105-050-7882
MOTC-IOT-104-H1DA002

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(1/2)

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 105 年 5 月

105-050-7882
MOTC-IOT-104-H1DA002

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(1/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、羅建明

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 105 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究.
(1/2) / 陳桂清, 柯正龍, 羅建明著. -- 初版. -- 臺北
市 : 交通部運研所, 民 105.05
面 ; 公分
ISBN 978-986-04-8579-0(平裝)

1.港埠管理 2.管理資訊系統

557 105006902

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(1/2)

著　　者：陳桂清、柯正龍、羅建明
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：10458 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)26587188
出版年月：中華民國 105 年 5 月
印 刷 者：九易數碼科技印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定　　價： 300 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：1010500629　　ISBN：978-986-04-8579-0 (平裝)

105

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(1/2)

交通部運輸研究所

GPN：1010500629
定價：300 元

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(1/2)</td></tr>
<tr><td>國際標準書號
ISBN978-986-04-8579-0（平裝）</td><td>政府出版品統一編號
1010500629</td><td>運輸研究所出版品編號
105-050-7882</td><td>計畫編號
104-H1DA002</td></tr>
<tr><td colspan="3">主辦單位：港灣技術研究中心
主管：邱永芳
計畫主持人：陳桂清
研究人員：柯正龍、羅建明
參與人員：陳毓清、王欣郁、李昭明、何木火、陳義松、李春榮
聯絡電話：04-26587188
傳真號碼：04-26564418</td><td>研究期間
自 104 年 01 月
至 104 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：耐久性、腐蝕、港灣設施、維護管理系統</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
臺灣屬於亞熱帶氣候，常有颱風侵襲，所引起的暴潮及波浪對於港灣設施常會造成損壞。且因環境高溫、高濕與高鹽份，大氣中亦充滿著各類氣體諸如SOx、NOx、PM(細懸浮顆粒)….等污染的結果，隨時間增加逐漸造成材料劣化銹蝕，終致嚴重損壞崩塌，常無法修護而必須花數倍乃至數十倍的經費來重建。
本計畫研究期程為2年期，分為兩個子計畫執行，子計畫1:「金屬材料大氣腐蝕環境分類調查」與子計畫2:「港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理」。前者將進行臺灣全島金屬材料大氣腐蝕劣化因子調查及大氣腐蝕環境分類，建置大氣腐蝕環境分類系統並開放供各界查詢；後者則以國內港區(口)之碼頭及防波堤等港灣設施為研究對象，主要工作為現況調查與檢測評估、維修工法、維護機制、管理系統…等等，以利於港灣構造物邁向檢測及管理自動化。
成果效益：
1. 大氣腐蝕試驗成果，可提供鐵公路、港務及相關單位作為金屬材料選用依據，確保公共工程達到防蝕設計年限。
2. 碼頭現況調查成果可供港務單位於維護管理參考，檢測方法與實施流程可用於碼頭設施維護管理作業與本所後續相關研究參考。
3. 在經濟效益上，掌握碼頭與橋梁及其他公共工程之劣化異狀，有效維護或採用適當防蝕設計，減少資源與經費浪費。
提供政府單位應用情形：
1.「臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統」，已推廣至鐵公路、港務及相關單位使用。
2.碼頭現況調查成果，已建置於「港灣構造物維護管理系統」，可提供航港局推動港灣構造物之維護管理政策規劃使用。
3.所建置資料庫含各港圖文屬性資料，可提供本所及公路、港務單位研究分析、開發規劃之需用。</td></tr>
<tr><td colspan="4">
<table>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本 出 版 品 取 得 方 式</td></tr>
<tr><td>105 年 5 月</td><td>468</td><td>300</td><td>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。</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td colspan="4">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</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。</td></tr>
</table>

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

TITLE: Corrosion Environmental Classification and Field Surveying on Harbor Structures (1/2)

ISBN	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-04-8579-0 (pbk)	1010500629	105-050-7882	104-H1DA002

DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER
DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Kuei-Ching Chen
PROJECT STAFF: Jeng-Long Ko, Chien-Ming Lo
PROJECT TECHNICIAN: Y. Q. Chen, H.Y. Wang, Z. M. Lee, M. H. He, Y. S. Chen,C. R. Lee.
PHONE: 04-26587188
FAX: 04-26564418

PROJECT PERIOD
FROM January 2015
TO December 2015

KEY WORDS: durability, corrosion, port facility, maintenance management system

Abstract:

Taiwan locates at sub-tropic climates zone with many typhoons which caused huge wave surges attacking harbor facilities and resulted damages seriously. Moreover, high temperature, humidity, salinity and Sox, NOx, PM of air polluted around island, metals are more easily corroded and speeding up structures collapsed. A large budget is needed to rebuild.

The study is a two-year period project that divided as two sub-projects to be executed. Sub-project 1 dealt with “Study of metals atmospheric corrosion investigation and its environmental classification”, sub-project 2 was “Field inspection and maintenance management of harbor wharf and embankment”. The former tasks were included field surveying of corrosion rates, influence factors and a database system of atmospheric corrosion and its classified environments. The latter issue was mainly focused on field inspection of harbor facilities. And jobs were included field surveying and its safety evaluation, maintenance methods and management.

Benefits and applications:

The study achievements would offer Harbor Company to draw up a facilities maintenance strategy. The inspecting methods and procedures in the study could also be applied in harbor-facilities management system, and will lead to further study. In addition, results obtained from atmospheric metals corrosion field surveying could also provide selecting appropriate metals construction material and meet their local corrosion environmental requirements. Thus, it could assure all public engineering constructions such as bridge, harbor structures to meet the life-service design or even longer, and avoid or reduce engineering tragedies happen. It would also reduce social cost and enhance economic efficiency.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
May 2016	468	300	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(1/2)

目　錄

圖 目 錄

表 目 錄

第一章　緒論

臺灣屬於亞熱帶氣候，常有颱風侵襲，所引起的暴潮及波浪對於港灣設施常會造成損壞。且因環境高溫、高溼與高鹽份，大氣中亦充滿著各類氣體諸如 SOx、NOx、PM(細懸浮顆粒)….等污染的結果，隨時間增加逐漸造成材料劣化銹蝕，終致嚴重損壞崩塌，常無法修護而必須花數倍乃至數十倍的經費來重建。

台灣對外經貿運輸主要以海運為主，港埠設施之完善、營運正常與安全，攸關貨物之流暢與經濟發展。根據國家科技發展總目標之強化知識創新體系、創造產業競爭優勢、促進國家永續發展目標，經建會規劃之亞太海運轉運中心，增強台灣作為亞太地區商業中心的功能，港灣設施功能扮演重要關鑑角色。因此，如何提升港灣設施之建設、工程品質與耐久性，以及維護、管理與安全極為重要，自不言可喻。

國內五大國際港埠建造使用已久，部份設施諸如碼頭、防波堤…等，已日益呈現老舊、損壞等問題，而新建碼頭…等之需求則已趨飽和。因此，如何掌握現有設施的現況，做最有效率之使用，降低或防止設施營運停頓之損失，乃為管理者必然思維的重點。換言之，維護管理機制之建立，必為未來港務公司刻不容緩之重要課題，方能達成其永續經營。

歷年來，國內公共工程建設常引用國外規範來設計，由於國外與國內環境並不相同，結果許多設施常有未及設計年限，就已發生嚴重劣化，終致損壞。有鑑於此，進行全台灣地區之大氣腐蝕因子的調查試驗，建立一完整屬於本土區域真實的腐蝕環境分類與數據，對國內陸上及港灣構造物之防蝕設計與耐久性之提升，有其重要性。同時藉由構造物現況及大氣環境因子調查，了解構造物劣化損壞之狀況及探究其發生之機理，並依據材料在大氣腐蝕環境分類特性及現況檢測與評估結果，選用適當之維修工法與維修材料，以建立維護管理策略。

本計畫包含兩子計畫；分別為子計畫 1:「金屬材料大氣腐蝕環境分類調查」及子計畫 2:「港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理」。前者將進行臺灣全島金屬材料大氣腐蝕劣化因子調查及大氣腐蝕環境分類，依據中國國家標準(CNS)製作碳鋼、鋅、銅、鋁等金屬標準試片，進行現地暴露試驗、腐蝕速率量測與港區水質分析等工作，成果並建置於大氣腐蝕環境分類系統網站，提供鐵路、公路、港灣及相關單位等材料選用之依據；後者則以國內國際商港與其輔助港口之碼頭及防波堤等港灣設施為研究對象，主要工作包括鋼筋混凝土及鋼構造物之現況調查與檢測評估、研擬維修工法、修訂維護管理制度、系統及手冊等，以利於構造物邁向檢測及管理自動化作業，提供未來設計與維護之參考依據。

計畫為 2 年期之研究，期程自民國 104 年至 105 年止，內容大致延續多年來的研究主軸，期能建置一套完整之維護管理機制，以利於日後港灣設施之維護管理。本年(104 年)為計畫執行之第 1 年，各子計畫完成項目簡述如下：子計畫(1)大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究：持續進行臺灣地區大氣腐蝕因子每一季節試樣之佈放試驗與分析、港區海水水質分析、金屬試片海水下曝放試驗、大氣腐蝕環境資訊系統修訂等工作。子計畫(2)港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理：完成金門港(料羅、水頭及九宮)碼頭與防波堤之現況調查與檢測評估，建置金門港港灣構造物維護管理系統，提供金門縣港務處參考應用；協助港務分公司完成臺中港 29 及 30 號碼頭、蘇澳港 8 至 13 號碼頭現況調查、防蝕措施效能檢測與研提改善對策；精進擴充基隆港港灣構造物維護管理系統內容至臺北港與蘇澳港，完成系統及手冊修訂、構造物巡查等工作。

第二章 研究計畫概述

2.1 計畫時程

本計畫研究期程為 2 年，研究內容規劃為兩個子計畫進行，自民國 104 年 1 月起至民國 105 年 12 月止，子計畫之研究內容分別簡述於 2.2 節中。

2.2 計畫摘要與研究內容

2.2.1 子計畫(一)：金屬材料大氣腐蝕環境分類調查

2.2.1.1 計畫摘要

臺灣為一海島，四面環海，高溫、高溼與高鹽份的環境，大氣中亦充滿著各類氣體諸如 SOx、NOx、PM(細懸浮顆粒)….等污染的結果，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常引用國外大氣腐蝕數據進行腐蝕速率評估與防蝕設計，結果常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形；有鑑於此，本土大氣腐蝕因子的調查與掌握，對陸上土建構物尤其是金屬結構物之耐久性與防蝕設計之須求，有其重要性。

臺灣缺乏完整的本土大氣腐蝕因子資料庫。自 1971 年起，國內許多研究單位曾陸續以金屬試片做為腐蝕速率的量測方式，進行臺灣大氣腐蝕環境分類，然而因試驗場址維護不易，各地區均無持續 10 年以上的腐蝕數據，且相關研究止於 1995 年。隨著時空、全球氣候變遷與國內工業持續高度發展，為達到結構物耐久性與防蝕設計須求，若仍引用過時且不完整之調查數據，對結構物之耐久性與腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮；臺灣近 10 年來並無任何單位進行全島區域之大氣腐蝕因子之調查與研究，因此進行當前大氣環境腐蝕因子的調查與研究，有其急迫性與必要性。

本計畫延續前期研究主軸為一長期且持續性之研究工作，主要工作項目為大氣環境腐蝕因子調查與資料庫的建立，藉由長期之現地試驗數據之資料分析將可完成臺灣大氣腐蝕環境分類，以作為新建與既有結構物耐久性與防蝕設計及維護管理之參考。

2.2.1.2 研究內容

第 1 年（民國 104 年）工作內容：

1. 國內外大氣腐蝕文獻蒐集研析。
2. 大氣腐蝕因子調查：試樣現地曝露試驗、氣象因子蒐集、氯鹽(Cl^-)與二氧化硫(SO_2)附著量等調查。
3. 陸上曝露試驗：以碳鋼、鋅、鋁、銅四種螺旋線材，進行長期試驗。
4. 海水水質調查：選定重要港區之海水水質化性與物性調查。
5. 海水曝露試驗：於重要港區海水(面)下，進行金屬長期曝露試驗。
6. 資料蒐集與分析：依現地取樣與試驗調查結果，彙整分析歷年趨勢。
7. 資訊系統與資料庫建置：修訂及更新擴增大氣腐蝕環境分類系統、腐蝕因子資料庫。
8. 腐蝕因子資料年報撰寫：出版 104 年大氣腐蝕因子資料年報。

第 2 年（民國 105 年）工作內容：

1. 國內外大氣腐蝕文獻蒐集研析。
2. 大氣腐蝕因子調查：試樣現地曝露試驗、氣象因子蒐集、氯鹽(Cl^-)與二氧化硫(SO_2)附著量等調查。
3. 陸上曝露試驗：以碳鋼、鋅、鋁、銅四種螺旋線材，進行長期試驗。
4. 海水水質調查：選定重要港區海水水質之化性與物性調查。

5. 海水曝露試驗：於重要港區海水(面)下，進行金屬長期曝露試驗。

6. 資料蒐集與分析：依現地取樣與試驗調查結果，彙整分析歷年趨勢。

7. 資訊系統與資料庫建置：修訂及擴增大氣腐蝕環境分類系統、腐蝕因子資料庫。

8. 腐蝕因子資料年報撰寫：出版 105 年大氣腐蝕因子資料年報。

2.2.2 子計畫(二)：港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理

2.2.2.1 計畫摘要

臺灣四面環海為一典型海島氣候，地處環太平洋地震帶上，地震發生頻繁，加上每年颱風侵襲不斷，港灣構造物處於此巨大外力衝擊與海水鹽份浸泡等惡劣環境下，甚易造成港工構材諸如鋼板樁腐蝕、混凝土劣化、強度損失以及內部鋼筋腐蝕、斷裂等之破壞現象，對構造物之耐久性與安全性威脅甚大。

近十數年來，全球溫室氣體效應，造成氣候極端變遷，國內風災規模劇烈、地震頻傳，許多公共工程諸如交通設施，屢遭襲擊，一夕之間不是倒塌就是受損嚴重，結構物面臨岌岌可危，安全堪慮的窘境。臺灣對外經貿運輸主要以海運為主，港埠設施之完善、營運正常與安全，攸關貨物之流暢與經濟發展。自民國 88 年 921 大地震以及民國 98 年 8 月之莫拉克颱風所造成之八八水災等之大小災襲後，造成各大商、漁港之碼頭、防波堤等設施及臨近濱海地區之建物陸續發生損壞，例如台中港區碼頭後線土壤液化與倉庫建物等嚴重損毀、基隆港區數座鋼板(管)樁碼頭之腐蝕破損(洞)、蘇澳港區之南外廓防波堤沉箱之掏空塌陷、花蓮港新東防波堤胸牆之嚴重損毀，屏東沿海地區河川出海口堤防破損、林園之雙園大橋斷橋、林邊大橋瀕臨沖毀斷裂等，或其它突發性無預警之損壞事例，不時持續出現。因此，港灣結構物以及其鄰近濱海地區之建物橋樑等公共設施之現況是否安全堪用，必需明確

瞭解，俾採必要之防範措施。

依據　交通部「重建國際門戶，提升國家競爭力」及「推動永續綠運輸，符合節能減碳」等 2 大施政方向，臺灣地區主要工商港口為達現階段重建臺灣在東亞運輸樞紐地位及再造臺灣 21 世紀競爭力之目的，必須強化其港灣設施之使用效能，以提升其服務能量與品質，方能重塑國際港埠核心價值，並促進地方發展。近十數年來，臺灣本島五大商港區之碼頭結構物現況調查，已陸續進行中。相對於離島地區之港灣設施，諸如澎湖馬公與金門碼頭之狀況，多年來都未曾進行調查與資料檔案建置，因此，本子計畫特別加入離島地區之港灣設施現況做為調查重點。相關研究內容如下；

2.2.2.2 研究內容

第 1 年（民國 104 年）工作內容：

1. 國內外相關研究文獻及規範蒐集。
2. 既有檢測程序精進之研析：以金門料羅、水頭及九宮三港區碼頭與防波堤等港灣設施為例。
3. 檢測程序（機制）與構造物劣損評估項目之落實檢討。
4. 港灣設施修復工法之探討
5. 港灣構造物維護管理系統之精進與落實應用：建置金門料羅、水頭及九宮三港區及精進及擴充基隆港(含臺北港與蘇澳港) 之港灣構造物維護管理系統

第 2 年（民國 105 年）工作內容：

1. 國內外相關研究文獻及規範蒐集。
2. 既有檢測程序之精進：臺中港等碼頭與防波堤等港灣設施為例。

3. 檢測程序（機制）與構造物劣損評估項目之落實檢討。

4. 港灣設施修復工法之探討。

5. 港灣構造物維護管理系統之精進與落實應用：建置臺中港之港灣構造物維護管理系統。

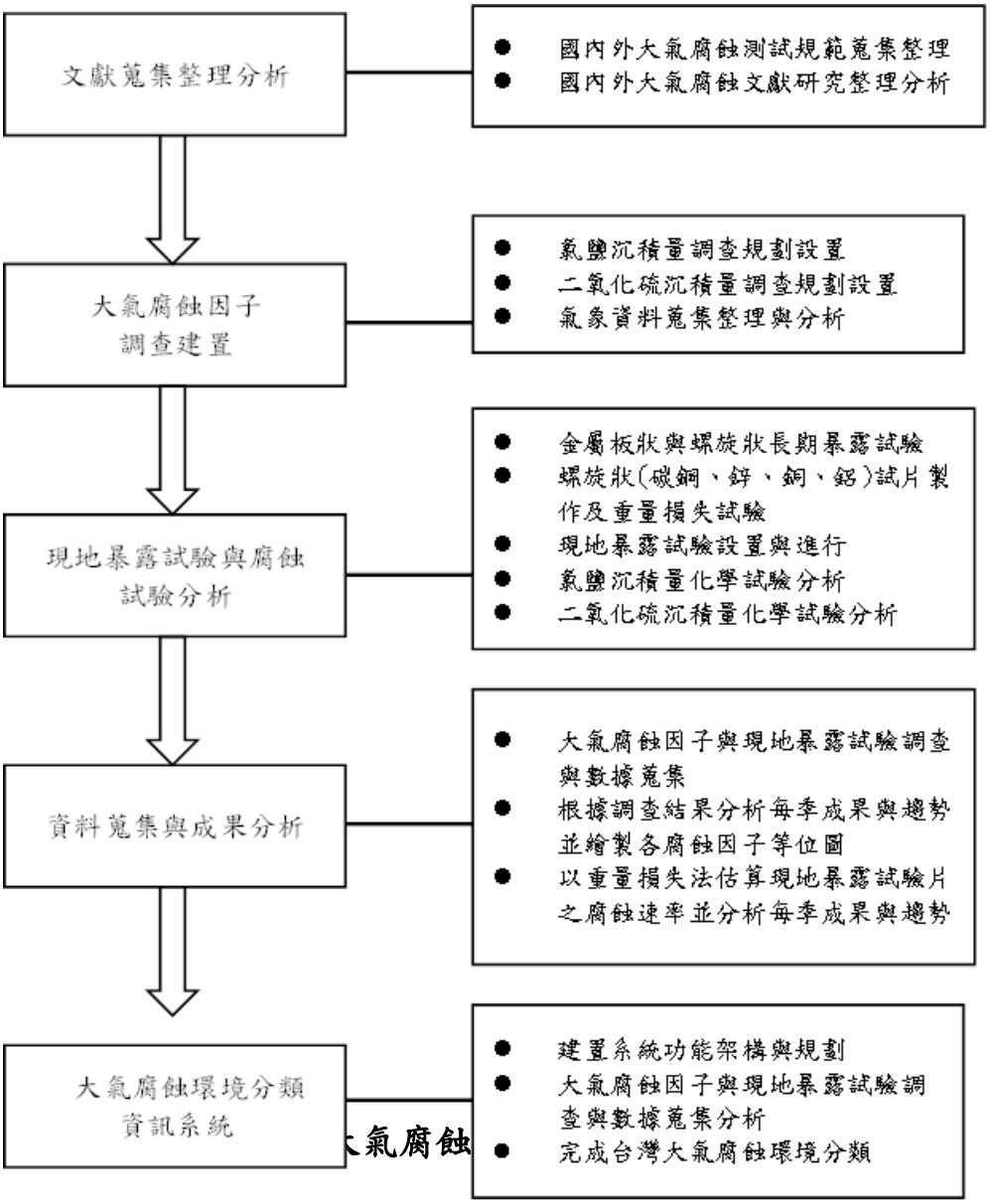
第三章 大氣腐蝕因子與現地暴露試驗

臺灣為一海島，四面環海，高溫、高溼與高鹽份的環境，加上空氣污染的結果，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常引用國外大氣腐蝕數據進行腐蝕速率評估與防蝕設計，結果常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形；有鑑於此，大氣腐蝕因子的調查與掌握對金屬與鋼筋混凝土結構物耐久性防蝕設計的影響，有其重要性。

然而臺灣缺乏完整的本土化大氣腐蝕因子資料庫。自 1971 年起，國內各研究單位曾陸續以試片腐蝕速率的量測方式進行臺灣大氣腐蝕環境分類，然而因試驗場址維護不易，各地區鮮少有持續 10 年以上的腐蝕數據，且大部份的研究亦止於 1995 年。隨著氣候變遷與工業的發展，為達到結構物耐久性防蝕設計的目的，目前若仍引用過去腐蝕因子之調查數據，腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮；有鑑於此，本所乃自 2007 年起至今規劃「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，擬長期針對臺灣全島區域進行大氣腐蝕劣化因子調查，完成臺灣大氣腐蝕環境的分類工作，並根據調查結果建立大氣腐蝕環境分類資料庫，規劃一適合國內環境需求的大氣腐蝕劣化因子查詢系統，以作為日後新建與既有金屬及鋼筋混凝土結構物之防蝕設計與維護管理的依據。

3.1 研究方法及進行步驟

本計畫主要工作項目為大氣環境腐蝕因子調查與腐蝕環境分類資料庫的建立，研究流程如圖 3.1 所示。



3.2 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析

將國內外大氣腐蝕測試之相關規範與文獻，包括 ISO、ASTM、CNS 等，整理分析相關要點與腐蝕速率估算方式。此外，針對國內各研究單位過去執行之大氣腐蝕調查數據進行分析，比較臺灣過去與目前大氣腐蝕因子與腐蝕速率變化的趨勢，獲得適用於本土環境大氣腐蝕防蝕應用之依據。

3.3 大氣腐蝕因子調查建置

大氣腐蝕因子調查項目包括相對溼度、氯鹽(Cl^-)與二氧化硫(SO_2)沉積量之調查。相對溼度屬於氣象因子數據，由中央氣象局與相關研究單位之調查資料蒐集分析。

3.3.1 氯鹽沉積速率調查

本研究試驗場址(點)的選定包含垂直海岸線與平行海岸線之規劃，且具有腐蝕環境分類之代表性(如海洋區、工業區、城市區、鄉村區、鐵公路沿線等)，選擇方式如下：

1. 以中央氣象局設有氣象站之附近區域為佳，如此可取得最接近、最相似的氣象變化資料。
2. 足以代表本島特殊氣候的不同類型氣候區，如鹽害區、受季風影響最嚴重的氣候區、交通頻繁之都市地區、工業區、或鹽害與硫害較為輕微但相對溼度與溫度變化較大的山地氣候區等。
3. 本島工程建設較多、人口與橋梁數量較為密集的地區，如西部路廊。
4. 濱海氣候區。

為選擇長期、固定及安全的試驗場址，本計畫協調交通部港務局、交通部公路總局、交通部鐵路管理局、行政院海岸巡防署海岸巡防總局、經濟部工業局工業區服務中心、內政部營建署國家公園管理處、臺灣高速鐵路股份有限公司、臺北自來水事業處、臺灣電力公司、臺灣中油公司、中鋼公司、臺塑石化股份有限公司與學校，於各機關所屬單位內設置大氣腐蝕試驗裝置，合計共有 88 個試驗點。其中，氯鹽沉積量調查有 61 個試驗點，二氧化硫沉積量調查有 50 個試驗點，現地暴露試驗調查共有 88 個試驗點。

3.3.2 氯鹽沉積速率試驗點

本研究以垂直海岸線落鹽量之調查，自距離海岸線 3 km 為邊界，即垂直海岸線試驗點的佈設以離海岸線距離，朝內陸沿一條直線設置，每條測線以離海岸線算起，分別約於臨海、100m、300m、1 km、3 km 之距離處設置試驗點。全島共規劃 8 條調查路線，設置站址共 41 處，如下：

(1) 東北季風海域(基隆)：基隆試驗線，包括碧砂安檢所 1 處、海洋大學 1 處共 2 處。

(2) 西北季風海域(桃園)：桃園試驗線，包括大潭電廠 2 處與觀音工業區 1 處，共 3 處。

(3) 中部地區海域(臺中)：臺中港試驗線，包括臺中港區內 1 處、港研中心 1 處與市區民宅 1 處，共 3 處。

(4) 中部工業區海域(雲林)：臺塑六輕麥寮工業區試驗線，包括六輕工業區內 5 處。

(5) 西南部地區海域(高雄)：高雄港試驗線，包括高雄港區內 4 處與過港隧道管理中心 1 處，共 5 處。

(6) 南部地區海域(恆春)：核三廠試驗線，包括核三廠區內 4 處共 4 處。

(7) 東北部地區海域(宜蘭)：蘇澳港試驗線，包括蘇澳港區內 2 處、蘇澳市區民宅 1 處與龍德工業區 1 處，共 3 處。

(8) 東部地區海域(花蓮)：花蓮港試驗線，包括花蓮港區內 2 處、市區加油站 1 處共 3 處。

(9) 外島地區(金門):金門水頭商港 1 處。

另外為使試驗點之數據可作內插推算，於上述調查路線之垂直方向，即沿臺灣南北向再規劃西部二條、東部一條試驗線。臺灣西部之試驗線一為西部濱海沿線，另一則為臺灣高鐵沿線；西部濱海沿線試驗點包括：臺北港監測站、桃園永安安檢所、新竹漁港安檢所、臺電

通霄電廠、苗栗外埔安檢所、臺中五甲安檢所、臺電臺中電廠、彰濱工業區、彰化王功安檢所、嘉義東石安檢所、臺南成大安南校區水工試驗所、高雄興達火力電廠、中鋼公司，共 13 個試驗點；高鐵沿線車站試驗點則包括高鐵臺中站、嘉義站、左營站，共 3 個試驗點。臺灣東部濱海公路沿線之試驗點包括：宜蘭梗枋安檢所、宜蘭南澳安檢所、花蓮太魯閣國家公園管理處、花蓮橄仔樹安檢所、花蓮石梯安檢所、臺東東河金樽安檢所、臺東富崗伽蘭安檢所、臺東尚武安檢所，共 8 個試驗點。

在對照組方面，選擇臺灣距離海岸線較遠之山區或公路佈設試驗點，規劃之試驗點包括臺北市陽明山國家公園管理處、北橫公路(公路總局第一區養護工程處復興工務段)、阿里山(公路總局第五區養護工程處阿里山工務段)等 3 個試驗點。此外，都會地區於臺北市設置 1 個試驗點及今年 4 月新設置外島地區金門水頭商港 1 個試驗點。

綜言之，氯鹽沉積速率的調查位置共有 61 個試驗點，相關涵蓋區域與試驗點所屬環境分類如表 3-1 所示，分佈如圖 3.2 所示。圖 3.2 中，紅色字樣表示垂直海岸線規劃的調查路線共 33 個試驗點，藍色字樣為 24 個平行海岸線之試驗點，綠色字樣則表示 3 個參考對照試驗點；各試驗點之安裝與四次採樣時間如表 3-2 所示。

表 3-1 氯鹽沉積速率調查試驗點規劃分類表

試驗線(點)規劃		所在地區	環境分類
垂直海岸線之試驗線	基隆試驗線	基隆市	海洋環境、鄉村環境
	桃園試驗線(大潭電廠)	桃園縣觀音鄉	海洋環境、鄉村環境
	臺中港試驗線	臺中市梧棲區、沙鹿區	海洋環境、鄉村環境
	臺塑六輕試驗線	雲林縣麥寮鄉	海洋環境、工業環境
	高雄港試驗線	高雄市	海洋環境、都市環境
	核三廠試驗線	屏東縣恆春鎮	海洋環境、鄉村環境
	蘇澳港試驗線	宜蘭縣蘇澳鎮	海洋環境、鄉村環境
	花蓮港試驗線	花蓮市、花蓮縣吉安鄉	海洋環境、鄉村環境
	臺東成功漁港試驗線	臺東縣成功鎮	海洋環境、鄉村環境
西部濱海沿線規劃試驗點	樹林工業區	新北市樹林工業區	工業環環
	臺北港監測站	新北市淡水	都市環境
	陽明山硫磺區	臺北市北投區	都市環境
	竹南工業區	苗栗縣竹南鎮	工業環境
	頭份工業區	苗栗縣頭份鎮	工業環境
	工研院	新竹縣	都市環境
	新竹工業區	新竹縣湖口鄉	工業環境
	觀音工業區(服務中心)	新北市觀音	工業環境
	新竹漁港	新竹縣	海洋環境、鄉村環境
	永安安檢所	新北市新屋鄉	鄉村環境
	平鎮工業區	桃園縣平鎮市	工業環境
	臺電通霄電廠	苗栗縣霄電鎮	海洋環境、工業環境
	苗栗外埔安檢所	苗栗縣後龍鎮	海洋環境
	臺中五甲安檢所	臺中市大安區	海洋環境、鄉村環境
	臺電臺中電廠	臺中市	海洋環境、工業環境
	福興工業區	彰化縣福興鄉	海洋環境、工業環境
	南崗工業區	南投縣	工業環境
	大里工業區	臺中市大里工業區	工業環境
	臺中工業區	臺中市	都市環境
	關聯工業區	臺中市梧棲區	海洋環境、鄉村環境
	彰濱工業區	彰化縣	海洋環境、工業環境
	彰化王功安檢所	彰化縣芳苑鄉	海洋環境

試驗線(點)規劃		涵蓋地區	環境分類
西部濱海沿線規劃試驗點	嘉義東石安檢所	嘉義縣東石鄉	海洋環境
	朴子工業區	嘉義縣朴子工業區	工業環境
	斗六工業區	雲林縣斗六市	工業環境
	臺南水工試驗所	臺南縣安南區	海洋環境、鄉村環境
	安平工業區	臺南市安平工業區	工業環境
	官田工業區	臺南市官田區	工業環境
	高雄縣興達火力電廠	高雄市永安鄉	海洋環境、工業環境
	中鋼公司	高雄市小港區	工業環境
	林園工業區	高雄市林園區	工業環境
	鳳山工業區	高雄市鳳山區	工業環境
	大發工業區	高雄市大寮鄉	工業環境
	高雄煉油廠	高雄市楠梓區	工業環境
	永安工業區	高雄市岡山鎮	工業環境
	屏東工業區	屏東市	工業環境
	臺中站	臺中市烏日鄉	都市環境
	嘉義站	嘉義縣太保市	鄉村環境
	左營站	高雄市	都市環境
東部濱海沿線規劃試驗點	和平工業區	花蓮縣秀林鄉	海洋環境
	宜蘭梗枋安檢所	宜蘭縣頭城鎮	海洋環境
	美崙工業區	花蓮市	海洋環境
	宜蘭南澳安檢所	宜蘭縣蘇澳鎮	海洋環境
	花蓮太魯閣國家公園管理處	花蓮縣秀林鄉	鄉村環境
	花蓮橄仔樹安檢所	花蓮市	海洋環境
	花蓮石梯檢所	花蓮縣豐濱鄉	海洋環境
	臺東金樽安檢所	臺東縣東河鄉	海洋環境
	臺東伽蘭安檢所	臺東市	海洋環境
	臺東尚武安檢所	臺東縣大武鄉	海洋環境
對照組試驗點	臺北市陽明山國家公園管理處	臺北市	鄉村環境
	公路總局第一區養護工程處復興工務段	新北市復興鄉	鄉村環境
	臺北自來水事業處	臺北市	都市環境
	金門水頭商港	金門縣	海洋環境

表 3-2 氯鹽沉積採集器安裝與採樣時間紀錄表

項次	試驗地點	安裝日期	第一次採樣	第二次採樣	第三次採樣	第四次採樣
1	基隆試驗線 0m	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
2	基隆試驗線 100m	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
3	梗枋安檢所	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
4	龍德工業區	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
5	蘇澳港試驗線 0m	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
6	蘇澳港試驗線 100m	無	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
7	蘇澳港試驗線 300m	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
8	南澳安檢所(朝陽)	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
9	太魯閣國家公園	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
10	花蓮港試驗線 0m	無	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
11	花蓮港試驗線 100m	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
12	花蓮港試驗線 300m	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
13	橄仔樹安檢所	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
14	石梯安檢所	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
15	成功試驗線 0m	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
16	金樽安檢所	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
17	伽蘭安檢所	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
18	尚武安檢所	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
19	核三廠試驗線 0m	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
20	核三廠試驗線 100m	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
21	核三廠試驗線 300m	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
22	核三廠試驗線 1Km	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
23	中鋼公司	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
24	高雄港試驗線 0m	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
25	高雄港試驗線 100m	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
26	高雄港試驗線 300m	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
27	高雄港試驗線 1Km	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
28	高雄港試驗線 3Km	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
29	高鐵左營站	2014/10/3	2014/12/26	2015/3/27	2015/6/26	2015/10/2
30	興達火力電廠	2014/10/1	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/17	2015/9/23

項次	試驗地點	安裝日期	第一次採樣	第二次採樣	第三次採樣	第四次採樣
31	成大水工所	2014/10/2	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/18	2015/9/21
32	東石安檢所	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/23	2015/6/15	2015/9/21
33	高鐵嘉義站	2014/10/3	2014/12/26	2015/3/27	2015/6/26	2015/10/2
34	臺塑六輕試驗線 0m	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
35	臺塑六輕試驗線 100m	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
36	台塑六輕試驗線 300m	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
37	台塑六輕試驗線 1Km	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
38	台塑六輕試驗線 3Km	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
39	王功安檢所	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/22	2015/10/5
40	彰濱工業區	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/22	2015/10/5
41	高鐵臺中站	2014/10/3	2014/12/26	2015/3/27	2015/6/26	2015/10/2
42	臺中火力電廠	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/24	2015/10/5
43	臺中港試驗線 0m	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/23	2015/10/1
44	臺中港試驗線 100m	2014/9/15	2014/12/23	2015/3/23	2015/6/22	2015/9/21
45	臺中港試驗線 1Km	2014/9/12	2014/12/31	2015/3/23	2015/6/22	2015/10/1
46	五甲安檢所	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
47	通霄火力電廠	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
48	外埔安檢所	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
49	平鎮工業區	2014/9/15	2014/12/8	2015/3/9	2015/6/1	2015/9/7
50	桃園試驗線 0m	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
51	桃園試驗線 300m	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
52	桃園試驗線 1Km	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
53	臺北市區	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
54	陽明山國家公園	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
55	北橫巴陵	2014/9/15	2014/12/8	2015/3/9	2015/6/1	2015/9/7
56	阿里山	2014/9/22	2014/12/15	2015/3/16	2015/6/8	2015/9/14
57	東北角風景管理處	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
58	臺北港監測站	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
59	永安安檢所	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
60	新竹漁港	2014/9/17	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
61	金門水頭商港	2014/9/17	2014/12/17	2015/3/24	2015/6/1	2015/9/9

圖 3.2 氯鹽沉積速率調查位置

3.3.3 氯鹽沉積速率計算

本計畫參考 CNS 13754[2] (ISO 9225[3])金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)規範，安裝氯鹽採集裝置。氯鹽沉積量採集裝置是以濕燭法進行(如圖 3.3 及圖 3.4)，其原理為使用一個濕纖維織物表面，在已知面積的條件下暴露一段時間，再以化學分析法測定其氯鹽沉積量。計算所得之氯鹽沉積率，以 $mg/m^2/day$ 表示。

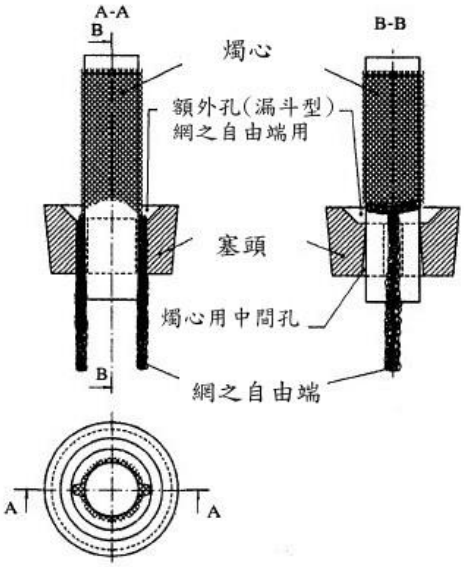


圖 3.3　濕燭法燭心構造示意圖 (CNS 13754)

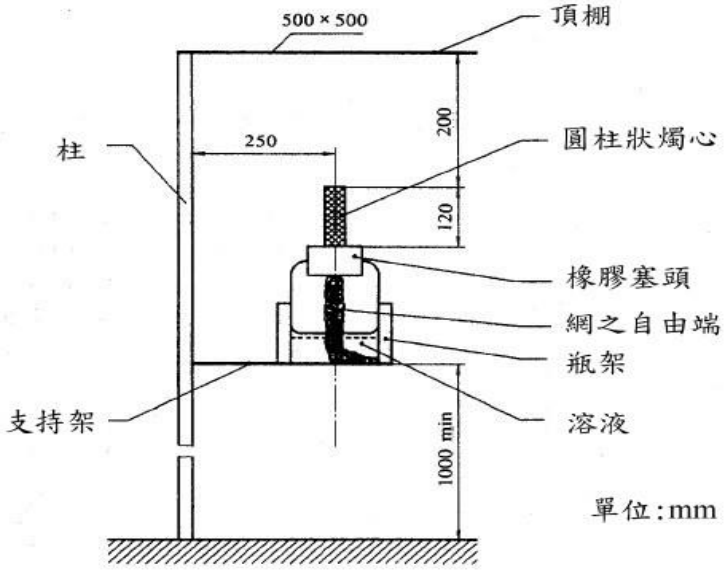


圖 3.4　濕燭法裝置構造圖 (CNS 13754)

各試驗點暴露後回收的紗布以定量的去離子水(約 50 ml)沖洗，再依環保署水中陰離子檢測方法–離子層析法(NIEA W415.52B)之離子層析儀測定水中之氯離子含量。氯鹽之沉積速率，$R(Cl^-)$ ($mg/m^2/day$)，依下式計算：

$$R(Cl^-) = \frac{m}{A \times t} \quad \text{.....} (3\text{-}1)$$

式中， $R(Cl^-)$= 氯化物沉積速率($mg/m^2/day$)

m=試樣溶液之氯離子總質量(mg)

A=暴露網表面積(m^2)

t=暴露時間，天(day)

3.4 二氧化硫沉積速率調查

3.4.1 調查試驗點

大氣中廢氣的污染程度決定了當地大氣的腐蝕性，若排放的廢氣中含有大量的 SO_2 與 H_2S，這些氣體在大氣中會形成酸雨，且當這些硫化物溶於水以水膜形式存在時，將會形成強腐蝕介質，加速金屬腐蝕。一般在石化廠、煉鋼廠、火力電廠等工業區與都市地區，大氣中均可能存在相當程度的硫化物；因此本研究針對二氧化硫沉積速率調查試驗點的佈設，主要以都市地區、工業地區、石化與火力電廠附近為主，並設置對照組，建置如下：

(1) 都市地區：臺北市，選取交通頻繁處，共 1 個試驗點。

(2) 工業地區：於表 3-3 中各工業區服務中心，共 31 個試驗點。

(3) 石化與火力電廠：高雄煉油廠、林園煉油廠、大潭 0m、大潭 300m、通霄、臺中、興達、核能三廠，共有 8 個試驗點。

(4) 臺灣西部南北縱向：高鐵沿線車站，地點包括高鐵臺中站、嘉義站、左營站，共有 3 個試驗點。

(5) 對照組：選擇臺灣距離海岸線較遠之山區或公路佈設試驗點，包括臺北市陽明山國家公園管理處、太魯閣國家公園管理處、北橫公路(公路總局第一區養護工程處復興工務段)、阿里山(公路總局第五區養護工程處阿里山工務段) 4 個試驗點及今年新增設外島地區金門(金門水頭商港) 1 個試驗點。此外，在硫磺區如陽明山淨水站亦有 1 個試驗點。

二氧化硫沉積速率調查位置共有 50 個試驗點（如圖 3.5 所示），包括都市地區 1 個試驗點，全臺工業區 31 個試驗點，石化與火力電廠 8 個試驗點，高鐵沿線 3 個試驗點，6 個參考對照試驗點與硫磺溫泉區 1 個試驗點。採樣調查時間如表 3-4 所示。

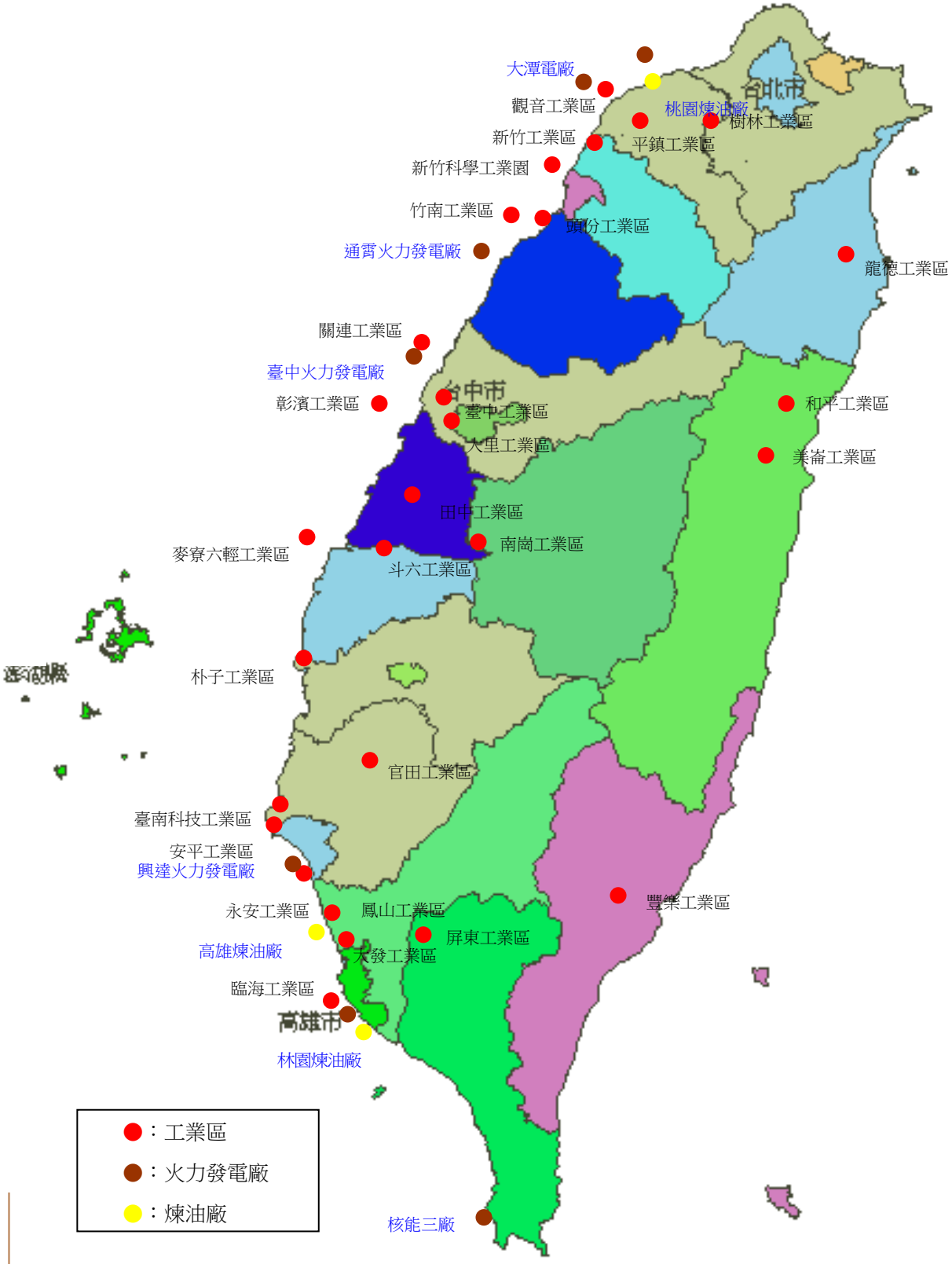


圖 3.5　二氧化硫沉積速率調查位置圖(工業區與石化、火力電廠)

表 3-3 二氧化硫沉積速率調查試驗點分佈表

縣(市)	環境分類(工業區、石化區、火力發電廠)
基隆市	基隆試驗線 3Km
新北市	樹林工業區、陽明山國家公園、陽明山硫磺區、臺北市區、臺北港監測站
桃園縣	觀音工業區、平鎮工業區、桃園試驗線 0m(大潭電廠)、桃園試驗線 300m(大潭電廠)、桃園試驗線 1Km、北橫巴陵
新竹縣	新竹工業區
新竹市	工業技術研究院
苗栗縣	頭份工業區、竹南工業區
臺中市	大里工業區、臺中港關連工業區
臺中市	臺中工業區、高鐵臺中站、臺中火力電廠、臺中港試驗線 100m、通霄火力電廠
南投縣	南崗工業區
彰化縣	彰濱工業區、田中工業區
雲林縣	臺塑六輕工業園區、斗六工業區
嘉義縣	朴子工業區、高鐵嘉義站、阿里山
臺南縣	官田工業區
臺南市	安平工業區、興達火力電廠、成大水工所、
高雄市	仁大工業區、永安工業區、鳳山工業區、大發工業區、中油林園廠、中鋼公司、高鐵左營站、高雄煉油廠、
屏東縣	屏東工業區
宜蘭縣	龍德工業區、東北角風景區
花蓮縣	和平工業區、太魯閣國家公園、
花蓮市	美崙工業區
臺東市	豐樂工業區
金門縣	金門水頭商港

表 3-4 二氧化硫沉積採集器安裝與採樣時間紀錄表

項次	試驗地點	安裝日期	第一次採樣	第二次採樣	第三次採樣	第四次採樣
1	基隆試驗線 3Km	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
2	龍德工業區	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
3	和平工業區	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
4	太魯閣國家公園	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
5	美崙工業區	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
6	豐樂工業區	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
7	屏東工業區	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
8	中油林園廠	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
9	中鋼公司	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
10	鳳山工業區	2014/9/30	2014/12/22	2015/3/23	2015/6/15	2015/9/22
11	大發工業區	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
12	高鐵左營站	2014/10/3	2014/12/26	2015/3/27	2015/6/26	2015/10/2
13	高雄煉油廠	2014/10/1	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/17	2015/9/23
14	永安工業區	2014/10/1	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/17	2015/9/23
15	興達火力電廠	2014/10/1	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/17	2015/9/23
16	安平工業區	2014/10/1	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/17	2015/9/21
17	成大水工所	2014/10/2	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/18	2015/9/21
18	官田工業區	2014/9/22	2014/12/15	2015/3/16	2015/6/8	2015/9/14
19	朴子工業區	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/23	2015/6/15	2015/9/21
20	高鐵嘉義站	2014/10/3	2014/12/26	2015/3/27	2015/6/22	2015/10/2
21	斗六工業區	2014/9/12	2014/12/31	2015/3/31	2015/6/22	2015/10/5
22	彰濱工業區	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/22	2015/10/5
23	田中工業區	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/24	2015/10/5
24	南崗工業區	2014/9/12	2014/12/31	2015/3/31	2015/6/24	2015/10/1
25	大里工業區	2014/9/12	2014/12/31	2015/3/31	2015/6/26	2015/10/1
26	高鐵臺中站	2014/10/3	2014/12/26	2015/3/27	2015/6/24	2015/10/2
27	臺中工業區	2014/9/12	2014/12/31	2015/3/31	2015/6/24	2015/10/1
28	臺中港關連工業區	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/24	2015/10/1
29	臺中火力電廠	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/22	2015/10/5
30	臺中港試驗線 100m	2014/9/15	2014/12/23	2015/3/23	2015/6/22	2015/9/21

項次	試驗地點	安裝日期	第一次採樣	第二次採樣	第三次採樣	第四次採樣
31	通霄火力電廠	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
32	竹南工業區	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
33	頭份工業區	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
34	工研院	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
35	新竹工業區	2014/9/18	2014/12/11	2015/3/12	2015/6/4	2015/9/10
36	平鎮工業區	2014/9/15	2014/12/8	2015/3/9	2015/6/1	2015/9/7
37	桃園試驗線 0m	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
38	桃園試驗線 300m	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
39	桃園試驗線 1Km	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
40	樹林工業區	2014/9/15	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
41	臺北市區	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
42	陽明山國家公園	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
43	陽明山硫磺區	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
44	北橫巴陵	2014/9/15	2014/12/8	2015/3/9	2015/6/1	2015/9/7
45	阿里山	2014/9/22	2014/12/15	2015/3/16	2015/6/8	2015/9/14
46	平鎮工業區(中心)	2014/9/15	2014/12/8	2015/3/9	2015/6/1	2015/9/17
47	觀音工業區(中心)	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/7
48	東北角風景區	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/9
49	永安安檢所	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
50	金門水頭商港	2014/9/17	2014/12/17	2015/3/24	2015/6/1	2015/9/9

3.4.2 二氧化硫沉積速率計算

二氧化硫沉積量採集裝置是以二氧化硫在二氧化鉛硫酸化平板之沉積速率測定(如圖 3.6)，其原理為大氣中二氧化硫與二氧化鉛會反應形成硫酸鉛，暴露一段時間後回收該平板，並針對平板上的附著物進行硫酸鹽分析以測定二氧化硫之含量，二氧化硫的沉積量以 $mg/m^2/day$ 表示。

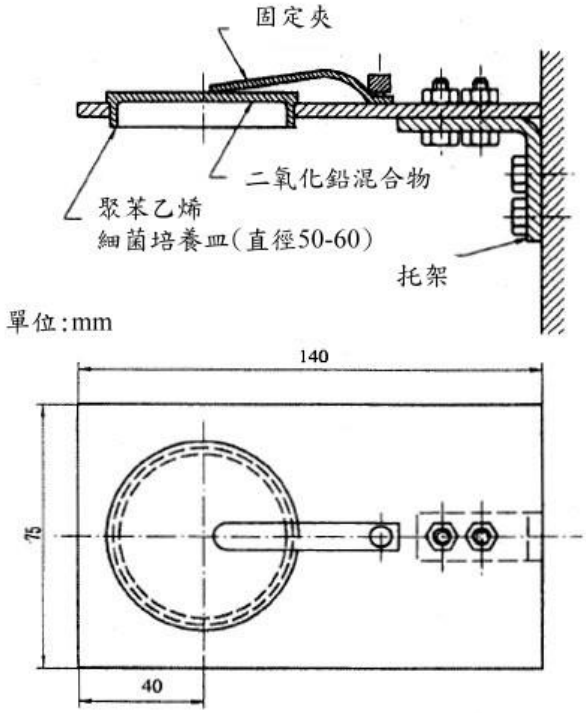


圖 3.6　二氧化硫沉積量採集裝置 (CNS 13754)

各試驗點暴露後回收的硫酸化平板依環保署水中陰離子檢測方法–離子層析法(NIEA W415.52B)測定，即使用碳酸鈉溶液先移出並溶解硫酸化平板之內容物，然後以離子層析儀檢測硫酸鹽含量。二氧化硫之沉積速率之計算如下：

$$R(SO_2) = \frac{(m_1 - m_0) \times 16.67}{A \times t \times 1000} \quad \text{.....(3-2)}$$

式中，　$R(SO_2)$= 二氧化硫沉積速率($mg/m^2/day$)

m_0=空白平板(未暴露)測試之硫酸鹽質量(μg)

m_1=每一平板之硫酸鹽質量(μg)

A=平板面積(m^2)

t=暴露時間，天(day)

3.5 現地暴露試驗

現地暴露試驗試驗點建置的數量以涵蓋氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量調查位置之 75%為原則，全國合計共有 88 個試驗點。即在氯鹽沉積量調查路線上，9 條垂直海岸線試驗點的佈設以距海岸線約臨海、300m、1 km、3 km 之距離處設置，配合 20 個平行海岸線之臨海試驗點(西部濱海與東部濱海沿線之港口或安檢所)，3 個高鐵沿線試驗點與 6 個參考對照試驗點，共 61 個試驗場址。在二氧化硫沉積量調查位置上，包括工業區所在各縣市各一個試驗點，共 22 個試驗點，都市地區 3 個試驗點，石化與火力電廠 11 個試驗點，高鐵沿線 3 個試驗點，硫磺區 2 個試驗點與 6 個參考對照試驗點，共 50 個試驗場址。其中，若氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量調查位置相同時，僅在該試驗點設立一組試片(包括碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬)裝置。調查位置共 88 個場址，分佈如圖 3.7 所示；各次試體之安裝與採樣時間如表 3-5 所示。

3.5.1 螺旋狀試片

本研究針對碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬，選擇適當位置進行現地暴露試驗並以重量損失法計算其腐蝕速率。試片製作的方式參考 CNS 13753[5] (ISO 9226[6])大氣腐蝕性測定標準試片製作，採用螺旋狀標準試片(如圖 3.8)，試片的材料如下：1)碳鋼：非合金碳鋼(Cu=0.03~0.10%, P < 0.07%)，2)鋅：98.5%以上之純度，3)銅：99.5%以上之純度，4)鋁：99.5%以上之純度；將以上金屬之線材，線材直徑 2~3 mm，碳鋼線材直徑為 2.65mm，鋅線材直徑為 2.35mm，銅線材直徑為 3.0mm，鋁線材直徑為 2.4mm 剪取約 1000 mm 長度，纏繞在直徑為 24 mm 的圓棒上，製成螺旋狀試片。現地暴露試驗調查 88 個試驗點。

本年度持續現地採樣與試驗調查，取樣頻率為每季一次，每次取樣後更換新試片；測試回收後的樣本則進行腐蝕速率分析，以探討季節與區域之大氣腐蝕速率變化。

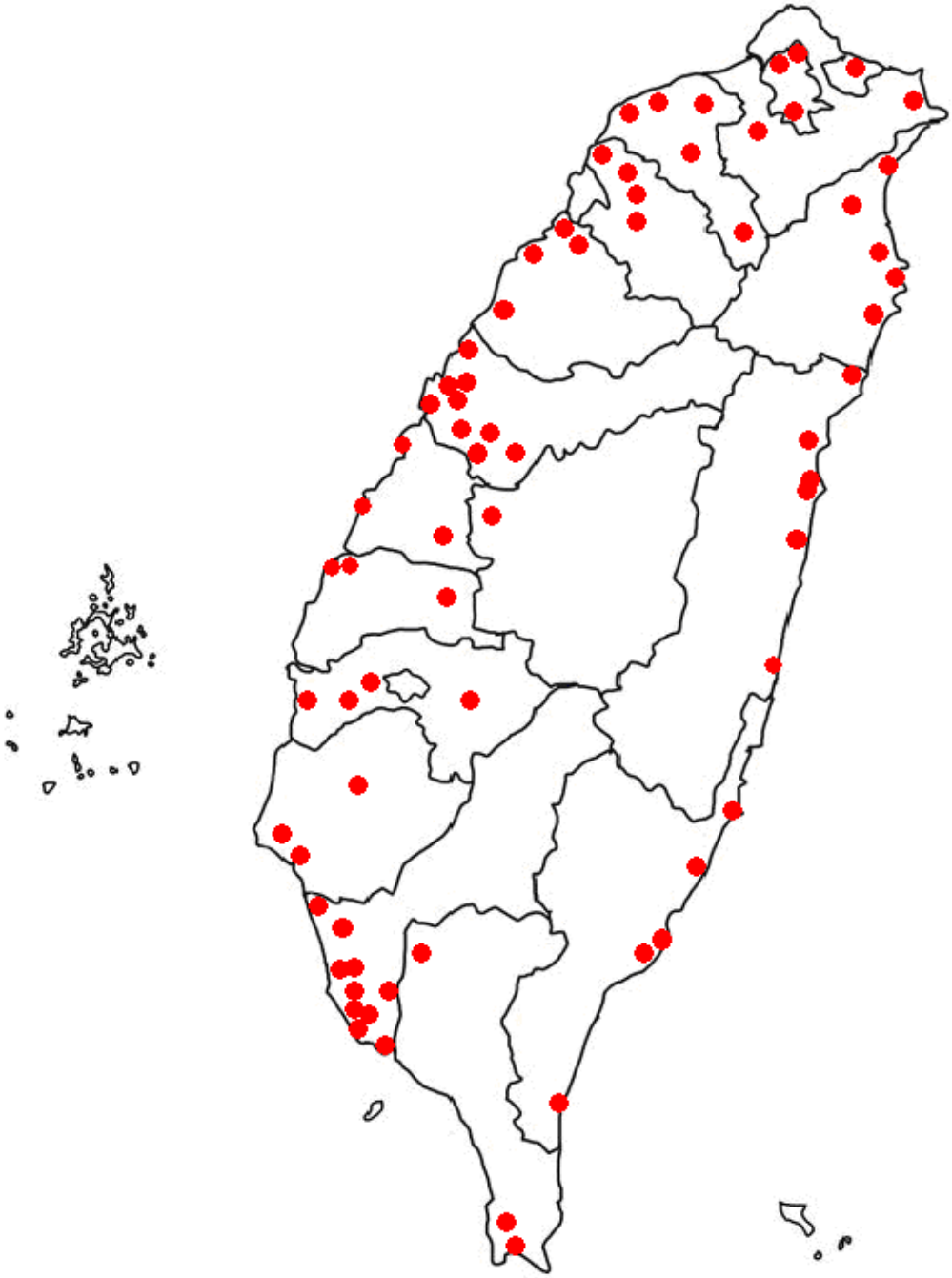


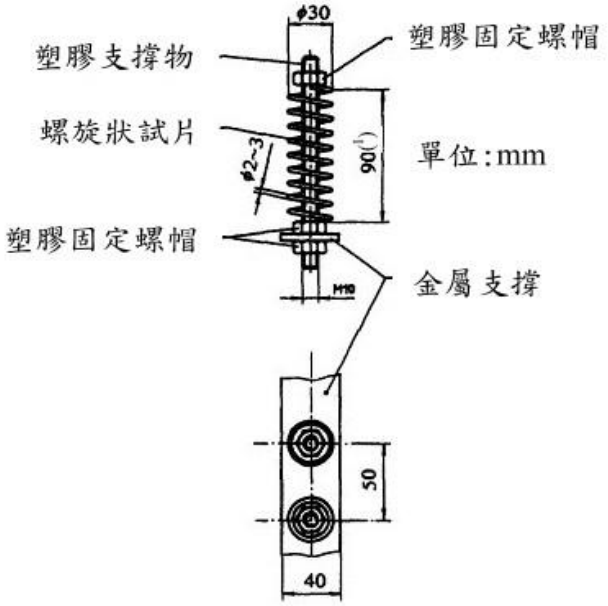
圖 3.7 現地暴露試驗(碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片)試驗點分佈圖

表 3-5 金屬試樣安裝與採樣時間紀錄表

項次	試驗地點	安裝日期	第一次取樣	第二次取樣	第三次取樣	第四次取樣
1	基隆試驗線 0m	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
2	基隆試驗線 100m	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
3	基隆試驗線 3Km	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
4	梗枋安檢所	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
5	龍德工業區	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
6	蘇澳港試驗線 0m	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
7	蘇澳港試驗線 100m	無	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
8	蘇澳港試驗線 300m	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
9	南澳安檢所	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
10	和平工業區	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
11	太魯閣國家公園	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/19	2015/6/11	2015/9/17
12	美崙工業區	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
13	花蓮港試驗線 0m	無	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
14	花蓮港試驗線 100m	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
15	花蓮港試驗線 300m	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
16	橄仔樹安檢所	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
17	石梯安檢所	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
18	成功安檢所	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
19	金樽安檢所	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
20	伽蘭安檢所	2014/9/24	2014/12/17	2015/3/18	2015/6/10	2015/9/16
21	豐樂工業區	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
22	尚武安檢所	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
23	核三廠試驗線 0m	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
24	核三廠試驗線 100m	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
25	核三廠試驗線 300m	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
26	核三廠試驗線 1Km	2014/9/23	2014/12/16	2015/3/17	2015/6/9	2015/9/15
27	屏東工業區	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
28	中油林園廠	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
29	中鋼公司	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
30	鳳山工業區	2014/9/30	2014/12/22	2015/3/23	2015/6/15	2015/9/22
31	大發工業區	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
32	高雄港試驗線 0m	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
33	高雄港試驗線 100m	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
34	高雄港試驗線 300m	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
35	高雄港試驗線 1Km	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22

項次	試驗地點	安裝日期	第一次取樣	第二次取樣	第三次取樣	第四次取樣
36	高雄港試驗線 3Km	2014/9/30	2014/12/23	2015/3/24	2015/6/16	2015/9/22
37	高鐵左營站	2014/10/3	2014/12/26	2015/3/27	2015/6/26	2015/10/2
38	高雄煉油廠	2014/10/1	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/17	2015/9/23
39	永安工業區	2014/10/1	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/17	2015/9/23
40	興達火力電廠	2014/10/1	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/17	2015/9/23
41	安平工業區	2014/10/1	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/17	2015/9/21
42	成大水工所	2014/10/2	2014/12/24	2015/3/25	2015/6/18	2015/9/21
43	官田工業區	2014/9/22	2014/12/15	2015/3/16	2015/6/8	2015/9/14
44	東石安檢所	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/23	2015/6/15	2015/9/21
45	朴子工業區	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/23	2015/6/15	2015/9/21
46	高鐵嘉義站	2014/10/3	2014/12/26	2015/3/27	2015/6/26	2015/10/2
47	斗六工業區	2014/9/12	2014/12/21	2015/3/31	2015/6/22	2015/10/5
48	臺塑六輕試驗線 0m	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
49	六輕試驗線 100m	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
50	六輕試驗線 300m	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
51	六輕試驗線 1Km	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
52	六輕試驗線 3Km	2014/9/29	2014/12/22	2015/3/16	2015/6/15	2015/9/21
53	王功安檢所	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/22	2015/10/5
54	彰濱工業區	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/22	2015/10/5
55	田中工業區(福興)	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/22	2015/10/5
56	南崗工業區	2014/9/12	2014/12/31	2015/3/31	2015/6/24	2015/10/1
57	大里工業區	2014/9/12	2014/12/31	2015/3/31	2015/6/24	2015/10/1
58	高鐵台中站	2014/10/3	2014/12/26	2015/3/27	2015/6/26	2015/10/2
59	臺中工業區	2014/9/12	2014/12/31	2015/3/31	2015/6/24	2015/10/1
60	關連工業區	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/24	2015/10/1
61	臺中火力電廠	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/24	2015/10/5
62	臺中港試驗線 0m	2014/9/10	2014/12/29	2015/3/30	2015/6/23	2015/10/1
63	臺中港試驗線 100m	2014/9/15	2014/12/23	2015/3/23	2015/6/22	2015/9/21
64	臺中港試驗線 1Km	2014/9/12	2014/12/31	2015/3/23	2015/6/22	2015/10/1
65	五甲安檢所	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
66	通霄火力電廠	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
67	外埔安檢所	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
68	竹南工業區	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
69	頭份工業區	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
70	工研院	2014/9/11	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
71	新竹工業區	2014/9/18	2014/12/11	2015/3/12	2015/6/4	2015/9/10

項次	試驗地點	安裝日期	第一次取樣	第二次取樣	第三次取樣	第四次取樣
72	平鎮工業區	2014/9/15	2014/12/8	2015/3/9	2015/6/1	2015/9/7
73	桃園試驗線 0m	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
74	桃園試驗線 300m	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
75	桃園試驗線 1km	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
76	樹林工業區 (服務中心)	2014/9/15	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
77	臺北市	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
78	陽明山國家公園	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
79	陽明山硫磺區	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
80	北橫巴陵	2014/9/15	2014/12/8	2015/3/9	2015/6/1	2015/9/7
81	阿里山	2014/9/22	2014/12/15	2015/3/16	2015/6/8	2015/9/14
82	東北角風景管理處	2014/9/25	2014/12/18	2015/3/16	2015/6/11	2015/9/17
83	臺北港監測站	2014/9/16	2014/12/9	2015/3/10	2015/6/2	2015/9/8
84	平鎮工業區 (服務中心)	2014/9/15	2014/12/8	2015/3/9	2015/6/1	2015/9/7
85	觀音工業區 (服務中心)	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
86	永安安檢所	2014/9/17	2014/12/10	2015/3/11	2015/6/3	2015/9/9
87	新竹漁港	2014/9/17	2014/12/30	2015/3/27	2015/6/23	2015/9/30
88	金門水頭商港	2014/9/17	2014/12/17	2015/3/24	2015/6/1	2015/9/9



註1 線材兩端插入支撐物間之距離

圖 3.8　螺旋狀試片構造圖(CNS 13753)

3.5.2 現地暴露試驗計算

將各試驗點測試後每季回收的試片進行腐蝕速率量測。碳鋼、鋅、鋁、銅四種螺旋狀金屬試片之大氣腐蝕速率量測，依照 CNS14122[8] (ISO 8407[9])金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕–試片腐蝕生成物清除法，以適當的清洗方式除去試片表面腐蝕生成物，量測其重量損失，並依金屬材料的暴露時間，計算其大氣腐蝕速率。螺旋狀金屬試片之腐蝕速率單位以 μm/y 表示，計算公式依據 CNS 13753 規範，如下：

$$R_{corr} = 0.25(\Delta m \cdot d/m/t) \quad \text{.....(3-3)}$$

式中， Rcorr=腐蝕速率(μm/y)

Δm=質量損失(mg)

d=線材直徑(mm)

m=試片原始質量(g)

t=暴露時間，年(y)

3.5.3 試片腐蝕生成物清除與測試

碳鋼、鋅、鋁、銅四種螺旋狀金屬線材之大氣腐蝕速率量測，依照 CNS14122 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕–試片腐蝕生成物清除法，以適當的清洗方式除去試片表面腐蝕生成物，量測其重量損失，並依金屬材料的暴露時間，計算其大氣腐蝕速率。為確保除去腐蝕生成物的化學清洗方法不會損壞底材金屬，先依照 CNS14122 規範，使用腐蝕試片進行重複清洗，以制定檢量標準，作業流程如圖 3.9 所示。針對不同金屬，化學清洗法使用的化學藥品及各項條件如表 3-6 所示。

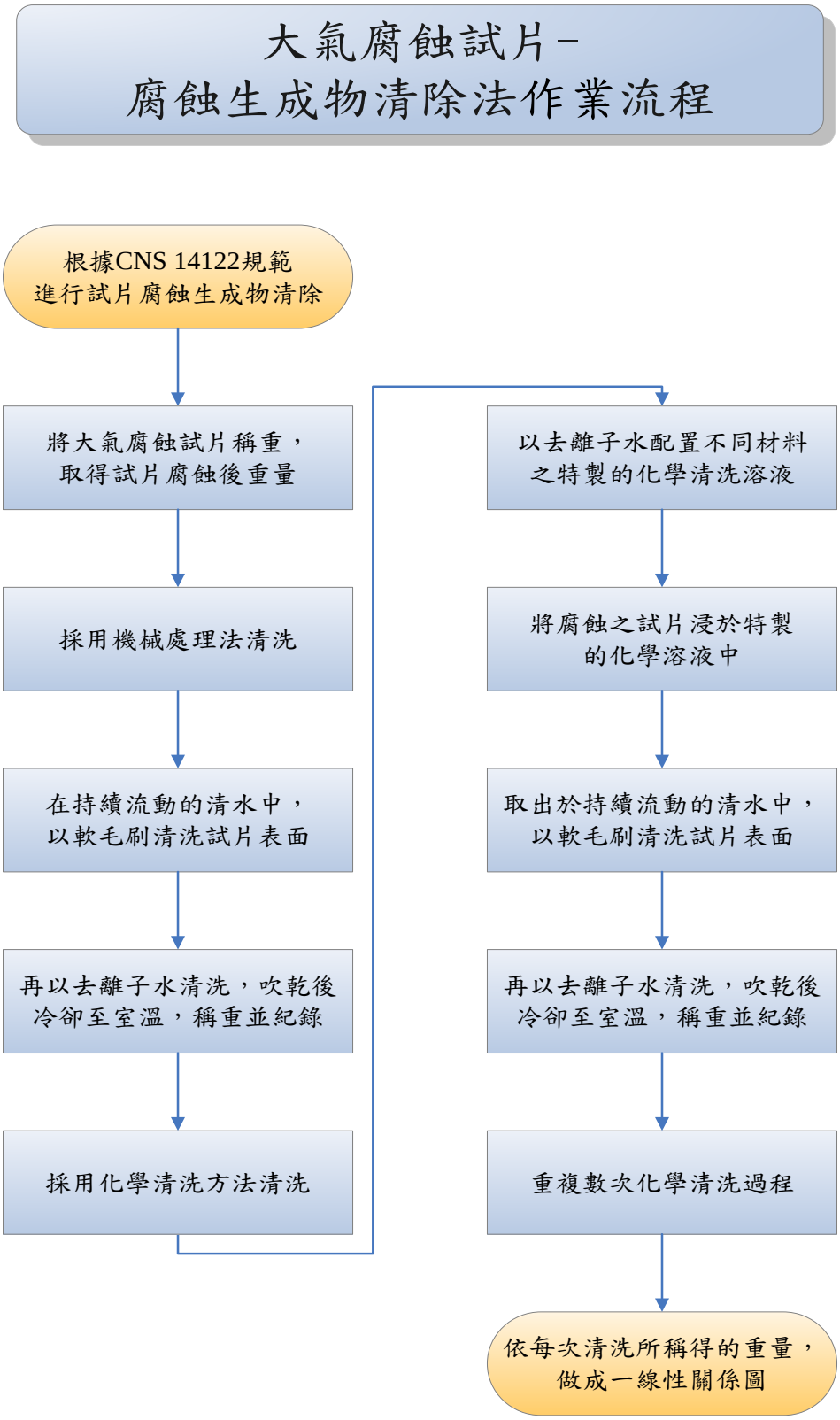


圖 3.9 腐蝕生成物清除法作業流程圖

表 3-6 化學清洗法使用藥品及條件

材料	化學藥品	時間（min）	溫度（^{o}C）	備註
碳鋼	以 500mL HCl（ρ=1.19g/mL）與 3.5g 六亞甲四胺（Hexamethylene tetramine），加入蒸餾水配成 1000mL	10	室溫 (23.5)	—
鋅	100g 氯化銨（NH_4Cl），加入蒸餾水配成 1000mL	2~5	70	—
銅	以 100mL 硫酸（H_2SO_4，ρ=1.84 g/mL），加蒸餾水至 1000mL	1~3	室溫 (23.5)	在處理之前，先移除表面的塊狀腐蝕生成物，可使銅的二次沉積產物量減到最少
鋁	硝酸（HNO_3，ρ=1.42 g/mL）	1~5	室溫 (23.5)	去除額外之沉積物及塊狀之腐蝕生成物，以免造成基底金屬過度流失

各個試片浸泡之時間，碳鋼線材試片為 10 分鐘，鋅線材試片為 4 分鐘，銅線材試片為 2 分鐘，鋁線材試片為 6 分鐘。

3.6 腐蝕因子環境分類

表 3-7 至表 3-9 分別為 CNS 13401 (ISO 9223)規範中對濕潤時間、氯鹽沉積速率與 SO2 沉積速率或濃度的分類;表 3-10 則為相對於表 3-7 至表 3-9 之分類結果。參考 CNS 13401 (ISO 9223)，大氣腐蝕環境的分類可採用試片腐蝕速率量測與環境因子進行區分，若採用環境因子進行分類，選擇的參數則包括濕潤時間(τ)、空氣中的氯鹽沉積速率(S)與二氧化硫沉積量(P)。其中，濕潤時間是以全年中溫度高於 0 ^{o}C，相對濕度大於 80%之小時數或百分比計算，氯鹽沉積速率(mg/m^2/day)是以 CNS 13754 (ISO 9225)濕燭法測量，二氧化硫沉積量則是以 CNS 13754 (ISO9225)規定之二氧化鉛硫酸化平板量測的沉積速率(mg/m^2/day)測定或是空氣中的 SO_2 濃量(μg/m^3) 計算；其中，各參數的量測時間均至少

為一年以上。依據 CNS 與 ISO 規範，若要以腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類，濕潤時間、氯鹽與二氧化硫的沉積速率至少應經過一年以上的連續量測，若測點所在位置無實測的腐蝕因子數據，則以鄰近的腐蝕因子資料推估，選用測點的名稱如表中括號內所示，

表 3-11 為各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區金屬的腐蝕速率在初期暴露時最大，隨後會逐漸下降而最終到達一穩定值；表中除鋁金屬外，碳鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率單位均可以 μm/yr 表示；主要原因是因碳鋼、鋅、銅金屬在大氣環境中的腐蝕現象為均勻腐蝕，但鋁金屬則為局部腐蝕，所以鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率可以 μm/yr 表示，但鋁的腐蝕速率須以 $g/m^2/yr$ 表示。

上述分別將大氣腐蝕環境區分為 C1- C2- C3- C4 與 C5 五個等級，C1 表示腐蝕性非常低(very low)，C2 表示腐蝕性低(low)，C3 表示腐蝕性中等(medium)，C4 表示腐蝕性高(high)，C5 表示腐蝕性非常高(very high)。

表 3-7 濕潤環境分類表

濕潤時間		類別
hour/year	%	
$\tau < 10$	$\tau \leq 0.1$	τ_1
$10 < \tau$ 250	$0.1 < \tau \leq 3$	τ_2
$250 < \tau$ 2500	$3 < \tau \leq 30$	τ_3
$2500 < \tau$ 5500	$30 < \tau \leq 60$	τ_4
$5500 < \tau$	$60 < \tau$	τ_5

資料來源：CNS 13401- ISO 9223

表 3-8 氯鹽腐蝕環境等級分類表

氯鹽沉積速率 mg/m^2/day	類別
$S \leq 3$	S_0
$3 < S \leq 60$	S_1
$60 < S \leq 300$	S_2
$300 < S \leq 1500$	S_3

資料來源：CNS 13401- ISO 9223

表 3-9 二氧化硫腐蝕環境等級分類表

SO_2 沉積速率 mg/m^2/day	SO_2 濃度 μg/m^2	類別
$P_d \leq 10$	$P_c \leq 12$	P_0
$10 < P_d \leq 35$	$12 < P_c \leq 40$	P_1
$35 < P_d \leq 80$	$40 < P_c \leq 90$	P_2
$80 < P_d \leq 200$	$90 < P_c \leq 250$	P_3

資料來源：CNS 13401- ISO 9223

表 3-10 金屬大氣腐蝕環境分類表 (以環境因子分類)

碳鋼

濕潤 / 氯鹽 / 二氧化硫	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P_0-P_1	1	1	1 or 2	1	2	3 or 4	2 or 3	3 or 4	4	3	4	5	3 or 4	5	5
P_2	1	1	1 or 2	1 or 2	2 or 3	3 or 4	3 or 4	3 or 4	4 or 5	4	4	5	4 or 5	5	5
P_3	1 or 2	1 or 2	2	2	3	4	4	4 or 5	5	5	5	5	5	5	5

鋅與銅

濕潤 / 氯鹽 / 二氧化硫	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P_0-P_1	1	1	1	1	1 or 2	3	3	3	3 or 4	3	4	5	3 or 4	5	5
P_2	1	1	1 or 2	1 or 2	2	3	3	3 or 4	4	3 or 4	4	5	4 or 5	5	5
P_3	1	1 or 2	2	2	3	3 or 4	3	3 or 4	4	4 or 5	5	5	5	5	5

鋁

濕潤 / 氯鹽 / 二氧化硫	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P_0-P_1	1	2	2	1	2 or 3	4	3	3 or 4	4	3	3 or 4	5	4	5	5
P_2	1	2	2 or 3	1 or 2	3 or 4	4	3	4	4 or 5	3 or 4	4	5	4 or 5	5	5
P_3	1	2 or 3	3	3 or 4	4	4	3 or 4	4 or 5	5	4 or 5	5	5	5	5	5

註: 依濕潤時間(τ)、氯鹽沉積速率(S)與二氧化硫沉積量(P)三者環境因子等級分類，將金屬腐蝕性環境分類數值區分為 1、2、 3、4、5 五個等級。如 1 表示 C1 依序類推。

資料來源：CNS 13401- ISO 9223

表 3-11 大氣腐蝕環境分類-以各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區分

腐蝕性分類	腐蝕速率 (γ_{corr})				
	單 位	碳 鋼	鋅	銅	鋁
C1	$g/m^2/yr$ μm/yr	$\gamma_{corr}\leq 10$ $\gamma_{corr}\leq 1.3$	$\gamma_{corr}\leq 0.7$ $\gamma_{corr}\leq 0.1$	$\gamma_{corr}\leq 0.9$ $\gamma_{corr}\leq 0.1$	可忽視 —
C2	$g/m^2/yr$ μm/yr	$10<\gamma_{corr}\leq 200$ $1.3<\gamma_{corr}\leq 25$	$0.7<\gamma_{corr}\leq 5$ $0.1<\gamma_{corr}\leq 0.7$	$0.9<\gamma_{corr}\leq 5$ $0.1<\gamma_{corr}\leq 0.6$	$\gamma_{corr}\leq 0.6$ —
C3	$g/m^2/yr$ μm/yr	$200<\gamma_{corr}\leq 400$ $25<\gamma_{corr}\leq 50$	$5<\gamma_{corr}\leq 15$ $0.7<\gamma_{corr}\leq 2.1$	$5<\gamma_{corr}\leq 12$ $0.6<\gamma_{corr}\leq 1.3$	$0.6<\gamma_{corr}\leq 2$ —
C4	$g/m^2/yr$ μm/yr	$400<\gamma_{corr}\leq 650$ $50<\gamma_{corr}\leq 80$	$15<\gamma_{corr}\leq 30$ $2.1<\gamma_{corr}\leq 4.2$	$12<\gamma_{corr}\leq 25$ $1.3<\gamma_{corr}\leq 2.8$	$2<\gamma_{corr}\leq 5$ —
C5	$g/m^2/yr$ μm/yr	$650<\gamma_{corr}\leq 1500$ $80<\gamma_{corr}\leq 200$	$30<\gamma_{corr}\leq 60$ $4.2<\gamma_{corr}\leq 8.4$	$25<\gamma_{corr}\leq 50$ $2.8<\gamma_{corr}\leq 5.6$	$5<\gamma_{corr}\leq 10$ —

資料來源：CNS 13401 (ISO 9223)

3.7 氯鹽沉積速率調查結果

各試驗點四次採樣之氯鹽沉積速率計算結果如表 3-12。四次採樣的調查期間分別為 2014.10-2014.12(秋季)，2015.01-2015.03(冬季)，2015.04-2015.06(春季)，2015.07-2015.09(夏季)。

一般而言，2014.10-2014.12 秋季期間，氯鹽沉積速率介於 0.2 mg/m^2/day (陽明山國家公園)至 131.3 mg/m^2/day(外埔安檢所)之間，而較高的沉積速率發生在外埔安檢所、橄仔樹安檢所、彰濱工業區、臺塑六輕試驗線 100m、臺塑六輕試驗線 300m、臺塑六輕試驗線 1Km、桃園試驗線 0m、新竹漁港、通霄火力電廠，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 50 mg/m^2/day。在北橫巴陵、高鐵嘉義站與陽明山國家公園氯鹽沉積速率都低於 1.5 mg/m^2/day。

2015.01-2015.03 冬季期間之氯鹽沉積速率介於 0.8 mg/m^2/day (太魯閣國家公園)至 91.1 mg/m^2/day (外埔安檢所)之間，較高的沉積速率發生在外埔安檢所、橄仔樹安檢所、臺塑六輕試驗線 100m，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 50mg/m^2/day。在北橫巴陵、高鐵臺中站、東石安檢所、高雄港試驗線 1Km、高雄港試驗線 3Km、太魯閣國家公園等站都低於 2.0 mg/m^2/day。

2015.04-2015.06 春季期間之氯鹽沉積速率介於 0.6 mg/m^2/day (太魯閣國家公園)至 63.1 mg/m^2/day (橄仔樹安檢所)之間，較高的沉積速率發生在橄仔樹安檢所，其餘依序為外埔安檢所、新竹漁港、成功安檢所、通霄火力電廠，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 30 mg/m^2/day。至於氯鹽沉積速率較小有太魯閣國家公園、平鎮工業區(力鋼)、高鐵嘉義站、高雄港試驗線 3Km 都低於 1.0 mg/m^2/day。

2015.07-2015.09 夏季期間之氯鹽沉積速率介於 0.2 mg/m^2/day (成大水工所)至 270.5 mg/m^2/day (外埔安檢所)之間，外埔安檢所、梗枋安檢所、彰濱工業區、橄仔樹安檢所大於 60 mg/m^2/day，其次、伽蘭安檢所、台塑六輕試驗線 100m、成功安檢所、臺中火力電廠、臺塑六輕

試驗線 300m、南澳安檢所等氯鹽沉積速率大於 20mg/m^2/day。至於氯鹽沉積速率較小有臺北市區、高鐵臺中站、平鎮工業區、北橫巴陵、蘇澳港試驗線 0m、陽明山國家公園、成大水工所低於 1.0 mg/m^2/day。

3.7.1 氯鹽沉積速率季節性之比較

本研究四次採樣調查的期間分別為為 2014.10-2014.12(秋季)，2015.01-2015.03(冬季)，2015.04-2015.06(春季)，2015.07-2015.09(夏季)。如圖 3.10 至圖 3.13 為四次採樣期間內之氯鹽沉積速率等位圖，可看出臺灣全島的氯鹽沉積速率四季中以秋季較為嚴重。圖中，紅色部份表示氯鹽沉積速率大於 10 mg/m^2/day 的區域。根據四次採樣調查結果，而西部海岸一年期氯鹽沉積速率以外埔安檢所為 270.5 mg/m^2/day 最高、臺塑六輕試驗線 100m 為 99.7 mg/m^2/day、彰濱工業區達 105.4 mg/m^2/day。自桃園試驗線一直到嘉義縣東石鄉，氯鹽沉積速率約在 1.2~270.5 mg/m^2/day 之間；臺灣東部海岸以梗枋安檢所較高為 177.3 mg/m^2/day，自梗枋至尚武試驗點氯鹽沉積速率介於 0.3~177.3mg/m^2/day 之間。北部海岸以基隆試驗線 100m 為 27.4 mg/m^2/day 較高，南部海岸以核三廠試驗線 0m 19.5 mg/m^2/day 較高。

3.7.2 氯鹽沉積速率與垂直海岸線之關係

在垂直海岸的試驗線，如圖 3.14 為四次調查之垂直海岸試驗線於距海岸 0m、100m、300m、1km、3km 等之平均氯鹽沉積速率；調查結果發現，以桃園試驗線、基隆試驗線、臺塑六輕試驗線的氯鹽沉積速率較高。在季節性之差異上以秋季與冬季期間較其他季節偏高。

表 3-12 氯鹽沉積速率表

單位：mg/m^2/day

項次	試驗地點 \ 試驗期間	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
1	基隆試驗線 0m	20.6	18.2	10.3	19.4
2	基隆試驗線 100m	25.0	27.4	19.3	1.4
3	梗枋安檢所	17.7	19.0	18.1	177.3
4	龍德工業區	3.5	4.7	4.0	9.1
5	蘇澳港試驗線 0m	6.0	11.6	5.5	0.3
6	蘇澳港試驗線 100m	-	8.3	1.0	2.2
7	蘇澳港試驗線 300m	11.2	2.3	1.9	5.9
8	南澳安檢所	16.9	16.8	11.9	20.2
9	太魯閣國家公園	1.7	0.8	0.6	1.9
10	花蓮港試驗線 0m	-	3.5	6.2	-
11	花蓮港試驗線 100m	40.4	20.6	11.3	9.4
12	花蓮港試驗線 300m	2.5	13.5	9.7	12.2
13	橄仔樹安檢所	114.6	75.6	63.1	62.2
14	石梯安檢所	33.1	23.1	1.7	13.9
15	成功安檢所	48.8	36.1	32.6	42.1
16	金樽安檢所	25.7	13.5	13.6	17.6
17	伽蘭安檢所	11.9	6.7	8.9	48.1
18	尚武安檢所	33.3	7.3	17.6	13.5
19	核三廠試驗線 0m	5.9	19.5	6.7	7.0
20	核三廠試驗線 100m	5.5	8.8	2.9	8.3
21	核三廠試驗線 300m	4.7	4.9	5.4	9.4
22	核三廠試驗線 1Km	5.4	6.5	2.9	10.2
23	臨海工業區	6.3	13.5	7.6	3.9
24	高雄港試驗線 0m	7.4	4.6	3.6	13.6
25	高雄港試驗線 100m	3.8	4.0	1.8	3.0
26	高雄港試驗線 300m	4.1	8.1	3.8	3.5
27	高雄港試驗線 1Km	5.6	0.9	4.5	13.3
28	高雄港試驗線 3Km	2.2	1.1	0.9	4.4
29	高鐵左營站	2.6	2.5	1.6	4.2

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
30	興達火力電廠	3.8	2.9	1.4	1.3
31	成大水工所	2.7	3.5	1.7	0.2
32	東石安檢所	16.1	1.1	5.0	17.5
33	高鐵嘉義站	1.4	2.5	0.9	8.7
34	臺塑六輕試驗線 0m	31.8	29.0	8.0	12.7
35	臺塑六輕試驗線 100m	99.7	59.5	19.4	42.6
36	臺塑六輕試驗線 300m	69.3	34.8	11.1	25.2
37	臺塑六輕試驗線 1Km	64.9	40.3	17.1	4.0
38	臺塑六輕試驗線 3Km	6.8	8.6	3.6	4.2
39	王功安檢所	26.0	22.5	4.8	-
40	彰濱工業區	105.4	36.5	20.6	73.3
41	高鐵臺中站	2.2	1.8	1.7	0.7
42	臺中火力電廠	35.5	6.8	3.4	31.4
43	臺中港試驗線 0m	16.4	6.3	5.3	11.7
44	臺中港試驗線 100m	8.9	10.9	6.7	6.5
45	臺中港試驗線 1Km	10.2	8.2	3.0	7.7
46	五甲安檢所	45.2	28.7	12.2	1.2
47	通霄火力電廠	54.7	38.7	30.6	4.0
48	外埔安檢所	131.3	91.1	48.8	270.5
49	平鎮工業區(力鋼)	2.9	2.6	0.9	0.7
50	桃園試驗線 0m	88.4	10.5	27.3	2.5
51	桃園試驗線 300m	22.9	24.9	10.7	15.3
52	桃園試驗線 1Km	10.8	10.3	3.8	8.7
53	臺北市區	1.9	2.4	1.1	0.9
54	陽明山國家公園	0.2	2.3	1.2	0.2
55	北橫巴陵	1.1	1.6	1.0	0.5
56	阿里山	1.7	2.0	1.4	3.4
57	東北角	12.3	16.9	3.7	13.3
58	臺北港監測站	5.5	6.8	2.9	3.7
59	永安安檢所	12.5	10.9	15.3	7.2
60	新竹漁港	64.2	38.2	33.4	-
61	金門水頭商港	11.8	3.2	2.2	3.3

註：- 表示試體遺失

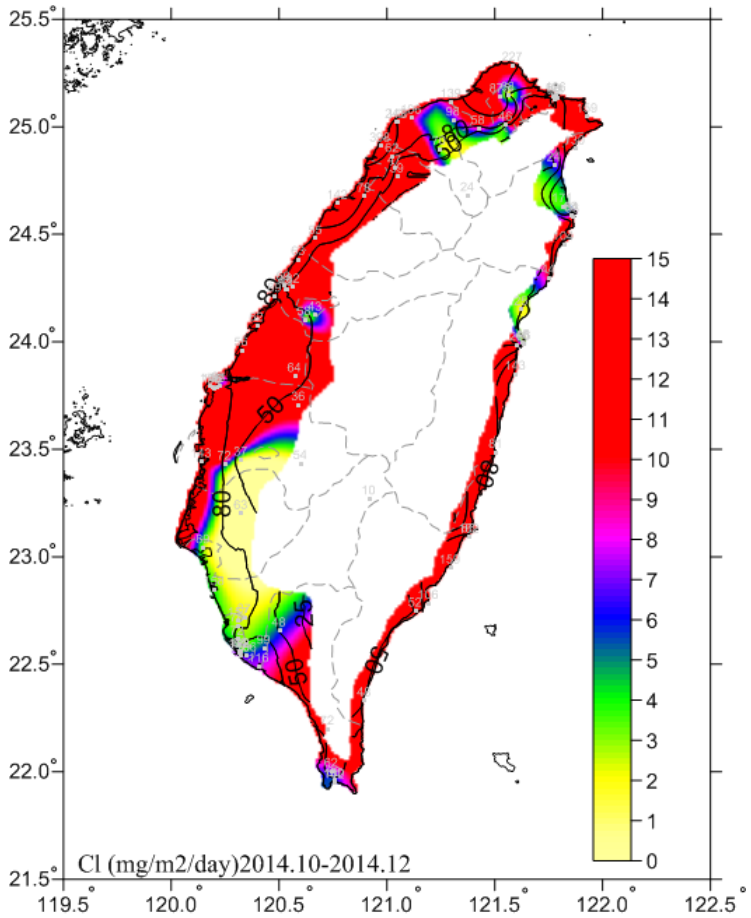


圖 3.10　2014.10-2014.12 氯鹽沉積速率)

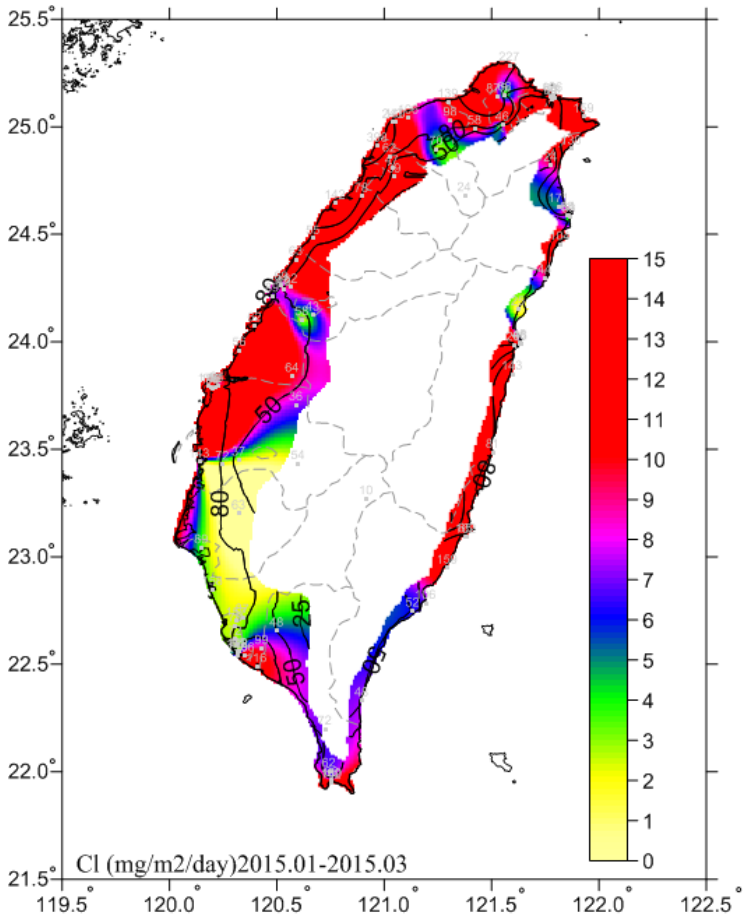


圖 3.11　2015.01-2015.03 氯鹽沉積速率

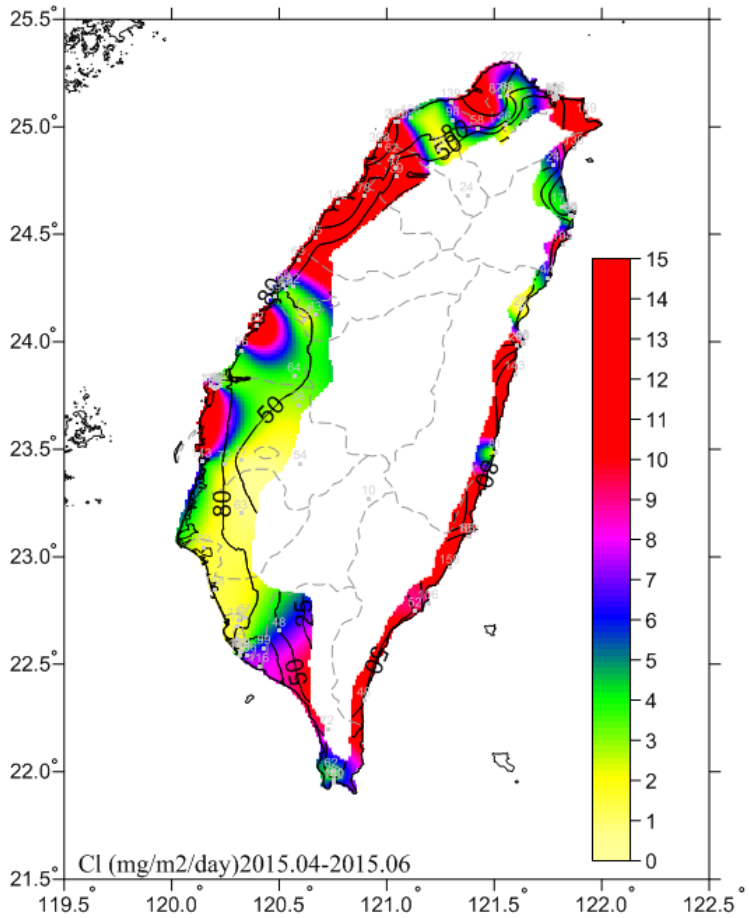


圖 3.12　2015.04-2015.06 氯鹽沉積速率

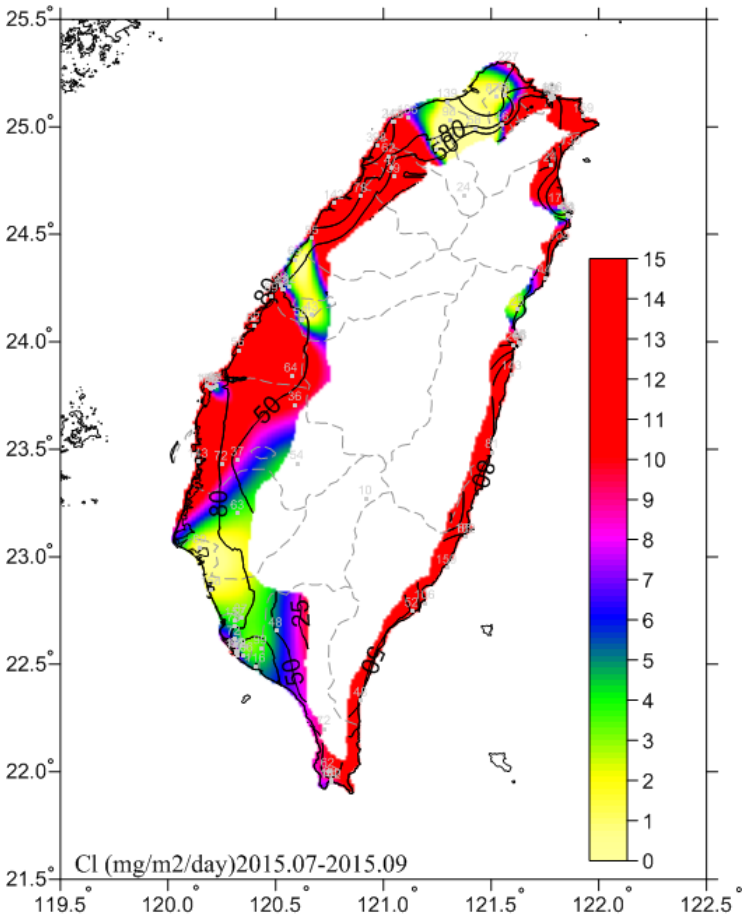
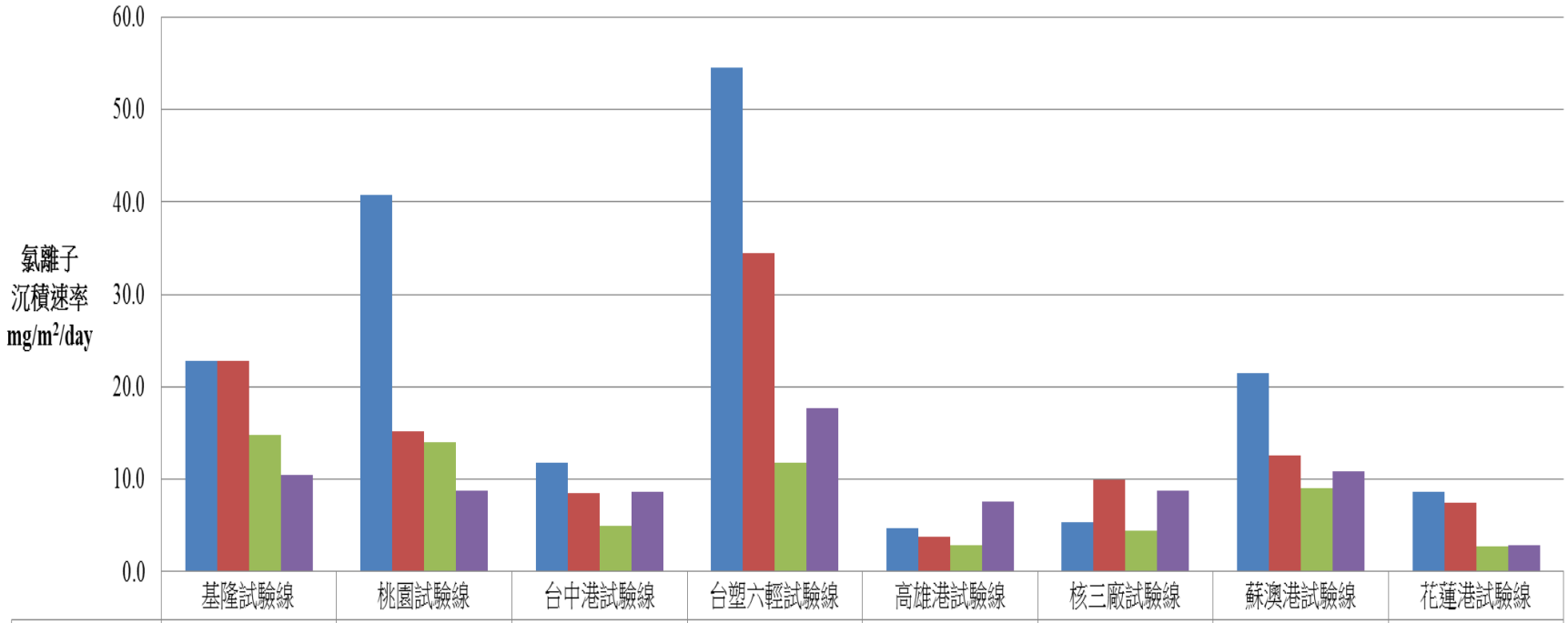


圖 3.13　2015.07-2015.09 氯鹽沉積速率



	基隆試驗線	桃園試驗線	台中港試驗線	台塑六輕試驗線	高雄港試驗線	核三廠試驗線	蘇澳港試驗線	花蓮港試驗線
2014.10-2014.12	22.8	40.7	11.8	54.5	4.6	5.3	21.4	8.6
2015.01-2015.03	22.8	15.2	8.4	34.4	3.7	9.9	12.5	7.4
2015.04-2015.06	14.8	13.9	5.0	11.8	2.9	4.5	9.1	2.8
2015.07-2015.09	10.4	8.8	8.6	17.7	7.5	8.7	10.8	2.8

註 1：氯離子沉積速率為各試驗線測站平均值

圖 3.14 四次調查之垂直海岸試驗線氯鹽沉積速率

3.8 二氧化硫沉積速率調查結果

表 3-13 為各試驗位址二氧化硫沉積速率計算結果。四次採樣調查的時間與氯鹽沉積速率調查的時間相同，分別為為 2014.10-2014.12 (秋季)，2015.01-2015.03(冬季)，2015.04-2015.06 (春季)，2015.07-2015.09(夏季)。

第一次調查期間 2014.10-2014.12 (秋季)，陽明山硫磺區的二氧化硫沉積速率最大 2943 mg/m^2/day，其餘介於太魯閣國家公園 35.0 mg/m^2/day 至 397.0 mg/m^2/day 觀音工業區之間。較高的沉積速率發生在觀音工業區、通霄火力電廠、官田工業區、彰濱工業區、陽明山國家公園、大發工業區、臺中火力電廠、臨海工業區、安平工業區、桃園試驗線 0m、興達火力電廠、龍德工業區、桃園試驗線 1Km、其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準 P3, 200 mg/m^2/day。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以臺中站最高 155.1 mg/m^2/day、左營站次之 106.6mg/m^2/day、嘉義站最低為 80.8 mg/m^2/day。東部海岸因無石化工業區或電廠的設立，除龍德工業區 213.1 mg/m^2/day 外，二氧化硫沉積速率僅介於 35.0 mg/m^2/day 太魯閣國家公園與 74.0mg/m^2/day 東北角風景區。

第二次調查 2015.01-2015.03 (冬季)，二氧化硫沉積速率以陽明山硫磺區的二氧化硫沉積速率最高為 2681 mg/m^2/day，其餘介於 16.5 mg/m^2/day 太魯閣國家公園至 597.6 mg/m^2/day 桃園試驗線 0m 之間。其次較高的沉積速率發生在觀音工業區(中心) 354.8 mg/m^2/day、官田工業區 350.1 mg/m^2/day、其餘依序為臨海工業區、陽明山國家公園等其值均大於 200 mg/m^2/day。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以臺中站最高 91.9 mg/m^2/day、嘉義站次之 76.2 mg/m^2/day、最低為左營站 67.0 mg/m^2/day。

第三次調查 2015.04-2015.06 (春季)，二氧化硫沉積速率陽明山硫磺區的二氧化硫沉積速率最高為 4096 mg/m^2/day，其餘介於 3.0 mg/m^2/day 臺北市區至 374.6 mg/m^2/day 陽明山國家公園之間。依序較高的沉積速率發生在龍德工業區、臨海工業區、竹南工業區、關連工

業區其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準 P3, 200 mg/m^2/day。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以臺中站較高 64.7 mg/m^2/day、左營站 54.2 mg/m^2/day、最低為嘉義站 34.1 mg/m^2/day。

第四次調查期間 2015.07-2014.09(夏季)，二氧化硫沉積速率以陽明山硫磺區最高，約為 1967 mg/m^2/day，其餘介於 6.9 mg/m^2/day 北橫巴陵至 374.0 mg/m^2/day 關連工業區之間。依序較高的沉積速率發生在通霄火力電廠 339.1 mg/m^2/day、臨海工業區 322.9 mg/m^2/day、桃園試驗線 1Km 200.0 mg/m^2/day，等其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準 P3, 200 mg/m^2/day。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分佈由大到小依序為臺中站、左營站、嘉義站，分別為 54.1、42.8、41.1 mg/m^2/day。

各石化廠與火力電廠、高鐵沿線、都市地區以及重要工業區之二氧化硫沉積速率彙整如表 3-14 所示。

3.8.1 二氧化硫沉積速率季節性之比較

如圖 3.15 至圖 3.18 為四次採樣期間內之二氧化硫沉積速率等位圖，圖中，黃色表示二氧化硫沉積速率為 0~10 mg/m^2/day 的區域，綠色表示沉積速率為 10~35 mg/m^2/day 的區域，藍色表示沉積速率為 35~80 mg/m^2/day 的區域，粉紅色表示 80~200 mg/m^2/day 的區域，紅色則為大於 200 mg/m^2/day 的區域。

四次調查的結果分佈情形除了陽明山硫磺區。在西海岸秋季(2014.10-2014.12)以觀音工業區、彰濱工業區、大發工業區，冬季(2015.01-2015.03)期間，以桃園試驗線 0m、官田工業區，春季(2015.04-2015.06)期間以陽明山國家公園，夏季(2015.07-2015.09) 以關連工業區沉積速率相較其他季節有顯著增加的趨勢。東海岸四次調查皆以龍德工業區沉積速率較高。

