106-024-7924
MOTC-IOT-105-H1DA002

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(2/2)

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 106 年 4 月

106-024-7924
MOTC-IOT-105-H1DA002

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(2/2)

著 者：陳桂清、柯正龍、羅建明

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 106 年 4 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.
(2/2) / 陳桂清, 柯正龍, 羅建明著. -- 初版.
-- 臺北市 : 交通部運研所, 民106.04
面 ; 公分
ISBN 978-986-05-2232-7(平裝)

1.港埠管理 2.管理資訊系統

557 106004973

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(2/2)
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 106 年 4 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 60 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： 400 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•電話：(02) 25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010600502　　ISBN：978-986-05-2232-7（平裝）

106

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查之研究(2/2)

交通部運輸研究所

GPN：1010600502
定價：400 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(2/2)</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN978-986-05-2232-7(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010600502</td><td>運輸研究所出版品編號
106-024-7924</td><td>計畫編號
105-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：王欣郁、陳亭廷、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 105 年 01 月
至 105 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>
</table>

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。

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。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
106 年 4 月	338	400	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

機密等級：

□密□機密 □極機密 □絕對機密

（解密條件：□　年　月　日解密，□公布後解密，□附件抽存後解密，

□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）

■普通

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

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

TITLE**:** The Study of Corrosion Environmental Classification and Field Surveying on Harbor Structures (2/2)

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-05-2232-7(pbk)	1010600502	106-024-7924	105-H1DA002

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

PROJECT PERIOD
FROM: 01/2016
TO:12/2016

KEY WORDS: durability, corrosion, harbor- 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 achievements would offer Harbor Company to draw up a facility maintenance strategy. Inspecting methods and procedures in the study could also be applied to harbor-facility management system, and will lead to further study. In addition, results obtained from atmospheric metals corrosion field surveying are provided for selecting appropriate metals construction material and meeting their local corrosion environmental requirements. Thus, public constructions such as bridges, harbor structures are assured to satisfy the life-service design or even longer, and avoid or reduce tragedies happened. It would also reduce social cost and enhance economic efficiency finally.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
April 2017	338	400	☐SECRET ☐CONFIDENTIAL ■UNCLASSIFIED

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(2/2)

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。

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。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，國家發展委員會規劃之亞太海運中心樞紐地位，增強臺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。如何提升港灣設施之建設、工程品質與耐久性，以及其維護、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，進行臺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，成果並建置於本所港研中心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、修訂維護管理制度與系統及手冊等，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，期待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。

104 年完成工作如下：

子計畫 1: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: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、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。

105 年完成工作如下：

子計畫 1:持續調查臺灣全島之大氣腐蝕因子，大氣腐蝕標準試片製作與現地暴露試驗之腐蝕速率量測；水下金屬材料腐蝕長期暴露試

驗；建立大氣與水下腐蝕因子資料庫，研究成果分析比較；完成臺灣大氣腐蝕環境分類。

子計畫 2:完成馬祖港福澳、白沙、猛澳、青帆與中柱五碼頭區之碼頭與防波堤調查；臺中港南、北防波堤調查；馬祖港福澳、白沙碼頭區，浮動碼頭基樁與浮箱、棧橋式碼頭鋼樁之鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；碼頭與防波堤維護工法探討；建置馬祖港港灣構造物維護管理系統。

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分析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、銅等四種螺旋線材，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 年度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、銅等四種螺旋線材，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 年度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，例如臺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、水頭及九宮三港區之碼頭與防波堤設施為例。
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、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. 既有檢測程序精進之研析：以馬祖港、臺中港之碼頭與防波堤設施為例。

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：建置馬祖港、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

3.1 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 3-1。四次採樣的調查期間分別為 2015.10-2015.12(秋季)，2016.01-2016.03(冬季)，2016.04-2016.06(春季)，2016.07-2016.09(夏季)。

一般而言，2015.10-2015.12 秋季期間，氯鹽沉積速率介於 0.7 mg/m^2/day (北橫巴陵)至 187.0 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、蘇澳港試驗線 100m、橄仔樹安檢所、梗枋安檢所、臺塑六輕試驗線 0m、臺塑六輕試驗線 300m，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 50 mg/m^2/day。在高雄港試驗線 0m、南澳安檢所、陽明山國家公園、平鎮工業區(力鋼)、阿里山、高雄港試驗線 800m 與北橫巴陵氯鹽沉積速率都低於 1.5 mg/m^2/day。

2016.01-2016.03 冬季期間之氯鹽沉積速率介於 0.4 mg/m^2/day (阿里山)至 91.9 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、外埔安檢所、臺塑六輕試驗線 0m，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 50mg/m^2/day。在阿里山、北橫巴陵、太魯閣國家公園、陽明山國家公園、臺北市區、興達火力電廠、高鐵左營站、高鐵台中站、東北角、高雄港試驗線 50m、龍德工業區、平鎮工業區(力鋼)等站都低於 2.0 mg/m^2/day。

2016.04-2016.06 春季期間之氯鹽沉積速率介於 0.5 mg/m^2/day (北橫巴陵)至 139.6 mg/m^2/day (花蓮港試驗線 0m)之間，較高的沉積速率發生在花蓮港試驗線 0m，其餘依序為外埔安檢所、橄仔樹安檢所、新竹漁港、蘇澳港試驗線 100m、蘇澳港試驗線 300m、花蓮港試驗線 100m，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)、阿里山和北橫巴陵都低於 1.0 mg/m^2/day。

2016.07-2016.09 夏季期間之氯鹽沉積速率介於 0.4 mg/m^2/day (高

鐵臺中站)至 142.8 mg/m^2/day (蘇澳港試驗線 100m)之間，蘇澳港試驗線 100m、核三廠試驗線 0m、花蓮港試驗線 0m、橄仔樹安檢所大於 60 mg/m^2/day，其次為外埔安檢所、高雄港試驗線 50m、尚武安檢所、核三廠試驗線 100m、成功安檢所、伽蘭安檢所、臺塑六輕試驗線 800m、基隆試驗線 100m、核三廠試驗線 1Km、臺塑六輕試驗線 2Km 等氯鹽沉積速率大於 20mg/m^2/day。至於氯鹽沉積速率較小有高鐵臺中站、北橫巴陵、高鐵左營站、阿里山、太魯閣國家公園、臺北市區、陽明山國家公園、平鎮工業區(力鋼)低於 1.0 mg/m^2/day。

3.1.1 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 2015.10-2015.12(秋季)，2016.01-2016.03(冬季)，2016.04-2016.06(春季)，2016.07-2016.09(夏季)。如圖 3.1 至圖 3.4 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 10mg/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 270.5mg/m^2/day 最高、臺塑六輕試驗線 100m 為 99.7mg/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 1.2~270.5mg/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。

3.1.2 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 3.5 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，以東部蘇澳港試驗線、花蓮港試驗線、西部臺塑六輕試驗線與北部基隆港試驗線的氯鹽沉積速率較高。

表 3-1 氯鹽沉積速率表

單位：mg/m^2/day

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
1	基隆試驗線 0m	27.1	16.4	20.5	7.2
2	基隆試驗線 100m	43.9	27.5	22.0	23.3
3	梗枋安檢所	61.6	32.4	28.8	10.3
4	龍德工業區	5.8	1.8	2.0	3.6
5	蘇澳港試驗線 0m	43.9	42.8	18.6	8.5
6	蘇澳港試驗線 100m	108.3	47.7	43.3	142.8
7	蘇澳港試驗線 300m	48.3	13.0	31.9	8.4
8	南澳安檢所	1.4	11.1	3.9	10.7
9	太魯閣國家公園	2.3	0.7	0.7	0.7
10	花蓮港試驗線 0m	48.1	22.3	139.6	80.2
11	花蓮港試驗線 100m	31.8	13.6	31.1	-
12	花蓮港試驗線 500m	18.9	20.0	11.8	9.1
13	橄仔樹安檢所	102.0	91.9	71.6	73.3
14	石梯安檢所	18.0	23.5	8.8	15.2
15	成功安檢所	45.9	26.6	24.5	34.1
16	金樽安檢所	34.7	11.7	17.8	17.7
17	伽蘭安檢所	17.6	7.6	10.9	33.9
18	尚武安檢所	31.6	20.0	9.9	45.8
19	核三廠試驗線 0m	10.1	8.0	5.6	111.0
20	核三廠試驗線 100m	7.6	6.9	5.1	41.0
21	核三廠試驗線 300m	10.2	7.1	6.1	1.3
22	核三廠試驗線 1Km	7.5	3.3	2.3	21.4
23	臨海工業區	2.1	3.8	4.4	15.5
24	高雄港試驗線 0m	1.5	5.5	10.7	17.3
25	高雄港試驗線 50m	3.1	1.6	3.4	48.4
26	高雄港試驗線 300m	3.5	4.1	3.3	6.0
27	高雄港試驗線 500m	2.9	3.0	2.8	13.0
28	高雄港試驗線 800m	1.1	2.5	1.8	1.9
29	高鐵左營站	2.0	1.6	1.5	0.6

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
30	興達火力電廠	4.0	1.5	3.1	3.2
31	成大水工所	2.2	2.1	2.4	1.7
32	東石安檢所	14.4	6.0	13.7	18.0
33	高鐵嘉義站	2.5	2.1	2.8	1.7
34	臺塑六輕試驗線 0m	59.4	53.5	18.3	18.4
35	臺塑六輕試驗線 300m	51.5	33.8	26.1	15.2
36	臺塑六輕試驗線 800m	33.4	35.5	22.3	25.1
37	臺塑六輕試驗線 2Km	21.9	17.9	13.3	20.6
38	臺塑六輕試驗線 3Km	6.5	12.1	6.2	3.2
39	王功安檢所	20.5	23.8	19.0	13.6
40	彰濱工業區	31.8	27.2	21.6	13.8
41	高鐵臺中站	-	1.9	3.0	0.4
42	臺中火力電廠	9.8	11.6	4.3	4.8
43	臺中港試驗線 0m	13.7	8.2	7.0	3.8
44	臺中港試驗線 300m	16.5	2.6	7.6	2.4
45	臺中港試驗線 2Km	5.7	5.3	1.5	1.6
46	五甲安檢所	17.3	18.4	9.8	10.1
47	通霄火力電廠	20.5	20.1	16.6	17.2
48	外埔安檢所	187.0	90.1	72.2	57.2
49	平鎮工業區(力鋼)	1.3	2.0	0.9	1.0
50	桃園試驗線 100m	24.3	22.3	1.4	12.0
51	桃園試驗線 500m	34.2	16.2	5.0	6.5
52	桃園試驗線 2Km	9.6	5.3	2.8	6.8
53	臺北市區	1.8	1.4	1.1	0.8
54	陽明山國家公園	1.3	2.0	1.2	0.9
55	北橫巴陵	0.7	0.4	0.5	0.5
56	阿里山	1.2	0.4	1.0	0.7
57	東北角	12.2	1.6	5.3	3.6
58	臺北港監測站	9.3	6.1	1.3	4.0
59	永安安檢所	9.0	10.2	2.7	2.1
60	新竹漁港	39.1	35.8	45.4	-
61	金門水頭商港	6.9	3.9	3.3	8.0

註：- 表示試體遺失

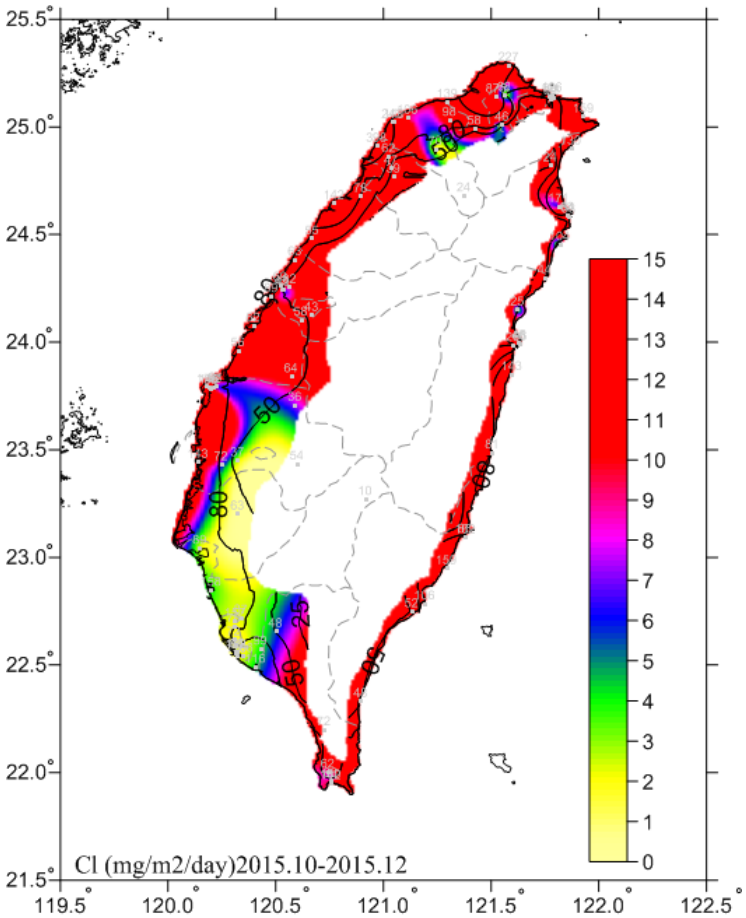


圖 3.1　2015.10-2015.12 氯鹽沉積速率(mg/m^2/day)

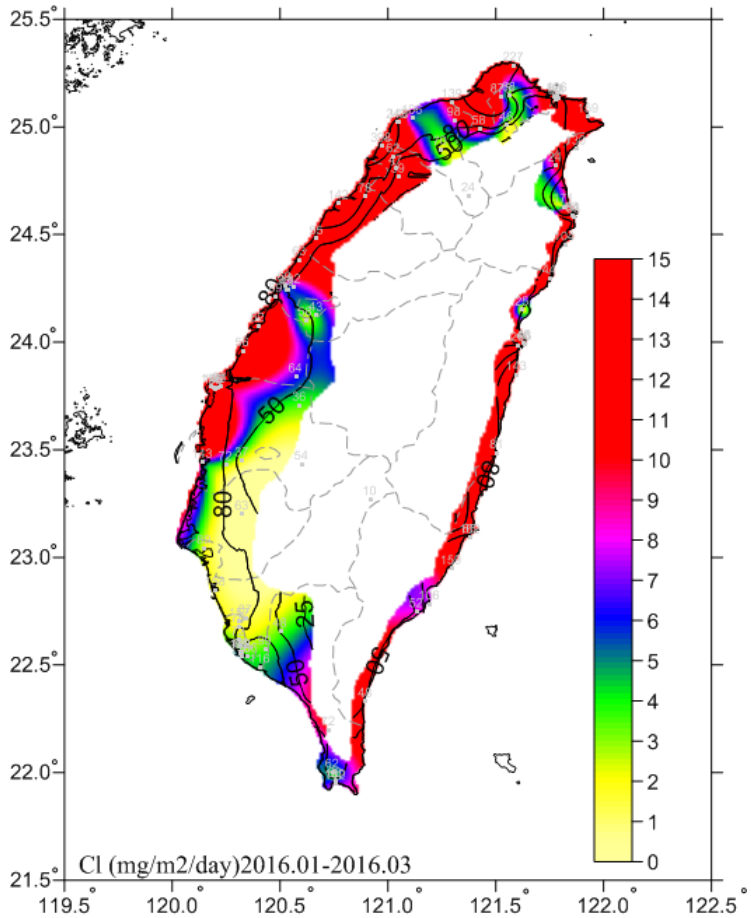


圖 3.2　2016.01-2016.03 氯鹽沉積速率(mg/m^2/day)

