 水溫, BOD, pH, 流速, DO

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	1.818	.963		1.889	.118		
	流速	.001	.001	.687	2.145	.085	.344	2.911
	水溫	-8.440E-05	.003	-.008	-.027	.980	.395	2.533
	pH	-.211	.099	-1.384	-2.129	.087	.083	11.996
	DO	.006	.006	.777	1.057	.339	.065	15.340
	BOD	-.003	.004	-.332	-.741	.492	.176	5.682
	氯鹽	-7.760E-06	.000	-.620	-.843	.438	.065	15.348

a. 依變數：腐蝕速率

附表B29 U型秋季鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

U秋敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	12	.048	.068	.05417	.006887
流速	12	5.5	17.4	13.450	3.4524
水溫	12	27.6	30.5	28.867	1.0351
pH	12	7.8	8.0	7.917	.0718
DO	12	4.1	5.5	4.875	.3769
BOD	12	.0	1.4	.883	.6548
氯鹽	12	17600	18400	18100.00	295.420
有效的 N (完全排除)	12				

U秋相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.330	.368	-.852**	-.671*	.489	-.643*
顯著性 (雙尾)		.295	.239	.000	.017	.107	.024
個數	12	12	12	12	12	12	12
流速 Pearson 相關	.330	1	.287	-.253	-.375	.250	-.093
顯著性 (雙尾)	.295		.365	.427	.230	.434	.774
個數	12	12	12	12	12	12	12
水溫 Pearson 相關	.368	.287	1	-.579*	-.364	.646*	.250
顯著性 (雙尾)	.239	.365		.048	.245	.023	.434
個數	12	12	12	12	12	12	12
pH Pearson 相關	-.852**	-.253	-.579*	1	.857**	-.845**	.257
顯著性 (雙尾)	.000	.427	.048		.000	.001	.420
個數	12	12	12	12	12	12	12
DO Pearson 相關	-.671*	-.375	-.364	.857**	1	-.860**	.057
顯著性 (雙尾)	.017	.230	.245	.000		.000	.860
個數	12	12	12	12	12	12	12
BOD Pearson 相關	.489	.250	.646*	-.845**	-.860**	1	.254
顯著性 (雙尾)	.107	.434	.023	.001	.000		.426
個數	12	12	12	12	12	12	12
氯鹽 Pearson 相關	-.643*	-.093	.250	.257	.057	.254	1
顯著性 (雙尾)	.024	.774	.434	.420	.860	.426	
個數	12	12	12	12	12	12	12

** . 在顯著水準為0.01時 (雙尾), 相關顯著。

* . 在顯著水準為0.05 時 (雙尾), 相關顯著。

附表 B30 U 型(秋季)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, DO, 流速, 水溫, BOD, pH ^a	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.974 ^a	.949	.887	.002316	1.707

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, DO, 流速, 水溫, BOD, pH

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.000	6	.000	15.371	.004 ^a
	殘差	.000	5	.000		
	總和	.001	11			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, DO, 流速, 水溫, BOD, pH

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	.874	.349		2.505	.054		
	流速	.000	.000	.065	.481	.651	.555	1.802
	水溫	.001	.001	.155	.715	.507	.218	4.594
	pH	-.089	.057	-.930	-1.578	.175	.030	33.787
	DO	-.005	.006	-.283	-.827	.446	.088	11.422
	BOD	-.006	.006	-.589	-1.108	.318	.036	27.421
	氯鹽	-6.325E-06	.000	-.271	-.879	.420	.108	9.264

a. 依變數：腐蝕速率

附表B31 U型(冬季)鋼板樁腐蝕樣本及相關分析

U冬敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
腐蝕速率	12	.048	.068	.05417	.006887
流速	12	5.5	17.4	13.450	3.4524
水溫	12	26.3	26.5	26.400	.0739
pH	12	8.00	8.10	8.0667	.04924
DO	12	3.4	5.5	4.675	.6890
BOD	12	.0	1.9	1.483	.6965
氯鹽	12	17500	18200	17758.33	231.432
有效的 N (完全排除)	12				

U冬相關

	腐蝕速率	流速	水溫	pH	DO	BOD	氯鹽
腐蝕速率 Pearson 相關	1	.330	.179	-.223	-.122	.080	.147
顯著性 (雙尾)		.295	.578	.485	.706	.804	.648
個數	12	12	12	12	12	12	12
流速 Pearson 相關	.330	1	.392	.230	-.335	-.088	.136
顯著性 (雙尾)	.295		.207	.472	.287	.785	.674
個數	12	12	12	12	12	12	12
水溫 Pearson 相關	.179	.392	1	.500	-.125	-.035	-.053
顯著性 (雙尾)	.578	.207		.098	.699	.913	.870
個數	12	12	12	12	12	12	12
pH Pearson 相關	-.223	.230	.500	1	.616*	.592*	-.213
顯著性 (雙尾)	.485	.472	.098		.033	.043	.507
個數	12	12	12	12	12	12	12
DO Pearson 相關	-.122	-.335	-.125	.616*	1	.870**	-.560
顯著性 (雙尾)	.706	.287	.699	.033		.000	.058
個數	12	12	12	12	12	12	12
BOD Pearson 相關	.080	-.088	-.035	.592*	.870**	1	-.450
顯著性 (雙尾)	.804	.785	.913	.043	.000		.142
個數	12	12	12	12	12	12	12
氯鹽 Pearson 相關	.147	.136	-.053	-.213	-.560	-.450	1
顯著性 (雙尾)	.648	.674	.870	.507	.058	.142	
個數	12	12	12	12	12	12	12

*. 在顯著水準為0.05 時 (雙尾), 相關顯著。

**. 在顯著水準為0.01時 (雙尾), 相關顯著。

附表B32 U型(冬季)鋼板樁腐蝕迴歸分析

選入/刪除的變數^b

模式	選入的變數	刪除的變數	方法
1	氯鹽, 水溫, 流速, BOD, pH, DO ^a	.	選入

a. 所有要求的變數已輸入。

b. 依變數：腐蝕速率

模式摘要^b

模式	R	R 平方	調過後的 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson 檢定
1	.968 ^a	.937	.862	.002558	1.729

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 水溫, 流速, BOD, pH, DO

b. 依變數：腐蝕速率

變異數分析^b

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	.000	6	.000	12.449	.007 ^a
	殘差	.000	5	.000		
	總和	.001	11			

a. 預測變數：(常數), 氯鹽, 水溫, 流速, BOD, pH, DO

b. 依變數：腐蝕速率

係數^a

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性	共線性統計量	
		B 之估計值	標準誤	Beta 分配			允差	VIF
1	(常數)	-1.086	.342		-3.176	.025		
	流速	.002	.000	1.056	5.786	.002	.377	2.655
	水溫	.122	.019	1.303	6.476	.001	.310	3.229
	pH	-.332	.043	-2.377	-7.698	.001	.132	7.598
	DO	.025	.005	2.453	5.094	.004	.054	18.483
	BOD	-.001	.003	-.106	-.392	.711	.171	5.848
	氯鹽	2.659E-05	.000	.893	5.210	.003	.427	2.344

a. 依變數：腐蝕速率