表 3-13 二氧化硫沉積速率表

單位：mg/m^2/day

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
1	基隆試驗線 3Km	36.9	33.8	70.4	21.8
2	龍德工業區	213.1	187.8	290.4	199.8
3	和平工業區	66.2	25.7	18.4	37.8
4	太魯閣國家公園	35.0	16.5	11.0	23.4
5	美崙工業區	50.7	30.1	39.9	35.5
6	豐樂工業區	51.0	31.2	22.3	19.7
7	屏東工業區	87.7	58.2	31.0	17.5
8	中油林園廠	114.6	115.7	95.3	85.7
9	臨海工業區	228.3	249.1	324.5	322.9
10	鳳山工業區	147.2	97.2	105.7	90.1
11	大發工業區	241.8	158.5	61.5	81.3
12	高鐵左營站	106.6	67.0	51.2	42.8
13	高雄煉油廠	71.0	86.9	54.6	27.8
14	永安工業區	173.2	115.1	76.7	74.7
15	興達火力電廠	213.5	108.4	82.6	31.4
16	安平工業區	217.5	130.6	95.7	36.2
17	成大水工所	84.3	62.0	39.8	34.8
18	官田工業區	310.9	350.1	170.6	112.0
19	朴子工業區	150.4	122.3	97.3	54.3
20	高鐵嘉義站	80.8	76.2	34.1	41.1
21	斗六工業區	101.9	67.2	54.9	37.2
22	彰濱工業區	288.7	159.2	95.4	191.4
23	田中工業區	94.2	42.6	85.6	48.8
24	南崗工業區	73.3	53.0	65.2	82.1
25	大里工業區	77.3	48.1	54.5	37.6
26	高鐵臺中站	155.1	91.9	64.7	54.1
27	臺中工業區	80.3	42.4	63.9	10.7
28	關連工業區	142.7	116.9	221.9	374.0
29	臺中火力電廠	238.7	141.1	183.9	16.0
30	臺中港試驗線 100m	126.7	107.1	72.4	51.3
31	通霄火力電廠	314.2	94.9	83.4	339.1
32	竹南工業區	199.1	165.1	139.1	43.9
33	頭份工業區	62.9	47.1	111.5	17.8
34	工研院	79.4	62.5	21.1	24.1

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
35	新竹工業區	91.1	46.4	59.4	56.5
36	平鎮工業區	100.5	119.5	65.2	19.1
37	桃園試驗線 0m	217.3	597.6	163.0	59.4
38	桃園試驗線 300m	131.6	74.1	82.8	110.7
39	桃園試驗線 1Km	203.3	117.8	161.3	200.0
40	樹林工業區	154.5	94.1	95.3	81.2
41	臺北市區	74.0	32.5	3.0	22.3
42	陽明山國家公園	244.4	237.5	374.6	96.6
43	陽明山硫磺區	2943.7	2681.2	4096.7	1967.8
44	北橫巴陵	-	16.7	8.6	6.9
45	阿里山	42.4	25.6	13.9	21.6
46	平鎮工業區(中心)	96.7	93.1	68.2	18.5
47	觀音工業區(中心)	397.0	354.8	152.8	47.0
48	東北角風景區	74.0	46.4	31.6	21.1
49	永安安檢所	144.1	-	-	114.8
50	金門水頭商港	140.4	118.4	73.2	59.6

註：- 表示試片遺失

表 3-14 特定試驗點之二氧化硫沉積速率表

試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
高鐵臺中站	155.1	91.9	64.7	54.1
高鐵嘉義站	80.8	76.2	34.1	41.1
高鐵左營站	106.6	67.0	51.2	42.8
高雄煉油廠	71.0	86.9	54.6	27.8
中油林園廠	114.6	115.7	95.3	85.7
大潭火力電廠	217.3	597.6	163.0	110.7
通霄火力電廠	314.2	94.9	83.4	339.1
臺中火力電廠	238.7	141.1	183.9	16.0
興達火力電廠	213.5	108.4	82.6	31.4
觀音工業區	397.0	354.8	152.8	200.0
彰濱工業區	288.7	159.2	95.4	191.4
大發工業區	241.8	158.5	61.5	81.3
臨海工業區	228.3	249.1	324.5	322.9
龍德工業區	213.1	187.8	290.4	199.8
臺北市區	74.0	32.5	3.0	22.3

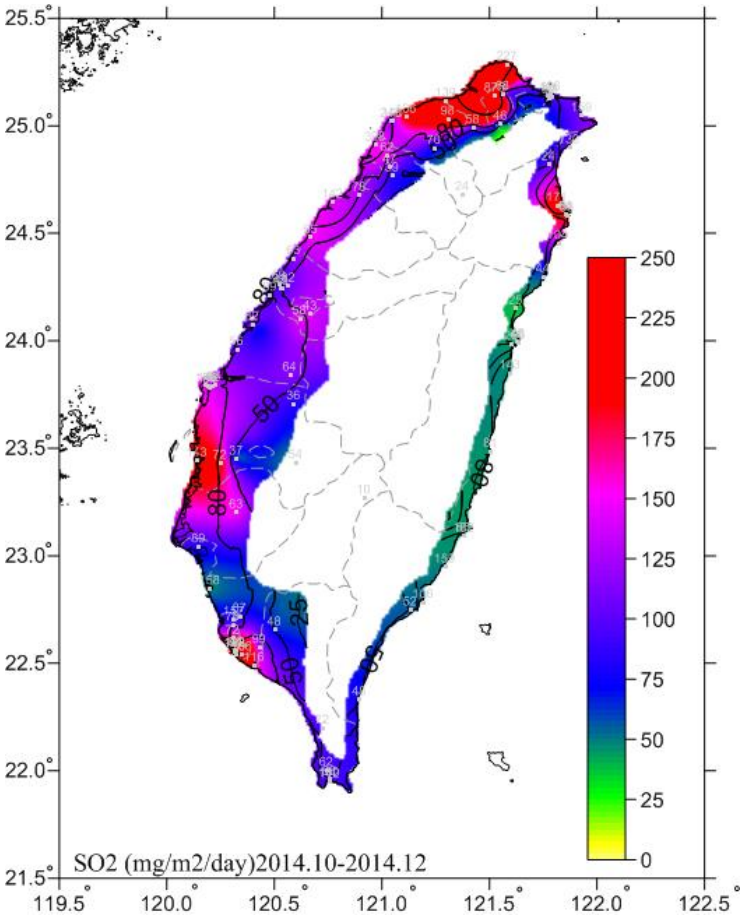


圖 3.15　2014.10-2014.12 二氧化硫沉積速率

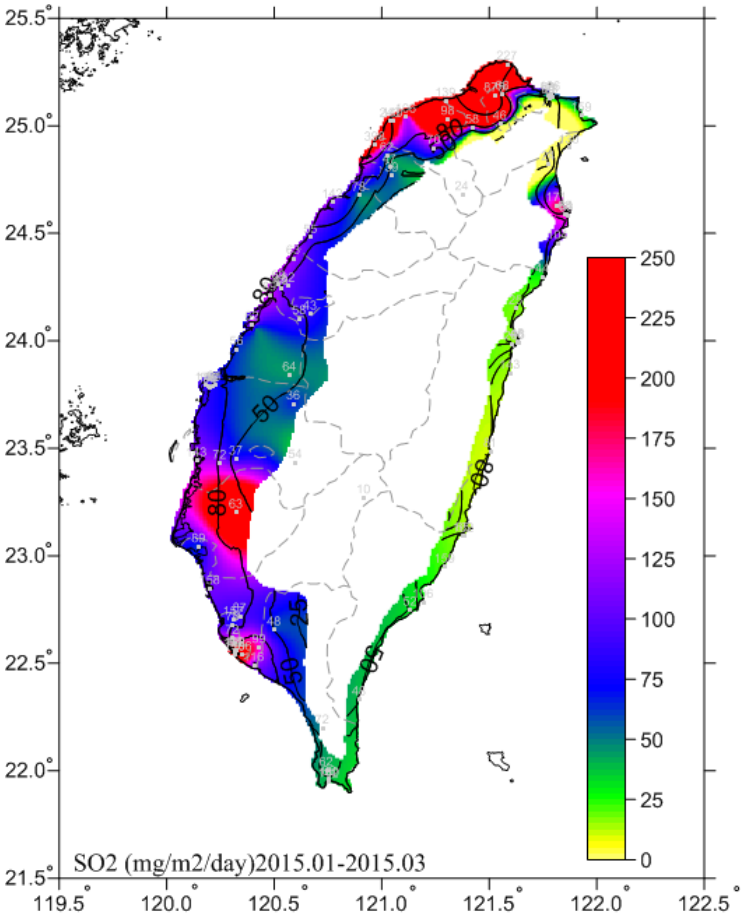


圖 3.16　2015.01-2015.03 二氧化硫沉積速率

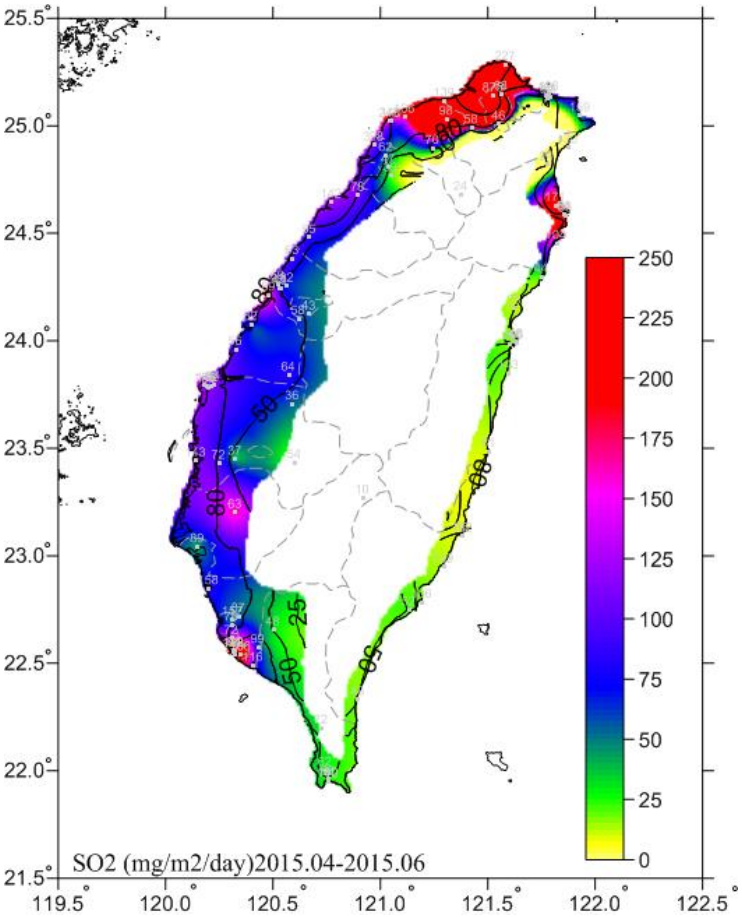


圖 3.17　2015.04-2014.06 二氧化硫沉積速率

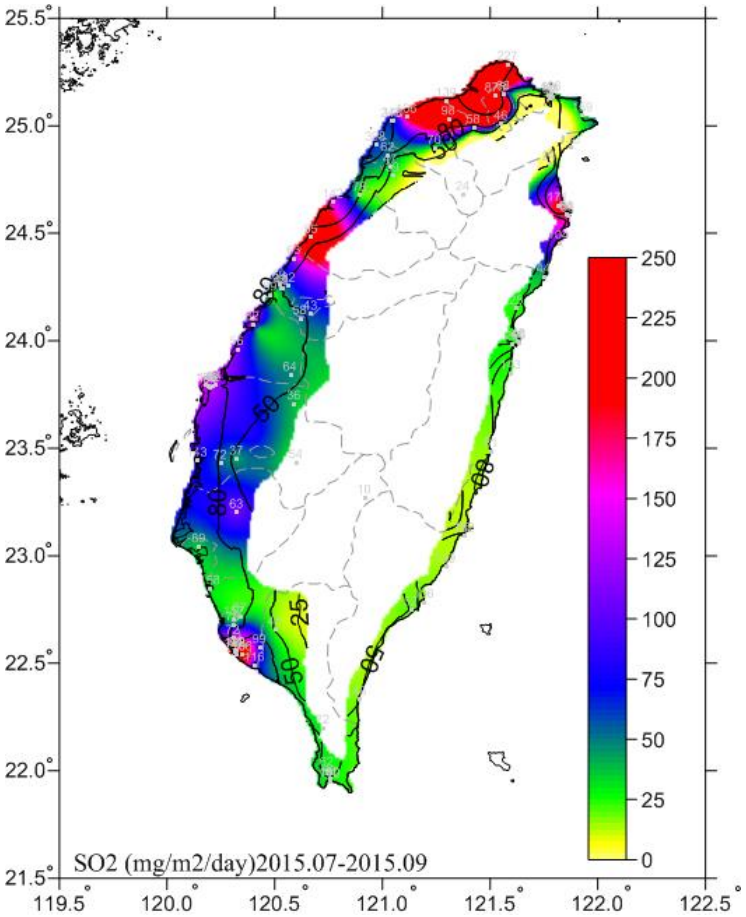


圖 3.18　2015.07-2015.09 二氧化硫沉積速率

3.9 濕潤時間百分比

表 3-15 為各測點四次調查期間，其計算方法為利用中央氣象局氣象站逐時記錄之相對濕度資料，統計試體暴露期間內相對濕度大於80%的小時數，再除以總暴露時間(小時數)。選用氣象站的名稱如表中括號內所示。圖 3.19 至圖 3.22 分別為為四次採樣期間內之濕潤時間百分比等位圖。

第一次調查期間 2014.10-2014.12(秋季)，濕潤時間百分比(%)介於阿里山 56.9% 及南部工業地區 3.2%之間，其餘介於 48.8%至 6.1%之間，依序分別為陽明山、臺北港監測站、平鎮工業區(服務中心)、觀音工業區(服務中心)、永安安檢所、蘇澳港試驗線等地區。

第二次調查期間 2015.01-2015.03 (冬季)，濕潤時間百分比介於陽明山國家公園 53.2%及南部工業地區 3.9%之間，其餘介於 52.5%至 4%之間。依序分別為臺中港試驗線、五甲安檢所、通霄火力電廠、外埔安檢所、蘇澳試驗線等。

第三次調查期間 2015.04-2015.06 (春季)，濕潤時間百分比介於蘇澳港試驗線 61.8%及核三廠試驗線 10.8%之間，其餘依序介於 59.8%至 14.7%之間分別為陽明山國家公園、和平工業區、太魯閣國家公園、花蓮港試驗線、基隆港試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線、台塑六輕試驗線等。

第四次調查期間 2015.07-2015.09(夏季)，濕潤時間百分比介於阿里山 66.9%及核三廠試驗線 15.3%之間，其餘介於 46.8%至 18.1%之間則有陽明山、金門水頭商港、蘇澳港試驗線、花蓮港試驗線、台塑六輕試驗線、基隆試驗線、高雄港試驗線、桃園試驗線。

表 3-15 各試驗點濕潤時間百分比調查表

單位：%

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
1	基隆試驗線 0m	24.7	39.2	48.9	32.0
2	基隆試驗線 100m	24.7	39.2	48.9	32.0
3	基隆試驗線 3Km	24.7	39.2	48.9	32.0
4	梗枋安檢所	45.4	42.8	47.0	29.5
5	龍德工業區	46.1	49.0	61.8	40.0
6	蘇澳港試驗線 0m	46.1	49.0	61.8	40.0
7	蘇澳港試驗線 100m	-	49.0	61.8	40.0
8	蘇澳港試驗線 300m	46.1	49.0	61.8	40.0
9	南澳安檢所	46.1	49.0	61.8	40.0
10	和平工業區	25.2	30.4	54.3	38.0
11	太魯閣國家公園	25.2	30.4	54.3	38.0
12	美崙工業區	25.2	30.4	54.3	38.0
13	花蓮港試驗線 0m	-	30.4	54.3	38.0
14	花蓮港試驗線 100m	25.0	30.4	54.3	38.0
15	花蓮港試驗線 300m	25.2	30.4	54.3	38.0
16	橄仔樹安檢所	25.2	30.4	54.3	38.0
17	石梯安檢所	25.2	30.4	54.3	38.0
18	成功試驗線 0m	18.6	22.2	53.5	44.9
19	金樽安檢所	18.6	22.2	53.5	44.9
20	伽蘭安檢所	8.1	10.9	34.8	32.5
21	豐樂工業區	8.1	10.9	34.8	32.5
22	尚武安檢所	8.1	12.7	28.8	26.5
23	核三廠試驗線 0m	6.1	4.0	10.8	15.3
24	核三廠試驗線 100m	6.1	4.0	10.8	15.3
25	核三廠試驗線 300m	6.1	4.0	10.8	15.3
26	核三廠試驗線 1Km	6.1	4.0	10.8	15.3
27	屏東工業區	3.2	3.9	14.7	24.7
28	中油林園廠	3.2	3.9	14.7	24.7
29	臨海工業區	3.2	3.9	14.7	24.7
30	鳳山工業區	3.3	3.9	14.7	24.5

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
31	大發工業區	3.2	3.9	14.7	24.7
32	高雄港試驗線 0m	3.2	3.9	14.7	24.7
33	高雄港試驗線 100m	3.2	3.9	14.7	24.7
34	高雄港試驗線 300m	3.2	3.9	14.7	24.7
35	高雄港試驗線 1Km	3.2	3.9	14.7	24.7
36	高雄港試驗線 3Km	3.2	3.9	14.7	24.7
37	高鐵左營站	3.3	3.9	14.7	24.7
38	高雄煉油廠	3.2	3.9	14.7	24.7
39	永安工業區	3.2	3.9	14.7	24.7
40	興達火力電廠	3.2	3.9	14.7	24.7
41	安平工業區	16.1	23.3	34.0	37.7
42	成大水工所	16.3	23.3	33.6	38.1
43	官田工業區	20.5	20.8	36.3	37.6
44	東石安檢所	22.2	21.2	24.9	39.8
45	朴子工業區	22.2	38.6	43.8	36.3
46	高鐵嘉義站	35.4	38.6	43.8	36.3
47	斗六工業區	27.0	18.0	44.3	33.9
48	台塑六輕試驗線 0m	35.8	21.5	40.4	36.3
49	台塑六輕試驗線 100m	35.8	21.5	40.4	36.3
50	台塑六輕試驗線 300m	35.8	21.5	40.4	36.3
51	台塑六輕試驗線 1Km	35.8	21.5	40.4	36.3
52	台塑六輕試驗線 3Km	35.8	21.5	40.4	36.3
53	王功安檢所	34.9	40.7	46.8	37.5
54	彰濱工業區	34.9	40.7	46.8	37.5
55	田中工業區	19.8	20.1	37.2	18.1
56	南崗工業區	19.8	20.4	36.8	19.2
57	大里工業區	19.8	20.4	36.8	19.2
58	高鐵臺中站	16.8	18.2	35.3	29.6
59	臺中工業區	19.8	20.4	36.8	19.2
60	關連工業區	34.9	47.3	45.7	32.8

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
61	臺中火力電廠	34.9	47.3	45.7	31.5
62	臺中港試驗線 0m	34.9	47.3	46.3	32.5
63	臺中港試驗線 100m	36.2	47.9	43.2	35.7
64	臺中港試驗線 1Km	34.9	52.5	43.2	32.1
65	五甲安檢所	34.9	49.5	44.7	32.8
66	通霄火力電廠	34.9	49.5	44.7	32.8
67	外埔安檢所	34.9	49.5	44.7	32.8
68	竹南工業區	23.4	40.6	38.8	23.6
69	頭份工業區	23.4	40.6	38.8	23.6
70	工研院	23.4	40.6	38.8	23.6
71	新竹工業區	30.7	38.8	47.3	23.9
72	平鎮工業區	30.7	33.3	47.3	24.4
73	桃園試驗線 0m	30.7	33.3	47.3	24.4
74	桃園試驗線 300m	30.7	33.3	47.3	24.4
75	桃園試驗線 1Km	30.7	33.3	47.3	24.4
76	樹林工業區(服務中心)	19.7	37.4	53.7	23.6
77	臺北市區	19.9	24.5	44.2	46.8
78	陽明山國家公園	48.8	53.2	44.2	46.8
79	陽明山硫磺區	48.8	53.2	59.8	23.2
80	北橫巴陵	19.1	24.8	59.8	66.9
81	阿里山	56.9	38.2	44.3	43.9
82	東北角風景管理處	45.4	44.3	53.8	27.6
83	臺北港監測站	48.0	40.9	44.3	23.6
84	平鎮工業區(服務中心)	47.5	33.7	46.9	24.8
85	觀音工業區(服務中心)	47.5	33.7	46.9	24.8
86	永安安檢所	47.5	33.7	46.9	24.8
87	新竹漁港	25.0	40.6	38.8	23.6
88	金門水頭商港	11.3	17.4	47.6	44.3

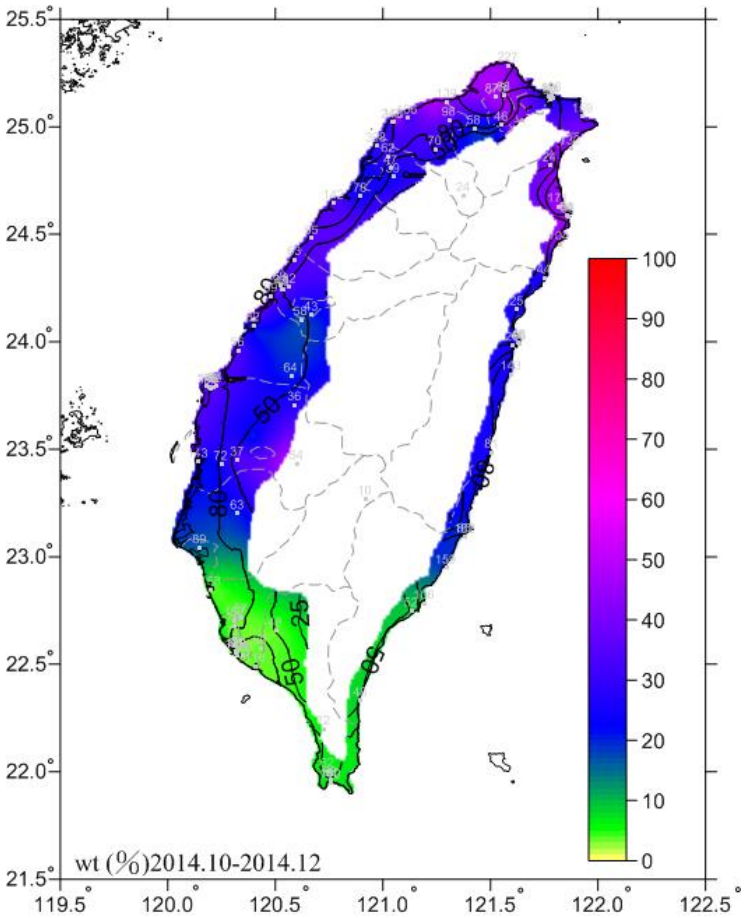


圖 3.19　2014.10-2014.12 濕潤時間百分比

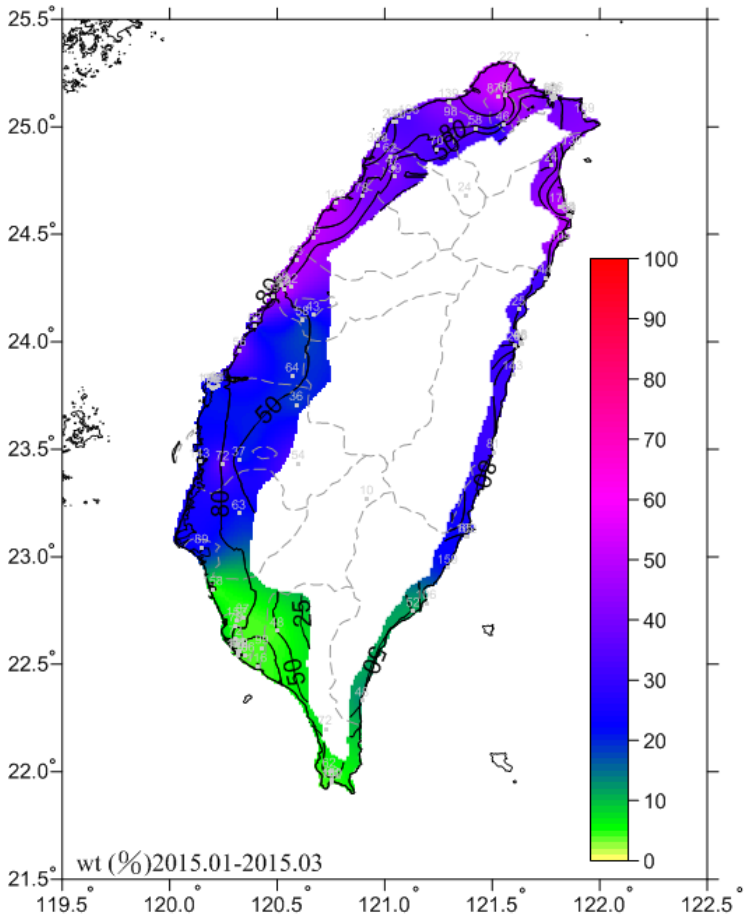


圖 3.20　2015.01-2015.03 濕潤時間百分比

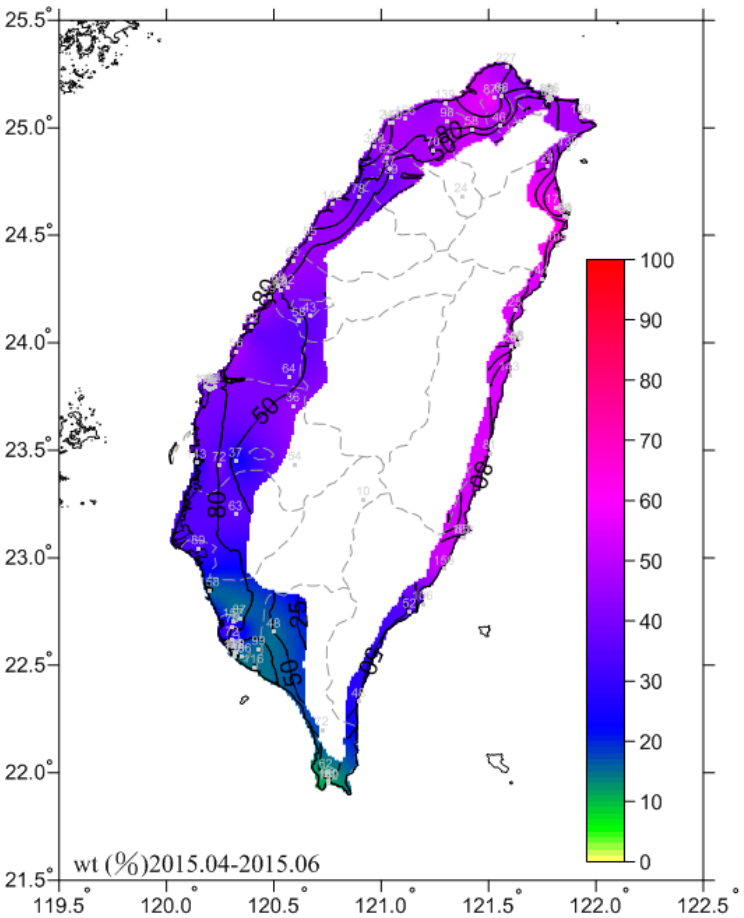


圖 3.21　2015.04-2015.06 濕潤時間百分比

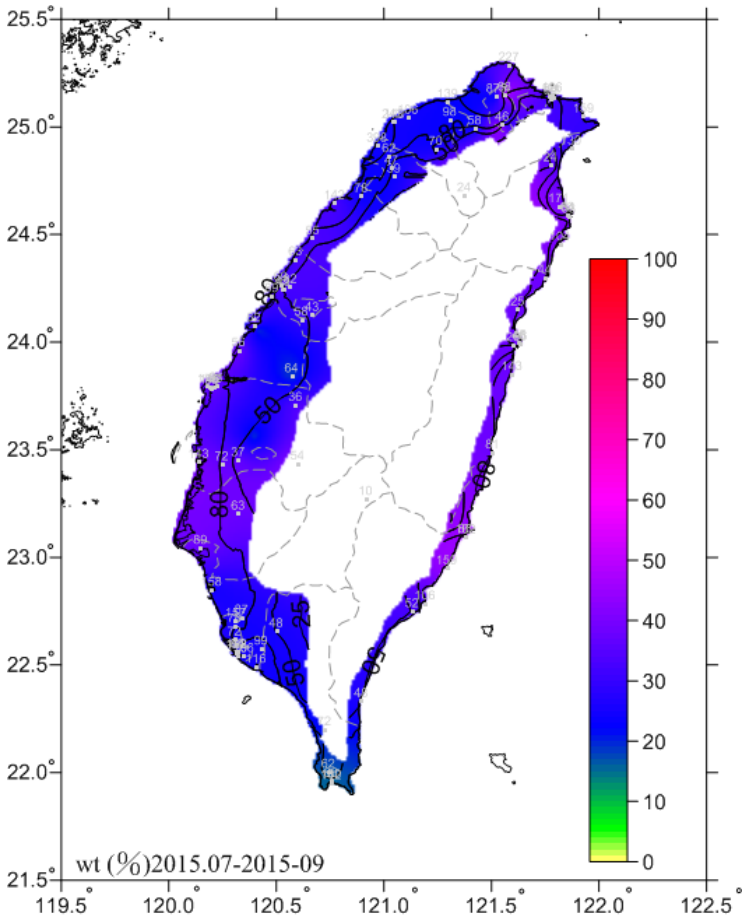


圖 3.22　2015.07-2015.09 濕潤時間百分比

3.10 現地暴露試驗結果

今彙整四次採樣之各金屬之腐蝕速率計算結果，如表 3-16 至表 3-19 所示。

第一次調查期間 2014.10-2014.12，秋季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 24.9 μm/yr (北橫巴陵)至 503.3μm/yr (基隆港試驗線 100m)之間；其他依序以 471.5 μm/yr(陽明山硫磺區)、及 460.9 μm/yr (台塑六輕試驗線 0m)、410.4 μm/yr(桃園試驗線 0m)試片腐蝕速率較大。針對鋅金屬介於 0.8μm/yr (高雄港試驗線 0m)至 50.0 μm/yr (台塑六輕試驗線 0m)之間；銅金屬介於 0.9 μm/yr (北橫巴陵)至 32.3 μm/yr (陽明山國家公園管理處)之間；而鋁金屬則介於 1.5 (屏東工業區與大里工業區)至 35.7 g/m^2/yr (台塑六輕試驗線 1km)之間。

第二次調查期間 2015.01-2015.03，冬季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 12.5 μm/yr (中油林園廠)至 540.2 μm/yr(東北角風景管理處)之間；鋅金屬介於 0.9 μm/yr (樹林工業區(服務中心))至 30.0 μm/yr(王功安檢所)之間；銅金屬介於 1.2 μm/yr (高雄港試驗線 3km)至 77.3 μm/yr (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 0.8 g/m^2/yr (北橫巴陵)至 66.3 g/m^2/yr(桃園試驗線 300m)之間。

第三次調查期間 2015.04-2015.06，春季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 31.1 μm/yr(阿里山)至 576.8 μm/yr(陽明山硫磺區)之間；鋅金屬介於 1.6 μm/yr(樹林工業區(服務中心))至 26.0 μm/yr(桃園試驗線 0m)之間；銅金屬介於 0.9μm/yr(北橫巴陵)至 101.0 μm/yr (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 1.0 g/m^2/yr(南崗工業區)至 37.9 g/m^2/yr(桃園試驗線 0m)之間。

第四次調查期間 2015.07-2015.09，夏季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 18.2 μm/yr(樹林工業區(服務中心))至 764.4 μm/yr(陽明山硫磺區)之間；鋅金屬介於 0.8 m/yr (大里工業區)至 50.5 μm/yr(桃園試驗線 0m)之間；銅金屬介於 4.5 μm/yr(北橫巴陵)至 89.5 μm/yr (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 0.6 g/m^2/yr (阿里山)至 39.8 g/m^2/yr (桃園試驗線 300m)之間。

表 3-16 碳鋼金屬之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
1	基隆港試驗線 0m	341.7	179.8	159.9	105.2
2	基隆港試驗線 100m	503.3	172.9	214.2	160.0
3	基隆港試驗線 3km	234.5	175.4	117.0	99.7
4	梗枋安檢所	210.7	164.0	173.2	137.7
5	龍德工業區	187.4	216.9	215.6	158.7
6	蘇澳港試驗線 0m	122.4	105.3	156.2	107.4
7	蘇澳港試驗線 100m	-	117.6	147.9	146.7
8	蘇澳港試驗線 300m	96.0	92.7	104.0	110.7
9	南澳安檢所	91.1	114.8	118.9	129.3
10	和平工業區	59.1	70.3	79.1	74.4
11	太魯閣國家公園管理處	51.6	57.9	71.5	76.2
12	美崙工業區	76.3	83.0	72.1	93.8
13	花蓮港試驗線 0m	-	193.8	266.1	298.8
14	花蓮港試驗線 100m	102.0	126.3	107.7	90.0
15	花蓮港試驗線 300m	95.4	105.1	90.8	87.1
16	橄仔樹安檢所	245.8	291.4	242.1	199.5
17	石梯安檢所	166.3	135.1	132.6	105.3
18	新港安檢所(成功)	147.7	116.0	162.8	151.7
19	金樽安檢所(東河)	167.1	110.5	211.4	189.5
20	伽蘭安檢所(富岡)	139.3	96.0	116.3	148.9
21	豐樂工業區	49.5	47.8	40.4	43.4
22	尚武安檢所	191.2	118.3	157.2	90.6
23	核三廠試驗線 0M	64.1	70.3	77.0	133.1
24	核三廠試驗線 100M	57.4	74.3	74.7	117.8
25	核三廠試驗線 300M	96.6	86.9	82.7	115.0
26	核三廠試驗線 1KM	56.8	54.3	62.3	120.7
27	屏東工業區	42.4	33.4	48.4	51.5
28	中油林園廠	74.6	12.5	114.2	104.4
29	臨海工業區	75.2	120.5	134.4	111.7
30	鳳山工業區	60.2	42.9	79.4	89.8
31	大發工業區	88.5	60.9	117.6	108.8
32	高雄港試驗線 0m	66.3	53.0	113.2	140.6
33	高雄港試驗線 100m	68.9	60.6	94.5	110.8
34	高雄港試驗線 300m	83.5	61.0	131.7	124.8

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
35	高雄港試驗線 1km	64.3	47.9	-	106.9
36	高雄港試驗線 3km	48.9	36.1	77.1	91.8
37	高鐵左營站	89.8	94.2	71.2	73.2
38	高雄煉油廠	68.8	45.1	64.5	75.4
39	永安工業區	81.0	69.4	115.4	103.4
40	興達火力電廠	102.3	78.1	111.9	140.8
41	安平工業區	89.4	63.5	81.5	143.3
42	成大水工所	90.4	71.2	70.9	95.4
43	官田工業區	94.5	76.9	95.1	70.5
44	東石安檢所	97.5	91.1	102.8	148.6
45	朴子工業區	166.5	116.1	125.1	120.1
46	高鐵嘉義站	103.6	87.3	43.9	90.7
47	斗六工業區	56.2	54.3	45.2	47.5
48	台塑六輕試驗線 0m	460.9	339.6	211.2	263.6
49	台塑六輕試驗線 100m	361.6	349.6	200.0	232.3
50	台塑六輕試驗線 300m	323.1	301.8	153.5	179.1
51	台塑六輕試驗線 1km	379.4	274.2	170.2	153.6
52	台塑六輕試驗線 3km	353.7	190.0	142.7	134.2
53	王功安檢所	397.7	386.0	222.1	-
54	彰濱工業區	296.3	231.4	124.2	161.6
55	田中工業區	66.4	70.2	62.0	58.7
56	南崗工業區	65.4	52.8	70.1	67.0
57	大里工業區	52.1	42.8	38.7	56.1
58	高鐵臺中站	66.8	63.8	50.5	63.5
59	臺中工業區	107.3	126.9	86.8	93.9
60	關聯工業區	124.9	100.8	114.1	126.2
61	臺中火力電廠	165.6	209.9	138.6	155.2
62	臺中港試驗線 0m	143.4	122.8	117.1	130.9
63	臺中港試驗線 100m	129.2	131.3	87.9	140.9
64	臺中港試驗線 1km	118.0	127.4	82.1	126.2
65	五甲安檢所	197.8	224.0	130.8	140.4
66	通霄火力電廠	185.8	269.6	130.3	159.5
67	外埔安檢所	234.0	456.5	145.6	183.1
68	竹南工業區	157.1	166.0	99.8	111.2

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
69	頭份工業區	92.1	117.4	68.3	81.6
70	工研院	80.7	109.2	64.3	69.2
71	新竹工業區	106.7	92.7	80.4	77.0
72	平鎮工業區	159.4	188.5	106.6	70.3
73	桃園試驗線 0m	410.4	258.1	302.9	468.3
74	桃園試驗線 300m	266.3	238.5	182.2	181.8
75	桃園試驗線 1km	223.2	253.7	158.7	141.1
76	樹林工業區(服務中心)	71.2	39.6	31.2	18.2
77	臺北市	131.4	-	81.0	72.0
78	陽明山國家公園管理處	336.4	271.3	231.4	145.3
79	陽明山硫磺區	471.5	259.4	576.8	764.4
80	北橫巴陵	24.9	27.1	-	21.3
81	阿里山	35.5	41.5	31.1	37.2
82	東北角風景管理處	188.2	540.2	200.0	172.2
83	臺北港監測站	103.4	94.6	73.9	88.8
84	平鎮工業區(服務中心)	144.2	117.2	108.3	93.8
85	觀音工業區(服務中心)	230.0	280.8	139.8	105.5
86	永安安檢所	280.2	238.9	234.5	123.0
87	新竹漁港	246.2	391.2	210.8	352.3
88	金門水頭商港	-	122.9	152.7	121.8

註：- 表示試片遺失

表 3-17 鋅金屬之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
1	基隆港試驗線 0m	25.8	13.0	16.2	27.7
2	基隆港試驗線 100m	17.8	26.1	19.3	21.1
3	基隆港試驗線 3km	15.0	21.8	9.4	27.3
4	梗枋安檢所	13.7	11.0	17.7	7.8
5	龍德工業區	7.5	9.4	11.5	15.4
6	蘇澳港試驗線 0m	9.4	13.3	-	10.5
7	蘇澳港試驗線 100m	-	9.5	12.4	14.3
8	蘇澳港試驗線 300m	7.0	7.8	10.1	11.7
9	南澳安檢所	7.9	9.6	8.6	14.7
10	和平工業區	7.6	8.7	11.8	12.6
11	太魯閣國家公園管理處	5.6	7.5	9.7	10.5
12	美崙工業區	5.5	7.5	11.2	10.6
13	花蓮港試驗線 0m	-	17.7	13.8	32.6
14	花蓮港試驗線 100m	14.3	8.5	9.3	17.1
15	花蓮港試驗線 300m	8.0	9.4	6.6	14.2
16	橄仔樹安檢所	12.6	13.7	12.3	22.7
17	石梯安檢所	9.8	11.2	12.0	11.3
18	新港安檢所(成功)	17.1	12.5	13.8	21.6
19	金樽安檢所(東河)	11.0	11.7	15.1	24.9
20	伽蘭安檢所(富岡)	24.5	13.1	7.0	16.0
21	豐樂工業區	6.0	7.4	7.4	11.0
22	尚武安檢所	19.5	17.1	20.0	9.9
23	核三廠試驗線 0M	7.3	4.9	10.4	18.7
24	核三廠試驗線 100M	7.9	10.4	13.2	13.0
25	核三廠試驗線 300M	10.2	10.9	9.6	10.7
26	核三廠試驗線 1KM	7.8	12.3	10.5	13.9
27	屏東工業區	3.6	4.9	12.8	8.2
28	中油林園廠	5.9	8.2	8.2	9.5
29	臨海工業區	5.9	5.5	13.7	9.0
30	鳳山工業區	2.5	3.6	12.2	8.9
31	大發工業區	2.6	11.3	7.7	13.6
32	高雄港試驗線 0m	0.8	8.6	6.0	18.4
33	高雄港試驗線 100m	2.6	6.2	7.8	11.9
34	高雄港試驗線 300m	3.8	7.1	16.7	17.0

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
35	高雄港試驗線 1km	3.7	6.1	-	10.4
36	高雄港試驗線 3km	2.5	4.6	7.9	6.7
37	高鐵左營站	5.5	3.8	11.8	15.5
38	高雄煉油廠	1.6	6.5	8.3	13.0
39	永安工業區	-	5.2	9.0	16.8
40	興達火力電廠	9.1	16.1	12.0	19.6
41	安平工業區	8.8	13.5	13.2	15.2
42	成大水工所	8.6	14.4	13.8	13.5
43	官田工業區	6.2	13.4	11.9	13.7
44	東石安檢所	6.0	13.1	14.2	45.3
45	朴子工業區	5.9	7.6	11.2	11.9
46	高鐵嘉義站	4.3	11.9	6.1	30.6
47	斗六工業區	7.9	17.4	10.1	21.6
48	台塑六輕試驗線 0m	50.0	16.1	20.5	23.6
49	台塑六輕試驗線 100m	14.7	16.7	13.0	15.4
50	台塑六輕試驗線 300m	41.0	16.6	10.3	25.5
51	台塑六輕試驗線 1km	19.8	17.7	8.6	17.0
52	台塑六輕試驗線 3km	23.3	11.7	13.2	12.0
53	王功安檢所	15.0	30.0	17.8	33.0
54	彰濱工業區	6.2	16.1	12.9	31.6
55	田中工業區	12.5	22.8	10.5	20.6
56	南崗工業區	8.2	4.6	6.0	7.6
57	大里工業區	5.4	6.5	5.3	0.8
58	高鐵臺中站	5.4	7.4	-	32.2
59	臺中工業區	10.4	5.5	4.9	7.4
60	關聯工業區	14.4	6.9	4.7	6.4
61	臺中火力電廠	20.3	14.8	18.4	21.1
62	臺中港試驗線 0m	16.4	21.2	17.2	27.9
63	臺中港試驗線 100m	15.0	11.6	8.5	29.7
64	臺中港試驗線 1km	12.0	12.6	12.9	24.2
65	五甲安檢所	10.9	13.9	14.4	20.3
66	通霄火力電廠	24.0	17.5	15.9	22.2
67	外埔安檢所	28.1	17.2	15.3	40.3
68	竹南工業區	6.7	9.4	9.3	11.0
69	頭份工業區	5.6	10.5	6.2	25.1

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
70	工研院	7.7	13.3	13.5	20.3
71	新竹工業區	5.8	11.4	13.7	18.9
72	平鎮工業區	7.6	7.6	9.8	11.0
73	桃園試驗線 0m	37.0	29.8	26.0	50.5
74	桃園試驗線 300m	28.0	17.2	16.5	28.6
75	桃園試驗線 1km	14.1	19.3	15.0	22.5
76	樹林工業區(服務中心)	3.2	0.9	1.6	6.2
77	臺北市	14.9	25.7	18.1	22.1
78	陽明山國家公園管理處	15.0	22.2	10.3	24.1
79	陽明山硫磺區	15.4	16.3	25.9	25.7
80	北橫巴陵	10.0	9.2	16.5	18.1
81	阿里山	5.3	6.5	12.3	35.7
82	東北角風景管理處	9.6	7.4	13.8	14.2
83	臺北港監測站	11.0	8.3	16.2	15.5
84	平鎮工業區(服務中心)	11.8	16.2	15.7	12.9
85	觀音工業區(服務中心)	15.9	16.4	11.9	20.8
86	永安安檢所	18.8	13.5	14.0	-
87	新竹漁港	9.0	18.9	19.9	32.9
88	金門水頭商港	-	21.8	8.6	14.6

註：- 表示試片遺失　＊表示試驗點租借地易主

表 3-18 銅金屬之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
1	基隆港試驗線 0m	12.9	9.4	6.2	16.6
2	基隆港試驗線 100m	20.7	15.2	8.1	16.4
3	基隆港試驗線 3km	11.2	7.1	4.9	11.1
4	梗枋安檢所	13.9	11.0	14.4	16.0
5	龍德工業區	15.1	10.4	19.8	32.5
6	蘇澳港試驗線 0m	8.2	-	-	9.2
7	蘇澳港試驗線 100m	-	10.8	15.4	21.5
8	蘇澳港試驗線 300m	3.5	2.8	2.6	6.0
9	南澳安檢所	8.3	7.0	9.3	13.3
10	和平工業區	4.8	2.7	4.9	8.0
11	太魯閣國家公園管理處	2.5	2.4	2.7	6.7
12	美崙工業區	8.8	4.7	2.5	7.2
13	花蓮港試驗線 0m	-	18.2	17.7	26.0
14	花蓮港試驗線 100m	10.7	7.9	15.2	15.4
15	花蓮港試驗線 300m	10.0	9.0	7.6	12.7
16	橄仔樹安檢所	15.2	14.5	13.8	26.2
17	石梯安檢所	12.6	7.1	9.4	17.9
18	新港安檢所(成功)	17.1	12.9	17.7	28.9
19	金樽安檢所(東河)	15.9	10.4	13.4	22.0
20	伽蘭安檢所(富岡)	22.3	23.8	27.7	26.2
21	豐樂工業區	7.7	3.3	-	10.4
22	尚武安檢所	15.4	12.3	14.1	15.7
23	核三廠試驗線 0M	13.6	12.1	-	20.0
24	核三廠試驗線 100M	10.9	11.9	10.3	14.7
25	核三廠試驗線 300M	11.0	12.1	12.3	15.9
26	核三廠試驗線 1KM	15.5	12.2	8.3	15.3
27	屏東工業區	2.5	2.1	3.6	10.6
28	中油林園廠	4.8	-	6.0	13.5
29	臨海工業區	3.3	4.1	6.3	13.8
30	鳳山工業區	2.9	1.9	4.1	10.8
31	大發工業區	3.8	3.4	5.1	14.5
32	高雄港試驗線 0m	3.0	2.5	3.2	10.5
33	高雄港試驗線 100m	3.1	2.6	3.3	12.8
34	高雄港試驗線 300m	5.3	4.7	8.9	14.9
35	高雄港試驗線 1km	2.7	-	-	12.8

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
36	高雄港試驗線 3km	1.7	1.2	1.9	8.7
37	高鐵左營站	2.3	1.9	2.6	6.8
38	高雄煉油廠	3.1	2.3	2.9	10.6
39	永安工業區	19.7	3.4	4.6	13.5
40	興達火力電廠	8.6	7.6	9.8	16.9
41	安平工業區	-	3.5	4.8	18.4
42	成大水工所	6.3	4.4	5.5	13.5
43	官田工業區	7.8	12.9	9.5	19.5
44	東石安檢所	10.5	7.2	11.4	15.9
45	朴子工業區	6.0	5.1	4.4	10.2
46	高鐵嘉義站	6.9	5.1	3.5	9.6
47	斗六工業區	3.0	2.6	-	7.2
48	台塑六輕試驗線 0m	31.3	23.9	14.6	19.6
49	台塑六輕試驗線 100m	29.1	18.8	16.9	25.4
50	台塑六輕試驗線 300m	29.6	20.7	15.1	15.8
51	台塑六輕試驗線 1km	28.3	17.3	10.9	13.9
52	台塑六輕試驗線 3km	20.5	14.6	11.2	14.3
53	王功安檢所	27.5	33.9	21.3	31.8
54	彰濱工業區	19.4	14.9	8.7	13.8
55	田中工業區	6.1	3.7	4.3	11.2
56	南崗工業區	2.0	1.5	3.2	6.5
57	大里工業區	1.8	1.4	2.3	5.7
58	高鐵臺中站	8.6	3.8	2.8	8.6
59	臺中工業區	10.2	-	4.8	7.5
60	關聯工業區	14.9	6.8	-	10.1
61	臺中火力電廠	17.4	12.2	8.8	21.4
62	臺中港試驗線 0m	8.9	-	4.4	11.8
63	臺中港試驗線 100m	16.3	10.0	6.2	15.8
64	臺中港試驗線 1km	15.0	11.7	5.6	15.5
65	五甲安檢所	22.1	16.7	8.7	21.2
66	通霄火力電廠	21.2	13.5	12.8	26.5
67	外埔安檢所	19.5	19.8	10.4	28.0
68	竹南工業區	9.3	6.5	5.5	14.5
69	頭份工業區	7.1	7.2	2.7	6.9
70	工研院	5.4	3.6	3.6	9.0
71	新竹工業區	7.9	3.9	2.5	14.5

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
72	平鎮工業區	7.1	4.7	2.5	6.4
73	桃園試驗線 0m	27.2	19.2	14.1	40.6
74	桃園試驗線 300m	16.2	11.7	9.4	33.0
75	桃園試驗線 1km	10.4	8.2	4.8	10.9
76	樹林工業區(服務中心)	5.7	-	-	5.1
77	臺北市	19.2	6.8	2.5	8.3
78	陽明山國家公園管理處	32.3	19.7	18.2	31.0
79	陽明山硫磺區	23.2	77.3	101.0	89.5
80	北橫巴陵	0.9	1.5	0.9	4.5
81	阿里山	3.8	3.0	2.5	8.2
82	東北角風景管理處	13.7	-	13.1	11.2
83	臺北港監測站	11.0	3.7	3.6	9.4
84	平鎮工業區(服務中心)	9.1	4.9	3.9	15.7
85	觀音工業區(服務中心)	11.0	8.4	5.4	7.9
86	永安安檢所	18.8	7.7	10.0	29.5
87	新竹漁港	23.9	18.6	16.3	37.7
88	金門水頭商港	-	22.6	5.4	8.8

註：- 表示試片遺失

表 3-19 鋁金屬之腐蝕速率表

單位：$g/m^2/yr$

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
1	基隆港試驗線 0m	17.1	17.5	6.3	2.9
2	基隆港試驗線 100m	14.6	27.0	11.9	4.3
3	基隆港試驗線 3km	16.4	8.4	3.3	0.9
4	梗枋安檢所	8.8	15.5	6.6	7.3
5	龍德工業區	6.7	8.9	6.6	8.1
6	蘇澳港試驗線 0m	5.9	58.7	-	2.1
7	蘇澳港試驗線 100m	-	7.4	10.8	8.9
8	蘇澳港試驗線 300m	2.5	2.4	2.3	2.1
9	南澳安檢所	5.4	5.6	4.0	3.0
10	和平工業區	1.8	2.7	2.1	1.2
11	太魯閣國家公園管理處	1.6	5.3	1.8	0.9
12	美崙工業區	2.9	3.2	4.3	2.9
13	花蓮港試驗線 0m	-	23.7	18.6	-
14	花蓮港試驗線 100m	5.1	6.8	5.0	4.4
15	花蓮港試驗線 300m	4.3	7.2	3.4	2.0
16	橄仔樹安檢所	6.3	10.3	7.6	6.6
17	石梯安檢所	7.6	7.4	4.6	3.6
18	新港安檢所(成功)	8.0	5.5	10.1	7.8
19	金樽安檢所(東河)	7.4	7.1	8.1	8.8
20	伽蘭安檢所(富岡)	8.5	10.4	8.9	5.1
21	豐樂工業區	2.7	2.3	2.4	1.1
22	尚武安檢所	6.7	6.8	7.0	4.4
23	核三廠試驗線 0M	4.9	-	4.4	3.7
24	核三廠試驗線 100M	3.1	5.4	2.6	2.1
25	核三廠試驗線 300M	4.9	8.3	5.0	4.2
26	核三廠試驗線 1KM	3.6	4.0	-	3.7
27	屏東工業區	1.5	1.3	1.8	0.7
28	中油林園廠	3.7	-	5.1	4.4
29	臨海工業區	9.0	11.8	10.2	6.2
30	鳳山工業區	3.1	1.8	2.1	3.3
31	大發工業區	3.9	3.0	4.1	3.9
32	高雄港試驗線 0m	5.1	3.0	5.8	4.4
33	高雄港試驗線 100m	4.2	3.2	3.1	4.3
34	高雄港試驗線 300m	9.5	11.0	12.7	5.9
35	高雄港試驗線 1km	2.8	3.5	-	2.7

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
36	高雄港試驗線 3km	2.3	1.4	2.4	1.4
37	高鐵左營站	3.6	2.1	1.5	1.7
38	高雄煉油廠	2.6	2.1	1.7	2.0
39	永安工業區	-	4.2	6.1	4.0
40	興達火力電廠	5.3	10.5	7.3	6.3
41	安平工業區	-	6.3	4.2	5.4
42	成大水工所	5.2	5.5	4.0	3.7
43	官田工業區	3.1	2.6	1.8	0.8
44	東石安檢所	6.4	6.0	14.1	6.8
45	朴子工業區	9.5	9.8	5.2	2.5
46	高鐵嘉義站	6.8	4.4	2.7	2.6
47	斗六工業區	2.2	2.4	1.8	1.0
48	台塑六輕試驗線 0m	21.9	19.2	25.2	22.4
49	台塑六輕試驗線 100m	32.0	31.3	30.6	21.0
50	台塑六輕試驗線 300m	23.7	23.6	16.0	11.4
51	台塑六輕試驗線 1km	35.7	28.8	18.7	8.5
52	台塑六輕試驗線 3km	14.9	14.7	9.6	7.1
53	王功安檢所	19.9	35.7	18.2	16.9
54	彰濱工業區	9.4	18.0	10.0	9.2
55	田中工業區	3.3	2.4	1.7	1.2
56	南崗工業區	3.7	2.9	1.0	2.4
57	大里工業區	1.5	1.5	1.1	1.1
58	高鐵臺中站	5.4	1.9	-	2.0
59	臺中工業區	5.8	4.0	4.2	3.6
60	關聯工業區	11.4	10.1	6.4	7.5
61	臺中火力電廠	19.3	25.3	19.5	16.9
62	臺中港試驗線 0m	25.9	35.0	25.7	24.3
63	臺中港試驗線 100m	12.5	8.1	11.1	9.3
64	臺中港試驗線 1km	9.1	9.1	8.7	7.2
65	五甲安檢所	17.3	12.7	11.3	7.9
66	通霄火力電廠	10.6	9.5	11.4	9.4
67	外埔安檢所	13.2	15.1	15.3	10.4
68	竹南工業區	9.2	8.4	6.2	5.5
69	頭份工業區	6.5	6.2	3.3	2.9
70	工研院	6.9	4.5	3.5	2.1
71	新竹工業區	5.3	5.5	3.5	2.1

項次	試驗期間 試驗地點	2014.10-2014.12	2015.01-2015.03	2015.04-2015.06	2015.07-2015.09
72	平鎮工業區	10.2	10.1	3.4	1.9
73	桃園試驗線 0m	25.4	38.4	37.9	8.7
74	桃園試驗線 300m	20.5	66.3	16.1	39.8
75	桃園試驗線 1km	23.4	-	11.2	4.0
76	樹林工業區(服務中心)	3.1	1.0	1.6	-
77	臺北市	-	31.3	2.5	1.1
78	陽明山國家公園管理處	2.9	2.8	-	0.8
79	陽明山硫磺區	3.1	2.3	1.9	1.1
80	北橫巴陵	-	0.8	2.4	1.5
81	阿里山	2.0	-	2.9	0.6
82	東北角風景管理處	9.1	7.1	5.0	2.3
83	臺北港監測站	4.0	4.9	2.3	0.9
84	平鎮工業區(服務中心)	9.3	12.9	4.6	3.8
85	觀音工業區(服務中心)	25.4	23.2	9.9	3.4
86	永安安檢所	-	13.2	16.7	22.5
87	新竹漁港	20.7	18.6	19.6	18.0
88	金門水頭商港	-	-	7.1	8.0

註：- 表示試片遺失

3.10.1 各金屬腐蝕速率季節性之比較

本研究四次採樣調查的期間相當於臺灣氣候之秋季(2014.10-2014.12)、冬季(2015.01-2015.03)、春季(2015.04-2015.06)，夏季(2015.07-2015.09)期間。

圖 3.23 至圖 3.26 為碳鋼金屬四次調查期間之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示碳鋼腐蝕速率為 1.3~25 μm/yr 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 25~50 μm/yr 的區域，藍色表示腐蝕速率為 50~80 μm/yr 的區域，粉紅色表示 80~200 μm/yr 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 200 μm/yr 的區域。

圖 3.27 至圖 3.30 為鋅金屬四次調查期間之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示鋅腐蝕速率為 0.1~0.7 μm/yr 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 0.7~2.1 μm/yr 的區域，藍色表示腐蝕速率為 2.1~4.2 μm/yr 的區域，

粉紅色表示 4.2~8.4 μm/yr 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 8.4 μm/yr 的區域。

圖 3.31 至圖 3.34 為銅金屬四次調查期間腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示銅腐蝕速率為 0.1~0.6 μm/yr 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 0.6~1.3 μm/yr 的區域，藍色表示腐蝕速率為 1.3~2.8 μm/yr 的區域， 粉紅色表示 2.8~5.6 μm/yr 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 5.6 μm/yr 的區域。

圖 3.35 至圖 3.38 為鋁金屬四次調查期間腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示鋁腐蝕速率小於 0.6 $g/m^2/yr$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 0.6~2 $g/m^2/yr$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 2~5 $g/m^2/yr$ 的區域， 粉紅色表示 5~10 $g/m^2/yr$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 10 $g/m^2/yr$ 的區域。

圖 3.39 至圖 3.42 分別為碳鋼、鋅、銅、鋁金屬於垂直海岸試驗線 0m、100 m、300m、1 Km 與 3Km 腐蝕速率平均值之比較。針對碳鋼金屬(圖 3.39) 基隆試驗線、桃園試驗線、台塑六輕試驗線、腐蝕速率均較其他地區高，在高雄港、核三廠試驗線腐蝕速率相對其他地區低。至於鋅金屬(圖 3.40)以台塑六輕試驗線、基隆試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線、腐蝕速率較大，在高雄港試驗線則腐蝕速率相對較低。而針對銅金屬，銅的腐蝕速率以台塑六輕試驗線、桃園試驗線較為嚴重(圖 3.41)。而針對鋁金屬，鋁的腐蝕速率以桃園試驗線、台塑六輕試驗線、臺中港試驗線，較為嚴重(圖 3.42) 。

圖 3.43 至圖 3.46 為石化廠、火力電廠、工業區、高鐵沿線與都市地區等特定測站各金屬之腐蝕速率比較。在碳鋼金屬以大潭火力發電廠、臺中火力發電廠、台塑六輕、彰濱工業區、觀音工業區、通霄火力為高，鋅金屬以臺中火力發電廠、大潭火力發電廠、通霄火力電廠、台塑六輕、臺北市區為高，銅金屬以彰濱工業區、台塑六輕、大潭火力發電廠、通霄火力電廠、臺中火力發電廠為高，針對鋁金屬以觀音工業區、臺中火力發電廠、大潭火力發電廠、台塑六輕、彰濱工業區、腐蝕速率相對較高。

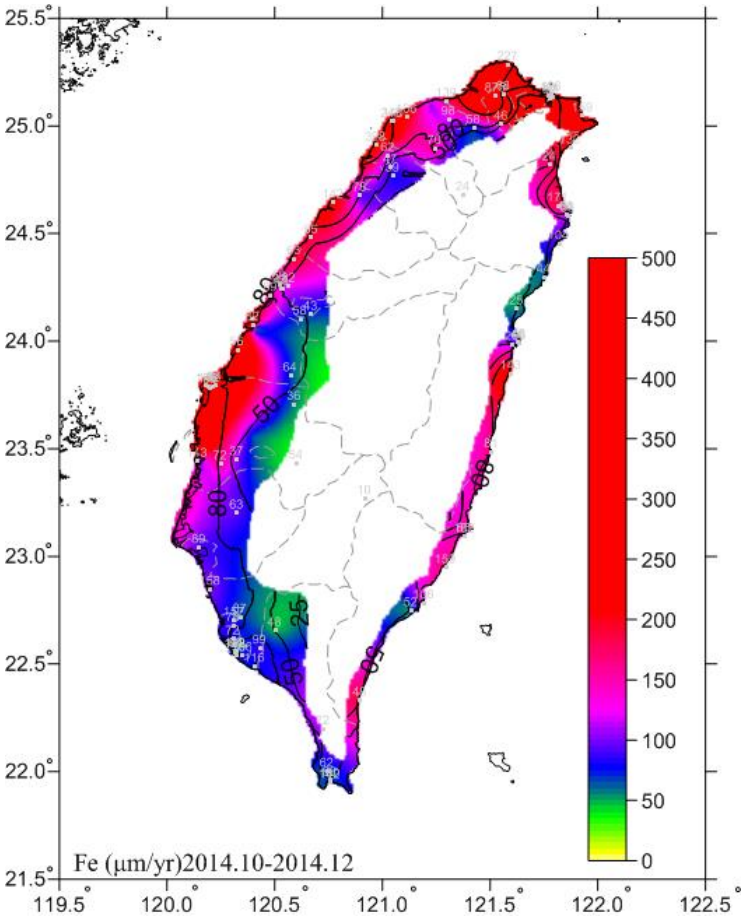


圖 3.23　2014.10-2014.12 碳鋼腐蝕速率

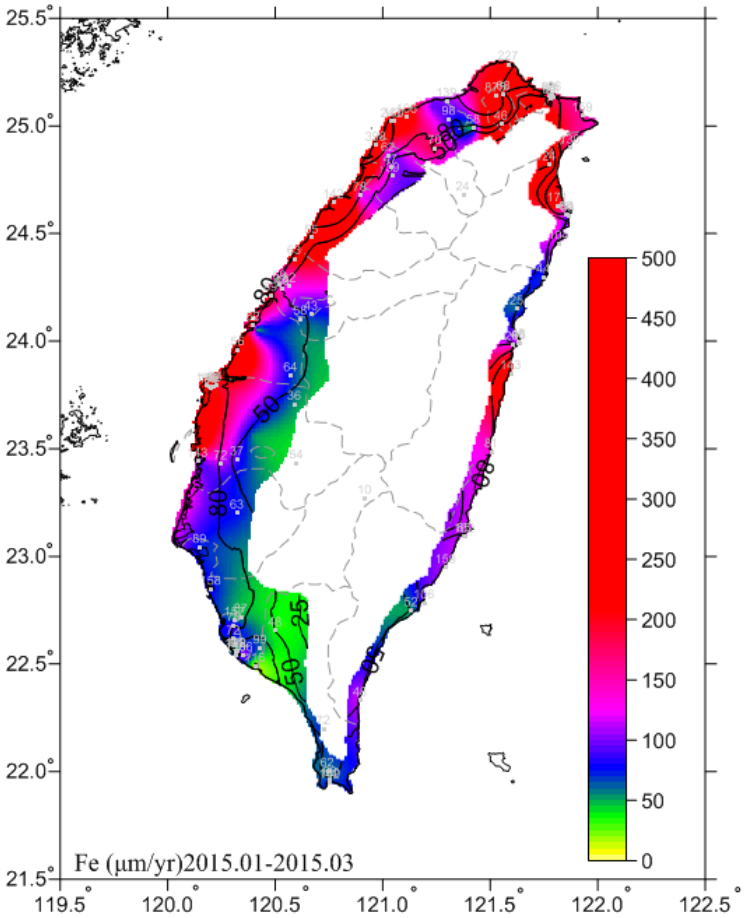


圖 3.24　2015.01-2015.03 碳鋼腐蝕速率

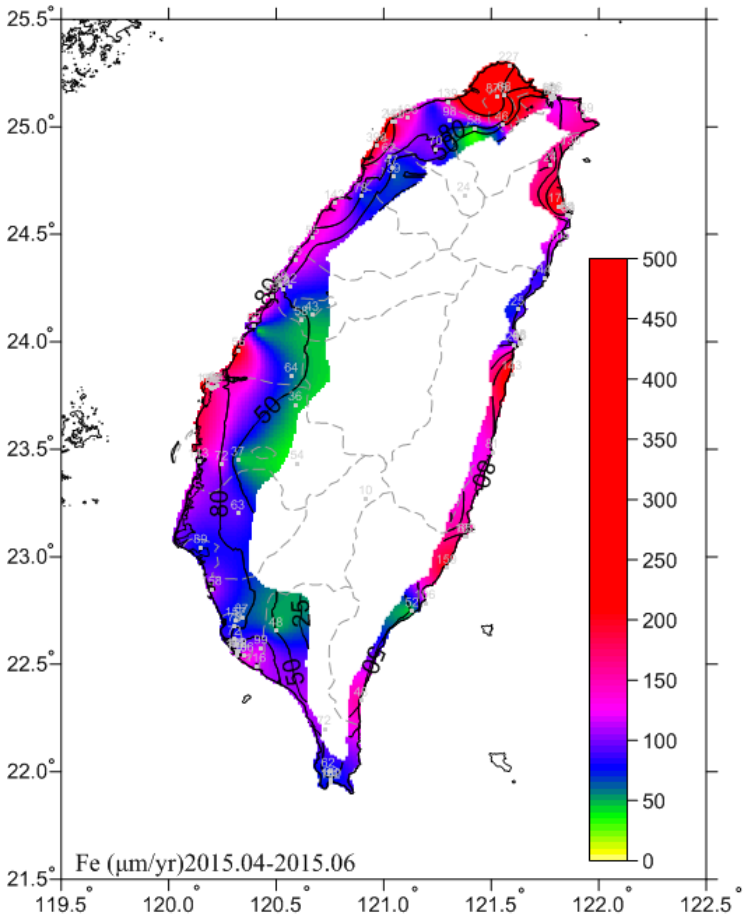


圖 3.25　2015.04-2015.06 碳鋼腐蝕速率

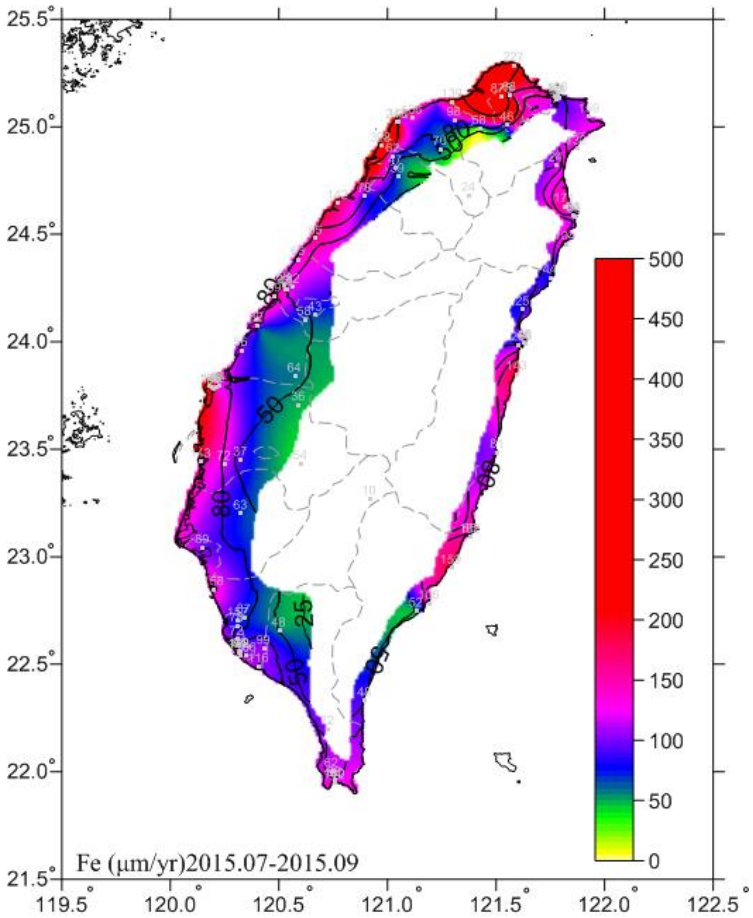


圖 3.26　2015.07-2015.09 碳鋼腐蝕速率

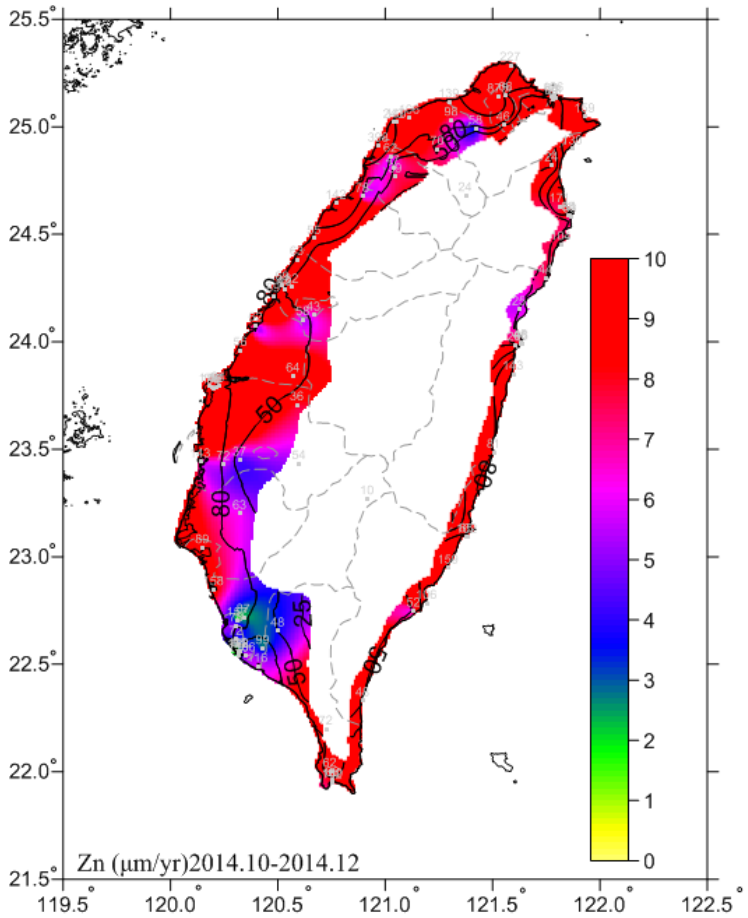


圖 3.27　2014.10-2014.12 鋅腐蝕速率

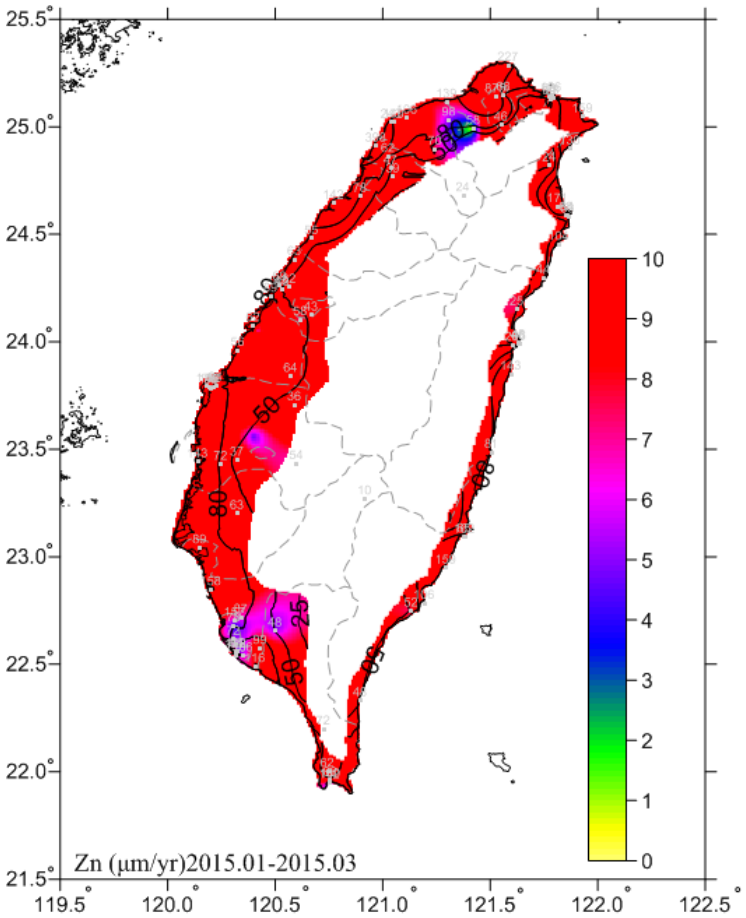


圖 3.28　2015.01-2015.03 鋅腐蝕速率

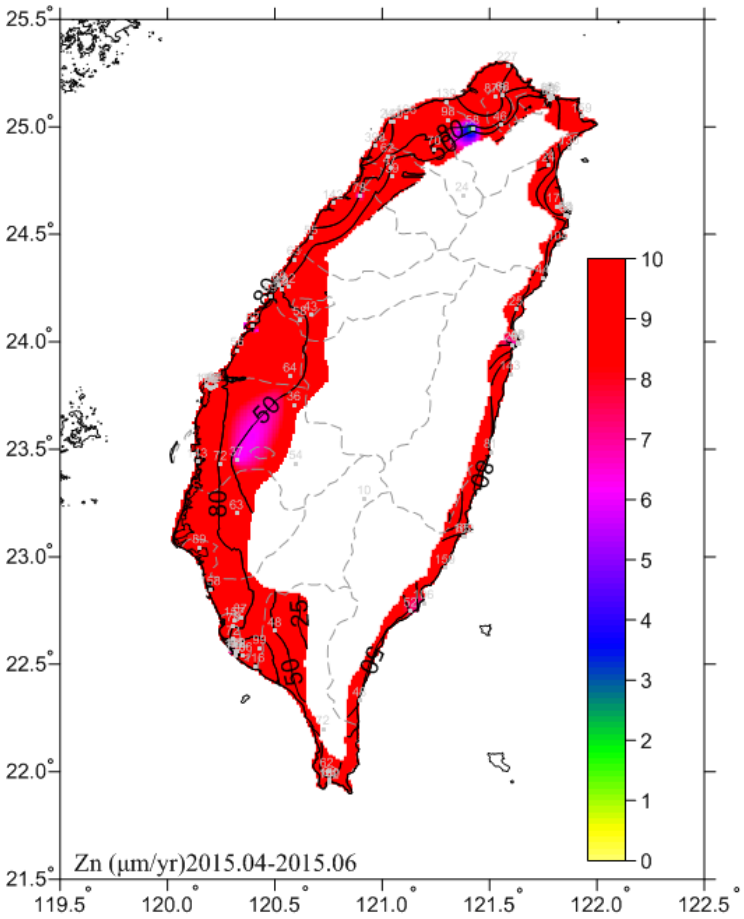


圖 3.29　2015.04-2015.06 鋅腐蝕速率

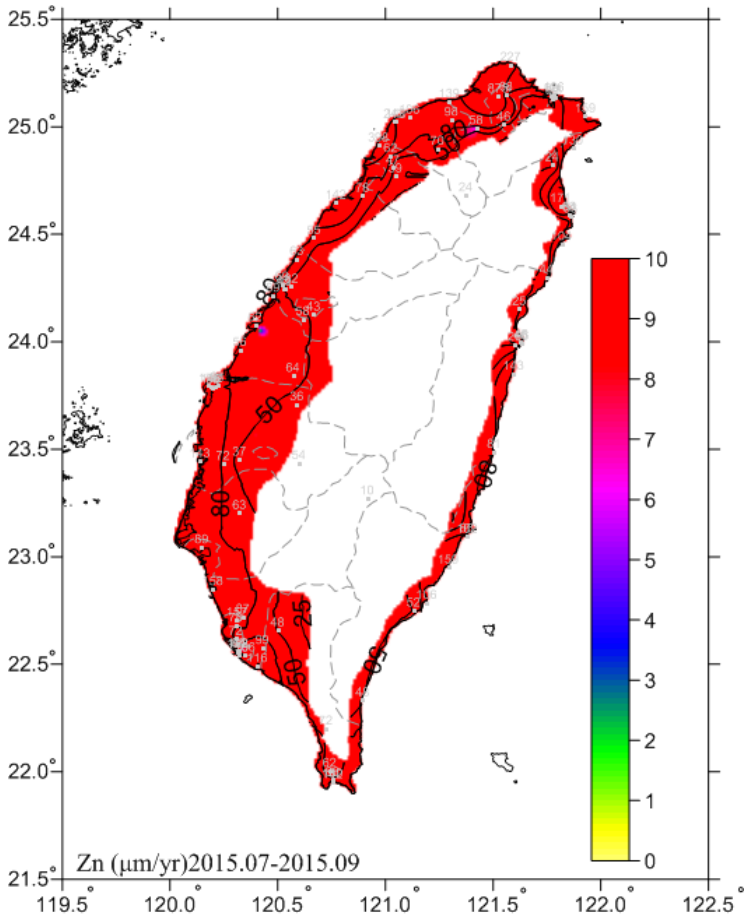


圖 3.30　2015.07-2015.09 鋅腐蝕速率

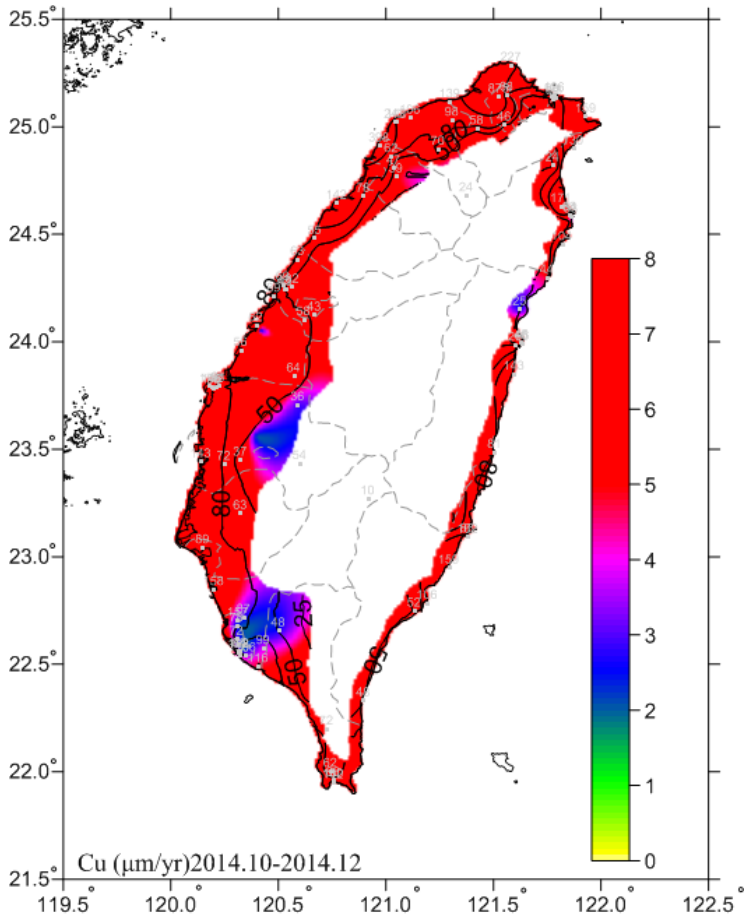


圖 3.31　2014.10-2014.12 銅腐蝕速率

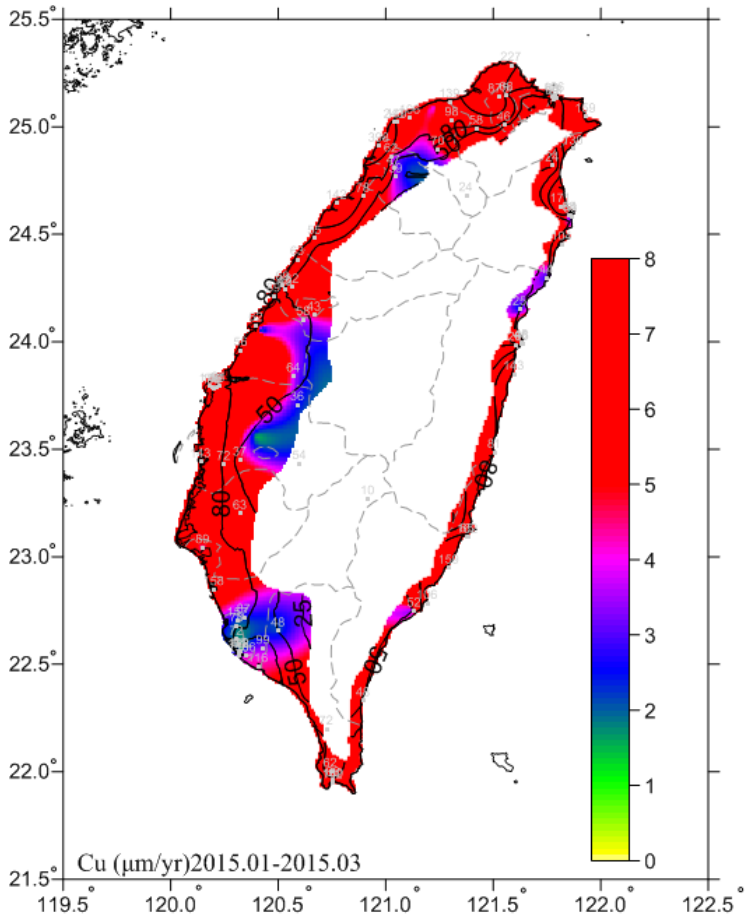


圖 3.32　2015.01-2015.03 銅腐蝕速率

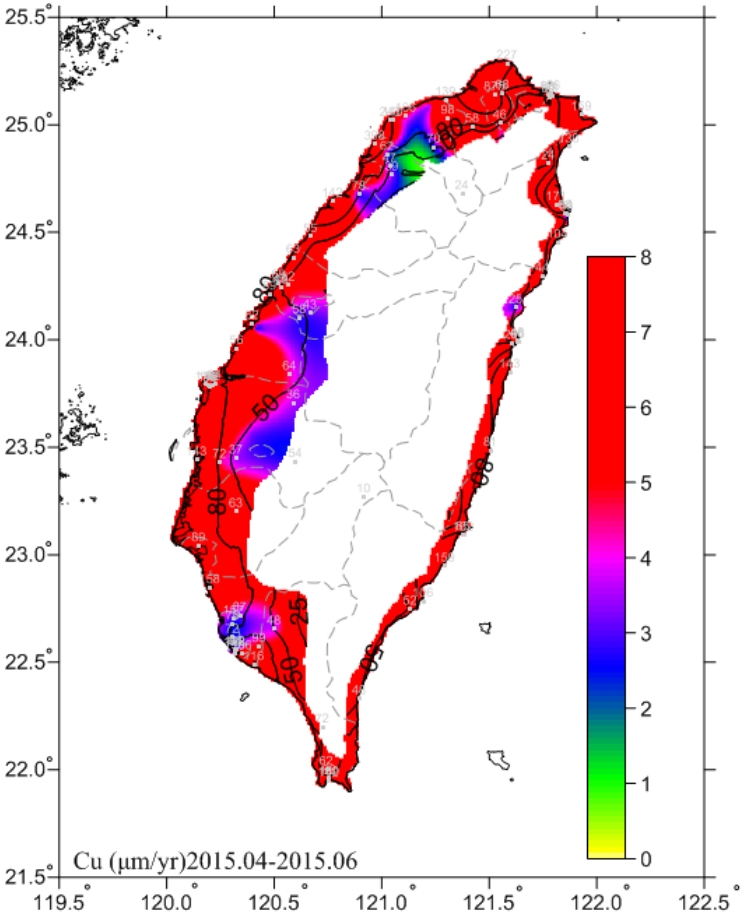


圖 3.33　2015.04-2015.06 銅腐蝕速率

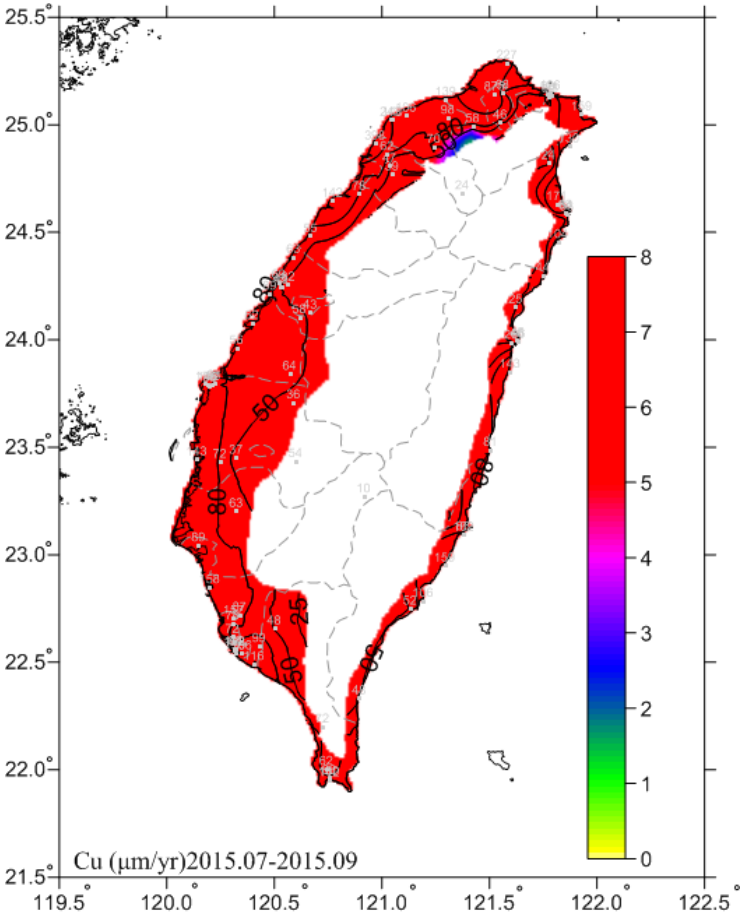


圖 3.34　2015.07-2015.09 銅腐蝕速率

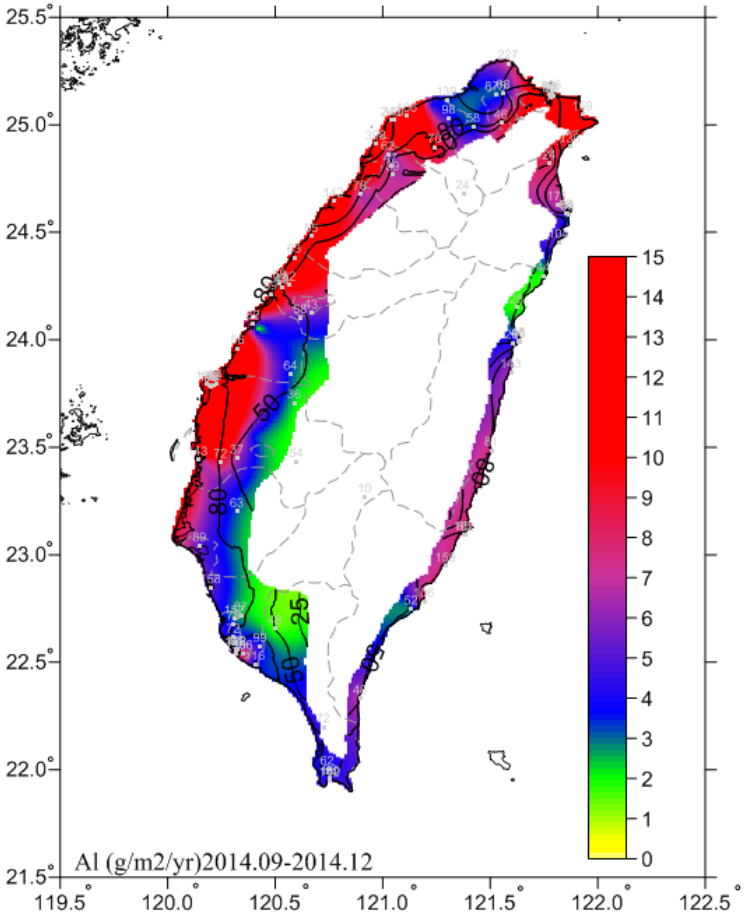


圖 3.35　2014.10-2014.12 鋁腐蝕速率

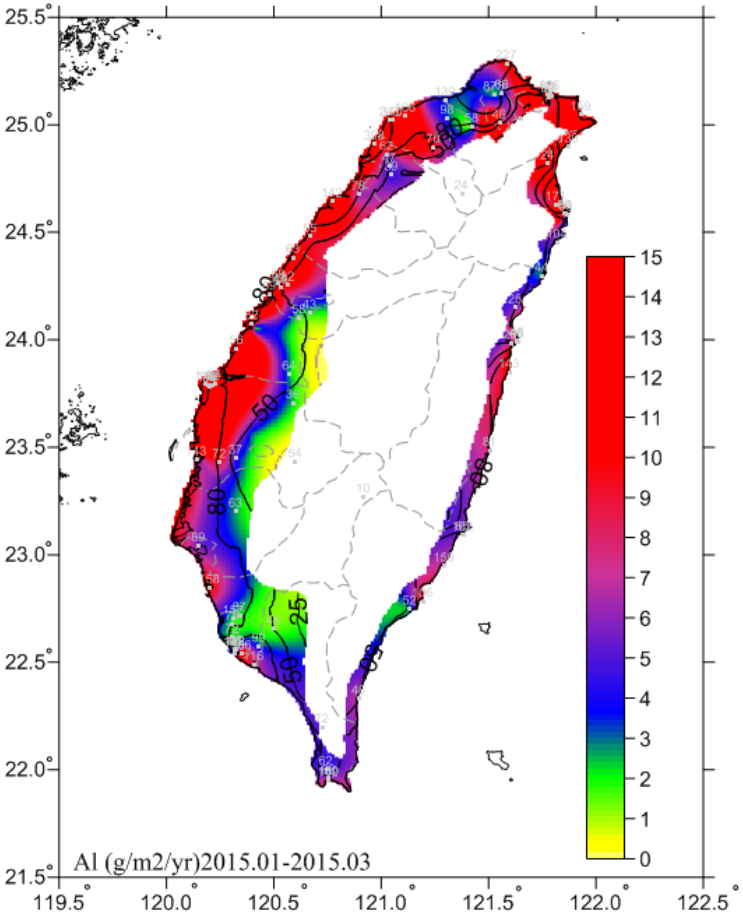


圖 3.36　2015.01-2015.03 鋁腐蝕速率

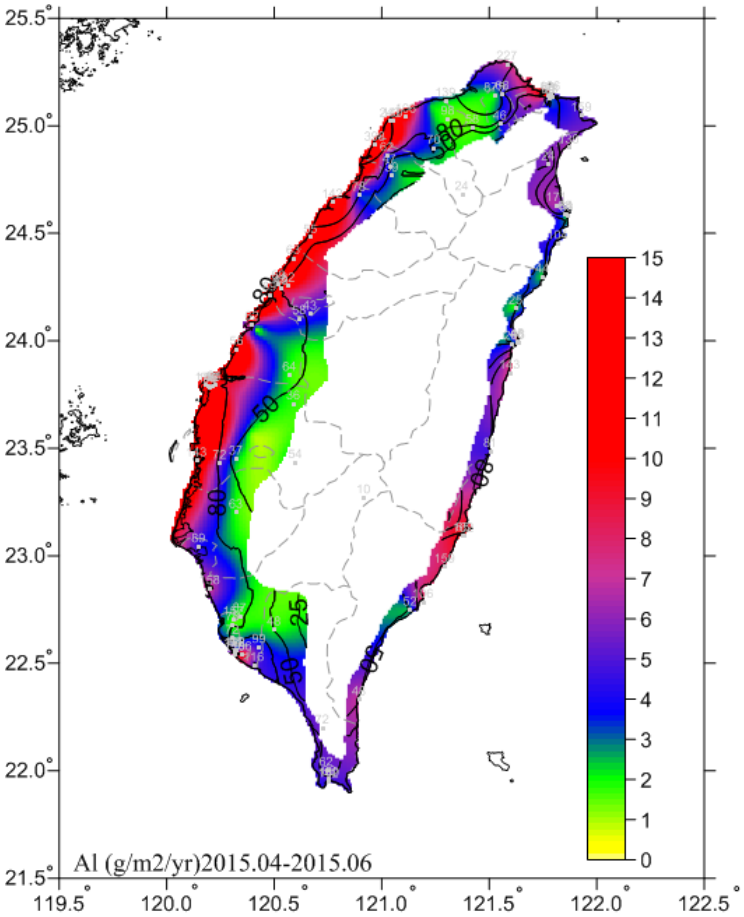


圖 3.37　2015.04-2015.06 鋁腐蝕速率

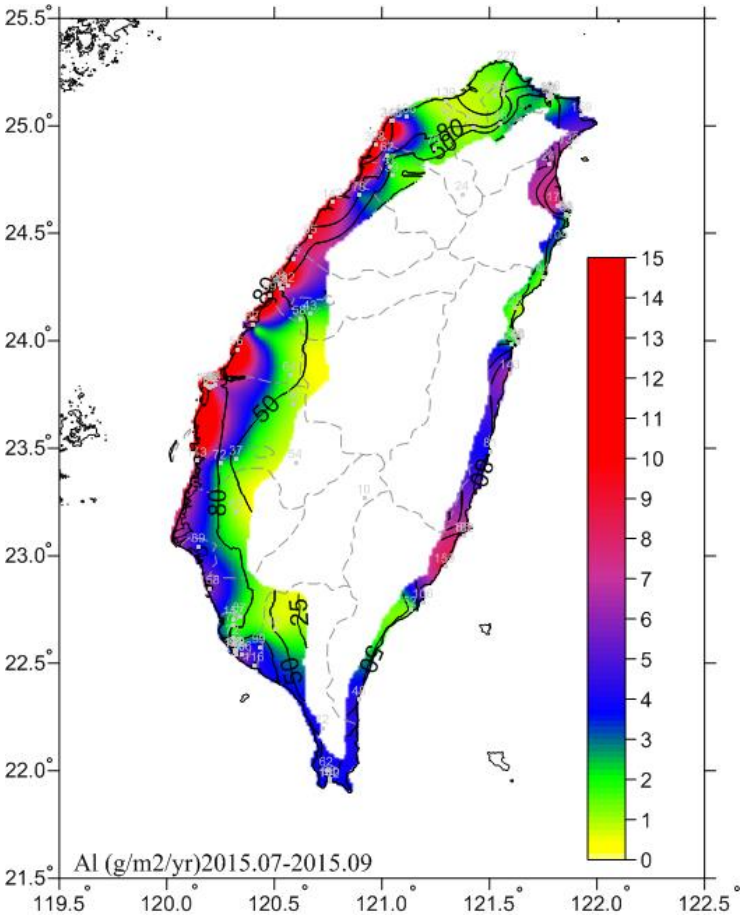
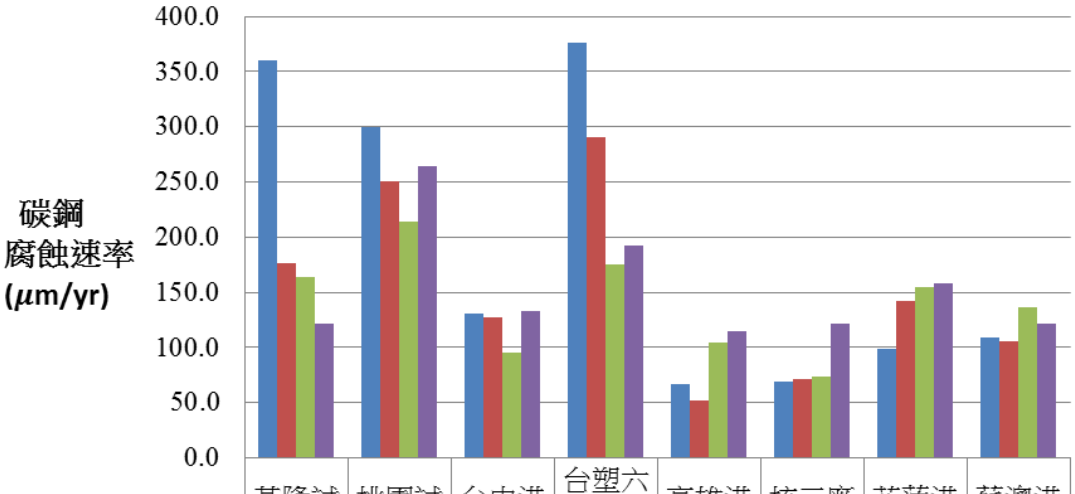


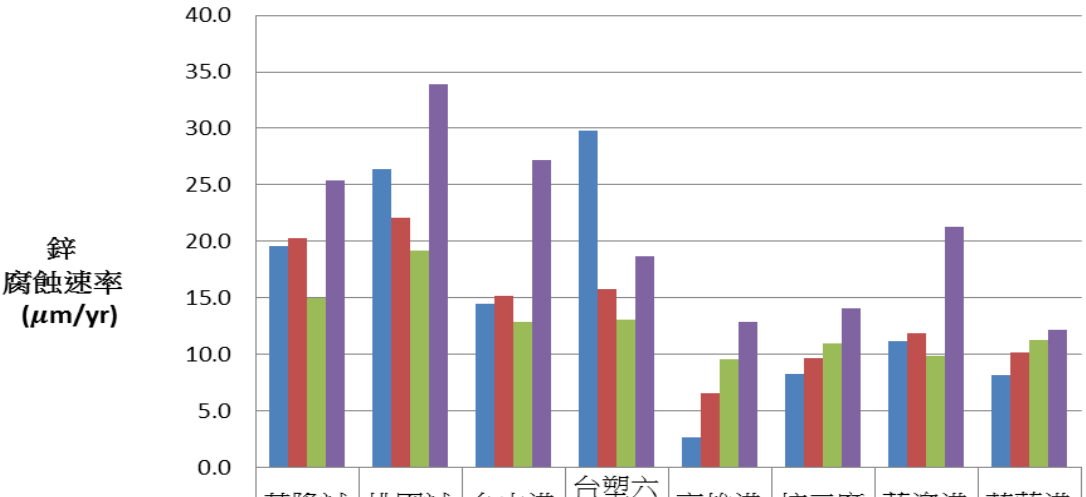
圖 3.38　2015.76-2015.09 鋁腐蝕速率



	基隆試驗線	桃園試驗線	台中港試驗線	台塑六輕試驗線	高雄港試驗線	核三廠試驗線	花蓮港試驗線	蘇澳港試驗線
2014.10-2014.12	359.8	300.0	130.2	375.7	66.4	68.7	98.7	109.2
2015.01-2015.03	176.0	250.1	127.2	291.0	51.7	71.4	141.7	105.2
2015.04-2015.06	163.7	214.6	95.7	175.5	104.1	74.2	154.9	136.0
2015.07-2015.09	121.7	263.7	132.7	192.6	115.0	121.7	158.6	121.6

註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

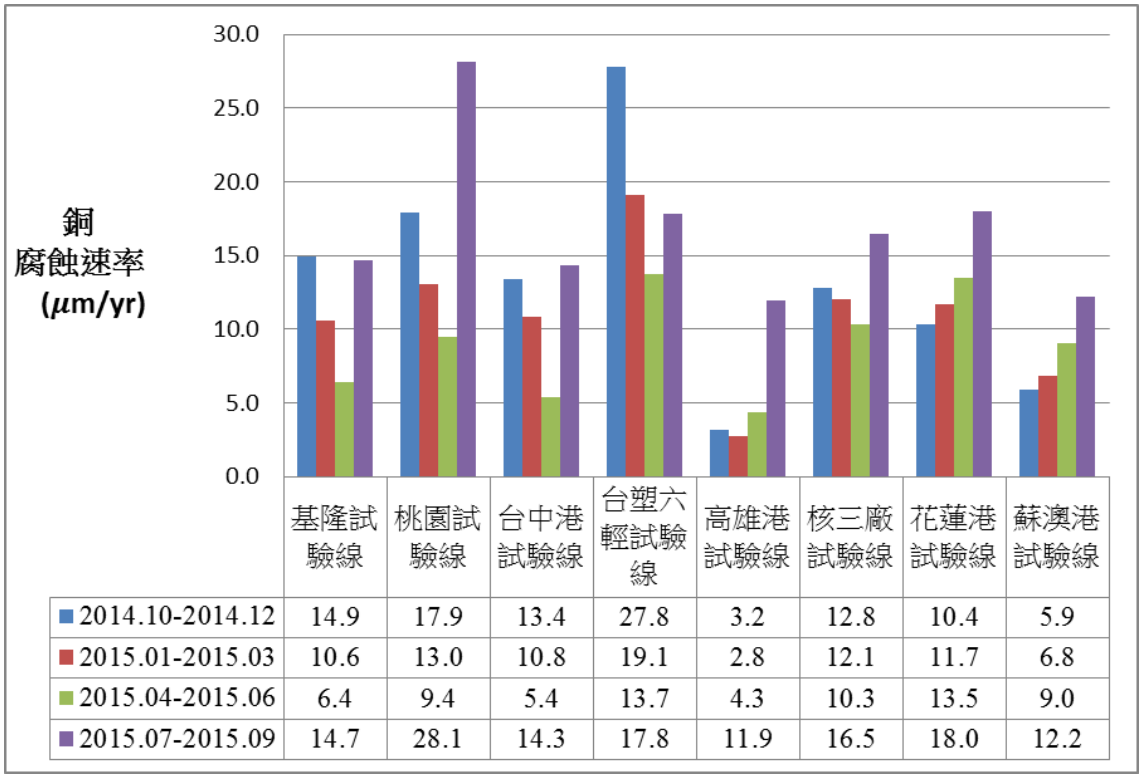
圖 3.39 垂直海岸試驗線碳鋼金屬腐蝕速率比較圖



	基隆試驗線	桃園試驗線	台中港試驗線	台塑六輕試驗線	高雄港試驗線	核三廠試驗線	蘇澳港試驗線	花蓮港試驗線
2014.10-2014.12	19.5	26.4	14.5	29.8	2.7	8.3	11.2	8.2
2015.01-2015.03	20.3	22.1	15.1	15.7	6.5	9.6	11.9	10.2
2015.04-2015.06	15.0	19.2	12.9	13.1	9.6	10.9	9.9	11.2
2015.07-2015.09	25.4	33.9	27.2	18.7	12.9	14.1	21.3	12.2

註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

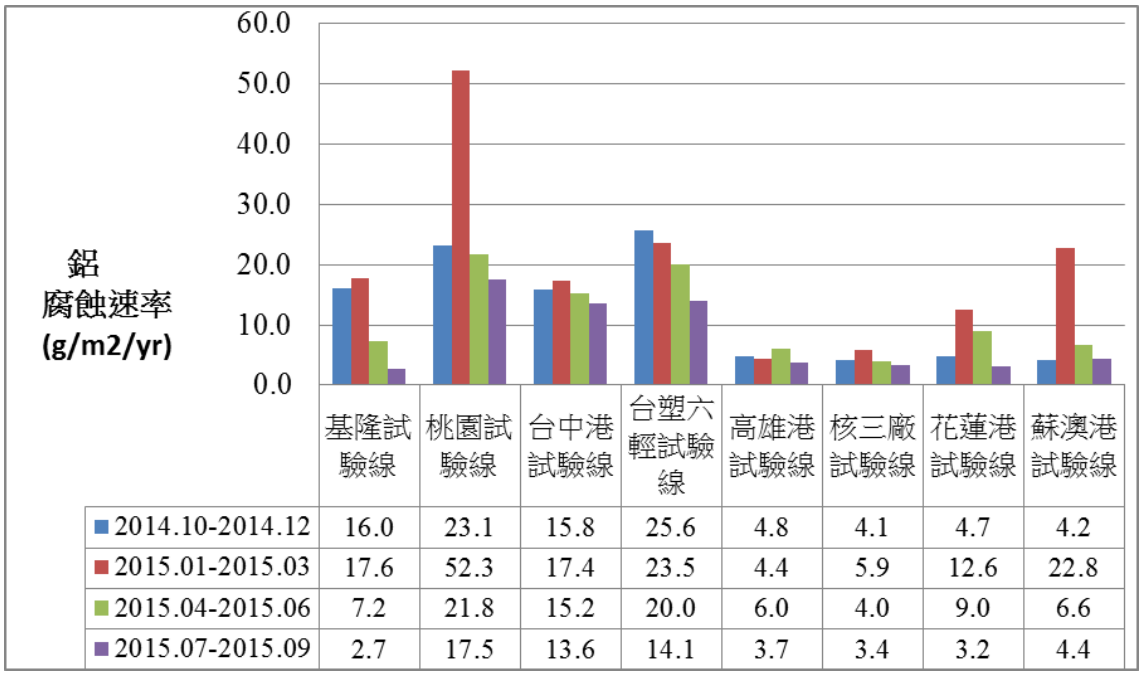
圖 3.40 垂直海岸試驗線鋅金屬腐蝕速率比較圖



	基隆試驗線	桃園試驗線	台中港試驗線	台塑六輕試驗線	高雄港試驗線	核三廠試驗線	花蓮港試驗線	蘇澳港試驗線
2014.10-2014.12	14.9	17.9	13.4	27.8	3.2	12.8	10.4	5.9
2015.01-2015.03	10.6	13.0	10.8	19.1	2.8	12.1	11.7	6.8
2015.04-2015.06	6.4	9.4	5.4	13.7	4.3	10.3	13.5	9.0
2015.07-2015.09	14.7	28.1	14.3	17.8	11.9	16.5	18.0	12.2