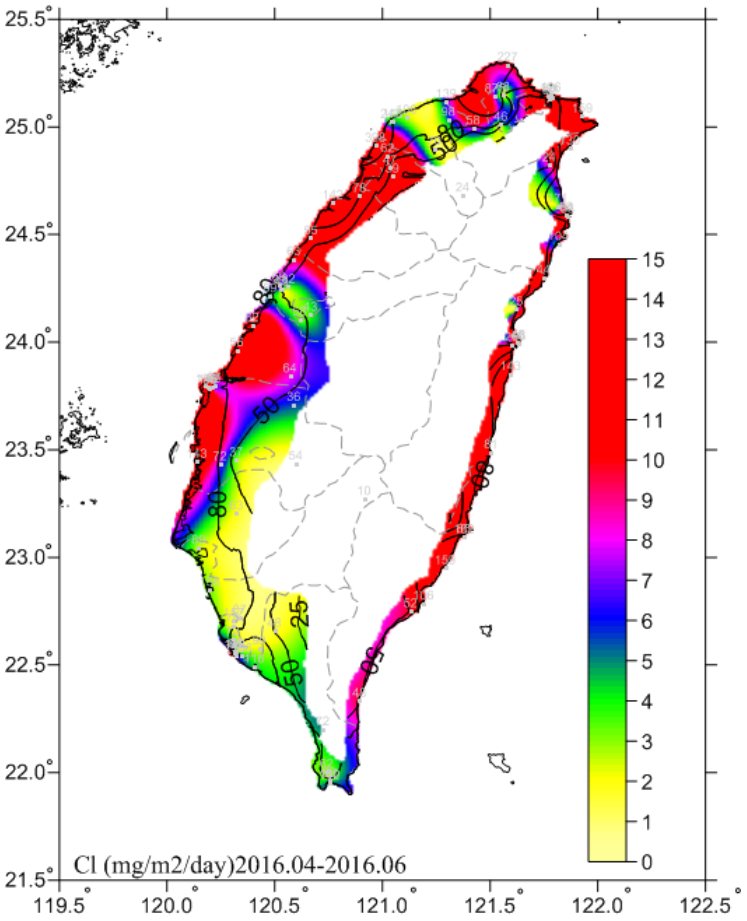


圖 3.3　2016.04-2016.06 氯鹽沉積速率

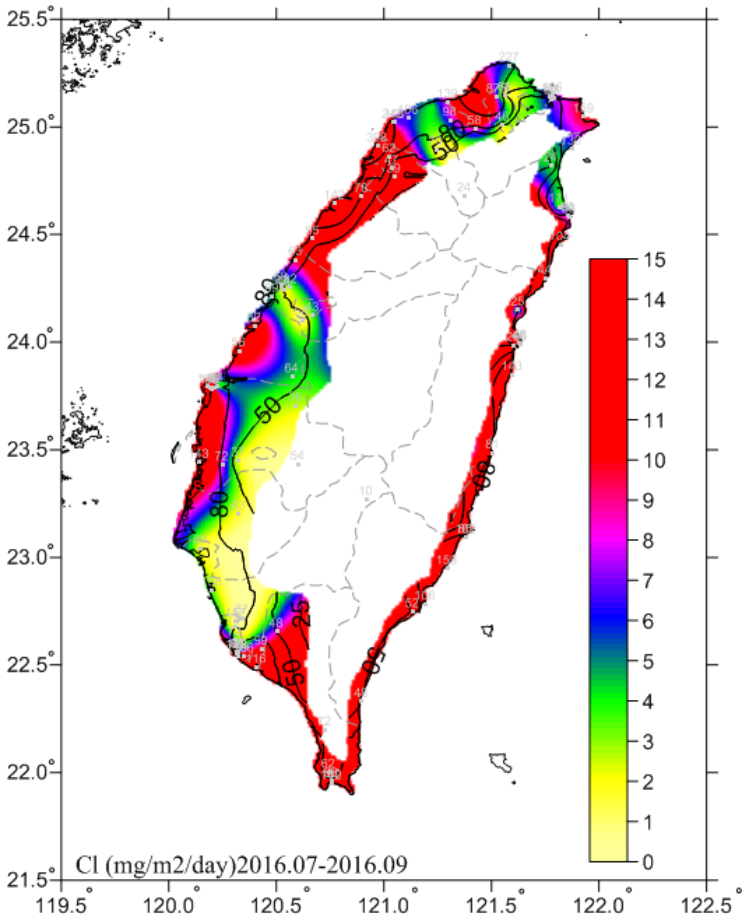
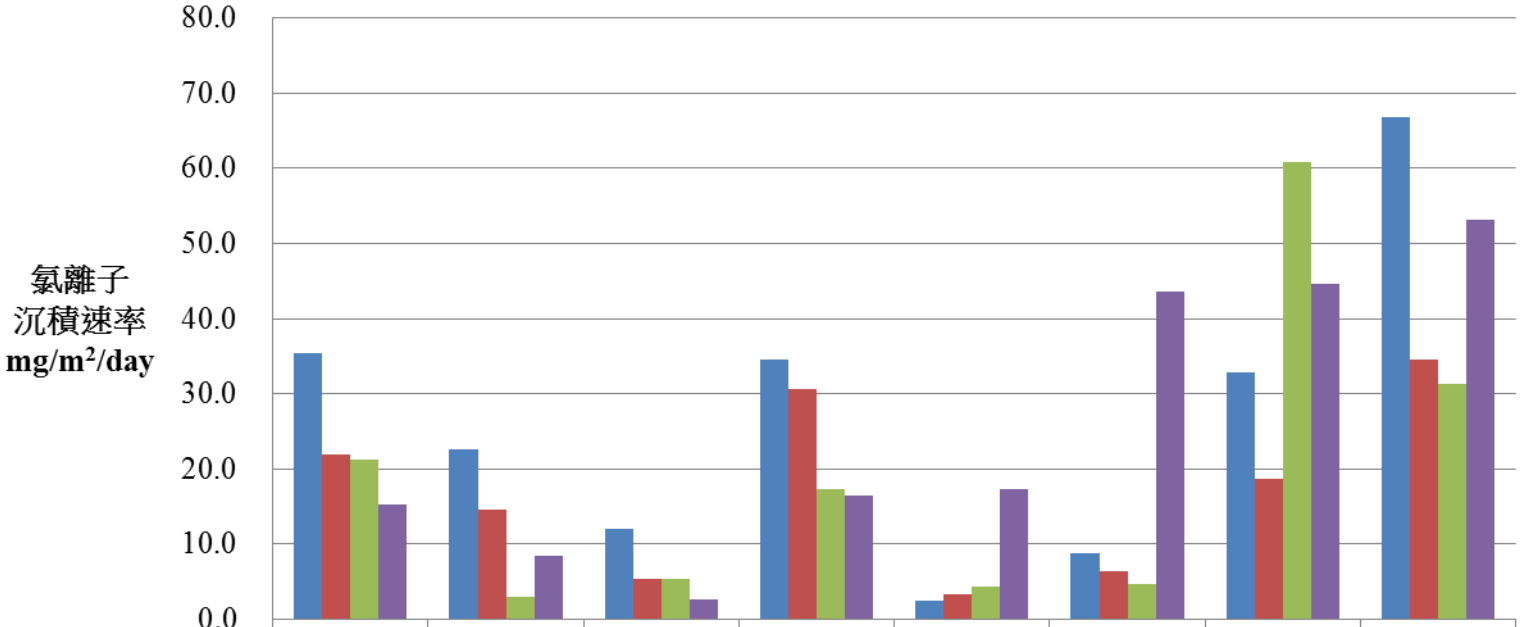


圖 3.4　2016.07-2016.09 氯鹽沉積速率



	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	花蓮港試驗線	蘇澳港試驗線
2015.09-2015.12	35.5	22.7	12.0	34.5	2.4	8.9	32.9	66.8
2016.01-2016.03	22.0	14.6	5.4	30.6	3.3	6.3	18.6	34.5
2016.04-2016.06	21.3	3.1	5.4	17.2	4.4	4.8	60.8	31.3
2016.07-2016.09	15.3	8.4	2.6	16.5	17.3	43.7	44.7	53.2

註 1：氯離子沉積速率為各試驗線測站平均值

圖 3.5 四次調查之垂直海岸試驗線氯鹽沉積速率

3.2 二氧化硫沉積速率調查結果

表 3-2 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 2015.10-2015.12 (秋季)，2016.01-2016.03(冬季)，2016.04-2016.06 (春季)，2016.07-2016.09(夏季)。

第一次調查期間 2015.10-2015.12 (秋季)，陽明山硫磺區的二氧化硫沉積速率最大 821.2 mg/m^2/day，其餘介於阿里山 23.8 mg/m^2/day 至 399.0 mg/m^2/day 官田工業區之間。較高的沉積速率發生在官田工業區、桃園試驗線 100m、東北角風景區、臨海工業區、陽明山國家公園，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嘉義站最高 80.7 mg/m^2/day、左營站次之 75.0mg/m^2/day、台中站最低為 52.4 mg/m^2/day。東部海岸因無石化工業區或電廠的設立，二氧化硫沉積速率僅介於 28.8 mg/m^2/day 太魯閣國家公園與 274.7mg/m^2/day 東北角風景區。

第二次調查 2016.01-2016.03 (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 3329 mg/m^2/day，其餘介於 13.1 mg/m^2/day 北橫巴陵至 389.0 mg/m^2/day 臺中火力電廠之間。其次較高的沉積速率發生在官田工業區 316.5 mg/m^2/day、龍德工業區 270.8 mg/m^2/day、東北角風景區 250.3 mg/m^2/day 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嘉義站最高 73.4 mg/m^2/day、左營站次之 68.3 mg/m^2/day、最低為台中站 49.5 mg/m^2/day。

第三次調查 2016.04-2016.06 (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 2426.7 mg/m^2/day，其餘介於 13.5 mg/m^2/day 阿里山至 532.4 mg/m^2/day 臨海工業區之間。依序較高的沉積速率發生在陽明山國家公園、龍德工業區、桃園試驗線 100m 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左營站較高 65.1 mg/m^2/day、臺中站

44.6 mg/m^2/day、最低為嘉義站 33.5 mg/m^2/day。

第四次調查期間 2016.07-2016.09(夏季)，二氧化硫沉積速率以陽明山硫磺區最高，約為 755.9 mg/m^2/day，其餘介於 8.5 mg/m^2/day 屏東工業區至 189.5 mg/m^2/day 臺中火力電廠之間。依序較高的沉積速率發生在 189.5 mg/m2/day 臺中火力電廠、關連工業區 132.7 mg/m^2/day、陽明山國家公園 118.4 mg/m^2/day、桃園試驗線 2Km 113.5 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 85.4、63.5、43.5 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 3-3 所示。

3.2.1 二氧化硫沉積速率季節性之比較

如圖 3.6 至圖 3.9 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(2015.10-2015.12)以官田工業區、桃園試驗線 100m、臨海工業區，冬季(2016.01-2016.03)期間，以臺中火力電廠、官田工業區，春季(2016.04-2016.06)期間以臨海工業區，夏季(2016.07-2016.09)以臺中火力電廠、關連工業區沉積速率相較其他季節有顯著增加的趨勢。東海岸以東北角風景區、龍德工業區沉積速率較高。

表 3-2 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	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
1	基隆試驗線 1Km	38.1	43.1	36.0	40.6
2	龍德工業區	-	270.8	284.2	-
3	和平工業區	50.7	31.6	29.1	17.4
4	太魯閣國家公園	28.8	17.5	21.0	30.4
5	美崙工業區	29.3	35.4	26.9	23.7
6	豐樂工業區	32.5	66.4	34.6	39.7
7	屏東工業區	46.2	49.0	27.4	8.5
8	中油林園廠	153.7	117.1	91.4	46.1
9	臨海工業區	252.6	-	532.4	103.7
10	鳳山工業區	134.0	87.4	80.5	63.6
11	大發工業區	191.0	150.3	74.6	95.2
12	高鐵左營站	75.0	68.3	65.1	63.5
13	高雄煉油廠	67.2	71.4	31.0	16.5
14	永安工業區	115.2	113.4	94.1	-
15	興達火力電廠	124.8	84.6	64.5	31.8
16	安平工業區	122.7	66.7	68.2	19.2
17	成大水工所	73.3	64.4	45.9	15.8
18	官田工業區	399.0	316.5	144.9	74.8
19	朴子工業區	99.5	108.7	107.4	67.7
20	高鐵嘉義站	80.7	73.4	33.5	43.5
21	斗六工業區	70.4	62.2	53.7	51.0
22	彰濱工業區	187.9	72.1	88.2	93.7
23	田中工業區	77.9	51.8	57.9	54.0
24	南崗工業區	54.7	62.1	75.8	50.8
25	大里工業區	47.4	36.4	41.7	37.6
26	高鐵臺中站	52.4	49.5	44.6	85.4
27	臺中工業區	60.2	53.9	42.4	50.0
28	關連工業區	-	129.2	154.3	132.7
29	臺中火力電廠	159.5	389.0	142.4	189.5
30	臺中港試驗線 300m	78.3	74.9	83.2	92.9
31	通霄火力電廠	144.3	64.0	55.3	41.3
32	竹南工業區	147.4	142.6	141.0	92.5
33	頭份工業區	66.4	64.2	91.8	78.8
34	工研院	45.7	-	32.4	31.2

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
35	新竹工業區	63.0	39.2	65.2	60.1
36	平鎮工業區	80.5	84.7	46.0	33.4
37	桃園試驗線 100m	319.8	136.3	201.4	74.3
38	桃園試驗線 500m	111.8	65.0	61.7	83.1
39	桃園試驗線 2Km	95.6	93.2	110.8	113.5
40	樹林工業區	175.5	103.9	107.7	43.0
41	臺北市區	34.1	40.5	37.8	26.9
42	陽明山國家公園	230.9	182.7	392.2	118.4
43	陽明山硫磺區	821.2	3329.2	2426.7	755.9
44	北橫巴陵	24.9	13.1	15.3	21.8
45	阿里山	23.8	26.1	13.5	14.6
46	平鎮工業區(中心)	41.5	29.0	23.1	57.6
47	觀音工業區(中心)	79.3	88.5	77.8	105.6
48	東北角風景區	274.7	250.3	138.4	35.4
49	永安安檢所	150.0	104.2	42.6	58.0
50	金門水頭商港	92.7	106.6	82.8	23.5