註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

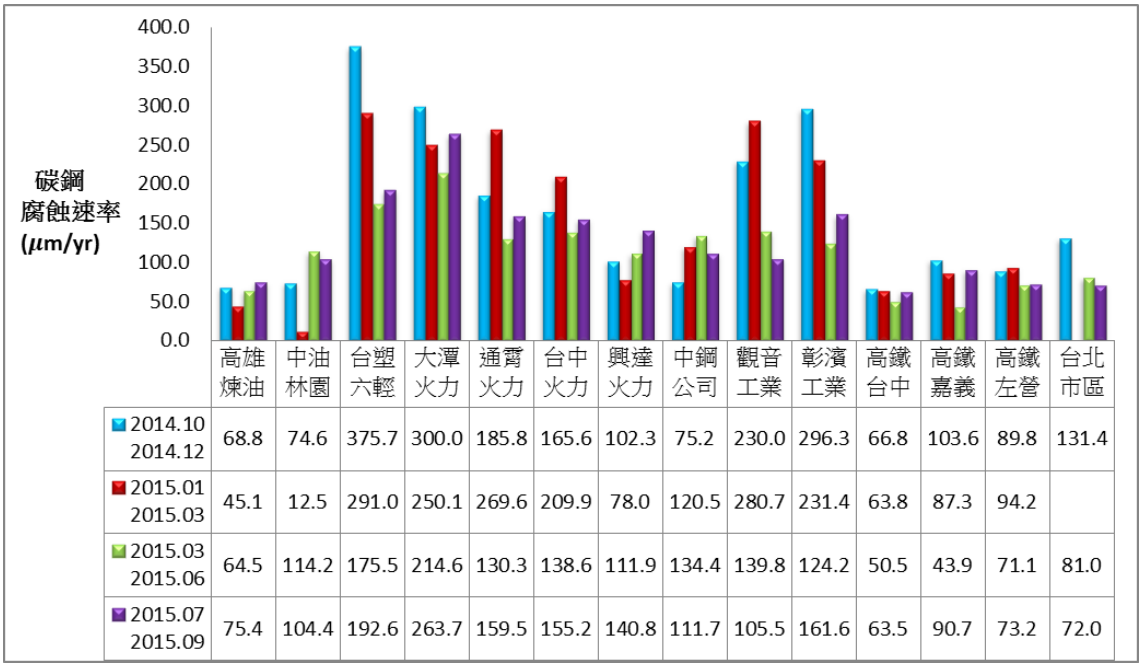
圖 3.41 垂直海岸試驗線銅金屬腐蝕速率比較圖



	基隆試驗線	桃園試驗線	台中港試驗線	台塑六輕試驗線	高雄港試驗線	核三廠試驗線	花蓮港試驗線	蘇澳港試驗線
2014.10-2014.12	16.0	23.1	15.8	25.6	4.8	4.1	4.7	4.2
2015.01-2015.03	17.6	52.3	17.4	23.5	4.4	5.9	12.6	22.8
2015.04-2015.06	7.2	21.8	15.2	20.0	6.0	4.0	9.0	6.6
2015.07-2015.09	2.7	17.5	13.6	14.1	3.7	3.4	3.2	4.4

註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

圖 3.42 垂直海岸試驗線鋁金屬腐蝕速率比較圖

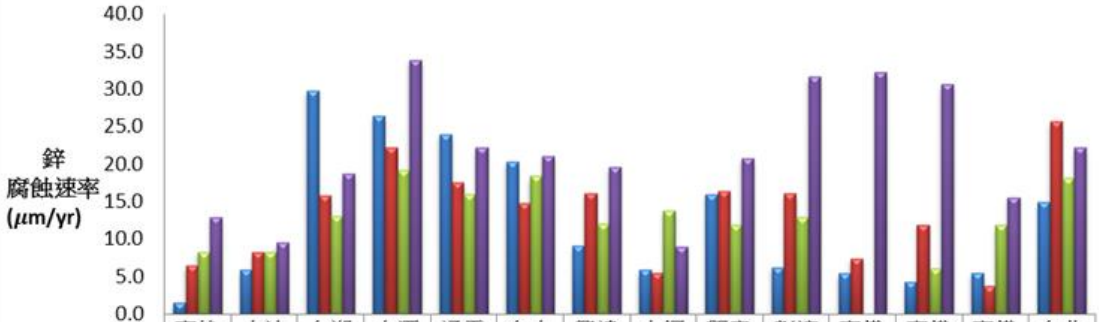


	高雄煉油	中油林園	台塑六輕	大潭火力	通霄火力	台中火力	興達火力	中鋼公司	觀音工業	彰濱工業	高鐵台中	高鐵嘉義	高鐵左營	台北市區
2014.10 2014.12	68.8	74.6	375.7	300.0	185.8	165.6	102.3	75.2	230.0	296.3	66.8	103.6	89.8	131.4
2015.01 2015.03	45.1	12.5	291.0	250.1	269.6	209.9	78.0	120.5	280.7	231.4	63.8	87.3	94.2	
2015.03 2015.06	64.5	114.2	175.5	214.6	130.3	138.6	111.9	134.4	139.8	124.2	50.5	43.9	71.1	81.0
2015.07 2015.09	75.4	104.4	192.6	263.7	159.5	155.2	140.8	111.7	105.5	161.6	63.5	90.7	73.2	72.0

註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值

註 2: 空白處為遺失

圖 3.43 特定測站碳鋼金屬腐蝕速率比較圖



	高雄煉油	中油林園	台塑六輕	大潭火力	通霄火力	台中火力	興達火力	中鋼公司	觀音工業	彰濱工業	高鐵台中	高鐵嘉義	高鐵左營	台北市區
2014.10 2014.12	1.6	5.9	29.8	26.4	24.0	20.3	9.1	5.9	15.9	6.2	5.4	4.3	5.5	14.9
2015.01 2015.03	6.5	8.2	15.7	22.1	17.5	14.8	16.1	5.5	16.4	16.1	7.4	11.9	3.8	25.7
2015.03 2015.06	8.3	8.2	13.1	19.2	15.9	18.4	12.0	13.7	11.9	12.9		6.1	11.8	18.1
2015.07 2015.09	12.9	9.5	18.7	33.9	22.2	21.1	19.6	9.0	20.8	31.6	32.2	30.6	15.5	22.1

註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值

註 2: 空白處為遺失

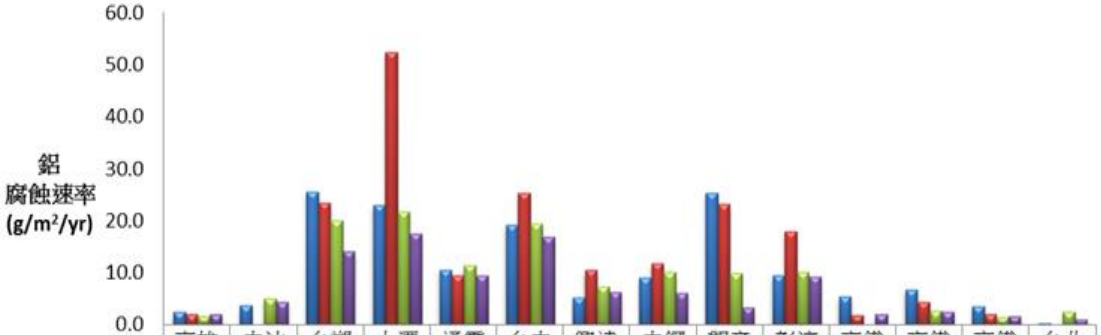
圖 3.44 特定測站鋅金屬腐蝕速率比較圖

	高雄煉油	中油林園	台塑六輕	大潭火力	通霄火力	台中火力	興達火力	中鋼公司	觀音工業	彰濱工業	高鐵台中	高鐵嘉義	高鐵左營	台北市區
2014.10 2014.12	3.1	4.8	27.8	17.9	21.2	17.4	8.6	3.3	11.0	19.4	8.6	6.9	2.3	19.2
2015.01 2015.03	2.3		19.1	13.0	13.5	12.2	7.6	4.1	8.4	14.9	3.8	5.1	1.9	6.8
2015.03 2015.06	2.9	6.0	13.7	9.4	12.8	8.8	9.8	6.3	5.4	8.7	2.8	3.5	2.6	2.5
2015.07 2015.09	10.6	13.5	17.8	28.1	26.5	21.4	16.9	13.8	7.9	13.8	8.6	9.6	6.8	8.3

註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值

註 2: 空白處為遺失

圖 3.45 特定測站銅金屬腐蝕速率比較圖



	高雄煉油	中油林園	台塑六輕	大潭火力	通霄火力	台中火力	興達火力	中鋼公司	觀音工業	彰濱工業	高鐵台中	高鐵嘉義	高鐵左營	台北市區
2014.10 2014.12	2.6	3.7	25.6	23.1	10.6	19.3	5.3	9.0	25.4	9.4	5.4	6.8	3.6	0.3
2015.01 2015.03	2.1		23.5	52.3	9.5	25.3	10.5	11.8	23.2	18.0	1.9	4.4	2.1	
2015.03 2015.06	1.7	5.1	20.0	21.8	11.4	19.5	7.3	10.2	9.9	10.0		2.7	1.5	2.5
2015.07 2015.09	2.0	4.3	14.1	17.5	9.4	16.9	6.3	6.2	3.4	9.2	2.0	2.6	1.7	1.1

註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值
註 2: 空白處為遺失

圖 3.46 特定測站鋁金屬腐蝕速率比較圖

第四章 金屬材料水下腐蝕調查研究

為建立臺灣地區長期金屬材料水下腐蝕資料庫，以作為新建及既有結構物耐久性與防蝕設計及維護管理之參考需要，擬安裝水下金屬曝露試驗架於基隆港、臺中港、花蓮港、蘇澳港、高雄港、金門港區、馬祖港區等國內商港，藉此了解港區在不同環境、金屬材料、海洋生物附著、海水水質等對金屬材料腐蝕之長期研究。目前已完成建置佈放於臺中港與金門港區，今將研究方法、規畫、試片設計、與試驗期程如圖 4.1 分述：

4.1 研究方法與規劃

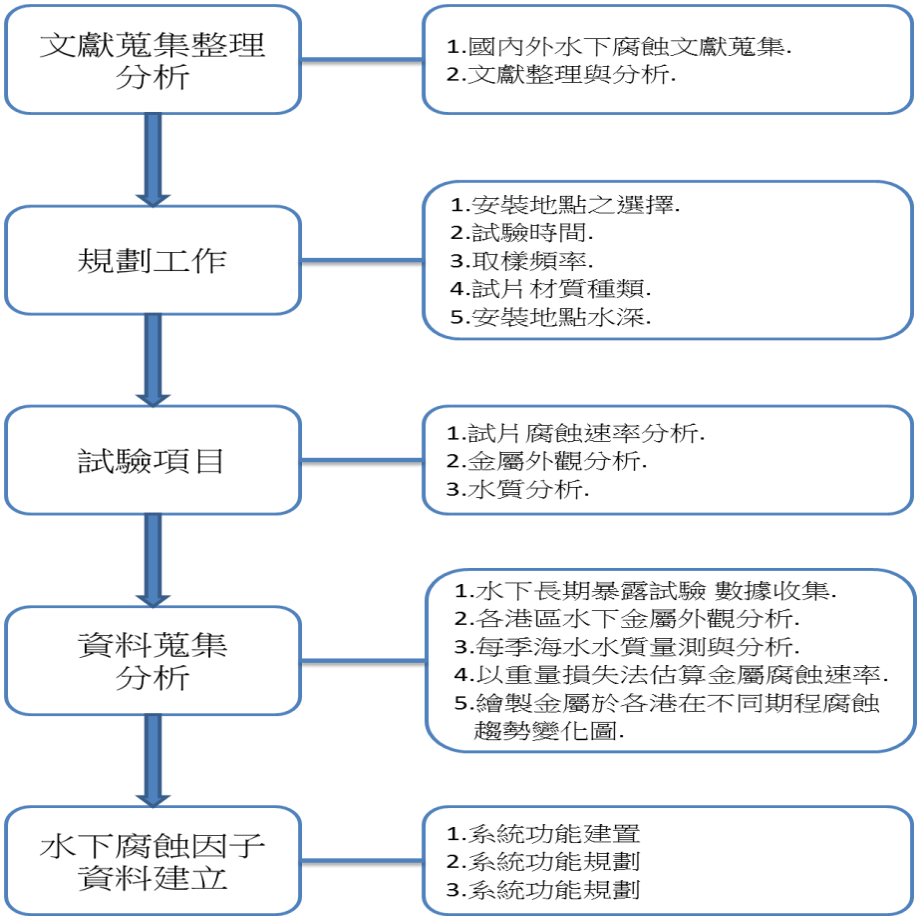


圖 4.1 水下腐蝕研究方法與規劃

4.2 臺中港海水下金屬曝露試驗

4.2.1 臺中港現場施放及試片架安裝

試片架之安裝經於臺中港區實地勘察，經協調各港務公司選定港區船隻進出較不妨礙之碼頭為安裝地點。選擇臺中港#1（一號碼頭）西側，試片於組裝於試片架之前，須完成試片之磨光、浸漬、稱重等基本性質實驗。試片架安裝時則以吊車配合潛水人員施工完成如圖 4.2。

4.2.2 臺中港試片設計與試驗期程

試片設計屬性與試驗期程如表 4-1 所示，試片大小，試片架之設計，試片架之安放工作以及各階段分批取樣時程，詳述如後：

1. 試片材質種類: 試片採用港工結構材使用之試片，分三種型式為碳鋼(SM490A)、不繡鋼(SS316L)、低合金鋼(SS400) 。

2.試片之大小:為適合海中附生物之附著。軋鋼材質料試片大小均為 20~10cm，厚度則分別為碳鋼(SM490A)1.2cm、不繡鋼(SS316L)2.0cm、低合金鋼(SS400)1.0cm。

3.試片架設計: 為配合當地港工結構之條件，設計為夾具型式，其中考慮如穩定性、試片置放及取樣難易程度等每一試片皆有兩只通孔，使用不鏽鋼 316 外徑 M10 以上長 120MM 以上外六角螺栓及螺帽，固定於承載試片主架上。螺栓與螺帽使用絕緣材質墊片，以防止電化學腐蝕效應。

4.試片架的安裝地點水深:分三層佈放於大氣帶、潮汐帶、水中帶，每層架置 72 個試片，共 216 片，以膨脹螺絲接合施作於混凝土牆面固定。（如圖 4.3）

5. 試驗期程: 依實際需求規劃或 10 年期。

6. 取樣頻率: 第 1、2、3、5、8、10 年期等。

表 4-1 臺中港水下金屬腐蝕試片尺寸與安裝試驗期程

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
臺中港 #1碼頭西側	大氣帶	SM490A	20×10×1.2(CM)	2014/10/28	1、2、3、5、8、10年等6個期程
		SS316L	20×10×2.0(CM)		
		SS400	20×10×1.0(CM)		
	潮汐帶	SM490A	20×10×1.2(CM)		
		SS316L	20×10×2.0(CM)		
		SS400	20×10×1.0(CM)		
	水中帶	SM490A	20×10×1.2(CM)		
		SS316L	20×10×2.0(CM)		
		SS400	20×10×1.0(CM)		

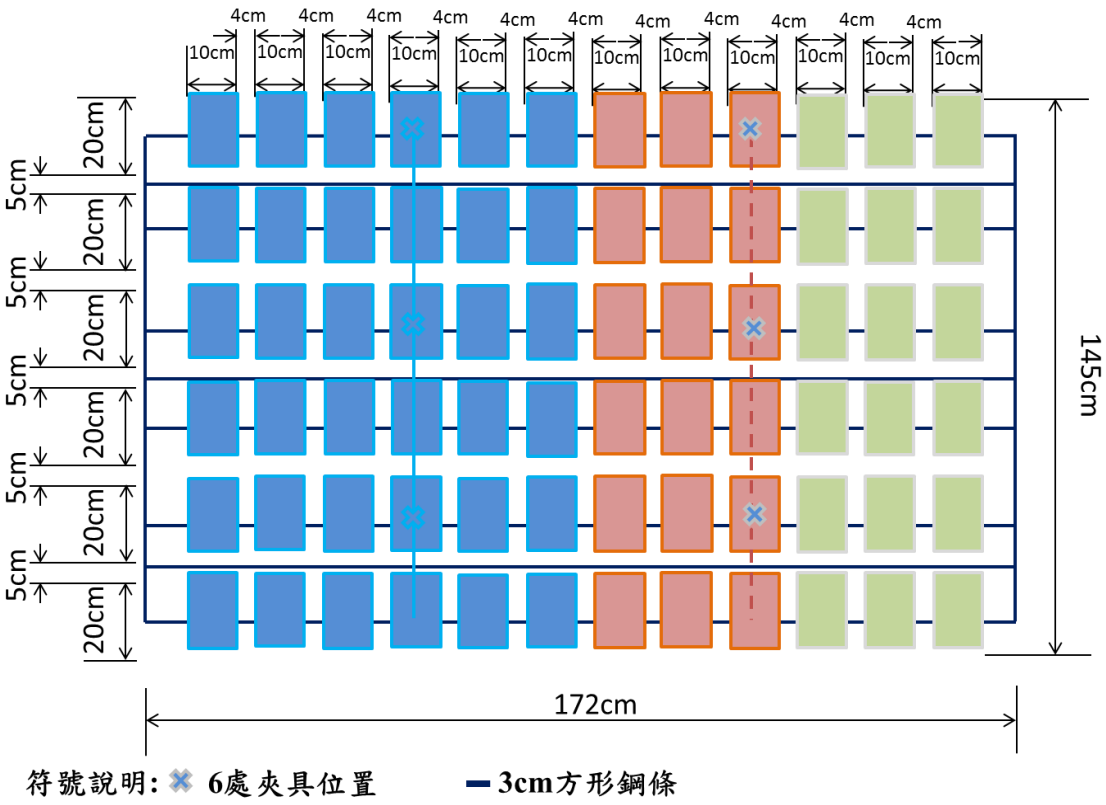


圖 4.2 臺中港水下金屬腐蝕試驗架示意圖

1.試驗架吊掛

2.試驗架吊掛

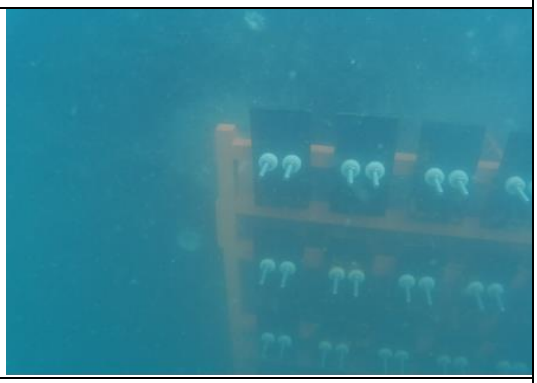
3.海生物刮除

4.試片安裝固定

5.試驗架俯視圖

6 大氣帶

7.潮汐帶



8.水中帶

圖 4.3 臺中港水下金屬曝露試驗架安裝

4.3 金門港區海水下金屬曝露試驗

試片設計、屬性與安裝與試驗期程如表 4-2 所示，試片大小，試片架之設計，試片架之安放工作以及各階段分批取樣時程，詳述如後：

1.材質型式: 試片採用港工結構材使用之試片，分三種型式為碳鋼(SM490A)、不繡鋼(SS316L)、低合金鋼(SS400) 。

2.試片之大小:為適合海中附生物之附著。軋鋼材質料試片大小均為 15cm×10cm，厚度則分別為碳鋼(SM490A)1.0cm、不繡鋼(SS316L)1.0cm、低合金鋼(SS400)1.0cm。

3.試片架設計: 為配合當地港工結構之條件，設計須考慮穩定性、試片置放及取樣難易程度等每一試片皆有兩只通孔，使用不鏽鋼螺栓及螺帽，固定於承載試片主架上，螺栓與螺帽使用絕緣材質墊片，以防止電化學腐蝕效應。

4.試片架的曝露位置: 安放於料羅與水頭各港區分別於潮汐帶、水中帶兩個位置每層架置 60 個試片，共 240 片如圖 4.4 所示，以膨脹螺絲接合施作於混凝土牆面固定。

5.現場施放地點調查及試片架安裝:試片架之安裝經於金門港區實地勘察，經協調港務公司選定港區船隻進出較不妨礙之碼頭為安裝地點,試片架現場安裝時配合潛水人員施工完成,現場安裝如圖 4.5 所示。

6. 試驗期程: 依實際需求規劃或 10 年期。

7. 取樣頻率: 第 1、2、5、8、10 年期等。

表4-2 金門港區水下金屬腐蝕試片尺寸與安裝試驗期程

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
金門 料羅港區	潮汐帶	SM490A	15x10x1.0(cm)	2015/11/16	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
金門 水頭商港	潮汐帶	SM490A	15x10x1.0(cm)	2015/11/16	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			

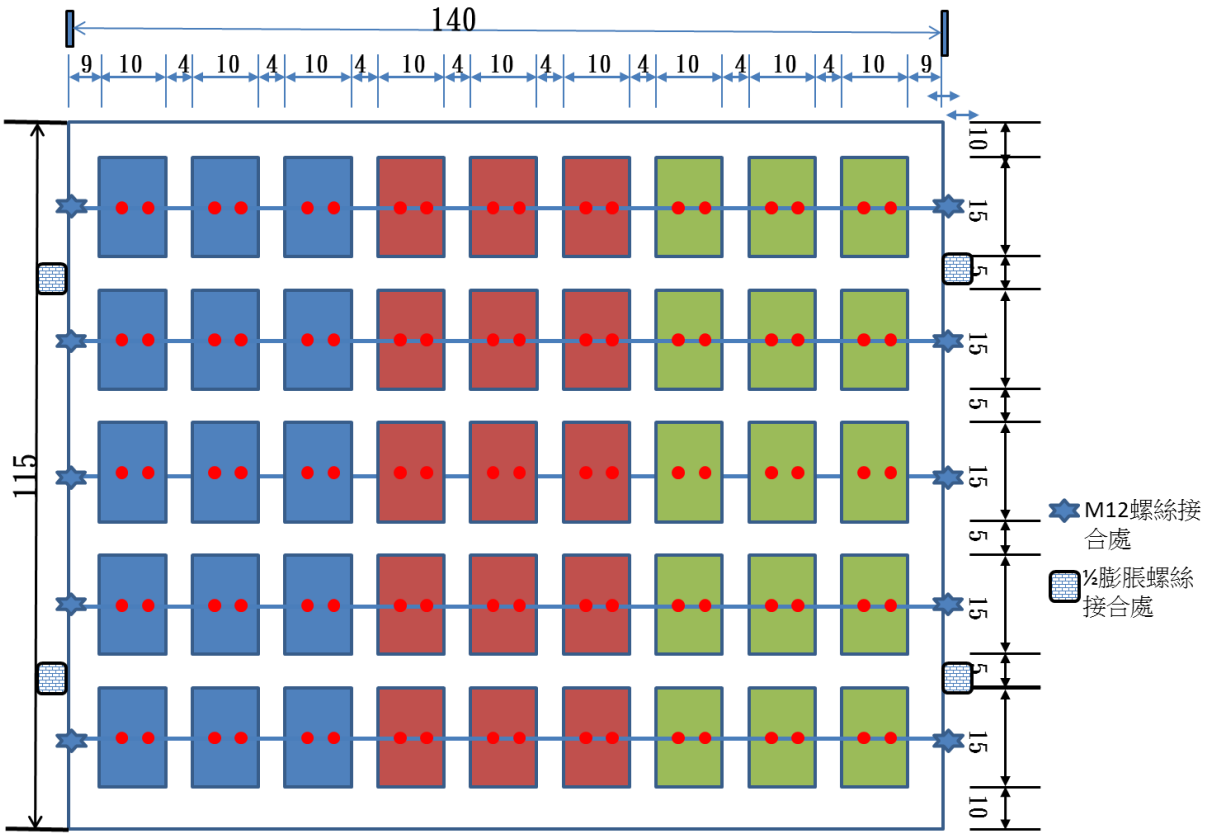


圖4.4 水下金屬腐蝕試驗架示意圖

	
1.金屬試片分類	2.組裝完成
	
3.依取樣時間分批依序組裝	4.試驗架岸上繫繩分批吊掛
	
5.試驗架吊掛	6.安裝位置海生物刮除
	
7.試驗架氣動鑽孔固定	8.潮汐帶安裝完工圖

圖4.5 金門料羅港與水頭商港水下金屬曝露試驗架安裝

4.4 試片腐蝕速率分析方法

4.4.1 試片定期採樣之處理分析方法

依規劃時間至安裝現場請潛水人員將試片取出，將樣品收集分類及拍照後，帶回實驗室作進一步海生物清除與腐蝕清洗分析。

4.4.2 試片腐蝕分析步驟

採樣後試片於實驗室中進行腐蝕分析作業流程如圖 4.6，先將將附著海生物刮去處理後，依據 NACE Standard　TM-01-69 方法，以濃鹽酸＋40 g/l SnCl2 溶液，在室溫下浸泡試片，達到除銹效果，並稱重以量測其平均腐蝕速率（重量損失法）。將試驗點曝放後取回之試片進行腐蝕速率量測。為確保除去腐蝕生成物的化學清洗方法不會損壞底材金屬，先使用腐蝕試片進行重複清洗，以制定檢量線（俟重複清洗後之試片淨重達到一穩定值）。

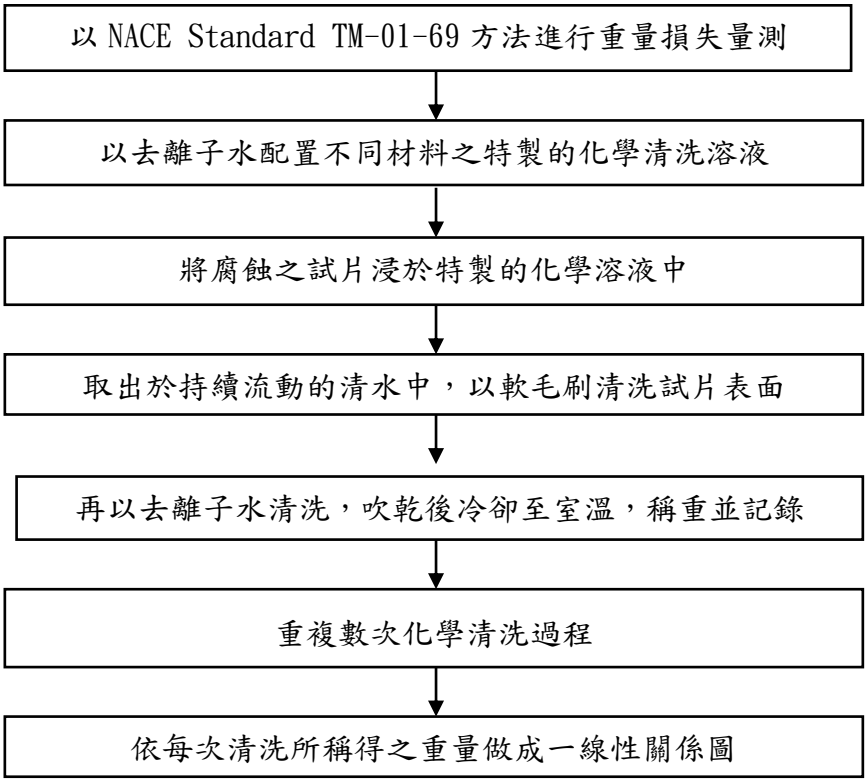


圖 4.6 水下金屬腐蝕生成物清除作業流程圖

4.4.3腐蝕速率計算

板狀試片的腐蝕速率(Rcorr)單位以 μm/yr 表示，計算公式如下：

$$Rcorr = (\Delta m / A \cdot \rho \cdot t) \quad \text{.....(4.1)}$$

式中，Δm=質量損失(g)

A=試片曝露面積(m^2)

t=曝露時間，年(year)

ρ=金屬材料之密度 (g/cm^3)

4.5 水下金屬腐蝕速率分析與討論

早期研究報告指出，金屬在海水中的腐蝕行為，會因海水中的 pH 值、氯離子濃度、溫度、溶氧量、水流速度、海生物附著、菌類活動、以及污染程度等參數的影響而產生不同的腐蝕現象。為推估港區內碳鋼腐蝕速率與水深變化的關係，今將臺中港不同形式碳鋼(SM490A)、不繡鋼(SS316L)、低合金鋼(SS400) 三種金屬中於不同位置(大氣帶、潮汐帶與水中帶)採樣試片的腐蝕速率平均，以此平均值代表金屬材料在該碼頭不同位置的腐蝕速率。本年度臺中港 1 年後金屬試驗結果，如圖 4.7 與表 4-3 至 4-5 試片平均腐蝕速率可發現在大氣帶平均腐蝕速率依序為碳鋼(SM490A)497.3(μm/yr)，低合金鋼(SS400)436.8(μm/yr)，不繡鋼 0.6(μm/yr) 。潮汐帶依序為碳鋼(SM490A)444.6(μm/yr)，低合金鋼(SS400)339.2(μm/yr)，不繡鋼(SS316L)0.0(μm/yr)。水中帶依序為碳鋼(SM490A)186.7(μm/yr)，低合金鋼(SS400)171.8(μm/yr)，不繡鋼(SS316L)10.7(μm/yr) 。

由上述可得臺中港水下金屬佈放 1 年後在大氣帶、潮汐帶與水中帶不同位置下皆以不繡鋼(SS316L)腐蝕速率較低。

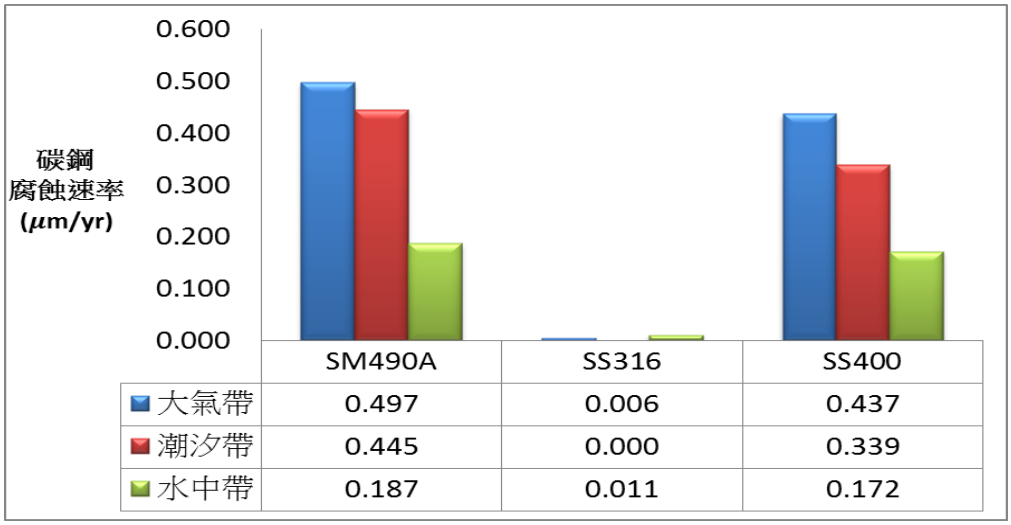


圖 4.7 臺中港第 1 年金屬試片平均腐蝕速率與佈放位置比較圖

表4-3 臺中港區大氣帶曝放1年後試片腐蝕速率

曝放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
臺中港 #1 碼頭西側	460.7	497.3	0.3	0.6	466.5	436.8
	494.9					
	486.1		0		430.3	
	532.2					
	510.9		0.8		413.6	
	499.1					

表 4-4 臺中港區潮汐帶曝放 1 年後試片腐蝕速率

曝放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
臺中港	454.4	444.6	0	0	366.4	339.2
	439.2					

#1 碼頭西側	436.3		0		296.6	
	458.0					
	448.3		0		354.5	
	431.1					

表 4-5 臺中港區水中帶曝放 1 年後試片腐蝕速率

曝放地點	SM490A		SS316L		SS400	
	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)	各試片腐蝕速率 (μm/yr)	平均腐蝕速率 (μm/yr)
臺中港 #1 碼頭西側	188.3	186.7	0	10.7	179.3	171.8
	174.3					
	175.7		17.3		172.0	
	136.6					
	200.7		4.0		164.2	
	244.5					

4.6 臺中港第 1 年期腐蝕速率試驗分析結果

表 4-6 臺中港區大氣帶 SM490A 金屬試驗分析結果(1 年期)

試驗場址	試片編號	1-1-1	1-1-2	1-1-3	1-1-4	1-1-5	1-1-6
臺中港 #1 碼頭西側	原始重量(g)	1852	1844	1825	1836	1846	1838
	腐蝕後實際重量(g)	1672	1651	1636	1629	1647	1643
	重量變化(g)	180	193	189	207	199	195
	表面積(cm^2)	472	472	472	472	472	472
	密度(g/cm^3)	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85
	腐蝕速率(mm/year)	0.4607	0.4949	0.4861	0.5322	0.5109	0.4991
	腐蝕速率(μm/year)	460.7	494.9	486.1	532.2	510.9	499.1

表 4-7 臺中港區大氣帶 SS316L 金屬試驗分析結果(1 年期)

試驗場址	試片編號	1-1-7	1-1-8	1-1-9
臺中港 #1 碼頭西側	原始重量(g)	3286	3293	3215
	腐蝕後實際重量(g)	3286	3293	3215
	重量變化(g)	0	0	0
	表面積(cm^2)	520	520	520
	密度(g/cm^3)	7.85	7.85	7.85
	腐蝕速率(mm/year)	0.0003	0	0.0008
	腐蝕速率(μm/year)	0.3	0	0.8

表 4-8 臺中港區大氣帶 SS400 金屬試驗分析結果(1 年期)

試驗場址	試片編號	1-1-10	1-1-11	1-1-12
臺中港 #1 碼頭西側	原始重量(g)	1523	1534	1539
	腐蝕後實際重量(g)	1346	1371	1382
	重量變化(g)	177	163	157
	表面積(cm^2)	460	460	460
	密度(g/cm^3)	7.85	7.85	7.85
	腐蝕速率(mm/year)	0.4665	0.4303	0.4136
	腐蝕速率(μm/year)	466.5	430.3	413.6

表 4-9 臺中港區潮汐帶 SM490A 金屬試驗分析結果(1 年期)

試驗場址	試片編號	2-1-1	2-1-2	2-1-3	2-1-4	2-1-5	2-1-6
臺中港 #1 碼頭西側	原始重量(g)	1851	1805	1848	1850	1845	1868
	腐蝕後實際重量(g)	1674	1634	1678	1671	1670	1700
	重量變化(g)	177	171	170	179	175	168
	表面積(cm^2)	472	472	472	472	472	472
	密度(g/cm^3)	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85
	腐蝕速率(mm/year)	0.4544	0.4392	0.4363	0.4580	0.4483	0.4311
	腐蝕速率(μm/year)	454.4	439.2	436.3	458.0	448.3	431.1

表 4-10 臺中港區潮汐帶 SS316L 金屬試驗分析結果(1 年期)

試驗場址	試片編號	2-1-7	2-1-8	2-1-9
臺中港 #1 碼頭西側	原始重量(g)	3282	3320	3259
	腐蝕後實際重量(g)	3283	3320	3259
	重量變化(g)	0	0	0
	表面積(cm^2)	520	520	520
	密度(g/cm^3)	7.85	7.85	7.85
	腐蝕速率(mm/year)	0.000	0.000	0.000
	腐蝕速率(μm/year)	0.0	0.0	0.0

表 4-11 臺中港區潮汐帶 SS400 金屬試驗分析結果(1 年期)

試驗場址	試片編號	2-1-10	2-1-11	2-1-12
臺中港 #1 碼頭西側	原始重量(g)	1539	1525	1530
	腐蝕後實際重量(g)	1400	1412	1395
	重量變化(g)	139	113	135
	表面積(cm^2)	460	460	460
	密度(g/cm^3)	7.85	7.85	7.85
	腐蝕速率(mm/year)	0.3664	0.2966	0.3545
	腐蝕速率(μm/year)	366.4	296.6	354.5

表 4-12 臺中港區水中帶 SM490A 金屬試驗分析結果(1 年期)

試驗場址	試片編號	3-1-1	3-1-2	3-1-3	3-1-4	3-1-5	3-1-6
臺中港 #1 碼頭西側	原始重量(g)	1859	1863	1865	1850	1833	1840
	腐蝕後實際重量(g)	1786	1795	1797	1797	1755	1745
	重量變化(g)	73	68	68	53	78	95
	表面積(cm^2)	472	472	472	472	472	472
	密度(g/cm^3)	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85	7.85
	腐蝕速率(mm/year)	0.1883	0.1743	0.1757	0.1366	0.2007	0.2445
	腐蝕速率(μm/year)	188.3	174.3	175.7	136.6	200.7	244.5

表 4-13 臺中港區水中帶 SS316L 金屬試驗分析結果(1 年期)

試驗場址	試片編號	3-1-7	3-1-8	3-1-9
臺中港 #1 碼頭西側	原始重量(g)	3295	3302	3298
	腐蝕後實際重量(g)	3295	3295	3296
	重量變化(g)	0	7	2
	表面積(cm^2)	520	520	520
	密度(g/cm^3)	7.85	7.85	7.85
	腐蝕速率(mm/year)	0.000	0.0173	0.004
	腐蝕速率(μm/year)	0	17.3	4

表 4-14 臺中港區水中帶 SS400 金屬試驗分析結果(1 年期)

試驗場址	試片編號	3-1-10	3-1-11	3-1-12
臺中港 #1 碼頭西側	原始重量(g)	1533	1539	1526
	腐蝕後實際重量(g)	1465	1474	1464
	重量變化(g)	68	65	62
	表面積(cm^2)	460	460	460
	密度(g/cm^3)	7.85	7.85	7.85
	腐蝕速率(mm/year)	0.1793	0.1720	0.1642
	腐蝕速率(μm/year)	179.3	172.0	164.2

4.7 下金屬試片之外觀變化

本研究為長期水下曝放試驗，定期採集不同地點、位置、金屬材料試片之附著海生物樣本現場進行拍照，以了解附著海生物之種類差異，期能完整了解各港附著海生物之種類與變化，進而建置於水下腐蝕資料庫之展示。本年度初步將臺中港最初曝放及經過 1 年曝放後於不同位置(大氣帶、潮汐帶、水中帶)及向光面、背光面之金屬外觀變化與金屬材料原始數據，如圖 4.8 至圖 4.16 所示。

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>材質:鋼材 SM490A
代號: 1-1-1</td><td>第 1 年取樣後向光面</td><td>第 1 年取樣後背光面</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>原始重量(g)</td><td>1852</td></tr><tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1672</td></tr><tr><td>重量變化(g)</td><td>180</td></tr><tr><td>表面積(cm^2)</td><td>472</td></tr><tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr><tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.4607</td></tr><tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>460.7</td></tr></table></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗前向光面</td><td>第 1 年清洗前背光面</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗後向光面</td><td>第 1 年清洗後向光面</td></tr>
</table>

圖 4.8 臺中港區大氣帶 SM490A 金屬試驗分析結果(1 年期)

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>材質:鋼材 SS316L
代號: 1-1-7</td><td>第 1 年取樣後向光面</td><td>第 1 年取樣後背光面</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>原始重量(g)</td><td>3286</td></tr><tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>3286</td></tr><tr><td>重量變化(g)</td><td>0</td></tr><tr><td>表面積(cm^2)</td><td>520</td></tr><tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr><tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.0003</td></tr><tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>0.3</td></tr></table></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗前向光面</td><td>第 1 年清洗前背光面</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗後向光面</td><td>第 1 年清洗後向光面</td></tr>
</table>

圖 4.9 臺中港區大氣帶 SS316L 金屬試驗分析結果(1 年期)

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>材質:鋼材 SS400
代號: 1-1-10</td><td>第 1 年取樣後向光面</td><td>第 1 年取樣後背光面</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>原始重量(g)</td><td>1523</td></tr><tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1346</td></tr><tr><td>重量變化(g)</td><td>177</td></tr><tr><td>表面積(cm^2)</td><td>460</td></tr><tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr><tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.4665</td></tr><tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>466.5</td></tr></table></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗前向光面</td><td>第 1 年清洗前背光面</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗後向光面</td><td>第 1 年清洗後向光面</td></tr>
</table>

圖 4.10 臺中港區大氣帶 SS400 金屬試驗分析結果(1 年期)

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>材質:鋼材 SM490A
代號: 2-1-1</td><td>第 1 年取樣後向光面</td><td>第 1 年取樣後背光面</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>原始重量(g)</td><td>1851</td></tr><tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1674</td></tr><tr><td>重量變化(g)</td><td>177</td></tr><tr><td>表面積(cm^2)</td><td>472</td></tr><tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr><tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.4544</td></tr><tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>454.4</td></tr></table></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗前向光面</td><td>第 1 年清洗前背光面</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗後向光面</td><td>第 1 年清洗後向光面</td></tr>
</table>

圖 4.11 臺中港區潮汐帶 SM490A 金屬試驗分析結果(1 年期)

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>材質:鋼材 SS316L
代號: 2-1-7</td><td>第 1 年取樣後向光面</td><td>第 1 年取樣後背光面</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>原始重量(g)</td><td>3282</td></tr><tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>3282</td></tr><tr><td>重量變化(g)</td><td>---</td></tr><tr><td>表面積(cm^2)</td><td>520</td></tr><tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr><tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>---</td></tr><tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>---</td></tr></table></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗前向光面</td><td>第 1 年清洗前背光面</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗後向光面</td><td>第 1 年清洗後向光面</td></tr>
</table>

圖 4.12 臺中港區潮汐帶 SS316L 金屬試驗分析結果(1 年期)

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>材質:鋼材 SS400
代號: 2-1-10</td><td>第 1 年取樣後向光面</td><td>第 1 年取樣後背光面</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>原始重量(g)</td><td>1539</td></tr><tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1400</td></tr><tr><td>重量變化(g)</td><td>139</td></tr><tr><td>表面積(cm^2)</td><td>460</td></tr><tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr><tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.3664</td></tr><tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>366.4</td></tr></table></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗前向光面</td><td>第 1 年清洗前背光面</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗後向光面</td><td>第 1 年清洗後向光面</td></tr>
</table>

圖 4.13 臺中港區潮汐帶 SS400 金屬試驗分析結果(1 年期)

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>材質:鋼材 SM490A
代號: 3-1-1</td><td>第 1 年取樣後向光面</td><td>第 1 年取樣後背光面</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>原始重量(g)</td><td>1859</td></tr><tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1786</td></tr><tr><td>重量變化(g)</td><td>73</td></tr><tr><td>表面積(cm^2)</td><td>472</td></tr><tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr><tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.1883</td></tr><tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>188.3</td></tr></table></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗前向光面</td><td>第 1 年清洗前背光面</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗後向光面</td><td>第 1 年清洗後向光面</td></tr>
</table>

圖 4.14 臺中港區水中帶 SM490A 金屬試驗分析結果(1 年期)

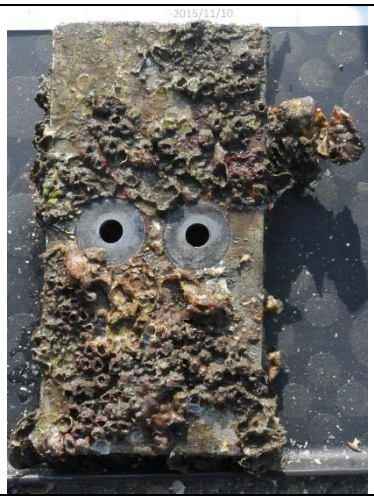
<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>材質:鋼材 SS316L
代號: 3-1-7</td><td>第 1 年取樣後向光面</td><td>第 1 年取樣後背光面</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>原始重量(g)</td><td>3295</td></tr><tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>3295</td></tr><tr><td>重量變化(g)</td><td>---</td></tr><tr><td>表面積(cm^2)</td><td>520</td></tr><tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr><tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>---</td></tr><tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>---</td></tr></table></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗前向光面</td><td>第 1 年清洗前背光面</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗後向光面</td><td>第 1 年清洗後向光面</td></tr>
</table>

圖 4.15 臺中港區水中帶 SS316L 金屬試驗分析結果(1 年期)

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>材質:鋼材 SS400
代號: 3-1-10</td><td>第 1 年取樣後向光面</td><td>第 1 年取樣後背光面</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>原始重量(g)</td><td>1533</td></tr><tr><td>腐蝕後實際重量(g)</td><td>1465</td></tr><tr><td>重量變化(g)</td><td>68</td></tr><tr><td>表面積(cm^2)</td><td>460</td></tr><tr><td>密度(g/cm^3)</td><td>7.85</td></tr><tr><td>腐蝕速率(mm/year)</td><td>0.1793</td></tr><tr><td>腐蝕速率(μm/year)</td><td>179.3</td></tr></table></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗前向光面</td><td>第 1 年清洗前背光面</td></tr>
<tr><td></td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td></td><td>第 1 年清洗後向光面</td><td>第 1 年清洗後向光面</td></tr>
</table>

圖 4.16 臺中港區水中帶 SS400 金屬試驗分析結果(1 年期)

4.8 海水水質分析

為了解金屬材料於海水中之變化，於每季進行全島商港海水水質取樣，利用水質檢測儀器測定鹽度、水溫、PH 值、溶氧量、導電度等，並使用離子分析儀分析海水中 Cl^-及 SO_4^{-2} 含量。

臺中港 1 號碼頭數據如表 4-15 與表 4-16 所示，在 104 年 6 月及 104 年 9 月結果其分析範圍如下，鹽度 29.7~31.0，導電度 49.3~52.9 (ms/cm) ，溫度 28.4~30.7(℃) ，溶氧量 7.41~8.55，PH 值 7.61~7.92，氯離子 15761~18282(mg/L)，硫酸根離子 1960~2148(mg/L)。

金門港區數據如表 4-17 與表 4-18 所示在 104 年 6 月及 104 年 9 月分析結果表分析範圍如下，鹽度 28.6~30.1，導電度 46.0~49.3(ms/cm) ，溫度 26.4~28.1(℃) ，溶氧量 7.73~11.06，PH 值 7.44~7.70，氯離子 12448~18426(mg/L)，硫酸根離子 1621~2374(mg/L)。

表 4-15 臺中港 1 號碼頭水質量測分析結果(104 年 6 月)

項目 水面下	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/l)	PH 值 (-)	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
0	30.6	52.4	30.7	8.55	7.85	15761	1960
3	31.0	52.9	30.5	8.55	7.92	16384	2039
6	30.9	52.8	30.7	7.93	7.86	17950	2148

表 4-16 臺中港 1 號碼頭水質量測分析結果(104 年 9 月)

項目 水深	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/l)	PH 值 (-)	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
0	29.7	49.5	30.2	7.41	7.61	18282	2018
3	29.9	49.3	28.7	7.61	7.74	18123	1985
6	30.2	49.6	28.4	7.75	7.73	17812	2011

表 4-17 金門港區水質量測分析結果(104 年 6 月)

項目 地點	水深 (m)	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/l)	PH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子(mg/L)
水頭港	0	28.8	46.2	26.9	8.1	7.60	16127	1999
	3	28.6	46.2	27.2	8.25	7.67	15877	1969
料羅港	0	29.8	48.7	27.1	10.28	7.63	16951	2175
	3	29.7	47.2	26.9	10.01	7.53	17004	2068
	6	29.9	47.3	26.4	9.15	7.60	12448	1621
九宮港	0	28.7	46.0	26.7	8.24	7.64	15782	1995
	3	28.7	46.0	26.8	8.24	7.59	15737	1986

表 4-18 金門港區水質量測分析結果(104 年 9 月)

地點	水深（m）	鹽度 (0/00)	導電度 (ms/cm)	溫度 (℃)	溶氧量 (mg/l)	PH 值	氯離子 (mg/L)	硫酸根離子 (mg/L)
水頭港	0	29.2	46.7	26.6	7.97	7.60	18105	2061
	3	29.3	47.6	26.7	7.90	7.70	17757	2021
	4	29.3	47.0	26.8	7.92	7.44	15036	1711
料羅港	0	30.1	49.3	28.1	10.47	7.68	16339	1836
	3	30.0	48.9	27.9	11.06	7.69	18426	2087
	5	30.4	48.6	27.0	8.03	7.38	18294	1969
九宮港	0	29.1	47.2	27.6	7.73	7.54	18162	1996
	3	29.1	47.1	27.4	7.51	7.55	17817	2055
	5	29.1	46.9	27.2	7.36	7.48	18464	2374

第五章 港灣構造物現況調查與維護管理之研究

本研究擬針對港灣構造物中數量最多，功能最重要之碼頭與防波堤等構造構造物，進行現況調查之安全檢測與評估並建立資訊系統，期望提供維修單位參考，建立平時定期或特殊狀況之緊急檢測制度，儘早發現構造物混凝土劣化或內部鋼筋腐蝕狀況，減少構造物因環境因素或天然災害所造成更大之損壞。

本(104)年研究範圍為金門港及澎湖馬公港等之碼頭與防波堤等港灣設施，因澎湖馬公港正值進行碼頭面版更新工程，故將以為金門港料羅、水頭及九宮三港區為主要研究範圍；另因臺灣港務公司基隆港務分公司蘇澳港、臺北港營運處與臺中港務分公司辦理維護管理實務需要，新增辦理基隆港港灣構造物維護管理系統(含蘇澳港、臺北港區)精進與擴充、蘇澳港 8～13 號碼頭及臺中港 29(角偶)～30 號碼頭水下現況調查與防蝕效能之檢測等工作項目。

5.1 文獻回顧

5.1.1 國內文獻資料彙整研析[39-52]

國內目視檢測標準以橋梁設施較為完備，亦有相關規範可依循。其標準依結構劣化情形「嚴重程度(Degree)」、「範圍(Extend)」、「對設施結構安全性與服務性之影響(Relevancy)」與「維修急迫性(Urgency)」，稱為 D.E.R.&U.評估法。港灣構造物目視檢測評估標準相關研究亦參考此法進行評估，相關文獻包括：交通部 89-90 年委託國立中山大學李賢華教授之「港灣構造物安全檢測與評估之研究」；交通部運輸研究所港灣技術研究中心於 93-94 年委託國立臺灣海洋大學郭世榮教授之「港灣構造物維護管理準則之研究」、99 年委託蕭松山教授之「高雄港港灣防波堤維護管理系統建置之研究」、97 年委託財團法人臺灣營建研究院之「基隆港西 2 至西 4 號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究」、

99 年「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」、100～103 年「港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)～(4/4)」、102 年「花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置」、103 年「金門港區港灣構造物維護管理系統建置與安全評估之研究」與 95 年交通部高雄港務局「港灣設施維護管理制度委託研究建置工作」等，簡述如下：

1. 港灣構造物安全檢測與評估之研究[39-40]：此研究以各式碼頭之重點劣化異狀進行管控，如重力式碼頭之漏砂、板樁式碼頭之板樁開裂、棧橋式碼頭之鋼管樁腐蝕與防波堤之基礎沖刷等，並將其劣化程度描述分級，請參看下表 5-1～表 5-2 所示。此研究採用 D.E.R.&U.評估方式，但僅針對各構件劣化現象的劣化程度(D 值)予以羅列，並未針對 E、R 與 U 值之相關狀況予以說明。

表 5-1 港灣設施目視檢測標準-重力與板樁式碼頭

碼頭型式	檢測重點	劣化現象	劣化描述	劣化程度
重力式碼頭	基礎沖刷	刷深、沈陷、基礎護石位移	基礎顯示刷深現象，基礎護石觀察出沈陷位移情形	3
			基礎嚴重刷深現象，基礎護石嚴重沈陷或移動情形	4
	側牆岸壁混凝土	傾斜、破損、混凝土剝離龜裂	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象	2
			混凝土龜裂，鋼筋完全露出、無腐蝕現象。鋼筋部分露出，且有腐蝕現象。	3
			可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出。	4
	漏砂檢測	漏砂	牆面裂縫已可觀察出漏砂	3
			背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	4
	殘留水位	水位變化	平均水位有稍微降低現象	2
			平均水位有異常降低現象	3
板樁式碼頭	板樁開裂	開裂長度、寬度	開裂長度達 10~20 cm	2
			開裂長度達 20~30 cm	3
			開裂長度達 30 cm 以上	4
	鋼板厚度	不足	平均厚度不足為 5~10 %以內	2
			平均厚度不足為 10~20 %以內	3
			平均厚度不足達 20 %以上	4
	鋼板腐蝕檢測	腐蝕	局部區域有鏽蝕集中	2
			帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔現象	3
			連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔範圍擴大且有嚴重漏砂現象	4
	防蝕塊檢測	防蝕塊耗損狀況	陰極防蝕塊耗損達設計數量 1/3 時	2
			陰極防蝕塊耗損達設計數量 1/2 時	3
			陰極防蝕塊耗損達設計數量 2/3 時	4

資料來源：參考文獻[39-40]。

表 5-2 港灣設施目視檢測標準-棧橋式碼頭與防波堤

碼頭型式	檢測重點	劣化現象	劣化描述	劣化程度
棧橋式碼頭	基樁傾斜	基樁傾斜、位移	原設計非傾斜基樁產生傾斜現象。	3
			多支基樁均產生傾斜或傾斜已造成結構破壞。	4
	鋼管腐蝕檢測	腐蝕、穿孔	基樁局部區域有鏽蝕集中。	2
			帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔現象。	3
			連續性多之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔範圍擴大。	4
	樁頂接頭檢測	鬆動、破損	樁頂接頭稍有破損現象。	3
			樁頂接頭破損造成連結問題或附近結構之破壞。	4
防波堤	基礎沖刷	刷深、沈陷、基礎護石位移	基礎顯示刷深現象，基礎護石觀察出沈陷位移情形。	3
			基礎嚴重刷深現象，基礎護石嚴重沈陷或移動情形。	4
	側牆岸壁混凝土	傾斜、破損、混凝土剝離龜裂	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出，或鋼筋部分露出且無腐蝕現象	2
			混凝土龜裂，鋼筋完全露出、無腐蝕現象。鋼筋部分露出，且有腐蝕現象。	3
			可目視出傾斜或岸壁鋼筋完全露出而且腐蝕預力管露出。	4
	漏砂檢測	漏砂	牆面裂縫已可觀察出漏砂	3
			背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂。	4
	沈箱面版鋼筋腐蝕	腐蝕	局部區域有鏽蝕集中。	2
			帶狀區域的鏽蝕，混凝土出現紅橙色成帶狀剝落。	3
			一半區域的鋼筋鏽蝕，混凝土出現紅橙色剝落達構件 1/3 的範圍。	4

資料來源：參考文獻[39-40]。

2. 港灣構造物維護管理準則之研究[3-4]：本研究已將各型式碼頭構件進行拆解，諸如重力式碼頭包含岸壁結構、岸肩與基礎等。再針對各拆解構件劣化異狀之劣化程度進行描述與定義，以下即針對碼頭設施(包含重力式、板樁式與棧橋式)與防波堤(包含沈箱式防波堤與斜坡堤)之目視檢測標準進行說明。此研究亦採用 D.E.R.&U.評估方式，惟各劣化等級標準僅列出劣化程度(D 值)與維修急迫性(U 值)。

(1)碼頭設施

a.重力式碼頭劣化程度目視檢測標準，如表 5-3 所示。

表 5-3 重力式碼頭劣化程度目視檢測標準

檢測位置與項目		劣化描述	劣化程度
岸壁結構	鋼筋混凝土	局部可見鏽水	2
		局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	3
		鋼筋已露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	4
	混凝土裂縫	局部可見到 2、3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1 mm 以下)	2
		混凝土可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3 mm 以上)	3
		混凝土裂縫擴散到整個岸壁	4
	混凝土剝落	局部可見到剝落	2
		混凝土鬆動、剝落多(在一小區域面積的四成以下)	3
		混凝土多處鬆動、剝落嚴重(在一小區域面積約四成以上)	4
	岸壁傾斜	輕微傾斜(傾斜度<=3 %)	2
		明顯傾斜(3 %<傾斜度<=5 %)	3
		嚴重傾斜(傾斜度>=5 %)	4
	混凝土塊或層間相對位移	明顯位移	3
		嚴重位移	4
岸肩	岸肩鋪面龜裂	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5 m/m^2 以下)	2
		鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2 m/m^2)	3
		鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2 m/m^2)	4
	岸肩下陷	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	3
		岸肩明顯下陷(有嚴重積水現象)	4
基礎	基礎淘刷	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50 cm 以下)	2
		基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100 cm)	3
		基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100 cm 以上)	4

資料來源：參考文獻[41-42]。

b.板樁式碼頭劣化程度目視檢測標準，如表 5-4 所示。

表 5-4 板樁式碼頭劣化程度目視檢測標準

檢測位置與項目		劣化描述	劣化程度
岸壁結構	板樁接縫開裂	有輕微開裂(長度約達 10~20 cm)	2
		有明顯開裂(長度約達 20~30 cm)	3
		明顯嚴重開裂(長度約達 30 cm 以上)	4
	冠牆腐蝕	局部可見鏽水	2
		局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	3
		鋼筋已露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	4
	冠牆裂縫	局部可見到 2、3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1 mm 以下)	2
		混凝土可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3 mm 以上)	3
		混凝土裂縫擴散到整個岸壁	4
	冠牆剝落	局部可見到剝落	2
		混凝土鬆動、剝落多(在一小區域面積的四成以下)	3
		混凝土多處鬆動、剝落嚴重(在一小區域面積約四成以上)	4
	板樁腐蝕	板樁局部區域有生鏽呈點狀膨脹。表層塗料的剝落龜裂呈點狀(缺陷面積率約 0.1 %以下)	2
		相當大的生鏽呈點狀膨脹(缺陷面積率約 0.1 %以上)	3
		被認為有大範圍的生鏽與膨脹(缺陷面積率約 0.3 %以上)	4
	板樁穿孔	帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔現象	3
		連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔擴大且有漏砂現象	4
	陰極防蝕塊	陰極防蝕塊厚度輕微損壞	2
		陰極防蝕塊厚度明顯損壞	3
		陰極防蝕塊厚度嚴重損壞	4
	板樁傾斜	輕微傾斜(傾斜度<=3 %)	2
		明顯傾斜(3 %<傾斜度<=5 %)	3
		嚴重傾斜(傾斜度>=5 %)	4
岸肩	岸肩鋪面龜裂	鋪面產生輕微裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5 m/m^2 以下)	2

檢測位置與項目		劣化描述	劣化程度
		鋪面產生明顯裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 0.5~2 m/m^2)	3
		鋪面產生嚴重裂縫(混凝土鋪面龜裂率目測約 2 m/m^2)	4
	岸肩下陷	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	3
		岸肩明顯下陷(有嚴重積水現象)	4
基礎	基礎淘刷	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50 cm 以下)	2
		基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100 cm)	3
		基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100 cm 以上)	4

資料來源：參考文獻[41-42]。

c.棧橋式碼頭劣化程度目視檢測標準，如表 5-5 所示。

表 5-5 棧橋式碼頭劣化程度目視檢測標準

檢測位置與項目		劣化描述	劣化程度
上部結構	法線變位	法線輕微變位(目視約 0.2~0.3 m)	2
		法線嚴重變位(目視約 0.3 m 以上)	4
	碼頭面版龜裂	局部可見到 2、3 個部位有龜裂	2
		混凝土可見到數個部位有龜裂	3
		混凝土擴散到整個面版	4
	碼頭面版下陷	岸肩輕微下陷(有輕微積水現象)	3
		岸肩明顯下陷(有嚴重積水現象)	4
	面版鋼筋腐蝕	局部可見鏽水	2
		局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	3
		鋼筋已露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	4
	格梁裂縫	局部可見到 2、3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 1 mm 以下)	2
		混凝土可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3 mm 以上)	3
		混凝土裂縫擴散到整個岸壁	4
	格梁混凝土剝落	局部可見到剝落	2
		混凝土鬆動、剝落多(在一小區域面積的四成以下)	3
		混凝土多處鬆動、剝落嚴重(在一小區域面積約四成以上)	4
	格梁鋼筋腐蝕	局部可見鏽水	2
		局部可見較多鏽水、鋼筋露出但未見腐蝕	3
		鋼筋已露出且已腐蝕，可見鏽水顯著	4
基礎護	基礎淘刷	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50 cm 以下)	2
		基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100 cm)	3
		基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100 cm 以上)	4

檢測位置與項目		劣化描述	劣化程度
坡	護坡破壞	護坡塊石輕微受損(護坡塊石破壞率約 5 %以下)	2
		護坡塊石明顯受損(護坡塊石破壞率約 5 %~20 %)	3
		護坡塊石嚴重受損(護坡塊石破壞率約 20 %以上)	4
基樁結構	防蝕披覆破損、脫落	披覆破損	3
		披覆脫落	4
	陰極防蝕塊	陰極防蝕塊厚度輕微損壞	2
		陰極防蝕塊厚度明顯損壞	3
		陰極防蝕塊厚度嚴重損壞	4
	基樁腐蝕及變形	局部區域有鏽蝕集中	2
		帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔	3
		連續性之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔擴大	4
	基樁破損、變形	非原設計之明顯傾斜或破裂	3
		非原設計之嚴重傾斜、破裂或樁體曲折	4

資料來源：參考文獻[41-42]。

(2)防波堤設施

a.沈箱式防波堤劣化程度目視檢測標準，如表 5-6 所示。

表 5-6 沈箱式防波堤劣化程度目視檢測標準

檢測位置與項目			劣化描述	劣化程度
水上部份	胸牆	龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3 mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3 mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			胸牆斷裂	4
		剝離與鋼筋外露	局部混凝土剝落	2
			胸牆損傷致高度不足	3
			混凝土剝落致鋼筋外露	4
	堤面	龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3 mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3 mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			堤面混凝土斷裂	4
水上部份	堤面	沈陷	輕微不均勻沈陷(輕微積水)	2
			明顯不均勻沈陷(嚴重積水)	3
		鋼筋外露	局部混凝土剝落	2
			混凝土剝落致鋼筋外露	3

檢測位置與項目			劣化描述	劣化程度
			堤面混凝土斷裂	4
水下部份	沈箱	變位	堤體變位不明顯(變位量約 <5 cm)	2
			堤體變位明顯(變位量約 >5 cm)	3
			堤體嚴重變位(變位量約 >10 cm)	4
		傾斜	輕微傾斜(傾斜度 <=3 %)	2
			明顯傾斜(3 %<傾斜度<=5 %)	3
			嚴重傾斜(傾斜度>=5 %)	4
		龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3 mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3 mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			堤體混凝土斷裂	4
		鋼筋外露	壁體側牆混凝土剝落但鋼筋未外露	2
			壁體剝落致鋼筋外露	3
			堤體混凝土破洞	4
	沈箱	龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3 mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3 mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			壁體剝落製鋼筋外露	3
			堤體混凝土斷裂(破洞)	4
	護基方塊	變位	部分發生下陷位移(變位量約<5 cm)	2
			小規模下陷位移(變位量約 5~10 cm)	3
			大範圍下陷位移(變位量約>10 cm)	4
	消波塊	滑落與沈陷	部分消波塊移動或滾落	2
			消波塊散落沈陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞	3
			消波塊斷面減少，堤體滑動安全率已減低	4
	基礎海床	沖刷	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50 cm 以下	2
			基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100 cm	3
			基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100 cm 以上	4

資料來源：參考文獻[41-42]。

b.斜坡堤劣化程度目視檢測標準，如表 5-7 所示。

表 5-7 斜坡堤劣化程度目視檢測標準

檢測位置與項目			劣化描述	劣化程度
水上部份	胸牆	滑移	輕微變位(變位量約<5cm)	2
			小規模變位(變位量約>5 cm)	3
			大規模變位(變位量約>10 cm)	4
		龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3 mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3 mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			胸牆斷裂	4
		鋼筋外露	混凝土剝落致鋼筋外露	3
	堤面	龜裂損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3 mm，龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3 mm，龜裂長度目測約>5cm)	3
			堤面混凝土斷裂	4
		沈陷	輕微不均勻沈陷(輕微積水)	2
			明顯不均勻沈陷(嚴重積水)	3
		鋼筋外露	局部混凝土剝落	2
			混凝土剝落致鋼筋外露	3
			堤面混凝土斷裂	4
	港側坡面	沖刷與滑移	護坡塊石輕微受損(護坡塊石破壞率約 5 %以下)	2
			護坡塊石明顯受損(護坡塊石破壞率約 5 %~20 %)	3
			護坡塊石嚴重受損(護坡塊石破壞率約 20 %以上)	4
	覆面層塊	滑移與滾落	受損不明顯(護面破壞率約<5 %)	2
			明顯受損(護面破壞率約 5~20 %)	3
			嚴重(護面破壞率約>20 %)	4
水下部份	消波工	滑落與沈陷	部分消波塊移動或滾落	2
			消波塊散落沈陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞	3
			消波塊斷面減少，堤體滑動安全率已減低	4
	海床	沖刷	輕微沖刷(沖刷坑深度約<50 cm)	2
			消波塊散落沈陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞	3
			消波塊斷面減少，堤體滑動安全率已減低	4

資料來源：參考文獻[41-42]。

3. 港灣防波堤維護管理系統建置之研究：此研究採用 D.E.R.&U.評估方式，將斜坡式防波堤與沈箱式及特殊式防波堤劣化程度(D 值)與維修急迫性(U 值)列表如表 5-8 所示。

表 5-8 斜坡式防波堤檢測劣化程度與評估值關係表

	D 值	U 值	劣化程度	對應描述
胸牆	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度<5 cm，寬度<3 mm
			局部混凝土剝落	
			輕微變位	變位量<5 cm
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5 cm，寬度>3 mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	鋼筋外露
			胸牆損傷致高度不足	胸牆局部斷裂損傷
			小規模變位	變位量>5 cm
	4	4	胸牆斷落	
			大規模變位	變位量>10 cm
堤面	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度<5 cm，寬度<3 mm
			局部混凝土剝落	混凝土有剝落情形
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5 cm，寬度>3 mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	
			輕微不均勻沈陷	沈陷量<5 cm(擬定值)
	4	4	明顯不均勻沈陷	沈陷量>5 cm(擬定值)
			堤面混凝土斷裂	
港側及海側坡面	1	1	無異狀	
	2	2	受損不明顯	拋石坡面破壞率約<5 %
	3	3	明顯受損	拋石坡面破壞率約 5%~20 %
	4	4	嚴重受損	拋石坡面破壞率約>20 %
消波塊	1	1	無異狀	
	2	2	部分消波塊移動或滾落	
	3	3	消波塊沈陷達一層	消波塊沈陷量>1 m(擬定值)
			堤體有滑動之虞	
	4	4	消波斷面減少，堤體可能滑動	
基	1	1	無異狀	

	D 值	U 值	劣化程度	對應描述
礎海床	2	2	輕微沖刷	沖刷坑深度約<50 cm(擬定值)
	3	3	大量沖刷	沖刷坑深度約 50 cm~100 cm 之間(擬定值)
	4	4	嚴重沖刷	沖刷坑深度約>100 cm(擬定值)
穿孔胸牆/消波槽室	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度< 5 cm，寬度<3 mm
			局部混凝土剝落	
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5 cm，寬度>3 mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	鋼筋外露
			胸牆損傷致高度不足	胸牆局部斷裂損傷
			支撐壁損傷影響消波效果	支撐壁破洞
	4	4	胸牆斷落	
			支撐壁斷落	
堤面	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度<5 cm，寬度<3 mm
			局部混凝土剝落	混凝土有剝落情形
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5 cm，寬度>3 mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	
			輕微不均勻沈陷	沈陷量<5 cm(擬定值)
	4	4	明顯不均勻沈陷	沈陷量>5 cm(擬定值)
			堤面混凝土斷裂	
水上沈箱	1	1	無異狀	
	2	2	堤體變位不明顯	位移量<20 cm(擬定值)
				原建議值為位移量<5 cm
			堤體輕微損傷	龜裂長度<5 cm，寬度<3 mm
			壁體側牆混凝土剝落但鋼筋未外漏	
			輕微傾斜	傾斜率<3 %
	3	3	堤體變位明顯	位移量>20~40 cm 之間
				原建議值為位移量>5 cm
			堤體明顯損傷	龜裂長度>5 cm，寬度>3 mm
			壁體剝落致鋼筋外露	
			明顯傾斜	傾斜率 3~5 %
	4	4	堤體嚴重變位	位移量>40 cm(擬定值)
				原建議值為位移量>10 cm
			堤體混凝土斷裂	

	D 值	U 值	劣化程度	對應描述
			嚴重傾斜	傾斜率>5 %
護基方塊	1	1	無異狀	
	2	2	堤體輕微損傷	龜裂長度<5 cm，寬度<3 mm
	3	3	堤體明顯損傷	龜裂長度>5 cm，寬度>3 mm
			壁體剝落致鋼筋外露	鋼筋外露
	4	4	堤體混凝土斷裂	
	1	1	無異狀	
	2	2	部分發生下陷位移	變位量<50 cm(擬定值)
				原建議值為變位量<5 cm
	3	3	小規模下陷位移	變位量 50~90 cm 之間(擬定值)
				原建議值為變位量 5~10 cm
	4	4	大範圍下陷位移	變位量>90 cm(擬定值)
				原建議值為變位量>10 cm
消波塊	1	1	無異狀	
	2	2	部分消波塊移動或滾落	
	3	3	消波塊沈陷達一層	消波塊沈陷量>1 m(擬定值)
			堤體有滑動之虞	
	4	4	消波斷面減少，堤體可能滑動	
基礎海床	1	1	無異狀	
	2	2	輕微沖刷	沖刷坑深度約<50 cm(擬定值)
	3	3	大量沖刷	沖刷坑深度約 50 cm~100 cm 之間(擬定值)
	4	4	嚴重沖刷	沖刷坑深度約>100 cm(擬定值)

資料來源：參考文獻[52]。

4.交通部高雄港務局「港灣設施維護管理制度委託研究建置工作」：此案計畫為建置高雄港港灣設施維護管理制度，其工作範圍包含：相關資料蒐集、維護管理制度之研究、建立配套措施、生命週期探討、建置電腦化查詢及管理資訊系統等。達成之目標分為制度及系統兩大重點說明如下：

(1)建立港灣設施維護管理制度：針對高雄港務局相關技術規範、標準圖說、管理要點、各計畫之招標文件、契約書、各階段之工程圖說、細部設計文件等資料，為有效保存 32 座碼頭及 4 座防波堤港灣設施基本資料等相關歷史文件，以供後續調查分析港灣設施損壞原因

及經費成本資訊，並擬定設施維護管理分級制度，合理編列管理經費與訂定維護品質標準，建立港灣設施生命週期。擬建立一套完整之港灣設施維護管理制度，以達有效延長港灣設施使用壽命，並維持港灣設施於具經濟效益之狀態。其執行內容為：

a. 檢測分級：依港灣構造物維護管理準則(草案)分為平時巡查、定期檢測及特別檢測等三級之外，因該三級之檢測項目以非破壞性檢測為主，故針對此三級巡查檢測後無法確認破壞原因時，以破壞性檢測予以釐清，並採行專案方式委託相關機構辦理，其各分級說明如下：

   (a) 平時巡查：巡查單位以目視為主，當發現構造物及設備有異常或損毀時，立即向工務權責單位提出通報，通報後之流程建議採特別檢測模式辦理。

   (b) 定期檢測：由工務組、機務組及港工處等人員組成檢測小組分區進行檢測，檢測以目視或簡單工具為主。

   (c) 特別檢測：特別檢測由工務組、機務組及港工處等人員組成檢測小組負責辦理，除係於颱風、地震等災害後或船舶碰撞等人為破壞後辦理外，增加平時巡查發現構造物及設備有異常或損毀通報時進行。

   (d) 專案檢測：當前三級檢測結果無法確認實際破壞原因時，須進行開挖隱蔽部分之破壞性檢測或其他專業檢測，原則上測量及鋼板樁厚度由高雄港務局自行執行，其他需採用特殊儀器之檢測以委外方式辦理。

b. 檢測項目：分別針對平時巡查、定期檢測與特別檢測項目說明如下：

   (a) 平時巡查：依目前高雄港相關單位巡查之相關項目辦理。

   (b) 定期檢測：

i. 板樁式碼頭：檢測項目包括板樁腐蝕、冠牆混凝土龜裂、碼頭前基礎掏刷、岸肩鋪面下陷破損、附屬設施(防舷材、繫船柱及車擋)損傷。此外，另依港灣構造物設計基準-碼頭設計基準及說明要求增加法線變位。

ii. 棧橋式碼頭：檢測項目包括基樁腐蝕、上部板梁結構龜裂、碼頭前基礎掏刷、後側岸肩鋪面下陷破損、護坡塊石及護坡破損、附屬設施(防舷材、繫船柱及車擋)損傷。

iii. 沈箱式防波堤：檢測項目包括沈箱滑動、沈箱傾斜、覆基石散亂、消波塊散亂、地盤沖刷、上部結構龜裂損傷及沈箱龜裂損傷。

(c) 特別檢測

i. 板樁式碼頭：地震檢測項目包括法線變位、岸肩鋪面下陷破損、板樁龜裂；颱風檢測項目包括岸肩鋪面下陷破損、板樁龜裂；船舶碰撞檢測項目包括板樁龜裂、冠牆損傷、附屬設施(防舷材、繫船柱及車擋)損傷。

ii. 棧橋式碼頭：地震檢測項目包括後側岸肩鋪面下陷破損、上部結構與擋土設施相對位移；颱風檢測項目包括後側岸肩鋪面下陷破損、上部板梁結構龜裂；船舶碰撞檢測項目包括基樁斷裂、附屬設施(防舷材、繫船柱及車擋)損傷、上部板梁結構龜裂。

iii. 沈箱式防波堤：檢測項目包括沈箱滑動、沈箱傾斜、覆基石散亂、消波塊散亂、地盤沖刷、上部結構龜裂損傷及沈箱龜裂損傷。

c.檢測頻率建議

(a) 平時巡查：巡查單位以目視，以要點規定之頻率進行巡查。碼頭類工務權責單位每月須辦理至少一次之平時巡查，建

議移往定期檢測，以劃分維護管理流程及相關權責。

(b) 定期檢測：視維護人力以每季一次或每半年一次。

(c) 特別檢測：特別檢測由工務權責單位負責辦理，除係於颱風、地震等災害後或人為破壞之後辦理外，增加平時巡查發現構造物及設備有異常或損毀通報時進行。

d.檢測單元劃分

(a) 平時巡查：建議防波堤以港口及南北側區分，碼頭以碼頭編號區分，不另分單元。

(b) 定期檢測：建議碼頭及防波堤本身即有單元(棧橋式碼頭、沈箱式防波堤)，即以其作為檢測單元，如無則防波堤以胸牆及場鑄混凝土之伸縮縫作為單元之區分，碼頭則以公尺為區分，每一單元以 50 公尺為原則。

(c) 特別檢測：同定期檢測。

e.檢測評估方法：以 D.E.R.&U.評等法，並分為三等級：

(a) A 級(85≦CI≦100)：為安全無虞。

(b) B 級(70≦CI<85)：為結構已受損傷，可增加檢測項目，了解構造物性能的劣化趨勢。分析其營運管理成本，在預算許可的條件下進行維修。

(c) C 級(CI<70)：構造物已受較嚴重損傷，此時應分析其生命週期成本，編列預算進行必要的維修級補強工作，或在適當時機拆除重建。

(2)建置港灣設施維護管理系統:配合此研究檢測制度及檢測工作表單之擬定成果,建置一港灣設施維護管理系統以有效收存及記錄設施相關資料,透過資訊化作業的輔助以提高管理效率,港灣設施維護管理人員可直接透過個人電腦及網路系統等資訊技術,隨掌握設施

狀態,達成有效記錄檢測及維護工程歷程,以達成輔助管理資訊化,提供行政效率之目標,管理人員可透過系統查閱相關維護管理制度及應用表報樣板，以供定期維護工作 執行更為便利，同時相關維護工程業務亦藉以迅速反應服務,方便管理單位對港區設施現況之查詢及掌握，以利迅速有效處理異常狀態。以下針對系統功能架構進行說明：

a.使用者角色定義系統使用者依維護管理業務性質劃分以下三類：

(a) 承辦人員：為主要資料輸入者，對應至實際作業情境，即為巡查、各類檢測及維修工程等各項港灣設施維護工作，實際權責單位之執行人員。各承辦人員依其所責業務可對應系統功能進行新增、修改與刪除等動作。非屬其業務管轄範圍之資料，僅能查詢與瀏覽資料內容。

(b) 主管人員：主要為執行查詢、瀏覽及統計功能操作者，主管人員對資料內容僅能進行查閱動作，但可針對設施維護管理資料執行成本統計功能，亦可針對設施之性能等級進行排序以供決策參考之用。

(c) 系統管理人員：為最大權限者，針對系統人員權限資料管理、系統日誌管理及系統參數設定等非業務層面資料為主。

b.系統應用情境說明

蒐集研析國內外文件資料及參考高雄港務局既有管理制度，此研究建議之維護管理流程如圖 5.1 所示。系統建置之目的即為配合此一流程執行，提供記錄相關資訊及統計分析等功能，協助落實港灣設施維護工作。後續將以圖 5.1 所示流程為主軸，配合前述之系統使用者，說明個參與人員進行實際作業過程中，搭配維護管理系統之應用作業情境。由於維護管理工

作主要由平時巡查與定期檢測著手，故以下即以此兩類工作為主軸出發，分別說明搭配系統之應用情境。

(a) 平時巡查

i. 平時巡查工作重點在於藉由使用單位針對日常工作範圍內異常現象之通報，隨時反應現場可能產生之破壞，以利第一時間進行處理。

ii. 對應系統之操作情境即為：平時巡查之相關承辦人員於發現設施有異常狀況時，立即登入系統中填報平時巡查記錄並提具異常報告，同時亦可拍攝異常部位之相片上傳以利判讀。

iii. 設施異常報告產生的同時，系統及會漿液常資訊公告於系統首頁，相關人員登入系統時即可見提醒公告，權責單位則可點選相關項目並填報處說明，系統亦同時發送電子郵件權責人員進行處理回覆。

iv. 權責單位收到通知後由單位長官指示配合承辦人，經會同工程人員實地會勘判讀後，如確定非影響性異常現象者，即可直接點選連結填報回覆處理說明後結案。

v. 如經會勘初步判讀確為設施異常，需在進一步執行特別檢測者，須於檢測工作完成後由檢測工作承辦人員登入本系統填報評估表單，並同時填寫異常處理說明(對應特別檢測工作，點選檢測實施日期)即可予以結案。

vi. 檢測評估結果位有緊急處理之虞者，即可排入年度維修評估項目中，由業管人員於年度維修評選時，針對設施狀況考量評估是否進行養護工作。

(b)定期檢測

i. 定期檢測工作主要透過固定期間針對設施重點項目由專

業工程人員進行檢測工作，藉由定期評估設施狀況，以作為主管人員擬定設施維護策略。

ii. 對應系統之操作情境為：定期檢測工作承辦人員依其所責項目於固定期間內完成檢測工作後，立即登入系統中填報檢測評估表單。

iii. 檢測評估結果未有緊急處理之虞者，即可排入年度維修評估項目中，由主管人員於年度維修評選時，針對其設施狀況考量評估是否進行維護工作。

iv. 主管人員定期進行年度維修工作評估時，同時亦可考量是否針對特定設施狀況，配合委外廠商專業技術進一步之專案檢測工作，並於檢測工作完成結案後由業務承辦人員登入系統填報工作摘要，同時亦可上傳相關文件記錄。

v. 如確定需要緊急維修之設施，則於發包、施作且完工驗收後，由工程主辦單位承辦人員登入系統填報工程概要，亦可上傳工程相關重要相片記錄。

透過系統將可完整記錄設施維護作業過程中相關歷程資料，初期階段可經由漸次累積之維修工程資料，進行較為簡略之統計分析，以利主管人員推估年度維護預算編列時之參考。

c.系統功能架構設計

依據港灣設施維護管理作業流程，設計港灣設施維護管理系統功能架構設計如圖 5.2 所示，包含：港灣設施基本資料管理、港灣設施檢測歷程管理、港灣設施維護歷程管理、港灣設施維護管理制度文件管理及系統管理等六項主要功能概念模組。港灣設施維護管理模組包括：港灣設施基本資料管理以及基本資料與檢測維護歷程關聯功能；設施檢測歷程管理模組則

包括檢測歷程資料新增及檢測資料查詢功能；港灣設施維護歷程管理模組則包括維護工程資料新增、維護工程資料查詢、設施維護成本統計及設施性能等級分析等功能；異常狀況管理模組則是配合檢測制度之建立，針對平時巡查異常或緊急處理通知以首頁公告及 E-mail 提醒方式提供警訊處理通知功能；港灣設施維護管理制度文件管理模組包括維護管理制度文件查詢瀏覽等功能，並提供高雄港務局既有工程圖管理系統連結，以供結案圖資連結查詢；系統管理功能則包括使用者管理、管理參數設定及系統日誌等功能。

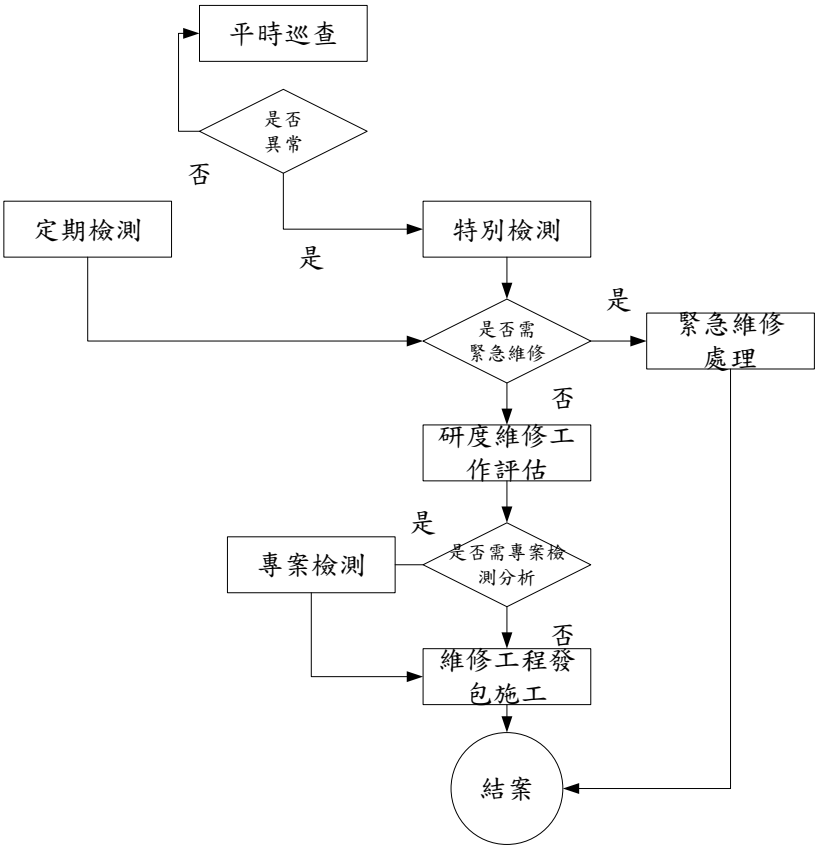


圖 5.1 港灣設施維護管理作業流程圖

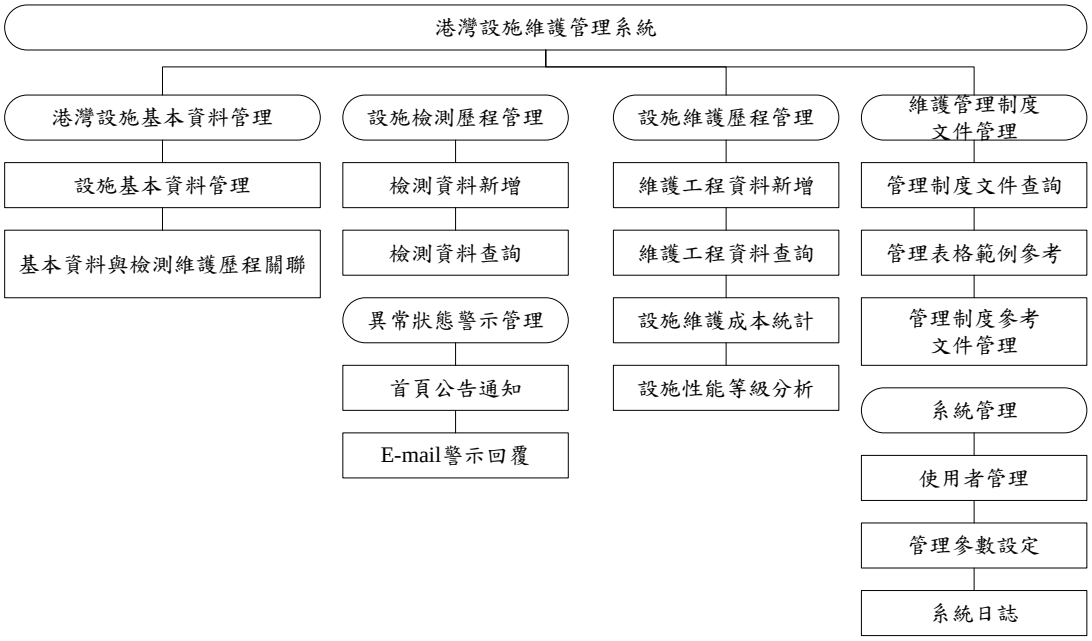


圖 5.2 港灣設施維護管理系統功能架構圖

5.基隆港西2至西4號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究：主要探討各種型式碼頭維護管理特性(重力、板樁、棧橋、井筒與牆式碼頭)、擬定「碼頭設施檢測評估標準作業程序(如圖 5.3 所示)」進行碼頭設施檢測評估，並進行碼頭上部與下部結構安全分析(圖 5.4、圖 5.5)，最後擬定碼頭設施維修補強工法與建置碼頭設施維護管理系統(如圖 5.6、圖 5.7 所示)。

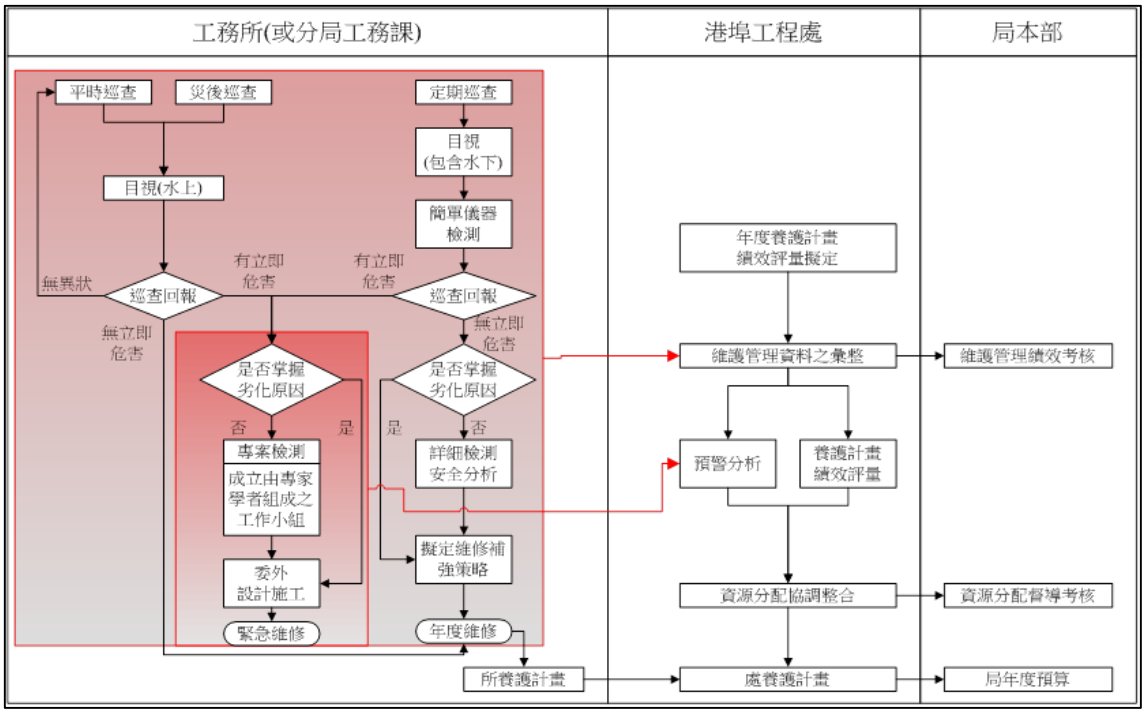


圖 5.3 各檢測作業之對應流程

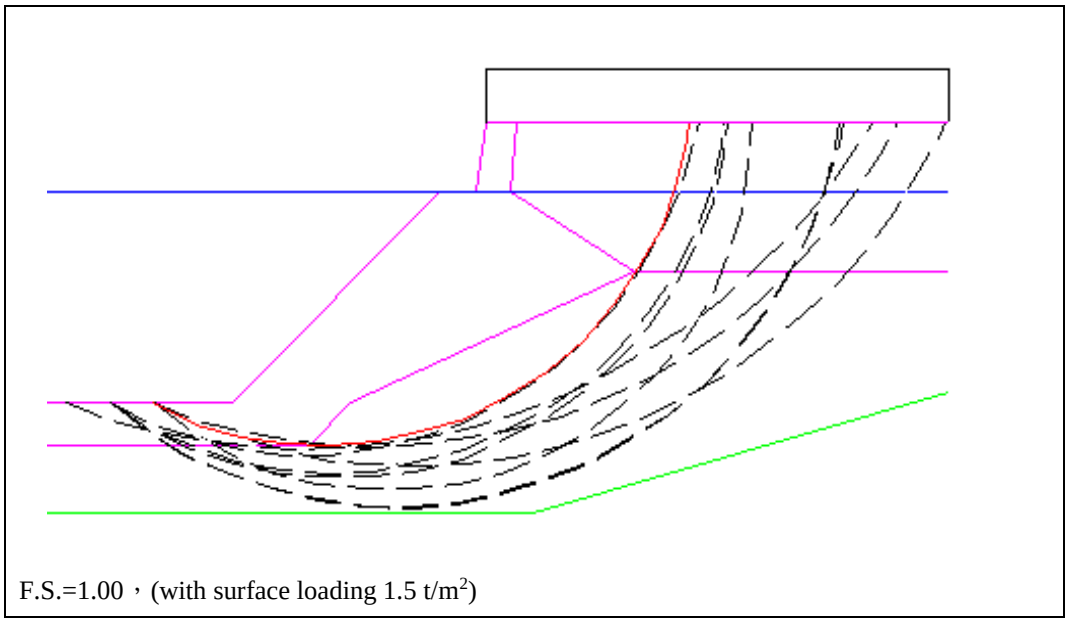


圖 5.4 拋石護坡穩定計算(井筒式斷面)

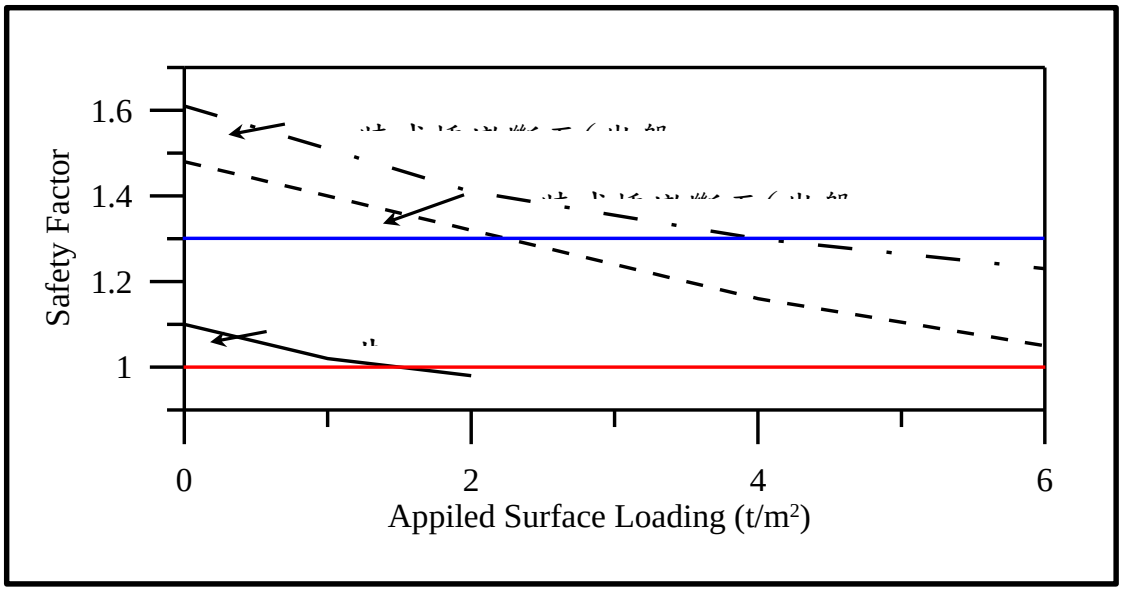


圖 5.5 拋石護坡穩定計算綜合成果

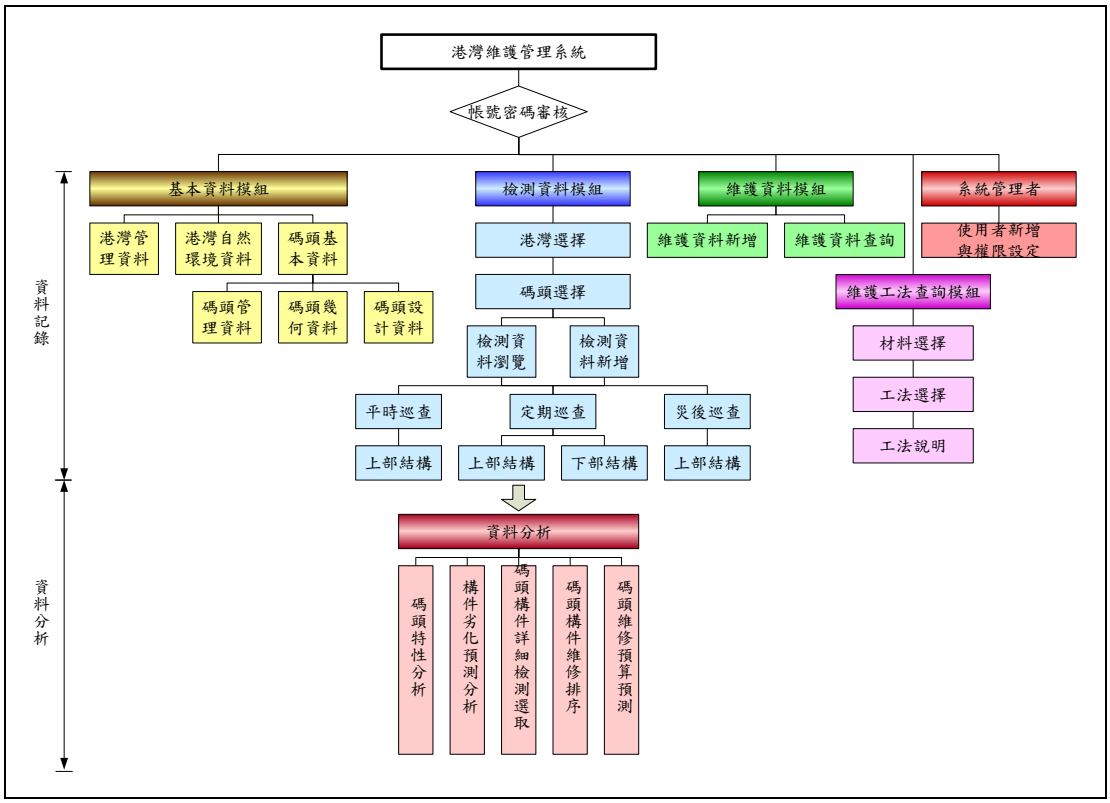


圖 5.6 系統執行流程

圖 5.7 新增填寫檢測資料

6.基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置：主要探討碼頭設施結構特性與劣化機制；建置碼頭設施維護管理程序(包含：碼頭設施檢測類型與頻率、碼頭設施構件編碼原則、碼頭設施目視檢測評估標準、碼頭設施儀器檢測與碼頭設施修復排序與工法選擇)；進行基隆港西 14 號至 15 號碼頭檢測與修復建議與建置碼頭設施維護管理系統(如所示為圖 5.8 系統架構，圖 5.9 為檢測資料新增)。

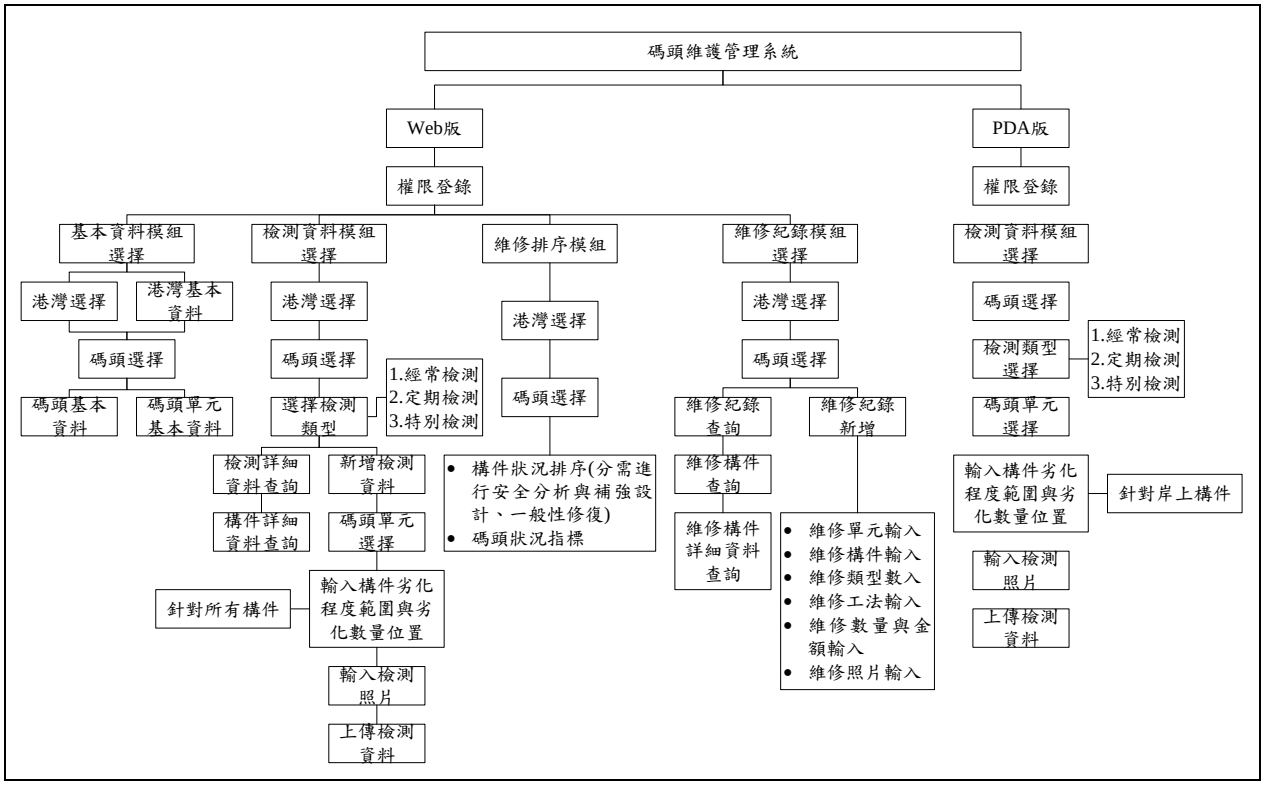


圖 5.8 維護管理系統架構

圖 5.9 維護管理系統-新增檢測資料頁面

7.港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4～4/4) [45-48]：此為四年期計畫，研究成果為：

(1)港灣構造物檢測技術與程序:建立港灣構造物檢測技術與程序並建立港灣構造物維護管理手冊。

a. 港灣構造物基本資料調查與建置：基隆港碼頭與防波堤調查作業(共計 53 座碼頭與 4 段防波堤)基本資料量測與調查作業。

b. 港灣防波堤構造物目視巡查標準制定：港灣碼頭與防波堤構造物目視巡查標準之制定，如表 5-9～表 5-12 所示。

表 5-9 重力式碼頭目視檢測標準

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
碼頭本體	岸肩	裂縫	1	無異狀
			2	局部(1m^2)可見到 2 個以下寬度 3mm 以下的裂縫
			3	局部(1m^2)可見到 3 個以上寬度 3mm 以下的裂縫或裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
		剝落	1	無異狀
			2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
		沈陷	1	無異狀
			2	岸肩輕微下陷(面積<5 m^2、高度<2.5 cm)
			3	岸肩明顯下陷(面積≦5 m^2、高度>2.5 cm 或面積>5 m^2、高度≦2.5 cm)
			4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m^2、高度>2.5 cm)
	壁體	裂縫	1	無異狀
			2	局部(1m^2)可見到 2 個以下寬度 3mm 以下的裂縫
			3	局部(1m^2)可見到 3 個以上寬度 3mm 以下的裂縫或裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
碼頭本體	壁體	剝落	1	無異狀
			2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
		漏砂	1	無異狀
			2	壁體出現孔洞，但並未漏砂
			3	壁體裂縫已可觀察出漏砂

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
			4	背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂
	後線	沈陷	1	無異狀
			2	後線輕微下陷(高度<10 cm、面積<10 m^2)
			3	後線明顯下陷(10≦高度≦ 15 cm、10 m^2≦面積≦20 m^2
			4	後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積>20 m^2)
海床		沖刷	1	無異狀
			2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)
			3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)
			4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)

資料來源：參考文獻[45-48]。

表 5-10 板樁式碼頭目視檢測標準

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
碼頭本體	岸肩	裂縫	1	無異狀
			2	局部(1m^2)可見到 2 個以下寬度 3mm 以下的裂縫
			3	局部(1m^2)可見到 3 個以上寬度 3mm 以下的裂縫或裂縫寬度約 3~5mm 以內
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
		剝落	1	無異狀
			2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm
			3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
		沈陷	1	無異狀
			2	岸肩輕微下陷(面積<5 m^2、高度<2.5 cm)
			3	岸肩明顯下陷(面積≦5 m^2、高度>2.5 cm 或面積>5 m^2、高度≦2.5 cm)
			4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m^2、高度>2.5 cm)
	壁	接縫	1	無異狀

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
	體	開裂	2	開裂深度輕微(文公尺可入裂縫約<10cm 深)
			3	開裂深度中等(文公尺可入裂縫 10~20cm 深)
			4	開裂深度嚴重(文公尺可入裂縫約>20cm 深)
碼頭本體	壁體	穿孔	1	無異狀
			2	帶狀區域的鏽蝕、局部小型穿孔(面積小於 5 cm^2)現象
			3	帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔(面積介於 5~20 cm^2)現象
			4	連續性多範圍鏽蝕,鋼板樁表面穿孔(面積大於 20 cm^2)擴大且有漏砂現象
		防蝕系統	1	無異狀
			2	海水下，-780mV <防蝕電位< -850mV；潮間帶鋼材塗裝面積破損率 3~5%
			3	海水下，-650mV <防蝕電位< -780mV；潮間帶鋼材塗裝面積破損率 5~10%
			4	海水下，防蝕電位 < -650mV；潮間帶鋼材無塗裝保護或塗裝面積破損率達 10%以上
	後線	沈陷	1	無異狀
			2	後線輕微下陷(深度<10 cm、面積<10 m^2)
			3	後線明顯下陷(10≦深度≦ 15 cm、10 m^2≦面積≦ 20 m^2)
			4	後線嚴重下陷(深度>15 cm、面積>20 m^2)
海床		沖刷	1	無異狀
			2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)
			3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)
			4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)

資料來源：參考文獻[45-48]。

表 5-11 附屬設施目視檢測標準

構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
繫船柱	腐蝕龜裂	1	無異狀
		2	材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形
		3	材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形
		4	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂
防舷材	龜裂破損	1	無異狀
		2	材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損
		3	材質表面劣化明顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象
		4	材質老化、構件變形或掉落
車擋	龜裂破損	1	無異狀
		2	材質表面輕微龜裂情形
		3	材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形
		4	材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損
起重機軌道	腐蝕位移	1	無異狀
		2	兩軌間距左右差≦5mm、鋼軌接縫高差≦3mm
		3	兩軌間距左右差 5mm~10mm、鋼軌接縫高差 3mm~4.25mm
		4	兩軌間距左右差>10mm、鋼軌接縫高差>4.25mm

資料來源：參考文獻[45-48]。

表 5-12 防波堤各構件劣化目視巡查標準

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
覆面層	移動、散亂及下滑	1	無異狀
		2	受損不明顯(護面破壞約<3 m^2)，但並未漏砂
		3	明顯受損(護面破壞約 3~12 m^2)，堤面出現孔洞，但並未漏砂
		4	嚴重受損(護面破壞約>12 m^2)，背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂
堤前(後)坡	裂縫	1	無異狀
		2	局部(1m^2)可見到 2 個以上寬度 3mm 以下的裂縫
		3	裂縫寬度約 3~5mm

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
	沈陷	1	無異狀
		2	輕微下陷(面積<5 m^2、高度<2.5 cm)
		3	明顯下陷(面積≦5 m^2、高度>2.5 cm 或面積>5 m^2、高度≦2.5 cm)
		4	嚴重下陷(面積>5 m^2、高度>2.5 cm)
	剝落	1	無異狀
		2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
堤頂	沈陷	1	無異狀
		2	岸肩輕微下陷(面積<5 m^2、高度<2.5 cm)
		3	岸肩明顯下陷(面積≦5 m^2、高度>2.5 cm 或面積>5 m^2、高度≦2.5 cm)
		4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m^2、高度>2.5 cm)
	裂縫	1	無異狀
		2	局部(1m^2)可見到 2 個以上寬度 3mm 以下的裂縫
		3	裂縫寬度約 3~5mm
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
	剝落	1	無異狀
		2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
胸牆	裂縫	1	無異狀
		2	局部(1m^2)可見到 2 個以上寬度 3mm 以下的裂縫
		3	裂縫寬度約 3~5mm
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上
	剝落	1	無異狀

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
		2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑≦15 cm，深度≦2.5 cm
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm
基礎	沖刷	1	無異狀
		2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)
		3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)
		4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)

資料來源：參考文獻[45-48]。

c.針對基隆港碼頭與防波堤構造物進行巡查作業

d.港灣構造物維護管理手冊(精簡版)：包含港灣構造物編碼原則與目視檢測評估標準，供檢測人員於現場便於翻閱查詢之用。

(2)港灣構造物維護管理系統建置

a. 防波堤維護管理系統建置(如圖 5.10 所示)：已依現地量測調查資料，將基隆港防波堤(東碎波提除外)資料建置於基本資料模組中，並將經常巡查建置於檢測資料模組中。

圖 5.10 基隆港西防波堤經常巡查資料新增頁面

b. 系統基本資料擴充與巡查資料建置：已依現地量測調查資料，將基隆港 53 座碼頭(除西 12 號碼頭)新增於維護管理系統中，業管單位可進行各模組之應用，同時，亦將各碼頭經常巡查資料輸入於檢測資料模組中，以供業管單位了解各碼頭狀況

c. 儀器檢測記錄模組建置：建置可供上傳檢測報告之功能外，亦就碼頭構造物常採用之腐蝕電位量測與防波堤構造物常採用之高程測量建置輸入頁面(如圖 5.11 所示)，可將此些資料儲存為數值資料，供未來統計分析之用。

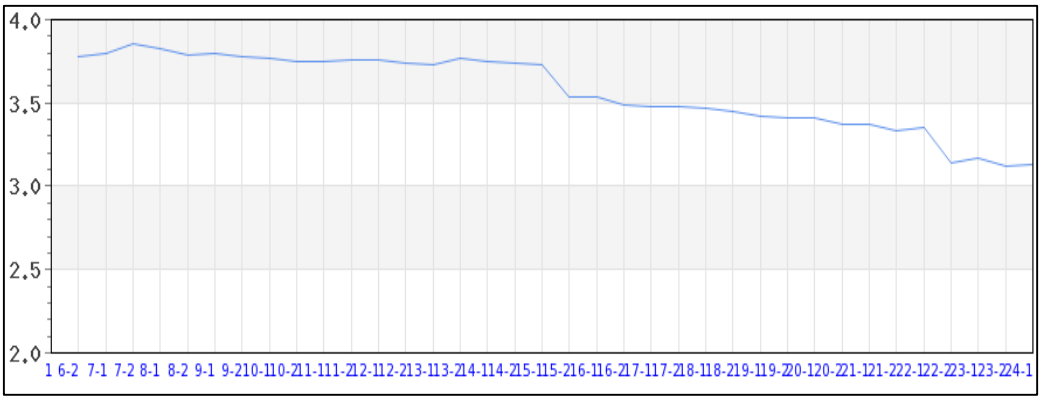


圖 5.11 維護管理系統中儲存之基隆港西防波堤 2011/05/10 高程資料

8.花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置：此案為建置「港灣構造物維護管理系統(包含碼頭與防波堤，如圖 5.12 所示)」、撰寫「花蓮港碼頭及防波堤構造物維護管理手冊」、巡檢後提出花蓮港碼頭及防波堤維修排序與改善對策，系統並包含「花蓮港船席水深即時潮位系統(如圖 5.13 所示)」。

圖 5.12 碼頭經常巡查資料新增-以花蓮港 25 號碼頭為例

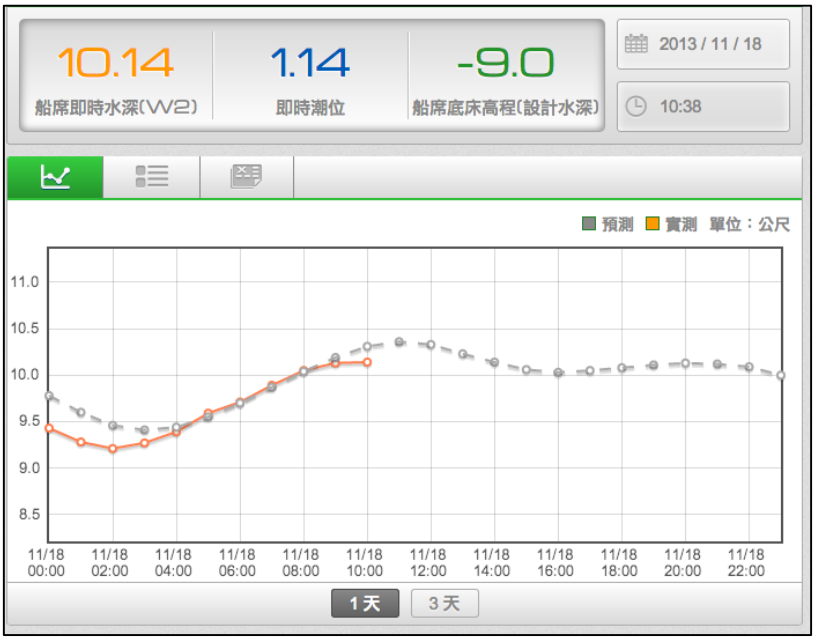


圖 5.13 碼頭水深查詢成果

9.國內文獻彙整：國內研究文獻成果彙整，如表 5-13 所示。

表 5-13 國內文獻成果彙整

編號	研究題目	研究成果
1	港灣構造物安全檢測與評估之研究[1-2]	採用 D.E.R.&U.評估方式，但僅針對各構件劣化現象的劣化程度(D 值)予以羅列，並未針對 E、R 與 U 值之相關狀況予以說明。
2	港灣構造物維護管理準則之研究[3-4]	亦採用 D.E.R.&U.評估方式，惟各劣化等級標準僅列出劣化程度(D 值)與維修急迫性(U 值)。
3	基隆港西 2 至西 4 號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究[5]	1.擬定「碼頭設施檢測評估標準作業程序」分經常檢測、定期檢測與特別檢測；2.碼頭上部與下部結構安全分析；3.擬定碼頭設施維修補強工法：依各構件劣化異狀予以對應；4. 建置碼頭設施維護管理系統：依作業程序進行系統建置。
4	基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置[6]	1.探討碼頭設施結構特性與劣化機制;2.建置碼頭設施維護管理程序；3.進行基隆港西 14 號至 15 號碼頭檢測與修復建議；4.建置碼頭設施維護管理系統(包含基本資料模組、檢測資料模組、維修排序模組與維修記錄模組)。
5	港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4~4/4)[7-10]	為四年期計畫，包含 1.港灣構造物檢測技術與程序，建立港灣構造物檢測技術與程序並建立港灣構造物維護管理手冊：港灣構造物基本資料調查與建置、港灣防波堤構造物目視巡查標準制定、基隆港碼頭與防波堤構造物巡查作業、港灣構造物維護管理手冊(精簡版)；2.港灣構造物維護管理系統建置：防波堤維護管理系統建置、系統基本資料擴充與巡查資料建置與儀器檢測記錄模組建置。
6	花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置[8]	1.建置港灣構造物維護管理系統(包含碼頭與防波堤、花蓮港船席水深即時潮位系統)；2.撰寫花蓮港碼頭及防波堤構造物維護管理手冊；3.提出花蓮港碼頭及防波堤維修排序與改善對策。
7	港灣設施維護管理制度研究委託建置工作[12]	1.建立港灣設施維護管理制度：包含(1)檢測分級(平時巡查、定期檢測、特別檢測、專案檢測)；(2)檢測項目：針對平時巡查、定期檢測與特別檢測項目進行；(3)檢測頻率：平時巡查每月須辦理至少一次、定期檢測以每季一次或每半年一次、特別檢測颱風、地震等災害後或人為破壞之後辦理；(4) 檢測單元劃分：平時巡查碼頭以碼頭編號區分，不另分單元、定期檢測分檢測單元；(5)檢測評估方法以 D.E.R.&U.評等法，並分為三等級。2.建置港灣設施維護管理系統。
8	港灣防波堤維護管理系統建置之研究[14]	採用 D.E.R.&U.評估方式，將斜坡式防波堤與沈箱式及特殊式防波堤劣化程度(D 值)與維修急迫性(U 值)列表。

5.1.2 國外文獻資料彙整研析[53-60]

5.1.2.1 碼頭與防波堤目視檢測標準

1 碼頭目視檢測標準

1.日本港灣空港技術研究所－棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究[15]:此研究僅針對棧橋式結構進行目視檢測標準之訂定，其依結構特性分為上、下部結構。檢測類型分為一般與詳細檢測，一般檢測除將上部結構下面部與上側面部、鋼管樁檢測標準進行描述外，亦特別針對防蝕披覆部分之檢視方法進行說明。而下部結構詳細檢測檢視標準即配合潛水調查進行，相關說明如表 5-14～表 5-16 所示。

表 5-14 棧橋一般檢測診斷之項目與檢測標準

檢測項目			檢測方法	檢測標準	
上部工(上、側面部)	混凝土劣化損傷		目視 1.裂縫、剝離、損傷。 2.鋼筋腐蝕。 3.劣化徵兆。	a	□ 繫船岸之性能損毀。
				b	□ 產生 3mm 以上裂縫。 □ 大範圍的鋼筋露出。
				c	□ 產生 3mm 以下裂縫。 □ 局部的鋼筋露出。
				d	□ 無異狀。
鋼管樁	鋼材腐蝕、龜裂、損傷(設置防蝕措施)		目視 1.是否有穿孔。 2.水面上之鋼材腐蝕。 3.表面損傷狀況。	a	□ 因腐蝕之穿孔與變形，或其他損傷。
				b	□ 低水位線(L.W.L.)附近發生孔蝕。 □ 全體性之鏽蝕情況。
				c	□ 部分之鏽蝕情況。
				d	□ 可見鏽蝕或穿孔等損傷。
	防蝕披覆	塗裝	目視 1.劣化比率。	a	□ 劣化面積 10%以上。
				b	□ 劣化面積介於 0.3%~10%。
				c	□ 劣化面積介於 0.03%~0.3%。
				d	□ 劣化面積小於 0.03%。
		有機、凡	目視	a	□ 鋼材露出，並產生鏽蝕。

檢測項目			檢測方法	檢測標準	
		士林、砂漿、金屬等披覆	1.鋼材之腐蝕與露出。 2.披覆材料損傷。 3.保護材料狀況。	b	□ 披覆材已損傷達鋼材。 □ 保護材料損失。
				c	□ 披覆材未損傷達鋼材。 □ 保護材料損壞。
				d	□ 無異狀。

資料來源：參考文獻[53]。

表 5-15 披覆防蝕之一般檢測診斷之方法與劣化程度標準

防蝕披覆之種類	檢測方法	檢測標準	
塗裝	目視 1.鏽蝕、塗膜鼓起、破損、剝落。 2.劣化比率。	a	□ 大範圍的鏽蝕與鼓起。 □ 鏽蝕伴隨著大範圍的裂縫。 □ 劣化面積 10%以上。
		b	□ 大範圍的鏽蝕與鼓起。 □ 大範圍的發生鏽蝕與剝落。 □ 劣化面積介於 0.3%~10%。
		c	□ 散佈著鏽蝕與鼓起。 □ 最後一層的塗料剝落與裂縫散佈。 □ 劣化面積介於 0.03%~0.3%。
		d	□ 無顯著的異狀。 □ 劣化面積小於 0.03%。
有機披覆	目視 1.鏽蝕、塗膜鼓起、破損、剝落。	a	□ 披覆脫落嚴重鋼材露出並產生鏽蝕。
		b	□ 一部份披覆脫落達鋼材，並產生部分鏽蝕。
		c	□ 披覆零星脫落，且未達鋼材。
		d	□ 無初期異狀。
礦脂披覆	目視 1.保護層剝落、龜裂、變形與剝離。 2.螺絲腐蝕與脫落。	a	□ 礦脂披覆脫落，鋼材表面鏽蝕。
		b	□ 礦脂披覆龜裂。 □ 螺栓或螺帽腐蝕。
		c	□ 礦脂披覆白化。 □ 披覆表面出現細微裂縫。 □ 螺栓、螺帽與橡膠材鬆脫。
		d	□ 無初期異狀。

防蝕披覆之種類	檢測方法	檢測標準	
水泥漿披覆	目視 1.砂漿脫落與發生裂縫、剝離(無保護層)。 2.保護層脫落、龜裂、變形(有保護層)。 3.螺絲腐蝕與脫落。	a	□ 水泥砂漿水泥硬化脫落,鋼材外露腐蝕。
		b	□ 裂縫寬度增大，小部分的披覆脫落，並有鏽水流出。 □ 保護層損失，並有鏽水流出。
		c	□ 披覆表面產生細微裂縫。
		d	□ 無初期異狀。
金屬披覆	目視 1.鏽蝕、損傷與脫落。	a	□ 鋼材表面鏽蝕並產生剝離。
		b	□ 披覆材出現腐蝕現象，並很快會達到鋼材主體。
		c	□ 披覆材小範圍損傷，但無腐蝕現象。
		d	□ 無初期異狀。

資料來源：參考文獻[53]。

表 5-16 下部結構詳細診斷之項目與檢測標準

<table>
<tr><th colspan="2">檢測項目</th><th>檢查方式</th><th colspan="2">檢測標準</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">鋼材腐蝕、龜裂、損傷(防蝕施作之場合)</td><td rowspan="4">潛水調查。</td><td>a</td><td>☐ 因腐蝕之穿孔與變形，或其他損傷。</td></tr>
<tr><td>b</td><td>☐ 低水位線(L.W.L.)附近發生孔蝕。
☐ 全體性之鏽蝕情況。</td></tr>
<tr><td>c</td><td>☐ 部分之鏽蝕情況。</td></tr>
<tr><td>d</td><td>☐ 無異狀。</td></tr>
<tr><td rowspan="12">防蝕披覆</td><td rowspan="5">塗裝</td><td rowspan="4">潛水調查
1.鏽蝕、塗膜膨脹、破損、剝落。
2.損傷面積。</td><td>a</td><td>☐ 劣化面積 10%以上。</td></tr>
<tr><td>b</td><td>☐ 劣化面積介於 0.3%~10%。</td></tr>
<tr><td>c</td><td>☐ 劣化面積介於 0.03%~0.3%。</td></tr>
<tr><td>d</td><td>☐ 劣化面積小於 0.03%。</td></tr>
<tr><td>詳細調查
1.鏽蝕、塗膜膨脹、破損、剝落。</td><td colspan="2">鏽蝕、塗膜鼓起、裂縫、破損等變化狀況圖彙整。</td></tr>
<tr><td rowspan="5">有機披覆
礦脂披覆
水泥漿披覆
金屬披覆</td><td rowspan="4">潛水調查
1.鋼材腐蝕、露出。
2.披覆材損傷。
3.保護層狀態。</td><td>a</td><td>☐ 鋼材露出，並產生鏽蝕。</td></tr>
<tr><td>b</td><td>☐ 披覆材已損傷達鋼材。
☐ 保護材料損失。</td></tr>
<tr><td>c</td><td>☐ 披覆材未損傷達鋼材。
☐ 保護材料損壞。</td></tr>
<tr><td>d</td><td>☐ 無異狀。</td></tr>
<tr><td>詳細調查
1.鋼材腐蝕、露出。
2.披覆材損傷。
3.保護層狀態。</td><td colspan="2">鏽蝕、塗膜鼓起、裂縫、破損等變化狀況圖彙整。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">陽極</td><td rowspan="4">潛水調查
1.現存狀況確認</td><td>a</td><td>☐ 陽極脫落與全部耗損。</td></tr>
<tr><td>b</td><td>☐ 陽極裝設有問題。</td></tr>
<tr><td>c</td><td>—</td></tr>
<tr><td>d</td><td>☐ 無脫落等異狀發生。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">電氣防蝕(外部電源方式)</td><td rowspan="4">直流電源及電氣設備</td><td rowspan="4">詳細調查
1.端部的變色。
2.螺栓、螺帽的鬆脫。</td><td>a</td><td>☐ 端部變色，螺栓與螺瑁鬆脫。</td></tr>
<tr><td>b</td><td>—</td></tr>
<tr><td>c</td><td>—</td></tr>
<tr><td>d</td><td>☐ 無異狀。</td></tr>
</table>

資料來源：參考文獻[53]。

2.日本國土技術政策綜合研究所－港灣設施維護管理計畫制訂之基本考量[16]：此研究針對各型式碼頭提供建議之設施維護管理計畫書，藉以作為日本港灣設施管理單位針對其轄下碼頭進行管理之用，以下即針對研究中目視檢測標準進行說明，棧橋式碼頭部分由於與上述雷同，故不再贅述。

(1)重力式碼頭：各構件檢測標準，如表 5-17 所示。

表 5-17 重力式碼頭各構件檢測標準

檢測項目		檢測方法	檢測標準	
岸壁法線	凹凸、落差	目視移動量	a	相鄰的沈箱間距 20cm 以上之凹凸。
			b	相鄰的沈箱間距 10~20cm 之凹凸。
			c	上述以外之場合，相鄰沈箱凹凸未滿 10cm。
			d	無異狀。
沈箱	混凝土劣化損傷	目視 1.裂縫、剝落損傷。 2.鋼筋露出。	a	沈箱內部土砂流出，裂縫與破損。
			b	複數方向 3mm 之裂縫，且鋼筋露出。
			c	一方向 3mm 之裂縫，局部鋼筋露出。
			d	無異狀。
岸肩	沈陷	目視	a	背填土土砂流出。 岸肩沈陷。
			b	岸肩顯著開裂。
			c	岸肩輕微開裂。
			d	無異狀。
	混凝土與瀝青鋪面落差、裂縫	目視 1. 落差、凹凸、裂縫。	a	可導致車輛行走危險之落差、沈陷、車轍、裂縫。15mm 以上之落差、50mm 以上之凹凸、10mm 以上之車轍、3mm 以上之裂縫。
			b	10~15mm 之落差、20~50mm 之凹凸、未滿 3mm 之裂縫。
			c	未滿 10mm 之落差、未滿 20mm 之凹凸、未滿 10mm 之車轍、微小之裂縫。
			d	無異狀。
海底地盤	掏刷與土砂堆積	潛水調查、水深測量	a	岸壁前深 1m 以上之掏刷。
			b	岸壁前深 0.5m~1m 以上之掏刷。
			c	岸壁前深未滿 0.5m 之掏刷。

檢測項目		檢測方法	檢測標準	
			d	無異狀。

資料來源：參考文獻[54]。

(2)板樁式碼頭：各構件檢測標準，如表 5-18 所示。

表 5-18 板樁式碼頭各構件檢測標準

檢測項目		檢測方法	檢測標準	
岸壁法線	凹凸、落差	目視移動量	a	相鄰的板樁間距 20cm 以上之凹凸。
			b	相鄰的板樁間距 10~20cm 之凹凸。
			c	上述以外之場合，相鄰板樁凹凸未滿 10cm。
			d	無異狀。
板樁防蝕	保護層	目視、潛水調查 1.鋼材腐蝕露出。 2.保護層狀態。	a	鋼材露出，鏽蝕發生。
			b	保護層發生顯著剝落，鋼材損傷。
			c	保護層發生輕微剝落，鋼材損傷。
			d	無異狀。
岸肩	沈陷	目視	a	背填土土砂流出。 岸肩沈陷。
			b	岸肩顯著開裂。
			c	岸肩輕微開裂。
			d	無異狀。
	混凝土與瀝青鋪面落差、裂縫	目視 1.落差、凹凸、裂縫。	a	混凝土鋪面裂縫比率為 2m/m^2。 瀝青混凝土鋪面裂縫率 30%以上。
			b	混凝土鋪面裂縫比率為 0.5~2m/m^2。 瀝青混凝土鋪面裂縫率 20~30%以上。
			c	可見若干裂縫
			d	無異狀。
海底地盤	掏刷與土砂堆積	潛水調查、水深測量	a	岸壁前深 1m 以上之掏刷。
			b	岸壁前深 0.5m~1m 以上之掏刷。
			c	岸壁前深未滿 0.5m 之掏刷。
			d	無異狀。

資料來源：參考文獻[54]。

2 防波堤目視檢測標準

由於日本防波堤結構與臺灣較為相似,且有完整的檢測評估方法，因此本小節將就日本農林水產省農村振興局防災課及國土交通省港湾局海岸防災課等共同研擬之海岸保護設施維護管理手冊[17]之評估內容予以詳細說明，其管理策略及量化檢測觀念，可供臺灣海堤維護管理機關參考。日本海岸保護設施維護管理，是以生命週期管理(Life cycle management, LCM)的概念進行，由掌握沿海保護設施之老劣化及功能降低的狀況,來執行設施在服務年限內成本/效益比最大化的維護管理。如圖 5.14 所示，若設施破壞程度未至必須更新重作的狀況，即加以修補，雖在使用年限內修補次數較多，但累積總費用卻較低。

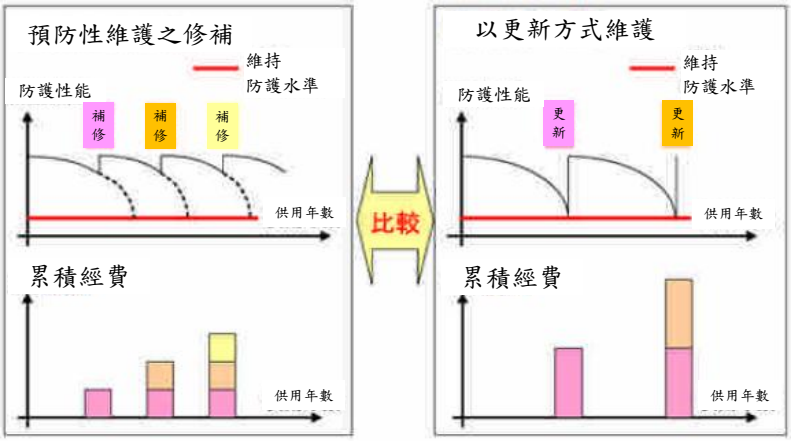


圖 5.14 服務年限內成本/效益比最大化的維護管理方法示意圖

資料來源：日本國土交通省港湾局海岸防災課[55]

然而為達成預防性維護目標，該手冊亦提出完整的對策：首先對海堤構造物作初始外觀檢視(初步檢查)，過濾出劣化部位，再實施二次詳細檢測，最後對檢測結果之破壞程度作評估及分級，來決定維護修補策略。初步檢查是以目視法檢查方式快速記錄構造物各部位是否有劣化，而二次詳檢的目的，在確認劣化位置、劣化範圍、及詳細劣化程度。二次詳檢基本檢測的檢測標的部位及項目如表 5-19 所示，檢測時是以尺、裂縫尺、鐵鎚等簡單儀器量測劣化範圍及程度。但為能確實檢查到二次詳檢要求的檢測項目，或是探究劣化成因，須以特殊器具或試驗方法做二次詳檢，其檢測標的及項目亦顯示於表 5-20～表

5-26。舉例而言，前方海底對地盤的掏刷及基礎破壞可能需要以潛水調查，或以雷達探查堤體內部是否有掏空狀況。二次詳檢的結果將做為劣化程度的分級評估的依據,依照各檢查部位所列檢測項目分別評估，由嚴重至輕微分為 A 至 D 級。其中檢測項目標示為灰階底色部分，是與海堤受波浪掏刷、衝擊或越波時所造成之連鎖劣化反應相關，最後可能導致潰堤，其餘部分可能與材料老劣化關係較大。

表 5-19 日本初級評估及二次詳檢之檢測項目及方法

檢測位置	檢測項目	檢測項目	初步檢測項目	二次檢查(進階檢查)/檢查方法
胸牆	裂縫	⊙		
	剝離、損傷	⊙	⊙/目測、尺測	
	鋼筋腐蝕	⊙	⊙/目測、尺測	⊙/採樣試驗
	接縫、施工縫位移	⊙	⊙/目測、尺測	
	修補處劣化狀況	⊙		
	防護高度			⊙/測量
	混凝土強度			⊙/鑽心、反彈錘
	混凝土中性化			⊙/中性化試驗
	混凝土鹽害			⊙/鹽分含量試驗
堤頂、堤後坡、堤前坡	沉陷、陷落	⊙	⊙/目測、尺測	
	剝離、損傷	⊙	⊙/目測、尺測	
	裂縫	⊙	⊙/目測、尺測	
	接縫、施工縫位移	⊙	⊙/目測、尺測	
	漏水痕跡	⊙		
	修補處劣化狀況	⊙		
	植生異常繁茂	⊙		
	鋼筋腐蝕註 1	⊙	⊙/目測、尺測	⊙/採樣試驗
	混凝土強度			⊙/鑽心、反彈錘
	混凝土中性化			⊙/中性化試驗
	混凝土鹽害			⊙/鹽分含量試驗
	堤身內部空洞化，堤心流出			⊙/雷達探測、鑽孔量測
砂岸	侵蝕、堆積	⊙	⊙/目測	
覆面層(覆面塊)	移動、散亂及下滑	⊙	⊙/目測	
	覆面塊體破損	⊙	⊙/目測	
基礎拋石	裂縫			⊙/潛水調查
	剝離、損傷			⊙/潛水調查
	混凝土強度			⊙/鑽心、反彈錘

	混凝土中性化			⊙/中性化試驗
	混凝土鹽害			⊙/鹽分含量試驗
	接縫、施工縫位移			⊙/潛水調查
	移動、下沈			⊙/潛水調查
前面海底地盤	沖刷			⊙/潛水調查
	堤心流出			⊙/潛水調查

資料來源：參考文獻[55]。

表 5-20 覆面層(覆面塊體)評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	移動、散亂及滑動	覆面層有一整層以上的減少	覆面層斷面有減少現象(未滿一層覆塊減少)	部分消波塊移動、散亂及下滑	排列未改變
	覆面塊體破損	覆面塊破損損量超過 1/4	不到 1/4 的覆面塊體破損	少數的覆面塊體破損	覆面塊體上有小裂縫

資料來源：參考文獻[55]。

表 5-21 胸牆劣化評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1mm 以下的裂縫
	剝離、損傷	發生大範圍且深層的剝離損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	僅產生小範圍的剝離損傷
	鋼筋腐蝕	有明顯的浮銹，整體鋼筋斷面積有減少	有許多浮銹，鋼筋表面可看到大範圍的鏽蝕	表面有許多的銹痕，推測內部大範圍的鋼筋腐蝕	見到部分銹痕及點蝕

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
	接縫、施工縫位移	有傾倒或嚴重破損情形	由於位移使得接縫變大。接縫有滲水現象。	有接縫開裂但沒有滲水現象。	接縫處稍有位移，僅看到段差及開裂。

資料來源：參考文獻[55]。

表 5-22 堤頂評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	沈陷、陷落	混凝土陷落	因堤內砂土沈陷造成表面凹陷	—	看見部分凹陷
	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1mm 以下的裂縫
	接縫、施工縫位移	有傾倒或嚴重破損情形	由於位移使得接縫變大。接縫有滲水現象。	有接縫開裂但沒有滲水現象。	接縫處稍有位移，僅看到段差及開裂。
	剝離、損傷	發生大範圍且深層剝離損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	僅產生小範圍剝離損傷

資料來源：參考文獻[55]。

表 5-23 堤前坡評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1mm 以下的裂縫
	沈陷、陷落	混凝土陷落	堤內砂土沈陷造成表面凹陷	—	看見部分凹陷

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
	接縫、施工縫位移	接縫背後砂土滲出	接縫有劣化狀況但無砂土滲出	—	接縫處有微小偏差，僅看到段差及開裂
	剝離、損傷	發生大範圍且深層的剝離損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	僅產生小範圍的剝離損傷
	鋼筋腐蝕	有明顯的浮銹，整體鋼筋斷面積有減少	有許多浮銹，鋼筋表面可看到大範圍的鏽蝕	表面有許多銹痕，推測內部大範圍的鋼筋腐蝕	見到部分銹痕及點蝕

資料來源：參考文獻[55]。

表 5-24 堤後坡評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1mm 以下的裂縫
	沈陷、陷落	混凝土陷落	因堤內砂土沈陷造成表面凹陷	—	看見部分凹陷
	接縫、施工縫位移	接縫背後砂土滲出	接縫有劣化狀況但無砂土滲出	—	接縫處有微小偏差，僅看到段差及開裂
	剝離、損傷	發生大範圍且深層的剝離損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	僅產生小範圍的剝離損傷

資料來源：參考文獻[55]。

表 5-25 砂岸評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	侵蝕、堆積	在大範圍的砂岸破壞或是掏刷造成砂崖的形成	有形成砂崖的跡象	海岸線有後退的情況	沒有變化

資料來源：參考文獻[55]。

表 5-26 基礎拋石評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢測項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	諸如大裂縫或小的龜裂發生	小裂縫發生(裂縫寬度 0.2mm)	無劣化
	剝離、損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	小範圍表面剝離損傷	無劣化
	接縫、施工縫位移	位移明顯並有高差	小規模的位移，並有高差	—	無改變
	移動、下沈	基礎流失或損毀的情形	有小規模的移動或是下沈	—	無異狀

資料來源：參考文獻[55]。

5.1.2.2 日本港灣設施維護計劃書

維護計劃書包含「總綱」、「檢查診斷計劃」、「綜合評估」與「異常發生時的檢查診斷」等，以下就此些項目說明：

1.總綱

(1)計劃目標：考量設施類型、預期使用期間、維護管理方式。

(2)維護管理計劃的系統：明確揭載維護管理計劃書的整體系統圖。

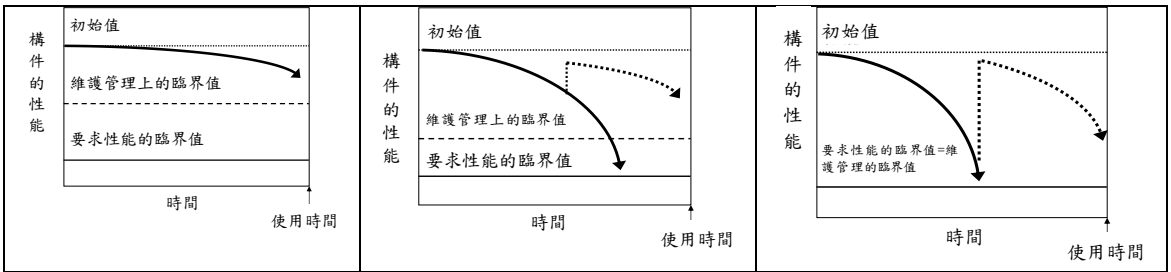
(3)地區與設施的位置：明確揭載足以令人理解目標設施位置或周遭環境狀況的圖案/照片。

(4)規劃計劃的注意事項：明確揭載結構形式的分類、結構概要、平面圖/斷面圖、設計/施工時採用的基準/指南/手冊等文件，使用材料/設備的種類/規格/尺寸等。

(5)主要材料與其他材料的分類

就理想的角度觀之，在興建的時候就針對所有的設施/材料實施高水準的劣化/異常變化因應對策，藉此讓設施在使用期間之中所產生的劣化/異常變化維持在不會造成設施性能降低的範圍以內，也就是設定為維護管理等級 I (如圖 5.15(a)所示)的選擇會比較好。但這樣的做法並不實際，尤其是在從成本考量的觀點來看的時候更是如此。

因此，為了能讓設施能在使用期間之中的任何一個時間點都能維持滿足性能需求的狀態，依據其材料有可能發生的劣化/異常變化或實施因應對策的難易度、預先設定適當的維護管理等級，以及要在性能降低到什麼程度的時候實施因應對策、要在維護管理花費多少資源等，以這樣的基本思考方式進行維護管理，如圖 5.15(b)、圖 5.15(c)，各維護管理等級劣化損傷的考量方式如表 5-27 所示，圖 5.16 為以棧橋式碼頭為例說明各構件建議的維修等級。



(a)維護管理等級 I	(b)維護管理等級 II	(c)維護管理等級 IIII

圖 5.15 港灣設施維護管理等級

表 5-27 各維護管理等級劣化損傷的考量方式

分類	針對劣化損傷的考量方式
維護管理等級Ⅰ (預防對策型)	預先實施高水準的損傷劣化對策，藉此避免設施的損傷劣化狀態在預設使用期間結束前就惡化到無法滿足性能需求的程度。
維護管理等級Ⅱ (預防保護型)	在損傷劣化狀況尚屬輕微的階段，反複實施較小規模的相關因應對策，藉此避免設施的損傷劣化狀態在預設使用期間結束前就惡化到無法滿足性能需求的程度。
維護管理等級Ⅲ (事後保護型)	在尚可滿足的範圍內，容許某種程度的損傷劣化，在預設使用期間內實施大約 1～2 次左右的大規模因應對策，對損傷劣化進行事後補救。

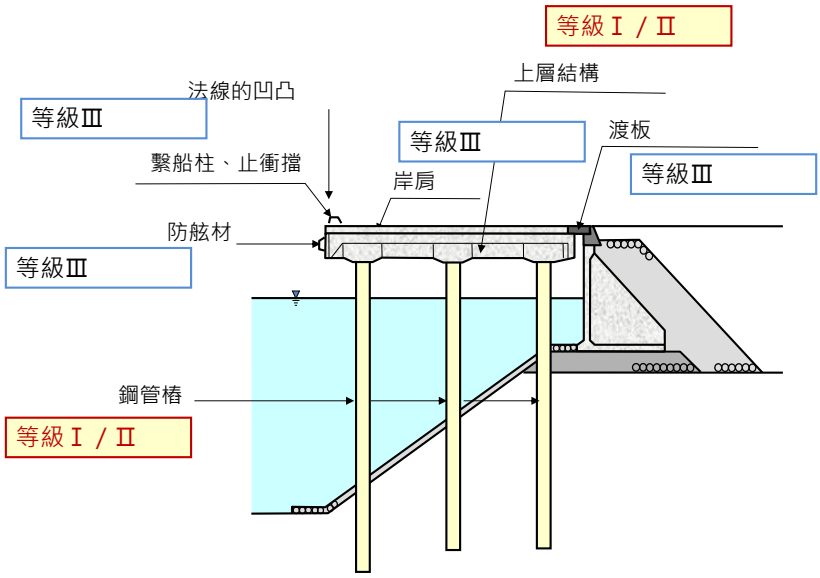


圖 5.16 棧橋式碼頭各構件維護管理等級建議

2.檢查診斷計劃

(1)檢查診斷的種類、方法及頻率

a.初次檢查診斷：於規劃維護管理計劃等文件時，為掌握設施的初始狀態而實施。

b.日常檢查：為了檢查是否有大規模的異常變化等狀況，或檢查設施在貨物裝卸作業等用途上是否有障礙發生而實施。除了可以與設施管理者所實施的巡查等活動一同實施，也可以採取利用設施使用者提供的資訊等方式來加以實施。

c.定期檢查診斷：實施此種檢查的目的在於有效率地提早發現異常變化與其進展狀況，因此必須依照預先訂定的檢查診斷計劃予以計劃性地持續進行。其可分為一般定期檢查診斷與詳細定期檢查診斷。

(a)一般定期檢查診斷：主要以目測方式掌握異常變化，判定劣化程度。一般來說，通常以陸上目視或海上目視等方式予以實施。

(b)詳細定期檢查診斷：實施此種檢查的目的在於由潛水夫等人員掌握水中部位的異常變化，藉由適當的基準判定劣化程度。實施時，為了獲取量化的數據，有些時候也會採用機器等工具加以測定。

(2)檢查診斷的項目

a.有關檢查診斷的項目，應考量該設施的結構形式或材料的維護管理等級等條件，適切地加以選擇。

b.必須要在充分理解檢查診斷的項目內容以及目的的情況下，選擇合理的檢查診斷項目。

c.要以有限的人力資源與財源有效地實施檢查診斷，其重點在於充分理解檢查診斷的項目內容/目的，並實施足以掌握該設施異常變化程度的必要檢測項目。

d.聽取專家意見，避免選擇不必要的檢查診斷項目，也是一種有效的做法。

e.判定劣化程度的單位，以上層結構每一區塊作為單位(如圖 5.16 所示)，以棧橋式碼頭為例，一般與詳細定期檢查診斷構件建議如下：

(a)一般定期檢查診斷

(a) I 類：鋼管樁、岸壁法線、擋土牆部位的岸肩。

(b)Ⅱ類：棧橋上層結構(RC)、覆蓋抗鏽蝕工程、電化學抗鏽蝕工程、岸肩。

(c)Ⅲ類：附屬設備等。

(b)詳細定期檢查診斷

(a)棧橋上層結構：鋼管樁。

(b)覆蓋抗鏽蝕工程：電化學抗鏽蝕工程。

(c)海底地盤：擋土牆部位的岸肩。

(d)設施整體的移動量、下沉量與傾斜量。

(3)判定劣化程度與性能降低程度的評估方法

a. 判定劣化程度時，必須事先訂定判定劣化程度的基準以及材料的單位，如表 5-28 所示。

b. 評估性能降低程度時，必須事先訂定判定性能降低程度的基準以及結構體的單位，如表 5-29 所示。

表 5-28 檢查診斷之劣化程度檢測標準(各構件)

劣化程度	判定劣化程度的基準：材料的狀態
a	材料性能顯著地降低的狀態
b	材料性能有所降低的狀態
c	雖然有異常變化，但幾乎沒有發現材料性能降低的狀態
d	未發現異常變化的狀態

表 5-29 依檢查診斷結果評估設施性能降低程度的評估基準(各設施)

性能降低程度	性能降低程度的評估基準
A	設施性能降低程度相當嚴重的狀態
B	設施性能有所降低的狀態
C	雖然有異常變化，但幾乎沒有發現設施性能降低的狀態
D	沒有發現異常變化，設施性能維持得相當完整的狀態

3.綜合評估

(1)訂定目標設施的維護管理與修補對策的基本方針。

(2)綜合評估中，實施以下三種項目。

a. 與目標設施的異常變化以及劣化狀態相關的評估(如表 5-30 所示)：針對目標設施整體的異常變化以及劣化的狀態，以工程的角度與判斷加以彙整，進行統合性與相對性的評估(設施性能的降低程度)。

b. 針對維護修補的現場判斷/行政判斷的評估：依據維護修補的緊急性等條件，統整必須因應的維護修補工程執行相關問題，從財政面、利用度、重要度、未來計劃等角度，檢討其預先因應的可能性、難以因應的狀況下的替代方案(緊急處理、使用限制等)。

c. 決定與維護目標設施相關的方針：應決定的方針(範例)

(a)決定需要緊急維護修補的材料/部位及基本的修補方法。

(b)決定需要計劃性維護修補的材料/部位及基本的修補方法。

(c)決定目前必須觀察其時間變化狀況的部位/材料。

(d)是否必須變更檢查診斷計劃。

(e)是否需要其他必要的緊急處理措施。

表 5-30 設施性能降低程度的評估方法

檢查診斷項目的分類	各檢查診斷項目的性能降低程度				設施的性能降低程度
	A	B	C	D	
I 類	有檢查診斷項目「包含一個或數個判定為 a 的結果」，設施性能降低程度相當嚴重的狀態	有檢查診斷項目「包含一個或數個判定為 a 或 b 的結果」，設施性能有所降低的狀態	A、B、D 以外	判定結果均為 d	原則上要採用各檢查診斷項目的性能降低程度之中，最為嚴重的評估結果

Ⅱ類	有檢查診斷項目「所包含的判定結果幾乎都是ａ，或多半為ａ＋ｂ」，設施性能降低程度相當嚴重的狀態	有檢查診斷項目「所包含的判定結果中有數個ａ或幾乎都是ａ＋ｂ」，設施性能有所降低的狀態	Ａ、Ｂ、Ｄ以外	判定結果均為ｄ	
Ⅲ類	－	－	Ｄ以外	判定結果均為ｄ	

4.異常發生時的檢查診斷：分為一般與詳細臨時檢查診斷，詳如下述：

(1)一般臨時檢查診斷

地震或颱風來襲之後，有可能會產生突發性的異常變化或因而使異常變化有所進展，這並不只會造成設施的利用有所障礙，更有可能會引發攸關人命的重大事故或災害。為了要確認有無發生此等異常變化或此等異常變化是否有所進展，並採取必要因應對策，必須實施一般臨時檢查診斷。

一般臨時檢查診斷的方法以一般定期檢查診斷之原則為準。實施檢查時，也可以用一般定期檢查診斷替代。

(2)詳細臨時檢查診斷

在實施日常檢查診斷、一般定期檢查診斷、詳細臨時檢查診斷與一般臨時檢查診斷的過程中發現特別嚴重的異常變化的時候，最好能依照實際需求，為掌握其成因或掌握其對設施性能的影響而實施詳細臨時檢查診斷。

詳細臨時檢查診斷之項目，最好能包含潛水外觀目測、數據收集、劣化預測等必要之調查。

5.1.2.3 日本港灣設施維護管理士的相關認證探討

日本港灣設施維護管理士由日本社團法人沿岸技術研究中心進行推廣，以便藉由經認證之技術人員來進行港灣設施維護的相關工作，其考試資格、認證課程內容與考試內容如下所述：

1.考試資格

(1)從事海洋、港灣構造物之調查、設計、施工、管理等相關業務 7 年者。

(2)技術士(建設部門)或者具有資格的 1 級土木施工管理技士。

(3)公益社團法人土木學會認定的特別上級土木技術人員、上級土木技術者、公益社團法人日本混凝土工學會認定的混凝土診斷士、一般社團法人日本鋼結構協會認定的土木鋼結構診斷士等。

2.認證課程內容

(1)維護港口設施和沿海保護設施的最新議題。

(2)維護管理全部相關的知識。

(3)海洋、港灣構造物異狀相關知識。

(4)檢測診斷計畫實施知識與技術。

(5)檢測診斷判定知識與技術。

(6)異狀預測與綜合評估實施知識與技術、維護管理計畫策定相關知識。

(7)維修補強施工計畫實施知識與技術。

3.認證考試內容

(1)與海洋、港灣構造物有關的維護管理全部知識。

(2)有關的法令知識。

(3)有關海洋、港灣構造物的異狀知識。

(4)技術者倫理。

(5)實施檢測診斷的知識技術。

(6)檢測診斷判定的知識技術。

(7)維修補強施工與計畫(設計)的知識與技術。

(8)維修補強施工與施作的知識與技術。

短期應用之方向可與現有國內標準之分析比較，並進行修正、參考浮動式碼頭檢測標準與構件拆解方式、探討檢測分類與頻率、以 I、II、III 類的構件維護策略，可針對國內現有檢測項目進行分類，並可針對維護管理系統建置交換平台機制，以利各港之間的意見交流；中長期可探討國內與國外評估分析之差異、擴增劣化判定事例集、與國外進行維護管理制度與系統的交流、並著手提出國內港灣維護管理的相關法令。

5.1.2.4 美國 TRB 資產管理文獻

目前國外一些先進國家如美國、加拿大、英法、澳洲與日本等，其維護管理均採生命週期維護管理之觀念，依據工程結構營運目標的訂定，藉由安全性及服務性的提昇，配合設施的現況評估及其危害度評估與風險分析，決定各結構物施予維護管理之優先序及維護方式，再根據優先序及維護方式，進行結構物之維護管理規劃，並以成本－效益分析為基礎，編列合理化之維護管理經費，之後，透過公聽會讓結構物維護管理經費之取得與分配程式透明化。

目前美加地區維護管理之經費編列流程，均已納入「取之於民，用之於民」之觀念，然國內維護管理經費採此固定經費預算模式的決定與國外作法迥異。此種由預算決定後才進行維護管理策略規劃之維護管理制度與美、加交通廳之作法大相逕庭等(根據美國 NCHRP 於 2004 年對 26 個美國州交通廳及加拿大省交通廳調查其交通策略規劃與經費預算間之關係，發現目前無任何一個交通廳以此方式運作)。分析目前國內外維護策略及經費決定過程之差異，可知其主因為國內目前缺乏一套完備之生命週期維護管理制度。

5.1.2.5 澳洲新南威爾斯省公共渡輪碼頭安全評估程序

該省確保商用及娛樂船隻於境內之安全運作，並於 2004 年新增條例”新南威爾斯航海局對公共渡輪碼頭之相關檢測具聯合責任”，若風險確認後，授權新南威爾斯航海局人員現有權力進行：

1. 對公共輪渡碼頭之所有人或維修負責人發佈改善通知，要求執行安全修正工作。
2. 對公共輪渡碼頭之所有人發布禁止通知，禁止任何可能對使用者之安全或健康、碼頭運作或旅客服務造成風險之所有活動。

對於這些指南條文不遵守則視為輕微事件，新南威爾斯航海局將首先發佈缺失報告通知，要求公共輪渡碼頭之所有人提供時刻表及維修策略。若所有人拒絕通報缺失情況，則新南威爾斯航海局將進而發佈正式的改善通知或禁止通知。

5.1.3 港灣構造物維護管理程序

5.1.3.1 港灣構造物巡查、檢測類型

港灣構造物的檢測工作，可分為平時進行(每個月一次)的經常巡查(巡查亦包含於檢測中)、時間及頻率固定之定期檢測與重大災害發生後之特別巡查(如下圖 5.17 所示)。另外，當定期檢測作業或災後巡查無法確實掌握劣化原因及擬定適當維修對策，需依目視檢測評估結果辦理更精確的儀器檢測，以便能有更多資訊供評估其安全性。

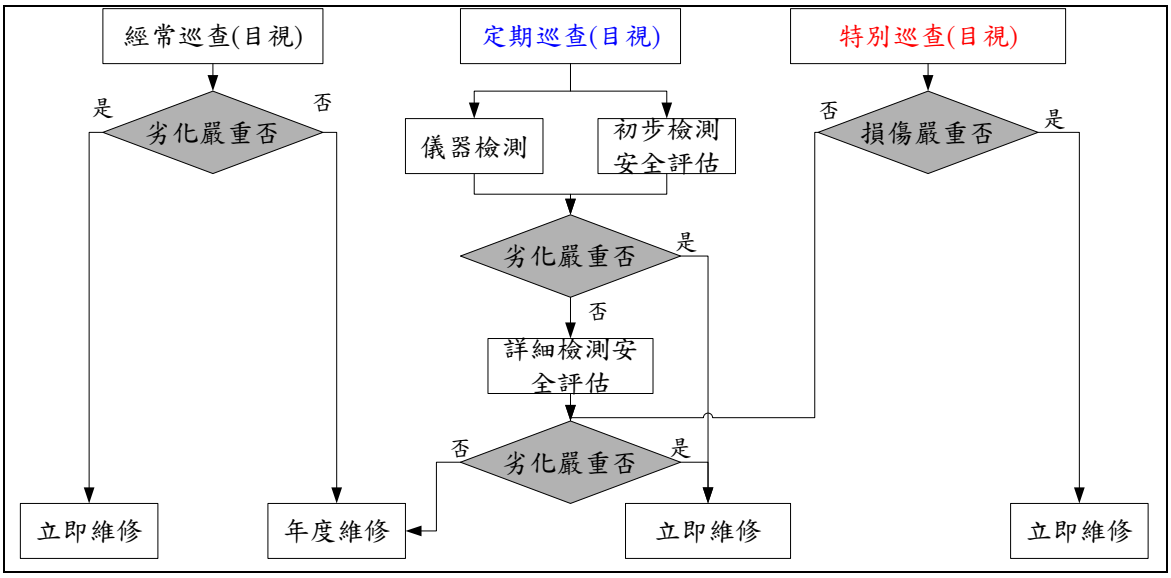


圖 5.17 港灣構造物維護管理程序

1. 經常巡查

經常巡查以附錄 1「碼頭與防波堤經常巡查檢測表」進行。由業管單位執行，其檢測對象以整體碼頭與防波堤岸上構件，若各構件有劣化異狀發生，填寫其最嚴重的劣化狀況等級(表格中僅顯示數值，對應之劣化狀況等級描述附加於其後)，並紀錄其所發生的單元位置與劣化位置，數量則以概估總數量，劣化照片編號則紀錄拍攝照片之編號。

2. 定期檢測

定期檢測以單一單元方式進行，如附錄 1「碼頭與防波堤定期檢測檢測表(分重力、板樁、棧橋式)」所示。巡查時除岸上構件目視檢測外，尚包含水下構件目視檢測，故於各單元紀錄最嚴重者之劣化狀況等級與其劣化位置，並將該類型劣化數量以總數量紀錄(照片編號同前述之經常巡查)。

3. 特別巡查

特別巡查乃針對天然(颱風或地震強度 4 級)或人為災後發生後為主，故以檢視岸上構件是否有達到劣化狀況為 4 之「是/否」值，並非紀

錄碼頭構件劣化狀況等級，如附錄 1「碼頭與防波堤特別巡查檢測表」所示。確認是否需進行緊急搶修，記錄方式與經常巡查相同。

上述三種檢測作業，可分別依負責單位、時機及方式等差異，整理如表 5-31 所示。

表 5-31 檢測作業種類比較

種類	建議執行單位	檢測時機	檢測方式
經常巡查	業管單位	日常(建議每月一次)	目視(岸上)
定期檢測	委外發包廠商	固定時間(建議兩年一次) 若為浮動碼頭建議為一年一次	目視(包含水下)、簡單儀器、依需求配合詳細儀器檢測
特別巡查	業管單位	重大災害 事故發生後	目視(岸上)

5.1.3.2 港灣構造物構件編碼

1.碼頭構造物構件編碼

(1)重力或板樁式碼頭

其為連續式結構，故針對各碼頭單元編碼，以兩繫船柱間為一單元(Block)如圖 5.18 所示，若各碼頭間之交界並非繫船柱，則仍須編列為一單元，如圖 5.18(1)所示。各碼頭單元構件拆解分為碼頭本體、海床與附屬設施(如圖 5.19 所示)。碼頭本體再拆分成岸肩、壁體與後線；附屬設施拆分成繫船柱、防舷材、車擋與起重機軌道。各構件之劣化狀況位置記錄如表 5-32 與圖 5.20 所示。

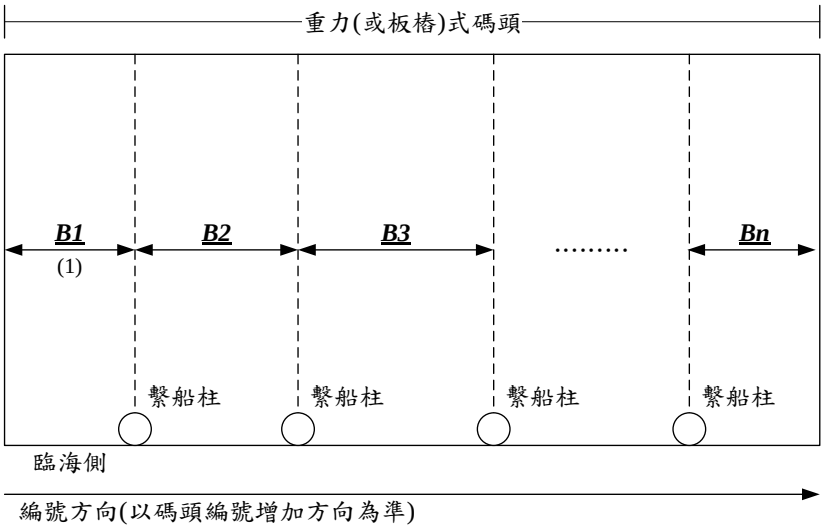


圖 5.18 碼頭單元編碼方式

表 5-32 重力與板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式說明

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化位置描述
碼頭本體	岸肩	紀錄 X、Y 值(如圖 5.4(a)之(1)所示)
	壁體	紀錄 X、-Z 值(如圖 5.4(b)之(2)所示)
	後線	紀錄 X 值(如圖 5.4(a)之(2)所示)
海床		紀錄 X 值(如圖 5.4(b)之(1)所示)
附屬設施	車擋	紀錄第 n 個
	繫船柱	無(一單元僅有一個)
	防舷材	紀錄第 n 個
	起重機軌道	紀錄 X 值

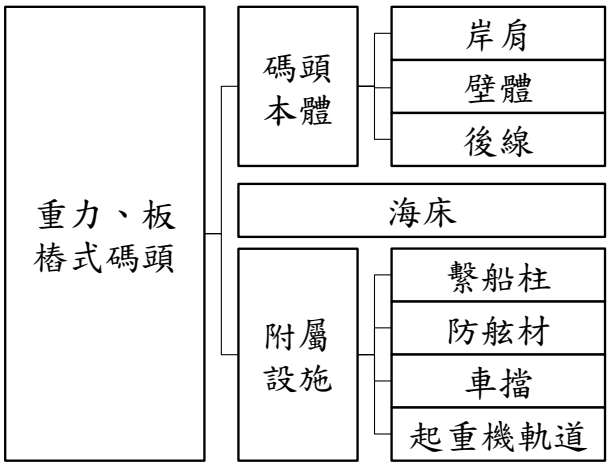


圖 5.19 重力、板樁式碼頭構件拆解

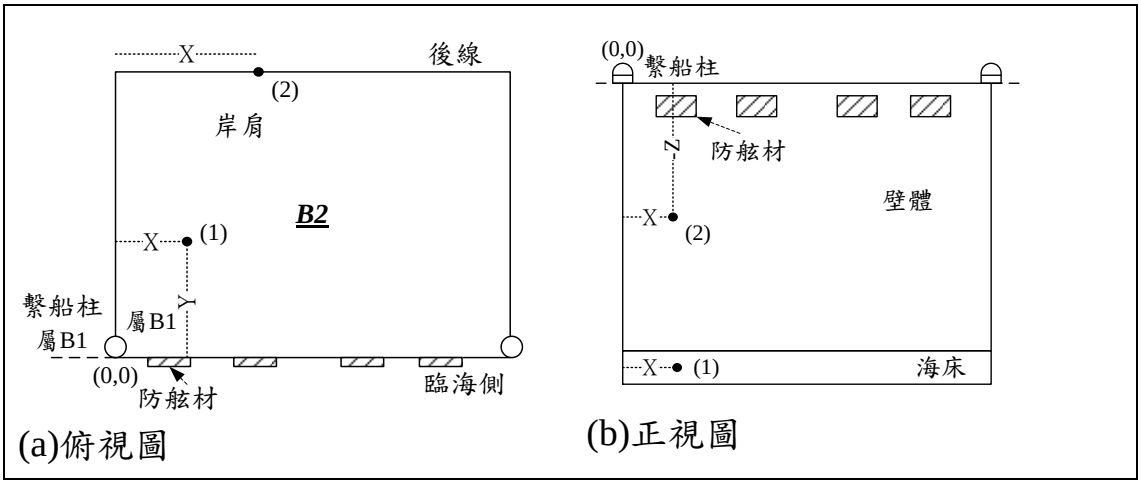


圖 5.20 重力、板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式圖示

(2)浮動碼頭

在潮差甚大之港內，建造固定性之碼頭，須有較大高度，常甚不經濟，於此，可採用浮動碼頭。浮動碼頭之本體不外長方形之浮臺，浮於水面，可將若干浮臺連接而成達到需要之長度。浮動碼頭之佈置形式可為橫碼頭亦可為突出碼頭。浮臺可用鋼製，亦可用鋼筋混凝土製成。浮動碼頭隨潮汐之高低而升降，故其與陸地間須藉橋梁連接。其水上位置之維持，可藉由港底拋錨或以鋼管樁固定。浮動碼頭之缺點在不耐較大風浪，優點則必要時可遷移地點，甚為簡便。浮動碼頭多為渡輪使用，載運渡客與車輛，

較不常用於貨物碼頭。

金門港浮動碼頭設計方式，於本案中參考日本國土交通省港灣局「港湾の施設の点検診断ガイドライン」進行構件之拆分鋼管樁、浮臺、聯絡橋等三大構件(如圖 5.21、圖 5.22 所示)，再依其各自所含細部構件再進行分類，浮臺包含面板、滑動端(與鋼管樁之固定，如圖 5.23 所示)、繫船柱、防舷材與車擋等；聯絡橋包含面板、鉸接端(與岸壁固定，如圖 5.24 所示)等，其構件拆解架構如圖 5.25 所示。

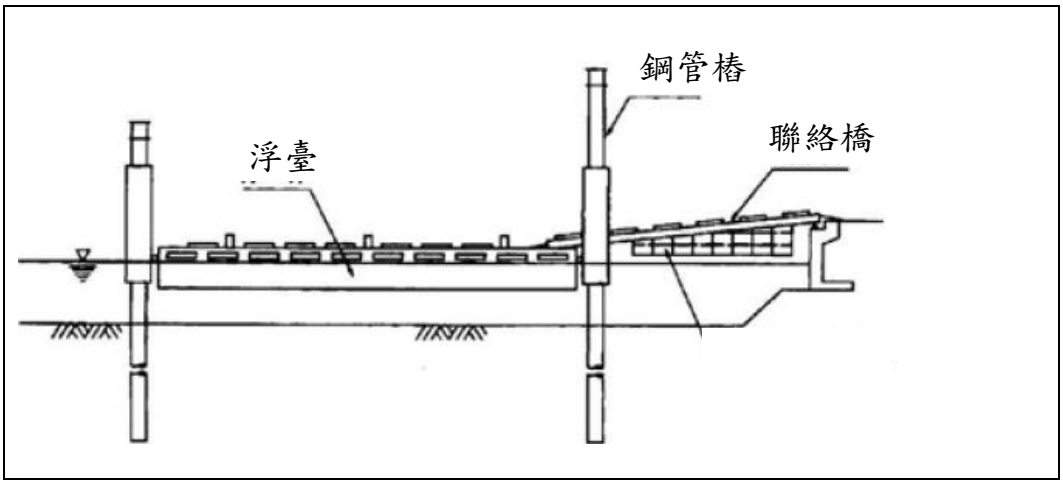


圖 5.21 浮動碼頭側視圖示意

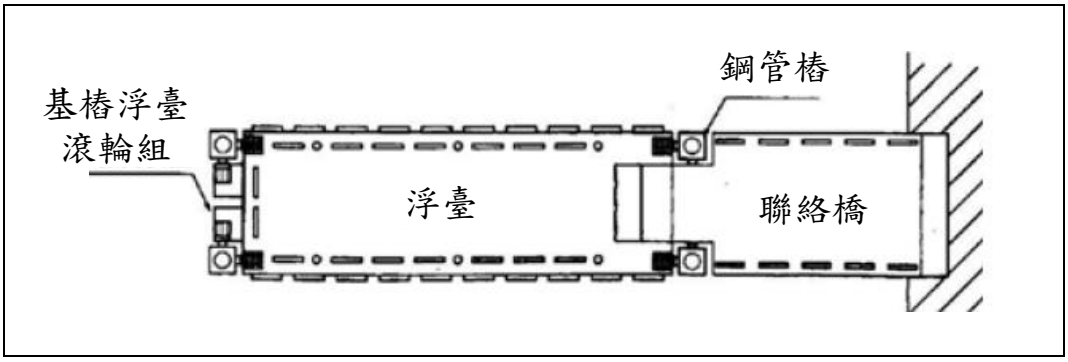


圖 5.22 浮動碼頭俯視圖示意

圖 5.23 基樁浮臺滾輪組　　**圖 5.24 聯絡橋鉸接端**

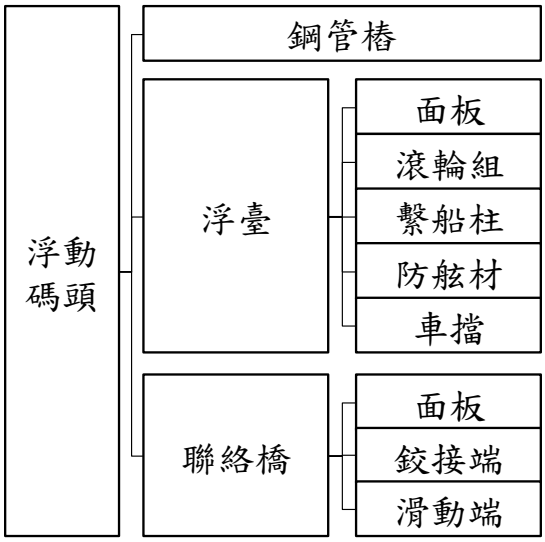


圖 5.25 浮動碼頭構件拆解

5.1.3.3 港灣構造物目視檢測標準

目視檢測標準依港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4~4/4)並彙整國內外港灣構造物檢測標準(包含港灣構造物安全檢測與評估之研究、港灣構造物維護管理準則之研究、日本港灣空港技術研究所－棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究與日本海岸保護設施維護管理手冊)，據此制訂本標準。

本標準之訂定為避免既有評估方式之複雜，故將目前國內較常採

用之 D.E.R.&U.評估標準(D 為劣化程度、E 為劣化範圍、R 為相對重要性、U 為維修急迫性)簡化為僅評估 D 值，而 E 值部分則會併於 D 值中說明，摒除以往 E 值評估不合理的情形；R 值部分則以構件權重進行取代，以作為碼頭單元與碼頭設施整體評估之用；而 U 值部分則配合 D 值來進行維修急迫性之判別，意即 D 值越大，則越優先維修。故 D 值為劣化狀況，D 值為 1 表無狀況，D 值為 2 表輕微狀況，D 值為 3 表明顯狀況，D 值為 4 表嚴重狀況，此一精神與日本目前所持一致。

重力、板樁式碼頭目視檢測標準依圖 5.19 之構件拆解方式制訂各構件可能劣化類型之狀況等級(如表 5-9、表 5-10 所示)，針對共通性之附屬設施亦制訂其劣化狀況等級，如表 5-11 所示、防波堤目視檢測標準如表 5-12 所示；浮動碼頭目視檢測標準依圖 5.9 之構件拆解方式，制訂各構件可能劣化類型之狀況等級(如表 5-33 所示)。

表 5-33 浮動碼頭各構件劣化目視巡查標準

構件		劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
浮臺	浮臺外部	鋼材腐蝕、龜裂、損傷(鋼材)	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	因腐蝕引起之穿孔、變形或其他明顯損傷
		混凝土劣化損傷(RC)	1	無異狀
			2	輕微裂縫或點狀鏽水產生
			3	直徑 3mm 以下鋼筋混凝土之裂縫部分鏽水產生
			4	直徑 3mm 以上鋼筋混凝土之裂縫或保護層剝落或大範圍鏽水產生或貫通的裂縫
		混凝土劣化損傷(PC)	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	有裂縫或鏽水
	浮臺	本體龜裂、	1	無異狀

構件		劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
	內部	損傷	2	—
			3	—
			4	可看見因裂縫、龜裂或損傷引起之浸水
	滾輪組	塗裝剝離、腐蝕、異音	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	從支承部位發出之異常聲音
鋼管樁		磨耗、腐蝕	1	無異狀
			2	可看見被覆材輕微損傷
			3	鋼管樁有輕微磨耗或孔或被覆材全面龜裂或剝離
			4	鋼管樁有變形、明顯磨耗或穿孔或鋼管樁有明顯磨耗
聯絡橋	聯絡橋外部	鋼材腐蝕、龜裂、損傷	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	因腐蝕引起之穿孔、變形或其他明顯損傷
	鉸接端與滑動端	塗裝剝離、腐蝕、異音	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	從支承部位發出之異常聲音

資料來源：參考文獻[41]。

5.1.3.4 港灣構造物初步安全評估與處置對策

1. 初步安全評估

(1) 單一構件評估：

港灣構造物構件維修排序程序，如圖如圖 5.26 所示。

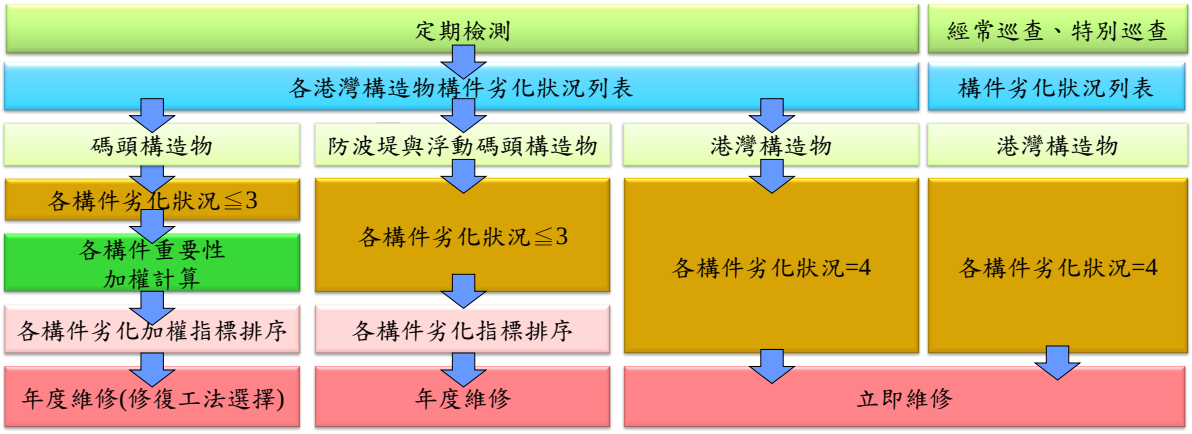


圖 5.26 港灣構造物構件維修排序程序

定期檢測部分針對碼頭構造物、防波堤與浮動碼頭構造物等，若構件劣化狀況≦3，則依其狀況指標進行排序(若為碼頭構造物則配合構件權重加權計算)；若劣化狀況=4，附屬設施需進行立即維修(更新、置換)，主要構件需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強。若為經常與特別巡查，則若劣化狀況=4，同前述定期檢測劣化狀況=4 之執行方式。

(2) 整體構造物評估

由於碼頭構造物各構件有相對權重，故僅以此進行說明。碼頭整體狀況進行計算時，將構造物各構件最嚴重者，採用其劣化狀況配合各構件權重進行計算後累加，即為構造物整體狀況。如圖 5.27 所示以重力式碼頭為例，圖中各構件權重參照表 5-34～表 5-36 所示，各構件劣化狀況判定以採用該構造物構件最嚴重者，進行加權計算後累加即為整體評估。防波堤構造物則無計算整體構造物評分。

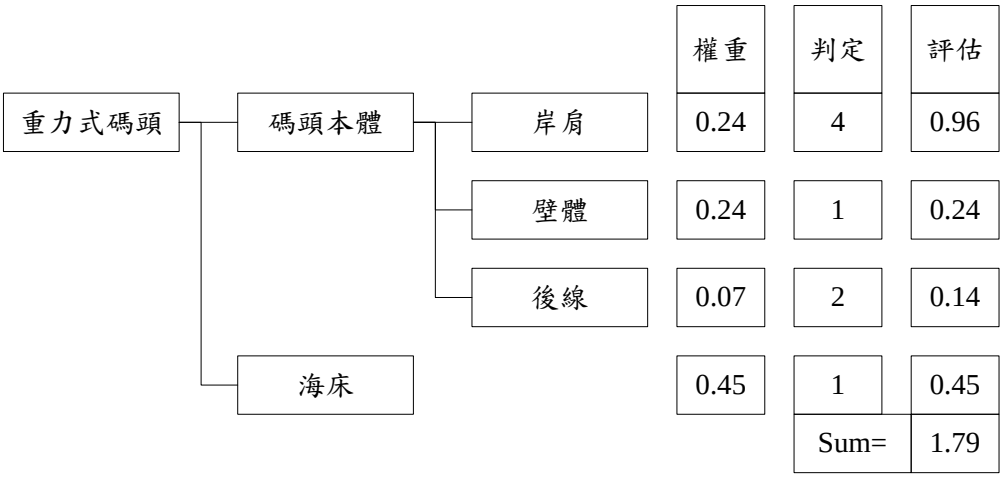


圖 5.27 整體構造物評估說明

表 5-34 重力式碼頭權重

第 1 層構件	第 2 層構件	各構件分配權重
碼頭本體(0.53)	岸肩(0.35)	0.19
	壁體(0.55)	0.29
	後線(0.10)	0.05
海床(0.47)		0.47

表 5-35 板樁式碼頭權重

第 1 層構件	第 2 層構件	各構件分配權重
碼頭本體(0.55)	岸肩(0.43)	0.24
	壁體(0.44)	0.24
	後線(0.13)	0.07
海床(0.45)		0.45

表 5-36 碼頭附屬設施權重

構造物名稱	分配權重
繫船柱	0.22
防舷材	0.30
車擋	0.13
起重機軌道	0.36

2. 港灣構造物處置對策

處置對策依「立即維修」與「年度維修」方式說明如下：

(1) 立即維修

由於屬緊急狀況，建議由管理單位配合的開口合約廠商進行適切的處置，以避免後續引發的二次災害。

(2) 年度維修

確認能否掌握劣化原因，若否則需進行詳細檢測後，擬定維修補強策略後，進行施工，如圖 5.28 所示。

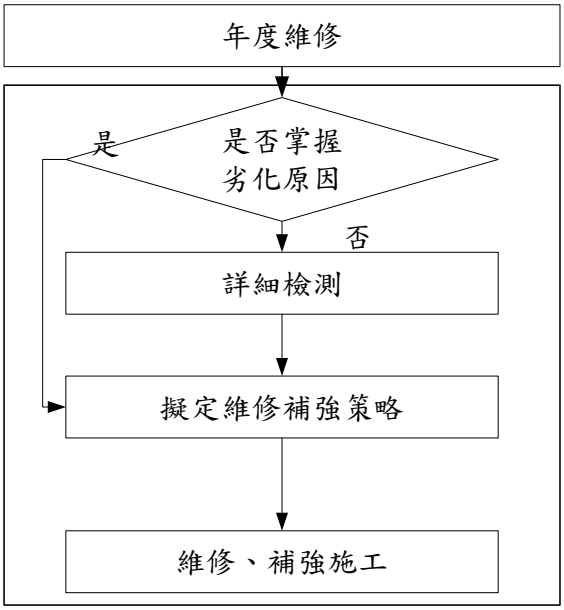


圖 5.28 港灣構造物年度維修處置對策程序

本節針對各劣化異狀所建議的修復工法進行列表，並於其後說明各工法的施工說明與工料分析，以供現地工程師使用，惟在此僅針對一般性修復工法進行說明，補強工法部分因事涉進一步結構分析與設計，故在此不予以羅列。表 5-37～表 5-40 中所列之「處置工法編號」，C 為鋼筋混凝土構造物相關維修工法、S 為鋼構造物相關維修工法、O 為其他構造物相關維修工法。

表 5-37 重力式碼頭劣化異狀與處置對策

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部(1 m^2)可見到 2 個以下寬度 3 mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	局部(1 m^2)可見到 3 個以上寬度 3 mm 以下的裂縫或裂縫寬度約 3~5 mm	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度大於 5 mm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼筋網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積<5 m^2、高度<2.5 cm)	持續觀察
			3	岸肩明顯下陷(面積≦5 m^2、高度>2.5 cm 或面積>5 m^2、高度≦2.5 cm)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。
			4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m^2、高度>2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新舖設。
	壁體	裂縫	2	局部(1 m^2)可見到 2 個以下寬度 3 mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	局部(1m^2)可見到 3 個以上寬度 3mm 以下的裂縫或裂縫寬度約 3~5 mm	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度大於 5 mm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
碼頭本體	壁體	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15	修補水泥砂漿工法(C3)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
				cm，深度<2.5 cm	
			3	鋼筋混凝土(或鋼筋網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強混凝土及鋼筋修補(C4)
		漏砂	2	壁體出現孔洞，但並未漏砂	持續觀察
			3	壁體裂縫已可觀察出漏砂	持續觀察並回填粒料
			4	背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強回填料填補壓實法(C6)
	後線	沈陷	2	後線輕微下陷(高度<10 cm、面積<10 m^2)	持續觀察
			3	後線明顯下陷(10≦高度≦15 cm、10 m^2≦面積≦ 20 m^2	持續觀察或 修補水泥砂漿工法(C3)
			4	後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積>20 m^2)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強回填料填補壓實法(C6)
海床		沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50 cm 以下	持續觀察 拋石護基工法(O1)
			3	基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100 cm	設置消波塊 拋放麻袋混凝土法(O2)
			4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100 cm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強新增護基方塊法(O3)

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

表 5-38 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體 碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部($1m^2$)可見到 2 個以下寬度 3 mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	局部(1m2)可見到 3 個以上寬度 3mm 以下的裂縫或裂縫寬度約 3~5 mm	灌注環氧樹脂工法(C2)
			4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度大於 5 mm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
		剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			3	鋼筋混凝土(或鋼筋網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
			4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
		沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積<5 m^2、高度<2.5 cm)	持續觀察
			3	岸肩明顯下陷(面積≦5 m^2、高度>2.5 cm 或面積>5 m^2、高度≦2.5 cm)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。
			4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m^2、高度>2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新舖設
	壁體	接縫開裂	2	開裂深度輕微(文公尺可入裂縫約<10 cm 深)	持續觀察、新增鋼板焊補法(S1)
			3	開裂深度中等(文公尺可入裂縫 10~20 cm 深)	持續觀察、陸側水中混凝土填補法(C5)
			4	開裂深度嚴重(文公尺可入裂縫約>20 cm 深)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強。新增鋼板

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
					焊補法(S1)+陸側水中混凝土填補法(C5)
		穿孔	2	帶狀區域的鏽蝕、局部小型穿孔(面積小於 5 cm^2)現象	水中硬化環氧樹脂塗附法(S2)
			3	帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔(面積介於 5~20 cm^2)現象	新增鋼板焊補法(S1)
			4	連續性多範圍鏽蝕，鋼板樁表面穿孔(面積大於 20 cm^2)擴大且有漏砂現象	新增鋼板焊補法(S1)+水中硬化環氧樹脂塗附法(S2)
		防蝕性能降低	2	海水下，防蝕電位< -850 mV；潮間帶以上鋼材有塗裝保護，外觀完好	確認其腐蝕電流是否符合規定，若是則持續觀察，若否則進行外加電流式防蝕系統(S4)
			3	海水下，-780mV <防蝕電位< -850mV；潮間帶鋼材塗裝面積破損率 3~5%	外加電流式防蝕系統(S4)
			4	海水下，-650mV <防蝕電位< -780mV；潮間帶鋼材塗裝面積破損率 5~10%	犧牲陽極式防蝕系統(S3)
	後線	沈陷	2	後線輕微<≦10 m^2)	持續觀察
			3	後線明顯下陷(10≦高度≦15 cm、10m^2≦面積≦20 m^2	持續觀察或修補水泥砂漿工法(C3)
			4	後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積>20 m^2)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法(C6)
海床		沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50 cm 以下	持續觀察 拋石護基工法(O1)
			3	基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100 cm	設置消波塊 拋放麻袋混凝土法(O2)
			4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100 cm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

表 5-39 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策

構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
繫船柱	腐蝕龜裂	2	材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形	防蝕塗料維修(O6)
		3	材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形	防蝕塗料維修(O6) 灌注環氧樹脂工法(C2)
		4	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂	置換繫船柱(O7)
防舷材	龜裂破損	2	材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損	持續觀察
		3	材質表面劣化明顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象	構件脫落之維修(O8)
		4	材質老化、構件變形或掉落	置換防舷材(O9)
車擋	龜裂破損	2	材質表面輕微龜裂情形	持續觀察
		3	材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形	持續觀察
		4	材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損	置換車擋
起重機軌道	腐蝕位移	2	兩軌間距左右差≦5 mm、鋼軌接縫高差≦3mm	持續觀察
		3	兩軌間距左右差 5 ~10 mm、鋼軌接縫高差 3 ~4.25 mm	鋼軌矯正(O4)
		4	兩軌間距左右差>10 mm、鋼軌接縫高差>4.25 mm	鋼軌汰換(O5)

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

表 5-40 防波堤劣化異狀與處置對策

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
覆面層	移動、散亂及下滑	2	受損不明顯(護面破壞約<3 m^2)，但並未漏砂	拋石護基工法(O1)
		3	明顯受損(護面破壞約 3~12 m^2)，堤面出現孔洞，但並未漏砂	拋放麻袋混凝土法(O2)
		4	嚴重受損(護面破壞約>12 m^2)，背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)
堤前(後)	裂縫	2	局部(1m^2)可見到 2 個以上寬度 3 mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
坡		3	裂縫寬度約 3~5 mm	灌注環氧樹脂工法(C2)
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5 mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
	沈陷	2	輕微下陷(面積<5 m^2、高度<2.5 cm)	持續觀察
		3	明顯下陷(面積≦5 m^2、高度>2.5 cm 或面積>5 m^2、高度≦2.5 cm)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。
		4	嚴重下陷(面積>5 m^2、高度>2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新舖設
	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
堤頂	沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積<5 m^2、高度<2.5 cm)	持續觀察
		3	岸肩明顯下陷(面積≦5 m^2、高度>2.5 cm 或面積>5 m^2、高度≦2.5 cm)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。
		4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m^2、高度>2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新舖設
	裂縫	2	局部(1m^2)可見到 2 個以上寬度 3 mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
		3	裂縫寬度約 3~5 mm	灌注環氧樹脂工法(C2)
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑<15 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
胸牆	裂縫	2	局部(1m^2)可見到 2 個以上寬度 3mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
		3	裂縫寬度約 3~5mm	灌注環氧樹脂工法(C2)
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑≦15 cm，深度≦2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≦15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≦2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
基礎	沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	持續觀察 拋石護基工法(O1)
		3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	設置消波塊 拋放麻袋混凝土法(O2)
		4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

本研究蒐集之日本維護管理程序與本章所建置之國內維護管理程序之比較如表 5-41 所示，

表 5-41 國內與日本港灣構造物維護管理制度與系統的比較

維護管理程序	國內	日本
檢測種類與方法	分為經常巡查、定期檢測、特別巡查與詳細檢測(使用相關儀器)。	分為初次檢查、日常檢查、定期檢查(再分為一般定期檢查與詳細定期檢查)、臨時檢查(分為一般與詳細臨時檢查)。
檢測頻率	經常巡查每月 1 次;定期檢測每兩年一次;特別巡查於重大災害後執行。	依設施重要性分為通常般檢測與重檢測測配合前述之檢測種類與方法,通常檢測的一般定期檢查 5 年內之少一次；重檢測測的詳細定期檢查 10~15 年內至少一次。
檢測診斷項目	經常與特別巡查以岸上構件或設施為主;定期檢測針對岸上與水下構件。	診斷項目分 I~III 類,I 類為直接影響設施性能之構件；II 類為性能降低也不會立即造成設施性能降低，但如果長期任其處於不良狀態，會對設施造成致命性損傷；III 類為附屬設備。
檢測標準	各構件依其可能異狀列出 1~4 級之劣化異狀(浮動碼頭因採用日本標準故並未每個等級皆有描述)。	各構件依其可能劣化異狀列出 a~d 級(亦為 4 個等級)之檢測標準，各等級之異狀劣化標準並非皆有對應。
評估方法	依港灣構造物各構件劣化狀況等級進行構件評估(碼頭構造物可再配合構件權重加權計算)。	依診斷項目分 I~III 類配合表 5-35 進行設施狀況之評估。
對策工法	碼頭構造物已將各劣化之異狀構件狀況等級對應處置對策。	對策工法之種類與選定以幾較常見之劣化維修為主，並未以各劣化予以對應(港灣設施維護管理技術手冊，日本財團法人 沿岸技術研究中心，2008)。
維護管理系統	目前已依現有程序基隆港、花蓮港與金門港三港區等資料建置完成。	將建置一個簡單的維護管理資料庫，此資料庫不會有任何的分析系統，如評估與劣化預測系統，此資料庫主要目的為保存資料與作為地方與中央的資料分享平台。
維護管理士	目前無相關制度,然可參考日本制度進行。	已有相關授課內容、考試資格與考試內容。

5.2 研究方法與步驟

本年度為 2 年期計畫之第 1 年，研究內容主要包括碼頭及防波堤等港灣構造物現況調查外，並精進探討檢測方法與檢測程序、構造物之劣損評估及維護機制，調查對象與工作項目包含：(1)金門港料羅、水頭與九宮三港區碼頭及防波堤現況調查；(2)蘇澳港 8 至 13 號基樁、面版及護坡現況調查；(3)臺中港 29 至 30 號碼頭；(4)前述港區碼頭鋼樁厚度檢測與防蝕效能評估；(5)建置金門港港灣構造物維護管理系統；(6)精進並擴充基隆港(含蘇澳港及臺北港)港灣構造物維護管理系統。研究流程如圖 5.29 所示。研究方法與步驟詳述於本章節。

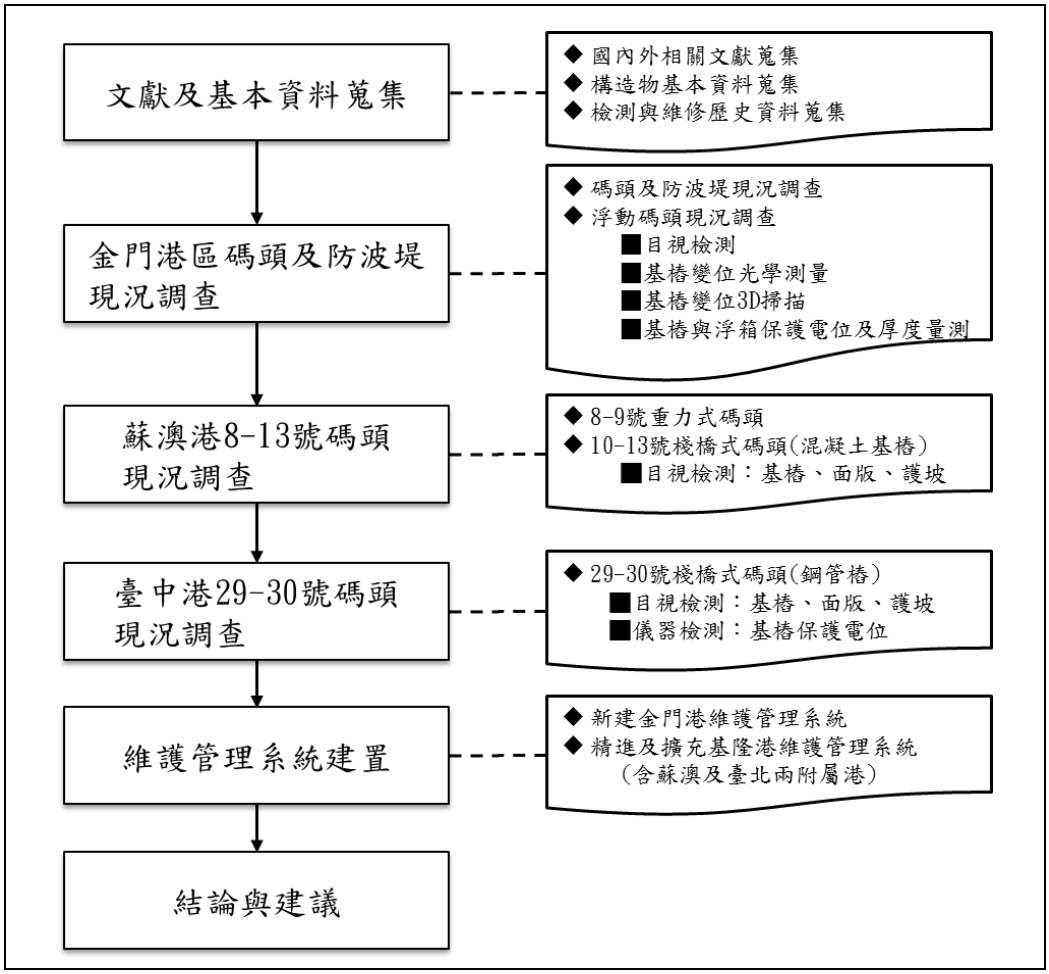


圖 5.29 研究流程圖

5.2.1 構造物基本及檢測維修資料蒐集

5.2.1.1 構造物基本資料蒐集

構造物基本資料包括有隸屬港口，碼頭編號，碼頭長度、縱深，船隻靠泊（船席）水域深度，包括原設計水深及調查水深；靠泊船隻屬性，如為貨櫃碼頭、雜散貨輪碼頭、化學品碼頭等；靠泊船級、最大噸位；碼頭構造型式等。

5.2.1.2 檢測與維修歷史資料蒐集

檢測歷史包含：檢測日期，檢測區分（初步或細部檢測），檢測結果，如有特別註記或維修者，應附上維修記錄檔案名稱、編號等；檢測單位及檢測人員等。

5.2.2 岸上目視調查

由研究人員以近距離目視觀察碼頭及防波堤陸上結構體混凝土表面外觀損壞狀況，如裂縫、剝落、破洞、鋼筋外露或腐蝕…等之初步觀察鑑定，描繪記錄劣損位置及情形，各座碼頭及防波堤之陸上混凝土結構體應逐一編號記錄。

5.2.3 浮動碼頭基樁變位定期監測

5.2.3.1 浮動碼頭基樁變位光學測量

藉由全測站，針對基樁上、下視點進行兩次傾斜量測，以監測其傾斜量，測量儀器與方法詳述於 5.4.3.1 節。

5.2.3.2 浮動碼頭基樁變位 3D 雷射掃描儀掃描

採用 FARO® Laser Scanner Focus 3D 雷射掃描儀進行掃描後，執行數位成果及 3D 點雲檢視，掃描方法與檢視步驟詳述於 5.4.3.2 節。

5.2.4 鋼構造物檢測

5.2.4.1 鋼板（管）樁厚度檢測

以超音波厚度儀之探頭，接觸已敲除清理乾淨之鋼板（管）樁表面，讀取鋼板樁厚度，鋼板（管）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。

1. 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，由探頭傳送出之一彈性波，經鋼材表面至內壁之傳播時間，即可算出波通過路徑之距離(鋼材厚度)，精準度可達 +/- 0.1 mm，可由接收器直接讀取厚度，其量測原理簡示於圖 5.30。

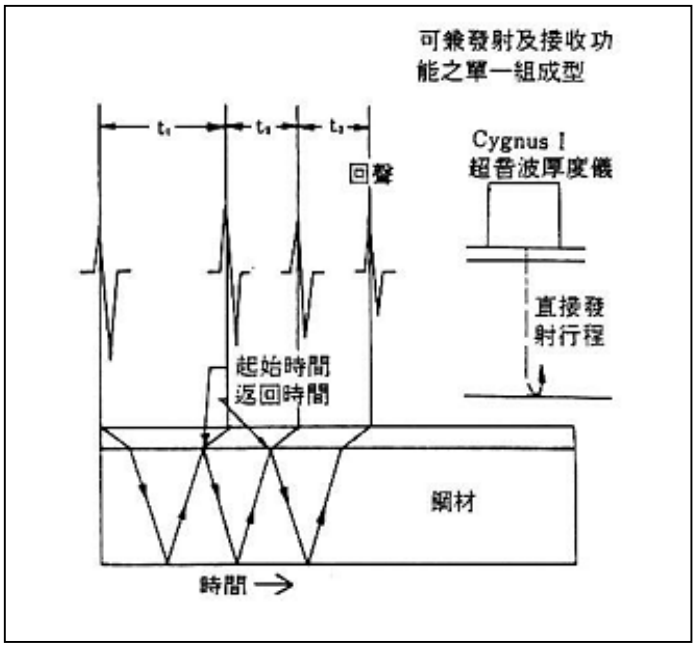


圖 5.30 測厚儀量測之示意圖

厚度計算可由公式 5.1 求得：

$$S_i = V \times \frac{1}{2}(T_{i+1} - T_i) \quad \text{.....} (5.1)$$

式中 V：超音波在鋼板樁中之傳播速度 (5920 m/sec)。

S_i：現有鋼板樁厚度讀數 (mm)。

T_{i+1}，T_i：探頭接受回聲及初始傳播的時間。

2. 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。腐蝕速率換算如公式 5.2：

腐蝕速率=腐蝕量/使用年期

=(原始厚度-現有厚度)/使用年期 .....(5.2)

5.2.4.2 防蝕系統檢測

1. 腐蝕電位測定：

陰極防蝕效果的檢測通常是以電位的測定來進行，透過高電阻電壓計與檢驗電極測定鋼構造物的電位，掌握防蝕設施的電位分佈狀況進而得知防蝕狀態。如圖 5.31 所示，使用海水氯化銀電極進行電位測定，數值假如比 -780 mV(腐蝕電位)低的話，就表示處在防蝕狀態。電位測定示意圖，如圖 5.32 所示，測定儀器包含高電阻電壓計、電極及電位測定儀。實施電位測定的地點通常是在測定裝置設置地點與其相鄰的中間點。但是若在這些測定地點不包括陽極中間點的場合，為了掌握整個防蝕設施電位分佈狀況，則可在距離陽極最遠的地點進行電位測定。在構造物的深度方向的測定是以 1 m 間隔在

進行，另外在棧橋式鋼管樁未安裝陽極的場合，必須選定前列樁進行測定。

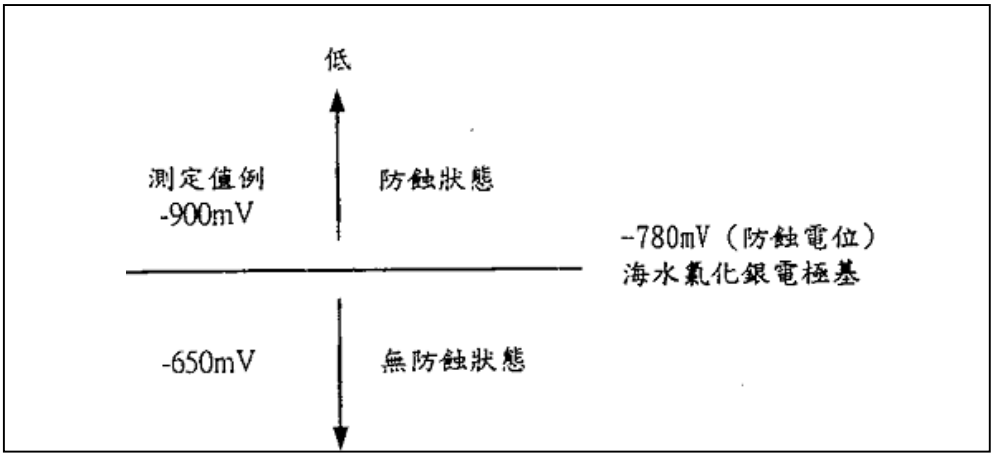


圖 5.31 防蝕效果的判定方法

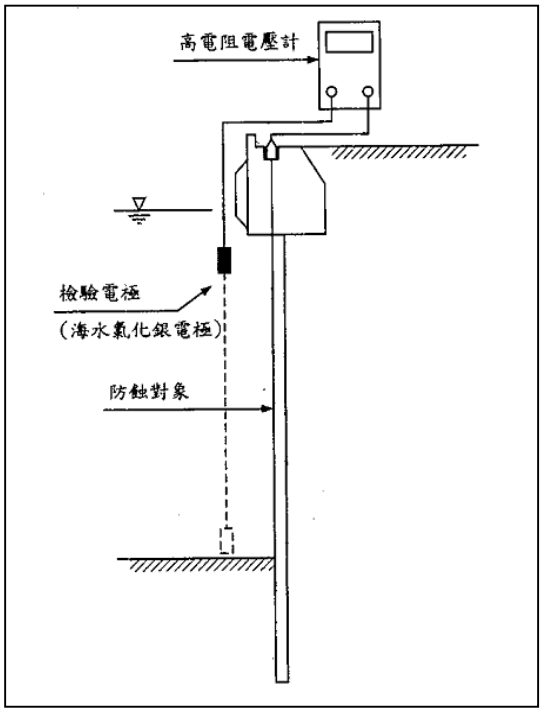


圖 5.32 電位測定示意圖

2. 陽極塊測定

(1)利用陽極形狀尺寸的殘量計算：利用水中作業除去附在陽極表面的腐蝕生成物，依圖 5.33 所示的要領進行計測。此時必要的話，

也需進行攝影。陽極殘量=[$(D/4)^2$×L-蕊棒體積]×陽極密度，在此 D 為平均周長 $(D_1+D_2+D_3)/3$，D_1 與 D_3 為距殘存陽極端頭約 10 cm 的位置的外周長，D_2 為殘存陽極中央不為的外周長，L 為殘存陽極長度。

(2) 陽極秤重：切斷陽極蕊棒部位拉上岸秤重，扣除蕊棒部份求取陽極的殘量。

(3) 陽極殘存壽命計算：陽極的殘存壽命是從消耗的殘存重量及經過數年計算出。

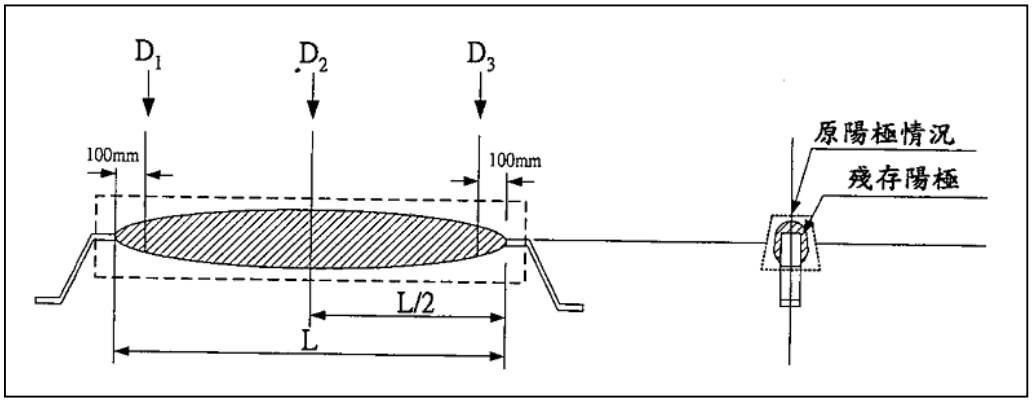


圖 5.33 陽極尺寸測定示意圖

陽極年平均消耗量=(陽極初期重量-陽極殘存重量)/經過年數...(5.3)

殘存壽命=陽極殘存量/陽極年平均消耗量.....(5.4)

另外，也可從陽極平均發生電流求取殘存壽命

殘存壽命=(陽極殘存量×陽極有效電氣量)/陽極平均發生電流 (5.5)

5.2.5 港灣構造物維護管理系統建置

5.2.5.1 建置「金門港港灣構造物維護管理系統」

港灣構造物維護管理資訊系統建置，首先擬定檢測評估標準作業程序，作為維護管理資訊系統與現場檢測執行之依據，包含訂定「巡查與維修類型」,以作為經常、定期與特別巡查之執行重點與巡查頻率；訂定「港灣構造物之構件編碼」,以供維護管理系統建構構件單元之用；制訂「港灣構造物目視檢測標準」,以供檢測評估之判定準則；制訂「港灣構造物構件修復排序準則」，以供維護管理系統配合檢測資料進行修復優先序之擬定；研擬「港灣構造物構件改善對策」，以供維護管理資訊系統針對港灣構造物構件劣化之狀況，建議修復工法。

維護管理系統模組建置乃依循檢測評估標準作業程序，建置基隆港碼頭及防波堤等構造物相關資料。

基本資料模組，除收集相關基本資料外，並依前述之「港灣構造物之構件編碼」，建置金門 1 港 3 港區碼頭及防波堤基本資料。

檢測資料模組，將依「經常巡查」、「定期巡查」與「特別巡查」等類型，配合檢測評估標準作業程序所制訂之「港灣構造物之構件編碼」與「港灣構造物目視檢測標準」，建置此模組的檢測資料輸入與查詢之功能。

維修排序模組，依前述之「港灣構造物目視檢測標準」於管理系統中產出各構件之修復優先序，並依「港灣構造物構件改善對策」，提供建議修復對策之工法。

維修記錄模組，依前述之「港灣構造物之構件編碼」，作為碼頭及防波堤等港灣構造物修復後之資料記錄。

權限管理模組，可供使用者進行帳號申請與權限控管之用。現地檢測作業乃依循檢測評估標準作業程序中之「港灣構造物之構件編碼」與「港灣構造物目視檢測標準」，進行金門港料羅、水頭及九宮三港區

碼頭及防波堤岸上及水下構件之目視檢測評估。

5.2.5.2 精進及擴充「基隆港港灣構造物維護管理系統」

1. 應用及檢討既有之「基隆港港灣構造物維護管理系統」：配合港務分公司實際需求，執行 104 年度基隆港碼頭及防波堤經常巡查作業。
2. 蒐集彙整臺北港、蘇澳港碼頭與防波堤基本資料：蒐集彙整標的港灣構造物相關基本資料與圖說電子檔。
3. 調查臺北港、蘇澳港碼頭與防波堤現場基本資料：配合原有設計圖說進行現場資料調查。
4. 執行臺北港、蘇澳港碼頭與防波堤經常巡查作業：執行碼頭與防波堤經常巡查作業(以一碼頭或防波堤填寫一巡查表格)。
5. 擴增建置「基隆港港灣構造物維護管理系統」：擴增建置臺北港、蘇澳港碼頭與防波堤相關基本與巡查等資料於既有之維護管理系統，除展示基本與巡查資料外，可供未來管理單位進行巡查、檢測作業應用。

5.3 金門港區現況調查

金門商港地處臺灣本島西方 190 公里之海域，最大潮差高度達約 5 公尺。為利金門港三港區之發展，碼頭防波堤安全維護至為重要，由於金門地區冬季易受東北季風影響，夏季易受西南氣流影響，加上霧季、潮差及颱風影響，碼頭(含浮動碼頭)防波堤等港灣構造物受波浪衝擊作用與海水鹽份侵襲，甚易損壞或腐蝕，降低港池水域安定性與遮蔽等服務功能，對港口安全與營運有重大的影響。

為確保金門港三港區之港埠設施的正常運作、增進維護管理效能與瞭解設施現況，金門縣政府已於 103 年起委託本所辦理港灣構造物維護管理系統建置與安全評估等相關研究，期能藉由碼頭及防波堤進行現地調查作業及建置維護管理系統，針對其料羅、水頭與九宮等三

個港區之碼頭及防波堤,提出碼頭與防波堤構件維修排序及改善建議，彙整於既有之維護管理系統，作為金門港務處執行港埠設施維護管理作業依據。本年度將賡續前期研究，精進及擴充調查內容，俾能符合港務管理單位實務需要。圖 5.34 為金門 1 港 3 港區位置圖

圖 5.34 金門港料羅、水頭、九宮港區位置圖

5.3.1 港區基本資料調查

5.3.1.1 料羅港區

本港區位於金門本島東南端、料羅灣東端之近岸海域，為一天然港口，港區面積計 728,119 平方公尺，以台金與小三通貨運為主，平面配置如圖 5.35 所示,圖 5.36 為民國 104 年 6 月調查時港區構造物現況。主要設施如下：

(1) 防波堤：北防波堤(1000 m)、南防波堤(210 m)。

(2) 迴船池：250 m。

(3) 水深：4～ 5 m。

(4) 碼頭：由港內至外(東至西)分為淺水碼頭(200 m)、2、3 號碼頭

(223 m)、1 號碼頭(147 m)、新一號碼頭(180 m)。

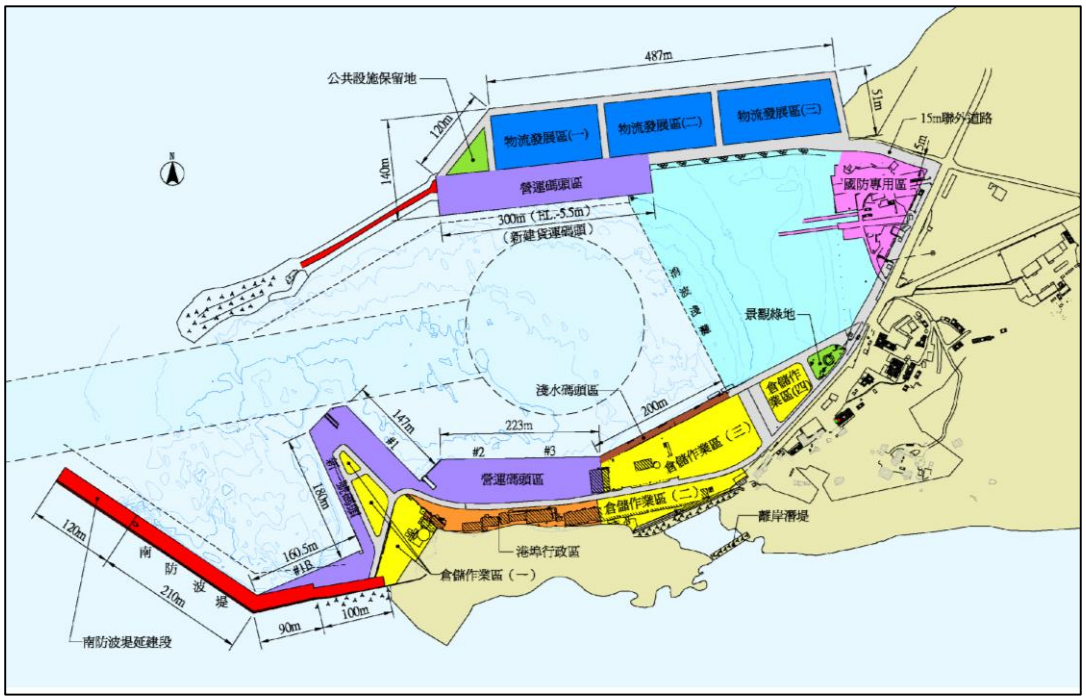


圖 5.35 料羅港區碼頭及防波堤平面配置圖




圖 5.36 料羅港區碼頭及防波堤現況(104.06)

5.3.1.2 水頭港區

本港區位於金門本島西南側、浯江溪口南岸、金門港道西側近岸海域，港區面積計 2,198,199 平方公尺，以離島與小三通客運為主，平面配置如圖 5.37 所示，圖 5.38 為民國 104 年 6 月調查時港區構造物現況。主要設施如下：。

(1)防波堤：北防波堤(1580 m)、西防波堤(600 m)。

(2)迴船池：350 m。

(3)水深：新建港區 6.5 m、水頭港區 4 m。

(4)碼頭：由港內至外(東至西)分為新建港區碼頭、小三通 2、3 浮動碼頭、五緣蔓船、突堤碼頭、大小金浮動碼頭、貨運

碼頭。

(5)船席：貨運碼頭 2 船席：以大小金貨船為主。

大小金浮動碼頭 2 船席：以大小金交通船為主。

突堤碼頭 4 船席：以觀光小客、貨船為主。

五緣蔓船(30 m)：以小三通客船為主。

小三通浮動碼頭 4 船席(45～50m)：以小三通客船為主。

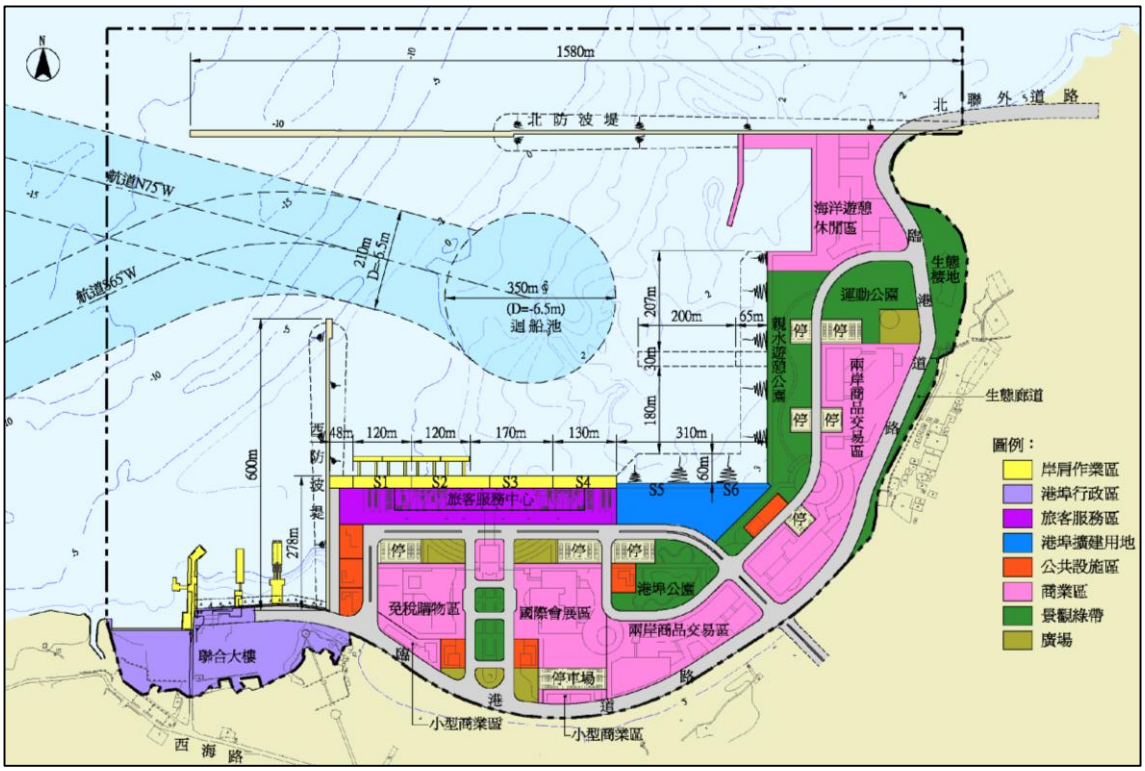


圖 5.37 水頭港區碼頭及防波堤平面配置圖

圖 5.38 水頭港區碼頭及防波堤現況(104.06)