註：- 表示試片遺失

表 3-3 特定試驗點之二氧化硫沉積速率表

試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
高鐵臺中站	52.4	49.5	44.6	85.4
高鐵嘉義站	80.7	73.4	33.5	43.5
高鐵左營站	75.0	68.3	65.1	63.5
高雄煉油廠	67.2	71.4	31.0	16.5
中油林園廠	153.7	117.1	91.4	46.1
大潭火力電廠	111.8	65.0	61.7	83.1
通霄火力電廠	144.3	64.0	55.3	41.3
臺中火力電廠	159.5	389.0	142.4	189.5
興達火力電廠	124.8	84.6	64.5	31.8
觀音工業區	79.3	88.5	77.8	105.6
彰濱工業區	187.9	72.1	88.2	93.7
大發工業區	191.0	150.3	74.6	95.2
臨海工業區	252.6	-	532.4	103.7
龍德工業區	-	270.8	284.2	-
臺北市區	34.1	40.5	37.8	26.9

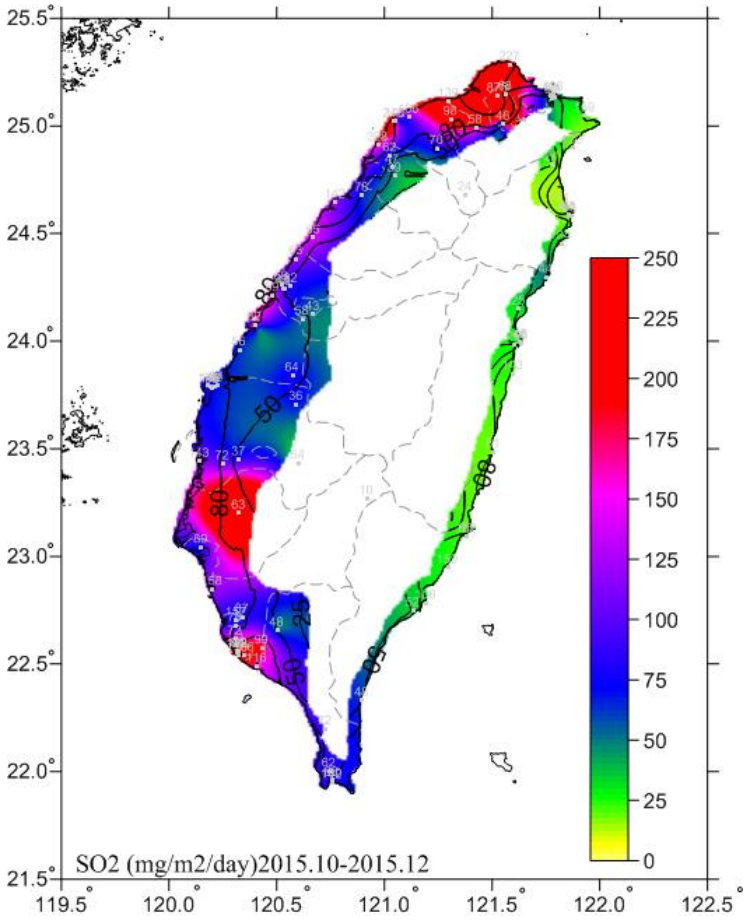


圖 3.6　2015.10-2015.12 二氧化硫沉積速率

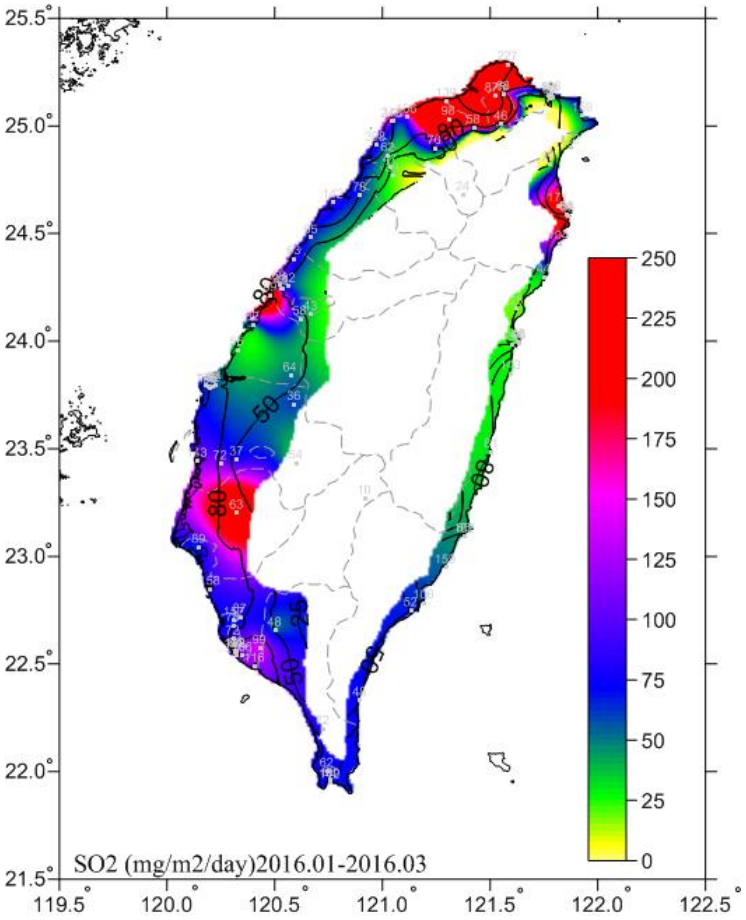


圖 3.7　2016.01-2016.03 二氧化硫沉積速率

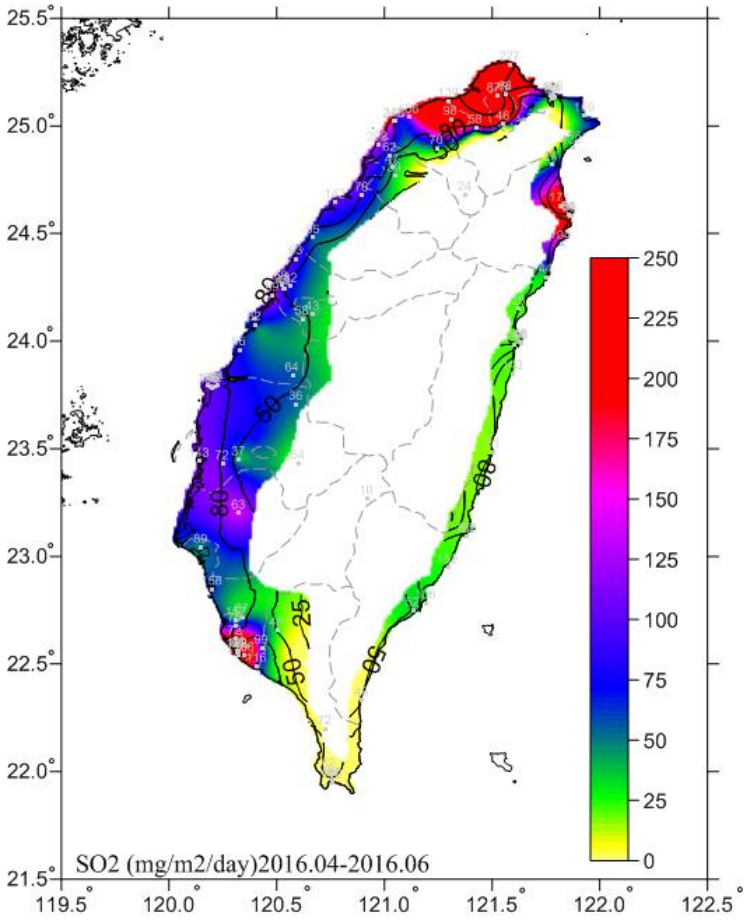


圖 3.8　2016.04-2016.06 二氧化硫沉積速率

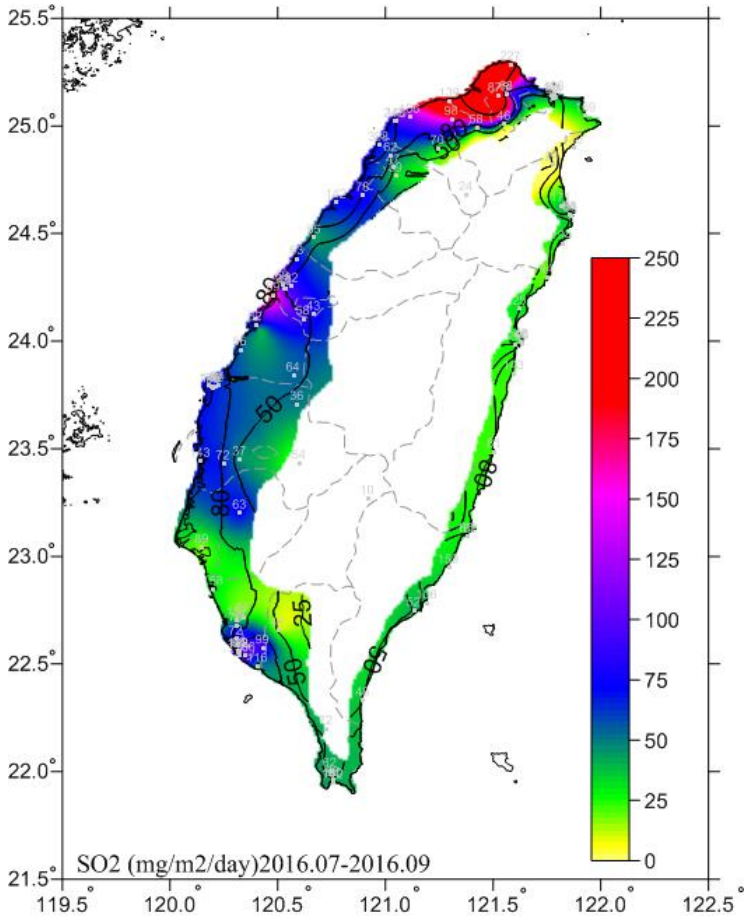


圖 3.9　2016.07-2016.09 二氧化硫沉積速率

3.3 濕潤時間百分比

表 3-4 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)。若測點所在位置無氣象站，則以鄰近的氣象站資料推估，選用氣象站的名稱如表中括號內所示。圖 3.10 至圖 3.13 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 2015.10-2015.12(秋季),濕潤時間百分比(%)介於陽明山國家公園 64.7% 及金門水頭商港 11.6%之間，其餘介於 55.9%至 14.6%之間，依序分別為龍德工業區、蘇澳港試驗線、南澳安檢所、東北角風景管理處、斗六工業區、朴子工業區、高鐵嘉義站、台塑六輕試驗線等地區。

第二次調查期間 2016.01-2016.03 (冬季)，濕潤時間百分比介於陽明山國家公園 78.8%及核三廠試驗線 19.8%之間，其餘介於 61.6%至 21.4%之間。依序分別為斗六工業區、臺中港試驗線 300m、高鐵嘉義站、竹南工業區、頭份工業區、工研院、新竹漁港等。

第三次調查期間 2016.04-2016.06 (春季)，濕潤時間百分比介於陽明山國家公園 80.0%及高雄港試驗線周邊 28.8%之間，其餘依序介於 72.2%至 29.1%之間分別為金門水頭商港、基隆試驗線、和平工業區、太魯閣國家公園、美崙工業區、花蓮港試驗線、橄仔樹安檢所、石梯安檢所等。

第四次調查期間 2016.07-2016.09(夏季),濕潤時間百分比介於阿里山 81.9%及臺北市區 15.8%之間，其餘介依序於 63.2%至 16.1%之間則有金門水頭商港、陽明山、核三廠試驗線、朴子工業區、高鐵嘉義站、斗六工業區、台塑六輕試驗線、美崙工業區、花蓮港試驗線。

表 3-4 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	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
1	基隆試驗線 0m	42.6	51.6	67.0	33.9
2	基隆試驗線 100m	42.6	51.6	67.0	33.9
3	基隆試驗線 1Km	42.7	51.6	67.0	33.9
4	梗枋安檢所	47.6	54.9	60.6	35.9
5	龍德工業區	55.9	53.5	56.4	38.8
6	蘇澳港試驗線 0m	55.9	53.5	56.4	38.8
7	蘇澳港試驗線 100m	55.9	53.5	56.4	38.8
8	蘇澳港試驗線 300m	55.9	53.5	56.4	38.8
9	南澳安檢所	55.9	53.5	56.4	38.8
10	和平工業區	47.0	48.9	65.1	54.1
11	太魯閣國家公園	47.0	48.9	65.1	54.1
12	美崙工業區	47.0	48.0	65.0	54.7
13	花蓮港試驗線 0m	47.0	48.0	65.0	54.7
14	花蓮港試驗線 100m	47.0	48.0	65.0	54.7
15	花蓮港試驗線 500m	47.0	48.0	65.0	54.7
16	橄仔樹安檢所	47.0	48.0	65.0	54.7
17	石梯安檢所	47.0	48.0	65.0	54.7
18	成功試驗線 0m	44.4	36.6	62.3	46.7
19	金樽安檢所	44.4	36.6	62.3	46.7
20	伽蘭安檢所	40.9	39.2	54.7	40.1
21	豐樂工業區	40.9	38.9	54.7	40.4
22	尚武安檢所	40.9	21.4	39.0	37.0
23	核三廠試驗線 0m	20.1	19.8	45.4	58.2
24	核三廠試驗線 100m	20.1	19.8	45.4	58.2
25	核三廠試驗線 300m	20.1	19.8	45.4	58.2
26	核三廠試驗線 1Km	20.1	19.8	45.4	58.2
27	屏東工業區	16.3	22.1	29.1	37.8
28	中油林園廠	16.3	22.1	29.1	37.8
29	臨海工業區	16.3	22.1	28.8	38.1
30	鳳山工業區	16.3	22.1	28.8	38.5

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
31	大發工業區	16.3	22.1	29.1	37.8
32	高雄港試驗線 0m	16.3	22.1	28.8	38.1
33	高雄港試驗線 50m	16.3	22.1	28.8	38.1
34	高雄港試驗線 300m	16.3	22.1	28.8	38.1
35	高雄港試驗線 500m	16.3	22.1	28.8	38.1
36	高雄港試驗線 800m	16.3	22.1	28.8	38.1
37	高鐵左營站	16.3	24.3	29.8	35.2
38	高雄煉油廠	16.3	22.6	29.1	37.8
39	永安工業區	16.3	22.6	29.1	37.7
40	興達火力電廠	16.3	22.6	29.1	37.7
41	安平工業區	36.3	46.4	38.7	34.9
42	成大水工所	36.3	46.4	38.7	34.9
43	官田工業區	34.1	43.3	42.9	32.3
44	東石安檢所	42.0	50.1	40.1	42.6
45	朴子工業區	48.2	59.1	57.3	56.0
46	高鐵嘉義站	48.2	60.7	55.5	55.4
47	斗六工業區	51.0	61.6	55.5	55.2
48	台塑六輕試驗線 0m	48.2	59.1	57.3	55.0
49	台塑六輕試驗線 300m	48.2	59.1	57.3	55.0
50	台塑六輕試驗線 800m	48.2	59.1	57.3	55.0
51	台塑六輕試驗線 2Km	48.2	59.1	57.3	55.0
52	台塑六輕試驗線 3Km	48.2	59.1	57.3	55.0
53	王功安檢所	46.7	58.9	56.7	29.3
54	彰濱工業區	46.7	58.9	56.7	29.3
55	田中工業區	15.7	41.5	32.2	35.4
56	南崗工業區	14.6	41.5	33.0	35.6
57	大里工業區	14.6	41.5	33.0	35.6
58	高鐵臺中站	15.0	42.7	35.3	35.2
59	臺中工業區	14.6	41.5	33.0	35.6
60	關連工業區	38.5	57.6	57.8	29.4
61	臺中火力電廠	40.4	58.9	56.7	29.3
62	臺中港試驗線 0m	38.5	58.9	56.7	28.6
63	臺中港試驗線 300m	37.3	61.0	59.4	33.2