5.3.1.3 九宮港區

本港區位於小金門島煙墩山腳之近岸海域，港區面積計 197,901 平方公尺，以離島與觀光客貨運為主，平面配置如圖 5.39 所示，圖 5.40 為民國 104 年 6 月調查時港區構造物現況。主要設施如下：

(1)防波堤：北防波堤(381m)。

(2)迴船池：128m。

(3)水深：4m。

(4)碼頭：由港內至外(西至東)分為大小金浮動碼頭、突堤碼頭。

(5)船席：大小金浮動碼頭 2 船席：以大小金交通船為主。突堤碼頭 4 船席：以觀光小客船、貨船、運補船為主。

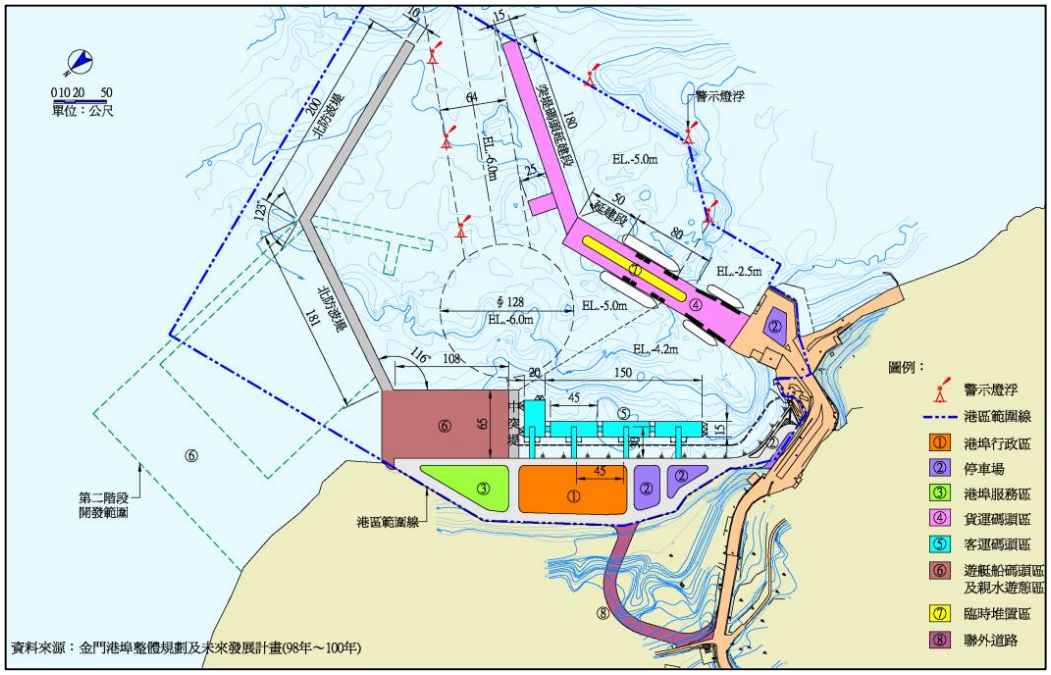


圖 5.39 九宮港區碼頭及防波堤平面配置圖

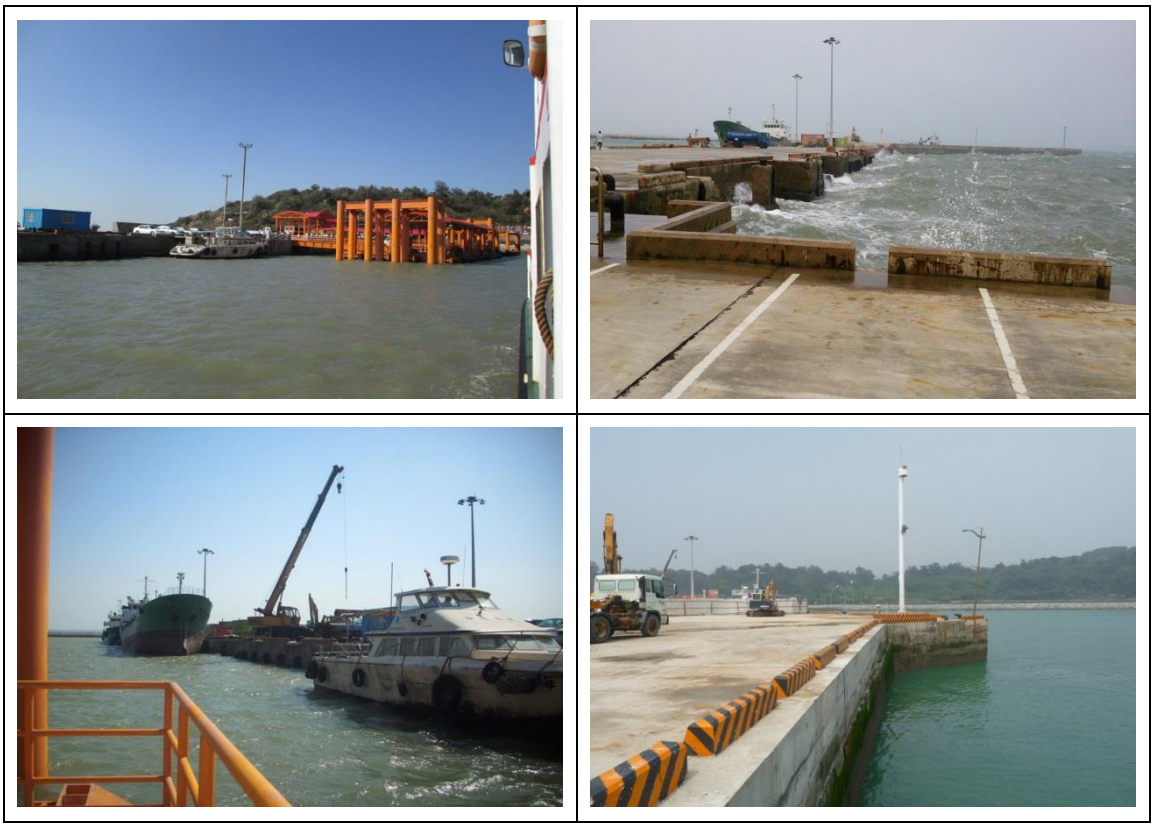


圖 5.40 九宮港區碼頭及防波堤現況(104.06)

5.3.2 港區碼頭(包含浮動碼頭)與防波堤編碼

本研究分別於 104 年 3 月 23～27 日、4 月 8～10 日、6 月 1～2 日及 9 月 16～22 日前往金門港各港區進行碼頭(包含浮動碼頭)與防波堤基本資料調查與現況照片拍攝，為研究需要，各港區碼頭與防波堤另行編碼如下：

金門港料羅港區碼頭編碼為「南 1&2」、「6-2」、「6-1」、「6&7」、「4&5」、「1～3」、「淺 1&2」號碼頭；防波堤編碼為「南防波堤」、「北防波堤」，相關位置如圖 5.41 所示。

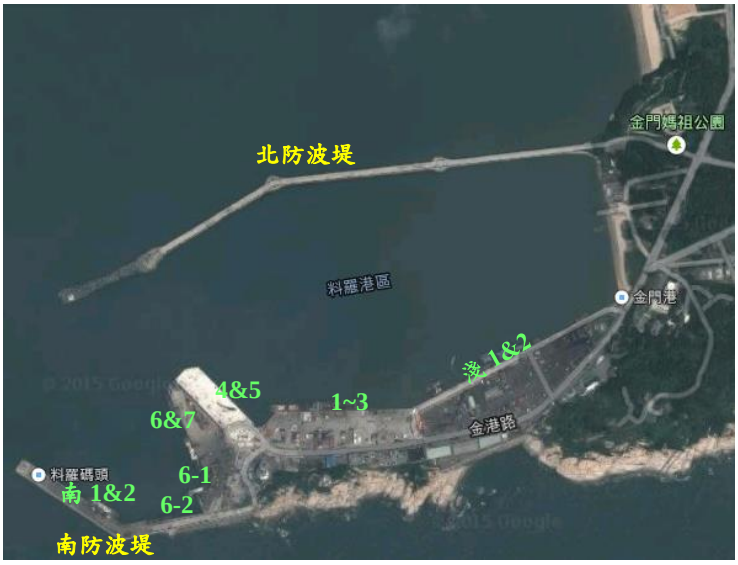


圖 5.41 料羅港區碼頭與防波堤編號

水頭港區碼頭編碼為「突堤 1～4 號碼頭」、「貨運 1&2 號碼頭」、「新建碼頭」、浮動碼頭 PS-1～PS-3(於下節再詳細說明)；防波堤編碼為「西防波堤」、「北防波堤」，相關位置如圖 5.42、圖 5.43 所示。

圖 5.42 水頭港區碼頭與防波堤編號-1

圖 5.43 水頭港區碼頭與防波堤編號-2

九宮港區碼頭編碼為「突堤 1&2 號碼頭」、「突堤 3&4 號碼頭」、「突堤 5 號碼頭」、「北防波堤碼頭」；防波堤編碼為「突堤」、「北防波堤」，相關位置如圖 5.44 所示。

圖 5.44 九宮港區碼頭與防波堤編號-2

水頭及九宮港區浮動碼頭基本資料如表 5-42，其編碼如下說明：

表 5-42 水頭及九宮港區浮動碼頭資本資料

項目	水頭大小金浮動碼頭	水頭小三通 1 浮動碼頭	水頭小三通 2 浮動碼頭	水頭五緣蔓船	九宮大小金浮動碼頭
設置時間	C、D(88.12) A、B(99. 8)	94.5	100.3	---	C、D(88.12) A、B(99.8)
基樁數量	A 區 8 支 B 區 8 支 C 區 6 支 D 區 5 支	A 區 7 支 B 區 8 支 C 區 15 支	A 區 8 支 B 區 14 支	---	A 區 8 支 B 區 8 支 C 區 6 支 D 區 5 支
浮箱大小	15 x 15 m 32 x 15 m	15 x 15 m 32 x 1 5m	48 x 15 m	30 x 7 m	15 x 15m 32 x 15m
浮箱高度	2.0 m 2.5 m	2.5 m 2.5 m	2.5 m	1.8 m	2.0 m 2.5 m
基樁直徑	900 mm	900 mm	900 mm	---	900 mm
基樁鋼材厚度	CD(19.0) AB(25.0)	ACD(19.0) B(22.0)	22.0	---	CD(19.0) AB(25.0)
浮箱鋼材厚度	CD(10.0) AB(12.0)	CD(10.0) AB(12.0)	CD(10.0) AB(12.0)	10.0	CD(10.0) AB(12.0)

1.水頭港區浮動碼頭 PS-1 基本資料編碼列表：水頭港區 PS-1 浮動碼頭各構件編碼如圖 5.45～圖 5.48 與表 5-43 所示。

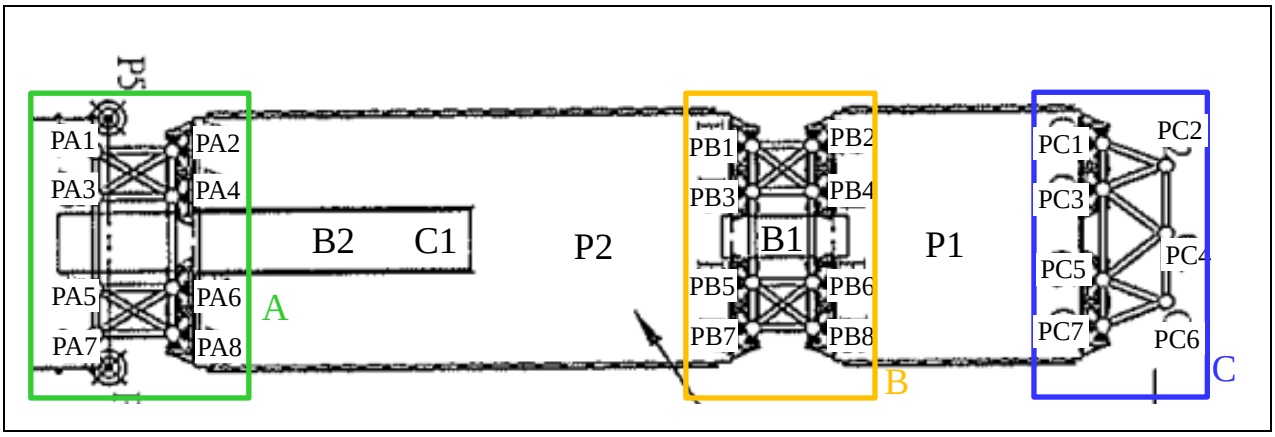


圖 5.45 水頭港區浮動碼頭 PS-1 整體構件編碼

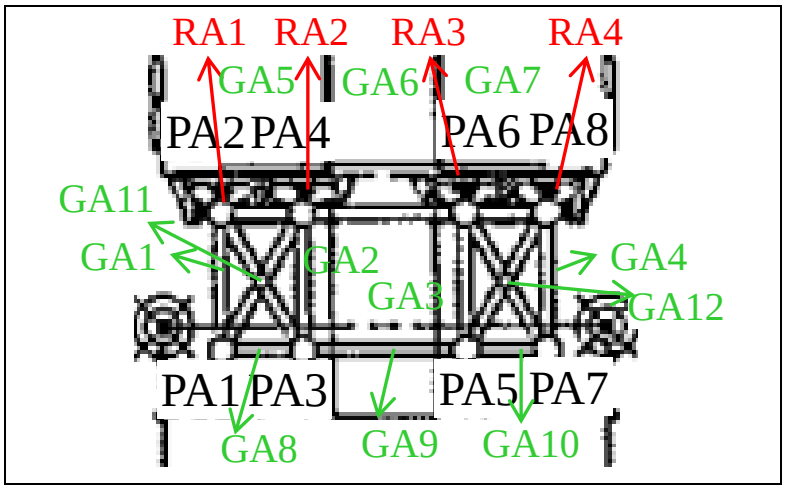


圖 5.46 水頭港區浮動碼頭 PS-1 A 群樁基樁、大梁與滑動滾輪組編碼

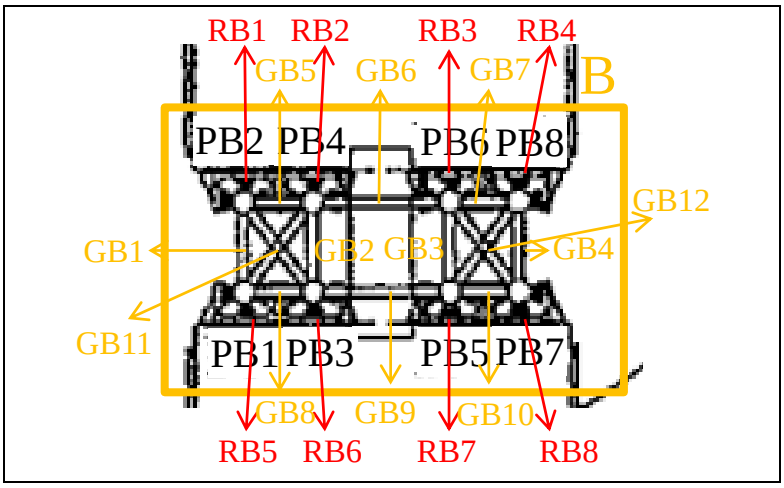


圖 5.47 水頭港區浮動碼頭 PS-1 B 群樁基樁、大梁與滑動滾輪組編碼

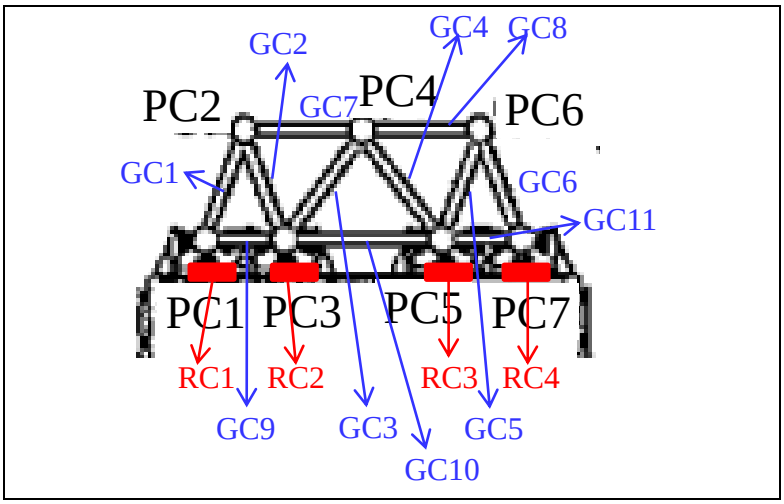


圖 5.48 水頭港區浮動碼頭 PS-1 C 群樁基樁、大梁與滑動滾輪組編碼

表 5-43 水頭港區浮動碼頭 PS-1 各構件編碼

構件名稱		編碼
基樁		PA1~PA8、PB1~PB8、PC1~PC7。
梁		GA1~GA12、GB1~GB12、GC1~GC11。
浮臺	浮臺本體	P1~P2。
	滑動滾輪組	RA1~RA8、RB1~RB8、RC1~RC4。
聯絡橋		B1~B2。
棚架		C1。

2.水頭港區浮動碼頭 PS-2 基本資料編碼列表：水頭港區 PS-2 浮動碼頭各構件編碼如圖 5.49~圖 5.51 與表 5-44 所示。

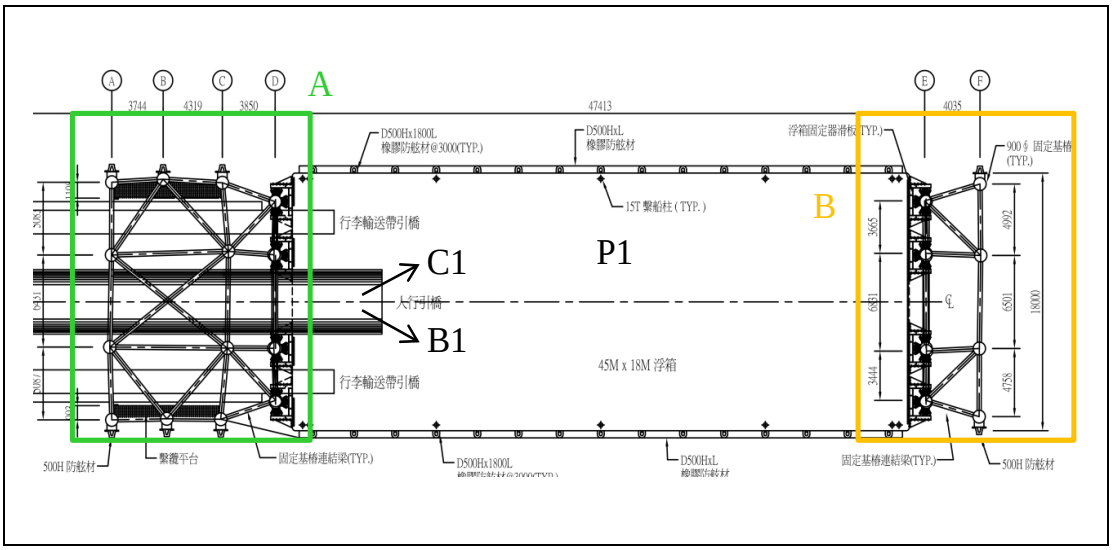


圖 5.49 水頭港區浮動碼頭 PS-2 整體構件編碼

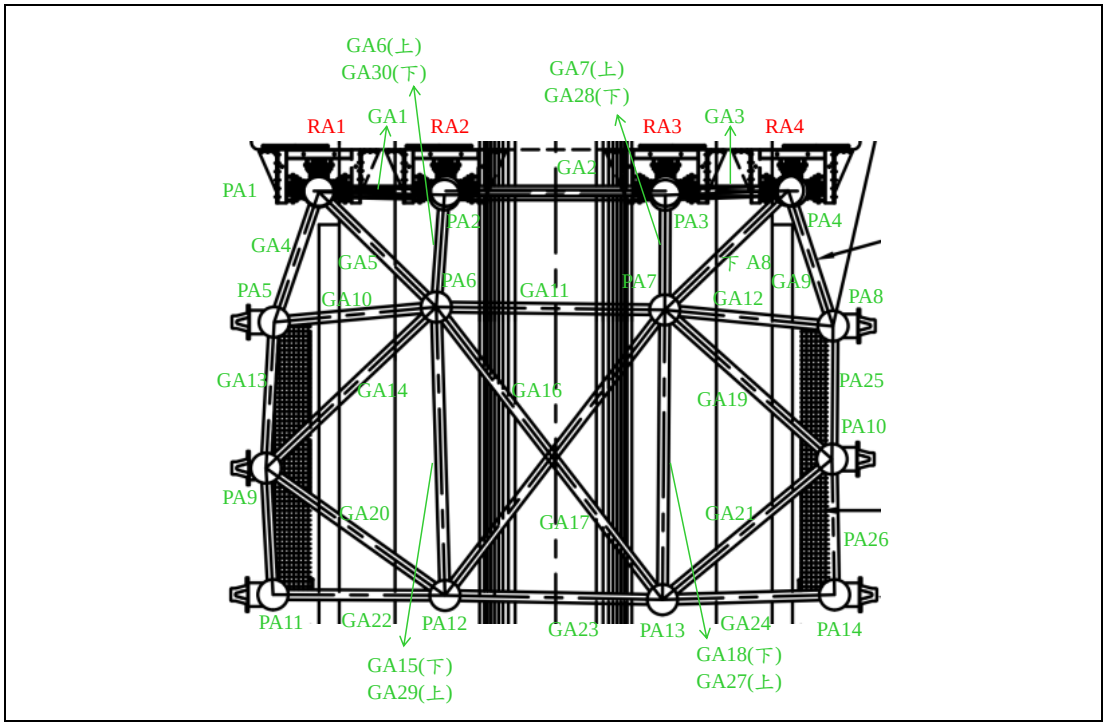


圖 5.50 水頭港區浮動碼頭 PS-2A 群樁基樁、大梁與滑動滾輪組編碼

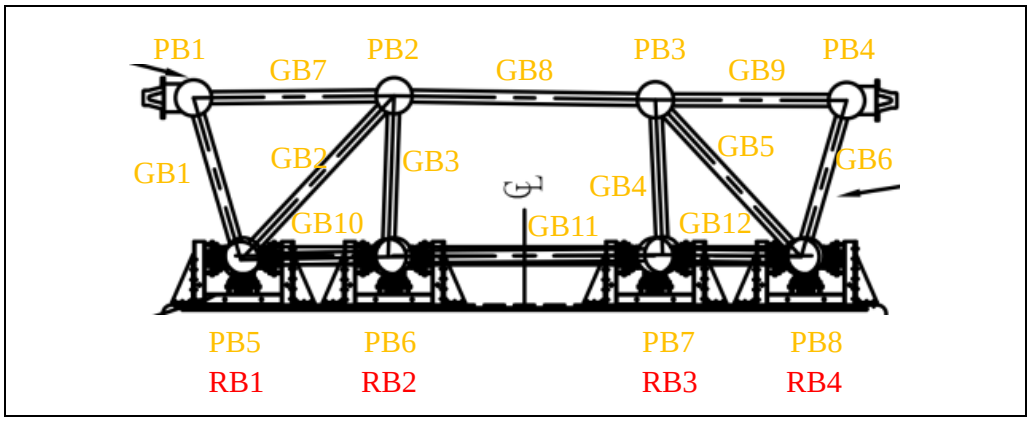


圖 5.51 水頭港區浮動碼頭 PS-2 B 群樁基樁、大梁與滑動滾輪組編碼

表 5-44 水頭港區浮動碼頭 PS-2 各構件編碼

構件名稱		編碼
基樁		PA1~PA14、PB1~PB8。
梁		GA1~GA30、GB1~GB12。
浮臺	浮臺本體	P1。
	滑動滾輪組	RA1~RA4、RB1~RB4。
聯絡橋		B1。
棚架		C1。

3.水頭港區浮動碼頭 PS-3 基本資料編碼列表：水頭港區 PS-3 浮動碼頭各構件編碼如圖 5.52~圖 5.55 與表 5-45 所示。

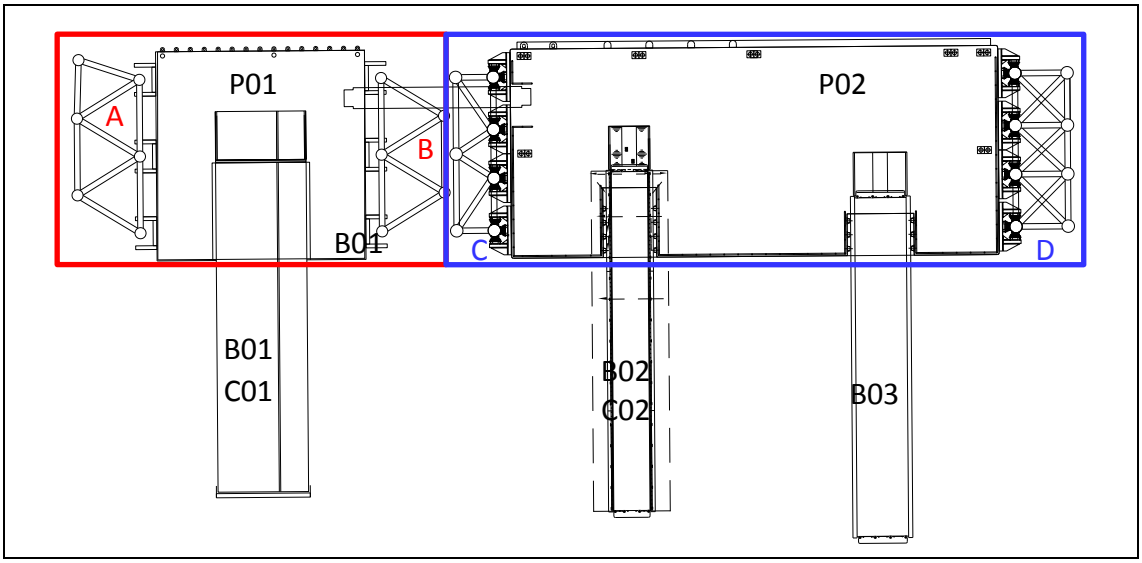


圖 5.52 水頭港區浮動碼頭 PS-3 整體構件編碼

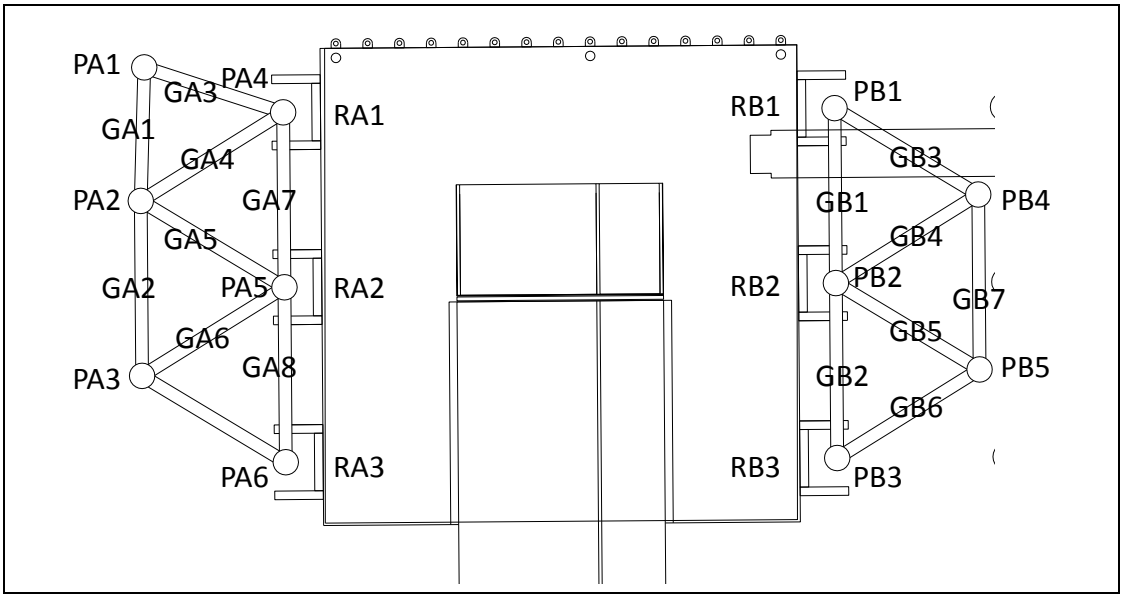


圖 5.53 水頭港區浮動碼頭 PS-3 A、B 群樁構件編碼

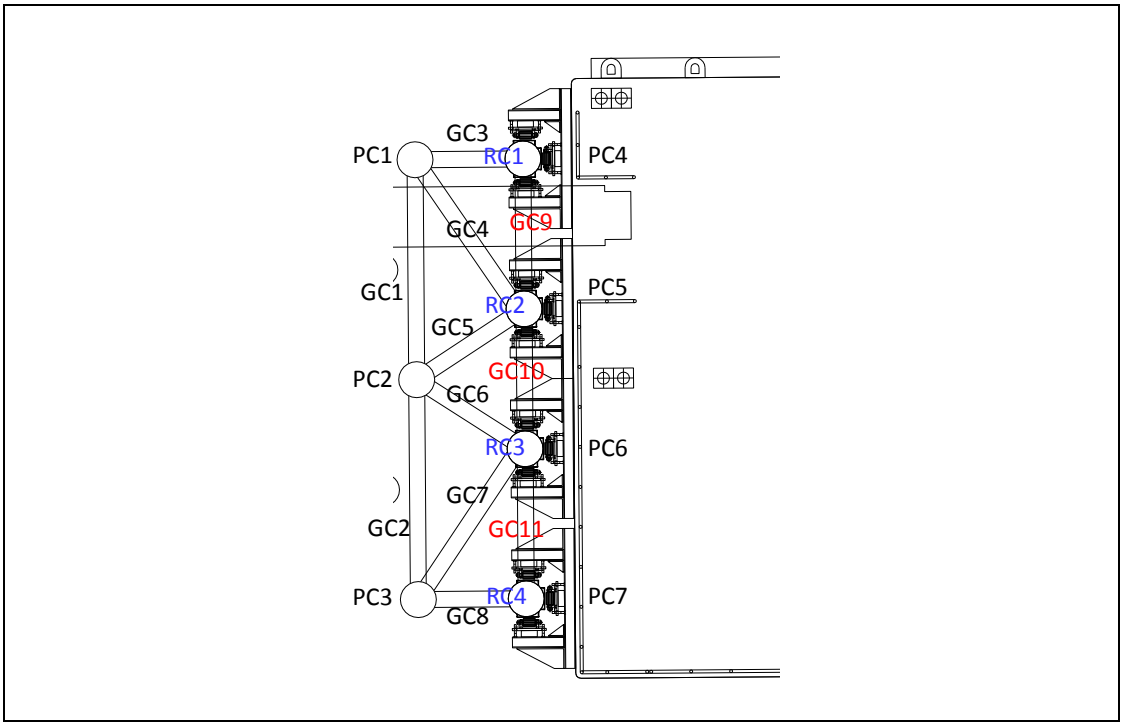


圖 5.54 水頭港區浮動碼頭 PS-3 C 群樁構件編碼

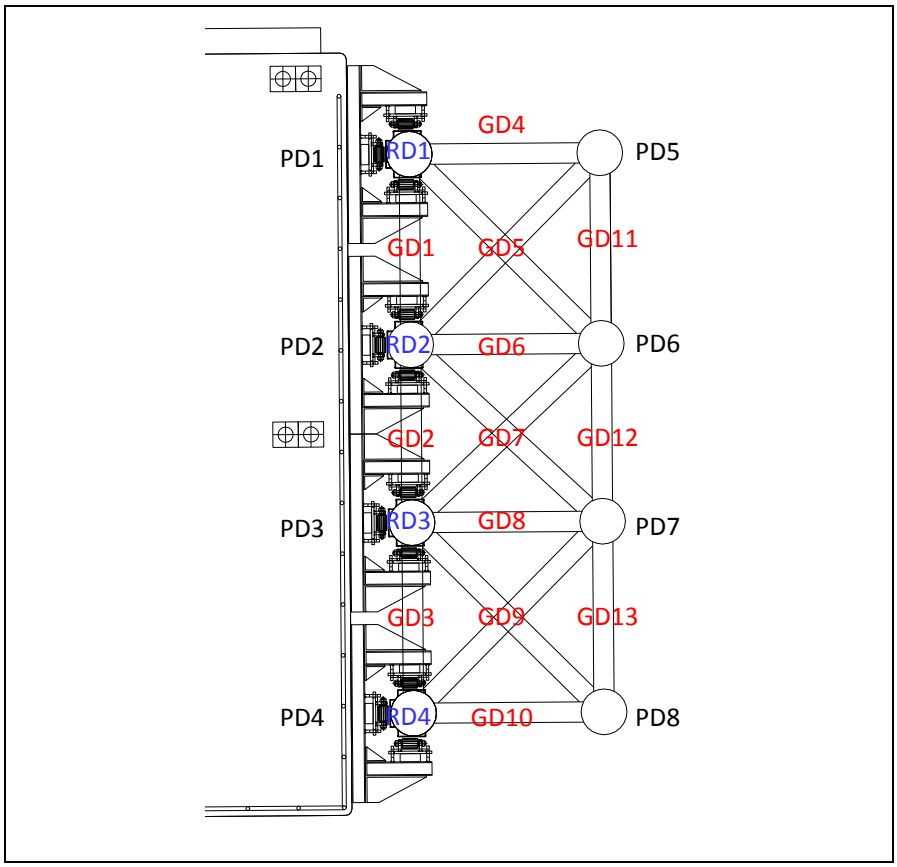


圖 5.55 水頭港區浮動碼頭 PS-3 D 群樁構件編碼

表 5-45 水頭港區浮動碼頭 PS-3 各構件編碼

構件名稱		編碼
基樁		PA1~PA6、PB1~PB5、PC1~PC7、PD1~PD8。
梁		GA1~GA8、GB1~GB7、GC1~GC11、GD1~GD13。
浮臺	浮臺本體	P01、P02。
	滑動滾輪組	RA1~RA3、RB1~RB3、RC1~RC4、RD1~RD4。
聯絡橋		B01、B02、B03。
棚架		C01、C02。

4.水頭港區五緣蕓船：構件編碼如圖 5.56 與表 5-46 所示。

圖 5.56 水頭港區浮動碼頭五緣蔓船整體構件編碼

表 5-46 水頭港區浮動碼頭五緣蔓船各構件編碼

構件名稱	編碼
梁	GA1、GA2。
浮臺	P1、P2。
聯絡橋	B1。
棚架	C1。

5.九宮港區浮動碼頭基本資料編碼列表：九宮港區 PJ 浮動碼頭各構件編碼如圖 5.57～圖 5.59 與表 5-47 所示。

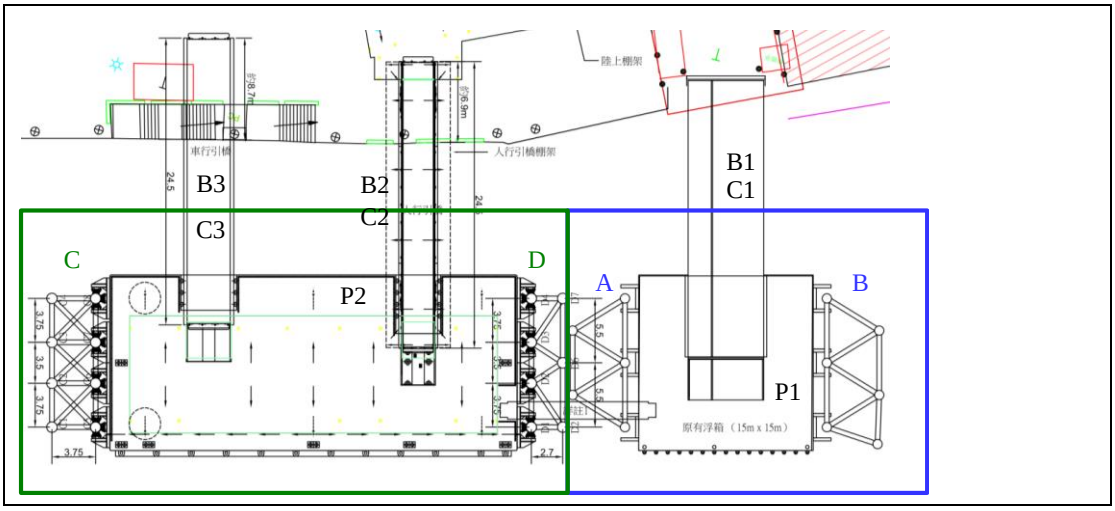


圖 5.57 九宮港區浮動碼頭 PJ 整體構件編碼

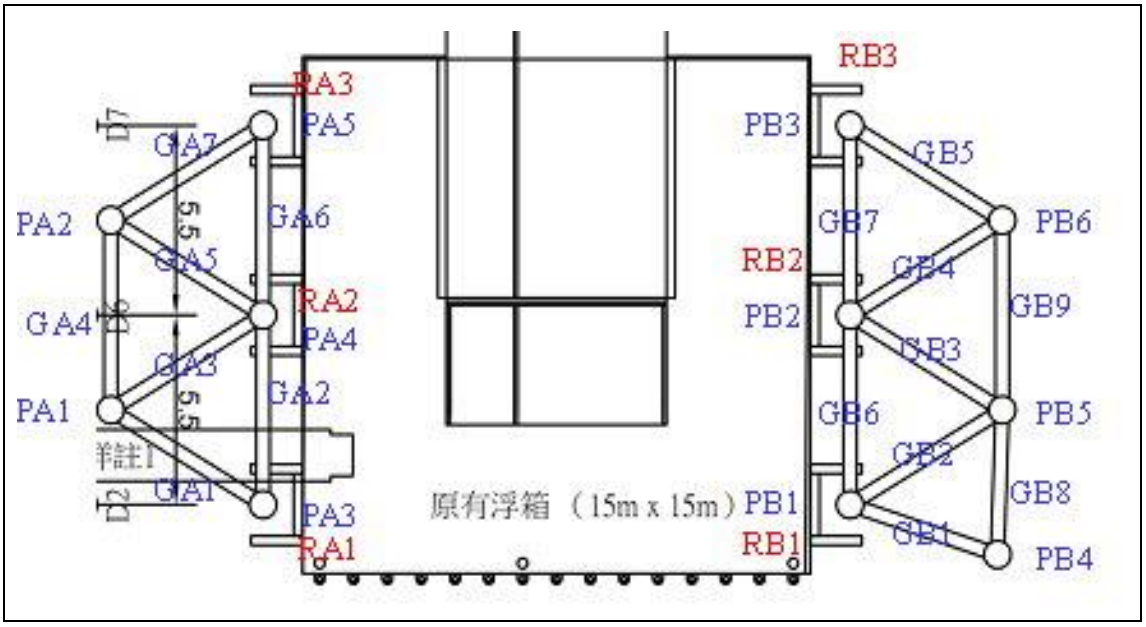


圖 5.58 九宮港區浮動碼頭 PJA 與 B 群基樁、大梁與滑動滾輪組編碼

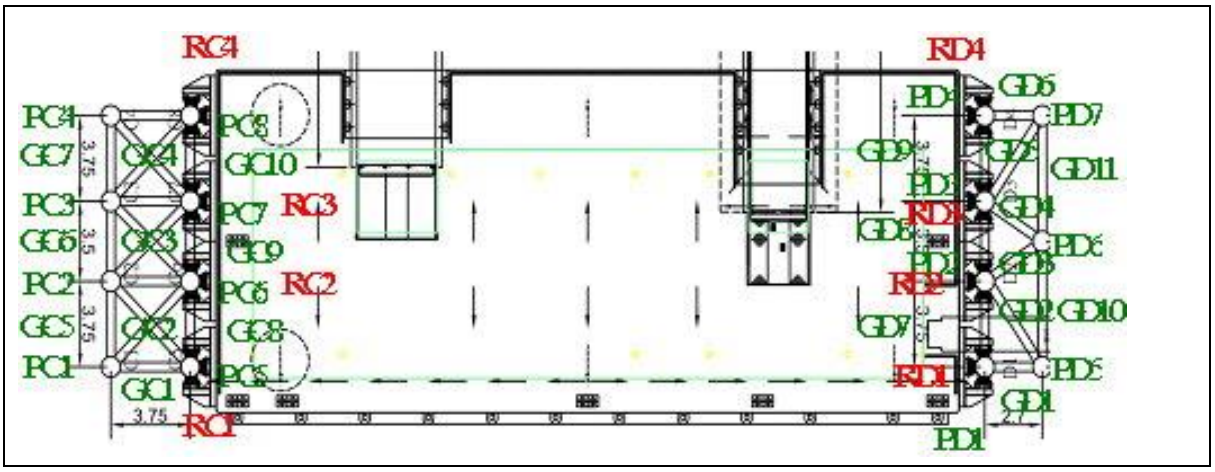


圖 5.59 九宮港區浮動碼頭 PJ C 與 D 群基樁、梁與滑動滾輪組編碼

表 5-47 九宮港區浮動碼頭 PJ 各構件編碼

構件名稱		編碼
基樁		PA1~PA5、PB1~PB6、PC1~PC8、PD1~PD7。
梁		GA1~GA7、GB1~GB9、GC1~GC10、GD1~GD11。
浮臺	浮臺本體	P1~P2。
	滑動滾輪組	RA1~RA3、RB1~RB3、RC1~RC4、RD1~RD4。
聯絡橋		B1~B3。
棚架		C1~C3。

5.3.2.1 碼頭、防波堤經常與特別巡查

本研究於進行基本資料調查時同步進行巡查作業，104 年 3 月 15～18 日進行碼頭經常巡查作業，104 年 4 月 8～10 日進行防波堤經常巡查作業，相關結果如表 5-48 及表 5-49 所示。因應蘇迪勒颱風(104 年 8 月 6～9 日)，本研究於 104 年 8 月 11～12 日前往金門港三港區進行特別巡查，巡查後並無因風災所引致之損壞。

表 5-48 金門港三港區碼頭經常巡查結果

港區名稱	碼頭編號	單元編號	構件	劣化類型	劣化等級	劣化數量	劣化位置
料羅港區	南 1&2	B02	車擋	破壞	3	2 個	1st,2nd
		B07	車擋	破壞	3	2 個	1st,2nd
		B11	防舷材	破壞	3	1 個	1st
		B12	防舷材	破壞	3	1 個	1st
	6-2	B01	車擋	破壞	2	1 個	1st
	6-1	B01	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B02	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B02	防舷材	破壞	3	2 個	2nd,3rd
		B03	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B13	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B14	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B15	車擋	破壞	2	1 個	1st
	4&5	B05	防舷材	破壞	2	2 個	2nd,3rd
	1~3	B03	車擋	破壞	2	2 個	8th,11th
		B05	防舷材	破壞	4	1 個	3rd
		B10	車擋	破壞	2	3 個	2nd~4th
		B11	車擋	破壞	2	5 個	1st~5th
		B12	車擋	破壞	2	6 個	1st~6th
		B13	繫船柱	破壞	4	1 個	1st
		B22	車擋	破壞	2	1 個	6th
		B33	繫船柱	破壞	4	1 個	1st
		B34	車擋	破壞	2	4 個	2nd~5th
		B12	岸肩	剝落	3	$0.5m^2$	0m,10m
		B17	車擋	破壞	3	1 個	1st
水頭港區	新建港區碼頭	B09	車擋	破壞	3	1 個	5th
		B12	車擋	破壞	3	1 個	1st
		B13	車擋	破壞	3	3 個	1st~3rd
		B18	車擋	破壞	3	1 個	2nd
		B20	車擋	破壞	3	1 個	4th
		B25	車擋	破壞	2	1 個	2nd
	貨運 1&2 號碼頭	B05	防舷材	破壞	3	2 個	2nd~3rd
		B13	後線	沉陷	3	$5m^2$	2m,3m
		B13	車擋	破壞	4	4 個	1st~4th
九宮港區	突堤 5 號	B02	岸肩	裂縫	3	11.67m	3m,4m
	突堤 1&2 號	B02	岸肩	裂縫	3	3m	3m,3m

港區名稱	碼頭編號	單元編號	構件	劣化類型	劣化等級	劣化數量	劣化位置
		B05	岸肩	剝落	3	$1m^2$	0m,3m
		B07	繫船柱	破壞	4	1 個	1st
		B10	繫船柱	破壞	4	1 個	1st
		B11	繫船柱	破壞	4	1 個	1st
	突堤 3&4 號	B02	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B03	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B04	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B05	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B06	車擋	破壞	2	1 個	1st
		B06	繫船柱	破壞	4	1 個	1st
		B09	繫船柱	破壞	3	1 個	1st
		B10	繫船柱	破壞	3	1 個	1st
		B12	繫船柱	破壞	4	1 個	1st
		B12	岸肩	剝落	3	$0.5m^2$	0m,10m
		B17	車擋	破壞	3	1 個	1st

表 5-49 金門港三港區防波堤經常巡查結果

防波堤編號	單元編號	構件	劣化類型	劣化等級	劣化數量(長度)	劣化位置(x, y)
料羅港區南防波堤	B06	堤頂	裂縫	3	15m	2m,4m
	B07	堤頂	裂縫	3	20m	2m,5m
	B13	堤頂	裂縫	3	15m	3m,5m
	B14	堤頂	裂縫	3	20m	3m,4m
	B20	胸牆	裂縫	4	3m	3m,0m
水頭港區西防波堤	B02	胸牆	裂縫	3	20m	6m,2m
	B03	胸牆	裂縫	3	10m	6m,2m
	B04	胸牆	裂縫	3	20m	6m,1m
	B06	胸牆	裂縫	3	5m	6m,1m
	B08	胸牆	裂縫	3	10m	6m,1m
	B09	胸牆	裂縫	3	14m	6m,1m
	B11	胸牆	裂縫	3	4m	15m,3m
	B13	胸牆	裂縫	3	15m	3m,3m
	B14	胸牆	裂縫	3	30m	3m,3m
	B17	胸牆	裂縫	3	10m	3m,3m
	B18	胸牆	裂縫	3	20m	3m,3m
	B20	胸牆	裂縫	3	20m	3m,3m

防波堤編號	單元編號	構件	劣化類型	劣化等級	劣化數量(長度)	劣化位置(x, y)
	B26	胸牆	裂縫	3	6m	10m,3m
	B27	堤頂	裂縫	3	5m	8m,4m
	B28	堤頂	裂縫	3	5m	8m,4m
水頭港區北防波堤	B01	堤頂	裂縫	3	12m	10m,4m
	B02	堤頂	裂縫	3	18m	10m,4m
	B03	堤頂	裂縫	3	12m	10m,4m
	B04	堤頂	裂縫	3	12m	10m,4m
	B05	堤頂	裂縫	3	12m	10m,4m
	B06	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B08	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B09	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B10	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B11	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B12	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B13	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B14	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B15	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B16	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B17	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B18	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B19	堤頂	裂縫	3	12m	10m,4m
	B19	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B20	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B21	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B22	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B26	堤頂	裂縫	3	11m	10m,4m
	B29	堤頂	裂縫	3	11m	10m,4m
	B30	堤頂	裂縫	3	22m	10m,4m
	B31	堤頂	裂縫	3	22m	10m,4m
	B32	堤頂	裂縫	3	11m	10m,4m
	B33	堤頂	裂縫	3	22m	10m,4m
	B34	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B35	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B36	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B37	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B38	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m

防波堤編號	單元編號	構件	劣化類型	劣化等級	劣化數量(長度)	劣化位置(x, y)
	B39	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B40	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B41	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B42	堤頂	裂縫	3	12m	10m,4m
	B43	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B44	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B47	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B48	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B49	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B50	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B51	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B52	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
	B53	堤頂	裂縫	3	6m	10m,4m
九宮港區突堤	B03	堤頂	裂縫	3	11.8m	10m,4m
	B04	堤頂	裂縫	3	11.8m	10m,4m
	B05	堤頂	裂縫	3	11.8m	10m,4m
	B07	堤頂	裂縫	3	11.8m	10m,4m
	B08	堤頂	裂縫	3	23.6m	10m,4m
	B09	堤頂	裂縫	3	12.9m	10m,4m
九宮港區北防波堤	B24	胸牆	裂縫	3	4.8m	6m,4m
	B26	胸牆	裂縫	3	4.8m	6m,4m
	B27	堤頂	裂縫	3	15m	12m,4m
	B27	胸牆	裂縫	3	4.8m	6m,4m
	B28	堤頂	裂縫	3	14m	12m,4m
	B28	胸牆	裂縫	3	3.2m	6m,4m
	B29	胸牆	裂縫	3	10m	6m,4m
	B29	堤頂	裂縫	3	4.8m	12m,4m
	B30	堤頂	裂縫	3	14	12m,4m
	B30	堤頂	沉陷	3	$5m^2$	6m,4m

水頭及九宮港區浮動碼頭經常巡查結果，如表 5-50 至表 5-54 所示(含檢測項目、方法與標準，☑為檢測時發現狀況)。

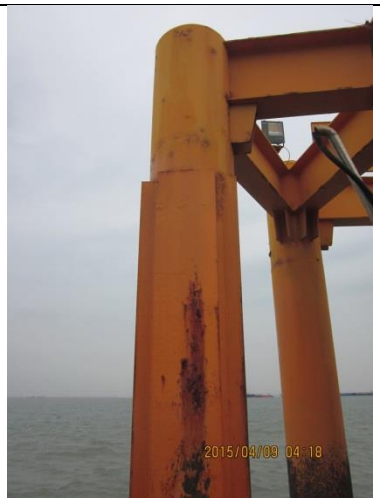
表 5-50 水頭港區浮動碼頭 PS-1 經常巡查結果

檢測項目			檢測方法	檢測標準		構件編號
滑動滾輪組	滾輪劣化、損傷		有無異音	1	□支承部位無異常聲音。	RC1~RC3 RB1~RB4
				2	—	
				3	—	
				4	☑從支承部位發出之異常聲音。	
鋼製浮臺、鋼管樁、鏈條、聯絡橋鋼材	防蝕披覆	塗裝	目視鏽蝕情形 ・塗膜損壞	1	□初期狀態無任何變化，處於健全狀態。 □缺陷面積率未達0.03%。	PB1~PB8 PC1~7
				2	□部分生鏽或凸起等零星散佈各處。 □部分塗膜之剝離或龜裂等零星散佈各處。 □缺陷面積率達0.03%以上未達0.3%。	
				3	□較大生鏽或凸起等廣佈各處。 □伴隨生鏽之剝離範圍分佈各處。 ☑缺陷面積率達0.3%以上未達10%。	
				4	□大範圍生鏽或凸起等密集廣佈各處。 □伴隨生鏽之剝離範圍廣佈各處。 □缺陷面積率達10%以上。	

RC1

RC2

 RC3	 RB1
 RB2	 RB3
 RB4	 PB1
 PB2	 PB3

 PB4	 PB5
 PB6	 PB7
 PB8	 PC1

 PC2	 PC3
 PC4	 PC5
 PC6	 PC7

表 5-51 水頭港區浮動碼頭 PS-2 經常巡查結果

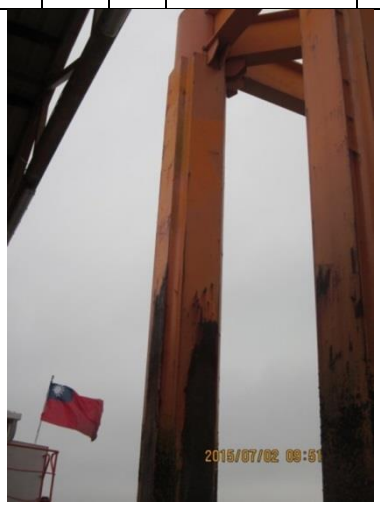
<table>
<tr><th colspan="3">檢測項目</th><th>檢測方法</th><th colspan="2">檢測標準</th><th>構件編號</th></tr>
<tr><td rowspan="4">滑動滾輪組</td><td colspan="2" rowspan="4">滾輪劣化、損傷</td><td rowspan="4">有無異音</td><td>1</td><td>□支承部位無異常聲音。</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>2</td><td>—</td></tr>
<tr><td>3</td><td>—</td></tr>
<tr><td>4</td><td>☑從支承部位發出之異常聲音。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">鋼製浮臺、鋼管樁、鏈條、聯絡橋鋼材</td><td rowspan="4">防蝕披覆</td><td rowspan="4">塗裝</td><td rowspan="4">目視鏽蝕情形
・塗膜損壞</td><td>1</td><td>□初期狀態無任何變化，處於健全狀態。
□缺陷面積率未達0.03%。</td><td rowspan="4">PB5、PB6、PB8</td></tr>
<tr><td>2</td><td>□部分生鏽或凸起等零星散佈各處。
□部分塗膜之剝離或龜裂等零星散佈各處。
□缺陷面積率達0.03%以上未達0.3%。</td></tr>
<tr><td>3</td><td>□較大生鏽或凸起等廣佈各處。
□伴隨生鏽之剝離範圍分佈各處。
☑缺陷面積率達0.3%以上未達10%。</td></tr>
<tr><td>4</td><td>□大範圍生鏽或凸起等密集廣佈各處。
□伴隨生鏽之剝離範圍廣佈各處。
□缺陷面積率達10%以上。</td></tr>
<tr><td colspan="7"> 

PB5 

PB6</td></tr>
</table>

 PB8	

表 5-52 水頭港區浮動碼頭 PS-3 經常巡查結果

<table>
<tr><th colspan="3">檢測項目</th><th>檢測方法</th><th colspan="2">檢測標準</th><th>構件編號</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">滑動滾輪組</td><td rowspan="4">滾輪劣化、損傷</td><td rowspan="4">有無異音</td><td>1</td><td>□支承部位無異常聲音。</td><td rowspan="4">RC1</td></tr>
<tr><td>2</td><td>—</td></tr>
<tr><td>3</td><td>—</td></tr>
<tr><td>4</td><td>☑從支承部位發出之異常聲音。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">鋼製浮臺、鋼管樁、鏈條、聯絡橋鋼材</td><td rowspan="4">防蝕披覆</td><td rowspan="4">塗裝</td><td rowspan="4">目視鏽蝕情形
・塗膜損壞</td><td>1</td><td>□初期狀態無任何變化，處於健全狀態。
□缺陷面積率未達0.03%。</td><td rowspan="4">PA5、PA8、PC1~PC6、PD1~PD5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>□部分生鏽或凸起等零星散佈各處。
□部分塗膜之剝離或龜裂等零星散佈各處。
□缺陷面積率達0.03%以上未達0.3%。</td></tr>
<tr><td>3</td><td>□較大生鏽或凸起等廣佈各處。
□伴隨生鏽之剝離範圍分佈各處。
☑缺陷面積率達0.3%以上未達10%。</td></tr>
<tr><td>4</td><td>□大範圍生鏽或凸起等密集廣佈各處。
□伴隨生鏽之剝離範圍廣佈各處。
□缺陷面積率達10%以上。</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
PA5</td><td colspan="3"> 
PA8</td></tr>
</table>

 PC1	 PC2
 PC3	 PC4
 PC5	 PC6

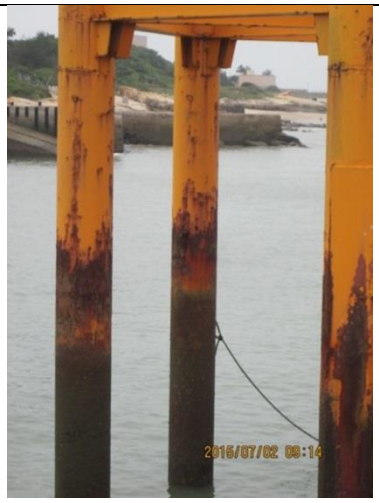
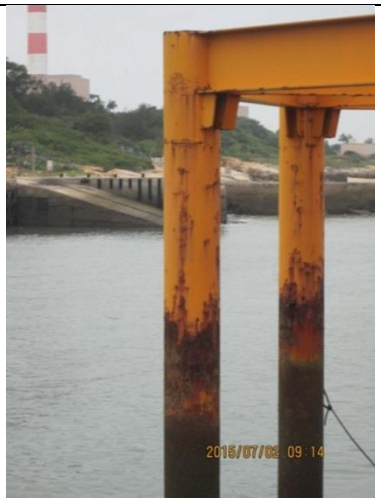
 PD1	 PD2
 PD3	 PD4
 PD5	 RC1

表 5-53 水頭港區五緣躉船經常巡查結果

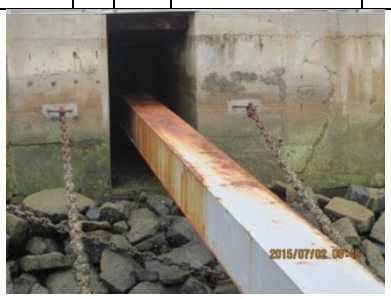
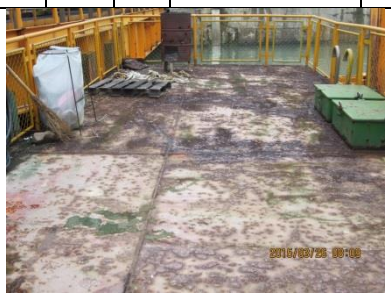
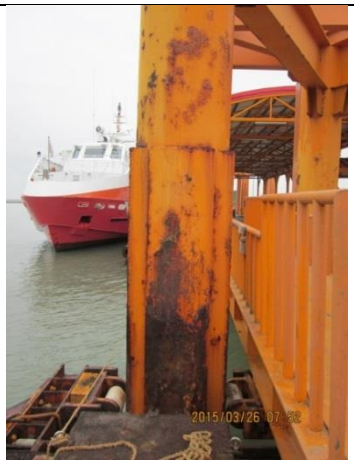
<table>
<tr><th colspan="3">檢測項目</th><th>檢測方法</th><th colspan="2">檢測標準</th><th>構件編號</th></tr>
<tr><td rowspan="4">鋼製浮臺、鋼管樁、鏈條、聯絡橋鋼材</td><td rowspan="4">防蝕披覆</td><td rowspan="4">塗裝</td><td rowspan="4">目視鏽蝕情形
・塗膜損壞</td><td>1</td><td>□初期狀態無任何變化，處於健全狀態。
□缺陷面積率未達0.03%。</td><td rowspan="4">GA1、GA2</td></tr>
<tr><td>2</td><td>□部分生鏽或凸起等零星散佈各處。
□部分塗膜之剝離或龜裂等零星散佈各處。
□缺陷面積率達0.03%以上未達0.3%。</td></tr>
<tr><td>3</td><td>□較大生鏽或凸起等廣佈各處。
□伴隨生鏽之剝離範圍分佈各處。
☑缺陷面積率達0.3%以上未達10%。</td></tr>
<tr><td>4</td><td>□大範圍生鏽或凸起等密集廣佈各處。
□伴隨生鏽之剝離範圍廣佈各處。
□缺陷面積率達10%以上。</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
GA1</td><td colspan="3"> 
GA2</td></tr>
</table>

表 5-54 九宮港區浮動碼頭 PJ 經常巡查結果

<table>
<tr><th colspan="3">檢測項目</th><th>檢測方法</th><th colspan="2">檢測標準</th><th>構件編號</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">浮臺
外部</td><td rowspan="4">混凝土
劣化損
傷</td><td rowspan="4">目視
・裂縫發生方向
・裂縫發生數量與長度
・保護層剝落狀況
・鏽蝕發生狀況
・鋼筋腐蝕狀況</td><td>1</td><td>□無變化。</td><td rowspan="4">P1、P2</td></tr>
<tr><td>2</td><td>□輕微裂縫。
☑點狀鏽水產生。</td></tr>
<tr><td>3</td><td>□直徑3mm以下鋼筋之裂縫。
□部分鏽水產生。</td></tr>
<tr><td>4</td><td>□直徑3mm以上鋼筋之裂縫。
□保護層剝落。
□大範圍鏽水產生。
□貫通的裂縫。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">鋼製浮臺、鋼管樁、鏈條、聯絡橋鋼材</td><td rowspan="4">防蝕披覆</td><td rowspan="4">塗裝</td><td rowspan="4">目視鏽蝕情形
・塗膜損壞</td><td>1</td><td>□初期狀態無任何變化，處於健全狀態。
□缺陷面積率未達0.03%。</td><td rowspan="4">PA1~5
PB1~6</td></tr>
<tr><td>2</td><td>□部分生鏽或凸起等零星散佈各處。
□部分塗膜之剝離或龜裂等零星散佈各處。
□缺陷面積率達0.03%以上未達0.3%。</td></tr>
<tr><td>3</td><td>□較大生鏽或凸起等廣佈各處。
□伴隨生鏽之剝離範圍分佈各處。
☑缺陷面積率達0.3%以上未達10%。</td></tr>
<tr><td>4</td><td>□大範圍生鏽或凸起等密集廣佈各處。
□伴隨生鏽之剝離範圍廣佈各處。
□缺陷面積率達10%以上。</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
P1</td><td colspan="3"> 
P2</td></tr>
</table>

 PA1	 PA2
 PA3	 PA4
 PA5	 PB1

 PB2	 PB3
 PB4	 PB5
 PB6	

巡查結果依碼頭(包含浮動碼頭)與防波堤分別探討。其中一般碼頭除九宮港區發現岸肩少部分的裂縫與剝落外，其餘以防舷材與車擋劣化為主，劣化多屬附屬設施為主，此現象可能與其使用頻率有關。防波堤部分以胸牆與堤頂裂縫之劣化為主，其裂縫橫貫於沈箱中間並重複出現，本研究已藉由敲擊回音挑選幾處檢測其裂縫深度，以便與設計資料比對是否有超出沈箱板厚之疑慮；另外，目視檢測水頭與九宮浮動碼頭以基樁、浮臺鏽蝕與滾輪組的損壞為主要劣化現象，水頭港區 PS-1 除 A 群樁外，B 與 C 群樁均出現鏽蝕情形，另 C 群樁(RC1~RC3)與 B 群樁(RB1)的滾輪組目前無法發揮其功能，故會有異音產生；水頭港區 PS-2 除 PB5、PB6 與 PB8 基樁出現鏽蝕情形外，其餘均無顯著異狀；九宮港區 PJ 在兩座浮臺均發現鏽蝕情形，另於 A、B 群樁均發現鏽蝕情形。

5.3.3 浮動碼頭基樁變位定期監測

5.3.3.1 光學測量

1.測量方式說明：測量方式乃藉由全測站(儀器廠牌型號 Leica FlexLine TS06，如圖 5.60 所示)，針對基樁上、下視點進行兩次傾斜量測，以量測其傾斜量，本研究已於 2014 年 12 月 15 日及 2015 年 3 月 23 日進行量測。基樁上、下測點設置原則與傾斜量計算方式如下所述：

圖 5.60 Leica FlexLine TS06 照片

(1)基樁上、下測點設置原則：由於浮動碼頭為圓柱形基樁，不若矩形結構有稜角可供作為參考測點，且由於人員無法可及，故以基樁樁頭橫梁之交界點為上、下測點，如圖 5.61 所示。

圖 5.61 基樁上、下視點設置原則

(2)傾斜量計算方式:將前述上、下視點之距離、水平與垂直角量測後，依公式 5.6 及 5.7 計算其測點垂距、水平偏移量與傾斜率。

$$H=L'\tan(90°-Vt)-L'\tan(90°-Vb) \quad (5.6)$$

$$\Delta=L'(Hb-Ht) \quad (5.7)$$

其中 H：測點垂距(cm)

Δ：水平偏移量(cm)

Ht、Hb：上下測點水平角(徑度量)

Vt、Vb：上下測點垂直角(徑度量)

2.測站位置說明：浮動碼頭設置於金門港水頭與九宮港區(如圖 5.62 所示)。水頭港區共計三座浮動碼頭，如圖 5.63 所示(編號為 PS1～PS3，PS1～PS 2 供小三通使用，PS3 供往返烈嶼使用)；PS1 共計 3 組群樁，編號為 PS1-1～PS1-3(圖 5.64)。PS1-1 共計 4 處測點(圖 5.65)、PS1-2 共計 6 處測點(圖 5.66)、PS1-3 共計 5 處測點(圖 5.67)。

PS2 共計 2 組群樁，編號為 PS2-1～PS2-2(圖 5.68)。PS2-1 共計 4 處測點(圖 5.69)、PS2-2 共計 8 處測點(圖 5.70)；

PS3 共計 4 組群樁，編號為 PS3-1～PS3-4(圖 5.71)。PS3-1 共計 4 處測點(圖 5.72)、PS3-2 共計 4 處測點(圖 5.73)、PS3-3 共計 3 處測點(圖 5.74)、PS3-4 共計 3 處測點(圖 5.75)。

九宮港區共計一座浮動碼頭，編號為 PJ，此碼頭共計四組群樁，編號為 PJ1～PJ4(圖 5.76)，PJ1 共計 3 處測點(圖 5.77)、PJ2 共計 3 處測點、PJ3 共計 3 處測點(圖 5.78)、PJ4 共計 4 處測點(圖 5.79)。

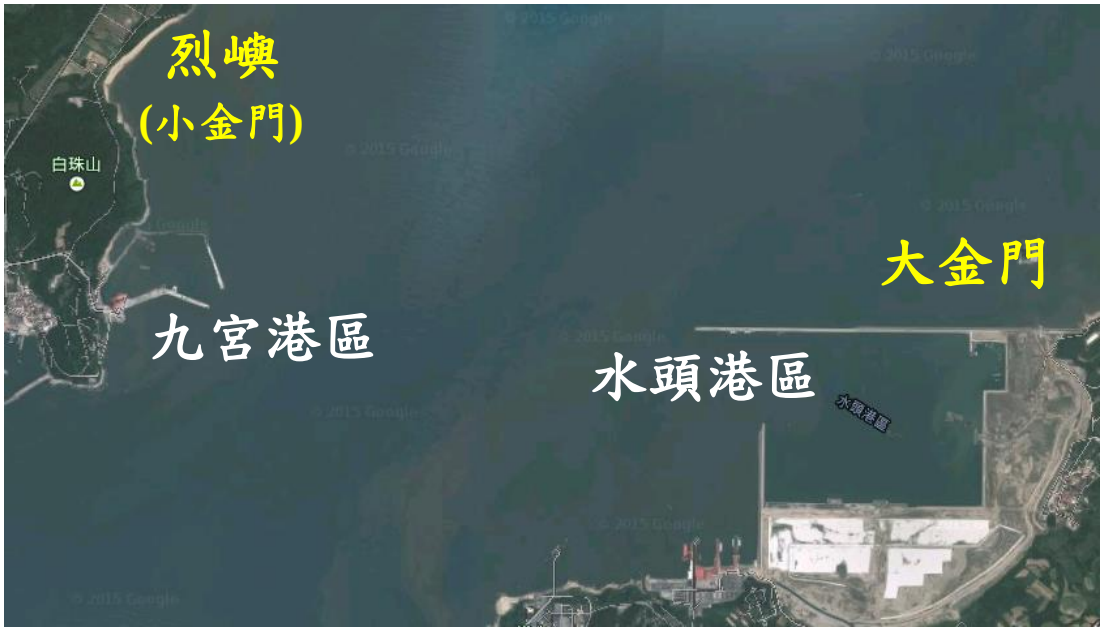


圖 5.62 九宮與水頭港區位置示意

圖 5.63 水頭碼頭 PS1～PS3 位置示意

圖 5.64 水頭港區 PS1-1～PS1-3 位置示意

圖 5.65 水頭港區 PS1-1 各測點位置

圖 5.66 水頭港區 PS1-2 各測點位置

圖 5.67 水頭港區 PS1-3 各測點位置

圖 5.68 水頭港區 PS2-1～PS2-2 位置示意

圖 5.69 水頭港區 PS2-1 各測點位置

圖 5.70 水頭港區 PS2-2 各測點位置

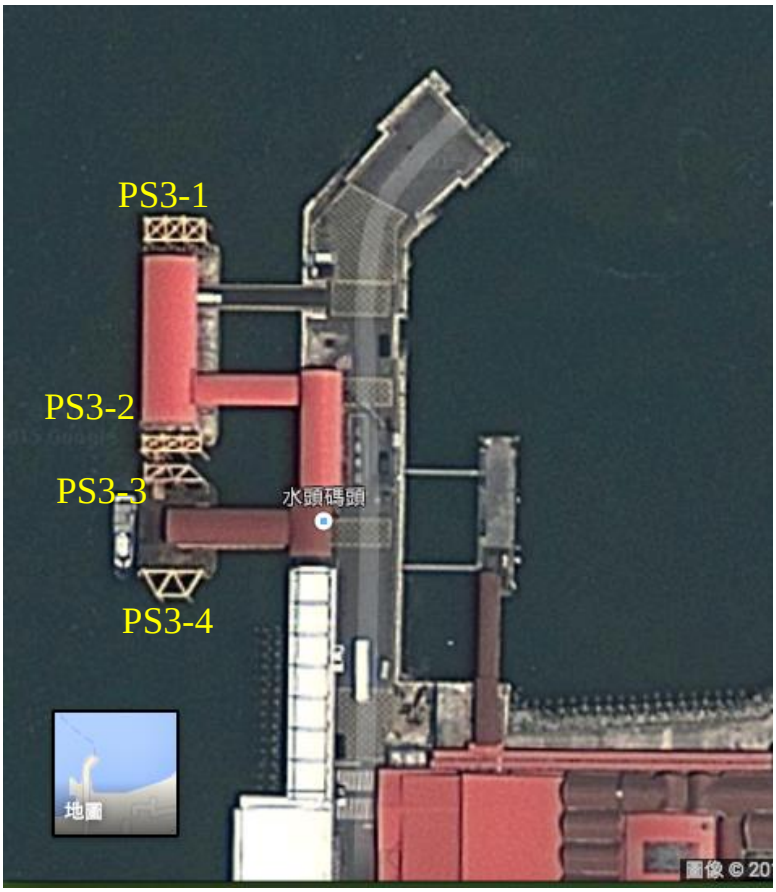


圖 5.71 水頭港區 PS3-1～PS3-4 位置示意

圖 5.72 水頭港區 PS3-1 各測點位置

圖 5.73 水頭港區 PS3-2 各測點位置

圖 5.74 水頭港區 PS3-3 各測點位置

圖 5.75 水頭港區 PS3-4 各測點位置

圖 5.76 九宮港區 PJ1～PJ4 位置示意

圖 5.77 九宮港區 PJ1 各測點位置

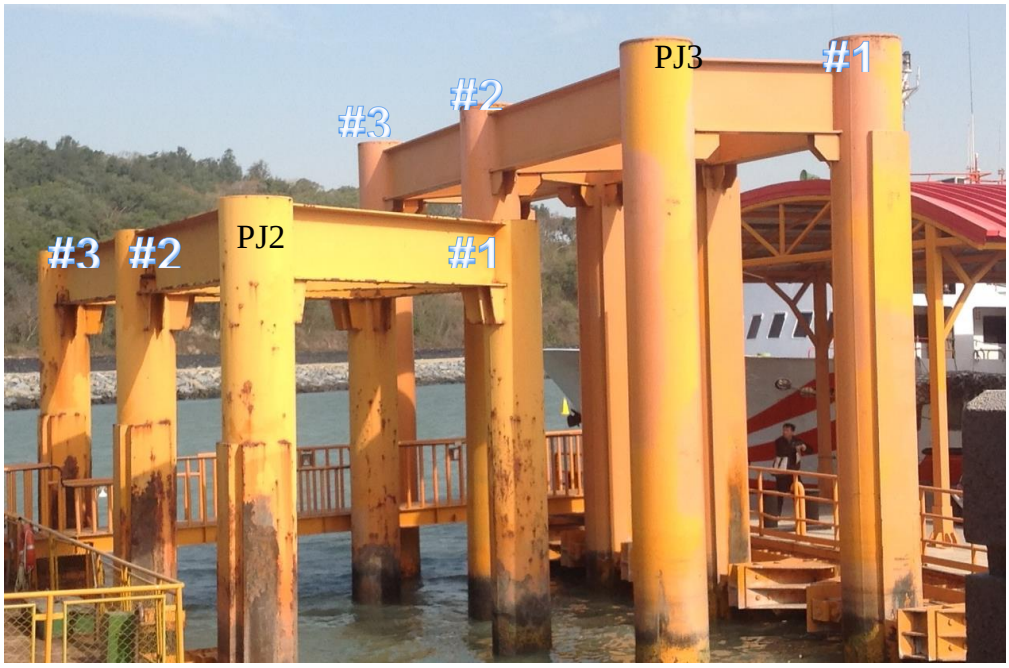


圖 5.78 九宮港區 PJ2 與 PJ3 各測點位置

圖 5.79 九宮港區 PJ4 各測點位置

3.量測結果，如表 5-55～表 5-58 所示。

表 5-55 水頭港區浮動碼頭 PS1 基樁偏移光學測量量測結果

儀器號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	值(cm)
PS1-1-1	11411.30	89	°	24	'	35.9	"	89	°	49	'	31	"	228	°	4	'	23.9	"	228	°	4	'	7	"	83	-0.93	-0.92	0.00
	11425.79	89	°	25	'	27.6		89	°	49	'	18.2	"	287	°	52	'	4.6	"	287	°	51	'	48	"	79	-0.92		
	11411.01	89	°	23	'	18.4		89	°	46	'	54.6	"	139	°	57	'	56.6	"	139	°	57	'	40	"	78	-0.92		
PS1-1-2	11156.77	89	°	23	'	21.2	"	89	°	48	'	45.1	"	227	°	39	'	3.1	"	227	°	37	'	38.7	"	82	-4.57	-4.55	0.01
	11171.07	89	°	24	'	31	"	89	°	48	'	28.7	"	287	°	26	'	18.7	"	287	°	24	'	54.9	"	78	-4.54		
	11154.51	89	°	21	'	53.6	"	89	°	46	'	26.5	"	139	°	32	'	23.8	"	139	°	30	'	59.7	"	80	-4.55		
PS1-1-3	10639.11	89	°	20	'	59.6	"	89	°	47	'	3.5	"	226	°	33	'	59.7	"	226	°	32	'	54.2	"	81	-3.38	-3.34	0.02
	10654.30	89	°	21	'	0.6	"	89	°	46	'	39.9	"	286	°	21	'	4.5	"	286	°	20	'	0	"	80	-3.33		
	10634.70	89	°	18	'	42.6	"	89	°	44	'	32.9	"	138	°	27	'	23.4	"	138	°	26	'	19	"	80	-3.32		
PS1-1-4	10653.73	89	°	20	'	27.2	"	89	°	46	'	31.9	"	224	°	40	'	25.5	"	224	°	40	'	17.7	"	81	-0.4	-0.40	0.01
	10664.96	89	°	21	'	0.8	"	89	°	46	'	50.7	"	284	°	27	'	41.6	"	284	°	27	'	33.8	"	80	-0.4		
	10650.66	89	°	18	'	42.1	"	89	°	44	'	25.2	"	136	°	33	'	38.3	"	136	°	33	'	30.7	"	80	-0.39		
PS1-2-1	10892.40	89	°	21	'	24.1	"	89	°	47	'	3.5	"	238	°	32	'	43.2	"	238	°	32	'	43.4	"	81	0.01	0.03	0.02
	10902.60	89	°	22	'	29	"	89	°	47	'	26.9	"	298	°	19	'	18.6	"	298	°	19	'	19.6	"	79	0.05		
	10887.07	88	°	51	'	51.9	"	89	°	9	'	11.6	"	240	°	3	'	14.2	"	240	°	3	'	15	"	55	0.04		
PS1-2-2	10719.36	88	°	52	'	25.8	"	89	°	18	'	47.6	"	238	°	27	'	19	"	238	°	27	'	26.5	"	82	0.39	0.36	0.03

儀器號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	
	10663.54	88	°	52	'	56.6	"	89	°	17	'	30.2	"	298	°	11	'	56.6	"	298	°	12	'	3.2	"	76	0.34		
	10653.26	88	°	50	'	42.5	"	89	°	14	'	41.4	"	150	°	19	'	13.3	"	150	°	19	'	20	"	74	0.35		
PS1-2-3	10257.67	88	°	48	'	57	"	89	°	16	'	13.1	"	237	°	56	'	50.5	"	237	°	57	'	9.2	"	81	0.93	0.95	0.01
	10122.07	88	°	50	'	16.2	"	89	°	15	'	23.1	"	297	°	40	'	25	"	297	°	40	'	44.3	"	74	0.95		
	10110.64	88	°	47	'	31.6	"	89	°	12	'	20.7	"	149	°	48	'	30.4	"	149	°	48	'	50	"	73	0.96		
PS1-2-4	10717.91	88	°	52	'	51.6	"	89	°	16	'	35.7	"	236	°	36	'	53.4	"	236	°	36	'	55.5	"	74	0.11	0.13	0.01
	10727.19	88	°	53	'	3	"	89	°	17	'	22	"	296	°	23	'	19.1	"	296	°	23	'	21.7	"	76	0.14		
	10716.59	88	°	50	'	29.3	"	89	°	14	'	2.6	"	148	°	30	'	31.3	"	148	°	30	'	34	"	73	0.14		
PS1-2-5	10172.44	88	°	48	'	17.3	"	89	°	16	'	21.5	"	236	°	3	'	10	"	236	°	2	'	52.5	"	83	-0.86	-0.85	0.01
	10176.75	88	°	49	'	9.3	"	89	°	14	'	57.9	"	295	°	46	'	51.3	"	295	°	46	'	34	"	76	-0.85		
	10168.31	88	°	46	'	38.6	"	89	°	11	'	50.3	"	147	°	54	'	27.6	"	147	°	54	'	10.5	"	75	-0.84		
PS1-2-6	9889.61	89	°	17	'	37.9	"	89	°	46	'	10.1	"	235	°	38	'	12.6	"	235	°	38	'	40.4	"	82	1.33	1.31	0.02
	9901.08	89	°	19	'	3.8	"	89	°	46	'	12.1	"	295	°	24	'	0	"	295	°	24	'	27	"	78	1.3		
	9888.99	89	°	16	'	13.6	"	89	°	43	'	46.2	"	147	°	32	'	14.7	"	147	°	32	'	41.7	"	79	1.29		
PS1-3-1	10738.13	86	°	57	'	54.9	"	87	°	23	'	22.5	"	258	°	58	'	59.4	"	258	°	59	'	4.4	"	80	0.26	0.22	0.04
	10740.09	86	°	59	'	5.1	"	87	°	23	'	6.5	"	318	°	45	'	5.7	"	318	°	45	'	9.6	"	75	0.2		
	10741.46	86	°	56	'	31	"	87	°	20	'	11.2	"	170	°	52	'	43.4	"	170	°	52	'	47.5	"	74	0.21		

儀器號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	(cm)
PS1-3-2	10193.43	86	°	47	'	15.3	"	87	°	13	'	55.5	"	259	°	35	'	35.9	"	259	°	35	'	47.1	"	79	0.55	0.55	0.01
	10196.81	86	°	48	'	22.3	"	87	°	13	'	24.4	"	319	°	21	'	11.6	"	319	°	21	'	23	"	74	0.56		
	10202.00	86	°	45	'	49.6	"	87	°	10	'	42.7	"	171	°	29	'	21.4	"	171	°	29	'	32.5	"	74	0.55		
PS1-3-3	10650.19	86	°	56	'	18.9	"	87	°	21	'	59.3	"	256	°	34	'	23.5	"	256	°	34	'	9.6	"	80	-0.72	-0.72	0.00
	10655.17	86	°	57	'	15.2	"	87	°	21	'	0.1	"	316	°	20	'	32.9	"	316	°	20	'	19	"	74	-0.72		
	10655.16	86	°	54	'	43.2	"	87	°	18	'	33.7	"	168	°	27	'	42.9	"	168	°	27	'	29	"	74	-0.72		
PS1-3-4	10103.59	86	°	46	'	11.4	"	87	°	13	'	3.2	"	257	°	6	'	46.5	"	257	°	7	'	9	"	79	1.1	1.11	0.01
	10108.22	86	°	47	'	27.3	"	87	°	12	'	57.2	"	316	°	52	'	12.4	"	316	°	52	'	35.1	"	75	1.11		
	10107.50	86	°	44	'	52.3	"	87	°	9	'	59.4	"	169	°	0	'	22.1	"	169	°	0	'	45	"	74	1.12		
PS1-3-5	9911.13	88	°	58	'	41.9	"	89	°	28	'	13.4	"	260	°	0	'	45.2	"	260	°	0	'	25.3	"	85	-0.96	-0.96	0.00
	9914.81	88	°	59	'	28.6	"	89	°	27	'	17	"	319	°	45	'	27	"	319	°	45	'	7	"	80	-0.96		
	9914.685	88	°	57	'	13.3	"	89	°	24	'	24.6	"	171	°	53	'	42.3	"	171	°	53	'	22.3	"	78	-0.96		

表 5-56 水頭港區浮動碼頭 PS2 基樁偏移光學測量量測結果

儀器編號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值(cm)
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	
PS2-1-1	10770.94	88	°	50	'	5.4	"	89	°	8	'	26	"	125	°	12	'	37	"	125	°	11	'	56.6	"	57	-2.11	-2.11	0.00
	17130.23	88	°	48	'	54.9	"	89	°	6	'	46.3	"	307	°	44	'	26.5	"	307	°	44	'	1	"	89	-2.12		
	17163.88	88	°	49	'	56.9	"	89	°	7	'	48.3	"	244	°	43	'	8.3	"	244	°	42	'	43	"	89	-2.11		
PS2-1-2	17074.96	88	°	49	'	41.5	"	89	°	7	'	58	"	123	°	20	'	23.6	"	123	°	20	'	37.7	"	91	1.17	1.17	0.00
	17069.99	88	°	49	'	41.5	"	89	°	7	'	58	"	123	°	20	'	23.6	"	123	°	20	'	37.7	"	91	1.17		
	17106.11	88	°	49	'	53.9	"	89	°	7	'	55.4	"	242	°	51	'	9.5	"	242	°	51	'	23.5	"	90	1.16		
PS2-1-3	17468.27	88	°	50	'	43.4	"	89	°	9	'	4.2	"	121	°	30	'	38.5	"	121	°	30	'	27.5	"	93	-0.93	-0.92	0.01
	17467.12	88	°	49	'	36.9	"	89	°	7	'	26.7	"	304	°	2	'	16.9	"	304	°	2	'	6	"	91	-0.92		
	17502.34	88	°	50	'	54.2	"	89	°	9	'	11.6	"	241	°	1	'	12.2	"	241	°	1	'	1.5	"	93	-0.91		
PS2-1-4	17685.39	88	°	51	'	31.4	"	89	°	9	'	37	"	120	°	32	'	52	"	120	°	32	'	52.4	"	93	0.03	0.03	0.01
	17683.96	88	°	50	'	38	"	89	°	8	'	12	"	303	°	4	'	19	"	303	°	4	'	19.5	"	90	0.04		
	17718.54	88	°	51	'	51.9	"	89	°	9	'	11.6	"	240	°	3	'	14.2	"	240	°	3	'	14.5	"	89	0.03		
PS2-2-1	13212.30	87	°	49	'	54.3	"	88	°	12	'	32.8	"	112	°	35	'	19.2	"	112	°	35	'	15.4	"	87	-0.24	-0.24	0.02
	13206.64	87	°	48	'	32.9	"	88	°	10	'	34.4	"	295	°	7	'	28.5	"	295	°	7	'	25.1	"	85	-0.22		
	13239.66	87	°	50	'	20.6	"	88	°	11	'	41.5	"	232	°	7	'	42	"	232	°	7	'	38	"	82	-0.26		
PS2-2-2	12855.80	87	°	45	'	45.2	"	88	°	9	'	6.1	"	111	°	37	'	59.4	"	111	°	38	'	20.2	"	87	1.3	1.28	0.02
	12848.69	87	°	45	'	45.6	"	88	°	7	'	29.3	"	294	°	10	'	1	"	294	°	10	'	21	"	81	1.25		
	12880.82	87	°	46	'	24.7	"	88	°	8	'	45.9	"	231	°	11	'	17.3	"	231	°	11	'	38	"	84	1.29		

儀器編號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值(cm)
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	
PS2-2-3	12585.00	87	°	44	'	6.2	"	88	°	7	'	23	"	110	°	19	'	32.9	"	110	°	19	'	30.2	"	85	-0.16	-0.15	0.02
	12579.39	87	°	42	'	47.1	"	88	°	5	'	34.9	"	292	°	51	'	27.4	"	292	°	51	'	25.3	"	84	-0.13		
	12611.39	87	°	44	'	21	"	88	°	7	'	12.2	"	229	°	52	'	19.8	"	229	°	52	'	17	"	84	-0.17		
PS2-2-4	12686.80	87	°	43	'	59	"	88	°	7	'	34.2	"	107	°	37	'	27.8	"	107	°	37	'	24.6	"	87	-0.2	-0.21	0.01
	12681.93	87	°	42	'	57.9	"	88	°	5	'	38.6	"	290	°	8	'	58.7	"	290	°	8	'	55.3	"	84	-0.21		
	12714.04	87	°	44	'	47.2	"	88	°	7	'	17.4	"	227	°	10	'	48.6	"	227	°	10	'	45	"	83	-0.22		
PS2-2-5	13669.26	87	°	54	'	22	"	88	°	16	'	37.7	"	104	°	35	'	54.1	"	104	°	35	'	46.2	"	89	-0.52	-0.52	0.00
	13604.35	87	°	53	'	33.3	"	88	°	14	'	43.1	"	287	°	7	'	1	"	287	°	6	'	53	"	84	-0.53		
	13635.32	87	°	54	'	48.3	"	88	°	16	'	25.6	"	224	°	9	'	25.4	"	224	°	9	'	17.5	"	86	-0.52		
PS2-2-6	13473.43	86	°	49	'	1.7	"	87	°	11	'	19.5	"	111	°	26	'	4.9	"	111	°	26	'	22.1	"	88	1.12	1.11	0.01
	13468.17	86	°	48	'	8.1	"	87	°	8	'	56.8	"	293	°	57	'	35	"	293	°	57	'	52	"	82	1.11		
	13500.19	86	°	49	'	37.1	"	87	°	10	'	56.9	"	230	°	58	'	12.6	"	230	°	58	'	29.5	"	84	1.11		
PS2-2-7	13245.13	86	°	45	'	23.7	"	87	°	7	'	47.6	"	110	°	19	'	53.3	"	110	°	19	'	50.4	"	87	-0.19	-0.19	0.01
	13238.41	86	°	43	'	58.3	"	87	°	5	'	42.2	"	292	°	51	'	52.9	"	292	°	51	'	50.1	"	84	-0.18		
	13270.84	86	°	45	'	41.1	"	87	°	7	'	26	"	229	°	52	'	27	"	229	°	52	'	24	"	84	-0.19		
PS2-2-8	13211.04	86	°	45	'	34.8	"	87	°	7	'	51.3	"	105	°	53	'	11.4	"	105	°	53	'	12.6	"	86	0.08	0.06	0.02
	13205.74	86	°	44	'	10.8	"	87	°	5	'	52.7	"	288	°	24	'	38.9	"	288	°	24	'	39.9	"	84	0.06		
	13237.76	86	°	46	'	2.3	"	87	°	7	'	40.7	"	225	°	26	'	6.4	"	225	°	26	'	7	"	84	0.04		

表 5-57 水頭港區浮動碼頭 PS3 基樁偏移光學測量量測結果

儀器編號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值(cm)
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	
PS3-1-1	3094.89	89	°	24	'	35.9	"	89	°	49	'	31	"	228	°	4	'	23.9	"	228	°	4	'	7	"	22	-0.25	-0.26	0.01
	3099.08	83	°	36	'	50.9	"	85	°	6	'	5.8	"	166	°	55	'	40.9	"	166	°	55	'	23	"	81	-0.27		
	3084.34	83	°	27	'	3.3	"	84	°	56	'	40.3	"	18	°	21	'	22.8	"	18	°	21	'	6	"	81	-0.25		
PS3-1-2	3176.12	89	°	23	'	21.2	"	89	°	48	'	45.1	"	227	°	39	'	3.1	"	227	°	37	'	38.7	"	23	-1.3	-1.29	0.01
	3177.00	83	°	45	'	35.1	"	85	°	13	'	8.4	"	158	°	22	'	30.5	"	158	°	21	'	7	"	82	-1.29		
	3166.95	83	°	36	'	34	"	85	°	4	'	29.2	"	9	°	46	'	32.5	"	9	°	45	'	9	"	82	-1.28		
PS3-1-3	3497.55	89	°	20	'	59.6	"	89	°	47	'	3.5	"	226	°	33	'	59.7	"	226	°	32	'	54.2	"	27	-1.11	-1.10	0.00
	3499.09	84	°	20	'	3.3	"	85	°	39	'	14.7	"	155	°	9	'	1.8	"	155	°	7	'	57	"	81	-1.1		
	3489.36	84	°	11	'	56	"	85	°	32	'	5.1	"	6	°	36	'	30.1	"	6	°	35	'	25	"	82	-1.1		
PS1-1-4	3814.33	89	°	20	'	27.2	"	89	°	46	'	31.9	"	224	°	40	'	25.5	"	224	°	40	'	17.7	"	29	-0.14	-0.16	0.02
	3814.49	84	°	47	'	39.2	"	86	°	0	'	58.8	"	152	°	35	'	39.7	"	152	°	35	'	31	"	82	-0.16		
	3806.75	84	°	40	'	17.3	"	85	°	54	'	17.8	"	4	°	4	'	25	"	4	°	4	'	16	"	83	-0.17		
PS3-2-1	4059.04	85	°	4	'	2.8	"	86	°	16	'	11.1	"	36	°	17	'	22.7	"	36	°	16	'	8.4	"	86	-1.46	-1.45	0.01
	4063.23	85	°	3	'	22.7	"	86	°	10	'	58.9	"	127	°	48	'	14	"	127	°	47	'	1	"	80	-1.44		
	4063.16	85	°	1	'	51.6	"	86	°	10	'	18.6	"	307	°	53	'	22.4	"	307	°	52	'	9.5	"	81	-1.44		
PS3-2-2	3748.76	84	°	39	'	29	"	85	°	58	'	43.1	"	33	°	29	'	7.9	"	33	°	27	'	52.2	"	87	-1.38	-1.39	0.01
	3752.42	84	°	38	'	35.9	"	85	°	53	'	0.2	"	125	°	0	'	43. 7	"	124	°	59	'	27	"	82	-1.4		

儀器編號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值(cm)
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	
	3754.44	84	°	37	'	28.4	"	85	°	52	'	8.4	"	305	°	6	'	22.8	"	305	°	5	'	6	"	82	-1.4		
PS3-2-3	3460.47	84	°	11	'	53.7	"	85	°	36	'	18.9	"	30	°	4	'	6.7	"	30	°	2	'	57.5	"	86	-1.16	-1.17	0.01
	3462.47	84	°	10	'	27.1	"	85	°	30	'	37.4	"	121	°	36	'	5	"	121	°	34	'	55	"	81	-1.18		
	3466.69	84	°	9	'	6	"	85	°	29	'	37.5	"	301	°	40	'	22.5	"	301	°	39	'	12	"	82	-1.18		
PS3-2-4	3359.65	84	°	2	'	28.9	"	85	°	30	'	14.4	"	23	°	27	'	43	"	23	°	29	'	20.5	"	86	1.59	1.58	0.01
	3360.59	84	°	1	'	12	"	85	°	24	'	7.9	"	115	°	1	'	4.1	"	115	°	2	'	41	"	82	1.58		
	3367.40	84	°	0	'	39.8	"	85	°	23	'	17.3	"	295	°	2	'	42.1	"	295	°	4	'	18	"	82	1.57		
PS3-3-1	2835.21	86	°	15	'	8.7	"	87	°	55	'	32.6	"	110	°	59	'	20.2	"	110	°	59	'	51.5	"	83	0.43	0.42	0.01
	2852.14	86	°	22	'	12.2	"	87	°	58	'	34.6	"	277	°	30	'	29.8	"	277	°	30	'	59.8	"	80	0.41		
	3320.39	86	°	49	'	58.3	"	88	°	12	'	41.7	"	22	°	50	'	59.4	"	22	°	51	'	25	"	80	0.41		
PS3-3-2	3018.71	86	°	30	'	6.2	"	88	°	4	'	0.7	"	104	°	9	'	48.8	"	104	°	9	'	26.3	"	83	-0.33	-0.34	0.01
	3035.97	86	°	36	'	36.9	"	88	°	6	'	49.6	"	270	°	43	'	49.3	"	270	°	43	'	26	"	80	-0.34		
	3507.12	87	°	1	'	5.3	"	88	°	19	'	19.5	"	17	°	0	'	57.6	"	17	°	0	'	37	"	80	-0.35		
PS3-3-3	3553.14	87	°	2	'	6.1	"	88	°	24	'	22.9	"	101	°	53	'	9.5	"	101	°	54	'	0.5	"	85	0.88	0.86	0.02
	3571.02	87	°	7	'	35.2	"	88	°	24	'	43.2	"	268	°	29	'	46	"	268	°	30	'	35	"	80	0.85		
	4042.12	87	°	25	'	4.7	"	88	°	33	'	15.1	"	15	°	0	'	34.3	"	15	°	1	'	18	"	80	0.86		
PS3-4-1	3609.52	87	°	11	'	11.6	"	88	°	29	'	46.1	"	74	°	40	'	7.3	"	74	°	39	'	10.2	"	83	-1	-1.01	0.01
	3630.72	87	°	16	'	29.7	"	88	°	15	'	49.6	"	244	°	43	'	53.5	"	244	°	42	'	56	"	63	-1.01		
	4040.96	87	°	30	'	41.1	"	88	°	38	'	37.9	"	350	°	56	'	1. 1	"	350	°	55	'	9	"	80	-1.02		

儀器編號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值(cm)
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	
PS3-4-2	3102.79	86	°	40	'	37	"	88	°	14	'	31.1	"	70	°	51	'	51.9	"	70	°	51	'	54.2	"	85	0.03	0.03	0.01
	3108.79	86	°	48	'	2.2	"	88	°	15	'	49.6	"	244	°	43	'	49	"	244	°	43	'	51.8	"	80	0.04		
	3504.16	87	°	4	'	33.2	"	88	°	23	'	16.4	"	349	°	6	'	20.2	"	349	°	6	'	22	"	80	0.03		
PS3-4-3	2990.29	86	°	31	'	28.8	"	88	°	8	'	43.6	"	62	°	10	'	36	"	62	°	8	'	33.9	"	85	-1.77	-1.77	0.01
	3009.81	86	°	38	'	21	"	88	°	9	'	3.7	"	228	°	58	'	36.2	"	228	°	56	'	34	"	80	-1.78		
	3370.26	86	°	56	'	13.2	"	88	°	18	'	6.3	"	340	°	30	'	57.9	"	340	°	29	'	10	"	80	-1.76		

表 5-58 九宮港區浮動碼頭 PJ 基樁偏移光學測量量測結果

儀器編號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值(cm)
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	
PJ1-1	2558.74	82	°	27	'	29.9	"	84	°	23	'	5.1	"	110	°	55	'	32.8	"	110	°	55	'	16.1	"	87	-0.21	-0.22	0.01
	3361.37	87	°	18	'	20.4	"	88	°	39	'	57.9	"	344	°	56	'	35	"	344	°	56	'	21	"	80	-0.23		
	3370.08	87	°	25	'	31.2	"	88	°	46	'	39.7	"	254	°	20	'	47.5	"	254	°	20	'	34	"	80	-0.22		
PJ1-2	2918.58	83	°	23	'	33.4	"	85	°	4	'	48.9	"	100	°	45	'	7.8	"	100	°	45	'	38.2	"	87	0.43	0.45	0.02
	2846.55	86	°	49	'	37.7	"	88	°	25	'	41.4	"	341	°	46	'	9.8	"	341	°	46	'	44	"	80	0.47		
	2855.21	86	°	58	'	17.3	"	88	°	33	'	52.9	"	251	°	9	'	41.8	"	251	°	10	'	15	"	80	0.46		
PJ1-3	3413.76	84	°	19	'	24.1	"	85	°	46	'	24.6	"	97	°	28	'	57.4	"	97	°	28	'	55.9	"	87	-0.02	-0.02	0.01
	2798.53	86	°	44	'	21.8	"	88	°	21	'	50.9	"	331	°	11	'	9.6	"	331	°	11	'	8.2	"	80	-0.02		
	2808.50	86	°	54	'	6.9	"	88	°	30	'	23.1	"	240	°	34	'	16.6	"	240	°	34	'	15.5	"	79	-0.01		
PJ2-1	2560.61	86	°	43	'	26.1	"	88	°	30	'	52.7	"	101	°	15	'	56.7	"	101	°	14	'	42.1	"	80	-0.93	-0.93	0.01
	2571.38	86	°	32	'	16.5	"	88	°	16	'	15.2	"	27	°	47	'	15.9	"	27	°	46	'	2	"	78	-0.92		
	2620.47	86	°	41	'	35.4	"	88	°	24	'	43.1	"	297	°	5	'	51.5	"	297	°	4	'	38	"	79	-0.93		
PJ2-2	2755.53	86	°	51	'	23.4	"	88	°	33	'	58.6	"	90	°	32	'	7.3	"	90	°	32	'	21.2	"	82	0.19	0.18	0.01
	2766.60	86	°	40	'	58.8	"	88	°	20	'	18.2	"	17	°	7	'	10.5	"	17	°	7	'	24	"	80	0.18		
	2765.76	86	°	48	'	59.6	"	88	°	28	'	55.8	"	286	°	24	'	39.3	"	286	°	24	'	53	"	81	0.18		
PJ2-3	3258.64	87	°	21	'	57.8	"	88	°	48	'	33.3	"	93	°	6	'	31.3	"	93	°	6	'	36.5	"	82	0.08	0.08	0.01
	3270.98	87	°	13	'	6.4	"	88	°	36	'	55.1	"	14	°	32	'	6.5	"	14	°	32	'	11	"	80	0.07		
	3272.93	87	°	19	'	43.2	"	88	°	43	'	34.6	"	283	°	51	'	35.2	"	283	°	51	'	41	"	80	0.09		

儀器編號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值(cm)
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	
PJ3-1	3351.67	87	°	26	'	44.4	"	88	°	51	'	10.1	"	58	°	15	'	6.5	"	58	°	16	'	10.5	"	82	1.04	1.03	0.01
	2568.16	82	°	18	'	20.2	"	84	°	13	'	4.5	"	37	°	28	'	37	"	37	°	29	'	59	"	87	1.02		
	2564.50	82	°	26	'	29.7	"	84	°	17	'	46	"	306	°	44	'	59.8	"	306	°	46	'	23	"	84	1.03		
PJ3-2	2836.72	86	°	59	'	40.9	"	88	°	39	'	45.6	"	55	°	3	'	38	"	55	°	3	'	3.7	"	83	-0.47	-0.47	0.01
	2929.29	83	°	15	'	19.8	"	84	°	53	'	25.2	"	27	°	18	'	34	"	27	°	18	'	1	"	84	-0.47		
	2928.47	83	°	22	'	20.1	"	85	°	0	'	21.1	"	296	°	36	'	19.6	"	296	°	35	'	47	"	84	-0.46		
PJ3-3	2790.52	86	°	54	'	44.3	"	88	°	35	'	25.2	"	44	°	25	'	48.8	"	44	°	27	'	26	"	82	1.32	1.31	0.01
	3425.02	84	°	11	'	54.2	"	85	°	36	'	10.7	"	24	°	1	'	33	"	24	°	2	'	51.5	"	85	1.3		
	3423.98	84	°	18	'	37.5	"	85	°	42	'	26.7	"	293	°	23	'	5.4	"	293	°	24	'	25	"	84	1.32		
PJ4-1	4128.63	85	°	27	'	35.5	"	86	°	40	'	14.2	"	68	°	10	'	40.4	"	68	°	10	'	55.9	"	88	0.31	0.32	0.00
	4141.28	85	°	25	'	48	"	86	°	35	'	31.2	"	248	°	49	'	58	"	248	°	50	'	14	"	84	0.32		
	4262.39	85	°	34	'	1.7	"	86	°	41	'	45.9	"	24	°	20	'	50.6	"	24	°	21	'	6	"	84	0.32		
PJ4-2	4381.80	85	°	42	'	53.3	"	86	°	50	'	10.7	"	62	°	46	'	9	"	62	°	46	'	53	"	86	0.93	0.95	0.01
	4079.21	85	°	21	'	54.2	"	86	°	32	'	39.6	"	245	°	2	'	26.9	"	245	°	3	'	15	"	84	0.95		
	4516.66	85	°	49	'	12.9	"	86	°	51	'	15.5	"	19	°	7	'	38	"	19	°	8	'	22	"	82	0.96		
PJ4-3	4697.47	85	°	59	'	39.6	"	87	°	2	'	35.3	"	62	°	12	'	40.6	"	62	°	10	'	55.6	"	86	-2.39	-2.37	0.01
	4392.60	85	°	42	'	1	"	86	°	45	'	54.5	"	243	°	27	'	32.1	"	243	°	25	'	41	"	82	-2.37		

儀器編號	水平距離	垂直角(VA)												水平角(HA)												測點垂距	水平偏移量	平均值	平均值與最大值之差值(cm)
	L(cm)	上測點(Vt)						下測點(Vb)						上測點(Ht)						下測點(Hb)						H(cm)	Δ(cm)	μ(cm)	
	4832.56	86	°	6	'	7.5	"	87	°	3	'	21.7	"	18	°	35	'	26.9	"	18	°	33	'	46	"	81	-2.36		
PJ4-4	5115.91	86	°	19	'	13	"	87	°	16	'	54.5	"	61	°	38	'	36	"	61	°	38	'	49.9	"	86	0.34	0.35	0.01
	5126.21	86	°	18	'	16.4	"	87	°	16	'	11.7	"	242	°	19	'	19.7	"	242	°	19	'	34	"	87	0.36		
	5251.37	86	°	24	'	5.4	"	87	°	17	'	22	"	18	°	3	'	29.8	"	18	°	3	'	44	"	82	0.36		

4.量測結果討論：

各港區浮動碼頭三次之傾斜量測(103 年 12 月 17 日、104 年 3 月 23 日、104 年 6 月 17 日)結果。水平偏移量最大差值(平均值與最大值差值的絕對值)水頭港區 PS1 介於 0～0.04 cm、PS2 介於 0～0.02 cm、PS3 介於 0～0.02 cm；九宮港區 PJ 則介於 0~0.02 cm。

5.3.3.2 3D 雷射掃描測量

本測量為輔助光學測量而實施，於 103 年 12 月 17 日與 104 年 6 月 17 日進行量測，希望藉由兩次量測之差異與光學測量進行比對。

1.工作範圍：

水頭與九宮港區浮動碼頭之 3D 掃瞄工作範圍，分別如圖 5.80、圖 5.81 所示。本項作業除水頭港區浮動碼頭 PS2 因量測位置與待測標的物之測距過大無法測繪外，其餘浮動碼頭量測皆可繪製點雲資料並求取基樁相關數值。