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
64	臺中港試驗線 2Km	41.4	58.6	57.8	29.4
65	五甲安檢所	37.7	58.9	57.1	29.0
66	通霄火力電廠	37.7	58.9	57.1	29.0
67	外埔安檢所	37.7	58.9	57.1	29.0
68	竹南工業區	31.3	60.0	38.5	25.3
69	頭份工業區	31.3	60.0	38.5	25.3
70	工研院	31.3	60.0	38.5	25.3
71	新竹工業區	30.9	59.2	37.2	24.5
72	平鎮工業區	25.5	55.4	46.2	24.0
73	桃園試驗線 100m	25.5	57.0	45.2	24.2
74	桃園試驗線 500m	25.5	52.5	59.3	24.3
75	桃園試驗線 2Km	25.5	52.5	59.3	24.3
76	樹林工業區(服務中心)	37.0	58.9	31.8	16.1
77	臺北市區	37.0	58.5	32.3	15.8
78	陽明山國家公園	64.7	78.8	80.0	62.2
79	陽明山硫磺區	64.7	78.8	80.0	62.2
80	北橫巴陵	37.0	58.8	31.8	16.1
81	阿里山	41.2	47.8	57.5	81.9
82	東北角風景管理處	51.6	51.6	60.6	49.1
83	臺北港監測站	26.4	52.0	60.0	24.7
84	平鎮工業區(服務中心)	25.1	55.4	46.2	24.0
85	觀音工業區(服務中心)	25.1	52.5	59.3	24.3
86	永安安檢所	25.1	52.5	59.3	24.3
87	新竹漁港	31.3	60.0	38.5	26.0
88	金門水頭商港	11.6	31.8	72.2	63.2
89	高雄港#39				38.1
90	高雄港#75				38.1
91	馬祖				24.6
92	澎湖				19.5

註：高雄港#39、高雄港#75、馬祖、澎湖為新增試驗點

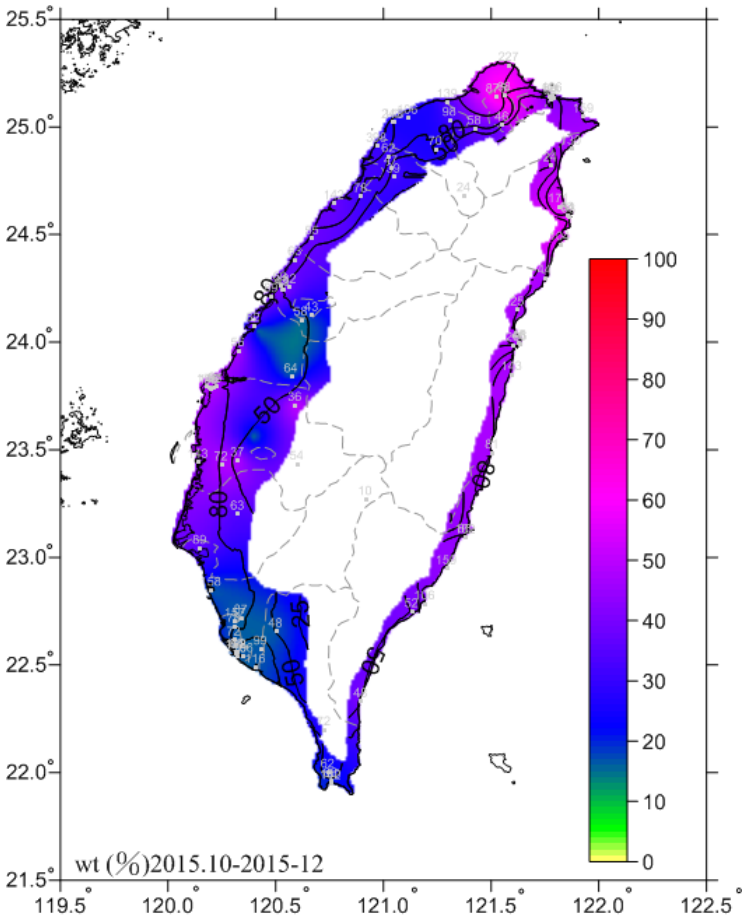


圖 3.10　2015.10-2015.12 濕潤時間百分比

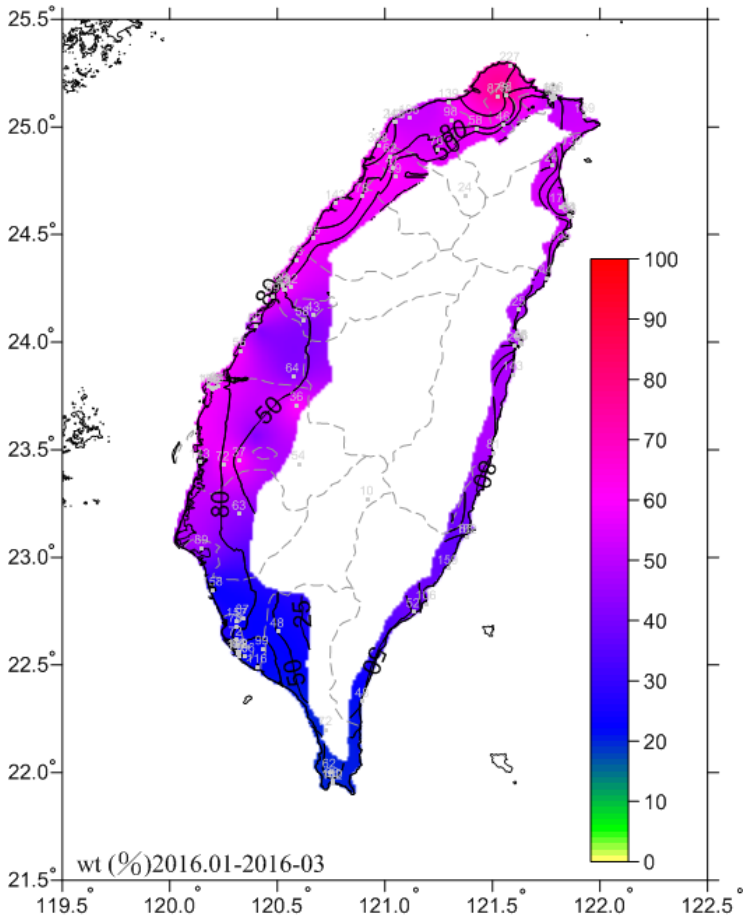


圖 3.11　2016.01-2016.03 濕潤時間百分比

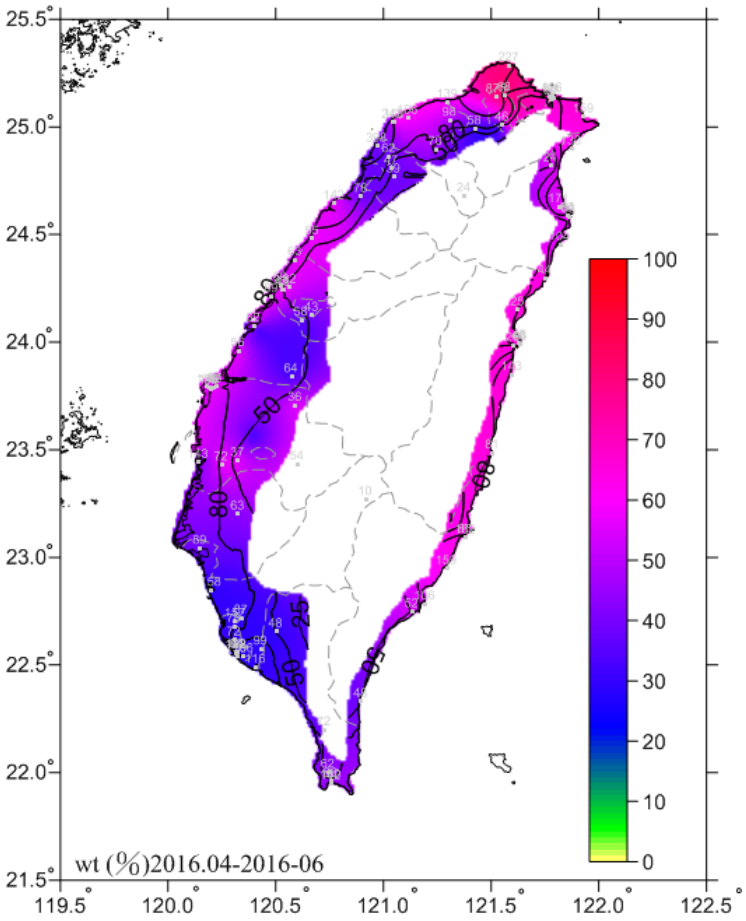


圖 3.12　2016.04-2016.06 濕潤時間百分比

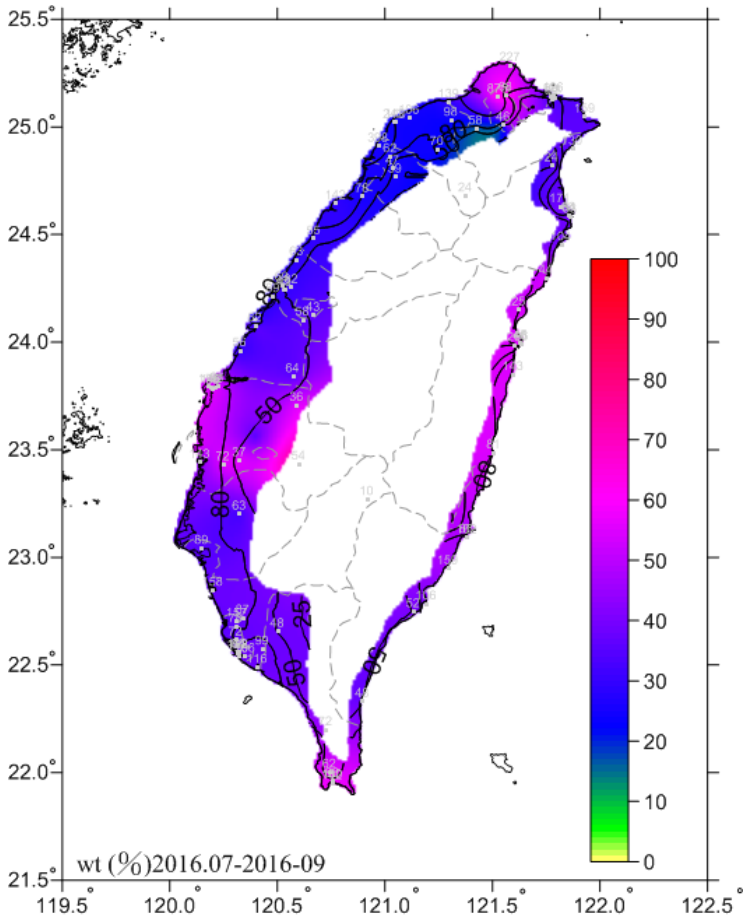


圖 3.13　2016.07-2016.09 濕潤時間百分比

3.4 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 3-5 至表 3-8 所示。

第一次調查期間 2015.10-2015.12，秋季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 21.4 μm/yr (北橫巴陵)至 532.2μm/yr (陽明山硫磺區)之間；其他依序以 490.5 μm/yr(台塑六輕試驗線 300m)、及 458.8 μm/yr (台塑六輕試驗線 2Km)、457.9 μm/yr(台塑六輕試驗線 0m)試片腐蝕速率較大。針對鋅金屬介於 5.7μm/yr (高鐵臺中站)至 74.9 μm/yr (台塑六輕試驗線 0m)之間；銅金屬介於 4.5 μm/yr (大里工業區)至 79.1 μm/yr (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 1.3 (阿里山)至 66.3 g/m^2/yr (台塑六輕試驗線 300m)之間。

第二次調查期間 2016.01-2016.03，冬季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 19.3 μm/yr(北橫巴陵)至 580.3 μm/yr(基隆港試驗線 100m)之間；鋅金屬介於 1.6 μm/yr (臺北港監測站)至 21.5 μm/yr(彰濱工業區)之間；銅金屬介於 1.9 μm/yr (臺中工業區)至 91.0 μm/yr (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 1.6 g/m^2/yr (高鐵左營站)至 50.8 g/m^2/yr(台塑六輕試驗線 300m)之間。

第三次調查期間 2016.04-2016.06，春季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 17.7 μm/yr(阿里山)至 881.7 μm/yr(陽明山硫磺區)之間；鋅金屬介於 4.3 μm/yr(豐樂工業區)至 30.3 μm/yr(桃園試驗線 100m)之間；銅金屬介於 1.0μm/yr(北橫巴陵)至 118.8 μm/yr (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 0.2 g/m^2/yr(阿里山)至 46.6 g/m^2/yr(陽明山硫磺區)之間。

第四次調查期間 2016.07-2016.09，夏季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 13.7 μm/yr(北橫巴陵)至 860.7 μm/yr(陽明山硫磺區)之間；鋅金屬介於 1.5 m/yr (台北市區)至 51.3 μm/yr(陽明山硫磺區)之間；銅金屬介於 0.9 μm/yr(北橫巴陵)至 98.6μm/yr (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 0.1 g/m^2/yr (高雄煉油廠)至 34.4 g/m^2/yr (陽明山硫磺區)之間。

表 3-5 碳鋼金屬之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
1	基隆港試驗線 0m	227.4	254.5	249.6	82.2
2	基隆港試驗線 100m	417.2	580.3	364.9	140.7
3	基隆港試驗線 1Km	172.3	225.2	180.5	88.4
4	梗枋安檢所	285.2	180.5	128.3	176.2
5	龍德工業區	208.5	179.9	137.8	145.9
6	蘇澳港試驗線 0m	152.1	117.7	84.7	89.0
7	蘇澳港試驗線 100m	292.7	118.4	93.3	155.2
8	蘇澳港試驗線 300m	175.6	121.9	77.6	75.8
9	南澳安檢所	200.5	129.2	83.8	191.7
10	和平工業區	79.9	57.4	63.2	60.6
11	太魯閣國家公園管理處	77.3	57.4	56.1	59.8
12	美崙工業區	159.7	206.5	96.3	63.9
13	花蓮港試驗線 0m	259.1	350.4	199.5	169.1
14	花蓮港試驗線 100m	127.1	162.6	98.4	80.7
15	花蓮港試驗線 500m	117.2	143.1	84.4	80.6
16	橄仔樹安檢所	200.1	282.2	212.5	160.9
17	石梯安檢所	148.4	155.2	138.9	112.6
18	新港安檢所(成功)	233.5	-	128.2	158.6
19	金樽安檢所(東河)	158.2	161.0	133.3	172.8
20	伽蘭安檢所(富岡)	190.5	133.0	111.3	147.0
21	豐樂工業區	59.5	64.8	54.7	82.8
22	尚武安檢所	194.9	182.9	79.6	97.0
23	核三廠試驗線 0m	103.3	114.2	71.6	-
24	核三廠試驗線 100m	80.6	107.2	62.9	-
25	核三廠試驗線 300m	115.0	130.9	70.5	102.1
26	核三廠試驗線 1Km	73.1	86.3	60.8	104.6
27	屏東工業區	52.7	44.0	39.8	64.2
28	中油林園廠	84.7	74.3	85.4	129.3
29	臨海工業區	110.9	92.9	93.4	136.0
30	鳳山工業區	80.3	61.4	63.4	99.9
31	大發工業區	111.7	70.1	79.8	120.0
32	高雄港試驗線 0m	90.0	87.7	109.6	151.7

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
33	高雄港試驗線 50m	86.7	119.7	101.9	126.8
34	高雄港試驗線 300m	115.4	134.4	100.5	138.7
35	高雄港試驗線 500m	101.3	82.8	75.1	114.3
36	高雄港試驗線 800m	72.0	64.2	70.8	107.0
37	高鐵左營站	61.8	75.1	61.6	73.9
38	高雄煉油廠	87.5	54.5	58.2	77.0
39	永安工業區	116.7	87.3	90.1	98.6
40	興達火力電廠	143.3	106.0	102.8	135.4
41	安平工業區	109.2	90.3	76.9	100.4
42	成大水工所	100.7	86.2	57.5	84.5
43	官田工業區	117.1	131.0	140.5	62.3
44	東石安檢所	140.8	180.4	108.5	122.1
45	朴子工業區	122.5	208.3	114.8	112.3
46	高鐵嘉義站	78.7	107.6	54.4	60.7
47	斗六工業區	50.6	70.3	49.8	38.9
48	台塑六輕試驗線 0m	457.9	414.1	217.7	198.4
49	台塑六輕試驗線 300m	490.5	506.2	199.0	186.4
50	台塑六輕試驗線 800m	379.3	374.5	163.2	158.4
51	台塑六輕試驗線 2Km	458.8	254.5	152.8	145.6
52	台塑六輕試驗線 3Km	253.6	183.8	113.8	113.7
53	王功安檢所	439.7	493.9	302.0	174.4
54	彰濱工業區	372.4	387.8	165.6	109.4
55	田中工業區	68.7	65.8	78.1	58.9
56	南崗工業區	59.3	60.8	62.5	62.1
57	大里工業區	47.8	50.6	40.6	42.9
58	高鐵臺中站	61.6	83.9	45.5	47.9
59	臺中工業區	106.4	97.6	-	80.7
60	關聯工業區	-	152.8	141.9	82.9
61	臺中火力電廠	216.0	305.2	146.9	123.9
62	臺中港試驗線 0m	151.1	192.4	103.1	88.9
63	臺中港試驗線 300m	257.7	-	109.1	71.1
64	臺中港試驗線 2Km	139.7	142.6	120.5	64.2
65	五甲安檢所	293.8	-	156.3	106.2
66	通霄火力電廠	239.0	233.0	153.2	101.3
67	外埔安檢所	346.7	532.4	203.3	147.9
68	竹南工業區	138.7	167.4	127.4	84.6

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
69	頭份工業區	90.6	111.0	77.9	57.0
70	工研院	88.3	93.1	67.2	47.4
71	新竹工業區	97.3	119.2	81.6	53.4
72	平鎮工業區	132.7	161.9	100.5	71.7
73	桃園試驗線 100m	408.3	531.3	364.1	246.8
74	桃園試驗線 500m	212.7	332.1	203.8	350.4
75	桃園試驗線 2Km	227.2	347.4	171.9	113.9
76	樹林工業區(服務中心)	68.7	109.7	142.9	67.4
77	臺北市	114.8	136.5	-	50.6
78	陽明山國家公園管理處	232.1	211.2	231.9	104.2
79	陽明山硫磺區	532.2	394.6	881.7	860.7
80	北橫巴陵	21.4	19.3	22.0	13.7
81	阿里山	40.2	52.2	17.7	25.5
82	東北角風景管理處	350.8	306.9	125.0	143.5
83	臺北港監測站	106.4	220.2	150.6	46.9
84	平鎮工業區(服務中心)	129.9	230.1	105.2	106.8
85	觀音工業區(服務中心)	258.4	319.2	164.5	91.8
86	永安安檢所	224.6	395.3	242.9	187.2
87	新竹漁港	334.3	467.5	357.9	-
88	金門水頭商港	142.3	88.0	168.4	123.9
89	高雄港#39				118.8
90	高雄港#75				133.2

註 1： - 表示試片遺失

註 2：高雄港#39、高雄港#75 為新增試驗點

表 3-6 鋅金屬之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
1	基隆港試驗線 0m	30.9	19.7	12.7	11.8
2	基隆港試驗線 100m	36.9	14.0	8.3	9.2
3	基隆港試驗線 1Km	33.9	10.7	15.2	9.4
4	梗枋安檢所	33.2	13.8	10.0	11.1
5	龍德工業區	18.3	7.3	7.1	8.0
6	蘇澳港試驗線 0m	21.2	8.7	6.2	8.5
7	蘇澳港試驗線 100m	24.6	8.2	4.7	11.3
8	蘇澳港試驗線 300m	15.8	9.2	6.4	12.8
9	南澳安檢所	14.2	7.7	9.0	11.4
10	和平工業區	20.4	4.6	8.8	6.9
11	太魯閣國家公園管理處	16.4	6.7	6.2	7.6
12	美崙工業區	12.1	8.1	6.4	7.4
13	花蓮港試驗線 0m	26.6	16.6	10.9	9.6
14	花蓮港試驗線 100m	27.0	9.2	7.2	9.9
15	花蓮港試驗線 500m	23.2	12.0	9.9	11.6
16	橄仔樹安檢所	37.8	12.9	13.6	10.9
17	石梯安檢所	29.2	6.8	7.0	11.2
18	新港安檢所(成功)	23.2	9.0	10.6	14.4
19	金樽安檢所(東河)	28.0	13.5	12.7	15.4
20	伽蘭安檢所(富岡)	41.8	14.7	11.1	10.6
21	豐樂工業區	21.4	5.9	4.3	8.3
22	尚武安檢所	17.6	16.2	6.8	7.6
23	核三廠試驗線 0m	16.5	13.0	5.8	8.8
24	核三廠試驗線 100m	14.1	11.1	4.4	13.8
25	核三廠試驗線 300m	19.5	12.3	7.4	8.6
26	核三廠試驗線 1Km	21.9	8.3	6.2	8.8
27	屏東工業區	11.7	5.6	4.7	7.2
28	中油林園廠	15.5	6.2	5.4	10.3
29	臨海工業區	14.2	7.5	6.4	6.1
30	鳳山工業區	14.4	4.0	5.4	6.7
31	大發工業區	14.0	4.0	5.5	6.7
32	高雄港試驗線 0m	15.9	6.7	4.8	18.8
33	高雄港試驗線 50m	24.0	5.7	5.9	10.5

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
34	高雄港試驗線 300m	21.1	7.8	6.9	6.2
35	高雄港試驗線 500m	13.8	5.4	5.9	9.2
36	高雄港試驗線 800m	17.7	6.6	8.2	6.7
37	高鐵左營站	28.2	6.3	6.3	4.9
38	高雄煉油廠	18.8	6.4	7.7	8.3
39	永安工業區	20.8	6.0	8.5	8.4
40	興達火力電廠	21.0	8.5	8.2	6.7
41	安平工業區	14.9	11.3	7.3	13.1
42	成大水工所	24.0	7.1	7.8	5.5
43	官田工業區	23.9	9.4	8.7	9.3
44	東石安檢所	25.0	11.5	6.2	11.6
45	朴子工業區	21.1	8.7	11.5	9.1
46	高鐵嘉義站	8.7	10.5	5.8	7.8
47	斗六工業區	24.4	7.7	7.1	4.2
48	台塑六輕試驗線 0m	74.9	7.8	11.7	12.8
49	台塑六輕試驗線 300m	29.9	11.0	10.9	9.7
50	台塑六輕試驗線 800m	65.4	18.6	9.1	8.2
51	台塑六輕試驗線 2Km	27.2	15.3	10.2	7.3
52	台塑六輕試驗線 3Km	38.8	6.6	10.1	7.4
53	王功安檢所	55.6	20.1	15.4	5.2
54	彰濱工業區	46.2	21.5	7.8	8.3
55	田中工業區	37.1	6.9	-	5.0
56	南崗工業區	11.8	7.4	8.7	6.9
57	大里工業區	12.6	7.9	8.9	7.0
58	高鐵臺中站	5.7	8.9	6.6	5.9
59	臺中工業區	8.3	8.8	10.2	6.0
60	關聯工業區	-	11.6	6.4	5.7
61	臺中火力電廠	29.9	10.8	6.5	12.5
62	臺中港試驗線 0m	36.9	17.3	20.2	7.3
63	臺中港試驗線 300m	22.4	11.3	10.3	8.0
64	臺中港試驗線 2Km	31.6	8.5	9.3	10.1
65	五甲安檢所	37.4	11.1	10.5	10.5
66	通霄火力電廠	34.3	11.0	13.1	13.8
67	外埔安檢所	27.7	19.3	16.1	19.3
68	竹南工業區	14.6	8.0	9.4	7.6

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
69	頭份工業區	19.7	10.6	8.1	7.7
70	工研院	13.1	6.4	9.1	9.1
71	新竹工業區	13.2	6.5	9.3	7.5
72	平鎮工業區	9.4	7.3	9.3	8.6
73	桃園試驗線 100m	48.4	18.2	30.3	49.6
74	桃園試驗線 500m	20.1	15.3	14.0	18.1
75	桃園試驗線 2Km	24.4	15.2	9.6	8.9
76	樹林工業區(服務中心)	9.8	3.3	7.8	19.0
77	臺北市	27.2	11.3	12.6	1.5
78	陽明山國家公園管理處	37.0	11.6	13.2	7.3
79	陽明山硫磺區	33.6	12.4	19.7	51.3
80	北橫巴陵	15.4	7.0	6.5	11.1
81	阿里山	20.4	10.2	11.9	7.6
82	東北角風景管理處	28.8	10.2	11.2	10.3
83	臺北港監測站	12.6	1.6	9.6	10.0
84	平鎮工業區(服務中心)	16.3	11.2	8.2	6.6
85	觀音工業區(服務中心)	20.1	11.6	10.4	7.1
86	永安安檢所	27.0	16.5	17.4	26.6
87	新竹漁港	30.3	16.1	26.5	-
88	金門水頭商港	54.8	2.0	8.8	8.3
89	高雄港#39				5.4
90	高雄港#75				8.3

註 1： - 表示試片遺失

註 2：高雄港#39、高雄港#75 為新增試驗點

表 3-7 銅金屬之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
1	基隆港試驗線 0m	19.7	8.7	6.5	6.3
2	基隆港試驗線 100m	25.6	15.6	9.3	9.6
3	基隆港試驗線 1Km	15.1	7.1	4.3	4.9
4	梗枋安檢所	20.1	12.3	15.1	11.7
5	龍德工業區	19.0	14.3	17.6	15.0
6	蘇澳港試驗線 0m	10.7	8.1	6.5	5.6
7	蘇澳港試驗線 100m	21.7	9.4	10.4	-
8	蘇澳港試驗線 300m	9.6	3.4	2.5	2.5
9	南澳安檢所	10.8	7.5	9.0	20.0
10	和平工業區	7.5	3.2	3.2	3.8
11	太魯閣國家公園管理處	7.1	2.6	4.2	4.2
12	美崙工業區	13.4	11.8	6.7	3.1
13	花蓮港試驗線 0m	21.7	23.1	14.7	13.6
14	花蓮港試驗線 100m	10.5	11.0	6.7	6.2
15	花蓮港試驗線 500m	11.2	10.9	6.5	5.6
16	橄仔樹安檢所	17.9	17.5	12.8	18.8
17	石梯安檢所	13.2	10.5	9.0	10.3
18	新港安檢所(成功)	15.9	15.1	15.5	12.9
19	金樽安檢所(東河)	19.2	11.6	15.2	13.2
20	伽蘭安檢所(富岡)	26.9	21.8	27.0	20.5
21	豐樂工業區	6.3	3.1	3.2	3.8
22	尚武安檢所	14.9	13.9	9.7	6.9
23	核三廠試驗線 0m	15.0	18.3	7.8	-
24	核三廠試驗線 100m	12.8	13.3	6.8	9.2
25	核三廠試驗線 300m	12.0	13.6	6.7	7.2
26	核三廠試驗線 1Km	14.6	14.2	5.3	7.8
27	屏東工業區	7.6	2.9	3.5	3.6
28	中油林園廠	8.4	7.3	8.5	6.5
29	臨海工業區	8.5	5.7	6.3	9.5
30	鳳山工業區	9.8	2.8	3.9	4.1
31	大發工業區	9.9	4.0	8.9	7.9
32	高雄港試驗線 0m	9.0	3.8	4.1	5.2
33	高雄港試驗線 50m	10.0	5.9	3.5	5.5

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
34	高雄港試驗線 300m	14.7	7.2	7.8	6.6
35	高雄港試驗線 500m	10.1	2.7	3.9	4.1
36	高雄港試驗線 800m	8.3	2.2	3.0	4.1
37	高鐵左營站	8.6	2.8	4.1	4.0
38	高雄煉油廠	8.5	3.3	4.3	4.2
39	永安工業區	10.6	4.5	7.2	5.8
40	興達火力電廠	16.3	6.7	9.6	12.3
41	安平工業區	13.3	5.1	7.8	6.3
42	成大水工所	13.9	4.6	5.2	6.2
43	官田工業區	20.9	10.5	7.4	5.9
44	東石安檢所	16.3	8.8	8.8	11.2
45	朴子工業區	14.6	8.0	5.3	5.2
46	高鐵嘉義站	9.9	7.5	4.2	4.5
47	斗六工業區	11.8	2.3	3.3	2.8
48	台塑六輕試驗線 0m	32.2	22.7	12.4	16.7
49	台塑六輕試驗線 300m	48.8	26.6	15.6	20.2
50	台塑六輕試驗線 800m	27.1	17.2	11.2	14.2
51	台塑六輕試驗線 2Km	31.2	18.6	10.3	11.3
52	台塑六輕試驗線 3Km	21.1	13.4	11.1	12.7
53	王功安檢所	50.7	24.1	27.2	16.1
54	彰濱工業區	31.8	13.4	9.8	6.9
55	田中工業區	14.1	3.4	3.7	4.4
56	南崗工業區	4.7	2.5	3.0	2.9
57	大里工業區	4.5	2.4	2.8	1.9
58	高鐵臺中站	-	4.2	3.3	4.4
59	臺中工業區	9.2	1.9	4.5	3.6
60	關聯工業區	-	6.0	5.3	3.1
61	臺中火力電廠	26.5	-	6.9	9.2
62	臺中港試驗線 0m	18.6	8.7	6.4	5.8
63	臺中港試驗線 300m	20.4	-	5.2	5.3
64	臺中港試驗線 2Km	24.2	18.8	5.8	4.6
65	五甲安檢所	32.2	15.7	10.0	9.9
66	通霄火力電廠	29.6	9.3	12.4	21.8
67	外埔安檢所	33.0	15.2	13.2	16.4
68	竹南工業區	9.8	5.4	6.7	5.4