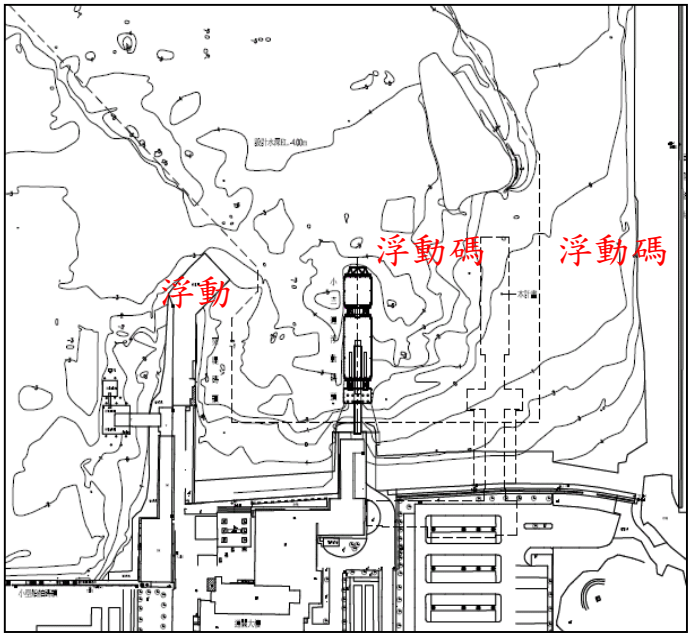


圖 5.80 水頭港區浮動碼頭基樁 3D 雷射掃瞄工作範圍示意圖

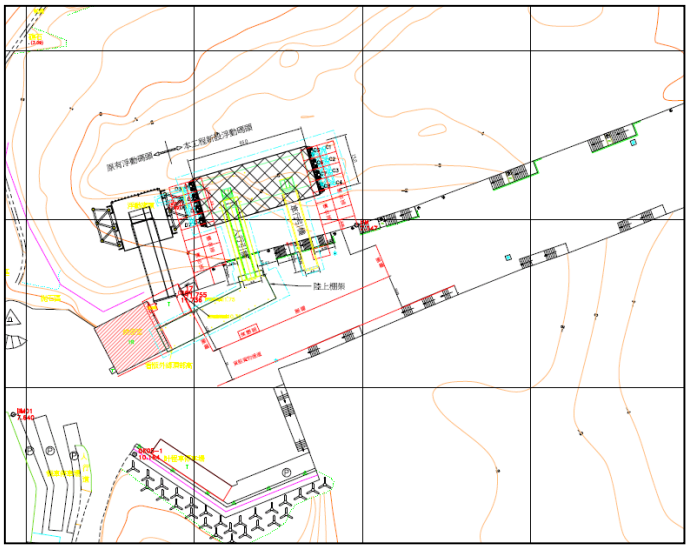


圖 5.81 九宮港區浮動碼頭基樁 3D 雷射掃瞄工作範圍示意圖

2.工作項目與採用儀器：

(1)此項工作主要內容分為「3D 雷射數位掃描」與「數位成果及 3D 點雲檢視程式」兩項。

(2)3D 雷射數位掃描：本次測量採用 FARO® Laser Scanner Focus3D 掃描儀(圖 5.82)，其系統規格如下：

a. 掃描距離：0.6～120 m。

b. 掃描速度：122,000 / 244,000 / 488,000 / 976,000 點 / 秒。

c. 掃描誤差：10m 和 25m 時為± 2 mm 垂直角度: 300°。

d. 水準角度：360°。

掃描有效點數為 597,156 點所取得的資料直接來自於構造物本體，所獲得的點雲(point of coluds)具有即時記錄、實況記錄的特性。依本案需求提供精確度高之 3D 點雲資料檔案，現場使用高密度點雲紀錄外，並包含各測站套疊精確度報告書。提供完整點雲檢視及量測程式,有效提升 3D 掃瞄對後續加值處理更具典藏之價值與意義。3D 雷射數位掃描標準作業流程如圖 5.83 所示。

圖 5.82 FARO FOCUS 掃描儀

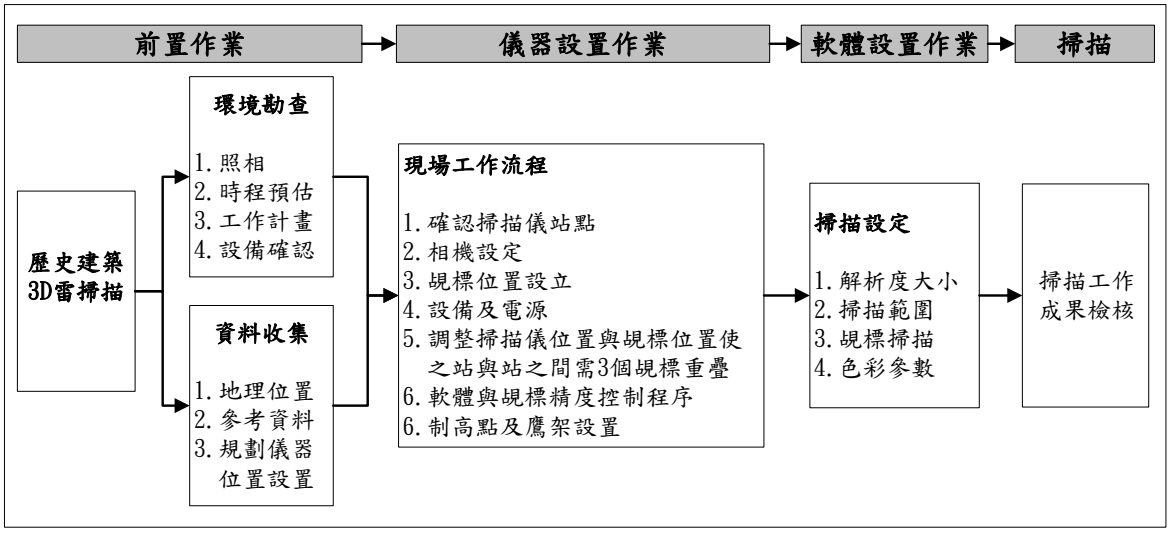


圖 5.83 雷射掃描流程圖

3.數位成果及 3D 點雲檢視：本次成果內容包含下列項目：

(1)數位 3D 點雲原始檔。

(2)欄位以逗號分隔的 XYZ 文字檔。

(3)各基樁斜率計算檔。

九宮浮動碼頭基樁位置，如圖 5.84 所示，各基樁傾斜斜率列表如表 5-59 所示，九宮浮動碼頭基樁點雲圖如圖 5.85 所示。

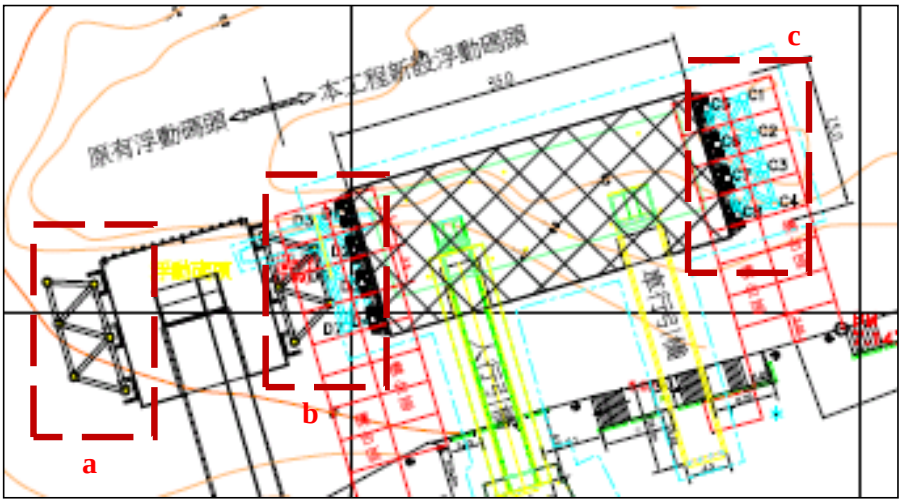


圖 5.84 九宮港區浮動碼頭基樁 3D 雷射掃瞄工作範圍示意圖

表 5-59 九宮港區浮動碼頭 PJ 基樁 3D 雷射掃瞄結果

	下視點			上視點			上下視點水平偏移量(cm)		平均值(cm)	平均值與最大值之差值(cm)
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	1st	2nd		
1a-1	-57.549	-42.639	-0.100	-57.544	-42.627	0.900	-1.2	-1.1	-1.15	0.05
1a-2	-52.044	-42.882	0.154	-52.045	-42.882	1.154	0	0.2	0.025	0.025
1a-3	-46.604	-43.175	1.065	-46.609	-43.177	2.065	0.2	0.4	0.205	0.005
1a-4	-59.326	-46.850	-0.500	-59.330	-46.861	0.500	1.1	1.2	1.15	0.05
1a-5	-54.981	-47.014	-0.095	-54.977	-47.000	0.905	-1.4	-1.3	-1.35	0.05
1a-6	-49.604	-47.453	0.402	-49.597	-47.464	1.402	1.1	1.2	1.15	0.05
1b-1	-55.831	-17.149	1.825	-55.843	-17.147	2.825	-0.2	-0.3	-0.25	0.05
1b-2	-52.166	-17.244	0.269	-52.169	-17.250	1.269	0.6	0.8	0.625	0.025
1b-3	-48.873	-17.442	0.690	-48.874	-17.450	1.690	0.8	0.8	0.8	0
1b-4	-44.756	-17.810	3.243	-44.765	-17.807	4.243	-0.3	-0.14	-0.325	0.025
1b-5	-56.026	-19.531	1.158	-56.024	-19.542	2.158	1.1	1.15	1.125	0.025
1b-6	-50.772	-20.148	1.081	-50.768	-20.146	2.081	-0.2	-0.21	-0.205	0.005
1b-7	-45.232	-20.667	2.112	-45.240	-20.667	3.112	0	0.14	0.025	0.025
1b-8	-53.502	-20.977	-1.268	-53.484	-20.980	-0.268	0.3	0.32	0.31	0.01
1b-9	-47.876	-21.344	-0.322	-47.872	-21.355	0.678	1.1	1.2	1.15	0.05
1b-10	-56.398	-25.261	-0.741	-56.393	-25.260	0.259	-0.1	-0.13	-0.115	0.015
1b-11	-51.175	-25.457	-1.014	-51.173	-25.447	-0.014	-1	-0.9	-0.95	0.05
1b-12	-45.543	-25.853	-0.164	-45.539	-25.848	0.836	-0.5	-0.52	-0.51	0.01

	下視點			上視點			上下視點水平偏移量(cm)		平均值(cm)	平均值與最大值之差值(cm)
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	1st	2nd		
1c-1	-53.414	24.264	-0.127	-53.418	24.272	0.873	-0.8	-0.82	-0.81	0.01
1c-2	-49.375	23.885	-0.118	-49.374	23.878	0.882	0.7	0.73	0.715	0.015
1c-3	-46.113	23.617	-0.026	-46.110	23.612	0.974	0.5	0.52	0.51	0.01
1c-4	-42.502	23.493	0.628	-42.501	23.475	1.628	1.8	1.7	1.75	0.05
1c-5	-53.542	20.415	1.235	-53.535	20.418	2.235	-0.3	-0.33	-0.315	0.015
1c-6	-49.431	20.108	3.684	-49.431	20.114	4.684	-0.6	-0.62	-0.61	0.01
1c-7	-46.255	19.969	2.632	-46.255	19.966	3.632	0.3	0.4	0.35	0.05
1c-8	-42.675	19.767	4.036	-42.680	19.770	5.036	-0.3	-0.31	-0.305	0.005

圖 5.85 九宮港區浮動碼頭基樁點雲圖

水頭浮動碼頭 PS1 基樁位置，如圖 5.86 及圖 5.87 所示，各基樁傾斜斜率如表 5-60 所示，點雲圖如圖 5.88 所示。

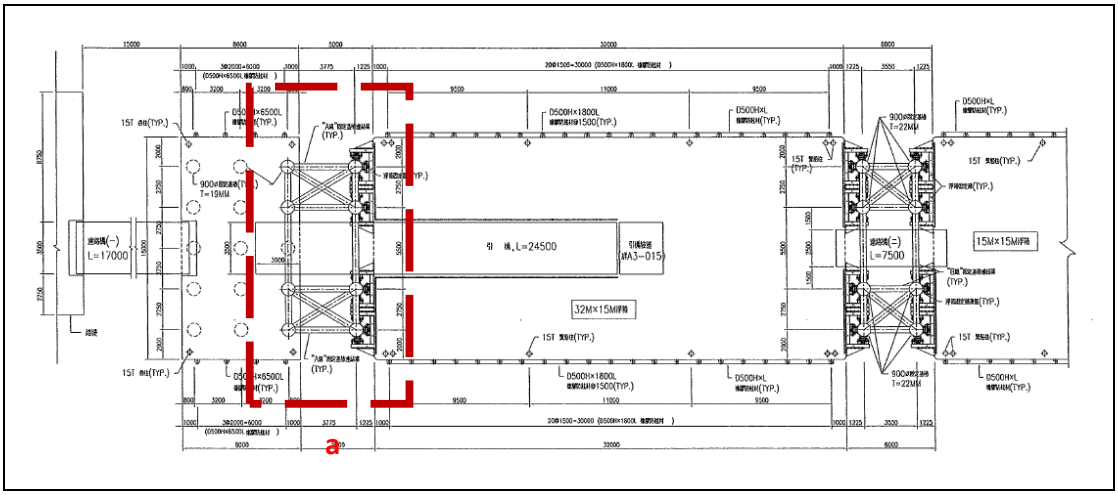


圖 5.86 水頭港區浮動碼頭 PS1(a)基樁 3D 掃瞄工作範圍示意圖

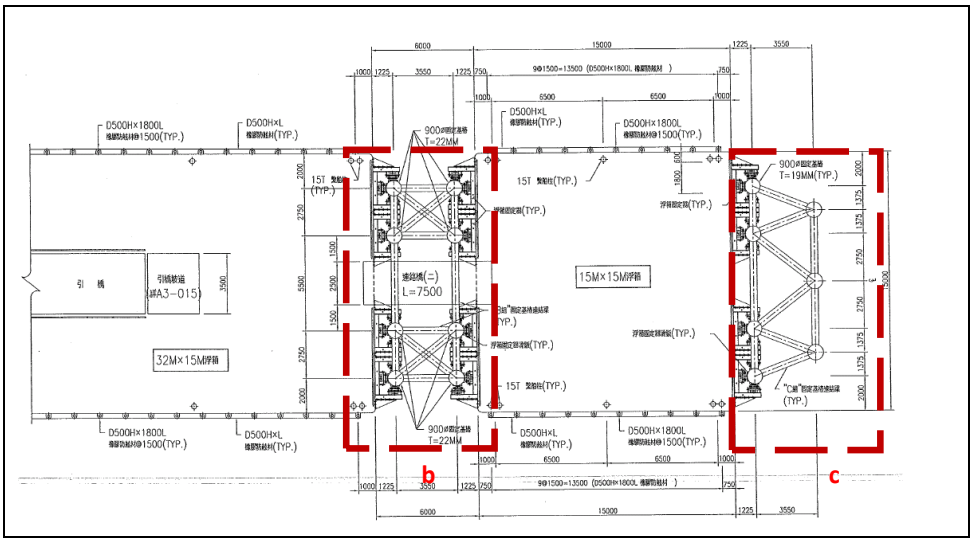


圖 5.87 水頭港區浮動碼頭 PS1(b、c)基樁 3D 雷射掃瞄工作範圍示意圖

表 5-60 水頭港區浮動碼頭 PS1 基樁 3D 雷射掃瞄結果

	下視點			上視點			上下視點水平偏移量(cm)		平均值(cm)	平均值與最大值之差值(cm)
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	1st	2nd		
1a-1	-85.068	-20.254	0.913	-85.089	-20.260	1.913	0.6	0.5	0.55	0.05
1a-2	-87.966	-20.207	4.334	-87.961	-20.211	5.334	0.4	0.33	0.365	0.035
1a-3	點數不夠無法計算									
1a-4	點數不夠無法計算									
1a-5	-85.082	-15.702	2.127	-85.081	-15.701	3.127	-0.1	-0.11	-0.105	0.005
1a-6	-87.894	-15.726	4.776	-87.897	-15.754	5.776	2.8	2.7	2.75	0.05
1a-7	點數不夠無法計算									
1a-8	點數不夠無法計算									
1b-1	-85.280	-58.328	0.404	-85.298	-58.330	1.404	0.2	0.3	0.25	0.05
1b-2	-88.130	-58.265	1.084	-88.128	-58.279	2.084	1.4	1.42	1.41	0.01
1b-3	-93.606	-58.260	0.632	-93.647	-58.266	1.632	0.6	0.61	0.605	0.005
1b-4	點數不夠無法計算									
1b-5	-85.255	-54.798	0.364	-85.287	-54.800	1.364	0.2	0.23	0.215	0.015
1b-6	-88.076	-54.827	-0.382	-88.091	-54.826	0.618	-0.1	-0.12	-0.11	0.01
1b-7	-93.583	-54.777	-0.133	-93.590	-54.782	0.867	0.5	0.55	0.525	0.025
1b-8	點數不夠無法計算									
1c-1	-86.920	-79.175	-0.162	-86.921	-79.170	0.838	-0.5	-0.53	-0.515	0.015
1c-2	-90.900	-79.272	-0.338	-90.898	-79.295	0.662	2.3	2.33	2.315	0.015

	下視點			上視點			上下視點水平偏移量(cm)		平均值(cm)	平均值與最大值之差值(cm)
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	1st	2nd		
1c-3	-94.805	-79.095	-0.179	-94.815	-79.069	0.821	-2.6	-2.58	-2.59	0.01
1c-4	-85.351	-75.876	0.298	-85.373	-75.885	1.298	0.9	0.88	0.89	0.01
1c-5	-87.826	-75.471	0.277	-87.827	-75.541	1.277	7	7.1	7.05	0.05
1c-6	-93.478	-75.634	0.516	-93.503	-75.572	1.516	-6.2	-6.22	-6.21	0.01
1c-7	點數不夠無法計算									

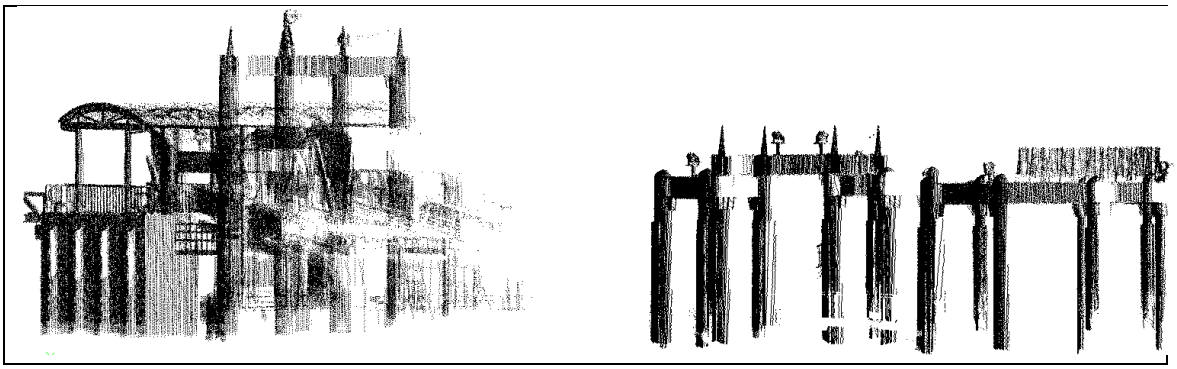


圖 5.88、水頭港區浮動碼頭 PS1 基樁點雲圖

水頭浮動碼頭 PS2 基樁位置，如圖 5.89 所示，各基樁傾斜斜率如表 5-61 所示，點雲圖如圖 5.90 所示。

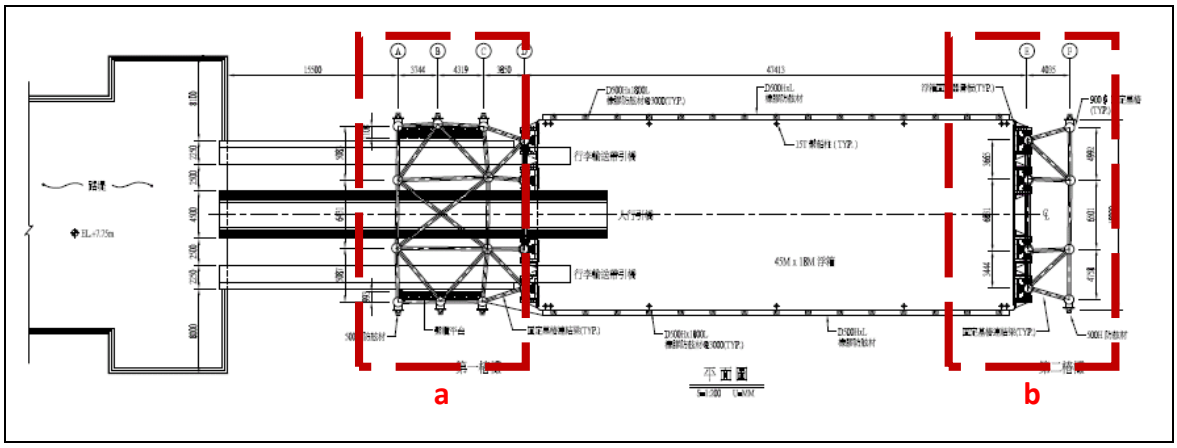


圖 5.89 水頭浮動碼頭 PS2 基樁 3D 掃瞄工作範圍示意圖

表 5-61 水頭港區浮動碼頭 PS2 基樁 3D 雷射掃瞄結果

	下視點			上視點			2nd 上下視點水平偏移量(cm)
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	
2a-1	-91.354	65.236	3.994	-91.361	65.236	4.994	0.7
2a-2	-87.603	65.259	4.886	-87.606	65.255	5.886	0.5
2a-3	-81.001	65.479	5.93	-81	65.478	6.93	0.1
2a-4	-77.297	65.615	2.866	-77.292	65.618	3.866	0.6
2a-5	-92.474	61.334	2.759	-92.468	61.344	3.759	1.2
2a-6	-87.703	61.926	3.431	-87.7	61.926	4.431	0.3
2a-7	-80.947	62.055	4.48	-80.945	62.053	5.48	0.3
2a-8	-75.979	61.734	3.152	-75.986	61.729	4.152	0.9
2a-9	-92.575	57.024	2.217	-92.56	57.025	3.217	1.5
2a-10	-75.854	57.814	2.506	-75.858	57.809	3.506	0.6
2a-11	-92.268	53.303	2.348	-92.259	53.294	3.348	1.3
2a-12	-87.178	53.421	4.219	-87.186	53.421	5.219	0.8
2a-13	-80.684	53.483	3.421	-80.678	53.476	4.421	0.9
2a-14	-75.648	53.831	2.754	-75.649	53.831	3.754	0.1
2b-1	-94.289	116.576	1.977	-94.287	116.582	2.977	0.6
2b-2	-89.311	116.776	1.794	-89.309	116.778	2.794	0.3
2b-3	-82.816	116.888	1.487	-82.817	116.894	2.487	0.6
2b-4	-78.098	117.064	1.804	-78.09	117.066	2.804	0.8
2b-5	-92.969	112.591	5.283	-92.961	112.605	6.283	1.6
2b-6	-89.326	112.81	5.66	-89.335	112.827	6.66	1.9
2b-7	-82.495	113.076	5.593	-82.501	113.075	6.593	0.6
2b-8	-79.082	113.099	5.645	-79.162	113.099	6.645	1.8

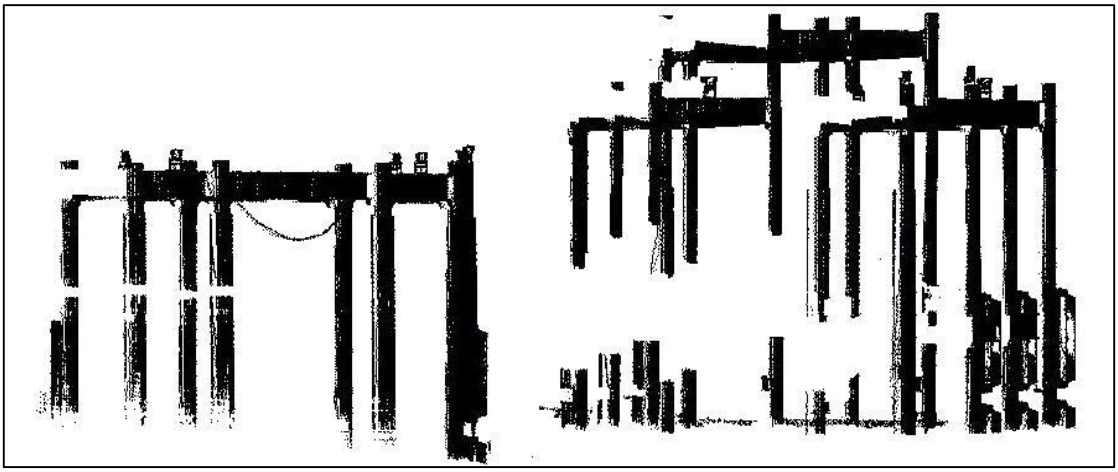


圖 5.90 水頭港區浮動碼頭 PS2 基樁點雲圖

水頭浮動碼頭 PS3 基樁位置，如圖 5.91 所示，各基樁傾斜斜率如表 5-62 所示，點雲圖如圖 5.92 所示。

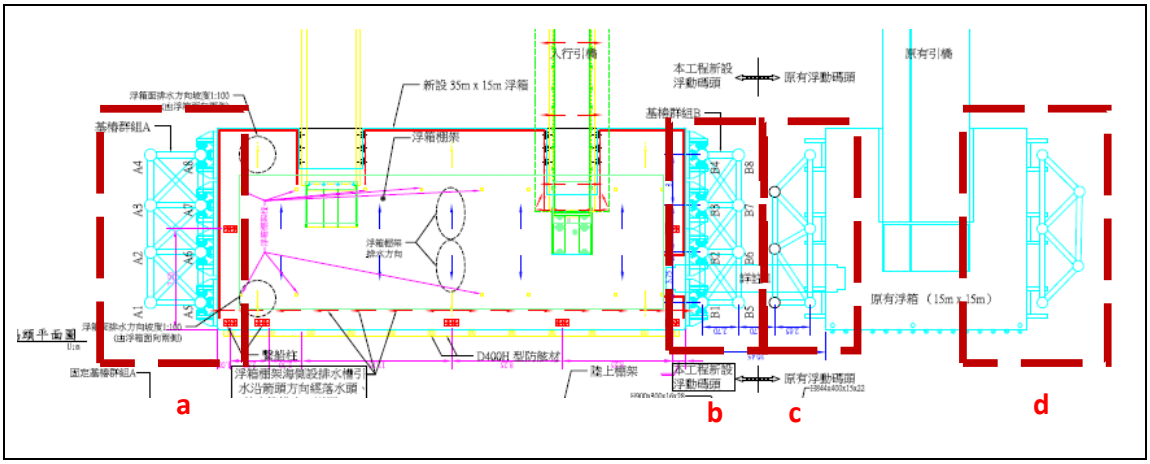


圖 5.91 水頭港區浮動碼頭 PS3 基樁 3D 掃瞄工作範圍示意圖

表 5-62 水頭港區浮動碼頭 PS3 基樁 3D 雷射掃描 2 次量測比較

	下視點			上視點			初始上下視點水平偏移量(cm)		平均值(cm)	平均值與最大值之差值(cm)
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	1st	2nd		
3a-1	35.698	-54.644	2.588	35.698	-54.645	3.588	0.1	0.3	0.125	0.025
3a-2	39.494	-54.712	2.222	39.491	-54.713	3.222	0.1	0.2	0.15	0.05
3a-3	43.174	-54.704	2.525	43.177	-54.698	3.525	-0.6	-0.5	-0.55	0.05
3a-4	46.778	-54.635	1.790	46.777	-54.635	2.790	0.0	0.2	0.025	0.025
3a-5	35.880	-58.312	1.873	35.875	-58.310	2.873	-0.2	-0.32	-0.26	0.06
3a-6	39.580	-58.606	1.396	39.576	-58.613	2.396	0.7	0.8	0.75	0.05
3a-7	43.023	-58.617	1.474	43.017	-58.623	2.474	0.6	0.8	0.615	0.015
3a-8	46.751	-58.476	1.549	46.749	-58.474	2.549	-0.2	-0.22	-0.21	0.01
3b-1	36.332	-14.533	2.396	36.335	-14.534	3.396	0.1	0.2	0.15	0.05
3b-2	39.825	-14.508	2.106	39.818	-14.514	3.106	0.6	0.8	0.61	0.01
3b-3	43.415	-14.575	3.120	43.416	-14.577	4.120	0.2	0.3	0.25	0.05
3b-4	47.257	-14.430	4.720	47.253	-14.446	5.720	1.6	1.73	1.665	0.065
3b-5	36.239	-17.169	2.028	36.239	-17.173	3.028	0.4	0.4	0.4	0
3b-6	39.888	-17.092	3.036	39.887	-17.094	4.036	0.2	0.31	0.255	0.055
3b-7	43.488	-17.210	2.439	43.487	-17.210	3.439	0.0	0.2	0.01	0.01
3b-8	47.087	-17.119	1.463	47.088	-17.126	2.463	0.7	0.75	0.725	0.025
3c-1	36.118	-9.239	1.803	36.114	-9.236	2.803	-0.3	-0.35	-0.325	0.025

	下視點			上視點			初始上下視點水平偏移量(cm)		平均值(cm)	平均值與最大值之差值(cm)
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	1st	2nd		
3c-2	41.616	-9.284	1.619	41.618	-9.284	2.619	0.0	0.10	0.05	0.05
3c-3	47.146	-9.335	1.489	47.145	-9.327	2.489	-0.8	-0.85	-0.825	0.025
3c-4	38.822	-11.911	1.232	38.819	-11.913	2.232	0.2	0.2	0.2	0.00
3c-5	43.093	-11.985	1.016	43.100	-11.984	2.016	-0.1	0.0	-0.05	0.05
3c-6	47.066	-12.010	1.068	47.060	-11.997	2.068	-1.3	-1.4	-1.35	0.05
3d-1	39.213	12.552	0.586	39.209	12.548	1.586	0.4	0.4	0.4	0.00
3d-2	44.698	12.489	0.404	44.699	12.487	1.404	0.2	0.2	0.2	0.00
3d-3	36.455	8.129	1.745	36.457	8.132	2.745	-0.3	-0.3	-0.3	0.00
3d-4	41.997	8.040	1.687	41.996	8.049	2.687	-0.9	-0.8	-0.85	0.05
3d-5	47.466	7.958	1.854	47.475	7.959	2.854	-0.1	0.0	-0.05	0.05

圖 5.92 水頭港區浮動碼頭 PS3 基樁點雲圖

4.量測結果討論

各港區藉由 3D 光達量測浮動碼頭各基樁傾斜率，除水頭港區浮動碼頭 PS2 因無第一次量測結果故無法比較外，其兩次 3D 光達量測水平偏移量最大差值(平均值與最大值差值的絕對值)九宮港區 PJ 介於 0～0.05 cm；水頭港區 PS1 介於 0.01～0.05 cm、PS3 介於 0～0.065 cm。

5.3.4 浮動碼頭基樁與浮箱鋼材現況調查

浮動碼頭基樁與浮箱鋼材目視結果已於表 5-48～表 5-49 說明，以下將就「電位檢測」與「鋼板厚度檢測」檢測結果說明如下：

1.基樁電位檢測：

水頭與九宮各浮動碼頭基樁保護電位與陽極塊發生電位，量測結果如表 5-63～表 5-70 所示，水頭港區 PS3 與九宮港區 PJ 的 C、D 基樁之保護電位大於 -780 mV，未能保護基樁鋼材免於腐蝕外 (針對異常部分並另於 104 年 6 月 2 日再進行一次量測，其結果如表 5-52、表 5-53 所示) ，餘均小於-780 mV，既有防蝕措施，已達保護基樁鋼材之目的。水頭港區 PS3 與九宮港區 PJ 的 C、D 基樁部分，建議比照其他碼頭安裝鋁合金犧牲陽極塊之防蝕措施，避免鋼材持續腐蝕。

表 5-63 水頭港區 PS1 浮動碼頭基樁保護電位量測結果

編號	水深(m)			編號	水深(m)		
	-0.5	-1.0	-2.0		-0.5	-1.0	-2.0
A1	-941	-942	-943	B1	-868	-909	-934
A2	-950	-949	-950	B2	-921	-922	-924
A3	-951	-952	-953	B3	-931	-940	-942
A4	-945	-944	-940	B4	-937	-936	-938
A5	-947	-947	-948	B5	-941	-941	-940
A6	-952	-951	-951	B6	-914	-909	-917
A7	-952	-953	-952	B7	-937	-937	-938
				B8	-938	-939	-940
C1	-865	-847	-853	D1	-861	-869	-879
C2	-830	-844	-861	D2	-859	-867	-875
C3	-847	-855	-869	D3	-864	-870	-877
C4	-851	-863	-874	D4	-868	-874	-880
C5	-855	-864	-876	D5	-865	-873	-880
C6	-853	-866	-875	---	---	---	---
C7	-856	-865	-877	---	---	---	---
C8	-858	-864	-877	---	---	---	---

表 5-64 水頭港區 PS2 浮動碼頭基樁保護電位量測結果

編號	水深(m)			編號	水深(m)		
	-0.5	-1.0	-2.0		-0.5	-1.0	-2.0
A1	-842	-847	-854	B1	-811	-809	-807
A2	-853	-855	-863	B2	-807	-808	-809
A3	-851	-855	-865	B3	-816	-817	-821
A4	-839	-848	-859	B4	-819	-822	-824
A5	-830	-841	-857	B5	-816	-811	-815
A6	-833	-842	-858	B6	-819	-819	-820
A7	-841	-852	-863	B7	-825	-824	-827
A8	-805	-830	-856	B8	-823	-822	-825
---	---	---	---	B9	-828	-828	-828
---	---	---	---	B10	-827	-820	-819
---	---	---	---	B11	-820	-819	-818
---	---	---	---	B12	-819	-817	-819
---	---	---	---	B13	-830	-830	-830
---	---	---	---	B14	-826	-831	-833

表 5-65 水頭港區 PS3 浮動碼頭基樁保護電位量測結果

編號	水深(m)			編號	水深(m)		
	-0.5	-1.0	-2.0		-0.5	-1.0	-2.0
A1	-985	-986	-987	B1	-934	-927	-930
A2	-989	-989	-990	B2	-905	-912	-923
A3	-991	-991	-992	B3	-913	-919	-925
A4	-992	-993	-994	B4	-915	-911	-920
A5	-987	-988	-992	B5	-923	-917	-919
A6	-990	-992	-992	B6	-897	-898	-907
A7	-992	-993	-996	B7	-885	-887	-901
A8	-992	-993	-996	B8	-900	-905	-914
C1	-833	-854	-888	D1	-741	-764	-753
C2	-885	-844	-868	D2	-725	-761	-741
C3	-875	-867	-853	D3	-748	-704	-766
C4	-876	-843	-866	D4	-693	-720	-796
C5	-881	-868	-879	D5	-692	-688	-739
C6	-872	-844	-848	---	---	---	---

表 5-66 九宮港區 PJ 浮動碼頭基樁保護電位量測結果

編號	水深(m)			編號	水深(m)		
	-0.5	-1.0	-2.0		-0.5	-1.0	-2.0
A1	-936	-937	-943	B1	-854	-871	-905
A2	-937	-941	-949	B2	-862	-882	-910
A3	-940	-947	-954	B3	-870	-881	-899
A4	-948	-950	-955	B4	-868	-880	-886
A5	-931	-937	-949	B5	-869	-882	-904
A6	-916	-930	-946	B6	-876	-882	-901
A7	-928	-940	-952	B7	-879	-882	-892
A8	-945	-949	-952	---	---	---	---
C1	-615	-631	-619	D1	-630	-631	-630
C2	-618	-621	-619	D2	-629	-630	-628
C3	-616	-617	-617	D3	-627	-627	-629
C4	-617	-616	-616	D4	-618	-626	-625
C5	-616	-617	-650	D5	-631	-640	-630
---	---	---	---	D6	-628	-626	-630

表 5-67 水頭港區 PS1 浮動碼頭基樁陽極塊發生電位量測結果

編號	位置			編號	位置		
	上	中	下		上	中	下
A1	-949	-947	-953	B1	-942	-943	-937
A2	-949	-947	-948	B2	-926	-927	-925
A3	-958	-958	-958	B3	-943	-943	-942
A4	-942	-942	-943	B4	-939	-940	-941
A5	-949	-948	-949	B5	-901	-904	-905
A6	-958	-957	-958	B6	-922	-924	-925
A7	-955	-957	-959	B7	-943	-942	-941
				B8	-946	-947	-946
C1	-865	-847	-853	D1	-887	-888	-887
C2	-830	-844	-861	D2	-887	-887	-886
C3	-847	-855	-869	D3	-887	-886	-886
C4	-851	-863	-874	D4	-888	-889	-889
C5	-855	-864	-876	D5	-887	-887	-887
C6	-853	-866	-875	---	---	---	---
C7	-856	-865	-877	---	---	---	---
C8	-858	-864	-877	---	---	---	---

表 5-68 水頭港區 PS2 浮動碼頭基樁陽極塊發生電位量測結果

編號	位置			編號	位置		
	上	中	下		上	中	下
A1	-900	-914	-907	B1	-808	-808	-810
A2	-877	-877	-876	B2	-812	-810	-810
A3	-876	-876	-877	B3	-824	-822	-819
A4	-909	-932	-929	B4	-822	-824	-823
A5	-925	-937	-942	B5	-812	-819	-815
A6	-916	-936	-926	B6	-821	-820	-820
A7	-916	-926	-910	B7	-821	-826	-827
A8	-916	-937	-941	B8	-825	-826	-826
---	---	---	---	B9	-827	-829	-828
---	---	---	---	B10	-819	-819	-820
---	---	---	---	B11	-816	-818	-819
---	---	---	---	B12	-820	-821	-820
---	---	---	---	B13	-830	-829	-829
---	---	---	---	B14	-829	-833	-832

表 5-69 水頭港區 PS3 浮動碼頭基樁陽極塊發生電位量測結果

編號	位置			編號	位置		
	上	中	下		上	中	下
A1 右	-991	-993	-993	A1 左	-989	-990	-990
A2 右	-990	-990	-990	A2 左	-992	-994	-994
A3 右	-993	-994	-993	A3 左	-993	-993	-993
A4 右	-998	-1000	-1001	A4 左	-999	-1001	-1000
A5 右	-997	-999	-1000	A5 左	-1002	-1003	-1003
A6 右	-994	-995	-994	A6 左	-996	-998	-997
A7 右	-998	-1002	-1003	A7 左	-998	-998	-997
A8 右	-998	-1000	-1002	A8 左	-998	-999	-999
B1 右	-929	-927	-932	B1 左	-929	-928	-933
B2 左	-926	-931	-933	B2 左	-929	-929	-928
B3 右	-925	-922	-924	B3 左	-923	-929	-925
B4 右	-923	-926	-929	B4 左	-924	-926	-925
B5 右	-917	-917	-920	B5 左	-910	-910	-909
B6 右	-914	-915	-915	B6 左	-901	-903	-901
B7 右	-920	-917	-919	B7 左	-908	-912	-919
B8 右	-917	-919	-920	B8 左	-920	-923	-925
C 區	未安裝						
D 區	未安裝						

表 5-70 九宮港區 PJ 浮動碼頭基樁陽極塊發生電位量測結果

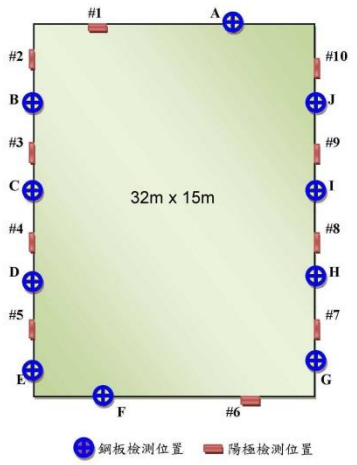
編號	位置			編號	位置		
	上	中	下		上	中	下
A1 右	-954	-961	-964	A1 左	-955	-964	-967
A2 右	-955	-957	-955	A2 左	-959	-962	-960
A3 右	-952	-953	-955	A3 左	-958	-963	-973
A4 右	-964	-968	-965	A4 左	-966	-973	-969
A5 右	-962	-967	-960	A5 左	-957	-961	-967
A6 右	-955	-962	-954	A6 左	-955	-956	-961
A7 右	-963	-968	-964	A7 左	-956	-964	-968
A8 右	-960	-965	-963	A8 左	-960	-963	-965
B1 右	-914	-923	-929	B1 左	-909	-919	-898
B2 左	-917	-906	-900	B2 左	-917	-920	-926
B3 右	-904	-910	-907	B3 左	-910	-901	-897
B4 右	---	---	---	B4 左	-899	-902	-897
B5 右	-910	-926	-931	B5 左	-908	-907	-911
B6 右	-901	-902	-904	B6 左	-914	-920	-905
B7 右	-900	-911	-910	B7 左	-901	-908	-900
C 區	未安裝						
D 區	未安裝						

2.浮箱電位檢測：

水頭與九宮各浮動碼頭浮箱保護電位與陽極塊發生電位量測結果如表 5-71～表 5-76 所示。原水頭港區 PS3 與九宮港區 PJ 的 C、D 小沉箱保護電位高於 -780 mV 外，餘均小於-780 mV。

表 5-71 水頭港區浮動碼頭 PS1 浮箱 P1 保護電位與陽極塊發生電位量測結果

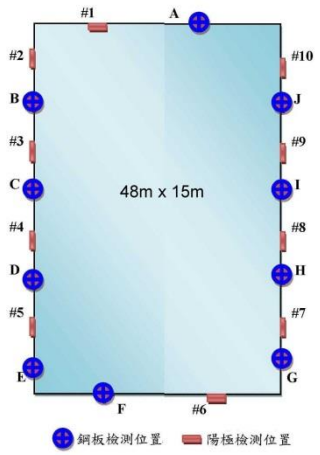
鋼板編號	檢測位置			陽極塊編號	海生物清除前	海生物清除後
	上	中	下			
A	-980	-978	-975	#1	-982	-1011
B	-975	-972	-971	#2	-976	-1004
C	-963	-964	-961	#3	-975	-991
D	-961	-946	-947	#4	-972	-985
E	-959	-958	-960	#5	-971	-988
F	-966	-968	-970	#6	-974	-983
G	-979	-971	-967	#7	-986	-1003
H	-984	-986	-981	#8	-968	-981
I	-865	-864	-857	#9	-973	-980
J	-974	-975	-977	#10	-977	-989



檢測位置示意

表 5-72 水頭港區浮動碼頭 PS2 浮箱 P1 保護電位與陽極塊發生電位量測結果

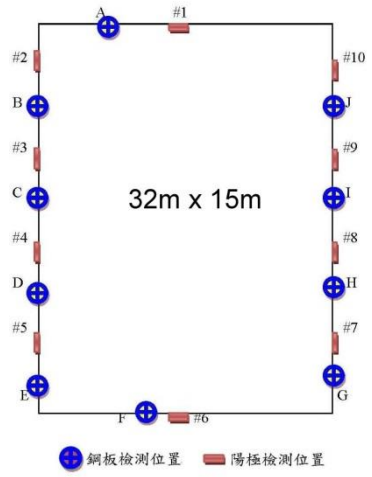
鋼板編號	檢測位置 上	檢測位置 中	檢測位置 下	陽極塊編號	海生物清除前	海生物清除後
A	-875	-874	-875	#1	-976	-985
B	-924	-1038	-1026	#2	-1054	-1062
C	-1015	-1069	-1046	#3	-982	-991
D	-999	-1001	-989	#4	-982	-997
E	-997	-1003	-988	#5	-978	-995
F	-938	-950	-943	#6	-986	-994
G	-943	-1047	-1074	#7	-998	-1008
H	-1082	-1092	-1065	#8	-1004	-1010
I	-1062	-1054	-1050	#9	-1001	-1002
J	-985	-981	-964	#10	-989	-990



檢測位置示意

表 5-73 水頭港區浮動碼頭 PS3 浮箱 P1 保護電位與陽極塊發生電位量測結果

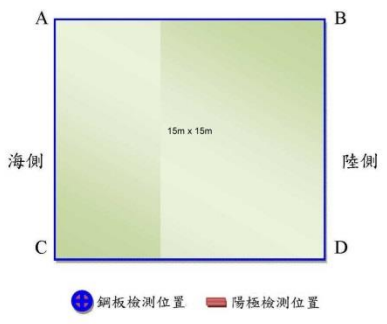
鋼板編號	檢測位置 上	檢測位置 中	檢測位置 下	陽極塊編號	海生物清除前	海生物清除後
A	-570	-581	-588	#1	-567	-574
B	-623	-618	-616	#2	-638	-739
C	-628	-627	-628	#3	-628	-666
D	-668	-668	-669	#4	-631	-690
E	-620	-612	-614	#5	-626	-688
F	-592	-595	-607	#6	-587	-591
G	-647	-651	-642	#7	-637	-767
H	-642	-639	-634	#8	-647	-681
I	-655	-653	-647	#9	-634	-810
J	-643	-650	-642	#10	-633	-811



檢測位置示意

表 5-74 水頭港區浮動碼頭 PS3 浮箱 P2 保護電位與陽極塊發生電位量測結果

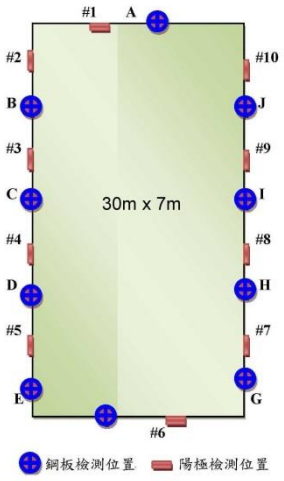
鋼板編號	檢測位置		
	上	中	下
A	-588	-589	-591
B	-585	-587	-589
C	-575	-577	-578
D	-583	-585	-584
---	---	---	---
---	---	---	---
---	---	---	---
---	---	---	---



檢測位置示意圖

表 5-75 水頭港區五緣蕓船保護電位與陽極塊發生電位量測結果

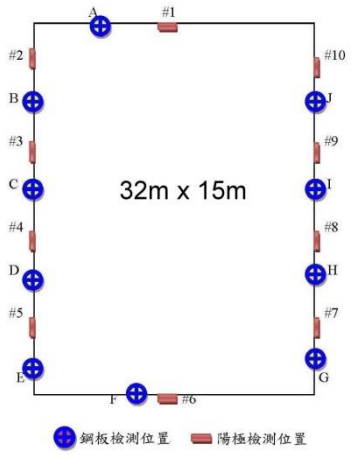
鋼板編號	檢測位置			陽極塊編號	海生物清除前	海生物清除後
	上	中	下			
A	-908	-906	-905	#1	-902	-911
B	-910	-920	-923	#2	-928	-948
C	-920	-923	-921	#3	-919	-923
D	-924	-922	-921	#4	-925	-930
E	-928	-927	-924	#5	-952	-964
F	-921	-927	-922	#6	-923	-927
G	-936	-933	-932	#7	-940	-958
H	-940	-941	-939	#8	-948	-961
I	-941	-930	-928	#9	-951	-964
J	-936	-932	-931	#10	-934	-957



檢測位置示意

表 5-76 九宮港區浮動碼頭 PJ 浮箱 P1 保護電位與陽極塊發生電位量測結果

鋼板編號	檢測位置 上	檢測位置 中	檢測位置 下	陽極塊編號	海生物清除前	海生物清除後
A	-718	-628	-653	#1	-653	-709
B	-699	-698	-696	#2	-709	-780
C	-761	-699	-694	#3	-709	-751
D	-739	-733	-732	#4	-739	-810
E	-720	-722	-725	#5	-761	-854
F	-649	-662	-673	#6	-666	-675
G	-718	-721	-715	#7	-709	-809
H	-714	-713	-709	#8	-718	-809
I	-728	-729	-725	#9	-722	-898
J	-704	-703	-701	#10	-715	-753



檢測位置示意

3.浮動碼頭基樁鋼板厚度檢測：

水頭與九宮各浮動碼頭基樁鋼板厚度檢測與腐蝕速率結果如表 5-77 及表 5-78 所示。各碼頭基樁鋼板腐蝕速率界於 0.02～0.12 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.12 mm/yr.)，由於基樁使用時間均尚未達設計年限(20 年)，建議應後續仍應實施定期檢測，確保碼頭結構使用安全。

表 5-77 水頭港區 PS1~3 浮動碼頭基樁鋼板厚度檢測結果

測定位置	高程(m)	原厚度(mm)	現有厚度(mm) 1	現有厚度(mm) 2	現有厚度(mm) 3	平均厚度(mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率(mm/yr.)
PS1 浮動碼頭								
A1	+1.0	19.00	18.45	18.55	18.45	18.48	0.52	0.06
	±0.0	19.00	18.50	18.45	18.40	18.45	0.55	0.06
	-1.0	19.00	18.50	18.40	18.45	18.45	0.55	0.06
A2	+1.0	19.00	18.40	18.45	18.50	18.45	0.55	0.06
	±0.0	19.00	18.45	18.50	18.40	18.45	0.55	0.06
	-1.0	19.00	18.45	18.50	18.50	18.48	0.52	0.06
A3	+1.0	19.00	18.45	18.45	18.50	18.47	0.53	0.06
	±0.0	19.00	18.50	18.55	18.50	18.52	0.48	0.05
	-1.0	19.00	18.60	18.60	18.65	18.62	0.38	0.04
A4	+1.0	19.00	18.60	18.65	18.60	18.62	0.38	0.04
	±0.0	19.00	18.60	18.65	18.70	18.65	0.35	0.04

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-1.0	19.00	18.65	18.65	18.60	18.63	0.37	0.04
A5	+1.0	19.00	18.60	18.65	18.60	18.62	0.38	0.04
	±0.0	19.00	18.65	18.70	18.70	18.68	0.32	0.03
	-1.0	19.00	18.65	18.75	18.70	18.70	0.30	0.03
A6	+1.0	19.00	18.70	18.70	18.75	18.72	0.28	0.03
	±0.0	19.00	18.75	18.70	18.85	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.75	18.80	18.80	18.78	0.22	0.02
A7	+1.0	19.00	18.25	18.20	18.15	18.20	0.80	0.09
	±0.0	19.00	18.35	18.30	18.40	18.35	0.65	0.07
	-1.0	19.00	18.40	18.30	18.45	18.38	0.62	0.07
B1	+1.0	22.00	21.45	21.50	21.45	21.47	0.53	0.06
	±0.0	22.00	21.50	21.55	21.55	21.53	0.47	0.05
	-1.0	22.00	21.65	21.60	21.55	21.60	0.40	0.04
B2	+1.0	22.00	21.60	21.55	21.65	21.60	0.40	0.04
	±0.0	22.00	21.60	21.55	21.55	21.57	0.43	0.05
	-1.0	22.00	21.60	21.55	21.65	21.60	0.40	0.04
B3	+1.0	22.00	21.65	21.65	21.65	21.65	0.35	0.04
	±0.0	22.00	21.75	21.70	21.65	21.70	0.30	0.03
	-1.0	22.00	21.75	21.80	21.65	21.73	0.27	0.03
B4	+1.0	22.00	21.30	21.35	21.40	21.35	0.65	0.07
	±0.0	22.00	21.35	21.40	21.45	21.40	0.60	0.06
	-1.0	22.00	21.40	21.45	21.35	21.40	0.60	0.06
B5	+1.0	22.00	21.45	21.55	21.50	21.50	0.50	0.05
	±0.0	22.00	21.45	21.55	21.45	21.48	0.52	0.06
	-1.0	22.00	21.50	21.55	21.55	21.53	0.47	0.05
B6	+1.0	22.00	21.45	21.55	21.45	21.48	0.52	0.06
	±0.0	22.00	21.50	21.55	21.40	21.48	0.52	0.06
	-1.0	22.00	21.50	21.55	21.60	21.55	0.45	0.05
B7	+1.0	22.00	21.60	21.60	21.50	21.57	0.43	0.05
	±0.0	22.00	21.50	21.65	21.60	21.58	0.42	0.05
	-1.0	22.00	21.65	21.70	21.50	21.62	0.38	0.04
B8	+1.0	22.00	21.65	21.65	21.55	21.62	0.38	0.04
	±0.0	22.00	21.50	21.60	21.50	21.53	0.47	0.05
	-1.0	22.00	21.60	21.65	21.60	21.62	0.38	0.04
C1	+1.0	19.00	18.60	18.50	18.60	18.57	0.43	0.05
	±0.0	19.00	18.65	18.50	18.45	18.53	0.47	0.05
	-1.0	19.00	18.55	18.50	18.60	18.55	0.45	0.05
C2	+1.0	19.00	18.50	18.70	18.65	18.62	0.38	0.04
	±0.0	19.00	18.60	18.65	18.60	18.62	0.38	0.04
	-1.0	19.00	18.75	18.70	18.75	18.73	0.27	0.03

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
C3	+1.0	19.00	18.65	18.60	18.75	18.67	0.33	0.04
	±0.0	19.00	18.70	18.65	18.75	18.70	0.30	0.03
	-1.0	19.00	18.70	18.80	18.75	18.75	0.25	0.03
C4	+1.0	19.00	18.70	18.55	18.55	18.60	0.40	0.04
	±0.0	19.00	18.65	18.60	18.60	18.62	0.38	0.04
	-1.0	19.00	18.55	18.60	18.60	18.58	0.42	0.05
C5	+1.0	19.00	18.65	18.60	18.65	18.63	0.37	0.04
	±0.0	19.00	18.50	18.55	18.60	18.55	0.45	0.05
	-1.0	19.00	18.55	18.75	18.60	18.63	0.37	0.04
C6	+1.0	19.00	18.75	18.75	18.70	18.73	0.27	0.03
	±0.0	19.00	18.65	18.70	18.60	18.65	0.35	0.04
	-1.0	19.00	18.70	18.75	18.65	18.70	0.30	0.03
C7	+1.0	19.00	18.45	18.50	18.55	18.50	0.50	0.05
	±0.0	19.00	18.60	18.50	18.65	18.58	0.42	0.05
	-1.0	19.00	18.40	18.45	18.40	18.42	0.58	0.06
C8	+1.0	19.00	18.50	18.45	18.50	18.48	0.52	0.06
	±0.0	19.00	18.50	18.55	18.55	18.53	0.47	0.05
	-1.0	19.00	18.65	18.65	18.45	18.58	0.42	0.05
D1	+1.0	19.00	18.60	18.55	18.70	18.62	0.38	0.04
	±0.0	19.00	18.55	18.60	18.65	18.60	0.40	0.04
	-1.0	19.00	18.60	18.65	18.65	18.63	0.37	0.04
D2	+1.0	19.00	18.75	18.70	18.65	18.70	0.30	0.03
	±0.0	19.00	18.60	18.70	18.70	18.67	0.33	0.04
	-1.0	19.00	18.65	18.75	18.70	18.70	0.30	0.03
D3	+1.0	19.00	18.60	18.65	18.65	18.63	0.37	0.04
	±0.0	19.00	18.70	18.70	18.75	18.72	0.28	0.03
	-1.0	19.00	18.75	18.75	18.70	18.73	0.27	0.03
D4	+1.0	19.00	18.60	18.70	18.80	18.70	0.30	0.03
	±0.0	19.00	18.75	18.65	18.65	18.68	0.32	0.03
	-1.0	19.00	18.75	18.70	18.75	18.73	0.27	0.03
PS2 浮動碼頭								
A1	+1.0	22.00	21.65	21.70	21.65	21.67	0.33	0.08
	±0.0	22.00	21.70	21.75	21.75	21.73	0.27	0.06
	-1.0	22.00	21.80	21.70	21.75	21.75	0.25	0.06
A2	+1.0	22.00	21.70	21.75	21.85	21.77	0.23	0.05
	±0.0	22.00	21.80	21.80	21.75	21.78	0.22	0.05
	-1.0	22.00	21.70	21.75	21.75	21.73	0.27	0.06
A3	+1.0	22.00	21.80	21.75	21.75	21.77	0.23	0.05
	±0.0	22.00	21.80	21.70	21.75	21.75	0.25	0.06
	-1.0	22.00	21.70	21.80	21.75	21.75	0.25	0.06

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
A4	+1.0	22.00	21.65	21.60	21.70	21.65	0.35	0.08
	±0.0	22.00	21.65	21.65	21.75	21.68	0.32	0.07
	-1.0	22.00	21.65	21.65	21.65	21.65	0.35	0.08
A5	+1.0	22.00	21.75	21.75	21.75	21.75	0.25	0.06
	±0.0	22.00	21.70	21.75	21.75	21.73	0.27	0.06
	-1.0	22.00	21.80	21.70	21.80	21.77	0.23	0.05
A6	+1.0	22.00	21.80	21.75	21.80	21.78	0.22	0.05
	±0.0	22.00	21.85	21.75	21.85	21.82	0.18	0.04
	-1.0	22.00	21.80	21.75	21.80	21.78	0.22	0.05
A7	+1.0	22.00	21.70	21.65	21.75	21.70	0.30	0.07
	±0.0	22.00	21.70	21.75	21.70	21.72	0.28	0.07
	-1.0	22.00	21.80	21.75	21.70	21.75	0.25	0.06
A8	+1.0	22.00	21.70	21.75	21.75	21.73	0.27	0.06
	±0.0	22.00	21.75	21.75	21.80	21.77	0.23	0.05
	-1.0	22.00	21.75	21.80	21.75	21.77	0.23	0.05
B1	+1.0	22.00	21.80	21.75	21.75	21.77	0.23	0.05
	±0.0	22.00	21.80	21.85	21.70	21.78	0.22	0.05
	-1.0	22.00	21.85	21.80	21.70	21.78	0.22	0.05
B2	+1.0	22.00	21.65	21.70	21.70	21.68	0.32	0.07
	±0.0	22.00	21.75	21.75	21.70	21.73	0.27	0.06
	-1.0	22.00	21.80	21.70	21.75	21.75	0.25	0.06
B3	+1.0	22.00	21.80	21.80	21.70	21.77	0.23	0.05
	±0.0	22.00	21.85	21.75	21.80	21.80	0.20	0.05
	-1.0	22.00	21.80	21.75	21.85	21.80	0.20	0.05
B4	+1.0	22.00	21.85	21.75	21.75	21.78	0.22	0.05
	±0.0	22.00	21.80	21.85	21.75	21.80	0.20	0.05
	-1.0	22.00	21.85	21.75	21.80	21.80	0.20	0.05
B5	+1.0	22.00	21.60	21.55	21.65	21.60	0.40	0.09
	±0.0	22.00	21.65	21.70	21.65	21.67	0.33	0.08
	-1.0	22.00	21.65	21.75	21.65	21.68	0.32	0.07
B6	+1.0	22.00	21.70	21.65	21.75	21.70	0.30	0.07
	±0.0	22.00	21.70	21.60	21.75	21.68	0.32	0.07
	-1.0	22.00	21.75	21.65	21.75	21.72	0.28	0.07
B7	+1.0	22.00	21.70	21.75	21.75	21.73	0.27	0.06
	±0.0	22.00	21.70	21.75	21.75	21.73	0.27	0.06
	-1.0	22.00	21.80	21.85	21.85	21.83	0.17	0.04
B8	+1.0	22.00	21.70	21.70	21.70	21.70	0.30	0.07
	±0.0	22.00	21.75	21.75	21.85	21.78	0.22	0.05
	-1.0	22.00	21.80	21.70	21.75	21.75	0.25	0.06
B9	+1.0	22.00	21.80	21.75	21.70	21.75	0.25	0.06

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	±0.0	22.00	21.85	21.80	21.75	21.80	0.20	0.05
	-1.0	22.00	21.85	21.80	21.75	21.80	0.20	0.05
B10	+1.0	22.00	21.85	21.75	21.80	21.80	0.20	0.05
	±0.0	22.00	21.80	21.85	21.85	21.83	0.17	0.04
	-1.0	22.00	21.80	21.90	21.80	21.83	0.17	0.04
B11	+1.0	22.00	21.50	21.60	21.55	21.55	0.45	0.11
	±0.0	22.00	21.50	21.55	21.55	21.53	0.47	0.11
	-1.0	22.00	21.60	21.65	21.55	21.60	0.40	0.09
B12	+1.0	22.00	21.70	21.70	21.65	21.68	0.32	0.07
	±0.0	22.00	21.75	21.80	21.80	21.78	0.22	0.05
	-1.0	22.00	21.80	21.80	21.85	21.82	0.18	0.04
B13	+1.0	22.00	21.85	21.90	22.00	21.92	0.08	0.02
	±0.0	22.00	21.50	21.85	21.60	21.65	0.35	0.08
	-1.0	22.00	21.65	21.50	21.55	21.57	0.43	0.10
B14	+1.0	22.00	21.65	21.70	21.65	21.67	0.33	0.08
	±0.0	22.00	21.60	21.65	21.70	21.65	0.35	0.08
	-1.0	22.00	21.60	21.65	21.65	21.63	0.37	0.09
PJ3 浮動碼頭								
A1	+1.0	25.00	24.75	24.65	24.65	24.68	0.32	0.06
	±0.0	25.00	24.65	24.70	24.65	24.67	0.33	0.07
	-1.0	25.00	24.65	24.65	24.75	24.68	0.32	0.06
A2	+1.0	25.00	24.65	24.55	24.65	24.62	0.38	0.08
	±0.0	25.00	24.85	24.80	24.85	24.83	0.17	0.03
	-1.0	25.00	24.70	24.65	24.75	24.70	0.30	0.06
A3	+1.0	25.00	24.75	24.70	24.70	24.72	0.28	0.06
	±0.0	25.00	24.70	24.75	24.70	24.72	0.28	0.06
	-1.0	25.00	24.75	24.75	24.80	24.77	0.23	0.05
A4	+1.0	25.00	24.55	24.65	24.65	24.62	0.38	0.08
	±0.0	25.00	24.60	24.55	24.65	24.60	0.40	0.08
	-1.0	25.00	24.65	24.65	24.70	24.67	0.33	0.07
A5	+1.0	25.00	24.65	24.70	24.70	24.68	0.32	0.06
	±0.0	25.00	24.70	24.75	24.70	24.72	0.28	0.06
	-1.0	25.00	24.70	24.70	24.75	24.72	0.28	0.06
A6	+1.0	25.00	24.75	24.75	24.75	24.75	0.25	0.05
	±0.0	25.00	24.75	24.85	24.80	24.80	0.20	0.04
	-1.0	25.00	24.80	24.85	24.80	24.82	0.18	0.04
A7	+1.0	25.00	24.65	24.65	24.60	24.63	0.37	0.07
	±0.0	25.00	24.55	24.65	24.75	24.65	0.35	0.07
	-1.0	25.00	24.70	24.75	24.75	24.73	0.27	0.05
A8	+1.0	25.00	24.70	24.65	24.75	24.70	0.30	0.06

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	±0.0	25.00	24.80	24.85	24.85	24.83	0.17	0.03
	-1.0	25.00	24.80	24.85	24.85	24.83	0.17	0.03
B1	+1.0	25.00	24.85	24.70	24.75	24.77	0.23	0.05
	±0.0	25.00	24.75	24.75	24.70	24.73	0.27	0.05
	-1.0	25.00	24.85	24.80	24.80	24.82	0.18	0.04
B2	+1.0	25.00	24.80	24.85	24.75	24.80	0.20	0.04
	±0.0	25.00	24.80	24.70	24.70	24.73	0.27	0.05
	-1.0	25.00	24.80	24.85	24.80	24.82	0.18	0.04
B3	+1.0	25.00	24.80	24.65	24.75	24.73	0.27	0.05
	±0.0	25.00	24.70	24.65	24.75	24.70	0.30	0.06
	-1.0	25.00	24.70	24.80	24.75	24.75	0.25	0.05
B4	+1.0	25.00	24.85	24.75	24.75	24.78	0.22	0.04
	±0.0	25.00	24.70	24.85	24.70	24.75	0.25	0.05
	-1.0	25.00	24.80	24.85	24.75	24.80	0.20	0.04
B5	+1.0	25.00	24.75	24.80	24.80	24.78	0.22	0.04
	±0.0	25.00	24.85	24.80	24.80	24.82	0.18	0.04
	-1.0	25.00	24.90	24.80	24.90	24.87	0.13	0.03
B6	+1.0	25.00	24.55	24.65	24.60	24.60	0.40	0.08
	±0.0	25.00	24.65	24.65	24.70	24.67	0.33	0.07
	-1.0	25.00	24.70	24.60	24.65	24.65	0.35	0.07
B7	+1.0	25.00	24.75	24.60	24.70	24.68	0.32	0.06
	±0.0	25.00	24.70	24.60	24.60	24.63	0.37	0.07
	-1.0	25.00	24.75	24.70	24.65	24.70	0.30	0.06
C1	+1.0	16.00	15.55	15.60	15.60	15.58	0.42	0.03
	±0.0	16.00	15.60	15.65	15.70	15.65	0.35	0.02
	-1.0	16.00	15.60	15.65	15.65	15.63	0.37	0.02
C2	+1.0	16.00	15.70	15.60	15.65	15.65	0.35	0.02
	±0.0	16.00	15.70	15.55	15.60	15.62	0.38	0.03
	-1.0	16.00	15.80	15.70	15.70	15.73	0.27	0.02
C3	+1.0	16.00	15.30	15.40	15.60	15.43	0.57	0.04
	±0.0	16.00	15.45	15.45	15.50	15.47	0.53	0.03
	-1.0	16.00	15.30	15.45	15.40	15.38	0.62	0.04
C4	+1.0	16.00	15.45	15.45	15.45	15.45	0.55	0.04
	±0.0	16.00	15.40	15.55	15.55	15.50	0.50	0.03
	-1.0	16.00	15.60	15.60	15.55	15.58	0.42	0.03
C5	+1.0	16.00	15.50	15.50	15.60	15.53	0.47	0.03
	±0.0	16.00	15.55	15.70	15.65	15.63	0.37	0.02
	-1.0	16.00	15.50	15.65	15.65	15.60	0.40	0.03
D1	+1.0	16.00	15.30	15.25	15.30	15.28	0.72	0.05
	±0.0	16.00	15.40	15.35	15.35	15.37	0.63	0.04

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-1.0	16.00	15.40	15.35	15.35	15.37	0.63	0.04
D2	+1.0	16.00	15.45	15.40	15.50	15.45	0.55	0.04
	±0.0	16.00	15.45	15.40	15.45	15.43	0.57	0.04
	-1.0	16.00	15.30	15.35	15.35	15.33	0.67	0.04
D3	+1.0	16.00	15.20	15.20	15.25	15.22	0.78	0.05
	±0.0	16.00	15.40	15.30	15.35	15.35	0.65	0.04
	-1.0	16.00	15.30	15.40	15.35	15.35	0.65	0.04
D4	+1.0	16.00	15.50	15.20	15.45	15.38	0.62	0.04
	±0.0	16.00	15.35	15.40	15.30	15.35	0.65	0.04
	-1.0	16.00	15.65	15.60	15.60	15.62	0.38	0.03
D5	+1.0	16.00	15.55	15.65	15.60	15.60	0.40	0.03
	±0.0	16.00	15.55	15.55	15.65	15.58	0.42	0.03
	-1.0	16.00	15.60	15.70	15.65	15.65	0.35	0.02
D6	+1.0	16.00	15.70	15.60	15.65	15.65	0.35	0.02
	±0.0	16.00	15.70	15.60	15.65	15.65	0.35	0.02
	-1.0	16.00	15.80	15.75	15.75	15.77	0.23	0.02

表 5-78 九宮港區 PJ 浮動碼頭基樁鋼板厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
A1	+1.0	24.55	24.55	24.65	24.58	0.42	0.08	0.06
	±0.0	24.75	24.60	24.65	24.67	0.33	0.07	0.06
	-1.0	24.70	24.75	24.75	24.73	0.27	0.05	0.06
A2	+1.0	24.65	24.65	24.75	24.68	0.32	0.06	0.06
	±0.0	24.65	24.60	24.65	24.63	0.37	0.07	0.06
	-1.0	24.70	24.75	24.75	24.73	0.27	0.05	0.06
A3	+1.0	24.75	24.75	24.70	24.73	0.27	0.05	0.06
	±0.0	24.80	24.70	24.70	24.73	0.27	0.05	0.05
	-1.0	24.75	24.85	24.80	24.80	0.20	0.04	0.04
A4	+1.0	24.55	24.65	24.65	24.62	0.38	0.08	0.04
	±0.0	24.60	24.60	24.70	24.63	0.37	0.07	0.04
	-1.0	24.75	24.75	24.70	24.73	0.27	0.05	0.04
A5	+1.0	24.70	24.75	24.55	24.67	0.33	0.07	0.04
	±0.0	24.70	24.75	24.70	24.72	0.28	0.06	0.03
	-1.0	24.70	24.75	24.75	24.73	0.27	0.05	0.03
A6	+1.0	24.65	24.85	24.80	24.77	0.23	0.05	0.03
	±0.0	24.75	24.85	24.80	24.80	0.20	0.04	0.03
	-1.0	24.90	24.95	24.90	24.92	0.08	0.02	0.02
A7	+1.0	24.65	24.55	24.65	24.62	0.38	0.08	0.06
	±0.0	24.70	24.65	24.75	24.70	0.30	0.06	0.06
	-1.0	24.70	24.75	24.70	24.72	0.28	0.06	0.06
A8	+1.0	24.65	24.65	24.75	24.68	0.32	0.06	0.06
	±0.0	24.70	24.75	24.75	24.73	0.27	0.05	0.06
	-1.0	24.80	24.70	24.65	24.72	0.28	0.06	0.06
B1	+1.0	24.80	24.75	24.75	24.77	0.23	0.05	0.06
	±0.0	24.85	24.85	24.80	24.83	0.17	0.03	0.05
	-1.0	24.70	24.75	24.75	24.73	0.27	0.05	0.04
B2	+1.0	24.65	24.75	24.75	24.72	0.28	0.06	0.04
	±0.0	24.65	24.65	24.65	24.65	0.35	0.07	0.04
	-1.0	24.70	24.70	24.70	24.70	0.30	0.06	0.04
B3	+1.0	24.70	24.80	24.75	24.75	0.25	0.05	0.04
	±0.0	24.80	24.70	24.70	24.73	0.27	0.05	0.03
	-1.0	24.75	24.75	24.70	24.73	0.27	0.05	0.03
B4	+1.0	24.70	24.80	24.70	24.73	0.27	0.05	0.03
	±0.0	24.80	24.70	24.70	24.73	0.27	0.05	0.03
	-1.0	24.80	24.80	24.75	24.78	0.22	0.04	0.02
B5	+1.0	24.65	24.70	24.65	24.67	0.33	0.07	0.06
	±0.0	24.75	24.70	24.65	24.70	0.30	0.06	0.06
	-1.0	24.65	24.70	24.70	24.68	0.32	0.06	0.06

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
B6	+1.0	24.85	24.70	24.75	24.77	0.23	0.05	0.06
	±0.0	24.75	24.75	24.70	24.73	0.27	0.05	0.06
	-1.0	24.85	24.80	24.80	24.82	0.18	0.04	0.06
B7	+1.0	24.80	24.85	24.75	24.80	0.20	0.04	0.06
	±0.0	24.80	24.70	24.70	24.73	0.27	0.05	0.05
	-1.0	24.80	24.85	24.80	24.82	0.18	0.04	0.04
C1	+1.0	16.00	15.50	15.50	15.60	15.53	0.47	0.03
	±0.0	16.00	15.55	15.70	15.65	15.63	0.37	0.02
	-1.0	16.00	15.50	15.65	15.65	15.60	0.40	0.03
C2	+1.0	16.00	15.10	15.30	15.30	15.23	0.77	0.05
	±0.0	16.00	15.25	15.30	15.30	15.28	0.72	0.05
	-1.0	16.00	15.20	15.30	15.30	15.27	0.73	0.05
C3	+1.0	16.00	15.55	15.50	15.50	15.52	0.48	0.03
	±0.0	16.00	15.40	15.45	15.45	15.43	0.57	0.04
	-1.0	16.00	15.50	15.60	15.50	15.53	0.47	0.03
C4	+1.0	16.00	15.60	15.65	15.65	15.63	0.37	0.02
	±0.0	16.00	15.55	15.55	15.45	15.52	0.48	0.03
	-1.0	16.00	15.60	15.50	15.50	15.53	0.47	0.03
C5	+1.0	16.00	14.85	14.90	14.50	14.75	1.25	0.08
	±0.0	16.00	14.75	14.80	14.75	14.77	1.23	0.08
	-1.0	16.00	14.80	14.85	14.80	14.82	1.18	0.08
D1	+1.0	16.00	14.85	14.85	14.90	14.87	1.13	0.07
	±0.0	16.00	14.95	14.90	14.85	14.90	1.10	0.07
	-1.0	16.00	14.85	14.90	14.95	14.90	1.10	0.07
D2	+1.0	16.00	14.90	14.90	14.95	14.92	1.08	0.07
	±0.0	16.00	14.90	14.95	14.90	14.92	1.08	0.07
	-1.0	16.00	15.00	14.85	14.85	14.90	1.10	0.07
D3	+1.0	16.00	15.60	15.60	15.65	15.62	0.38	0.03
	±0.0	16.00	15.55	15.60	15.60	15.58	0.42	0.03
	-1.0	16.00	15.60	15.70	15.70	15.67	0.33	0.02
D4	+1.0	16.00	15.65	15.55	15.65	15.62	0.38	0.03
	±0.0	16.00	15.65	15.70	15.70	15.68	0.32	0.02
	-1.0	16.00	15.75	15.75	15.70	15.73	0.27	0.02
D5	+1.0	16.00	15.75	15.65	15.65	15.68	0.32	0.02
	±0.0	16.00	15.70	15.75	15.75	15.73	0.27	0.02
	-1.0	16.00	15.70	15.60	15.75	15.68	0.32	0.02
D6	+1.0	16.00	15.80	15.70	15.70	15.73	0.27	0.02
	±0.0	16.00	15.60	15.70	15.65	15.65	0.35	0.02
	-1.0	16.00	15.20	15.30	15.25	15.25	0.75	0.05

4.浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測：

水頭與九宮各浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測與腐蝕速率結果如表 5-79～表 5-80 所示，各浮箱鋼板之腐蝕速率界於 0.00～0.12 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.12 mm/yr.)，由於浮箱裝置時間均尚未達設計年限(20 年)，建議應後續仍應實施定期檢測，確保浮箱使用安全。

表 5-79 水頭港區浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果

測定位置	高程(m)	原厚度(mm)	現有厚度(mm)			平均厚度(mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率(mm/yr.)
			1	2	3			
PS1 浮動碼頭 P1 浮箱								
1	上	13.50	13.30	13.30	13.30	13.30	0.20	0.02
	中	13.50	13.30	13.40	13.30	13.33	0.17	0.02
	下	10.00	9.40	9.50	9.50	9.47	0.53	0.05
2	上	13.50	13.50	13.50	13.40	13.47	0.03	0.00
	中	13.50	13.50	13.40	13.60	13.50	0.00	0.00
	下	10.00	9.50	9.60	9.50	9.53	0.47	0.05
3	上	13.50	13.50	13.40	13.50	13.47	0.03	0.00
	中	13.50	13.50	13.50	13.40	13.47	0.03	0.00
	下	10.00	9.50	9.50	9.40	9.47	0.53	0.05
4	上	13.50	13.30	13.30	13.20	13.27	0.23	0.02
	中	13.50	13.20	13.30	13.30	13.27	0.23	0.02
	下	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.02
5	上	13.50	13.50	13.30	13.40	13.40	0.10	0.01
	中	13.50	13.20	13.20	13.20	13.20	0.30	0.03
	下	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.02
6	上	13.50	13.40	13.40	13.50	13.43	0.07	0.01
	中	13.50	13.10	13.20	13.20	13.17	0.33	0.03
	下	10.00	9.40	9.50	9.40	9.43	0.57	0.06
7	上	13.50	13.40	13.40	13.50	13.43	0.07	0.01
	中	13.50	13.50	13.40	13.40	13.43	0.07	0.01
	下	10.00	9.60	9.70	9.80	9.70	0.30	0.03
8	上	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	中	13.50	13.40	13.50	13.40	13.43	0.07	0.01
	下	10.00	9.70	9.70	9.60	9.67	0.33	0.03
9	上	13.50	13.20	13.10	13.20	13.17	0.33	0.03
	中	13.50	13.10	13.10	13.10	13.10	0.40	0.04
	下	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.02
10	上	13.50	13.10	12.90	13.20	13.07	0.43	0.04
	中	13.50	13.10	13.30	13.20	13.20	0.30	0.03
	下	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.03
11	上	13.50	13.40	13.60	13.30	13.43	0.07	0.01

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	中	13.50	13.50	13.50	13.40	13.47	0.03	0.00
	下	10.00	9.80	9.80	9.80	9.80	0.20	0.02
12	上	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	中	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	下	10.00	9.50	9.50	9.40	9.47	0.53	0.05
13	上	13.50	13.50	13.40	13.40	13.43	0.07	0.01
	中	13.50	13.50	13.40	13.40	13.43	0.07	0.01
	下	10.00	9.60	9.60	9.60	9.60	0.40	0.04
14	上	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	中	13.50	13.40	13.40	13.50	13.43	0.07	0.01
	下	10.00	9.60	9.70	9.70	9.67	0.33	0.03
15	上	13.50	13.50	13.40	13.40	13.43	0.07	0.01
	中	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	0.00	0.00
	下	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.02
16	上	13.50	13.50	13.40	13.60	13.50	0.00	0.00
	中	13.50	13.40	13.50	13.50	13.47	0.03	0.00
	下	10.00	9.80	9.70	9.70	9.73	0.27	0.03
17	上	13.50	13.30	13.40	13.40	13.37	0.13	0.01
	中	13.50	13.30	13.50	13.50	13.43	0.07	0.01
	下	10.00	9.60	9.40	9.70	9.57	0.43	0.04
18	上	13.50	13.20	13.20	13.30	13.23	0.27	0.03
	中	13.50	13.20	13.40	13.30	13.30	0.20	0.02
	下	10.00	9.60	9.40	9.70	9.57	0.43	0.04
19	上	13.50	13.10	13.20	13.20	13.17	0.33	0.03
	中	13.50	13.40	13.40	13.30	13.37	0.13	0.01
	下	10.00	9.70	9.80	9.70	9.73	0.27	0.03
20	上	13.50	13.30	13.20	13.20	13.23	0.27	0.03
	中	13.50	13.20	13.20	13.00	13.13	0.37	0.04
	下	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.01
21	上	13.50	13.20	13.20	13.40	13.27	0.23	0.02
	中	13.50	13.50	13.50	13.40	13.47	0.03	0.00
	下	10.00	9.60	9.70	9.70	9.67	0.33	0.03
22	上	13.50	13.10	13.00	13.00	13.03	0.47	0.05
	中	13.50	13.20	13.30	13.30	13.27	0.23	0.02
	下	10.00	9.70	9.60	9.70	9.67	0.33	0.03
23	上	13.50	13.50	13.50	13.40	13.47	0.03	0.00
	中	13.50	13.40	13.50	13.30	13.40	0.10	0.01
	下	10.00	9.60	9.60	9.70	9.63	0.37	0.04
24	上	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	中	13.50	13.40	13.50	13.40	13.43	0.07	0.01
	下	10.00	9.80	9.70	9.70	9.73	0.27	0.03
25	上	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	中	13.50	13.50	13.40	13.40	13.43	0.07	0.01
	下	10.00	9.80	9.70	9.70	9.73	0.27	0.03
26	上	13.50	13.30	13.40	13.40	13.37	0.13	0.01
	中	13.50	13.30	13.50	13.60	13.47	0.03	0.00
	下	10.00	9.70	9.70	8.80	9.40	0.60	0.06
27	上	13.50	13.50	13.40	13.40	13.43	0.07	0.01
	中	13.50	13.50	13.40	13.50	13.47	0.03	0.00
	下	10.00	9.60	9.70	9.60	9.63	0.37	0.04
28	上	13.50	13.30	13.20	13.20	13.23	0.27	0.03
	中	13.50	13.30	13.40	13.30	13.33	0.17	0.02
	下	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.03
29	上	13.50	13.40	13.30	13.40	13.37	0.13	0.01
	中	13.50	13.30	13.20	13.30	13.27	0.23	0.02
	下	10.00	9.60	9.70	9.60	9.63	0.37	0.04
30	上	13.50	13.50	13.40	13.50	13.47	0.03	0.00
	中	13.50	13.40	13.30	13.50	13.40	0.10	0.01
	下	10.00	9.50	9.60	9.60	9.57	0.43	0.04
31	上	13.50	13.30	13.30	13.40	13.33	0.17	0.02
	中	13.50	13.30	13.50	13.40	13.40	0.10	0.01
	下	10.00	9.50	9.60	9.50	9.53	0.47	0.05
32	上	13.50	13.40	13.30	13.40	13.37	0.13	0.01
	中	13.50	13.60	13.30	13.30	13.40	0.10	0.01
	下	10.00	9.40	9.50	9.50	9.47	0.53	0.05
33	底部	10.00	9.50	9.50	9.50	9.50	0.50	0.05
34	底部	10.00	9.90	10.00	9.90	9.93	0.07	0.01
35	底部	12.00	10.70	10.80	10.80	10.77	1.23	0.12
36	底部	10.00	9.60	9.90	9.80	9.77	0.23	0.02
37	底部	10.00	9.70	9.70	9.90	9.77	0.23	0.02
38	底部	10.00	9.80	9.80	9.80	9.80	0.20	0.02
PS1 浮動碼頭 P2 浮箱								
1	上	13.50	13.30	13.40	13.40	13.37	0.13	0.01
	中	13.50	13.30	13.40	13.30	13.33	0.17	0.02
	下	10.00	8.70	8.50	8.70	8.63	1.37	0.14
2	上	13.50	13.40	13.50	13.40	13.43	0.07	0.01
	中	13.50	13.30	13.30	13.40	13.33	0.17	0.02
	下	10.00	9.60	9.50	9.50	9.53	0.47	0.05
3	上	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	中	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	下	10.00	9.40	9.70	9.70	9.60	0.40	0.04
4	上	13.50	13.50	13.40	13.40	13.43	0.07	0.01
	中	13.50	13.50	13.40	13.50	13.47	0.03	0.00
	下	10.00	9.20	9.00	9.30	9.17	0.83	0.08

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
5	上	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	中	13.50	13.20	13.40	13.40	13.33	0.17	0.02
	下	10.00	9.50	9.40	9.40	9.43	0.57	0.06
6	上	13.50	13.40	13.40	13.30	13.37	0.13	0.01
	中	13.50	13.30	13.30	13.30	13.30	0.20	0.02
	下	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.03
7	上	13.50	13.40	13.50	13.40	13.43	0.07	0.01
	中	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	0.00	0.00
	下	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.03
8	上	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	中	13.50	13.50	13.40	13.50	13.47	0.03	0.00
	下	10.00	9.60	9.60	9.40	9.53	0.47	0.05
9	上	13.50	13.30	13.30	13.10	13.23	0.27	0.03
	中	13.50	13.30	13.40	13.50	13.40	0.10	0.01
	下	10.00	9.30	9.40	9.40	9.37	0.63	0.06
10	上	13.50	13.30	13.40	13.30	13.33	0.17	0.02
	中	13.50	13.50	13.20	13.40	13.37	0.13	0.01
	下	10.00	9.50	9.60	9.50	9.53	0.47	0.05
11	上	13.50	13.20	13.20	13.20	13.20	0.30	0.03
	中	13.50	13.40	13.40	13.40	13.40	0.10	0.01
	下	10.00	9.30	9.30	9.40	9.33	0.67	0.07
12	上	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	0.00	0.00
	中	13.50	13.30	13.40	13.40	13.37	0.13	0.01
	下	10.00	9.40	9.50	9.40	9.43	0.57	0.06
13	底部	10.00	9.40	9.40	9.40	9.40	0.60	0.06
14	底部	10.00	9.40	9.50	9.60	9.50	0.50	0.05
15	底部	10.00	9.50	9.60	9.60	9.57	0.43	0.04
16	底部	10.00	9.60	9.60	9.60	9.60	0.40	0.04
PS2 浮動碼頭 P1 浮箱								
1	上	10	9.6	9.7	9.7	9.67	0.33	0.07
	中	10	9.7	9.6	9.8	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.8	9.7	9.6	9.70	0.30	0.07
2	上	10	9.6	9.8	9.7	9.70	0.30	0.07
	中	10	9.8	9.7	9.7	9.73	0.27	0.06
	下	10	9.7	9.7	9.6	9.67	0.33	0.07
3	上	10	9.7	9.8	9.6	9.70	0.30	0.07
	中	10	9.6	9.7	9.7	9.67	0.33	0.07
	下	10	9.9	9.8	9.7	9.80	0.20	0.04
4	上	10	9.9	9.7	9.7	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.8	9.7	9.7	9.73	0.27	0.06
	下	10	9.6	9.6	9.7	9.63	0.37	0.08
5	上	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	中	10	9.7	9.7	9.6	9.67	0.33	0.07
	下	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
6	上	10	9.8	9.7	9.8	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.7	9.7	9.6	9.67	0.33	0.07
	下	10	9.6	9.8	9.8	9.73	0.27	0.06
7	上	10	9.8	9.9	9.8	9.83	0.17	0.04
	中	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.6	9.8	9.7	9.70	0.30	0.07
8	上	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
	中	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
	下	10	9.7	9.7	9.8	9.73	0.27	0.06
9	上	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
	中	10	9.8	9.6	9.8	9.73	0.27	0.06
	下	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
10	上	10	9.7	9.8	9.8	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.6	9.8	9.8	9.73	0.27	0.06
	下	10	9.7	9.7	9.8	9.73	0.27	0.06
11	上	10	9.7	9.8	9.8	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
	下	10	9.8	9.6	9.6	9.67	0.33	0.07
12	上	10	9.6	9.8	9.8	9.73	0.27	0.06
	中	10	9.7	9.8	9.8	9.77	0.23	0.05
	下	10	9.9	9.8	9.7	9.80	0.20	0.04
13	上	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
	中	10	9.8	9.8	9.7	9.77	0.23	0.05
	下	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
14	上	10	9.7	9.7	9.9	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
	下	10	9.8	9.8	9.6	9.73	0.27	0.06
15	上	10	9.7	9.7	9.6	9.67	0.33	0.07
	中	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
	下	10	9.7	9.8	9.8	9.77	0.23	0.05
16	上	10	9.7	9.5	9.7	9.63	0.37	0.08
	中	10	9.8	9.7	9.6	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
17	上	10	9.8	9.7	9.6	9.70	0.30	0.07
	中	10	9.7	9.8	9.7	9.73	0.27	0.06
	下	10	9.7	9.6	9.7	9.67	0.33	0.07
18	上	10	9.8	9.8	9.7	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.7	9.6	9.6	9.63	0.37	0.08
	下	10	9.5	9.7	9.7	9.63	0.37	0.08
19	上	10	9.8	9.7	9.8	9.77	0.23	0.05

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	中	10	9.8	9.8	9.7	9.77	0.23	0.05
	下	10	9.7	9.7	9.4	9.60	0.40	0.09
20	上	10	9.8	9.6	9.9	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.7	9.7	9.8	9.73	0.27	0.06
	下	10	9.7	9.7	9.8	9.73	0.27	0.06
21	上	10	9.7	9.8	9.8	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.8	9.7	9.7	9.73	0.27	0.06
	下	10	9.8	9.6	9.7	9.70	0.30	0.07
22	上	10	9.9	9.9	9.7	9.83	0.17	0.04
	中	10	9.7	9.5	9.7	9.63	0.37	0.08
	下	10	9.9	9.7	9.8	9.80	0.20	0.04
23	上	10	9.9	9.8	9.7	9.80	0.20	0.04
	中	10	9.7	9.8	9.8	9.77	0.23	0.05
	下	10	9.7	9.6	9.7	9.67	0.33	0.07
24	上	10	9.9	9.7	9.6	9.73	0.27	0.06
	中	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.6	9.5	9.8	9.63	0.37	0.08
25	上	10	9.7	9.8	9.8	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.7	9.7	9.6	9.67	0.33	0.07
	下	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
26	上	10	9.8	9.7	9.8	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.8	9.8	9.6	9.73	0.27	0.06
	下	10	9.6	9.7	9.7	9.67	0.33	0.07
27	上	10	9.8	9.8	9.7	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.8	9.7	9.6	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.6	9.6	9.7	9.63	0.37	0.08
28	上	10	9.7	9.7	9.9	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.8	9.8	9.7	9.77	0.23	0.05
29	上	10	9.7	9.9	9.7	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.7	9.9	9.8	9.80	0.20	0.04
30	上	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
	中	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
31	上	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
	中	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.6	9.7	9.7	9.67	0.33	0.07
32	上	10	9.6	9.7	9.7	9.67	0.33	0.07
	中	10	9.6	9.6	9.6	9.60	0.40	0.09
	下	10	9.6	9.7	9.7	9.67	0.33	0.07
33	上	10	9.6	9.7	9.8	9.70	0.30	0.07

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	中	10	9.5	9.6	9.7	9.60	0.40	0.09
	下	10	9.6	9.7	9.7	9.67	0.33	0.07
34	上	10	9.7	9.7	9.6	9.67	0.33	0.07
	中	10	9.8	9.8	9.7	9.77	0.23	0.05
	下	10	9.8	9.8	9.7	9.77	0.23	0.05
35	上	10	9.8	9.8	9.7	9.77	0.23	0.05
	中	10	9.7	9.7	9.6	9.67	0.33	0.07
	下	10	9.7	9.6	9.6	9.63	0.37	0.08
36	上	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
	中	10	9.6	9.6	9.8	9.67	0.33	0.07
	下	10	9.7	9.8	9.6	9.70	0.30	0.07
37	上	10	9.8	9.7	9.9	9.80	0.20	0.04
	中	10	9.7	9.8	9.8	9.77	0.23	0.05
	下	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
38	上	10	9.7	9.7	9.8	9.73	0.27	0.06
	中	10	9.6	9.7	9.7	9.67	0.33	0.07
	下	10	9.7	9.8	9.7	9.73	0.27	0.06
39	上	10	9.6	9.7	9.6	9.63	0.37	0.08
	中	10	9.6	9.6	9.6	9.60	0.40	0.09
	下	10	9.8	9.8	8.9	9.50	0.50	0.11
40	上	10	9.8	9.6	9.8	9.73	0.27	0.06
	中	10	9.6	9.7	9.8	9.70	0.30	0.07
	下	10	9.6	9.6	9.9	9.70	0.30	0.07
41	底部	10	9.8	9.7	9.9	9.80	0.20	0.04
42	底部	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
43	底部	10	9.8	9.8	9.8	9.80	0.20	0.04
44	底部	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
45	底部	10	9.7	9.7	9.7	9.70	0.30	0.07
46	底部	10	9.8	9.7	9.8	9.77	0.23	0.05
PS3 浮動碼頭 P1 浮箱								
1	上	12.00	11.40	11.40	11.30	11.37	0.63	0.04
	中	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.02
	下	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.02
2	上	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	中	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.03
	下	12.00	11.60	11.50	11.70	11.60	0.40	0.03
3	上	12.00	11.50	11.50	11.60	11.53	0.47	0.03
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	下	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.03
4	上	12.00	11.40	11.60	11.50	11.50	0.50	0.03
	中	12.00	11.40	11.50	11.40	11.43	0.57	0.04
	下	12.00	11.40	11.60	11.60	11.53	0.47	0.03

5	上	12.00	11.70	11.60	11.60	11.63	0.37	0.02
	中	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.03
	下	12.00	11.40	11.60	11.60	11.53	0.47	0.03
6	上	12.00	11.40	11.50	11.40	11.43	0.57	0.04
	中	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.03
	下	12.00	11.40	11.40	11.50	11.43	0.57	0.04
7	上	12.00	11.40	11.40	11.30	11.37	0.63	0.04
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	下	12.00	11.50	11.40	11.40	11.43	0.57	0.04
8	上	12.00	11.30	11.20	11.40	11.30	0.70	0.05
	中	12.00	11.50	11.50	11.60	11.53	0.47	0.03
	下	12.00	11.50	11.50	11.30	11.43	0.57	0.04
9	上	12.00	11.30	11.20	11.40	11.30	0.70	0.05
	中	12.00	11.40	11.40	11.50	11.43	0.57	0.04
	下	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.02
10	上	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.04
	中	12.00	11.50	11.40	11.50	11.47	0.53	0.03
	下	12.00	11.70	11.40	11.70	11.60	0.40	0.03
11	上	12.00	11.50	11.60	11.50	11.53	0.47	0.03
	中	12.00	11.60	11.60	11.50	11.57	0.43	0.03
	下	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.03
12	上	12.00	11.70	11.80	11.70	11.73	0.27	0.02
	中	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.01
	下	12.00	11.30	11.50	11.40	11.40	0.60	0.04
13	上	12.00	11.60	11.80	11.70	11.70	0.30	0.02
	中	12.00	11.80	11.70	11.70	11.73	0.27	0.02
	下	12.00	11.30	11.50	11.40	11.40	0.60	0.04
14	上	12.00	11.40	11.50	11.60	11.50	0.50	0.03
	中	12.00	11.50	11.50	11.60	11.53	0.47	0.03
	下	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.03
15	上	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.03
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	下	12.00	11.50	11.40	11.30	11.40	0.60	0.04
16	上	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	中	12.00	11.40	11.60	11.50	11.50	0.50	0.03
	下	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.04
17	上	12.00	11.20	11.50	11.50	11.40	0.60	0.04
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	下	12.00	11.30	11.50	11.50	11.43	0.57	0.04
18	上	12.00	11.40	11.40	11.50	11.43	0.57	0.04
	中	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.03
	下	12.00	11.40	11.50	11.40	11.43	0.57	0.04
19	上	12.00	11.40	11.50	11.30	11.40	0.60	0.04
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	下	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03

20	上	12.00	11.70	11.60	11.70	11.67	0.33	0.02
	中	12.00	11.30	11.50	11.60	11.47	0.53	0.03
	下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.02
21	上	12.00	11.60	11.60	11.60	11.60	0.40	0.03
	中	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.03
	下	12.00	11.70	11.60	11.00	11.43	0.57	0.04
22	上	12.00	11.60	11.60	11.60	11.60	0.40	0.03
	中	12.00	11.40	11.50	11.40	11.43	0.57	0.04
	下	12.00	11.60	11.60	11.60	11.60	0.40	0.03
23	上	12.00	11.50	11.60	11.50	11.53	0.47	0.03
	中	12.00	11.50	11.40	11.50	11.47	0.53	0.03
	下	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.04
24	上	12.00	11.60	11.60	11.40	11.53	0.47	0.03
	中	12.00	11.50	11.30	11.50	11.43	0.57	0.04
	下	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.03
25	上	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	下	12.00	11.40	11.10	11.30	11.27	0.73	0.05
26	上	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.03
	中	12.00	11.70	11.60	11.70	11.67	0.33	0.02
	下	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.04
27	上	12.00	11.40	11.50	11.40	11.43	0.57	0.04
	中	12.00	11.70	11.60	11.70	11.67	0.33	0.02
	下	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
28	上	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.04
	中	12.00	11.80	11.60	11.70	11.70	0.30	0.02
	下	12.00	11.80	11.80	11.60	11.73	0.27	0.02
29	上	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.03
	中	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.01
	下	12.00	11.70	11.60	11.50	11.60	0.40	0.03
30	上	12.00	11.40	11.50	11.60	11.50	0.50	0.03
	中	12.00	11.30	11.40	11.50	11.40	0.60	0.04
	下	12.00	11.60	11.50	11.60	11.57	0.43	0.03
31	上	12.00	11.70	11.60	11.70	11.67	0.33	0.02
	中	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.03
	下	12.00	11.50	11.60	11.50	11.53	0.47	0.03
32	上	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.04
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.03
	下	12.00	11.70	11.60	11.60	11.63	0.37	0.02
33	底部	12.00	11.30	11.40	11.50	11.40	0.60	0.04
34	底部	12.00	11.50	11.30	11.40	11.40	0.60	0.04
35	底部	12.00	11.40	11.30	11.40	11.37	0.63	0.04
36	底部	12.00	11.30	11.30	11.40	11.33	0.67	0.04
37	底部	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.04
38	底部	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.03

1	上	10.00	9.00	8.90	8.80	8.90	1.10	0.07
	中	10.00	8.80	8.80	8.90	8.83	1.17	0.08
	下	10.00	9.00	9.10	9.10	9.07	0.93	0.06
2	上	10.00	9.10	9.00	9.00	9.03	0.97	0.06
	中	10.00	9.00	9.00	8.30	8.77	1.23	0.08
	下	10.00	8.70	9.10	9.00	8.93	1.07	0.07
3	上	10.00	8.90	9.10	9.10	9.03	0.97	0.06
	中	10.00	9.00	8.90	9.00	8.97	1.03	0.07
	下	10.00	8.90	9.00	8.90	8.93	1.07	0.07
4	上	10.00	9.10	9.00	9.00	9.03	0.97	0.06
	中	10.00	8.90	9.00	9.00	8.97	1.03	0.07
	下	10.00	9.00	8.80	9.00	8.93	1.07	0.07
5	上	10.00	8.80	8.80	8.90	8.83	1.17	0.08
	中	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	1.00	0.07
	下	10.00	6.90	6.80	6.30	6.67	3.33	0.22
6	上	10.00	8.40	9.10	8.90	8.80	1.20	0.08
	中	10.00	9.00	8.90	8.90	8.93	1.07	0.07
	下	10.00	9.10	9.10	8.90	9.03	0.97	0.06
7	上	10.00	9.00	8.90	8.80	8.90	1.10	0.07
	中	10.00	9.00	8.90	8.90	8.93	1.07	0.07
	下	10.00	8.90	9.00	9.00	8.97	1.03	0.07
8	上	10.00	8.70	8.70	8.70	8.70	1.30	0.09
	中	10.00	8.00	8.90	9.00	8.63	1.37	0.09
	下	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	1.00	0.07
9	上	10.00	9.00	8.80	9.00	8.93	1.07	0.07
	中	10.00	8.80	8.90	8.80	8.83	1.17	0.08
	下	10.00	9.10	9.10	9.10	9.10	0.90	0.06
10	上	10.00	8.70	8.80	8.80	8.77	1.23	0.08
	中	10.00	8.90	8.80	8.00	8.57	1.43	0.09
	下	10.00	8.80	9.00	9.00	8.93	1.07	0.07
11	上	10.00	6.10	5.70	5.50	5.77	4.23	0.28
	中	10.00	7.70	7.70	7.70	7.70	2.30	0.15
	下	10.00	9.00	9.00	8.80	8.93	1.07	0.07
12	上	10.00	8.90	8.80	8.80	8.83	1.17	0.08
	中	10.00	9.00	9.00	8.90	8.97	1.03	0.07
	下	10.00	9.10	9.10	9.10	9.10	0.90	0.06
13	底部	10.00	9.00	9.00	9.10	9.03	0.97	0.06
14	底部	10.00	9.20	9.10	9.10	9.13	0.87	0.06
15	底部	10.00	8.60	8.80	8.70	8.70	1.30	0.09
16	底部	10.00	8.90	9.00	8.90	8.93	1.07	0.07

表 5-80 九宮港區浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果

測定位置	高程(m)	原厚度(mm)	現有厚度(mm)			平均厚度(mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率(mm/yr.)
			1	2	3			
PJ 浮動碼頭 P1 浮箱								
1	上	12.00	11.30	11.40	11.40	11.37	0.63	0.11
	中	12.00	11.40	11.60	11.70	11.57	0.43	0.07
	下	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.09
2	上	12.00	11.60	11.50	11.50	11.53	0.47	0.08
	中	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.07
	下	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.09
3	上	12.00	11.60	11.60	11.50	11.57	0.43	0.07
	中	12.00	11.70	11.60	11.50	11.60	0.40	0.07
	下	12.00	11.70	11.60	11.60	11.63	0.37	0.06
4	上	12.00	11.60	11.60	11.50	11.57	0.43	0.07
	中	12.00	11.50	11.70	11.60	11.60	0.40	0.07
	下	12.00	11.60	11.60	11.50	11.57	0.43	0.07
5	上	12.00	11.50	11.60	11.50	11.53	0.47	0.08
	中	12.00	11.60	11.50	11.60	11.57	0.43	0.07
	下	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
6	上	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.09
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.08
	下	12.00	11.30	11.40	11.40	11.37	0.63	0.11
7	上	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.08
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.08
	下	12.00	11.40	11.40	11.30	11.37	0.63	0.11
8	上	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
	中	12.00	11.60	11.50	11.60	11.57	0.43	0.07
	下	12.00	11.40	11.30	11.40	11.37	0.63	0.11
9	上	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.08
	中	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.09
	下	12.00	11.40	11.30	11.40	11.37	0.63	0.11
10	上	12.00	11.40	11.40	11.50	11.43	0.57	0.09
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.08
	下	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.09
11	上	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.09
	中	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
	下	12.00	11.50	11.40	11.40	11.43	0.57	0.09
12	上	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.08
	中	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
	下	12.00	11.40	11.40	11.30	11.37	0.63	0.11
13	上	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.09
	中	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.09
	下	12.00	11.50	11.40	11.50	11.47	0.53	0.09
14	上	12.00	11.50	11.50	11.60	11.53	0.47	0.08

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	中	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.08
	下	12.00	11.30	11.40	11.40	11.37	0.63	0.11
15	上	12.00	11.50	11.60	11.50	11.53	0.47	0.08
	中	12.00	11.60	11.60	11.60	11.60	0.40	0.07
	下	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
16	上	12.00	11.30	11.50	11.50	11.43	0.57	0.09
	中	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	下	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
17	上	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.08
	中	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
	下	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
18	上	12.00	11.60	11.60	11.60	11.60	0.40	0.07
	中	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
	下	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.09
19	上	12.00	11.50	11.20	11.50	11.40	0.60	0.10
	中	12.00	11.50	11.40	11.50	11.47	0.53	0.09
	下	12.00	11.50	11.60	11.40	11.50	0.50	0.08
20	上	12.00	11.40	11.30	11.40	11.37	0.63	0.11
	中	12.00	11.50	11.50	11.60	11.53	0.47	0.08
	下	12.00	11.40	11.40	11.30	11.37	0.63	0.11
21	上	12.00	11.40	11.50	11.50	11.47	0.53	0.09
	中	12.00	11.60	11.50	11.50	11.53	0.47	0.08
	下	12.00	11.30	11.20	11.30	11.27	0.73	0.12
22	上	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.06
	中	12.00	11.60	11.50	11.50	11.53	0.47	0.08
	下	12.00	11.70	11.60	11.60	11.63	0.37	0.06
23	上	12.00	11.70	11.60	11.60	11.63	0.37	0.06
	中	12.00	11.60	11.70	11.60	11.63	0.37	0.06
	下	12.00	11.60	11.30	11.30	11.40	0.60	0.10
24	上	12.00	11.60	11.60	11.50	11.57	0.43	0.07
	中	12.00	11.40	11.50	11.60	11.50	0.50	0.08
	下	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.06
25	上	12.00	11.60	11.80	11.70	11.70	0.30	0.05
	中	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.06
	下	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
26	上	12.00	11.60	11.50	11.60	11.57	0.43	0.07
	中	12.00	11.60	11.50	11.60	11.57	0.43	0.07
	下	12.00	11.50	11.40	11.50	11.47	0.53	0.09
27	上	12.00	11.60	11.40	11.40	11.47	0.53	0.09
	中	12.00	11.40	11.40	11.50	11.43	0.57	0.09
	下	12.00	11.50	11.40	11.50	11.47	0.53	0.09
28	上	12.00	11.40	11.30	11.10	11.27	0.73	0.12
	中	12.00	11.50	11.30	11.40	11.40	0.60	0.10