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
69	頭份工業區	14.6	5.2	3.6	3.5
70	工研院	10.5	4.9	5.4	4.4
71	新竹工業區	10.5	4.4	4.4	3.7
72	平鎮工業區	7.1	5.6	3.2	3.5
73	桃園試驗線 100m	34.2	23.0	15.1	25.7
74	桃園試驗線 500m	18.1	13.0	8.8	21.1
75	桃園試驗線 2Km	16.4	9.4	6.0	5.0
76	樹林工業區(服務中心)	9.7	2.3	2.7	3.1
77	臺北市	13.7	5.8	4.0	3.8
78	陽明山國家公園管理處	37.8	14.9	27.8	24.2
79	陽明山硫磺區	79.1	91.0	118.8	98.6
80	北橫巴陵	5.0	2.1	1.0	0.9
81	阿里山	11.6	3.2	2.3	1.8
82	東北角風景管理處	15.6	11.5	8.2	13.7
83	臺北港監測站	12.6	7.4	3.6	3.2
84	平鎮工業區(服務中心)	14.1	7.7	5.1	3.6
85	觀音工業區(服務中心)	10.8	10.4	6.0	4.7
86	永安安檢所	19.1	20.7	11.1	25.6
87	新竹漁港	32.1	16.3	17.0	-
88	金門水頭商港	14.4	-	8.3	4.7
89	高雄港#39				49.7
90	高雄港#75				4.2

註 1： - 表示試片遺失

註 2：高雄港#39、高雄港#75 為新增試驗點

表 3-8 鋁金屬之腐蝕速率表

單位：$g/m^2/yr$

項次	試驗地點 \ 試驗期間	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
1	基隆港試驗線 0m	13.4	22.8	7.3	7.1
2	基隆港試驗線 100m	22.0	26.6	13.8	17.1
3	基隆港試驗線 1Km	6.7	9.0	4.0	5.8
4	梗枋安檢所	12.8	12.1	7.4	9.0
5	龍德工業區	11.0	10.3	5.2	11.1
6	蘇澳港試驗線 0m	6.6	10.4	5.6	4.3
7	蘇澳港試驗線 100m	18.5	10.9	6.2	9.6
8	蘇澳港試驗線 300m	3.4	4.8	2.2	5.0
9	南澳安檢所	5.6	8.4	4.3	3.8
10	和平工業區	2.6	4.3	1.1	1.4
11	太魯閣國家公園管理處	1.5	4.1	3.0	1.8
12	美崙工業區	7.2	8.7	4.8	2.0
13	花蓮港試驗線 0m	16.6	19.1	14.2	12.1
14	花蓮港試驗線 100m	8.7	15.0	4.0	7.1
15	花蓮港試驗線 500m	6.2	11.9	5.7	3.1
16	橄仔樹安檢所	8.8	17.2	6.2	10.0
17	石梯安檢所	6.1	10.8	4.4	5.4
18	新港安檢所(成功)	13.0	11.4	11.7	9.6
19	金樽安檢所(東河)	13.8	7.3	10.0	9.8
20	伽蘭安檢所(富岡)	16.8	15.4	6.1	10.2
21	豐樂工業區	2.9	3.7	2.7	4.9
22	尚武安檢所	10.2	8.9	6.0	6.7
23	核三廠試驗線 0m	6.0	7.9	3.8	7.8
24	核三廠試驗線 100m	5.4	5.9	3.0	1.9
25	核三廠試驗線 300m	7.1	7.1	5.2	5.8
26	核三廠試驗線 1Km	4.8	5.5	5.3	5.9
27	屏東工業區	3.2	3.0	1.8	3.8
28	中油林園廠	7.6	5.1	5.2	5.9
29	臨海工業區	12.6	7.9	7.4	7.6
30	鳳山工業區	7.4	3.2	3.0	6.1
31	大發工業區	5.1	2.3	3.1	5.6
32	高雄港試驗線 0m	3.4	4.0	3.6	6.3
33	高雄港試驗線 50m	5.5	5.7	2.9	10.5

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
34	高雄港試驗線 300m	10.9	6.1	7.4	8.3
35	高雄港試驗線 500m	5.3	2.5	3.1	6.0
36	高雄港試驗線 800m	1.9	1.9	2.7	4.4
37	高鐵左營站	3.3	1.6	3.1	2.2
38	高雄煉油廠	4.3	3.2	2.0	0.1
39	永安工業區	8.1	5.5	5.2	6.4
40	興達火力電廠	12.5	7.0	8.1	9.9
41	安平工業區	10.0	5.9	3.5	-
42	成大水工所	7.4	5.1	2.0	1.7
43	官田工業區	3.7	3.8	2.1	5.5
44	東石安檢所	14.0	6.6	8.6	7.7
45	朴子工業區	8.5	12.5	2.7	4.8
46	高鐵嘉義站	6.9	5.5	1.4	3.6
47	斗六工業區	3.4	5.3	2.1	4.8
48	台塑六輕試驗線 0m	30.5	21.3	17.7	22.7
49	台塑六輕試驗線 300m	66.3	50.8	38.9	28.8
50	台塑六輕試驗線 800m	43.8	30.9	17.8	13.3
51	台塑六輕試驗線 2Km	57.2	50.4	14.0	13.5
52	台塑六輕試驗線 3Km	24.2	16.7	4.7	8.3
53	王功安檢所	53.4	42.8	17.5	14.5
54	彰濱工業區	25.5	21.9	11.2	7.7
55	田中工業區	5.1	3.2	2.8	3.6
56	南崗工業區	3.4	3.2	3.5	1.9
57	大里工業區	-	2.7	1.9	3.4
58	高鐵臺中站	5.5	4.3	1.8	4.6
59	臺中工業區	9.5	5.9	5.3	2.9
60	關聯工業區	-	14.8	6.4	3.1
61	臺中火力電廠	35.8	30.8	20.6	9.4
62	臺中港試驗線 0m	-	37.4	28.2	25.5
63	臺中港試驗線 300m	22.7	-	7.1	6.6
64	臺中港試驗線 2Km	18.2	8.3	5.6	5.8
65	五甲安檢所	22.0	19.7	20.9	10.8
66	通霄火力電廠	17.4	13.5	19.7	13.2
67	外埔安檢所	29.3	10.3	27.0	15.3
68	竹南工業區	17.7	14.8	8.6	5.0

項次	試驗期間 試驗地點	2015.10-2015.12	2016.01-2016.03	2016.04-2016.06	2016.07-2016.09
69	頭份工業區	6.8	6.2	2.1	4.2
70	工研院	5.6	5.1	5.0	4.8
71	新竹工業區	4.9	5.1	3.6	4.4
72	平鎮工業區	-	11.7	4.2	5.7
73	桃園試驗線 100m	35.7	34.2	41.9	27.1
74	桃園試驗線 500m	22.4	17.3	17.6	17.3
75	桃園試驗線 2Km	27.5	25.6	16.4	6.8
76	樹林工業區(服務中心)	6.5	11.0	3.9	5.1
77	臺北市	7.0	10.0	4.6	4.4
78	陽明山國家公園管理處	6.0	4.8	3.9	6.3
79	陽明山硫磺區	27.8	30.5	46.6	34.4
80	北橫巴陵	1.4	2.1	3.0	4.8
81	阿里山	1.3	2.3	0.2	3.2
82	東北角風景管理處	10.6	8.8	3.1	8.1
83	臺北港監測站	5.3	7.8	4.5	4.8
84	平鎮工業區(服務中心)	9.1	14.8	6.8	7.0
85	觀音工業區(服務中心)	34.9	30.8	-	7.8
86	永安安檢所	16.4	-	17.9	32.3
87	新竹漁港	30.7	25.4	28.7	-
88	金門水頭商港	13.3	-	7.8	8.6
89	高雄港#39				4.2
90	高雄港#75				-

註 1： - 表示試片遺失

註 2：高雄港#39、高雄港#75 為新增試驗點

3.4.1 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(2015.10-2015.12)、冬季(2016.01-2016.03)、春季(2016.04-2016.06)，夏季(2016.07-2016.09)期間。

(如圖 3.14 至圖 3.17)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。

(如圖 3.18 至圖 3.21)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。

(如圖 3.22 至圖 3.25)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。

(如圖 3.26 至圖 3.29)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。

(如圖 3.30 至圖 3.33)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 4.30) 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 3.31)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 3.32)。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 3.33) 。

(如圖 3.34 至圖 3.37)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。

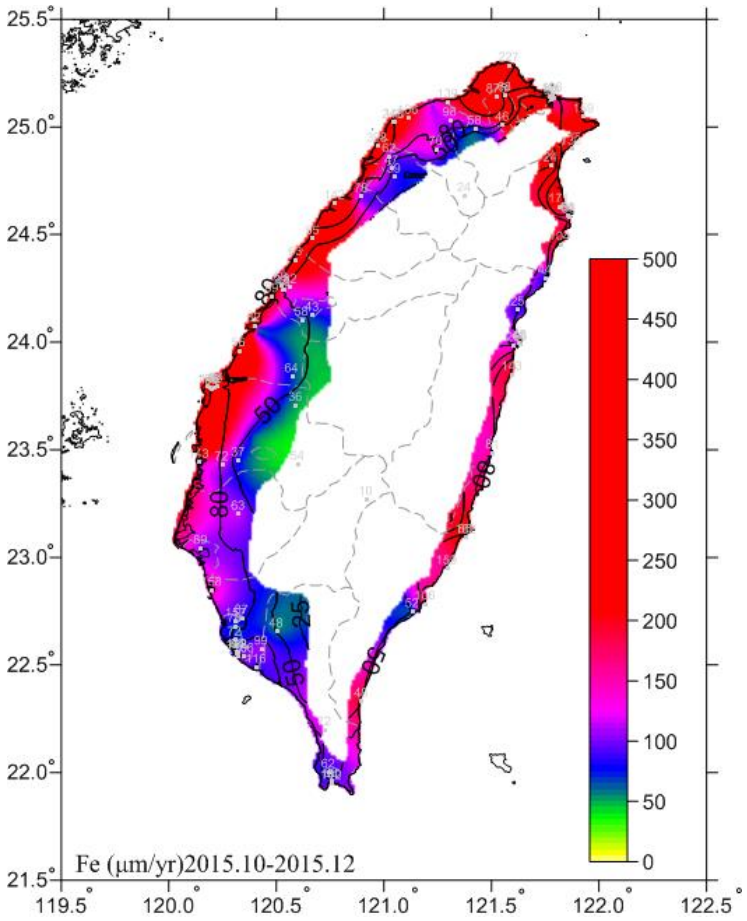


圖 3.14　2015.10-2015.12 碳鋼腐蝕速率

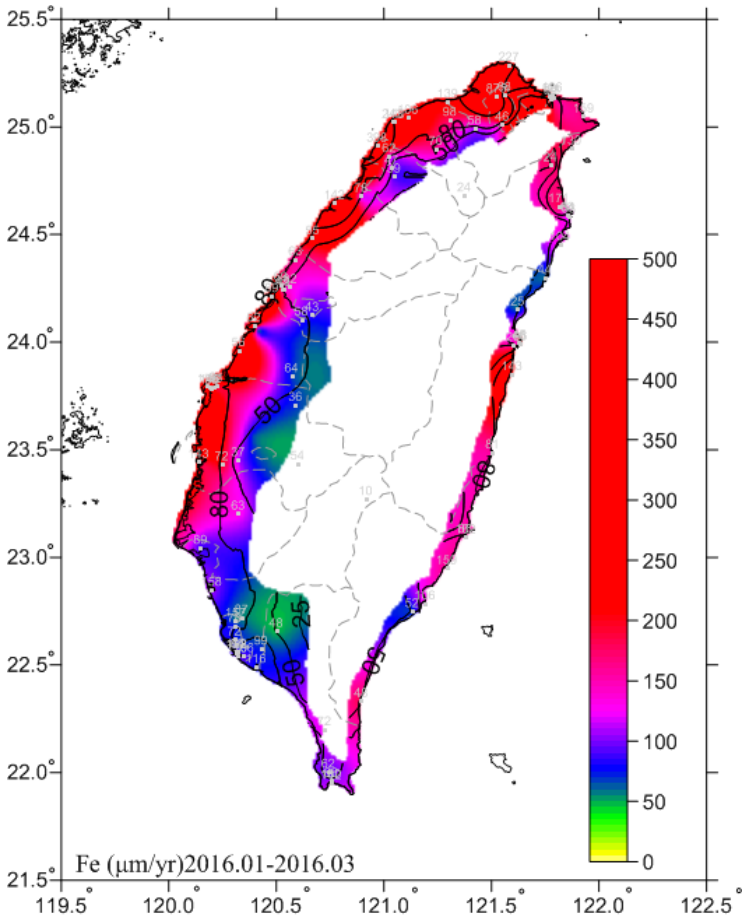


圖 3.15　2016.01-2016.03 碳鋼腐蝕速率

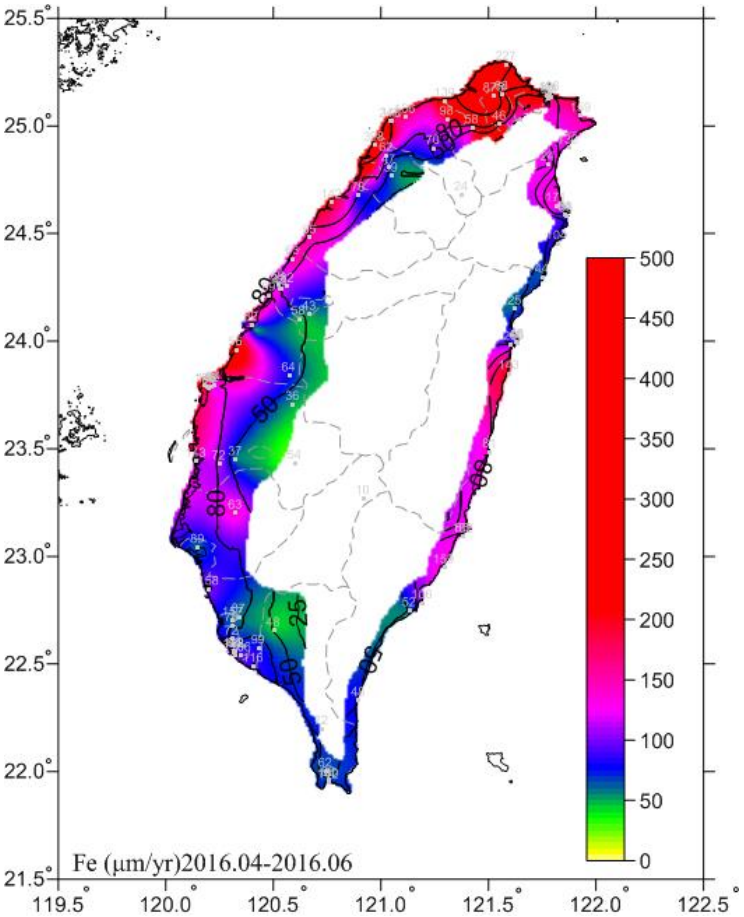


圖 3.16　2016.04-2016.06 碳鋼腐蝕速率

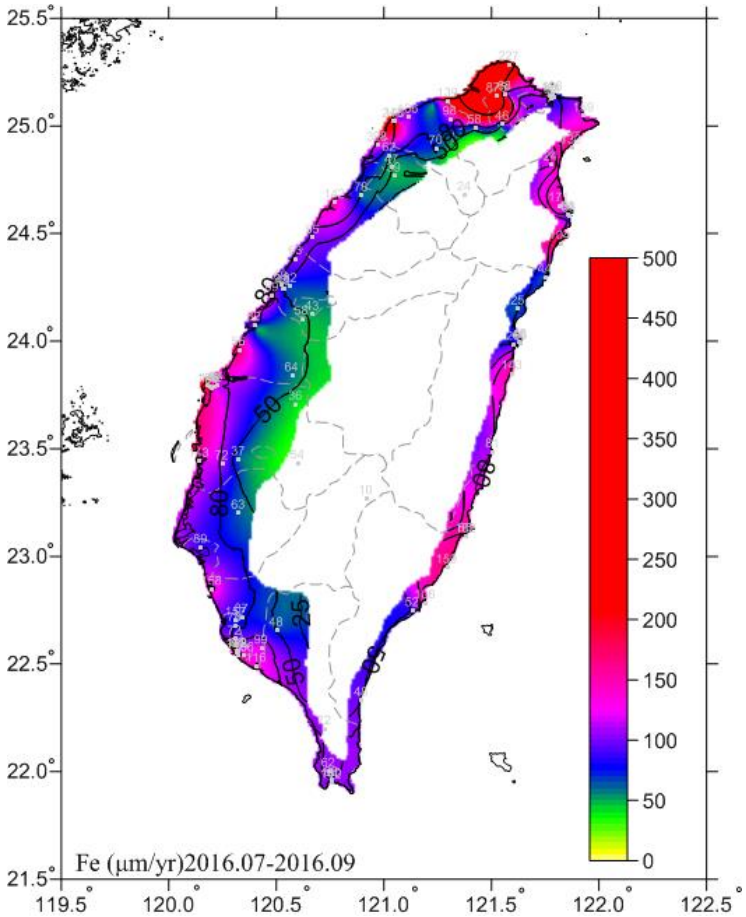


圖 3.17　2016.07-2016.09 碳鋼腐蝕速率

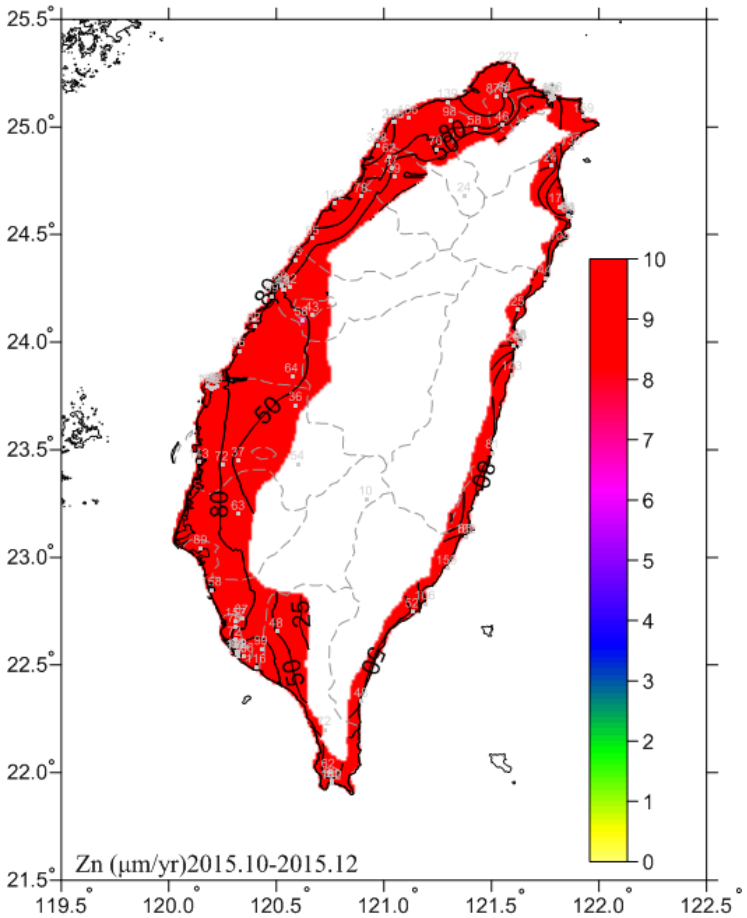


圖 3.18　2015.10-2015.12 鋅腐蝕速率

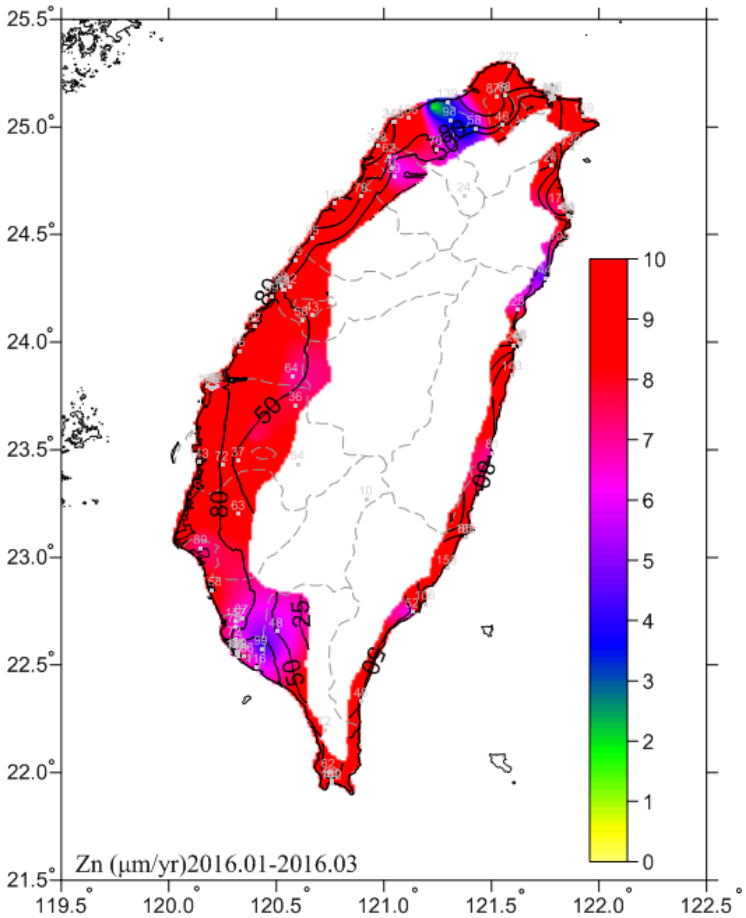


圖 3.19　2016.01-2016.03 鋅腐蝕速率

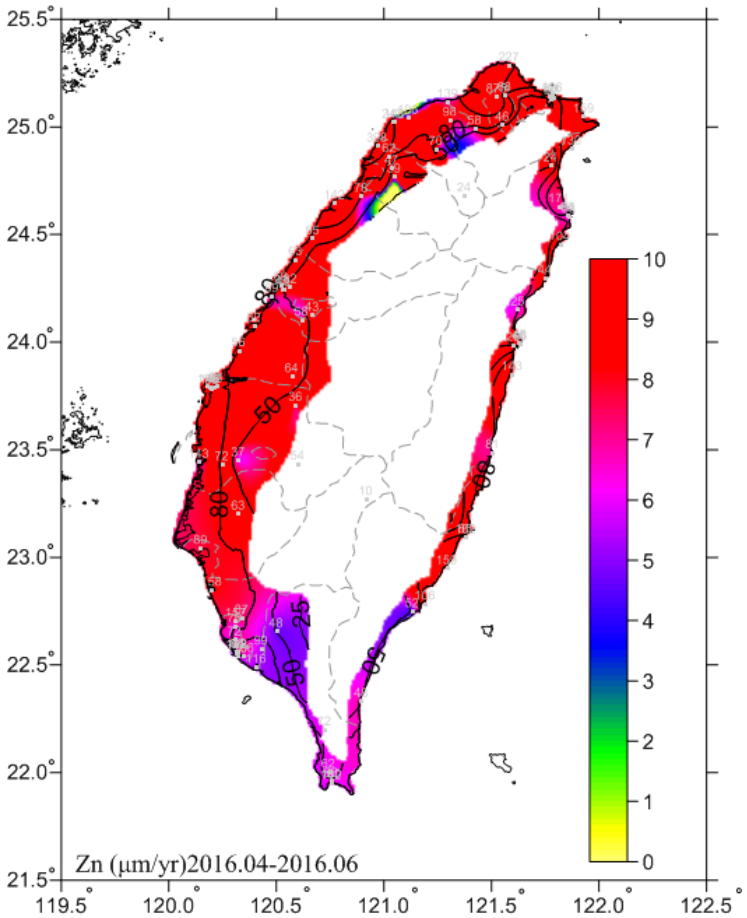


圖 3.20　2016.04-2016.06 鋅腐蝕速率

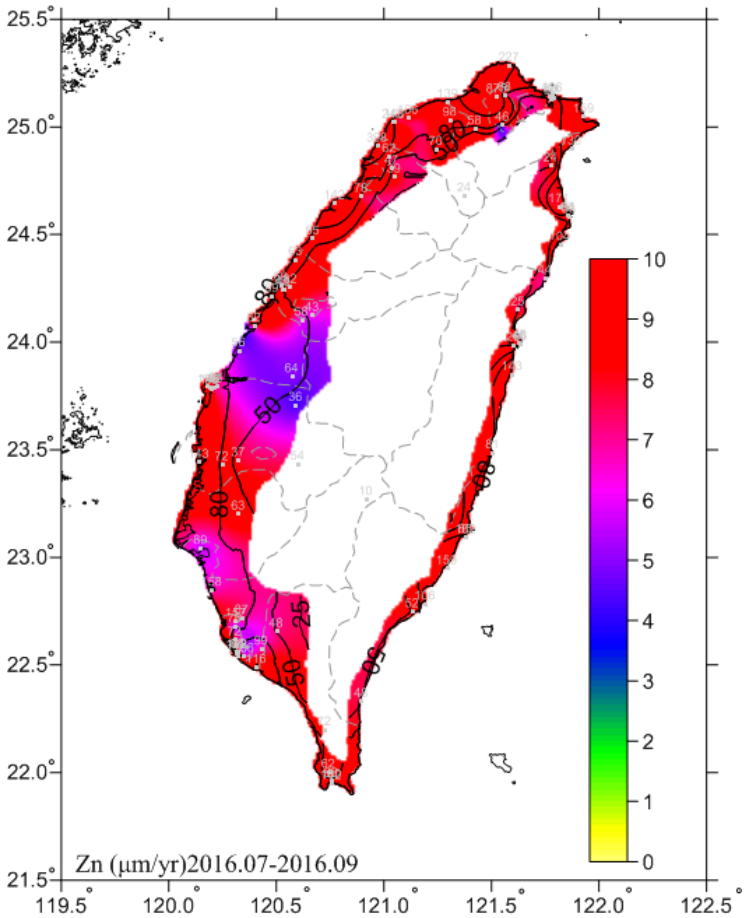