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度(mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	下	12.00	11.50	11.50	11.30	11.43	0.57	0.09
29	上	12.00	11.40	11.40	11.50	11.43	0.57	0.09
	中	12.00	11.50	11.50	11.40	11.47	0.53	0.09
	下	12.00	11.60	11.50	11.60	11.57	0.43	0.07
30	上	12.00	11.40	11.30	11.30	11.33	0.67	0.11
	中	12.00	11.60	11.50	11.50	11.53	0.47	0.08
	下	12.00	11.50	11.50	11.30	11.43	0.57	0.09
31	上	12.00	11.30	11.30	11.30	11.30	0.70	0.12
	中	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	下	12.00	11.30	11.40	11.40	11.37	0.63	0.11
32	上	12.00	11.50	11.50	11.50	11.50	0.50	0.08
	中	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	下	12.00	11.40	11.40	11.30	11.37	0.63	0.11
33	底部	12.00	11.50	11.40	11.40	11.43	0.57	0.09
34	底部	12.00	11.50	11.40	11.40	11.43	0.57	0.09
35	底部	12.00	11.40	11.40	11.40	11.40	0.60	0.10
36	底部	12.00	11.50	11.50	11.60	11.53	0.47	0.08
PJ 浮動碼頭 P2 浮箱								
1	上	10.00	9.10	9.00	9.00	9.03	0.97	0.06
	中	10.00	8.90	9.00	8.80	8.90	1.10	0.07
	下	10.00	9.00	9.10	9.20	9.10	0.90	0.06
2	上	10.00	9.10	9.10	9.00	9.07	0.93	0.06
	中	10.00	9.00	9.10	9.00	9.03	0.97	0.06
	下	10.00	9.20	9.10	9.10	9.13	0.87	0.05
3	上	10.00	9.10	9.10	9.00	9.07	0.93	0.06
	中	10.00	8.70	9.00	8.90	8.87	1.13	0.07
	下	10.00	8.90	8.90	9.00	8.93	1.07	0.07
4	上	10.00	8.90	9.00	9.10	9.00	1.00	0.06
	中	10.00	8.90	8.80	8.80	8.83	1.17	0.07
	下	10.00	8.60	8.80	8.80	8.73	1.27	0.08
5	上	10.00	9.00	8.90	9.00	8.97	1.03	0.06
	中	10.00	8.80	8.90	8.90	8.87	1.13	0.07
	下	10.00	8.90	8.00	8.80	8.57	1.43	0.09
6	上	10.00	8.70	8.80	8.70	8.73	1.27	0.08
	中	10.00	8.80	8.70	8.80	8.77	1.23	0.08
	下	10.00	8.90	8.90	8.70	8.83	1.17	0.07
7	上	10.00	9.10	9.10	9.10	9.10	0.90	0.06
	中	10.00	8.70	8.90	8.60	8.73	1.27	0.08
	下	10.00	8.80	9.00	8.90	8.90	1.10	0.07
8	上	10.00	8.60	8.60	8.70	8.63	1.37	0.09
	中	10.00	8.60	8.70	8.90	8.73	1.27	0.08
	下	10.00	8.90	8.90	8.80	8.87	1.13	0.07

測定位置	高程(m)	原厚度(mm)	現有厚度(mm)			平均厚度(mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率(mm/yr.)
			1	2	3			
9	上	10.00	8.50	8.50	8.10	8.37	1.63	0.10
	中	10.00	8.70	8.80	8.80	8.77	1.23	0.08
	下	10.00	8.30	8.40	8.20	8.30	1.70	0.11
10	上	10.00	9.20	9.20	9.20	9.20	0.80	0.05
	中	10.00	9.10	9.10	9.20	9.13	0.87	0.05
	下	10.00	8.40	8.50	8.50	8.47	1.53	0.10
11	上	10.00	9.10	9.00	9.10	9.07	0.93	0.06
	中	10.00	9.00	9.10	9.10	9.07	0.93	0.06
	下	10.00	8.90	8.50	8.50	8.63	1.37	0.09
12	上	10.00	8.60	8.30	8.60	8.50	1.50	0.09
	中	10.00	8.60	8.70	8.80	8.70	1.30	0.08
	下	10.00	8.80	8.90	7.80	8.50	1.50	0.09
13	上	10.00	8.80	8.70	8.80	8.77	1.23	0.08
	中	10.00	8.80	8.80	8.70	8.77	1.23	0.08
	下	10.00	8.60	8.70	8.80	8.70	1.30	0.08
14	上	10.00	8.40	8.40	8.30	8.37	1.63	0.10
	中	10.00	8.50	8.70	8.60	8.60	1.40	0.09
	下	10.00	8.60	8.70	8.80	8.70	1.30	0.08

5.3.5 防波堤裂縫探測

5.3.5.1 檢測原理

本研究所採用的非破壞性試驗技術稱為敲擊式繞射波傳輸時間法，該方法是以應力波傳動原理為基礎，以小直徑的鋼珠當為敲擊源導入應力波，在表面敲擊後主要將產生三種形式的應力波，其中應力波 P-波及 S-波向物體內部傳動，如圖 5.93(a)所示，而另外一種表面 R 波主要是沿著混凝土表面傳動。這三種類型的應力波以 P 波波速最快，S 波次之。由於 P-波波速較快，所以 P-波之波前(Wave-front)先遇到裂縫之尖端，而 S-波則跟隨在後，入射 P-波在裂縫尖端處將產生繞射波，如圖 5.93(b)所示，如同在裂縫尖端處形成另一個波源，以球狀波形方式向四面八方傳動出去，如圖 5.93(c)所示；當繞射波傳回至敲擊表面時將會產生擾動，經由裂縫尖端繞射再抵達裂縫另一側表面的歷時，故在裂縫兩側各配置一個可感式敲擊源及位移接收器，監測所得之波形為紀錄可感式敲擊源敲擊起始時間(即訊號擷取系統啟動時間)，另與

敲擊點不同側之接收器(Receiver)監測得之起始擾動訊號，為 P-波繞過裂縫尖端到達所引起，此乃因為表面開裂裂縫阻絕或延遲表面 P 波以及 R-波之到達所致，之後所測得的位移波形則為後續反射波及繞射波到達所引起。

圖 5.94(a)可感測敲擊敲擊時間原點之繞射波傳輸時間法試驗示意圖，敲擊源及接收器與裂縫之距離分別為 H1 及 H2，當可感測敲擊器敲擊到混凝土表面時，敲擊器內部裝設之壓電材料產生電壓訊號如圖 5.94(b)所示，敲擊時間原點為 t1，而在接收器記錄到之裂縫繞射波波到時間為 t2(如圖 5.94(c))，故 P-波由敲擊源至接收器所經歷的總時間(Δt)可依公式 5.8 計算而得：

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad \text{.....(5.8)}$$

總歷時得到後，P-波所走的總路徑則等於 P-波波速(C_p)乘於總歷時。因此，表面開裂縫之深度(d)可依公式 5.9 計算得到：

$$d = \sqrt{\left[\frac{(Cp \times \Delta t)^2 + H_1^2 - H_2^2}{2 \times Cp \times \Delta t}\right]^2 - H_1^2} \quad \text{.....(5.9)}$$

若是兩接收器與裂縫之距離相等（即 $H_1=H_2=H$），則上式可改寫為公式 5.10：

$$\mathrm{d} = \sqrt{\left[\frac{(\mathrm{Cp} \times \Delta \mathrm{t})}{2}\right]^2 - \mathrm{H}^2} \quad \text{.....(5.10)}$$

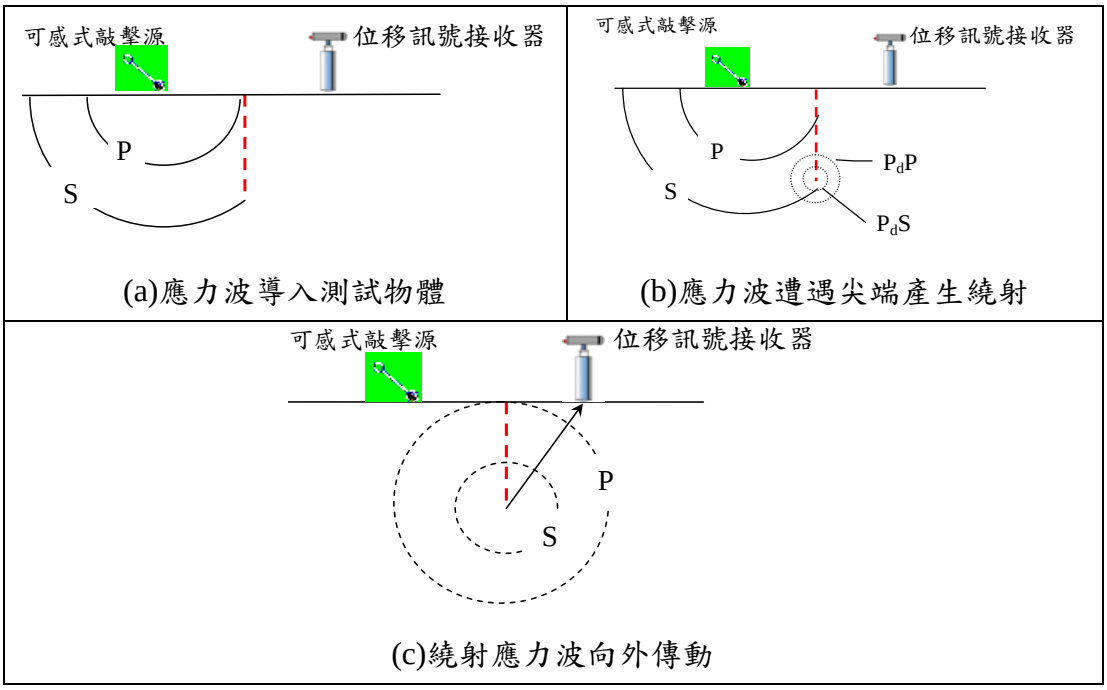


圖 5.93 應力波與表面裂縫之互制作用

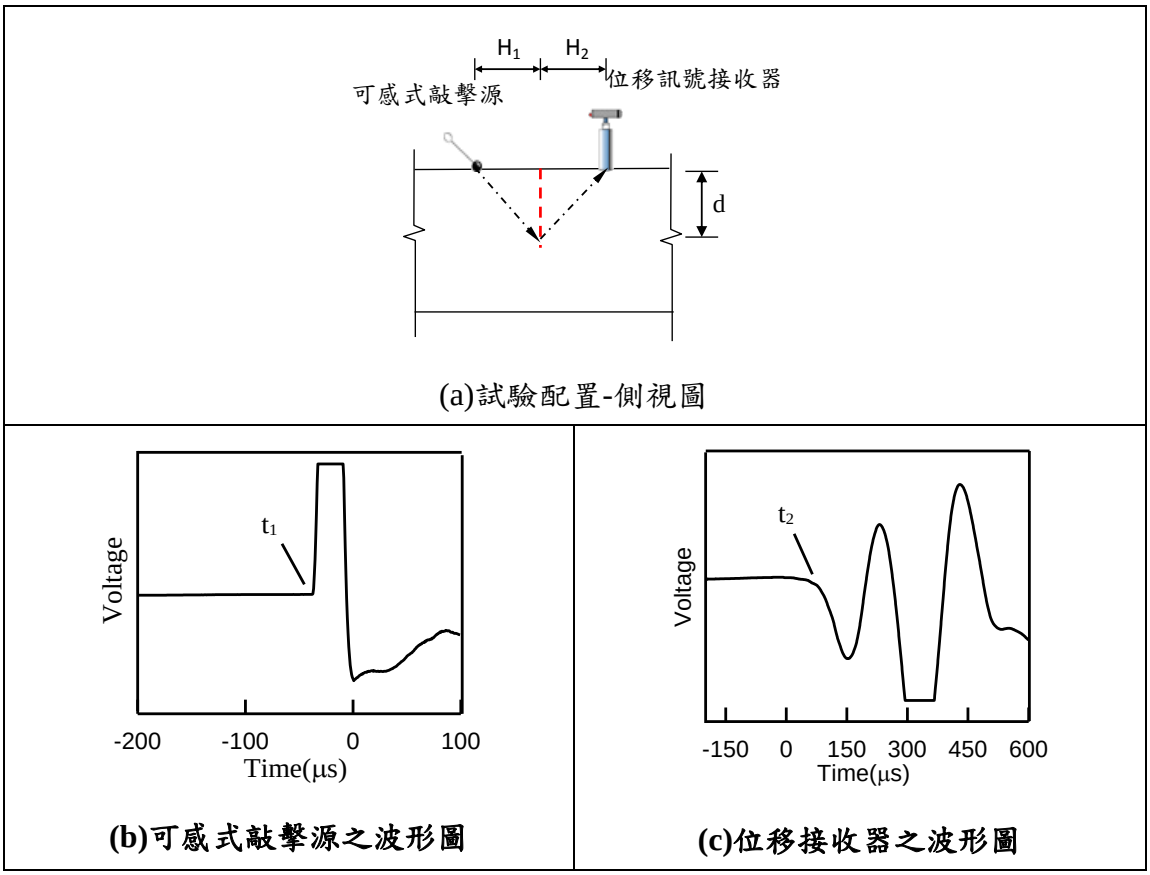


圖 5.94 敲擊式繞射波傳輸時間法之裂縫檢測

5.3.5.2 儀器設備

敲擊式繞射波傳輸時間法所使用之試驗系統，係由四個主要元件組合而成：1.訊號擷取卡、2.筆記型電腦、3.可感測敲擊源、4.位移接收器，分別說明如下：

1. 訊號擷取卡：接收器接收連續之類比(Analog)訊號時，必須由 A/D 卡抓取並轉換成不連續之數位(Digital)之訊號，以便後續之訊號處理、分析及儲存。本研究所使用之 PicoScope3224 之 A/D 卡以 USB port 連結電腦並提供兩個 BNC 插槽用以外接位移接收器，資料的最快擷取速率為 10 MHz(每 0.1 μs 紀錄一筆資料)，解析度(resolution)為 12 bits。

2. 筆記型電腦：A/D 卡轉換完成之數位訊號，可透過軟體抓取到記憶體中，再進行訊號處理、分析或儲存於硬碟裡。可感式敲擊源及位移接器其說明如下：

3. 敲擊源：小直徑(3～12 mm)的鋼珠即是一個很好的敲擊源，透過鋼珠自由落下與試體表面產生碰撞而導入應力波。本研究採用可感測敲擊時間原點之敲擊源，此敲擊鋼珠內部裝設有可感測位移變化之壓電材料，可在能量導入檢測物體的同時，感應到時間的原點。

4. 接收器：為一種很小成倒錐體形之壓電材料，因此可視為類似點之接觸，所反應出來之訊號與垂直表面位移量成正比。

5.3.5.3 實驗規劃

依表 5-7 防波堤經常巡查結果，選擇裂縫劣化異狀處進行試驗。

水頭港區北防波堤共選 2 個測點，分別位於單元 10 與單元 34 之水-n-c10-1)與水-n-c34-1；西防波堤共選 5 個測點，分別位於單元 8 之水-w-c8-1、水-w-c8-2、水-w-c8-3 與 9 之水-w-c9-1、水-w-c9-2(如圖 5.95～圖 5.101 所示) 。

九宮港區北防波堤共選 2 個測點，分別位於單元 28 之 9-n-b28-1、9-n-b28-2(如圖 5.102～圖 5.103 所示)

料羅港區南防波堤亦選 2 個測點，分別位於單元 13 之 l-s-c13-1、l-s-c13-2(如圖 5.104～圖 5.105 所示)。

圖 5.95 水頭港區北防波堤單元10 堤頂裂縫

圖 5.96 水頭港區北防波堤單元34 堤頂裂縫

圖 5.97 水頭港區西防波堤單元 8 胸牆裂縫-1

圖 5.98 水頭港區西防波堤單元 8 胸牆裂縫-2

圖 5.99 水頭港區西防波堤單元 8 胸牆裂縫-3

圖 5.100 水頭港區西防波堤單元9 胸牆裂縫

圖 5.101 水頭港區西防波堤單元9 堤頂裂縫

圖 5.102 九宮港區北防波堤單元 28 堤頂裂縫

圖 5.103 九宮港區北防波堤單元 28 胸牆裂縫

圖 5.104 料羅港區南防波堤單元 13 堤頂裂縫-1

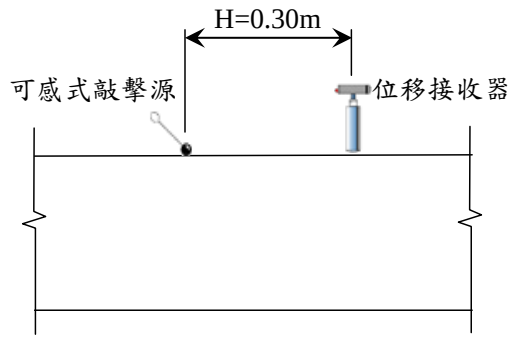
圖 5.105 料羅港區南防波堤單元 13 堤頂裂縫-2

5.3.5.4 檢測結果

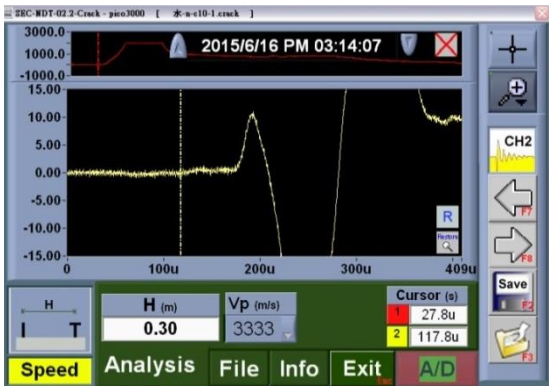
進行裂縫深度試驗前需先測得表面 P-波波速 C_p。表面 P 波波速 C_P 試驗的儀器配置為可感式敲擊源及單一接收器皆是位於同一直線上，

敲擊源與接收器之距離為 H，如圖 5.106(a)所示，由可感式敲擊源及位移接收器分別紀錄應力波由敲擊點傳播至位移接收器所耗費的時間（$\Delta t=t_2-t_1$），敲擊點與接收器間的距離(H)已知，便可推算應力波波速等於距離除以時間($C_p=H/\Delta t$)。以本次之水頭堤防北側第 10 塊體(編號:水-n-c10-1)表面 P 波波速試驗為例，敲擊試驗所得可感式敲擊源及位移接收器之位移波形，如圖 5.106(b)所示。圖中顯示，由可感式敲擊源之波形圖得知系統啟動時間 t_1 為 27.8 μs，接收器記錄之表面 P 波到達時間 t_2 為 117.8μs 波由敲擊點至接收器所行經路徑(H)為 0.30 m，歷時(Δt=t2－t1= 90.0 μs)已知的情形下，可計算 P 波波速可得 3333 m/s。其餘各位置表面 P-波波速 Cp 量測結果如表 5-81 所示。

波速量測後，再進行裂縫深度試驗，以本次之水頭堤防北側第 10 塊體(編號:水-n-c10-1)的試驗結果為例，裂縫檢測儀器配置(圖 5.107(a))為 $H_1=H_2=0.03$ m，圖 5.107(b)分別為可感式敲擊源及位移接收器之訊號波形圖，圖 5.107(b)為敲擊源經敲擊接觸混凝土表面所得之系統啟動時間 $t_1=52.8$ μs，而接收器主要紀錄來自裂縫端點所產生的繞射波，其裂縫繞射波波到時間 $t_2=96.6$ μs，在歷時($\Delta t=t_2-t_1=43.8$ μs)及波速(3333 m/s)已知的情形下，代入公式(5.10)經計算可得知裂縫深度為 6.7 cm。各點位裂縫量測結果如上述計算，裂縫深度試驗結果整理於表 5-82。

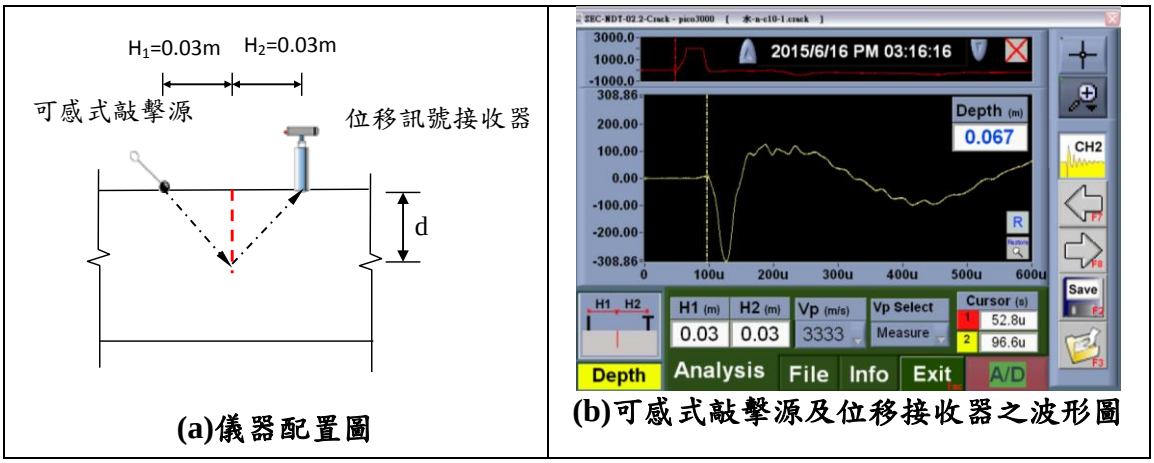


(a)儀器配置圖



(b)可感式敲擊源及位移接收器之波形圖

圖 5.106 水頭港區防波堤編號水-n-c10-1 表面 P 波波速試驗



(a)儀器配置圖　　(b)可感式敲擊源及位移接收器之波形圖

圖 5.107 裂縫測點水頭防波堤編號水-n-c10-1 之裂縫深度試驗

表 5-81 表面 P 波波速檢測結果

測點	編號	第一接收器波到時間(μs)	第二接收器波到時間(μs)	歷時(μs)	表面 P-波波速(m/s)
1	水-n-c10-1	27.8	117.8	90.0	3333
2	水-w-c8-1	29.2	122.8	93.6	3205
3	水-w-c9-1	35.4	129.4	94.0	3191
4	9-n-b28-2	34.0	124.4	90.4	3319
5	l-s-c13-1	36.8	126.6	89.8	3341

＊本試驗僅對裂縫試驗數據負責

表 5-82 裂縫深度檢測結果

編號	測點	第一接收器波到(μs)	第二接收器波到 (μs)	歷時(μs)	深度(cm)	備註
1	水-n-c10-1	52.8	96.6	43.8	6.7	堤頂
2	水-n-c34-1	54.0	90.2	36.2	5.2	堤頂
3	水-w-c8-1	47.6	99.6	52.0	7.8	胸牆
4	水-w-c8-2	40.6	98.0	57.4	8.7	胸牆
5	水-w-c8-3	32.4	85.8	53.4	8.0	胸牆
6	水-w-c9-1	34.6	120.2	85.6	13.3	胸牆
7	水-w-c9-2	50.8	84.0	33.2	4.4	堤頂
8	9-n-b28-1	56.0	105.6	49.6	7.7	堤頂
9	9-n-b28-2	58.2	110.0	51.8	8.1	胸牆
10	l-s-c13-1	27.6	56.2	28.6	3.7	堤頂
11	l-s-c13-2	56.2	91.0	34.8	5.0	堤頂

＊本試驗僅對裂縫試驗數據負責

5.3.6 碼頭與防波堤等港灣構造物維護或改善對策

1. 碼頭構造物:劣化異狀以岸肩裂縫與沉陷(水港港區貨運 1&2 號碼頭單元 13)較顯著，裂縫部分建議以灌注環氧樹脂工法進行維修，沉陷部分建議以修補水泥砂漿工法進行維修(目前已修復)；附屬設施部分以車擋、防舷材與繫船柱劣化為主，劣化狀況為 4 者，建議進行置換，以維其功能。

2. 防波堤構造物：劣化異狀主要集中於堤頂與胸牆裂縫，建議劣化狀況為 2 者以樹脂砂漿塗抹工法進行維修，劣化狀況為 3 者以灌注環氧樹脂工法進行維修，防波堤構造物以自重作為抵禦波浪侵襲，結構體自身之混凝土劣化雖不足以造成立即之影響，但以長遠考量，仍會造成其損壞。

3. 浮動碼頭構造物：劣化異狀主要結構集中於基樁與浮臺塗裝劣化與滑動滾輪組損壞為主，基樁塗裝劣化以水頭港區 PS3(C、D 群樁)與九宮港區 PJ(A、B 群樁)較為嚴重，由於兩座浮動碼頭皆可有 2 船席可供靠泊，建議目前使用狀況較良好之船席，並針對劣化處進行防蝕包覆維修；浮臺塗裝劣化以九宮港區 PJ(P1、P2 構件)，由於其以混凝土作為鋪面，建議進行樹脂砂漿塗抹工法避免持續劣化；滑動滾輪組損壞部分以水頭港區 PS1(RB 與 RC 構件)與 PS3(RC 構件)，由於已失去其原有功能，將影響滾輪組對基樁塗裝造成影響，建議予以更換以維其功能。

5.4 蘇澳及臺中港碼頭檢測

本研究除依既定規劃工作執行金門港區現況調查外，另因蘇澳及臺中港等港務管理單位實務需要，新增上述兩港部分碼頭之水下檢測項目。由於蘇澳及臺中港部份棧橋式碼頭，係於民國 60 年初國家十大建設時所建造，其使用時間較久，本次檢測對象依港務管理單位建議，分別選定蘇澳港 8～13 號、臺中港 29(角偶)與 30 號碼頭。

本所歷年調查結果顯示，國內五大國際商港設施，至民國 83 年時，蘇澳港 11 號碼頭已有多處之鋼筋混凝土(R.C.)底面版，內部鋼筋腐蝕嚴重，銹水外滲，混凝土膨脹(裂)，保護層已出現大範圍之剝落[30]。民國 91、98 年調查時，同港區之 13 號碼頭(緊臨 12 號碼頭)，整座碼頭長達 300 公尺之 R.C.底面板，已全面劣化損壞，保護層完全剝落分離，內部鋼筋外露、腐蝕、斷裂。臺中港多數碼頭亦有同樣情況發。

5.4.1 蘇澳港碼頭檢測

本年度調查蘇澳港共有 8、9、10、11、12、13 號等 6 座，其中 8、9 號 2 座碼頭之結構型式為重力式，10、11、12、13 號等 4 座則為 R.C.基樁棧橋式碼頭。

碼頭現況調查，由潛水人員以目視方式全面進行檢測棧橋式碼頭面版底部、梁及基樁等之鋼筋混凝土腐蝕劣損現況，如發現混凝土龜裂、鬆動或剝落等劣化情形，應記錄發生位置與範圍並丈量其尺寸大小，及以數位攝影機等設備照相、攝影存證。並同時調查護坡之消坡塊、塊石或護基方塊等保護設施是否發生散亂或流失情形。

各碼頭調查結果分述如下：

5.4.1.1 蘇澳港 8 號碼頭

本座碼頭全長 124 m，寬 20 m，設計水深為 -7.5 m，碼頭位置及結構型式如圖 5.108 及圖 5.109 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。竣工時間為民國 67 年，調查時，使用時間已約 37 年。104 年 9 月調查時之碼頭情形如圖 5.110 所示。

圖 5.108 蘇澳港 8-13 號碼頭位置圖

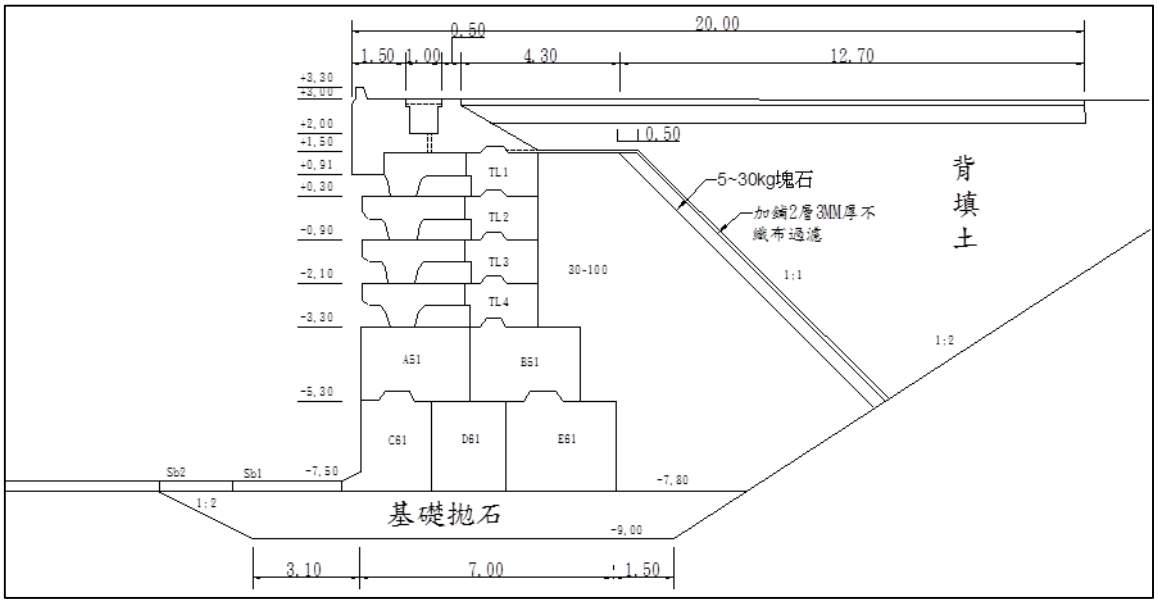


圖 5.109 蘇澳港 8～9 號碼頭斷面圖

碼頭岸肩混凝土損壞情形

防舷材(編號 5)脫落

圖 5.110 蘇澳港 8 號碼頭現場情況(104.09)

圖 5.111 為本座碼頭 104 年 9 月水下調查之照片，結果顯示主要結構並無重大災損或變位現象,但有許多工程拋棄物沉積於碼頭海床處，建議仍應依照維修管理需要，定期實施水下目視檢查。

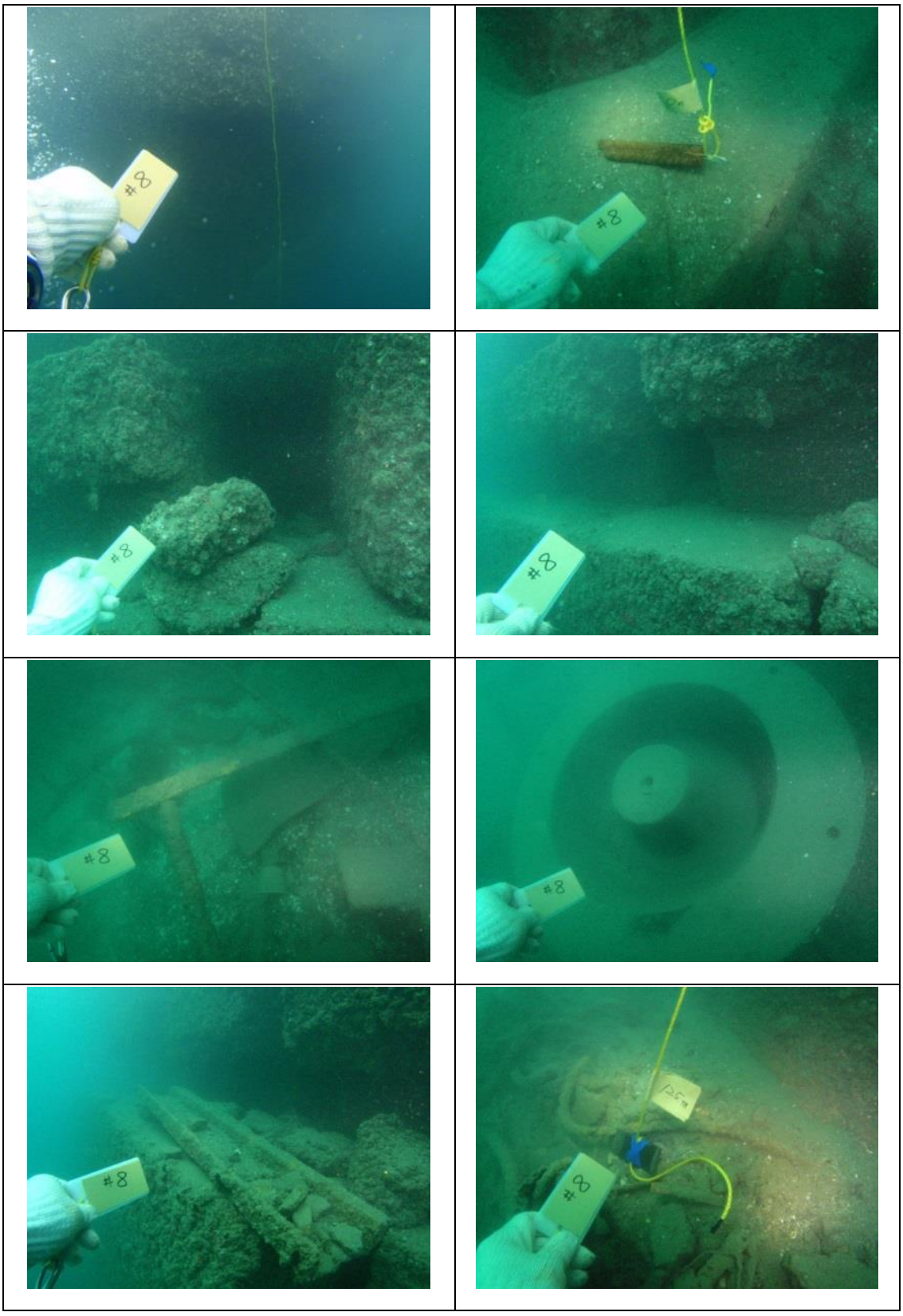
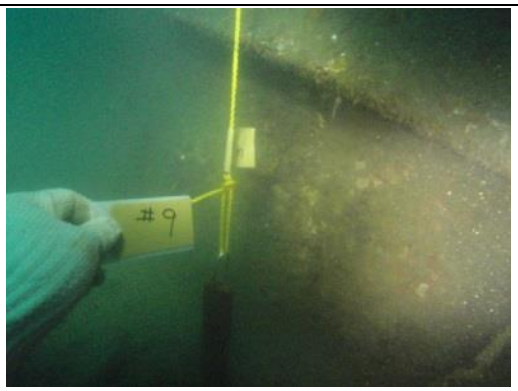
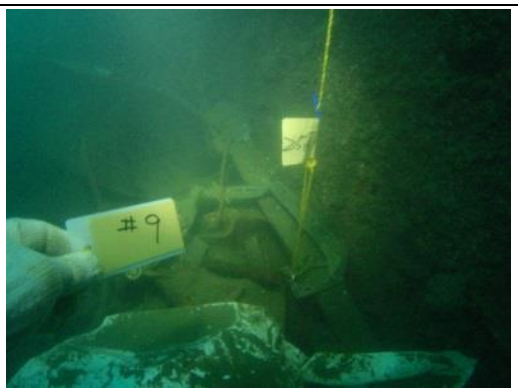
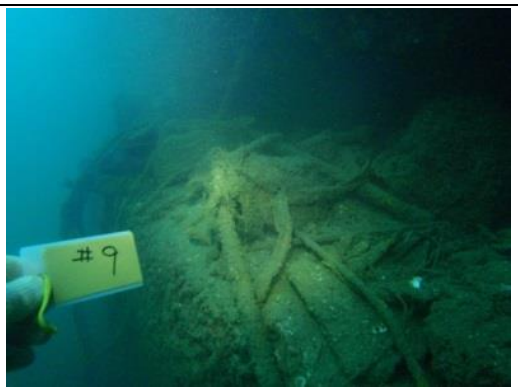


圖 5.111 蘇澳港 8 號碼頭水下調查結果(104.09)







5.4.1.2 蘇澳港 9 號碼頭

本座碼頭全長 124 m，寬 20 m，設計水深為 -7.5 m 碼頭位置詳圖 5.1，結構型式同 8 號碼頭(圖 5.109)。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。竣工時間為民國 67 年，調查時，使用時間已約 37 年。104 年 9 月調查時，岸上未發現明顯劣化異狀。

圖 5.112 為本座碼頭 104 年 9 月水下調查之照片，結果顯示主要結構並無重大災損或變位現象，但有許多工程拋棄物沉積於碼頭海床處，建議仍應依照維修管理需要，定期實施水下目視檢查。

圖 5.112 蘇澳港 9 號碼頭水下調查結果(104.09)

5.4.1.3 蘇澳港 10 號碼頭

本座碼頭全長 175 m，寬 20 m，設計水深為 -9.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置圖 5.108，結構型式如圖 5.113 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。竣工時間為民國 64 年，調查時，使用時間已約 40 年。104 年 9 月調查時，岸上未發現明顯劣化異狀。

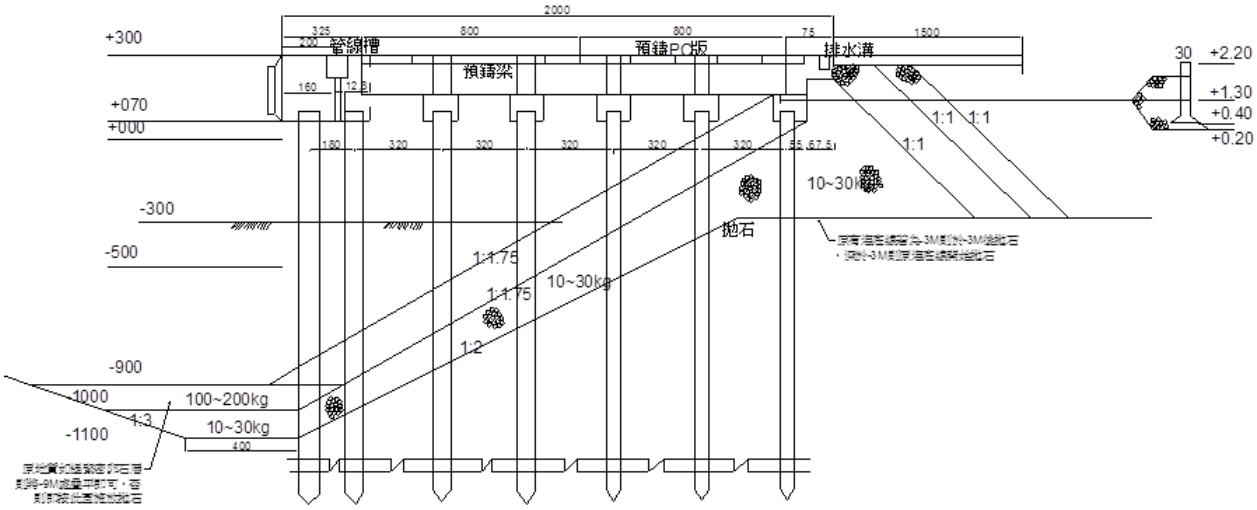
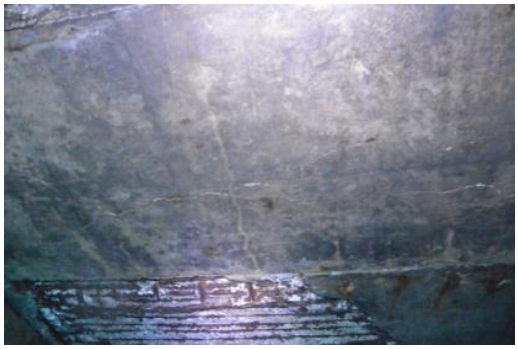


圖 5.113 蘇澳港 10～12 號碼頭斷面圖

水下調查結果彙整如附錄一及圖 5.114(節錄)：

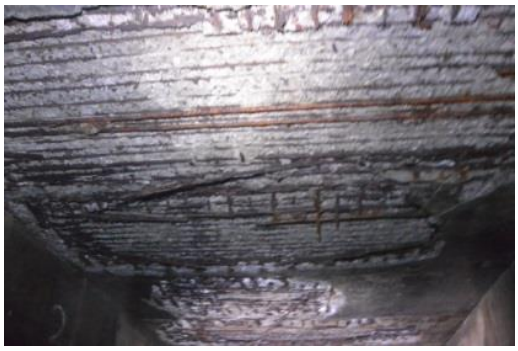
1. 面版：本座碼頭調查時，面版底版發現多處混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露，其劣損情形明顯嚴重。
2. 梁：本座碼頭調查時，梁，未發現明顯劣損或變形情形。
3. 基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
4. 護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 5.115 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版劣損嚴重，除受外力作用外，主要可能原因乃面版與梁等鋼筋混凝土構件建造至今已約 40 年，長年曝露於潮汐與海水潑濺之處，混凝土遭受乾濕循環作用造成裂縫生成，海水由裂縫處滲入更加速內部鋼筋之腐蝕，終致混凝土保護層之剝落及鋼筋腐蝕外露且銹斷。雖結構安全及營運功能無立即性之危險，建議應及早進行維修作業，尤其鋼筋混凝土梁損壞部份，因須承受由面版傳遞過來之應力，其影響結構安全之重要性更大於面版，更需優先修護。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

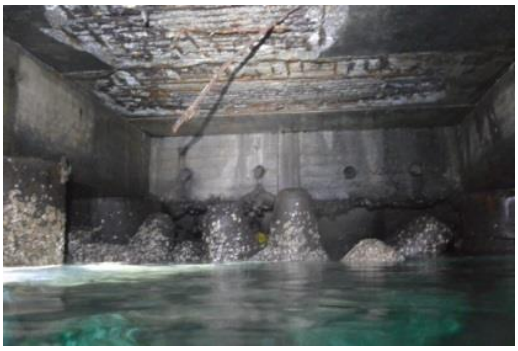


#10-1-1

#10-1-2



#10-1-3



#10-1-4

#10-2-1

#10-2-2

#10-2-3

#10-3-1

圖 5.114 蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-1(104.09) (節錄)

圖 5.115 蘇澳港 10 號碼頭劣損發生位置調查結果示意圖

5.4.1.4 蘇澳港 11 號碼頭

本座碼頭全長 175 m，寬 20 m，設計水深為 -9.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置如圖 5.108，結構型式同 10 號碼頭(圖 5.114)。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。本座碼頭竣工時間為民國 64 年，調查時，使用時間已約 40 年。104 年 9 月調查時，岸上除部分防舷材有劣損現象外(圖 5.116)，其他構件未發現明顯劣化異狀。

圖 5.116 蘇澳港 11 號碼頭防舷材劣損情形(104.09)

水下調查結果彙整如如附錄二及圖 5.117(節錄)：

1. 面版：本座碼頭調查時，面版底版發現多處混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露，其劣損情形明顯嚴重。
2. 梁：本座碼頭調查時，梁，未發現明顯劣損或變形情形。
3. 基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
4. 護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 5.118 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 10 號碼頭。本座碼頭面版因劣損數量較多且範圍較大，可能影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。

#11-1-1

#11-1-2

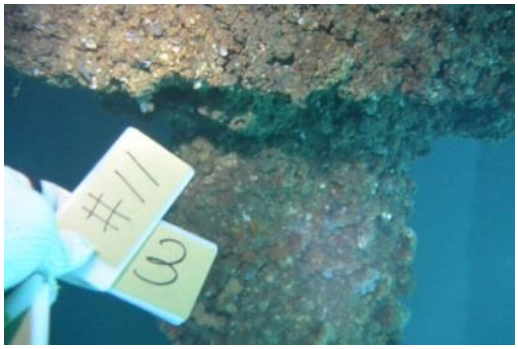
#11-1-3

#11-2-1

#11-2-2

#11-2-3

#11-2-4



#11-3-1

圖 5.117 蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-1(104.09) (節錄)

圖 5.118 蘇澳港 11 號碼頭調查結果示意圖

5.4.1.5 蘇澳港 12 號碼頭

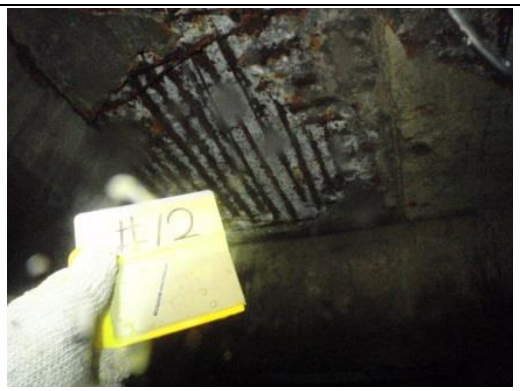
本座碼頭全長 200 m，寬 20 m，設計水深為 -9.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2，主要結構型式係以每排 7 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 5.108 及圖 5.114 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。

本座碼頭竣工時間為民國 64 年，調查時，使用時間已約 40 年。104 年 9 月調查時，岸上未發現明顯劣化異狀。

水下調查結果彙整如附錄三及圖 5.119(節錄)：

1. 面版：本座碼頭調查時，面版底版發現多處混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露，其劣損情形明顯嚴重。
2. 梁：本座碼頭調查時，梁，未發現明顯劣損或變形情形。
3. 基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
4. 護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 5.120 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 10 號碼頭。本座碼頭面版因劣損數量較多且範圍較大，可能影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



#12-1,1 格右

#12-1,2 格右

#12-1,3 格右

#12-1,4-5-6 格全

#12-2,1-2 格

#12-2,2-3 格

#12-2,3-4 格

#12-2,5-6 格全

圖 5.119 蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-1(104.09) (節錄)

圖 5.120 蘇澳港 12 號碼頭碼頭劣損發生位置調查結果示意圖

5.4.1.6 蘇澳港 13 號碼頭

本座碼頭全長 180 m，寬 23.5m，設計水深為 -9.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2，主要結構型式係以每排 5 隻直樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 5.108 及圖 5.121 所示。以靠泊雜貨輪，載運穀類為主。竣工時間約於民國 70 年，調查時，使用時間已超過 30 年。

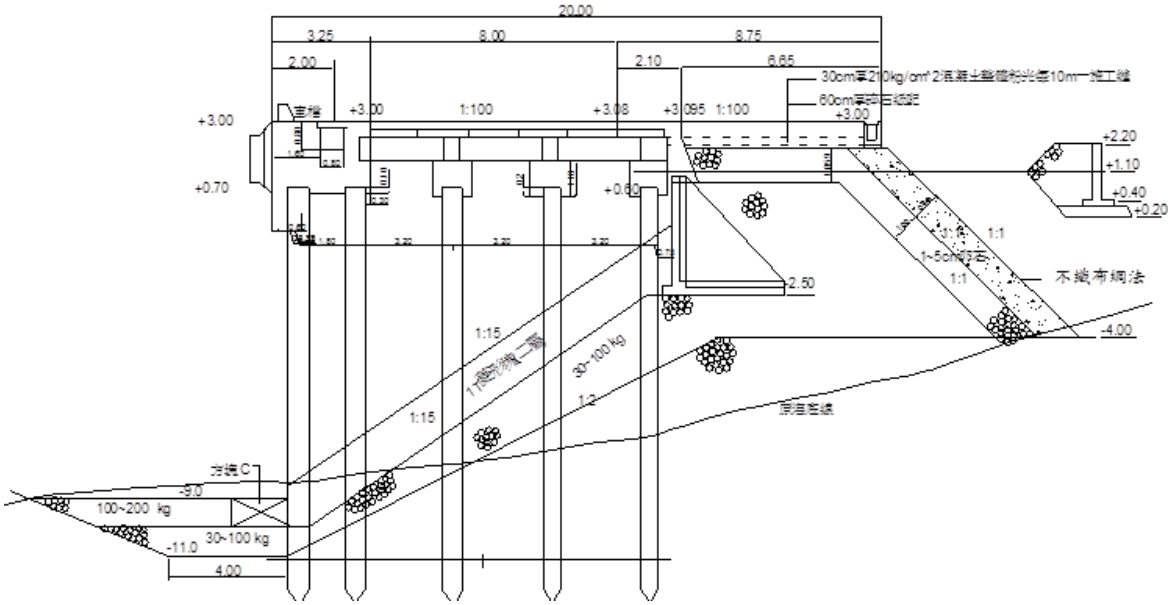


圖 5.121 蘇澳港 13 號碼頭斷面圖

碼頭面鋼筋混凝土劣損破洞

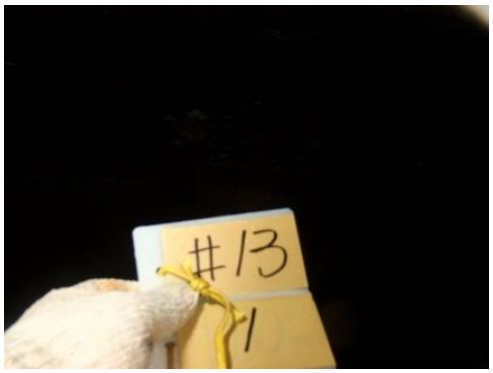
碼頭後線岸肩沉陷

圖 5.122 蘇澳港 13 號碼頭劣損破洞沉陷照片(104.09)

水下調查結果彙整如如附錄四及圖 5.123(節錄)：

1. 面版：本座碼頭調查時，面版底版發現多處混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露，其劣損情形明顯嚴重。
2. 梁：本座碼頭調查時，梁，未發現明顯劣損或變形情形。
3. 基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
4. 護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

圖 5.124 為本座碼頭劣損發生位置調查結果示意圖，本座碼頭部份面版與梁劣損嚴重，主要可能原因同 10 號碼頭。本座碼頭面版因劣損數量較多且範圍較大，碼頭面亦出現破洞，嚴重影響結構整體安全及營運功能，建議除應及早進行維修作業，更需儘速委託專業機構優先辦理細部檢測評估作業。並需定期或每年至少一次由水下直接目視檢查碼頭現況。



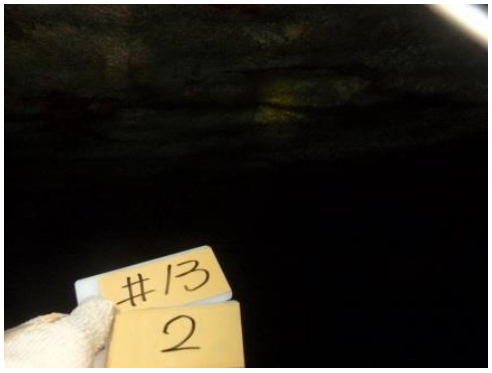
#13-1,1 格

#13-1,3 格

#13-1,4 格

#13-1,5 格

#13-2,1 格



#13-2,1 格 (2)

#13-2,2 格

#13-2,3 格

圖 5.123 蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-1(104.09) (節錄)

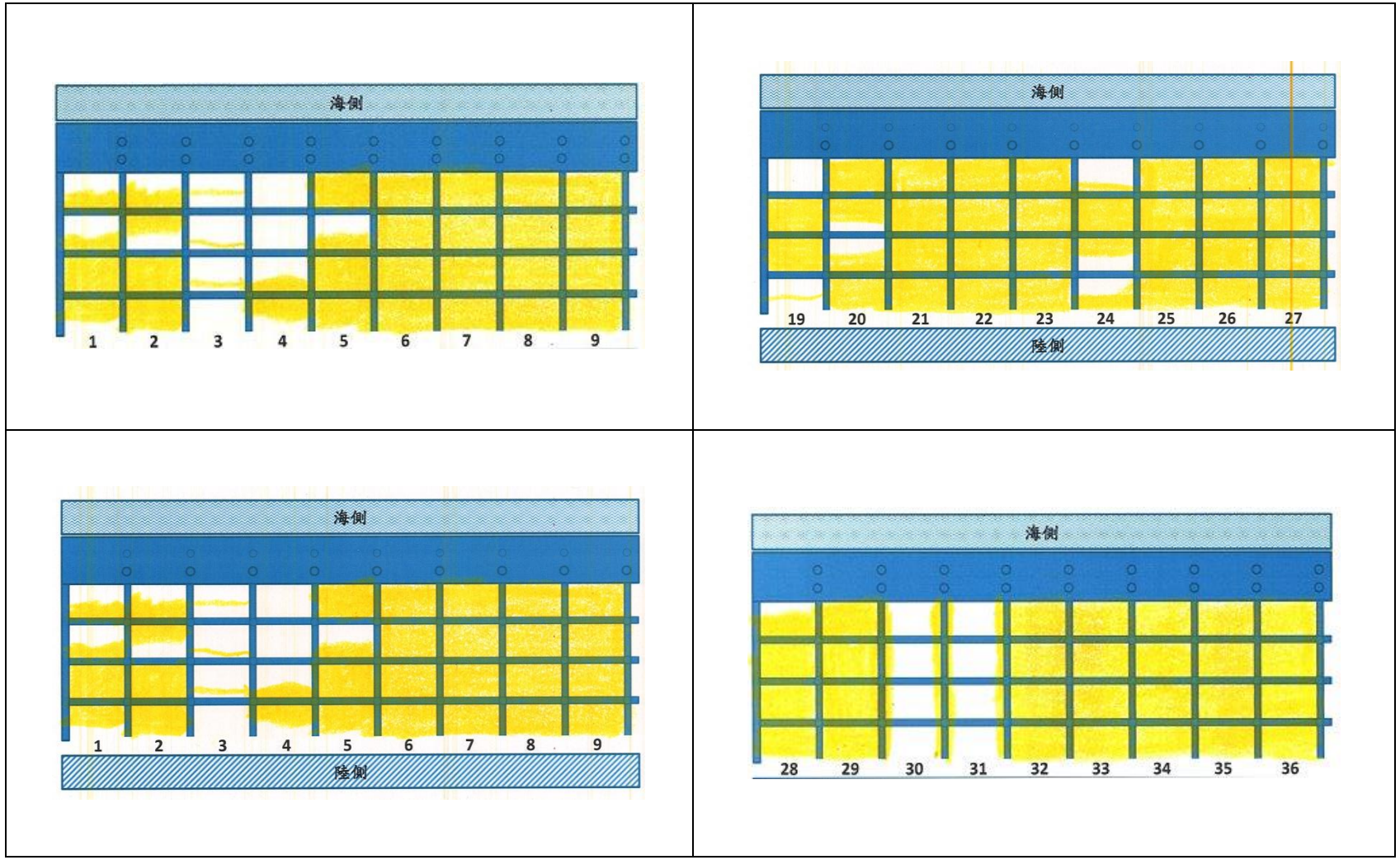


圖 5.124 蘇澳港 13 號碼頭調查結果示意圖

5.4.2 臺中港碼頭水下檢測

5.4.2.1 臺中港 29 號碼頭角偶

本座碼頭全長 250 m，寬 27.0 m，設計水深為-14.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2，主要結構型式係以每排 8 隻直樁支撐面版之鋼管樁棧橋式結構。碼頭位置及結構型式如圖 5.125 及圖 5.126 所示。以靠泊雜貨輪，載運大宗物資為主。建造時間約於民國 65 至 72 年間，調查時，使用時間已超過 30 年。104 年 9 月調查時之碼頭角偶情形如圖 5.127 所示。

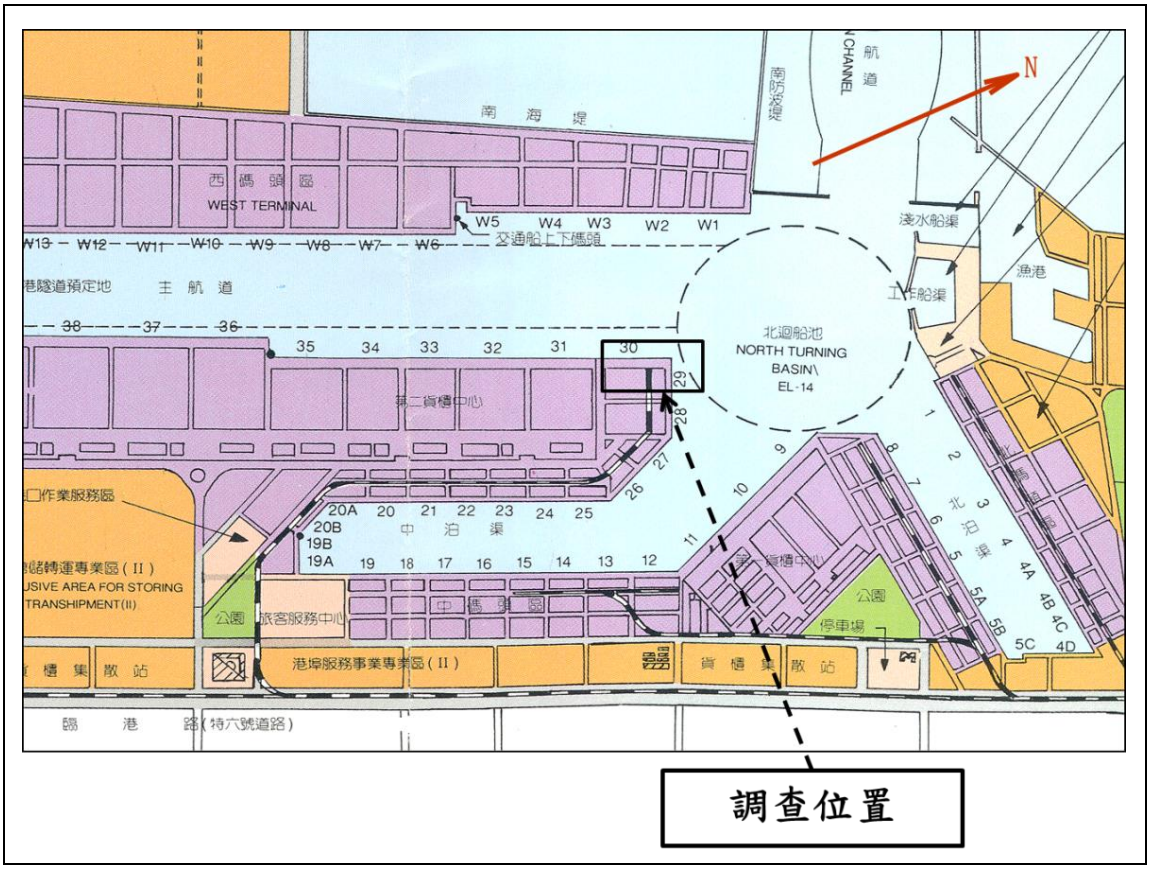


圖 5.125 臺中港 29 號角偶與 30 號碼頭與平面圖

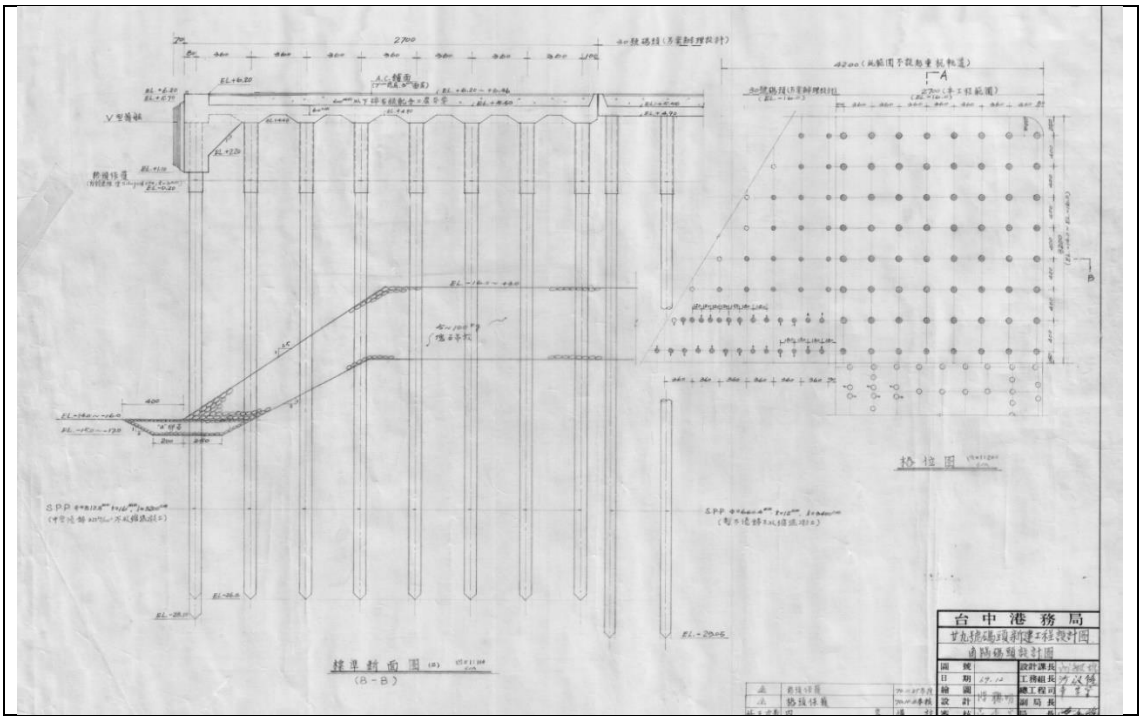
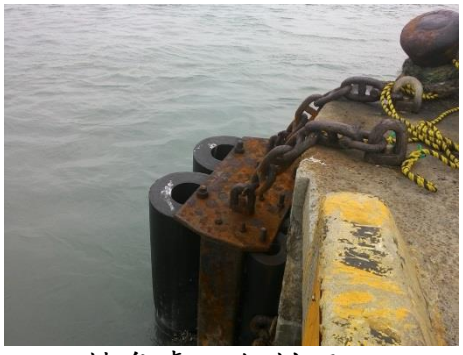


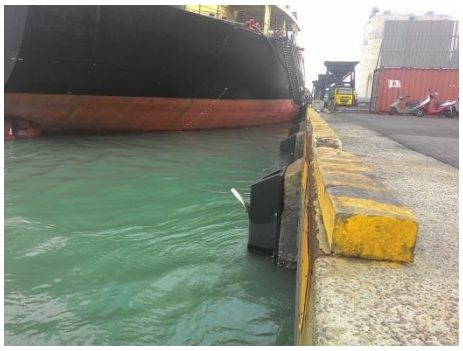
圖 5.126 臺中港 29 號碼頭角偶結構型式與平面圖

碼頭面現況



轉角處防舷材現況

臨 30 號碼頭處木樁防舷材現況



臨 29 號碼頭防舷材與碼頭面現況

圖 5.127 臺中港 29 號碼頭角偶岸上調查時現況(104.09)

水下調查結果彙整如下：

1. 面版：本座碼頭調查時，面版底版未發現明顯劣損或變形情形。

2. 梁：本座碼頭梁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。

3. 基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。

4. 護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

5.4.2.2 臺中港 30 號碼頭

本座碼頭全長 320 m，寬 32.0m，設計水深為 -14.0 m，設計載重為 3.0 t/m^2，主要結構型式係以每排 4 隻直樁與 2 隻斜樁支撐面版，並於後線打設混凝土錨碇版及設置拉桿來抵抗水平作用力之鋼管樁棧橋式結構，並分為 8 個單元。碼頭位置及結構型式如圖 5.125 及圖 5.128 所示。以靠泊雜貨輪，載運大宗物資為主。建造時間約於民國 84 年間，使用迄今約 15 年。104 年 9 月及 11 月兩次調查時，岸上除部分車擋混凝土破損外，未發現其他明顯劣化異狀，如圖 5.129 所示。

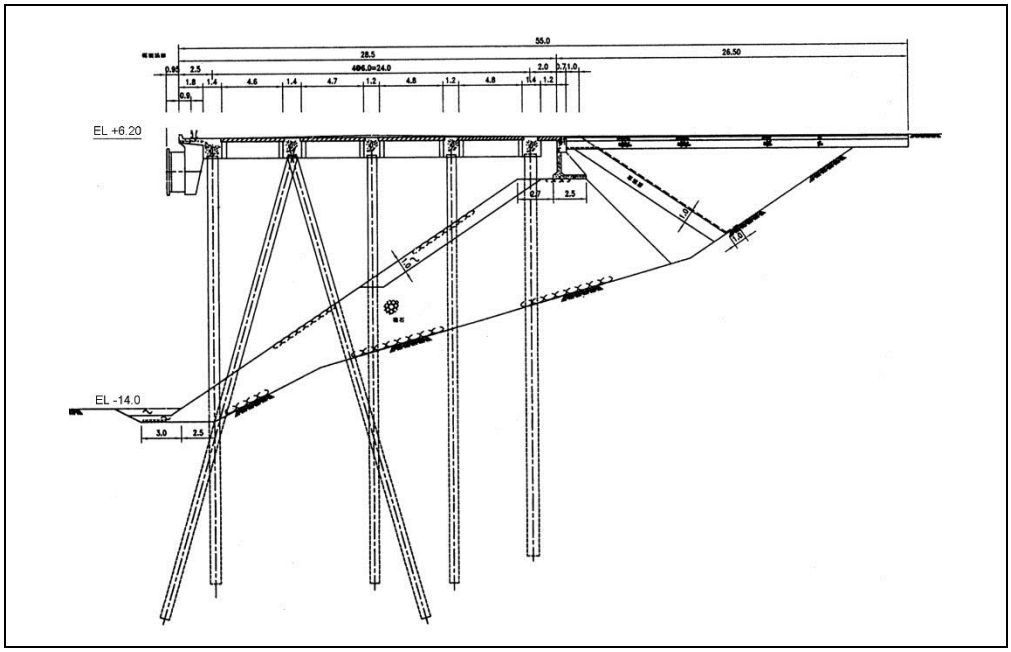
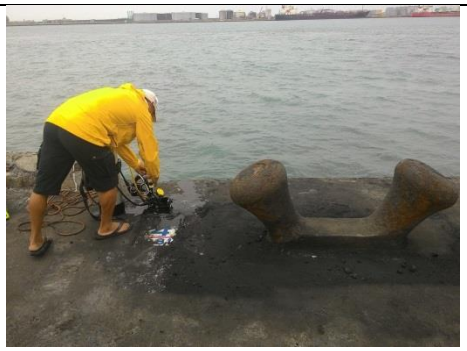


圖 5.128 臺中港 30 號碼頭結構型式



現場調查情形

車擋混凝土破損情形 1

車擋混凝土破損情形 2

車擋混凝土破損 3

圖 5.129 臺中港 30 號碼頭岸上調查時現況(104.09、104.11)

水下調查結果彙整如下(如圖 5.130 所示)：

1. 面版：本座碼頭調查時，面版底版發現多處混凝土剝落及內部鋼筋腐蝕外露情形。
2. 梁：本座碼頭調查時，梁，未發現明顯劣損或變形情形。
3. 基樁：本座碼頭基樁調查時外觀完整，未發現明顯劣損或變形情形。
4. 護坡：本座碼頭護坡調查時，未發現坡度明顯變位情形。

本座碼頭由於建造至今已超過 20 年，面版構件長年曝露於潮汐與海水潑濺之處，混凝土遭受乾濕循環作用造成裂縫生成，海水由裂縫處滲入更加速內部鋼筋之腐蝕，終致混凝土保護層之剝落及鋼筋腐蝕外露且銹斷，此現象在各單元岸肩尤其明顯。雖結構安全及營運功能無立即性之危險，建議仍應及早規劃建置維修制度，進行維修必要之作業，並需定期由水下直接目視檢查碼頭現況。

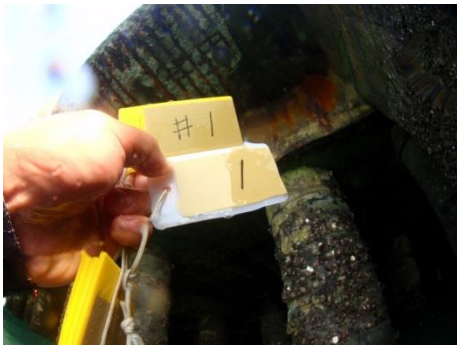
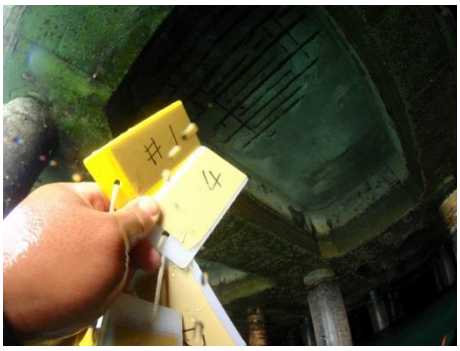
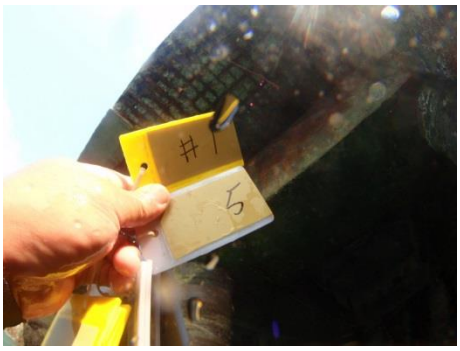
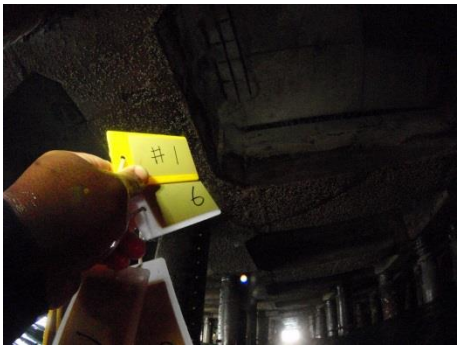
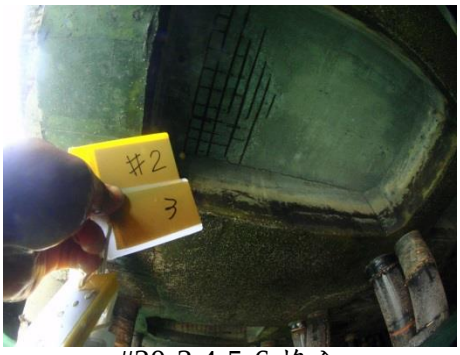
 #30-1,1 格右	 #30-1,2 格右
 #30-1,3 格右	 #30-1,4-5-6 格全
 #30-2,1-2 格	 #30-2,2-3 格
 #30-2,3-4 格	 #30-2,5-6 格全

圖 5.130 臺中港 30 號碼頭現況調查結果-1(104.09、104.11)

#30-3,1 格

#30-3,2 格



#30-3,4-5-6 格全

#30-3,4 格

#30-4,5-6 格全

#30-4,右 4 樁

#30-4,左 3 樁

#30-4.1 格

圖 5.130 (續 1)臺中港 30 號碼頭現況調查結果-2(104.09、104.11)

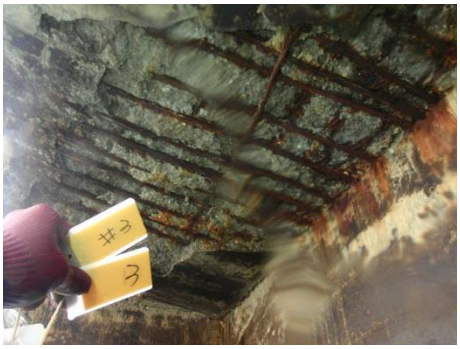
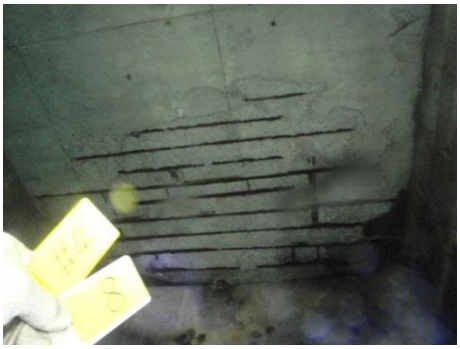
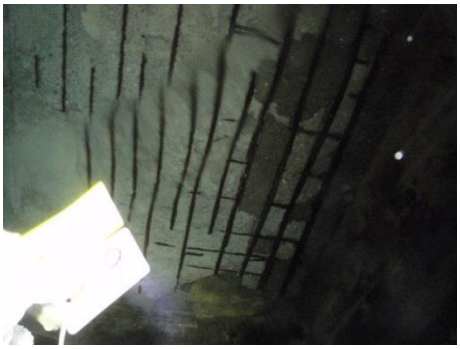
 #30-5,2 格全	 #30-5,3 格
 #30-5,4 格	 #30-5,5 格
 #30-5,6 格	 #30-6,1-2 格
 #30-6,3 格	 #30-6,3 樁

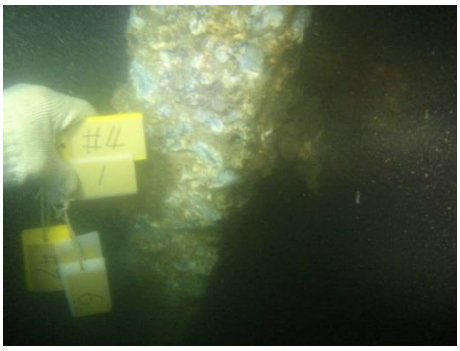
圖 5.130 (續 2)臺中港 30 號碼頭現況調查結果-3(104.09、104.11)



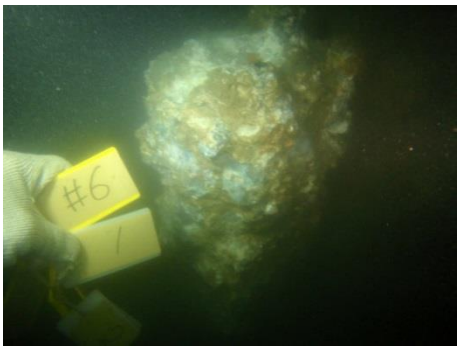
#30-6,5-6 格全



#30-7,1-2 格



陽極塊外觀 1



陽極塊外觀 2

圖 5.130 (續 3)臺中港 30 號碼頭現況調查結果-4(104.09、104.11)

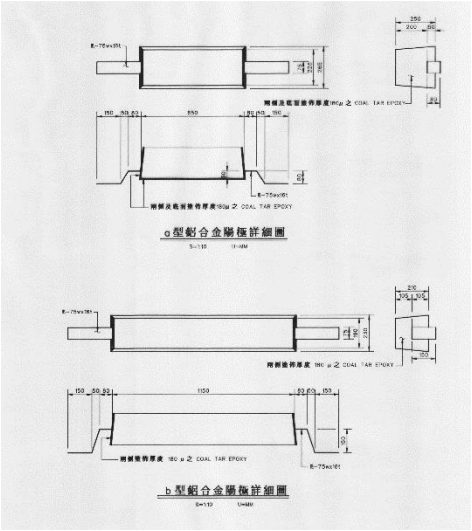
本座碼頭依臺中港務分公司實務需要，另針對鋼管樁現有陰極防蝕系統進行鋼管樁保護電位及犧牲陽極塊發生電位等效能檢測，圖 5.131 為本座碼頭鋼管樁採用之陽極塊型式及安裝位置示意圖，1 至 8 單元各選取 1 排鋼管樁或 1 支陽極塊進行檢測，其結果如下：

1. 鋼管樁保護電位檢測：

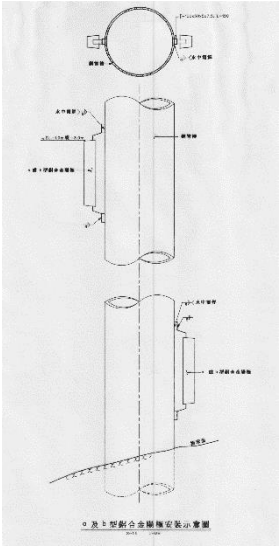
鋼管樁保護電位檢測結果如表 5-83 所示，各單元檢測之鋼管樁保護電位介於 -980 ～ -851 mV 之間，皆小於設計規範之 -780mV 值，已達保護鋼管樁之目的。

2. 陽極塊發生電位檢測：

檢測結果如表 5-84 所示，各單元檢測之陽極塊發生電位在海生物清除前後，其電位分別介於 -974 ～ -887 mV 與 -981 ～ -891 mV 之間，皆小於設計規範之 -780mV 值，可達保護鋼管樁之效果。



a.陽極塊型式示意圖



b.陽極塊安裝位置示意

圖 5.131 臺中港 30 號碼頭鋼管樁陽極塊型式及安裝位置示意圖

表 5-83 臺中港 30 號碼頭鋼管樁保護電位量測結果

編號	水深(m)			編號	水深(m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
第 1 單元							
P1	-851	-858	-863	P4	-871	-886	-875
P2	-860	-865	-864	P5	-887	-873	-883
P3	-857	*-862*	-866	P6	-896	-914	-947
第 2 單元							
P1	-943	-945	-943	P3	-951	-957	-954
P2	-948	-951	-954	P4	-954	-957	-955
第 3 單元							
P1	-938	-940	-943	P3	-944	-948	-950
P2	-944	-945	-948	P4	-948	-953	-950
第 4 單元							
P1	-942	-944	-948	P3	-952	-966	-958
P2	-948	-953	-956	P4	-960	-963	-958
第 5 單元							
P1	-946	-947	-952	P3	-950	-949	-943
P2	-945	-948	-950	P4	-948	-953	-950

編號	水深(m)			編號	水深(m)		
	-1.0	-4.0	-7.0		-1.0	-4.0	-7.0
第 6 單元							
P1	-957	-957	-955	P3	-968	-973	-973
P2	-964	-965	-965	P4	-974	-980	-974
第 7 單元							
P1	-940	-941	-945	P3	-943	-949	-947
P2	-940	-942	-945	P4	-946	-951	-951
第 8 單元							
P1	-934	-939	-955	P3	-940	-947	-943
P2	-930	-932	-935	P4	-948	-950	-950

表 5-84 臺中港 30 號碼頭鋼管樁陽極塊發生電位量測結果

編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
第 1 單元	-889	-887	-900	-891	-891	-905
第 2 單元	-947	-948	-946	-963	-960	-958
第 3 單元	-960	-952	-951	-967	-977	-963
第 4 單元	-954	-942	-943	-977	-972	-974
第 5 單元	-950	-948	-949	-968	-968	-970
第 6 單元	-974	-957	-958	-980	-981	-981
第 7 單元	-946	-957	-959	-965	-970	-970
第 8 單元	-949	-950	-948	-960	-959	-959

5.5 港灣構造物維護管理資訊系統

5.5.1 系統軟體架構

架構內容包含伺服器軟體、資料庫軟體與地理資訊系統等，如圖 5.132 所示，伺服器使用 Apache 系統，其支援 HTML、PHP 與 JavaScript 等語言，而採用的資料庫為 MySQL，並藉由 PHP 語言進行資料庫的輸出入，地理資訊系統採用 Googlemaps，並藉由 JavaScript 語言將相關資訊展示地圖中。以下伺服器軟體、資料庫軟體與地理資訊系統等說明如下：

1.伺服器 Apache：Apache 是目前全世界使用得最多的網頁伺服器，原本 Apache 只是一個開放原始碼的網頁伺服器，但隨著開放原始碼的蓬勃發展，它從只支援網頁伺服器軟體的組織，變成了支援了許多與全球資訊網應用相關的大計畫，並且改名為 Apache Fundation。其支援語言簡述如下：

(1) HTML：超文件標示語言(Hyper Text Markup Language，HTML)是為「網頁建立和其它可在網頁瀏覽器中看到的訊息」設計的一種標示語言。HTML 被用來結構化訊息，例如標題、段落和列表等等，也可用來在一定程度上描述文件的外觀和語意。

HTML 檔案最常用的副檔名是.html，可以用任何文字編輯器或所見即所得的 HTML 編輯器來編輯 HTML 檔案。

(2) PHP：超文字預處理器(Hyper Text Preprocessor，PHP)是一種開源的通用電腦指令碼語言，尤其適用於網路開發並可嵌入 HTML 中使用。PHP 的語法借鑒吸收了 C 語言、Java 和 Perl 等電腦語言的特點，易於一般程式設計師學習。

PHP 的主要標的是允許網路開發人員快速編寫動態頁面，但 PHP 也被用於其他很多領域。

(3) JavaScript：為一種直譯式程式語言，是一種動態型別、弱型別、

基於原型的語言，內建支援型別。它的直譯器被稱為 JavaScript 引擎，為瀏覽器的一部份，廣泛用於客戶端的腳本語言，最早是在 HTML 網頁上使用，用來給 HTML 網頁增加動態功能。

2. 資料庫 MySQL：是一個開放原始碼的關聯式資料庫管理系統，原開發者為瑞典的 MySQLAB 公司。MySQL 由於效能高、成本低、可靠性好，已經成為最流行的開源資料庫，並被廣泛地應用在 Internet 上的中小型網站中。隨著 MySQL 的不斷成熟，它也逐漸用於如維基百科、Google 和 Facebook 等更多大規模網站和應用。

3. 地理資訊系統 Googlemaps：是 Google 公司向全球提供的電子地圖服務，地圖包含地標、線條、形狀等訊息，提供向量地圖、衛星照片、地形圖等三種視圖。

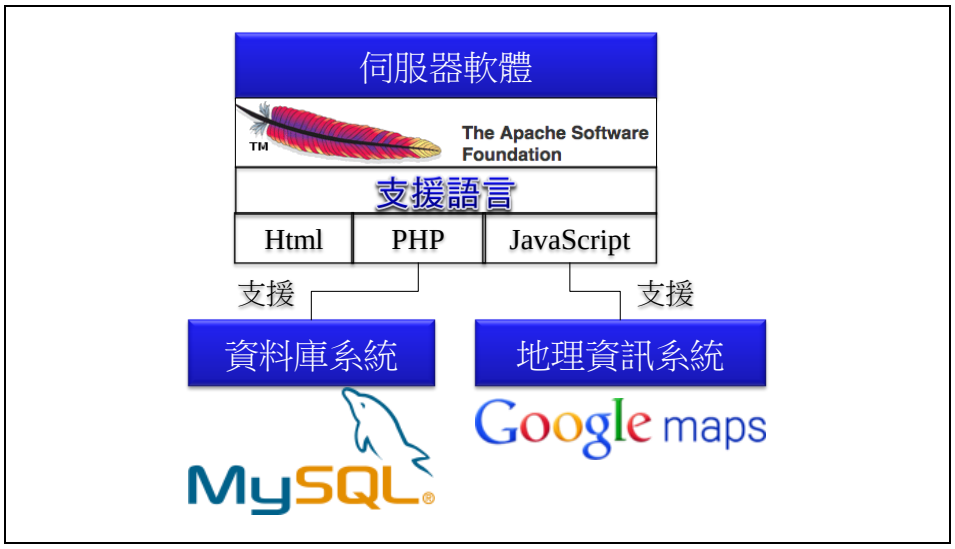


圖 5.132 港灣構造物維護管理軟體架構

5.5.2 系統資料庫與模組架構

維護管理系統資料庫為建置之核心，若資料拆分合宜，會降低儲存空間並增加執行效率，本研究系統資料庫中可將不同的資料表以聯集方式查詢，方便資料使用。如圖 5.133 所示，可將港灣基本資料、碼頭基本資料與單元基本資料，藉由港灣編碼(hbID)與碼頭編碼(portCode)將三個資料表聯集，便於系統中獲得所有資料。

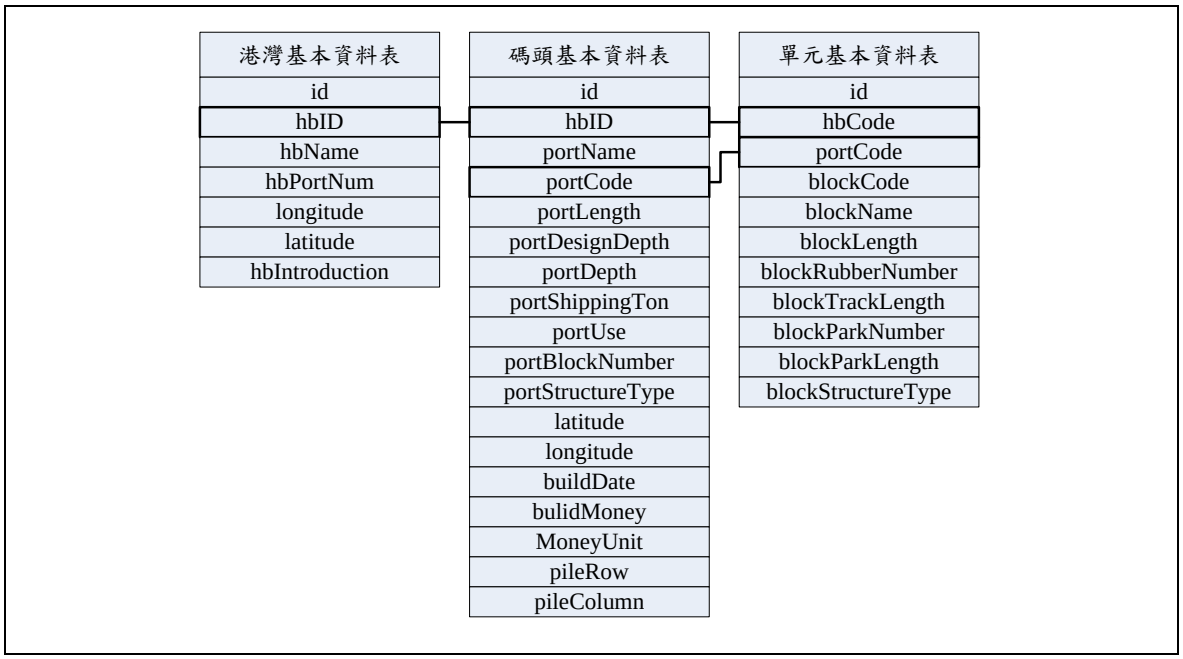


圖 5.133 關聯式查詢方式示意

本研究各系統模組架構如圖 5.134 所示，其各自之內容概述如下：

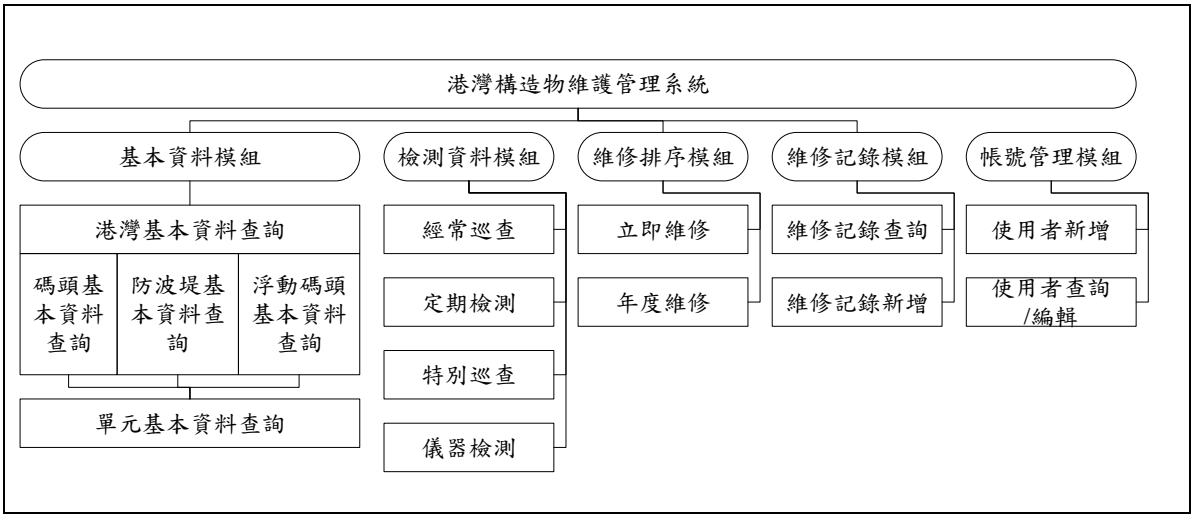


圖 5.134 港灣構造物維護管理系統模組架構

1.基本資料模組：顯示資訊為港灣名稱、碼頭數量、碼頭選擇(以地圖或列表選擇)、防波堤與浮動碼頭選擇。其下可再提供碼頭、防波堤與浮動碼頭基本資料查詢功能：

(1)碼頭基本資料查詢：顯示資訊為碼頭名稱、碼頭長度、設計水深、可靠泊水深、泊船噸位、用途說明、單元數量、建造型式、竣工日期、建造經費、斷面圖、最近一次之經常巡查、定期檢測與特別巡查日期，其下可再提供單元資料查詢。單元資料顯示單元名稱、單元長度、防舷材數量、吊車軌道長度、車擋數量或長度與照片。

(2)防波堤基本資料查詢：顯示資訊為防波堤各單元長度、單元起、迄照片。

(3)浮動碼頭基本資料查詢：其顯示資訊為浮動碼頭各類型構件列表、照片與構件編碼圖。

2.檢測資料模組：可針對碼頭、防波堤與浮動碼頭構造物進行經常巡查、定期檢測、特別巡查與儀器檢測等記錄。經常巡查與特別巡查依其頻率，針對各類型港灣構造物進行整體檢視，記錄各構件之劣化狀況、包含其所在單元、位置、數量、照片等資料；定期巡查依其頻率，針對各類型港灣構造物進行各單元檢視，記錄各單元構件之劣化狀況、包含其所在單元、位置、數量、照片等資料；儀器檢測記錄，可將相關的檢測報告，依不同類型構造物進行存放。

3.維修排序模組：分為立即維修與年度維修兩項，立即維修列出各類型港灣構造物之經常與特別巡查，其劣化狀況等於 4 之結果；年度維修則列出各構件定期檢測結果，依劣化狀況進行排序(碼頭構造物可再依構件權重進行加權計算)。

4.維修記錄模組：將各類型港灣構造物維修歷程予以記錄留存。

5.帳號管理模組：提供管理者新增與編輯使用者。

5.5.3 系統建置成果與使用說明

5.5.3.1 系統登入與首頁

系統登入網址為 118.163.255.145/HMMS(如圖 5.134 所示)，輸入帳號密碼後，進入系統首頁，如圖 5.136 所示，圖中「1」為系統功能列，

包含基本資料、檢測資料、維修排序、維修記錄與帳號管理等模組;「2」為最新消息，顯示最新的巡查檢測資料完成時間，此資訊由使用者新增巡查檢測資料後，將自動表列於此;「3」為系統使用手冊下載;「4」為各模組功能介紹，以影片方式配合文字逐步說明如何操作。

圖 5.135 港灣構造物維護管理系統登入頁面

圖 5.136 港灣構造物維護管理系統首頁

5.5.3.2 基本資料模組

圖 5.137 為點選進入金門港基本資料模組後，所顯示目前系統港畫面，當選擇港灣後，可進入港灣基本資料，如圖 5.138 所示，選擇「1」碼頭資料列表與「2」碼頭選擇[地圖]，可再針對碼頭資料進行檢視；選擇「3」防波堤選擇[地圖]可再針對防波堤資料進行檢視；選擇「4」浮動碼頭選擇[地圖]可再針對浮動碼頭資料進行檢視。

當選擇圖 5.138「1」後可表列選擇港灣所有的碼頭資料(如圖 5.139 所示)，顯示各碼頭長度、設計水深、可靠泊水深、泊船噸位、用途、單元數量、結構型式、建造日期、建造經費、碼頭照片與斷面圖等資訊。

當選擇圖 5.138「2」後，可再以地圖方式選擇碼頭(如圖 5.140 所示)，顯示碼頭基本資料(如圖 5.141 所示)與該碼頭最近期進行之經常巡查、定期檢測與特別巡查之日期與查詢單元資料。當於圖 5.141 選擇「顯示單元碼頭資料」，則可列表該碼頭各單元名稱、長度、防舷材數量、吊車軌道、車擋數量或長度與照片，如圖 5.142 所示。

當選擇圖 5.138「3」後，可於地圖選擇防波堤(如圖 5.143 所示)，顯示防波堤各單元編號、長度、單元起、迄照片與設計圖，如圖 5.144 所示。

當選擇圖 5.138「4」後，可於地圖選擇浮動碼頭(如圖 5.145 所示)，顯示浮動碼頭各構件編碼(如圖 5.146 所示)及位置(如圖 5.147 所示)。

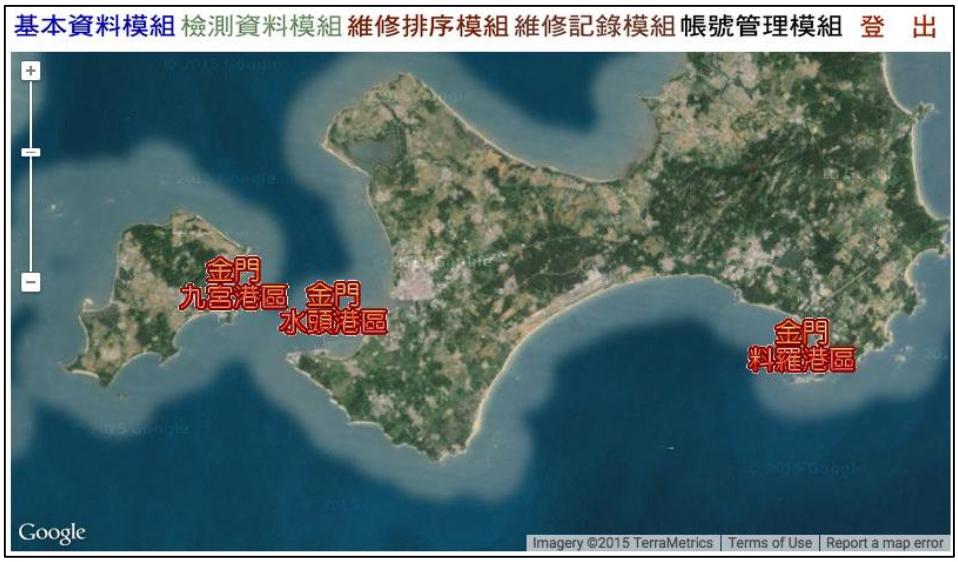
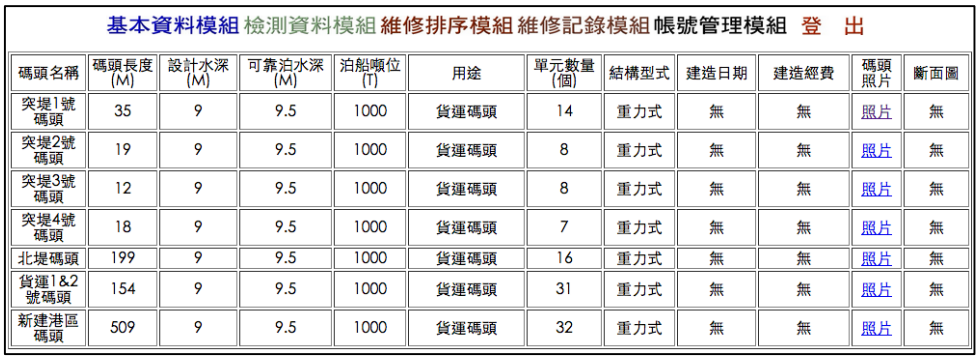


圖 5.137 基本資料模組港灣選擇頁面

圖 5.138 港灣基本資料頁面



碼頭名稱	碼頭長度(M)	設計水深(M)	可靠泊水深(M)	泊船噸位(T)	用途	單元數量(個)	結構型式	建造日期	建造經費	碼頭照片	斷面圖
突堤1號碼頭	35	9	9.5	1000	貨運碼頭	14	重力式	無	無	照片	無
突堤2號碼頭	19	9	9.5	1000	貨運碼頭	8	重力式	無	無	照片	無
突堤3號碼頭	12	9	9.5	1000	貨運碼頭	8	重力式	無	無	照片	無
突堤4號碼頭	18	9	9.5	1000	貨運碼頭	7	重力式	無	無	照片	無
北堤碼頭	199	9	9.5	1000	貨運碼頭	16	重力式	無	無	照片	無
貨運1&2號碼頭	154	9	9.5	1000	貨運碼頭	31	重力式	無	無	照片	無
新建港區碼頭	509	9	9.5	1000	貨運碼頭	32	重力式	無	無	照片	無

圖 5.139 碼頭基本資料列表

圖 5.140 碼頭地圖選擇

圖 5.141 單碼頭基本資料顯示

單元名稱	單元長度(M)	防舷材數量(個)	吊車軌道(M)	車擋數量或長度(個或M)	照片
1號單元	24	4	無	7 個	
2號單元	5.9	4	無	2 個	
3號單元	6.4	4	無	3 個	

圖 5.142 碼頭單元基本資料顯示(以繫船柱為劃分單元)

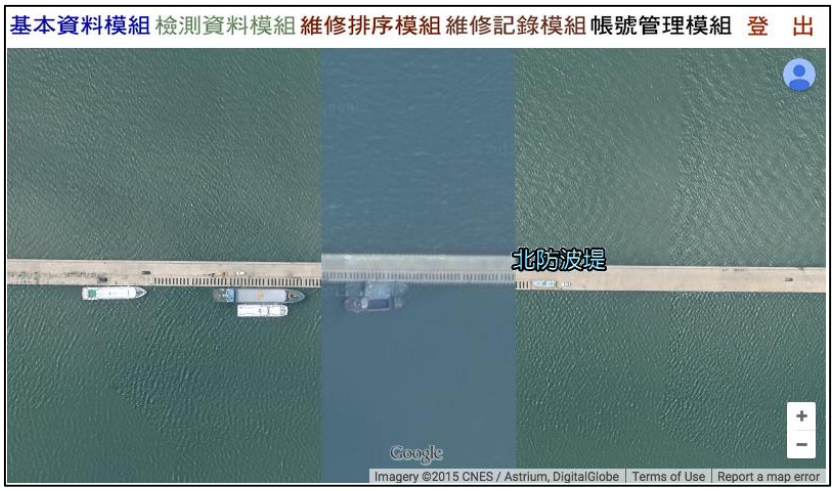


圖 5.143 防波堤地圖選擇

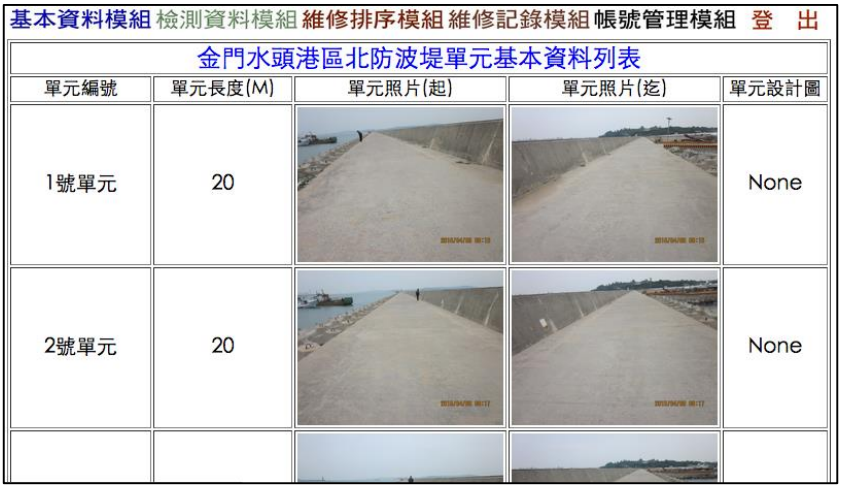


圖 5.144 防波堤單元基本資料顯示

圖 5.145 浮動碼頭地圖選擇

圖 5.146 浮動碼頭各類型構件編碼

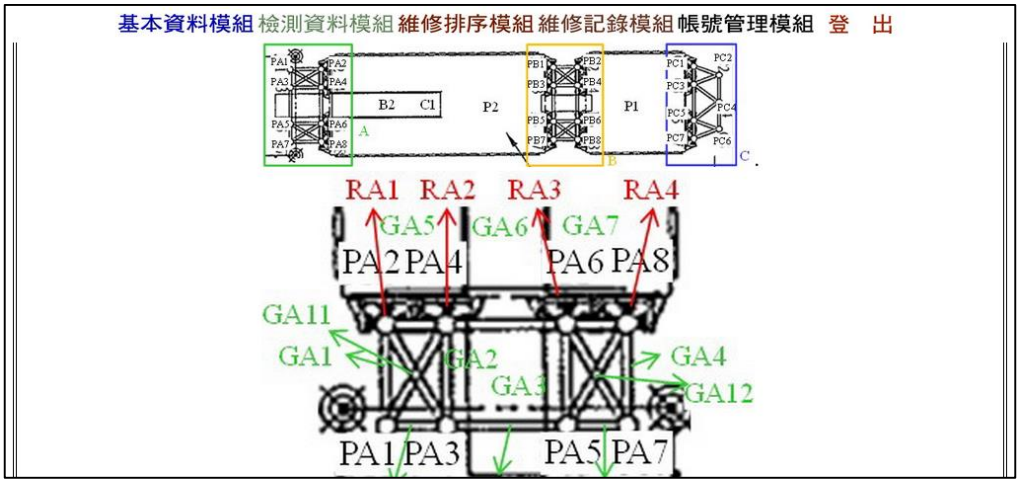


圖 5.147 浮動碼頭各構件位置圖

5.5.3.3 檢測資料模組

圖 5.148 為選擇圖 5.5「1」功能列的「檢測資料模組」，進入巡查檢測功能之頁面，圖中「1」為經常巡查、定期檢測、特別巡查與儀器檢測等類型之選擇；「2」為選擇資料查詢或新增；「3」為選擇港灣構造物。由於各類型構造物檢測之新增與查詢相似(儀器檢測除外)，以下將以浮動碼頭為例，進行說明。

圖 5.148 檢測資料模組選擇頁面

1.經常巡查

(1)經常巡查的新增：巡查表單如圖 5.149 所示，使用者以整體構造物進行巡查，針對各類型構件進行檢視，記錄各類型構件劣化狀況最嚴重者，輸入其劣化狀況、劣化構件編號、劣化數量(Total 為包含其他相同類型構件劣化之總數，Max 為最嚴重者之數量)與照片，浮動碼頭由於構件較為複雜，可另依構件對照圖予以辨別。

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

金門水頭港區小三通碼頭#1經常巡查

構件對照圖1構件對照圖2構件對照圖3構件對照圖4

檢測日期	2015年09月10日			檢測天氣	晴
港灣名稱	金門水頭港區	碼頭名稱	小三通碼頭#1	檢測者	簡臣佑
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化描述	劣化構件	劣化數量或說明
浮臺外部	鋼材腐蝕、龜裂、損傷(鋼材)	3	1：無異狀 2：－ 3：－ 4：因腐蝕引起之穿孔、變形或其他明顯損傷	P01	10 m^2(total) 2 m^2(max.)
		照片 選擇檔案 PB3.jpg			
	混凝土劣化損傷(RC)	1	1：無異狀 2：輕微裂縫或點狀鏽水產生 3：直徑3mm以下鋼筋混凝土之裂縫部分鏽水產生 4：直徑3mm以上鋼筋混凝土之裂縫或保護層剝落或大範圍鏽水產生或貫通的裂縫	P01	m^2(total) m^2(max.)

圖 5.149 經常巡查劣化輸入頁面-以浮動碼頭為例

(2)經常巡查的查詢：進入查詢頁面，列出經常巡查基本資料表，依巡查時間列出檢測資料，包含檢測時間、檢測天候、檢測者、檢測者意見等，並提供查詢詳細資料、刪除記錄、編輯記錄(針對經常巡查基本資料)、列印檢測報告等功能，如圖 5.150 所示。

選擇查詢詳細資料，可查詢各類型構件劣化狀況(如圖 5.151 所示)，並可予以編輯(如圖 5.152 所示)；選擇編輯記錄，可針對經常巡查基本資料進行編輯(如圖 5.153 所示)；選擇列印檢測報告，則可將經常巡查報告產出(如圖 5.154 所示)。

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

金門水頭港區-小三通碼頭#1經常巡查資料列表 回到地圖選擇

檢測時間	檢測天候	檢測者	檢測者意見	詳細資料	刪除記錄	編輯記錄	檢測報告
20141215	晴	簡臣佑	無	查詢	刪除	編輯	列印

圖 5.150 經常巡查基本資料列表-以浮動碼頭為例

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

港灣名稱	金門水頭港區	浮動碼頭名稱	小三通碼頭#1	檢測日期	20141215		
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化構件編號		劣化數量	劣化照片	編輯
浮臺外部	鋼材腐蝕、龜裂、損傷(鋼材)	1					編輯
	混凝土劣化損傷(RC)	1					編輯
	混凝土劣化損傷(PC)	1					編輯
浮臺內部	本體龜裂、損傷	1					編輯
滾輪組	塗裝剝離、腐蝕、異音	4	RC01		滾輪組橡膠墊脫落無法發揮功能	照片	編輯

圖 5.151 經常巡查各類型構件劣化狀況查詢-以浮動碼頭為例

圖 5.152 經常巡查各類型構件劣化狀況編輯-以浮動碼頭為例

圖 5.153 經常巡查基本資料編輯-以浮動碼頭為例

金門港務處

金門水頭港區經常巡查報告				
碼頭名稱：小三通碼頭#1			檢測時間：20141215	
劣化構件	劣化類型	劣化狀況	構件編號	劣化數量或說明
滑動滾輪組	[illegible]	4	RC01	滾輪組橡膠墊脫落無法發揮功能
基樁	[illegible]	2	PC03	Max: m^2, Total: m^2
檢測者簽章：			審核單位簽章：	

金門港務處

RC01滑動滾輪組腐蝕、構件脫落、異音

PC03基樁磨耗、腐蝕

2

圖 5.154 經常巡查報告產出範例-以浮動碼頭為例

2.定期檢測

(1)定期檢測的新增：新增定期檢測之表單，會將各構件劣化狀況先訂定為 1(如圖 5.155 所示)，其後再針對各構件劣化狀況予以編輯 (如圖 5.156 所示)。

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

回到浮動碼頭選擇 | 回到定期檢測基本資料列表

金門水頭港區-小三通碼頭#1-定期檢測記錄表

檢測日期		20150910		檢測人員	簡臣佑	
檢測天氣	晴	檢測員意見	無			編輯

構件對照圖1構件對照圖2構件對照圖3構件對照圖4

構件編號	構件類型	劣化類型	劣化狀況	劣化數量	劣化照片	編輯
PA01	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA02	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA03	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA04	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA05	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA06	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA07	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA08	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PB01	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯

圖 5.155 定期檢測劣化輸入頁面-以浮動碼頭為例

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

回到地圖選擇 回到定期巡查基本資料列表 回到定期巡查詳細資料列表

定期巡查資料編輯	
檢測時間	20150910
港灣名稱	金門水頭港區
浮動碼頭名稱	小三通碼頭#1
構件名稱	PA01
劣化類型	磨耗、腐蝕
劣化狀況	1
劣化數量(Total.)	m^2
劣化說明	
劣化照片	無劣化照片
	照片更新 選擇檔案 未選擇任何檔案
確認更改資料	

刪除資料

圖 5.156 定期檢測構件劣化狀況編輯-以浮動碼頭為例

(2)定期檢測的查詢：由定期檢測基本資料表，選擇查詢詳細資料，查詢各類型構件劣化狀況(如圖 5.157 所示)，其構件劣化狀況之編輯同經常巡查；當於圖 5.150 選擇列印檢測報告，則可將經常巡查報告產出(如圖 5.158 所示)。

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

回到浮動碼頭選擇 回到定期檢測基本資料列表

金門水頭港區-小三通碼頭#1-定期檢測記錄表

構件對照圖1構件對照圖2構件對照圖3構件對照圖4

構件編號	構件類型	劣化類型	劣化狀況	劣化數量	劣化照片	編輯
PA01	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA02	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA03	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA04	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA05	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA06	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA07	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PA08	基樁	磨耗、腐蝕	1		None	編輯
PB01	基樁	磨耗、腐蝕	2	2 m^2	照片	編輯
PB02	基樁	磨耗、腐蝕	2	2.5 m^2	照片	編輯
PB03	基樁	磨耗、腐蝕	2	1 m^2	照片	編輯

圖 5.157 定期檢測各類型構件劣化狀況查詢

金門港務處

金門水頭港區定期檢測報告				
碼頭名稱：小三通碼頭#1			檢測時間：20150409	
劣化構件	劣化類型	劣化狀況	構件編號	劣化數量或說明
基樁	[illegible]	2	PB01	2 m^2
基樁	[illegible]	2	PB02	2.5 m^2
基樁	[illegible]	2	PB03	1 m^2
基樁	[illegible]	2	PB04	1 m^2
基樁	[illegible]	2	PB05	2 m^2
基樁	[illegible]	2	PB06	0.5 m^2
基樁	[illegible]	2	PB07	0.6 m^2
基樁	[illegible]	2	PB08	1.2 m^2
基樁	[illegible]	2	PC01	0.3 m^2
基樁	[illegible]	2	PC02	2 m^2
基樁	[illegible]	2	PC03	4 m^2
基樁	[illegible]	2	PC04	3 m^2
基樁	[illegible]	2	PC05	2 m^2
基樁	[illegible]	2	PC06	1.5 m^2
基樁	[illegible]	2	PC07	3 m^2
滑動滾輪組	[illegible]	4	RB01	滾輪組橡膠墊脫落
滑動滾輪組	[illegible]	4	RB02	滾輪組橡膠墊脫落
滑動滾輪組	[illegible]	4	RB03	滾輪組橡膠墊脫落
滑動滾輪組	[illegible]	4	RB04	滾輪組橡膠墊脫落
滑動滾輪組	[illegible]	4	RC01	無法發揮功能
滑動滾輪組	[illegible]	4	RC02	滾輪組摩擦基樁
滑動滾輪組	[illegible]	4	RC03	滾輪組橡膠墊脫落

金門港務處

PB01基樁磨耗、腐蝕

PB02基樁磨耗、腐蝕

圖 5.158 定期檢測報告產出範例

3.特別巡查

(1)特別巡查的新增：如遇天然或人為災害後進行之巡查。巡查重點為構造物各構件是否發生劣化狀況達到 4 之等級，如圖 5.159 所示。

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

金門水頭港區小三通碼頭#1特別巡查

構件對照圖1構件對照圖2構件對照圖3構件對照圖4

檢測日期	2015年09月10日			檢測天氣	晴
港灣名稱	金門水頭港區	碼頭名稱	小三通碼頭#1	檢測者	簡臣佑
巡查照片	照片 選擇檔案 未選擇任何檔案				
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化描述	劣化構件	劣化數量
浮臺外部	鋼材腐蝕、龜裂、損傷(鋼材)	N	是否有因腐蝕引起之穿孔、變形或其他明顯損傷	P01	m^2(total) m^2(Max.)
		照片 選擇檔案 未選擇任何檔案			
	混凝土劣化損傷(RC)	N	是否有直徑3mm以上鋼筋混凝土之裂縫或保護層剝落或大範圍鏽水產生或貫通的裂縫	P01	m^2(total) m^2(Max.)
		照片 選擇檔案 未選擇任何檔案			

圖 5.159 特別巡查劣化輸入頁面-以浮動碼頭為例

(2)特別巡查的查詢：相關查詢方式同經常巡查。

4.儀器檢測

(1)儀器檢測新增：於圖 5.148 選擇「儀器檢測」與「新增」後，即可進入如圖 5.160 所示之儀器檢測資料新增頁面，選擇「儀器檢測報告上傳」，進入如圖 5.161 所示頁面，輸入檢測日期、檔案與檔名後即可上傳資料。

(2)儀器檢測查詢：於圖 5.148 選擇「儀器檢測」與「查詢」後，進入如圖 5.162 所示之查詢頁面，可顯示並下載歷次之儀器檢測報告。

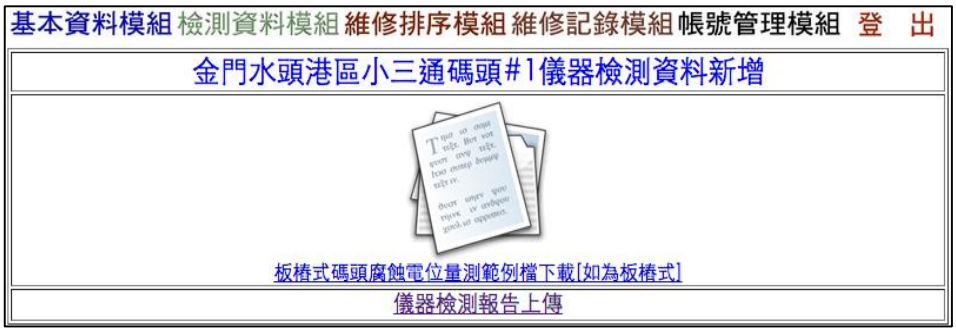


圖 5.160 儀器檢測資料新增頁面

圖 5.161 儀器檢測報告上傳輸入頁面

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

金門水頭港區-小三通碼頭#1儀器檢測資料列表 回到碼頭選擇				
編號	上傳日期	檢測日期	檔名	刪除
1	20150911	20150110	金門浮動碼頭電位量測	刪除

圖 5.162 儀器檢測資料查詢頁面

5.5.3.4 維修排序模組

1.立即維修：選擇圖 5.5「1」功能列的「維修排序模組」，進入維修排序選擇頁面(如圖 5.163 所示)，選擇立即維修並選擇構造物後，進入立即維修構件列表，將可列出最近經常與特別巡查，劣化狀況等於 4 的構件 (如圖 5.164 所示)，提供管理單位辦理維修參據。

2.年度維修：進入圖 5.163，選擇年度維修並選擇構造物後，進入年度維修構件列表(如圖 5.165 所示)，圖中碼頭本體-後線，因其為主要結構，故其修復排序為 1，另附屬設施 B13 車擋因劣化狀況為 4，其修復排序同樣為 1，附屬設施 B05 車擋因劣化狀況為 2，故其修復排序為 2，各構件劣化狀況，分別列出修復建議之處置對策。

圖 5.163 維修排序選擇頁面

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

立即維修構件列表 回到設施選擇 回到港灣選擇							
港灣名稱		金門水頭港區	浮動碼頭名稱		小三通碼頭#1		
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化單元(構件)	劣化位置	劣化數量	劣化照片	處置對策
經常巡查結果(20141215)							
滑動滾輪組		腐蝕、構件脫落、異音	RC01	N/A	滾輪組橡膠墊脫落無法發揮功能	照片	置換構件

圖 5.164 立即維修構件列表

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

碼頭年度維修構件列表 回到設施選擇 回到港灣選擇								
港灣名稱		金門水頭港區		碼頭名稱		貨運1&2號碼頭	檢測時間	20150408
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	修復排序	處置對策
結構性構件	碼頭本體-後線	沉陷	3	B13	X=2m	5m^2	1	持續觀察 回填料填補壓實法
附屬設施	附屬設施-車擋	腐蝕龜裂	4	B13	第1~4個	4個	1	置換車擋
	附屬設施-車擋	腐蝕龜裂	2	B05	第2,3個	2個	2	持續觀察

圖 5.165 年度維修構件列表

5.5.3.5 維修記錄模組

1.維修記錄模組新增：選擇圖 5.5「1」功能列之「維修記錄模組」，進入維修記錄模組「新增」與「查詢」頁面(如圖 5.166 所示)，選擇「新增」進入維修記錄新增頁面(如圖 5.167 所示)，將契約編號、契約名稱、維修金額、維修碼頭(或防波堤、浮動碼頭)與維修照片等資料輸入後，即可完成新增維修記錄。

2.維修記錄模組查詢：於圖 5.166 選擇查詢，進入維修記錄列表頁面(如圖 5.168 所示)，即可查詢該港灣維修記錄資料。

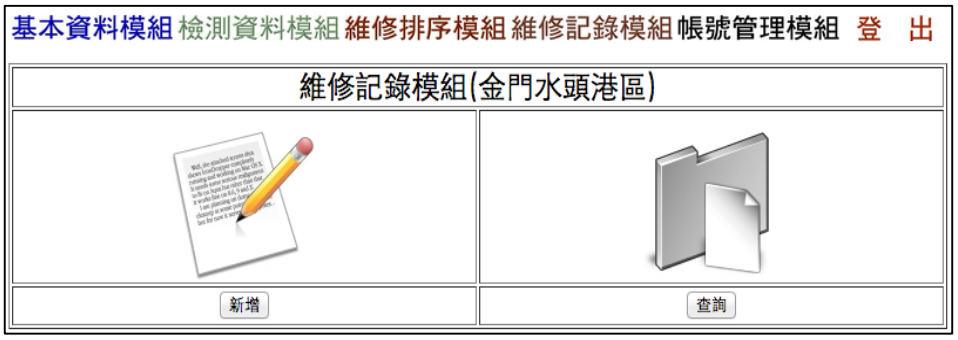


圖 5.166 維修記錄新增、查詢功能頁

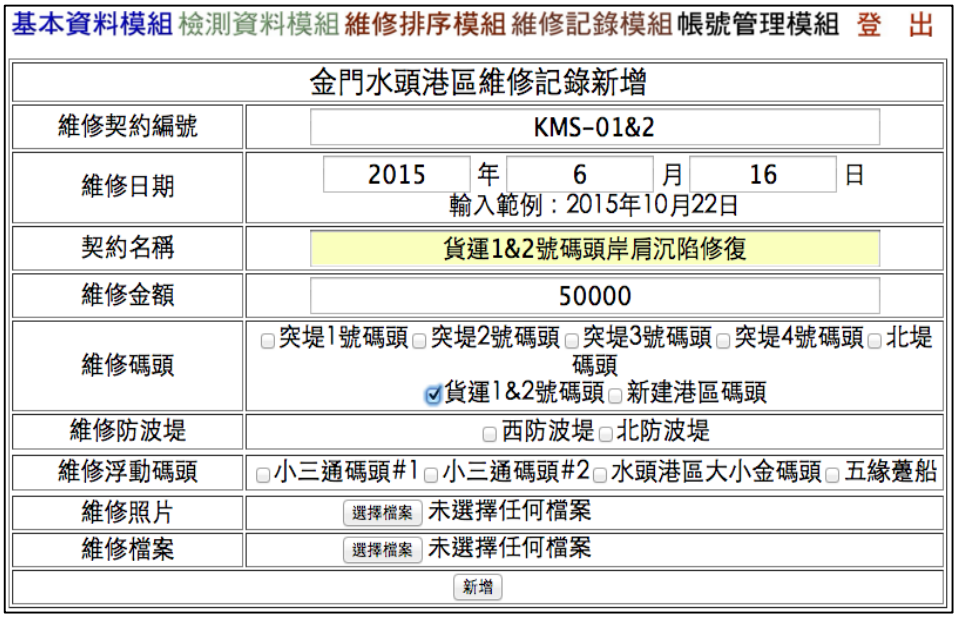


圖 5.167 維修記錄新增頁面

圖 5.168 維修記錄查詢頁面

5.5.3.6 帳號管理模組

選擇圖 5.5「1」功能列的「帳號管理模組」，即可進行帳號管理。「系統管理者」，可進入如圖 5.169 所示之頁面，瀏覽所有帳號，並可「新增帳號」(如圖 5.170 所示)，與編輯所有帳號資料 (如圖 5.171 所示)；一般使用者，僅可針對個人帳號進行資料編輯(如圖 5.172 所示)。

圖 5.169 帳號管理模組-使用者列表

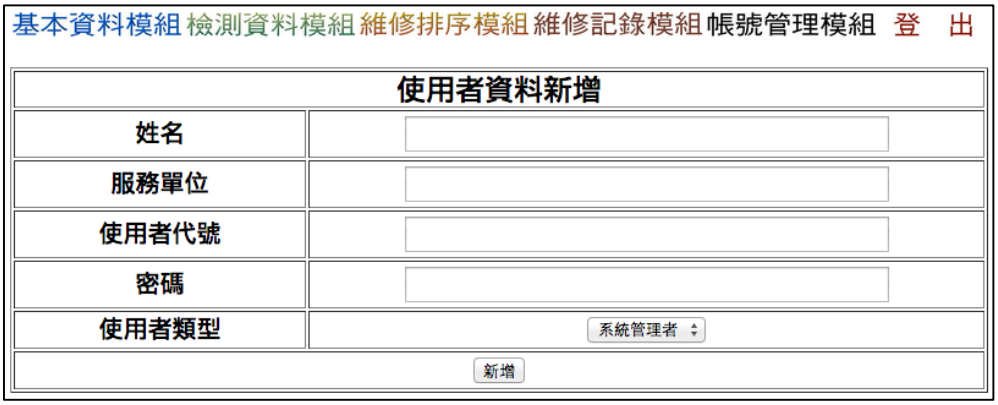


圖 5.170 帳號管理模組-使用者新增

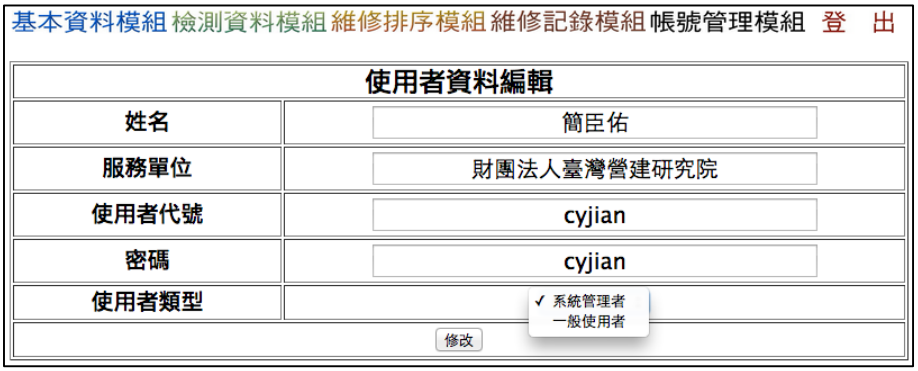
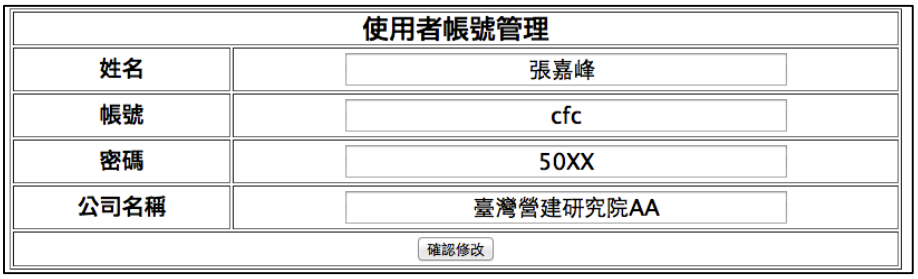


圖 5.171 帳號管理模組-使用者編輯



使用者帳號管理	
姓名	張嘉峰
帳號	cfc
密碼	50XX
公司名稱	臺灣營建研究院AA
確認修改	

圖 5.172 一般使用者帳號管理頁面

5.5.4 空間資訊與檢測評估資料串聯

串聯步驟如圖 5.173 所示，金門港三港區完成航測影像拍攝，並以 MapTiler 軟體處理影像為 google 所需之格式，同時修正維護管理系統之地圖選單，將格式後影像與修正程式碼上傳後，即可以航測影像顯示於地圖選單中。其詳細步驟說明如下：

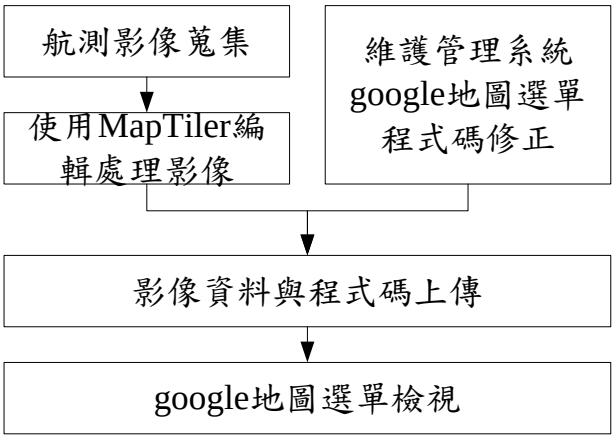


圖 5.173 空間資訊與檢測評估資料串聯步驟

1.航測影像蒐集：由於航測影像檔案較大，故將其切分為檔案較小的檔案(10K×7.5K)，以水頭港區為例，會切分為 6 幅圖(如圖 5.174 所示)。

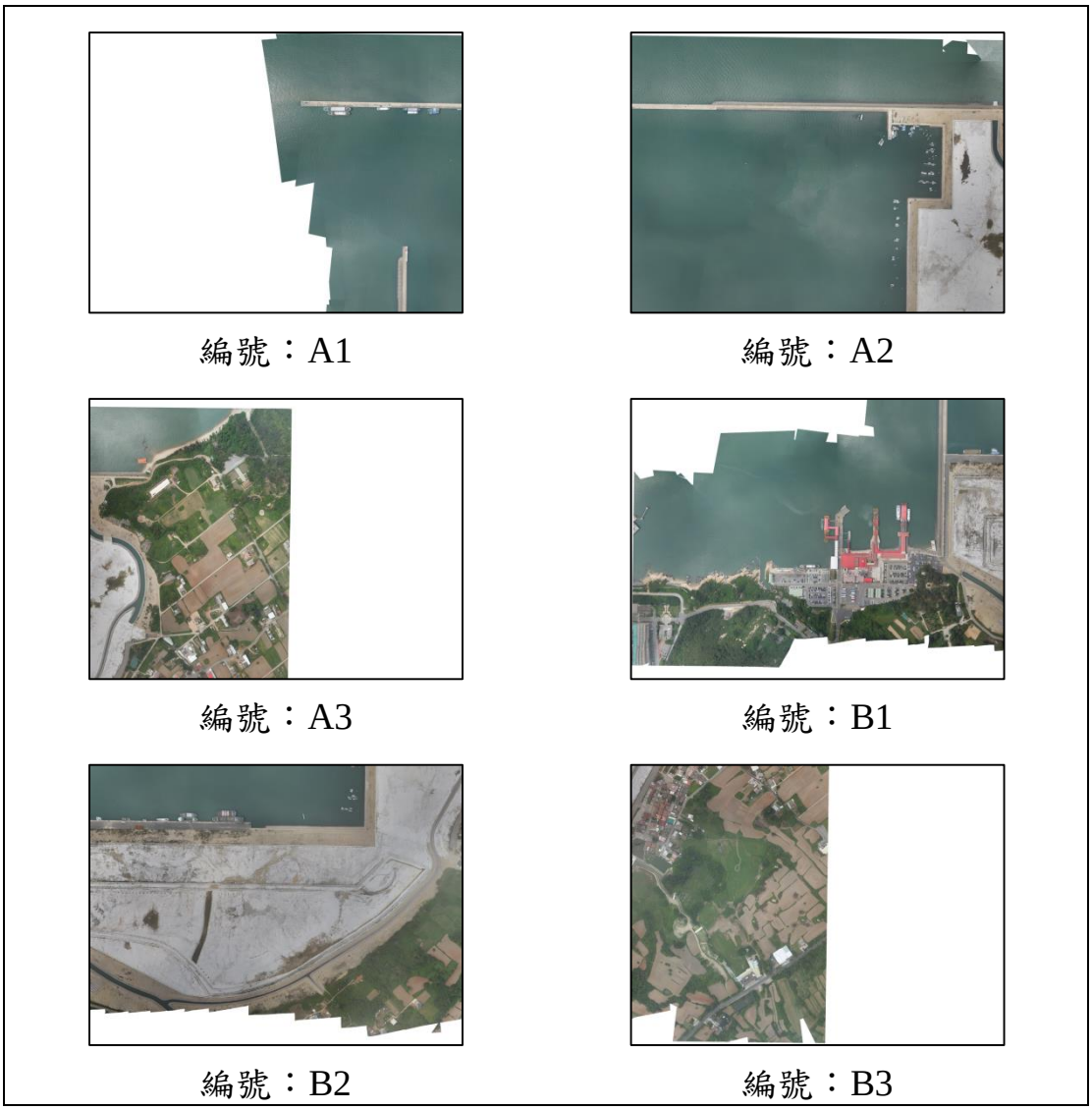


圖 5.174 金門港航測影像蒐集-以水頭港區為例

2.Maptiler 影像處理：航測影像蒐集後，需再依 Google map 的圖資格式處理，其為一堆正方形的 tiles(網格)所組成，每個 tile 大小為 256 px× 256 px，並有 z, x, y 三個屬性，z 是表示縮放大小，而 x, y 則是 tile 在全球圖資中的 x, y 座標(與經緯度的值相關，但座標系統不同)。圖 5.175 為縮放等級 18 時之 tiles 排列方式示意圖。

圖 5.175google tils 的排列方式示意圖

為將蒐集圖資轉換為 google 需求的 tile 格式，故採用 Maptiler 進行。啟動 Maptiler(如圖 5.176 所示)，選擇圖資檔案與座標格式後，可先行檢視轉換圖資是否正確(如圖 5.177 所示)，再選擇儲存位置與需求之縮放大小(如圖 5.178 為 15～19)，其可產出需求圖資。

產出圖資依各縮放大小(15～19)為資料夾進行儲存，如「t_18_219626_112227.png」中「18」為縮放大小，「219626」為 x 值，「112227」為 y 值。

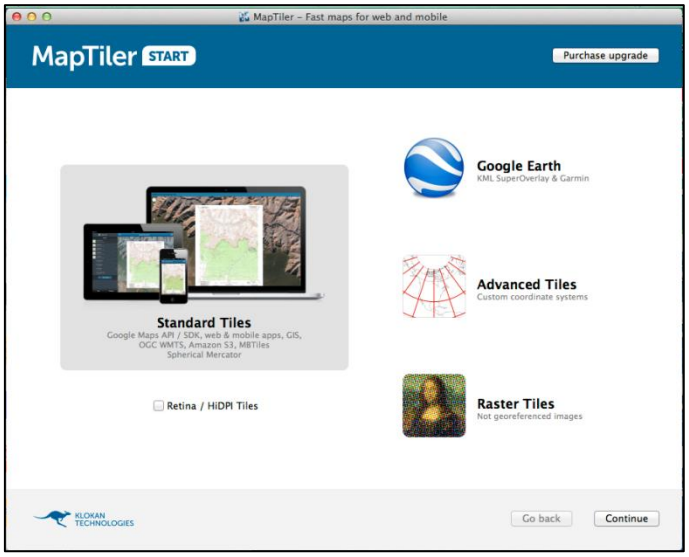


圖 5.176 Maptiler 啟動畫面

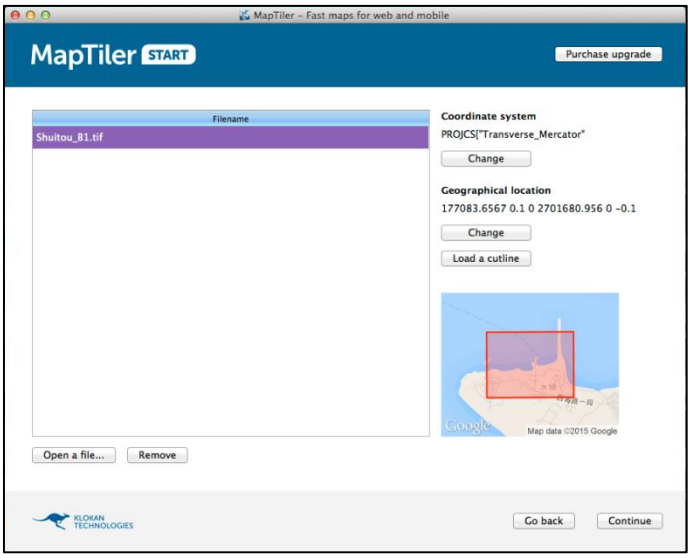


圖 5.177 Maptiler 圖資選擇後檢視頁面

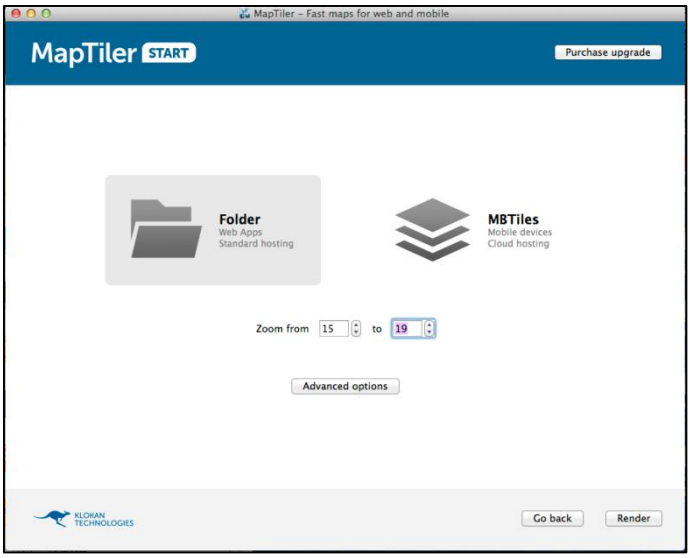


圖 5.178 Maptiler 儲存與縮放大小選擇

3.google 地圖選單程式碼修正

修正程式碼如下，程式碼中「t_', zoom, '_', coord.x, '_', coord.y, '.png'」即為前述「t_18_219626_112227.png」的需求格式。

var imageMapType = new google.maps.ImageMapType({getTileUrl: function(coord, zoom){return ['selfImageForGm/t_', zoom, '_', coord.x, '_', coord.y, '.png'].join('');},tileSize: new google.maps.Size(256, 256)});map.overlayMapTypes.push(imageMapType);

4.影像資料與程式碼上傳與成果檢視：系統地圖選單採用航測影像資料後之前、後成果如圖 5.179、圖 5.180 所示。

圖 5.179 維護管理系統地圖選單採用航測影像前照片

圖 5.180 維護管理系統地圖選單採用航測影像後照片

5.5.5 精進及擴增基隆港港灣構造物維護管理系統

5.5.5.1 應用及檢討既有之「基隆港港灣構造物維護管理系統」

檢討內容以「維修排序類型之調整」與「碼頭防舷材劣化位置之修正」兩項作業為主，另外配合港務分公司實際需求，執行 104 年度基隆港碼頭及防波堤巡查作業。

1.維修排序類型之調整：依據日本港灣空港技術研究所針對碼頭構造物設施之維護管理等級分為三個等級：

(1)維護管理等級Ⅰ(預防對策型)：預先實施高水準的損傷劣化對策，藉此避免設施的損傷劣化狀態，在預設使用期間結束前，就惡化達無法滿足性能需求的程度。

(2)維護管理等級Ⅱ(預防保護型)：在損傷劣化狀況尚屬輕微的階段，反覆實施較小規模的相關因應對策，藉此避免設施的損傷劣化狀態，在預設使用期間結束前，就惡化達無法滿足性能需求的程度。

(3)維護管理等級Ⅲ(事後保護型)：在尚可滿足性能需求範圍內，容許某種程度的損傷劣化；預設使用期間內實施大約 1～2 次左右的大規模因應對策，對損傷劣化進行事後補救。

等級 I 與 II 屬預防性之維護，等級 III 屬損壞再修之維護。

本研究參考上述日本維護管理之概念，將緊急維修與緊急搶修修正為立即維修，建議經常與特別巡查後其劣化狀況等級為 4 者，需立即進行維修(配合開口合約廠商)，其對應日本港灣空港技術研究所維護管理等級 I 與 II，以避免發生二次災害之問題；原年度維修維持既有模式，以構件劣化狀況配合構件權重進行排序，其對應日本港灣空港技術研究所維護管理等級 III。

承上，定期檢測部分針對碼頭與防波堤構造物等，若構件劣化狀況≦3，則依其狀況指標進行排序(若為碼頭構造物則配合構件權重加權計算)；若劣化狀況=4，附屬設施應先進行立即修復(置換)或設立警告

標示，避免進一步惡化與危害發生，後續如無法掌握狀況，再行以專案方式進行儀器檢測，以確認原因作為維修補強之用。

經常與特別巡查，若劣化狀況=4，同前述定期檢測劣化狀況=4 之執行方式，排序流程詳如圖 5.26；圖 5.181、圖 5.182 為修正後之系統維修排序模組。

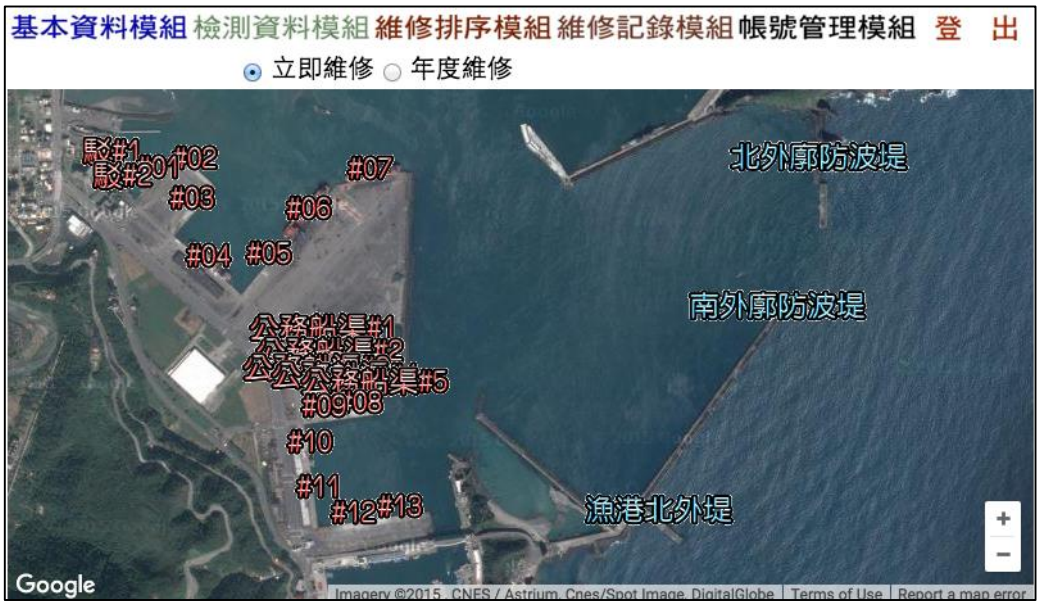


圖 5.181 維修排序模組地圖選擇畫面

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

立即維修構件列表

回到設施選擇 回到港灣選擇

港灣名稱		蘇澳港	防波堤名稱		南外堤		
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化單元(構件)	劣化位置	劣化數量	劣化照片	處置對策
經常巡查結果(20150924)							
堤頂		剝落	B026	5m, 25m	30m^2	照片	N/A
胸牆		剝落	B026	5m, 25m	20m^2	照片	N/A

圖 5.182 維修排序模組-立即維修構件列表(以蘇澳港南外廓堤為例)

2.防舷材之修正：此構件原僅記錄最嚴重者之位置，本研究修改為依其發生位置配合劣化數量各別予以登錄，如圖 5.183、圖 5.184 所示。

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

	照片 選擇檔案 未選擇任何檔案					
繫船柱	腐蝕龜裂	1	無異狀	1	-	-
	照片 選擇檔案 未選擇任何檔案					
防舷材	龜裂破損	2	材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損圖示	2	第 2,3 個	2 個
	照片 選擇檔案 IMC_0450.JPG					
車擋	龜裂破損	1	無異狀	1	第 個	個
	照片 選擇檔案 未選擇任何檔案					
起重機軌道	腐蝕位移	1	無異狀	1	X	m
	照片 選擇檔案 未選擇任何檔案					
檢測員意見						

圖 5.183 經常巡查表格之防舷材劣化位置輸入

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登 出

回到碼頭選擇 | 回到經常巡查基本資料列表

蘇澳港-公務船渠2號碼頭-經常巡查記錄表

港灣名稱	蘇澳港	碼頭編號	公務船渠2號碼頭	檢測日期	20151113		
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯
岸肩	裂縫	1					編輯
	剝落	1					編輯
	沉陷	1					編輯
後線	沉陷	1					編輯
繫船柱	腐蝕龜裂	1					編輯
防舷材	龜裂破損	2	B02	第2,3個	2個	照片	編輯
車擋	龜裂破損	1					編輯
起重機軌道	腐蝕位移	1					編輯

圖 5.184 經常巡查表格之防舷材劣化位置顯示

3.經常巡查作業：本研究於 104 年 9 至 11 月，分批多次於蘇澳、臺北與基隆港執行經常巡查，碼頭與防波堤巡查成果，示如表 5-85～表 5-89。

表 5-85 蘇澳港碼頭經常巡查劣化列表

碼頭編號	構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量
1 號	岸肩	沉陷	3	B08	X=3m, Y=2m	$2m^2$
	防舷材	龜裂破損	2	B02	第 1 個	1 個
2 號	岸肩	剝落	3	B07	X=12m, Y=2.4m	$0.3m^2$
	岸肩	沉陷	4	B02	X=3m, Y=2m	$3m^2$
	防舷材	龜裂破損	3	B02	第 1 個	1 個
	車擋	龜裂破損	3	B02	第 1 個	1 個
3 號	岸肩	裂縫	3	B01	X=3m, Y=3m	15.6m
	岸肩	沉陷	4	B01	X=9m, Y=3m	$4m^2$
	防舷材	龜裂破損	4	B05	第 1 個	1 個
	車擋	龜裂破損	3	B04	第 1 個	1 個
4 號	岸肩	沉陷	4	B02	X=2m, Y=1m	$9.36m^2$
	防舷材	龜裂破損	4	B06	第 1 個	1 個
5 號	防舷材	龜裂破損	4	B04	第 1 個	1 個
6 號	防舷材	龜裂破損	4	B05	第 1,2,3,4 個	4 個
	車擋	龜裂破損	3	B07	第 1,3 個	2 個
7 號	岸肩	沉陷	2	B07	X=12.6m, Y=5.4m	$2m^2$
	防舷材	龜裂破損	4	B07	第 1,2 個	2 個
	車擋	龜裂破損	3	B07	第 1,2 個	2 個
8 號	岸肩	剝落	4	B02	X=13.8m, Y=0m	$2m^2$
9 號	防舷材	龜裂破損	3	B01	第 1 個	1 個
11 號	防舷材	龜裂破損	3	B01	第 1,3 個	2 個
12 號	岸肩	剝落	3	B04	X=10m, Y=3m	$3m^2$
	防舷材	龜裂破損	4	B06	第 2 個	2 個
13 號	岸肩	剝落	4	B04	X=3m, Y=2.4m	$0.5m^2$
		沉陷	4	B01	X=3m, Y=6m	$5m^2$
公務船渠 1 號	車擋	龜裂破損	4	B07	第 1 個	1 個
公務船渠 4 號	車擋	龜裂破損	4	B03	第 1 個	1 個
公務船渠 5 號	岸肩	沉陷	2	B05	X=2m, Y=3m	$2m^2$
	車擋	龜裂破損	4	B08	第 1,4 個	2 個

註：未列表之碼頭表示無顯著劣化，調查時間 104 年 9 月 21、22、24 日。

表 5-86 臺北港碼頭經常巡查劣化列表

碼頭編號	構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量
東 1	防舷材	龜裂破損	4	B04	第 2 個	1 個
東 5	防舷材	龜裂破損	2	B01	第 3,4 個	2 個
東 6	岸肩	剝落	3	B05	X=3m, Y=0m	0.2m^2
東 7	岸肩	剝落	3	B05	X=2.5m, Y=0m	0.15m^2
東 13	岸肩	剝落	3	B07	X=3m, Y=0m	2m^2
東 16	岸肩	剝落	3	B05	X=3m, Y=7m	4m^2
北 2	防舷材	龜裂破損	2	B03	第 3 個	1 個

註：調查時間 104 年 11 月 3、4、18 日。

表 5-87 基隆港碼頭經常巡查劣化列表

碼頭編號	構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量
W01b	防舷材	龜裂破損	3	B02	第 1 個	1 個
W03	岸肩	剝落	2	B09	X=5m, Y=0m	0.3m^2
W04	岸肩	剝落	3	B06	X=3.6m, Y=6.6m	0.2m^2
W12	防舷材	龜裂破損	3	B02	第 1,2,3 個	3 個
W12b	防舷材	龜裂破損	3	B03	第 2 個	1 個
W14	岸肩	裂縫	2	B07	X=1m, Y=2m	15m
W18	岸肩	剝落	3	B05	X=0.5m, Y=0.5m	0.35m^2
W20	防舷材	龜裂破損	2	B06	第 1 個	1 個
E10	防舷材	龜裂破損	2	B04	第 4 個	1 個
E16	防舷材	龜裂破損	2	B01	第 3,6 個	2 個
E21	岸肩	剝落	3	B05	X=13m, Y=4m	0.02m^2

註： W 為西碼頭、E 為東碼頭，調查時間 104 年 9 月 23、25 日、11 月 2 日。

表 5-88 蘇澳港防波堤經常巡查劣化列表

防波堤 編　號	構件 名稱	劣化 類型	劣化 狀況	劣化 單元	劣化 位置	劣化 數量
南外廓 防波堤	堤頂	剝落	4	B026	X=5m, Y=25m	30m^2
	胸牆	剝落	4	B026	X=5m, Y=25m	20m^2
漁港 北外堤	堤頂	沉陷	4	B003	X=25m, Y=5m	25m^2
	胸牆	剝落	3	B001	X=4m, Y=4m	5m^2
北外廓 防波堤	堤頂	裂縫	3	B002	X=10m, Y=3m	10m
		剝落	2	B011	X=3m, Y=3m	5m^2

註：調查時間 104 年 9 月 21、22、24 日。

表 5-89 基隆港防波堤經常巡查劣化列表

防波堤 編　號	構件 名稱	劣化 類型	劣化 狀況	劣化 單元	劣化 位置	劣化 數量
西碎 波堤	堤頂	裂縫	3	B036	X=2m, Y=1m	17.5m

註：調查時間 104 年 9 月 23、25 日、11 月 2 日。

巡查結果顯示，碼頭劣化構件主要為岸肩與防舷材，劣化類型以剝落與龜劣破損居多，其劣化狀況多為 2~3；防波堤劣化構件主要為堤頂，劣化類型以裂縫最多，其劣化狀況為 3。經與前(103)年度之經常巡查結果相較，其劣化狀況並無顯著之差異。

5.5.5.2 蒐集彙整臺北港、蘇澳港碼頭與防波堤基本資料

經與臺北港與蘇澳港營運處蒐集之「102 年臺北港 E01-E09 碼頭現況調查及檢測報告」、「蘇澳港興建工程(中冊)(1983)」、「蘇澳港防波堤損壞現況之調查研究(1997)」與「102 年碼頭結構安全檢測評估工作」－蘇澳港碼頭修復範圍評估及初步設計方案報告書，彙整臺北港與蘇澳港相關資料說明如下：

1.臺北港

(1)地理位置：臺北港位於淡水河河口西側，臨臺灣海峽，南有觀音山為屏障，港區南側並與遊樂區八仙海岸相鄰。東距基隆港 34 浬，南距臺中港 87 浬，西距福州港 134 浬。

(2)港區介紹：1999 年 9 月交通部所核定的港區陸域面積為 1,038 公頃、水域面積 2,064 公頃；總面積 3,102 公頃，為基隆港的 5 倍，與基隆港不同的地方在於，臺北港為一人工港，陸地完全使用填海形成。目前港區最大水深為 16 公尺，目前現有營運碼頭 25 座(如表 5-90 所示)，總長度為 1,774 公尺，少量港勤船舶停靠。

臺北港自由貿易港區申設案，業於民國 94 年 5 月奉行政院同意籌設，並於同年 9 月取得營運許可，港區東立物流公司即申請為自由港區事業單位，並經基隆港務局審查通過，核發營運許可。

臺北港分期發展計畫可劃分為第一期(民國 82～87 年)、第二期(民國 85～100 年)、第三期(民國 101～110 年)工程計畫與遠期發展計畫(民國 111 年以後)，臺北港發展計畫第一期建港工程(民國 82～87 年)完成北外廓防波堤垂直海岸堤段及南防波堤；第二期工程的第一個五年計畫期間(民國 85～91 年)興建南防波堤延伸堤段及南內提、北外廓防波堤延伸拋石堤後，續建北外廓堤以及增建北內堤；第二期工程的第二個五年計畫(民國 91～95 年)目的係延伸北外廓防波堤，增加航道遮蔽長度，以提高港內靜穩及船舶進出港口安全，工程進程沿北外廓堤堤頭續建沉箱堤約千餘公尺；第二期工程的第三個五年計畫(民國 96～100 年)目標係將航道浚深至-16 m(內航道)～ -17 m(外航道)，提升可 10,000～15,000 TEU 級貨櫃輪進港靠泊，同時藉抽沙回填南碼頭區，開發港埠新生地。

臺北港自由貿易港區申設範圍為限有已登錄完成之港區管制區內全部土地，包含第一、第二、第三散雜貨儲運中心、車輛及零組件物流中心、及油品儲運中心等，港區面積約 79 公頃。初期臺北港自由貿易港區規劃之經營業務型態以物流中心為主，藉以建構一具備全球運籌功能之發展中心。未來配合北碼頭貨櫃儲運中心、離岸物流倉儲區及南碼頭區之開發，仍以物流為主，另視投資者需要，規劃從事簡易加工及製造等符合自由港區事業需求之業務型態。

表 5-90 臺北港營運碼頭長度及設計水深一覽表

碼頭名稱	碼頭長度(m)	設計水深(m)	可靠泊水深(m)	用途	單元數量(個)	結構型式	建造日期(民國)
東 1 號	170	9	9	散雜貨	12	板樁式	—
東 2 號	170	9	9	散雜貨	14	板樁式	—
東 3 號	227	11	11	油品及散雜貨	17	板樁式	—
東 4 號	150	13	13	油品及散雜貨	14	板樁式	—
東 5 號	150	13	13	油品及散雜貨	12	板樁式	—
東 6 號	157	9	9	散雜貨	15	板樁式	—
東 7 號	250	7	7	散雜貨及港勤	35	板樁式	—
東 8 號	125	7	7	港勤	24	板樁式	—
東 9 號	200	7	7	港勤	32	板樁式	—
東 10 號	200	14.5	14.5	散雜貨碼頭	22	板樁式	104
東 11 號	245	15	15	散雜貨碼頭	24	棧橋式	104
東 12 號	245	14.5	14.5	散雜貨碼頭	21	棧橋式	104
東 13 號	200	14	14	散雜貨碼頭	12	棧橋式	—
東 14 號	300	14	14	散雜貨碼頭	20	棧橋式	—
東 15 號	250	14	14	油品及散雜貨	21	棧橋式	—
東 16 號	480	14	14	散雜貨碼頭	37	板樁式	—
東 17 號	150	9	9	散雜貨碼頭	29	板樁式	—
東 18 號	250	9	9	海巡碼頭	25	板樁式	—
東 19 號	200	7	7	海巡碼頭	29	板樁式	—
東 20 號	188	5	5	海巡碼頭	28	板樁式	—
北 1 號	212	9	9	散雜貨碼頭	24	板樁式	—
北 2 號	200	9	9	散雜貨碼頭	8	板樁式	—
北 3 號	387	15	15	貨櫃碼頭	24	棧橋式	103
北 4 號	330	16	16	貨櫃碼頭	19	棧橋式	103
北 5 號	330	16	16	貨櫃碼頭	19	棧橋式	103
北 6 號	330	16	16	貨櫃碼頭	19	棧橋式	103

註：”—”表示無收集到相關資料。

2.蘇澳港

(1)地理位置：蘇澳港位於臺灣東北部，位於蘭陽平原的蘇澳灣內，是一個地理形勢十分優良的海港，北距基隆港 50 海浬，南距花蓮港 40 海浬，有北迴鐵路直達臺北和花蓮，另有台 9 公路和濱海公路分別通往臺北和基隆，交通四通八達，港區對外聯絡道路方面，由蘇澳鎮特一號公路及蘭陽第二隧道聯絡方便,使貨物運輸更順暢，提供航商貨主更便捷的服務,因此蘇澳港是基隆港的最佳輔助港，更帶動蘭陽地區的經濟繁榮。

(2)港區介紹：蘇澳港商港水域面積 278 萬 5,500 平方公尺，陸域面積 127 萬 800 平方公尺。擁有 13 座碼頭(如表 5-4 所示)，共長 2,610 公尺。包括港勤船碼頭 1 座和營運碼頭 12 座(包括散雜貨碼頭 6 座、煤碼頭 1 座、油品碼頭 1 座、水泥碼頭 2 座、化學品碼頭 2 座)水深自 -7.5 ～ -15 公尺，長度由 125 公尺至 300 公尺。各碼頭基本資料如表 5-91 所示。

表 5-91 蘇澳港營運碼頭長度及設計水深一覽表

碼頭名稱	碼頭長度(m)	設計水深(m)	可靠泊水深(m)	泊船噸位(T)	用途	單元數量(個)	結構型式	建造日期(民國)
1 號	210	7.5	7.5	—	港勤	23	重力式	70
2 號	175	11	11	—	油類	16	重力式	70
3 號	215	10.5	10.5	—	水泥	16	重力式	70
4 號	300	11	11	30000	水泥	20	重力式	64
5 號	200	11	11	30000	油類	17	重力式	64
6 號	290	15	15	80000	多用途	17	棧橋式	72
7 號	240	13	13	50000	貨物	17	棧橋式	72
8 號	124	7.5	7.5	5000	原木	14	重力式	67
9 號	124	7.5	7.5	5000	原木	8	重力式	67
10 號	175	9	9	40000	營運	13	棧橋式	64
11 號	175	9	9	40000	營運	13	棧橋式	64
12 號	200	9	9	40000	貨物	14	棧橋式	64
13 號	180	9	9	40000	貨物	13	棧橋式	70
駁船#1	77	4.5	4.5	1000	駁船	6	板樁式	67
駁船#2	121	4.5	4.5	1000	駁船	10	板樁式	67
公務船渠 1 號	141	7	7	10000	港勤	12	重力式	—
公務船渠 2 號	102	11	11	10000	油類	11	重力式	—
公務船渠 3 號	77	10.5	10.5	10000	水泥	8	重力式	—
公務船渠 4 號	95	10.5	10.5	10000	水泥	8	重力式	—
公務船渠 5 號	98	10.5	10.5	10000	油類	8	重力式	—

註：”—”表示無收集到相關資料。

5.5.5.3 擴增建置「基隆港港灣構造物維護管理系統」

依前述針對臺北與蘇澳港碼頭與防波堤基本資料調查之成果，將相關資料分別建置於系統資料庫中(如圖 5.185、圖 5.186 所示)。

藉由各碼頭與防波堤基本資料輸入後，可進行經常巡查(如圖 5.187 所示)、定期檢測與特別巡查等作業，巡查檢測之結果可進行維修排序，碼頭與防波堤相關之維修補強記錄亦可進行輸入。

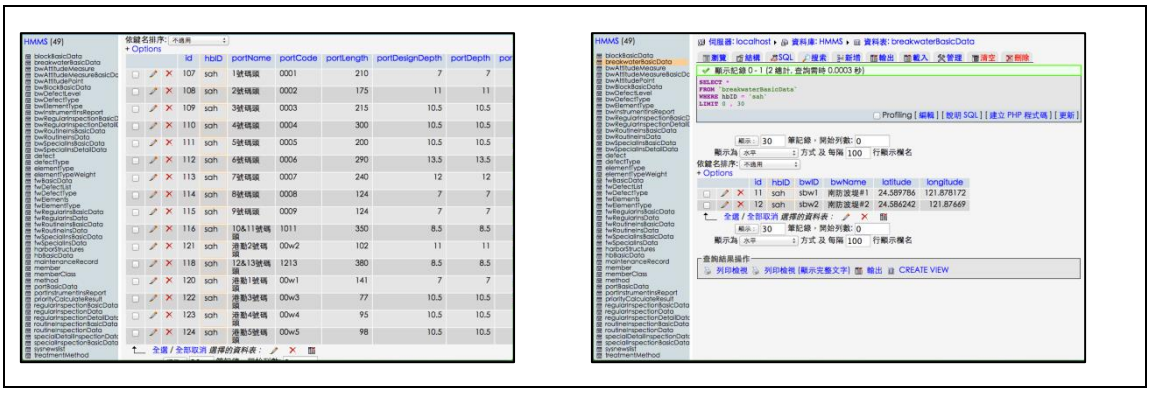


圖 5.185 系統資料庫建置蘇澳港碼頭與防波堤資料示意

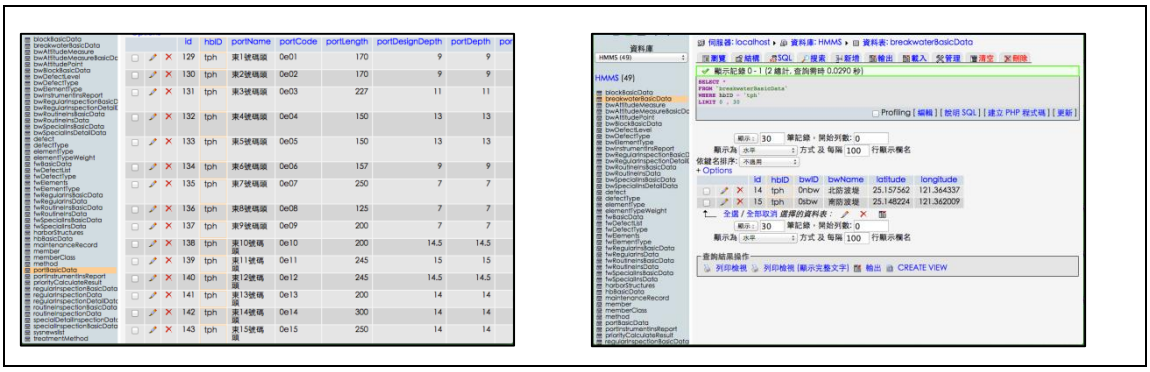


圖 5.186 系統資料庫建置臺北港碼頭與防波堤資料示意

圖 5.187 檢測資料模組-經常巡查記錄表單(以蘇澳港 1 號碼頭為例)

第六章 結論與建議

受到全球氣候劇烈變遷影響，近年來極端氣候頻率日增，對於港埠設施及道路橋梁等重大公共工程均造成極大威脅，港灣構造物多以鋼筋混凝土和鋼材作為主要建造材料，受到惡劣環境影響其耐久性與安全性堪慮，亟需以維護管理方式來延長工程壽命。

根據國家科技發展總目標、促進海洋永續發展，增強臺灣做為亞太地區商業及物流轉運中心的功能，港灣設施功能扮演重要關鍵角色。如何提升港灣設施之建設、工程品質與耐久性，以及維護、管理與安全等為本計畫之主要目標。此外，由於臺灣地區天然環境上空氣污染之結果，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形；有鑑於此，本計畫亦針對本土化大氣腐蝕因子進行調查並建置資料庫，期能提供金屬與鋼筋混凝土結構物耐久性防蝕設計參考。

本年為 2 年期計畫之第 1 年，共執行金屬材料腐蝕環境調查研究及港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理之研究兩個子計畫。研究成果包括子計畫一：(1)研析國內外參考文獻與國內氣象資料，(2)依據中國國家標準 CNS，就金屬及合金之大氣腐蝕性污染測定方法，進行臺灣全島之大氣腐蝕劣化因子調查，(3)標準試片製作與現地暴露試驗之腐蝕速率量測，(4)水下金屬材料腐蝕暴露試驗，(5)建置大氣腐蝕環境分類資料庫。。子計畫二：(1)金門港料羅、水頭與九宮三港區碼頭岸上及水下調查；(2)蘇澳港 8 至 13 號碼頭、臺中港 29 號角偶與 30 號碼頭之水下調查；(3)前述港區浮動碼頭基樁、沉箱與棧橋式碼頭鋼樁鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；(4)建置金門港港灣構造物維護管理系統。(5)精進及擴充基隆港港灣構造物維護管理系統。

本年度研究結論與建議、成果效益與應用及提供政府單位應用情形詳列如下：

6.1 結論

本計畫各子計畫研究結論如下：

子計畫一：金屬材料腐蝕環境調查研究查

1. 在氯鹽沉積速率調查結果發現，垂直海岸試驗線之平均氯鹽沉積速率以以桃園試驗線、基隆試驗線、臺塑六輕試驗線的氯鹽沉積速率較高。

2. 二氧化硫沉積速率四次調查的結果分佈情形，西海岸秋季以觀音工業區、彰濱工業區、大發工業區，冬季期間，以桃園試驗線 0m、官田工業區，春季期間以陽明山國家公園，夏季以關連工業區沉積速率相較其他季節有顯著增加的趨勢。東海岸四次調查皆以龍德工業區沉積速率較高。

3. 濕潤時間調查結果於秋季介於阿里山 56.9% 及南部工業地區 3.2%之間，介於陽明山國家公園 53.2%及南部工業地區 3.9%之間，春季介於蘇澳港試驗線 61.8%及核三廠試驗 10.8%之間，夏季介於阿里山 66.9%及核三廠試驗線 15.3%之間。

4. 在垂直試驗線比較，碳鋼金屬與鋅金屬以基隆試驗線、桃園試驗線、臺塑六輕試驗線、臺中港試驗線腐蝕速率較其他地區高。銅與鋁金屬的腐蝕速率以臺塑六輕試驗線、桃園試驗線較為嚴重。

5. 在特定測站比較，碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬皆以大潭火力發電廠、觀音工業區、臺中火力發電廠、通霄火力發電廠、彰濱工業區、臺塑六輕腐蝕速率相對較高。

6. 季節性之比較中，針對對氯鹽沉積速率、二氧化硫沉積速率及四種金屬腐蝕速率以秋季與冬季調查期間較其他季節影響較大。

7. 在水下金屬腐蝕暴露試驗結果發現，臺中港水下金屬佈放 1 年後在大氣帶、潮汐帶與水中帶不同位置下皆以不繡鋼(SS316L)腐蝕速率較低。

子計畫二：港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理之研究

1. 本年度調查對象，包含金門港料羅水頭與九宮三港區，配合基隆港務分公司蘇澳營運處與臺中港務分公司之維護管理實際需要，增列蘇澳港 8～9 號重力式碼頭；蘇澳港 10～13 號(R.C.樁)、臺中港 29 角偶與 30 號(鋼管樁)棧橋式碼頭現況調查。

2. 碼頭及防波堤等港灣構造物岸上目視檢測，金門港料羅、水頭與九宮三港區，調查時未發現明顯或危及碼頭主體設施之裂損情形；蘇澳港 13 號碼頭面則發現 1 處破洞;臺中港 30 號碼頭部分車檔破損。

3. 碼頭水下調查結果，金門港料羅、水頭、九宮港區調查時未發現危及碼頭主體設施之劣損，浮動碼頭基樁與浮箱鋼材表面亦無腐蝕嚴重致穿孔破洞之情形;蘇澳港 8～9 號重力式碼頭無明顯劣損或偏移變為現象，但 10～13 號碼頭 R.C.面版，調查時發現有多處混凝土剝落、鋼筋腐蝕生銹外露現象，其中 12 及 13 號碼頭最為嚴重；臺中港 30 號碼頭面版雖有同樣情形，但狀況較為輕微。

4. 金門港料羅、水頭與九宮三港區港灣構造物檢測，調查時未發現明顯或危及碼頭主體設施之裂損情形。浮動碼頭基樁與浮箱檢測，鋼材表面無腐蝕嚴重致穿孔破洞，其保護電位部份因陽極塊消耗殆盡或未安裝，未達保護目的外，餘鋼材之平均腐蝕速率均小於設計規範。臺中港 30 號碼頭防蝕系統效能檢測部分，均達保護鋼管樁防蝕之目的。

5. 浮動碼頭基樁變位定期監測部分,全測站光學測量與 3D 雷射掃描量測結果，均無顯著的變位(全測站以 PS1-3-1 為最大(0.04cm)；3D 雷射掃描以 PS3 水平偏移量標準差最大 0.065cm。

6. 維護管理系統建置，本(104)年度已建置金門一港三港區之資訊系統，並擴充建置「基隆港港灣構造物維護管理系統」，新建臺北港與蘇澳港碼頭與防波堤資料於資料庫，並將經常巡查資料輸入於維護管理系統中。為符實際應用，過程中並多次訪談港務公司，完成

後並辦理推廣之教育訓練。

6.2 建議

1. 金門港水頭與九宮港區浮動碼頭基樁與浮箱檢測，調查時鋼材表面雖未發現腐蝕嚴重或穿孔破洞，但其保護電位部份因陽極塊消耗殆盡或無安裝，未達保護目的外，建議應儘速安裝犧牲陽極塊之陰極防蝕系統，其餘鋼材之腐蝕速率均小於設計規範。

2. 蘇澳港 10～13 號碼頭水下檢測，調查時發現碼頭面版底部多處鋼筋腐蝕外露與混凝土劣化剝落等現象，由於碼頭使用時間迄今已約 40 年，13 號碼頭面版更出現一處破洞，建議應及早進行必要修護與加強後續巡查頻率。

3. 港灣構造物維護管理系統，本所目前已協助金門、花蓮與基隆(含蘇澳與臺北港)等港區完成系統建置，後續仍須蒐集與彙整分析各類型港灣設施實作案例，除將各類巡檢與修復作業資料記錄於系統中，配合實際使用情形，賡續檢討適用與更新系統功能外，另須針對分析方法擬定安全評估程序，俾利應用參考。

6.3 研究成果之效益

1. 學術效益，發表國內研討會 2 篇及出版年報 1 冊：

   (1)民國 104 年發行交通部運輸研究所專刊，出版民國 103 年「臺灣大氣腐蝕劣化因子調查資料年報 」1 冊。

   (2)於民國 104 年防蝕工程年會論文發表會，發表「臺灣大氣腐蝕因子趨勢分析之探討」論文 1 篇。

   (3)於民國 104 年防蝕工程年會論文發表會，發表「港灣碼頭構造物維護管理制度研擬之研究」論文 1 篇。

2. 社會環境安全影響：

(1)本計畫建立臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統，目前全島建置 88 個金屬暴露試驗點與水下金屬長期腐蝕試驗，藉由環境因子調查，了解金屬構造物劣化情形及探討其發生機理，並依腐蝕環境分類特性，選用適當之維修材料與工法。以提升我國之整體防災能力及環境之安全與資源之永續利用。

(2)以金門一港三港區及基隆、臺北與蘇澳港等港區為範例，具體完成港灣構造物檢測作業標準制訂、檢討安全評估方法及建置港灣構造物維護管理，已達將研究成果提供予港務管理單位進行管理與維修工作參用之目的。

3. 資料庫建置效益：

(1)逐年完成「臺灣地區構造物腐蝕環境分類」數據資料庫的建立，並發行「臺灣大氣腐蝕劣化因子調查資料年報」，提供工程單位瞭解金屬構造物在臺灣各腐蝕環境中的耐久性與其防蝕控制之須要，可作為港灣地區之地震災前預防、災時應變計畫與決策之參考依據；

(2)建置「港灣構造物維護管理系統」，可具體提供航港局推動港灣構造物之維護管理政策規劃使用。

4. 在施政與實務上，除可提供港務公司、縣市政府或工程顧問公司辦理港口之碼頭與防波堤等港灣設施之維護參考外，研究中採用或建置完成之相關檢測方法、實施流程與結果等，亦可提供上述單位參用與本所後續相關研究之重要參考。

5. 在經濟效益上，透過建置港灣構造物維護管理系統及維護管理手冊，執行系統化之日常、定期及特別巡查等檢測安全評估作業與成果管理，確保港埠設施使用安全及延長使用年限等經濟效益，可藉由掌握碼頭與防波堤之劣化異狀，及時有效維護，減少資源浪費。

6.4 提供政府單位應用情形

1. 本計畫建置「臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統」網站並出版年報，提供公民營事業單位營運安全防護採用。

2. 完成建置國內大氣腐蝕環境分類資訊系統提供產官學研各界參考應用。如:中華民國防蝕工程學會、台塑企業、中國鋼鐵、國道新建工程局、經濟部工業局、臺灣高鐵、臺灣世曦工程顧問公司、中興工程顧問公司等。

3. 本計畫本所已利用碼頭與防波堤現況調查成果，完成建置「港灣構造物維護管理系統」，內容已含括金門、花蓮與基隆(含蘇澳與臺北港)等港區，可具體提供航港局推動港灣構造物之維護管理政策規劃使用。

4. 所建置資料庫含各港圖文屬性資料，隨時可提供本所及公路、港務單位研究分析、開發規劃之需用。

參考文獻

1. 林維明、饒正等「台灣海域之腐蝕特性防蝕設計及材料選用與開發」，港灣技術研究所研究報告，1991。
2. 林維明、饒正「基隆港碼頭鋼板樁腐蝕調查研究」，港灣技術研究所專刊第 59 號，1990。
3. 饒正、林維明、陳桂清，「港灣 R.C 結構物修理系統評估研究」，港灣技術研究所研究報告，1994。
4. 林維明、饒正「澎湖跨海大橋腐蝕調查研究」，港灣技術研究所專刊第 41 號，1987。
5. 林維明、饒正等「港灣鋼構造物耐久性研究第一年報告」，港灣技術研究所，1990。
6. 饒正、柯正龍等「港灣鋼構造物耐久性研究第二年報告」，港灣技術研究所，1991。
7. 陳桂清、饒正、柯正龍等「港灣鋼構造物耐久性研究第三年報告」，港灣技術研究所，1992。
8. 陳桂清、饒正、柯正龍「港灣鋼構造物耐久性研究第四年報告」，1993。
9. 饒正、柯正龍等「港灣鋼筋混凝土結構物耐久性研究」，港灣技術研究所研究報告，1991。
10. 饒正、林維明，「港灣構造物腐蝕機理與維修防制之研究」，港灣技術研究所研究報告，1996。
11. 饒正、陳桂清、柯正龍、羅建明，「現有結構物安全評估及維護研究(一) 」港灣技術研究所，1997。
12. 陳桂清、饒正、張道光、羅建明，「現有結構物安全評估及維護研究(二) 」港灣技術研究所，1998。

13. 饒正、李賢華、宋克義、羅俊雄，「現有結構物安全評估及維護研究(三) 」港灣技術研究所，1999。

14. 饒正、陳桂清、李釗、李賢華，「現有結構物安全評估及維護研究(四) 」交通部運輸研究所，2000。

15. 饒正、柯正龍，「水文及污損生物對材料腐蝕之探討研究」，港灣技術研究所研究報告，1995。

16. 饒正、陳桂清、李賢華、羅俊雄，「高雄港工結構材料海生物附著與對策研究」，港灣技術研究所，1997。

17. 饒正、陳桂清、李賢華、羅俊雄，「高雄港港工結構腐蝕與海生物附著研究」，港灣技術研究所，1999。

18. 饒正、陳桂清、柯正龍、張道光，「碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究」，交通部運輸研究所，2002。

19. ISO 9223/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification.

20. ISO 9224/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres –Guiding values for the corrosivity categories.

21. ISO 9225/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Measurement of pollution.

22. ISO 9226/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.

23. ASTM G116: Standard Practice for Conducting Wire-on-Bolt Test for Atmospheric Galvanic Corrosion, 1999.

24. ISO 8565/1992: Metals and alloys - Atmospheric corrosion testing - General requirements for field tests.

25. 中華民國國家標準 CNS 13401 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，民國 83 年 6 月。

26. 中華民國國家標準 CNS 13753 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(測

定標準試片之腐蝕速率以評估腐蝕性)，民國 94 年 4 月。

27. 中華民國國家標準 CNS 13754 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，民國 85 年 7 月。

28. 中華民國國家標準 CNS 14122 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕－試片腐蝕生成物清除法，民國 87 年 3 月。

29. 中華民國國家標準 CNS14123 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕測試(現場測試之一般要求)，民國 95 年 10 月。

30. Metals Handbook- Corrosion, Metals Handbook Ninth Ed., Vol. 13, ASM International, Ohio, 1988.

31. I. Odnevall and C. Laygraf, “Atmospheric corrosion”, ASTM STP 1239, W.W. Kirk and Herbert, H. Lawson, Eds., Philadelphia, 1995.

32. “Outdoor atmospheric corrosion”, ASTM STP 1421, H.E. Townsend Ed., West Conshohocken, PA, 2002.

33. K.O.Gray "Enviroment of Deep Ocean Test Site, U.S.Navel Civil Engineering Laboratory, Technical Note ,N-657",p41, 1965。

34. W.Whitman, R.Russll, V.Altieri, "Industrial Engineering Chemistry", Vol.16, P665, 1924。

35. F.W. Fink, "Corrosion of Metals in Seawater", U.S. Department of the Interior, Office of Saline Water, Research and Development Progress Report,No.46. 1960。

36. Uhlig H. H., “The Corrosion Handbook,” (La Que), John Wiley and Sons, Inc., New York, P.387-388, 1948.

37. Samuel A. Bradford H.H. "Corrosion Control", Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A. 1993。

38. LaQue, F. L., Marine Corrosion cause and Prevention, John Wiley& Sons, New York, 1975.

39. 李賢華、陳桂清、許書王等，「港灣構造物安全檢測與評估之研究（1/2）」，交通部，1999。

40. 李賢華、陳桂清、許書王等，「港灣構造物安全檢測與評估之研究（2/2）」，交通部，2000。

41. 郭世榮、蕭松山、王慶福等，「港灣設施防災技術之研究(一)－港灣構造物維護管理準則之研究」，交通部運輸研究所，2004。

42. 郭世榮、蕭松山、王慶福等，「港灣設施防災技術之研究(二)－港灣構造物維護管理準則之研究」，交通部運輸研究所，2005。

43. 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑，「基隆港西 2 至西 4 號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究」，交通部運輸研究所，2008。

44. 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」，交通部運輸研究所，2010。

45. 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)」，交通部運輸研究所，2012。

46. 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「港灣構造物安全檢查評估之研究(2/4)」，交通部運輸研究所，2013。

47. 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)」，交通部運輸研究所，2014。

48. 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「港灣構造物安全檢查評估之研究(4/4)」，交通部運輸研究所，2015。

49. 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置」，交通部運輸研究所，2013。

50. 交通部高雄港務局，「港灣設施維護管理制度研究委託建置工作」，2006。

51. 交通部基隆港務局，「基隆港務局港埠設施維護檢修作業規定」，1998。

52. 蘇乙評，「港灣防波堤維護管理系統建置之研究」，國立臺灣海洋大學碩士論文，2010。

53. 加藤繪萬等，「棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究」，日本港灣空港技術研究所，2009。

54. 高橋 宏直等，「港灣設施之維持管理計畫策定之基本考量」，日本國土交通省國土技術綜合研究所，2007。

55. 日本國土交通省港湾局海岸防災課，「海岸保護設施維護管理手冊」，2014。

56. 日本運輸省港灣技術研究所，「港灣構造物腐蝕評價手法」No.501 ,P11，1984。

57. 日本國土交通省港灣局，「港湾の施設の点検診断ガイドライン」，2013。

58. 日本運輸省港灣技術研究所，「港灣構造物之維持修補手冊」，財團法人沿岸開發技術研究所，1999。

59. Carl A Thoresen，”Port designer’s handbook- recommendations and guidelines”，2003.

60. NSW Maritime，”Procedure for the Assessment of Public Ferry Wharf Safety”，2007.

61. 蘇吉立、陳桂清等，「碼頭本體設施維護管理系統建置之研究(2/4)」，交通部運輸研究所，2007。

62. 饒正、陳桂清、柯正龍、張道光，「碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防治研究」，交通部運輸研究所，2002。

63. 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「金門港區港灣構造物維護管理系統建置與安全評估之研究」，交通部運輸研究所，2015。

64. 臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司，「102 年臺北港 E01-E09 碼頭現況調查及檢測報告」，2013。

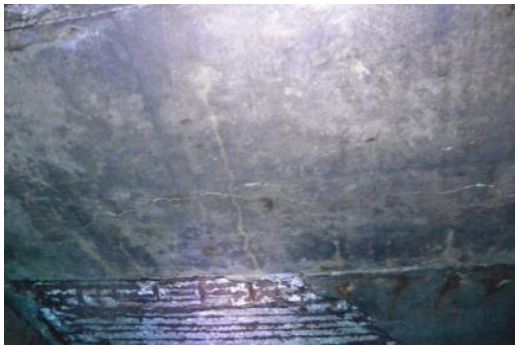
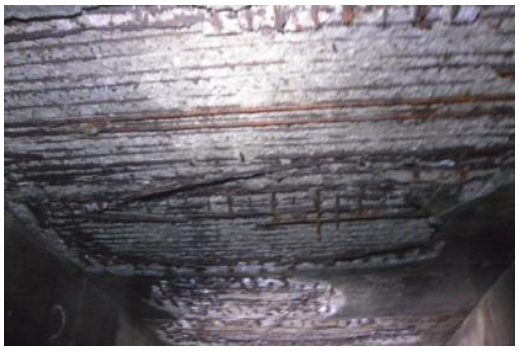
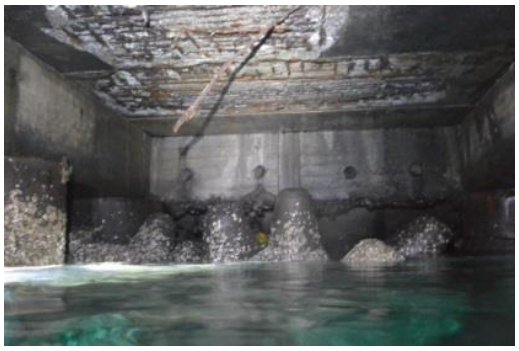
65. 臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司，「102 年碼頭結構安全檢測評估工作—蘇澳港碼頭修復範圍評估及初步設計方案報告書」，2013。

66. 柯正龍、陳桂清，「　港灣碼頭及濱海建物之現況調查(4/4)」，交通部運輸研究所，2015。

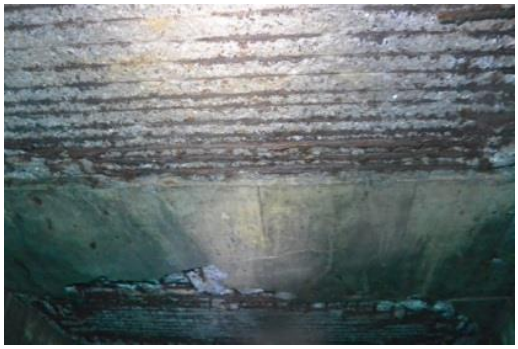
67. 柯正龍、陳桂清，「　棧橋式碼頭面版腐蝕劣損與維護之研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2000。

附錄一

蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果

 #10-1-1	 #10-1-2
 #10-1-3	 #10-1-4
 #10-2-1	 #10-2-2
 #10-2-3	 #10-3-1

蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-1(104.09)

 #10-3-2	 #10-3-3
 #10-3-4	 #10-4-1
 #10-4-2	 #10-4-3
 #10-5-1	 #10-5-2

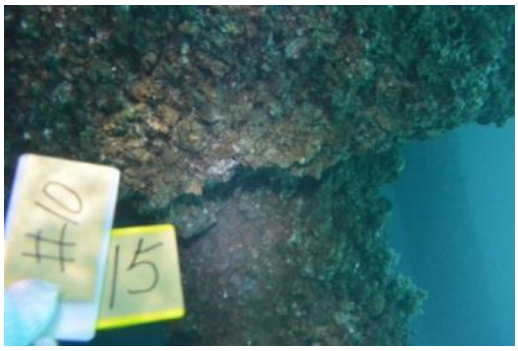
蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-2(104.09)

 #10-5-3	 #10-6-1
 #10-6-2	 #10-6-3
 #10-7-1	 #10-7-2
 #10-8-1	 #10-8-2

蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-3(104.09)

 #10-8-3	 #10-9-1
 #10-9-2	 #10-10-1
 #10-10-2	 #10-11-1
 #10-11-2	 #10-12-1

蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-4(104.09)

 #10-12-2	 #10-13-1
 #10-13-2	 #10-14-1
 #10-14-2	 #10-15-1
 #10-15-2	 #10-16-1

蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-5(104.09)

 #10-16-2	 #10-17-1
 #10-17-2	 #10-18-1
 #10-18-2	 #10-18-3
 #10-18-4	 #10-19-1

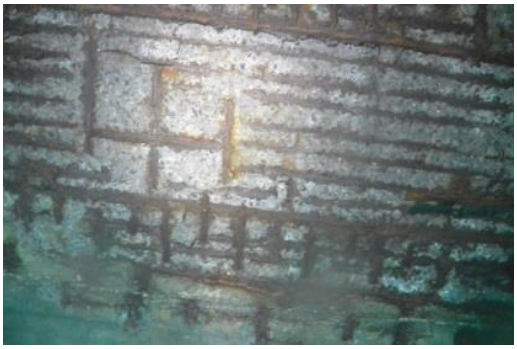
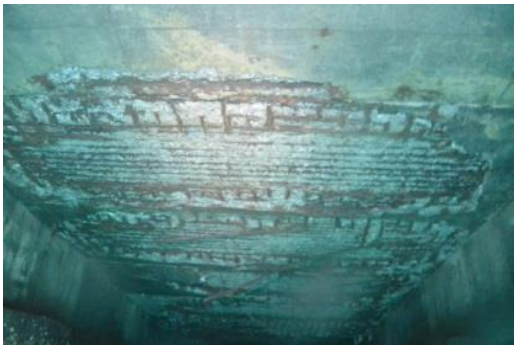
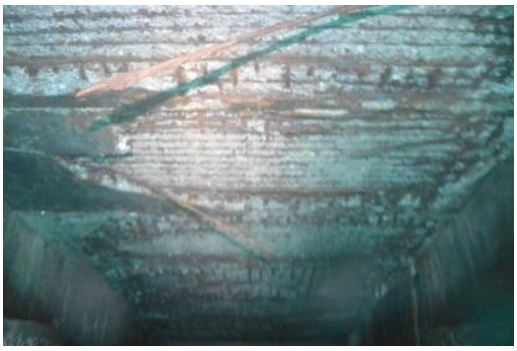
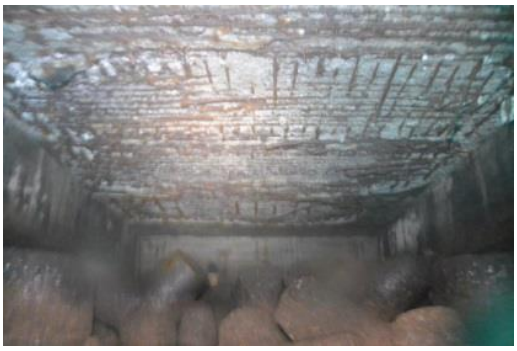
蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-6(104.09)

 #10-19-2	 #10-20-1
 #10-20-2	 #10-20-3
 #10-21-1	 #10-21-2
 #10-22-1	 #10-22-2

蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-7(104.09)

 #10-22-3	 #10-22-4
 #10-23-1	 #10-23-2
 #10-23-3	 #10-24-1
 #10-24-2	 #10-26-1

蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-8(104.09)

 #10-27-1	 #10-27-2
 #10-27-3	 #10-27-4
 #10-28-1	 #10-28-2
 #10-29-1	 #10-29-2

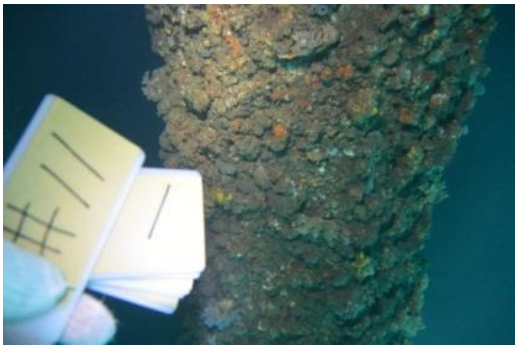
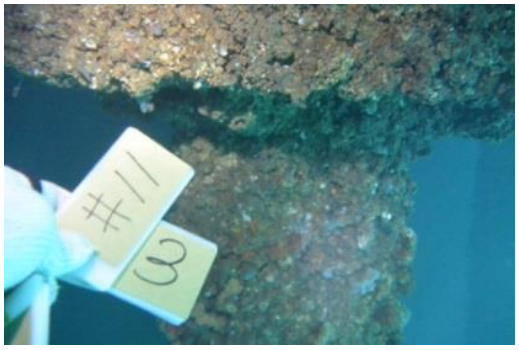
蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-9(104.09)

 #10-29-3	 #10-30-1
 #10-30-2	 #10-30-3
 #10-30-4	 #10-31-1
 #10-31-2	 #10-32-1

蘇澳港 10 號碼頭現況調查結果-10(104.09)

附錄二

蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果

 #11-1-1	 #11-1-2
 #11-1-3	 #11-2-1
 #11-2-2	 #11-2-3
 #11-2-4	 #11-3-1

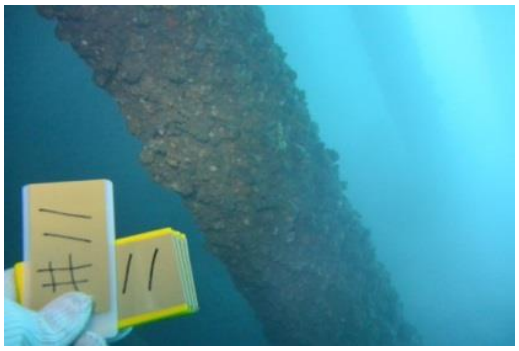
蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-1(104.09)

 #11-3-2	 #11-3-3
 #11-4-1	 #11-4-2
 #11-4-3	 #11-5-1
 #11-5-2	 #11-5-3

蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-2(104.09)

 #11-6-1	 #11-6-2
 #11-6-3	 7-1
 #11-8-1	 #11-8-2
 #11-9-1	 #11-9-2

蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-3(104.09)

 #11-10-1	 #11-10-2
 #11-11-1	 #11-11-2
 #11-11-3	 #11-12-1
 #11-13-1	 #11-13-2

蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-4(104.09)

 #11-14-1	 #11-14-2
 #11-15-1	 #11-16-1
 #11-17-1	 #11-18-1
 #11-19-1	 #11-20-1

蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-5(104.09)

 #11-21-1	 #11-22-1
 #11-22-2	 #11-23-1
 #11-23-2	 #11-24-1
 #11-24-2	 #11-24-3

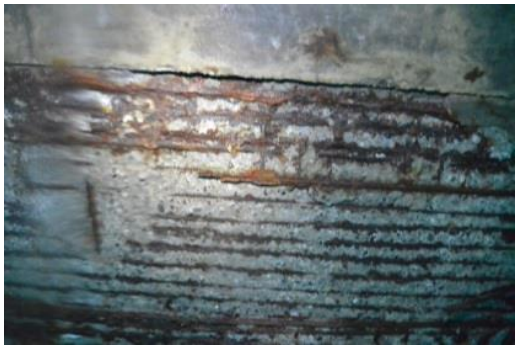
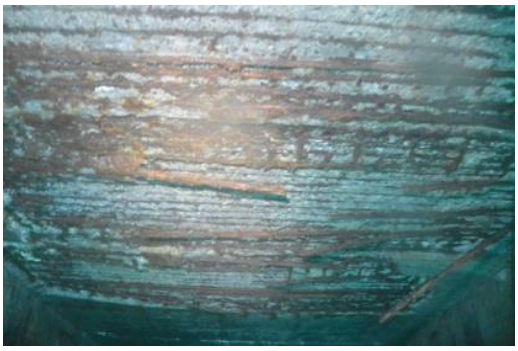
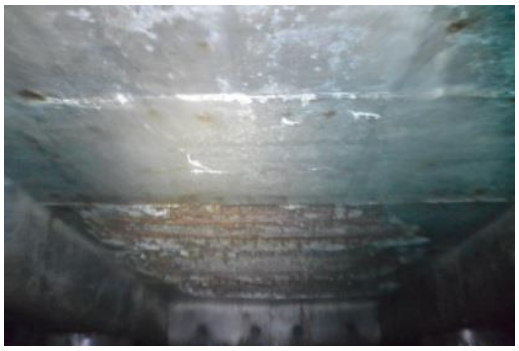
蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-6(104.09)

 #11-25-1	 #11-25-2
 #11-25-3	 #11-26-1
 #11-26-2	 #11-27-1
 #11-27-2	 #11-28-1

蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-7(104.09)

 #11-29-1	 #11-29-2
 #11-30-1	 #11-30-2
 #11-30-3	 #11-31-1
 #11-31-2	 #11-31-3

蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-8(104.09)

 #11-31-4	 #11-32-1
 #11-32-2	 #11-32-3
 #11-32-4	 #11-33-1
 #11-34-1	 #11-35-1

蘇澳港 11 號碼頭現況調查結果-9(104.09)

附錄三

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果

 #12-1,1 格右	 #12-1,2 格右
 #12-1,3 格右	 #12-1,4-5-6 格全
 #12-2,1-2 格	 #12-2,2-3 格
 #12-2,3-4 格	 #12-2,5-6 格全

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-1(104.09)

 #12-3,1 格	 #12-3,2 格
 #12-3,4-5-6 格全	 #12-3,4 格
 #12-4,5-6 格全	 #12-4,右 4 樁
 #12-4,左 3 樁	 #12-4.1 格

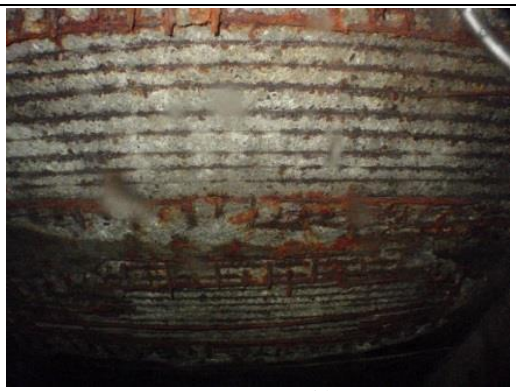
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-2(104.09)

 #12-5,2 格全	 #12-5,3 格
 #12-5,4 格	 #12-5,5 格
 #12-5,6 格	 #12-6,1-2 格
 #12-6,3 格	 #12-6,3 樁

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-3(104.09)

 #12-6,5-6 格全	 #12-7,1-2 格
 #12-7,3-4 格	 #12-7,5-6 右樁
 #12-8,1-2 格	 #12-8,3 格
 #12-8,4-5-6 格	 #12-9,1-2 格

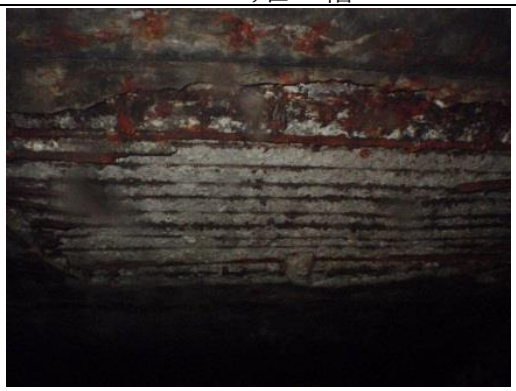
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-4(104.09)

 #12-9,2-3 格	 #12-9,4-5-6 格
 #12-10,1 格	 #12-10,2-3 格
 #12-10,3 樁	 #12-10,4-5-6 格
 #12-11,1-2 格	 #12-11,3 格

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-5(104.09)

 #12-11,5 格	 #12-12,1 格
 #12-12,2 格	 #12-12,4 格
 #12-12,6 格	 #12-13,2 格
 #12-13,2 格	 #12-13,4 格

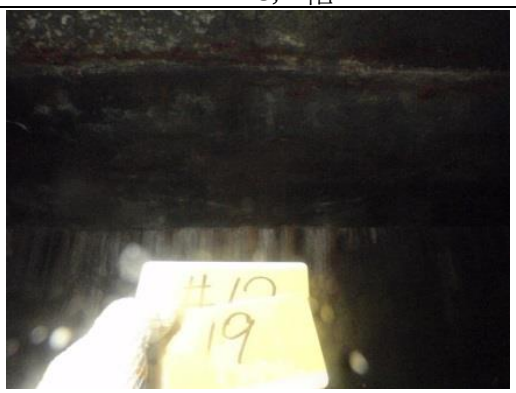
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-6(104.09)

 12-13-5 格	 #12-13,右 4 樁
 #12-14,1 格	 #12-14,3 格
 #12-14,4 格	 #12-14,5-6 格
 #12-15,1 格	 #12-15,3 格

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-7(104.09)

 #12-15,右 4 樁	 #12-15,5-6 格
 #12-16,3 格左	 #12-16,6 格右
 #12-16,5 格	 #12-17,1 格
 #12-17,2 格	 #12-17,3-4 格

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-8(104.09)

 #12-17,5-6 格	 #12-18,1 格
 #12-18,2 格	 #12-18,2 樁
 #12-18,4 格	 #12-18,5-6 格
 #12-19,1 格	 #12-19,2 格

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-9(104.09)

 #12-19,3 格	 #12-19,5 格
 #12-20,1-2 格	 #12-20,3 格
 #12-20,5-6 格	 #12-21,1 格
 #12-21,右 3 樁	 #12-21,5-6 格

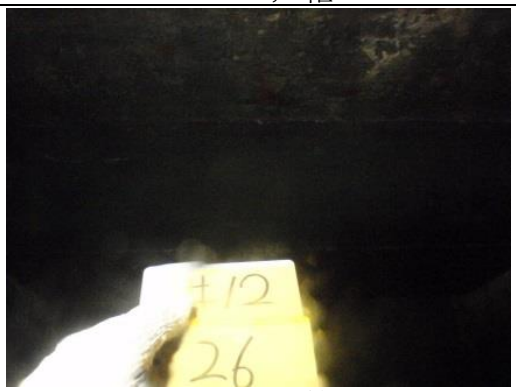
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-10(104.09)

 #12-21,2 格	 #12-21,3 格
 #12-21,4-5-6 格	 #12-21,1 格
 #12-23,1 格	 #12-23,2 格
 #12-23,3 格	 #12-23,5-6 格

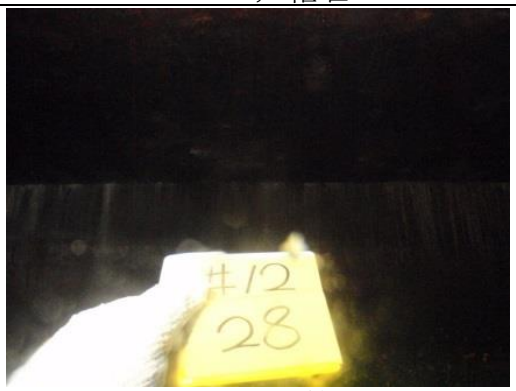
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-11(104.09)

 12-23-5	 #12-24,1 格
 #12-24,2 格右	 #12-24,2 格左
 #12-24,3 格右	 #12-24,3 格左
 #12-24,4 格右	 #12-24,4 格左

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-12(104.09)

 #12-24,5 樁右上方	 #12-25,1 格
 #12-25,3 格	 #12-25,4 格
 #12-25,5-6 格	 #12-26,1 格
 #12-26,3 格	 #12-26,4 格

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-13(104.09)

 #12-26,5-6 格	 #12-27,1 格
 #12-27,3 格右	 #12-27,5-6 格
 #12-28,1 格	 #12-28,2 格
 #12-28,2 樁右	 #12-28,5 格

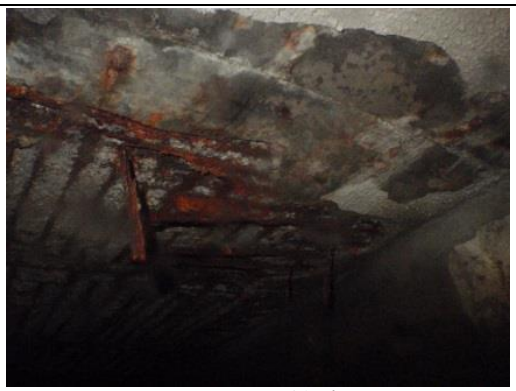
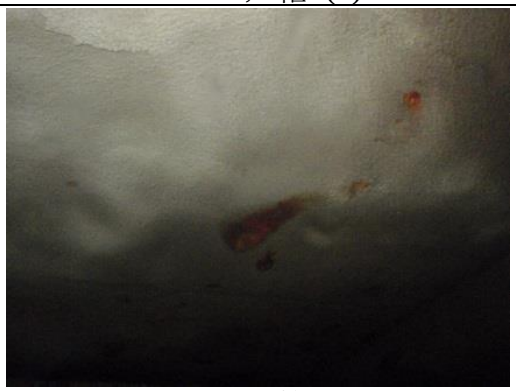
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-14(104.09)

 #12-29,2 格	 #12-29,4 格
 #12-29,5-6 格	 #12-30,1 格
 #12-30,5 格	 #12-31,2 格
 #12-31,3 格	 #12-31,4-5-6 格

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-15(104.09)

 #12-31,4 格	 #12-32,1 格
 #12-32,3 格	 #12-32,4 格
 #12-33,1 格	 #12-33,1 格右
 #12-33,3 格 (2)	 #12-33,4 格右

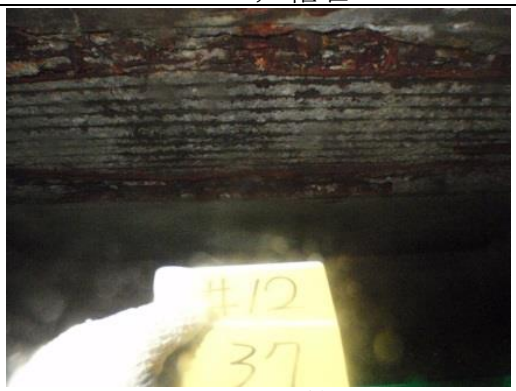
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-16(104.09)

 #12-33,4 格右	 #12-33,5-6 格
 #12-33,3 格 (2)	 #12-34,1 格
 #12-34,1 格 (2)	 #12-34,2 格右
 #12-34,2 格左	 #12-34,3 格右

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-17(104.09)

 #12-34,3 格左	 #12-34,5-6 格
 #12-35,1 格	 #12-35,3 格右
 #12-35,3 格左	 #12-35,4-5 格
 #12-35,5 格	 #12-36,1 格

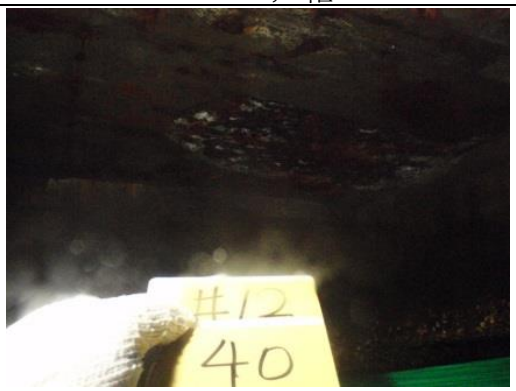
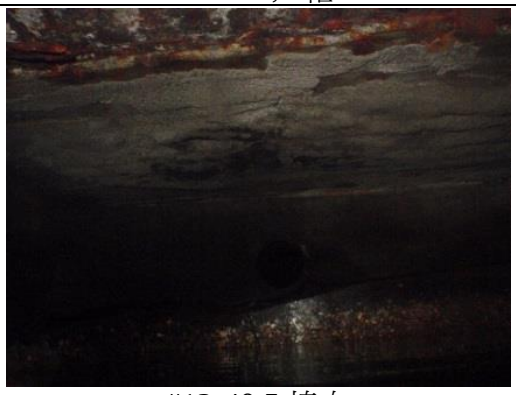
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-18(104.09)

 #12-36,2 格右	 #12-36,2 格左
 #12-36,4 格	 #12-36,5 格右
 #12-36,5 格左	 #12-37,2 格
 #12-37,3 格	 #12-37,4 格

蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-19(104.09)

 #12-37,5 格	 #12-37,2 格
 #12-37,3 格	 #12-37,4 格
 #12-37,5-6 格	 #12-39,1 格
 #12-39,3 格	 #12-39,4 格

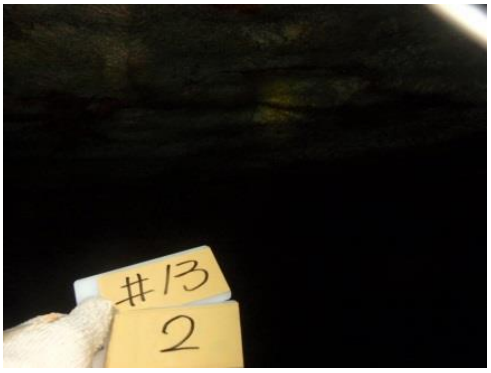
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-20(104.09)

 #12-39,5 格	 #12-39,6 格
 #12-40,1 格	 #12-40,3 格
 #12-40,4-5 格	 #12-40,5 樁右

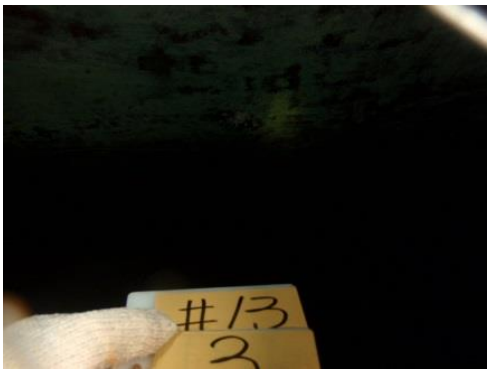
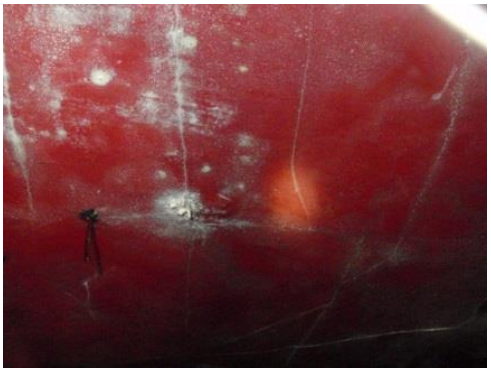
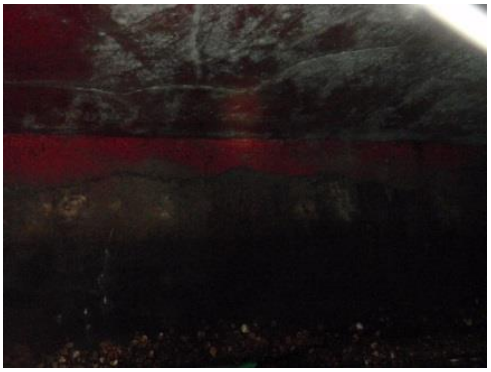
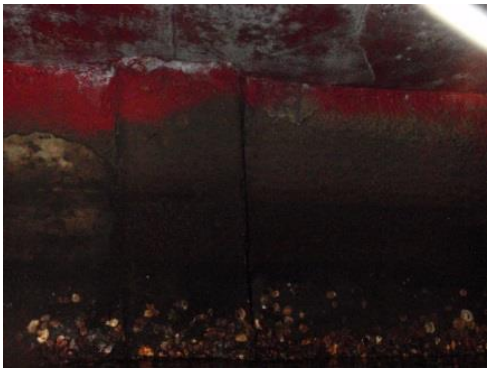
蘇澳港 12 號碼頭現況調查結果-21(104.09)

附錄四

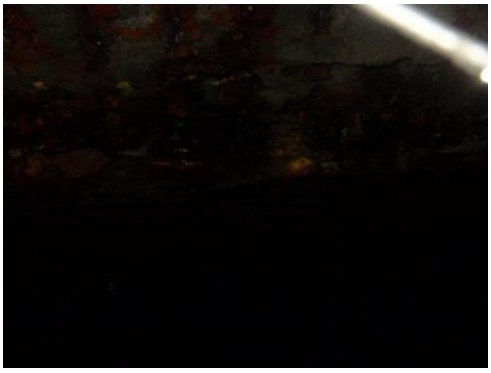
蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果

 #13-1,1 格	 #13-1,3 格
 #13-1,4 格	 #13-1,5 格
 #13-2,1 格	 #13-2,1 格 (2)
 #13-2,2 格	 #13-2,3 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-1(104.09)

 #13-2,4 格	 #13-3,1 格
 #13-3,2 格	 #13-3,3 格右
 #13-3,3 格左	 #13-3, 4 格
 #13-3,4 格右	 #13-4,1 格

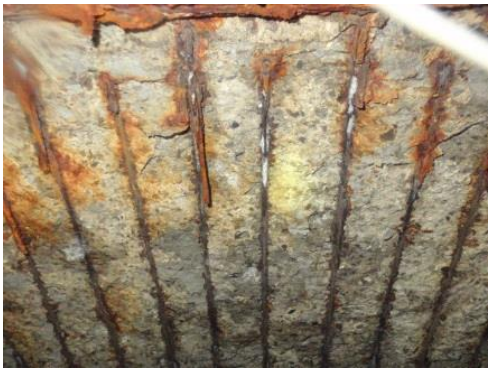
蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-2(104.09)

 #13-4,2 格	 #13-4,3 格
 #13-4,4 格	 #13-5,1 格
 #13-5,3 格	 #13-5,4 格
 #13-6,1 格	 #13-6,3 格

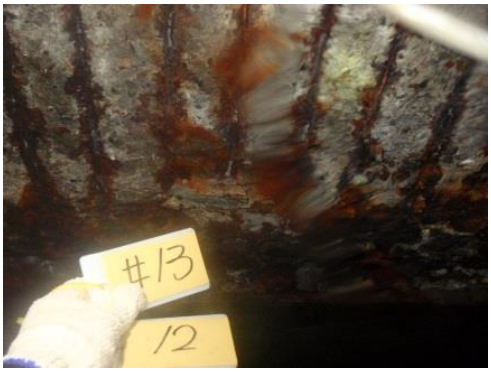
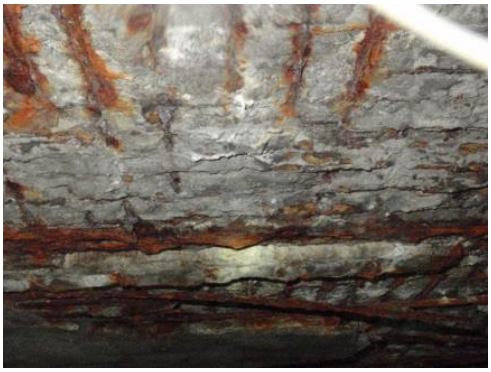
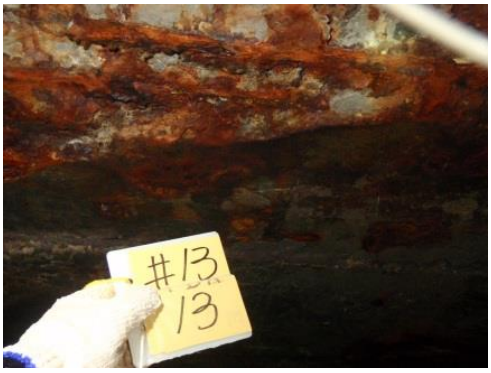
蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-3(104.09)

 #13-6,4 格	 #13-7,1-2 格
 #13-7,3-4 格	 #13-7,3 格
 #13-8,1 格	 #13-8,2 格
 #13-8,3 格	 #13-8,4 格

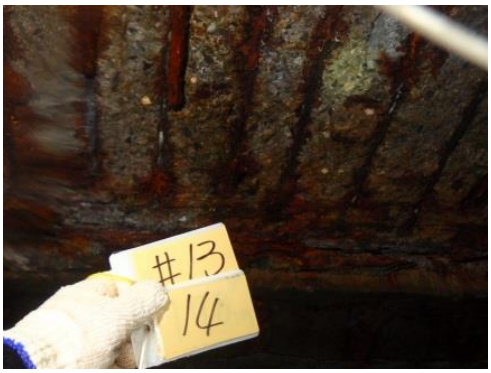
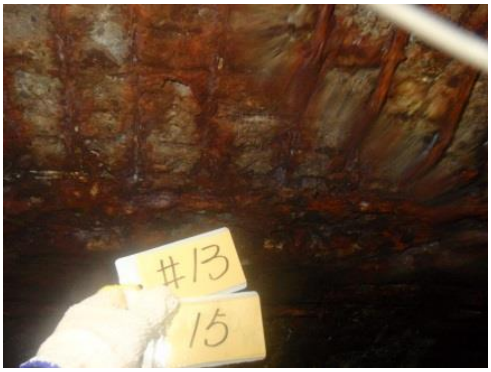
蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-4(104.09)

 #13-9,1-2 格	 #13-9, 2 格
 #13-9,3-4 格	 #13-10,1 格
 #13-10,2 格右	 #13-10,2 格左
 #13-10,3-4 格	 #13-11,1-2 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-5(104.09)

 #13-11,2-3 格	 #13-11,3-4 格
 #13-12,1-2 格	 #13-12,2-3 格
 #13-12,3-4 格	 #13-13,1-2 格
 #13-13,3-4 格	 #13-13,3 格

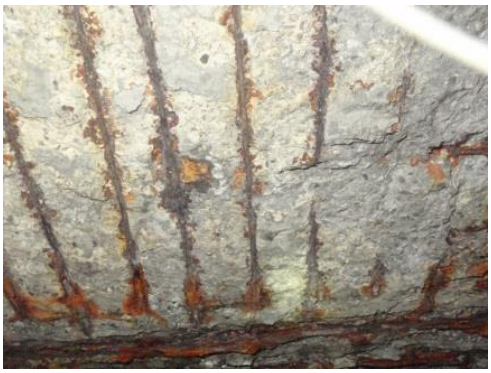
蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-6(104.09)

 #13-14,1 格	 #13-14,2-3 格
 #13-14,3-4 格	 #13-15,1 格
 #13-15,2-3 格	 #13-15,3-4 格
 #13-16,1 格	 #13-15,2 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-7(104.09)

 #13-16,3-4 格	 #13-17,1-2 格
 #13-17,2 格	 #13-17,3-4 格
 #13-18,1 格	 #13-18,2 格
 #13-18,3-4 格	 #13-19,1 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-8(104.09)

 #13-19,2 格	 #13-19,3 格
 #13-20,1 格	 #13-20,2 格
 #13-20,3-4 格	 #13-21,1 格
 #13-21,1 格 (2)	 #13-21,2-3 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-9(104.09)

 #13-21,3-4 格	 #13-22,1 格
 #13-22,2-3 格	 #13-22,3-4 格
 #13-23,1 格	 #13-23,2 格
 #13-23,3-4 格	 #13-24,1 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-10(104.09)

 #13-24,2-3 格	 #13-24,3-4 格
 #13-25,1 格	 #13-25,1 格
 #13-25,3-4 格	 #13-26,1 格
 #13-26,2-3 格	 #13-26,3-4 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-11(104.09)

 #13-27,1 格	 #13-27,2-3 格
 #13-27,3-4 格	 #13-28,1 格
 #13-28,2-3 格	 #13-28,3-4 格
 #13-29,1 格	 #13-29,2-3 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-12(104.09)

 #13-29,3-4 格	 #13-30,1 格
 #13-30,2 格	 #13-30,3 格右
 #13-30,4 格	 #13-31,1 格
 #13-31,2 格右	 #13-31,3-4 格右

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-13(104.09)

 #13-31,3-4 格左	 #13-32,1 格
 #13-32,2-3 格	 #13-32,3-4 格
 #13-33,1 格	 #13-33,2-3 格
 #13-33,3-4 格	 #13-34,1-2 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-14(104.09)

 #13-34,3 格	 #13-34,4 格
 #13-35,1 格	 #13-35,2-3 格
 #13-35,4 格	 #13-36,1 格
 #13-36,2-3 格	 #13-36,3-4 格

蘇澳港 13 號碼頭現況調查結果-15(104.09)