圖 3.21　2016.07-2016.09 鋅腐蝕速率

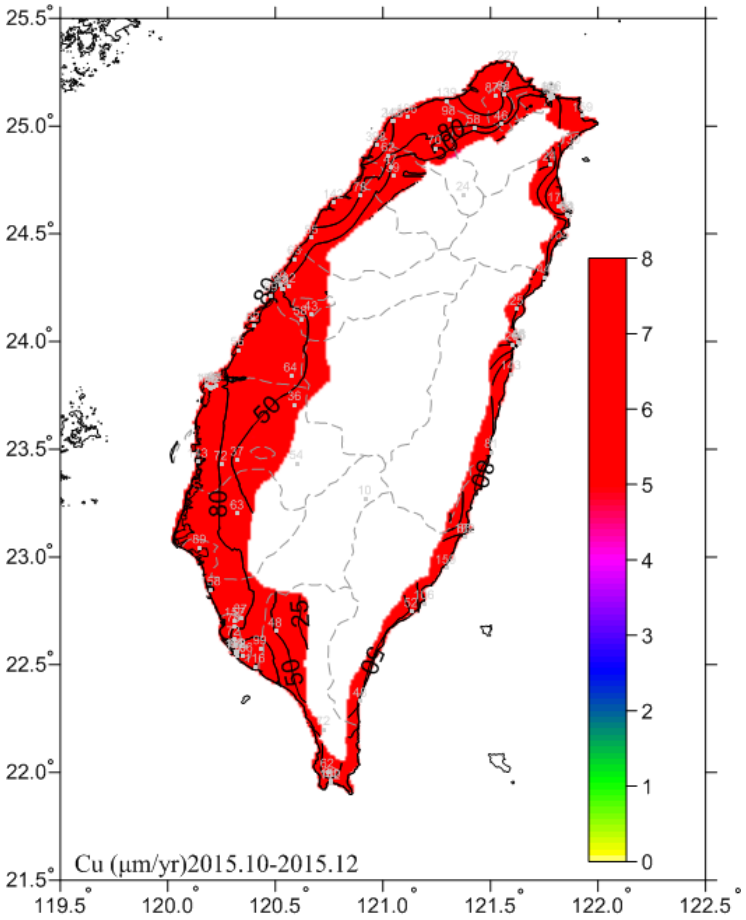


圖 3.22　2015.10-2015.12 銅腐蝕速率

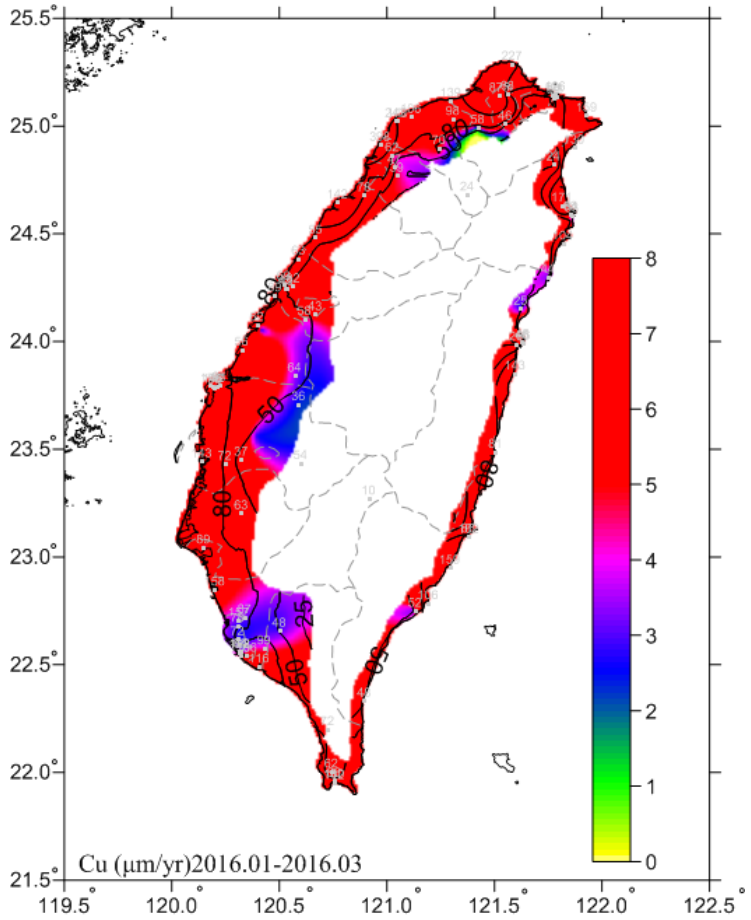


圖 3.23　2016.01-2016.03 銅腐蝕速率

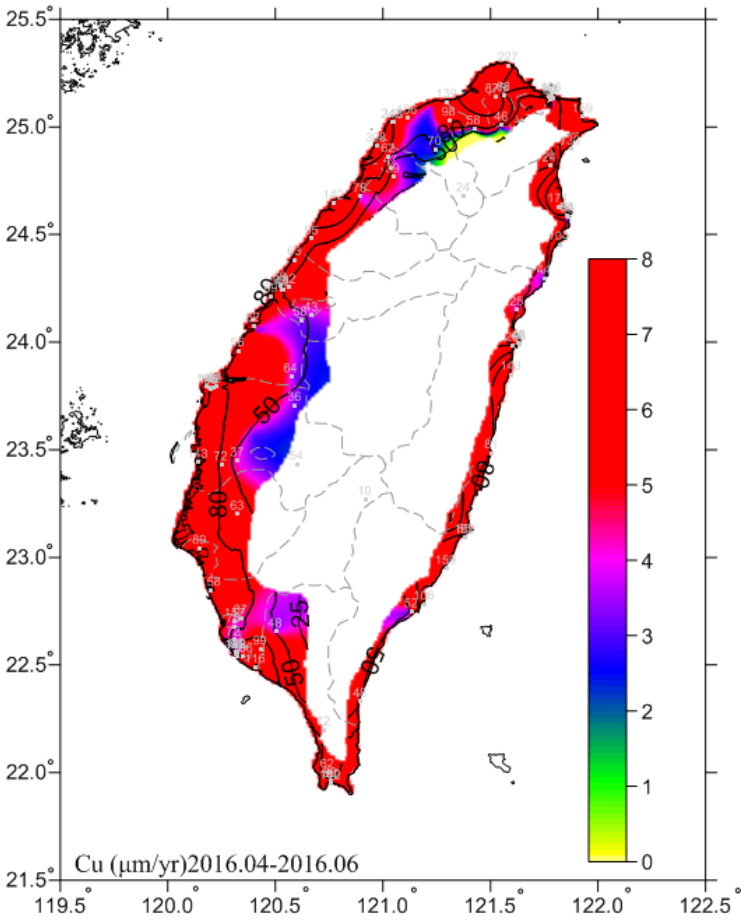


圖 3.24　2016.04-2016.06 銅腐蝕速率

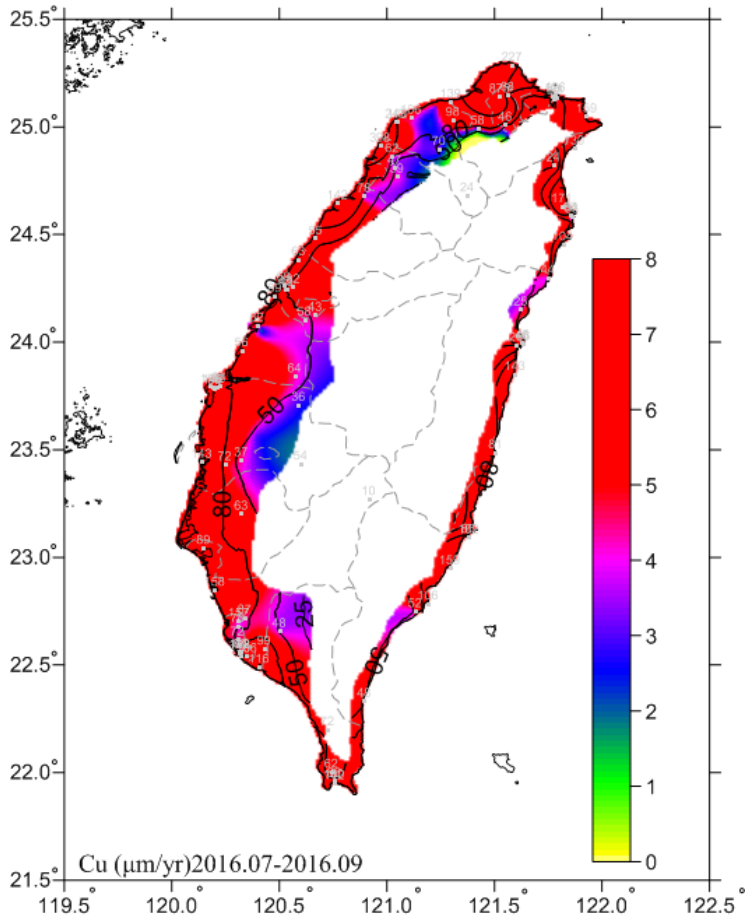


圖 3.25　2016.07-2016.09 銅腐蝕速率

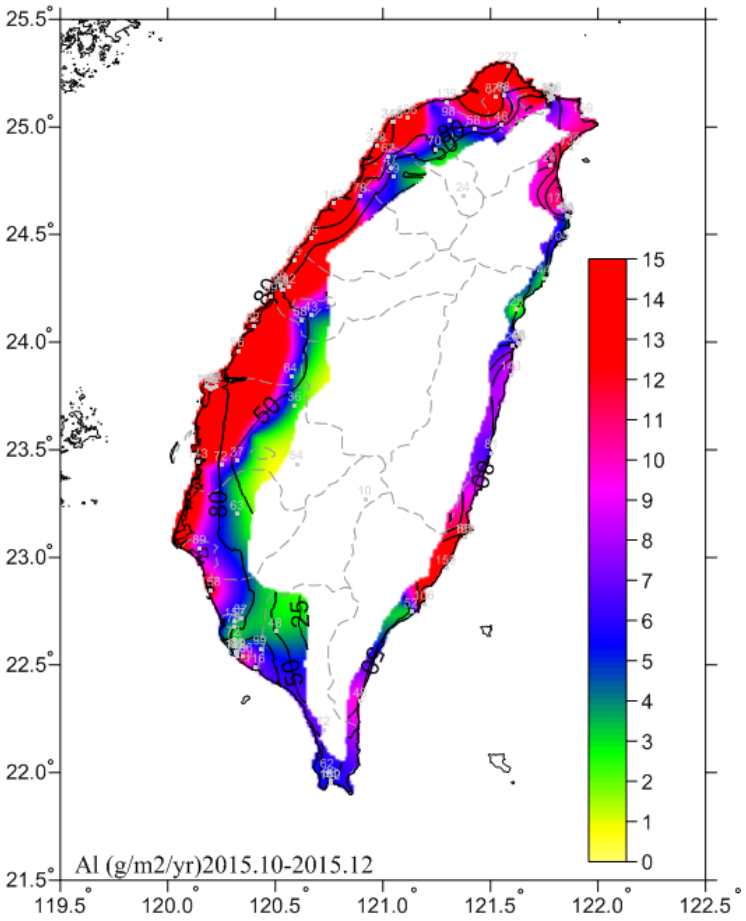


圖 3.26　2015.10-2015.12 鋁腐蝕速率

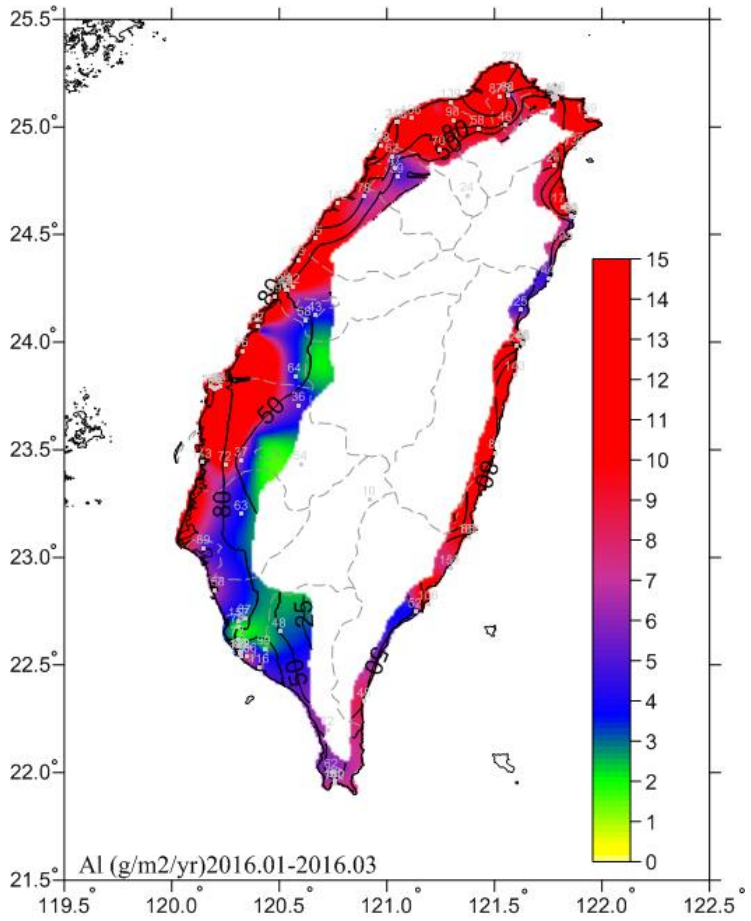


圖 3.27　2016.01-2016.03 鋁腐蝕速率

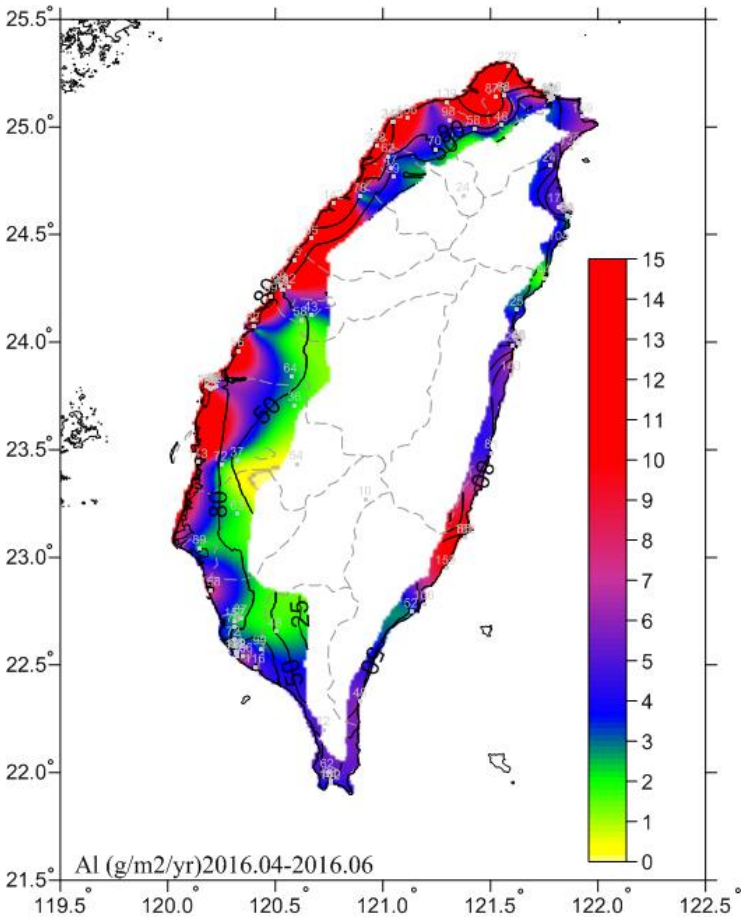


圖 3.28　2016.04-2016.06 鋁腐蝕速率

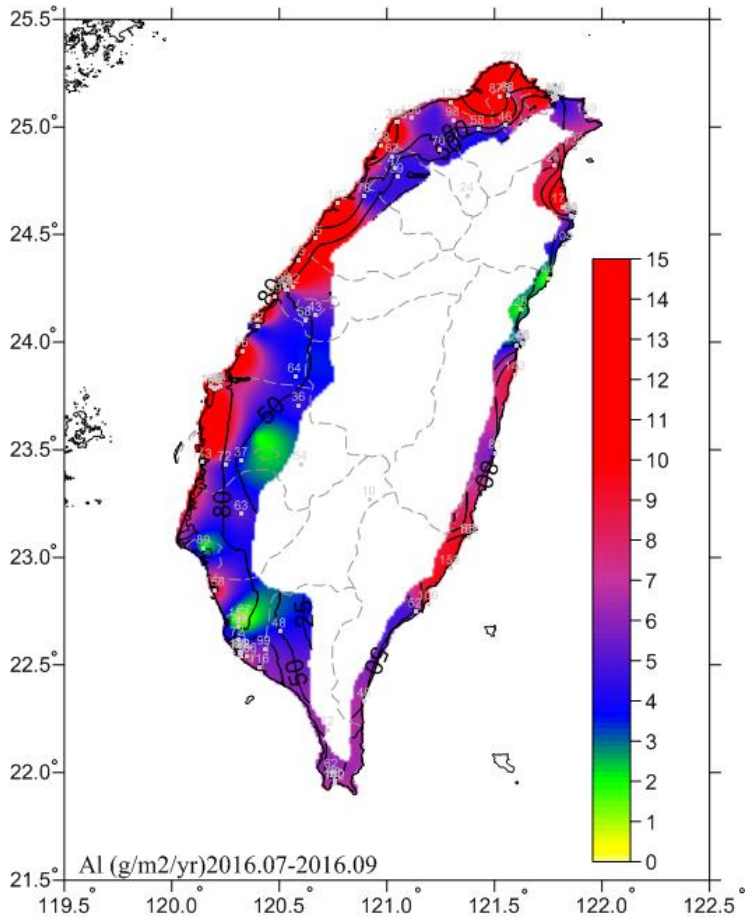
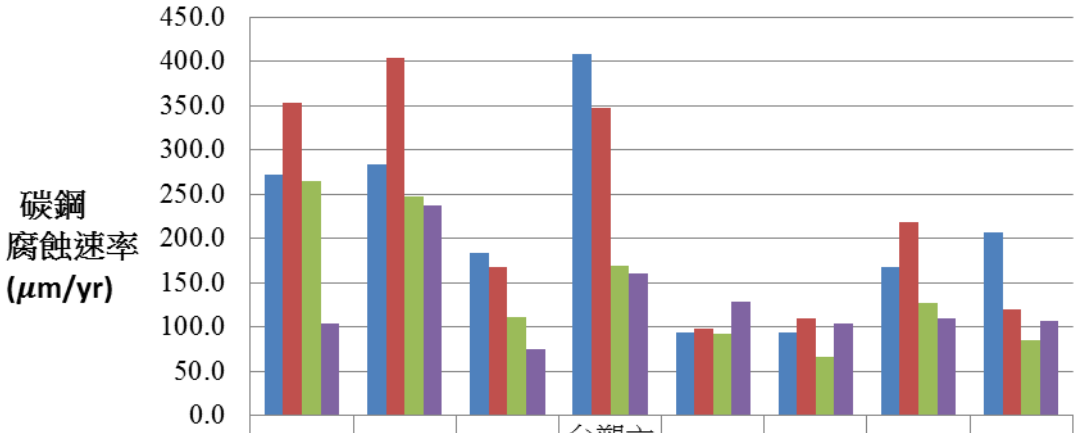


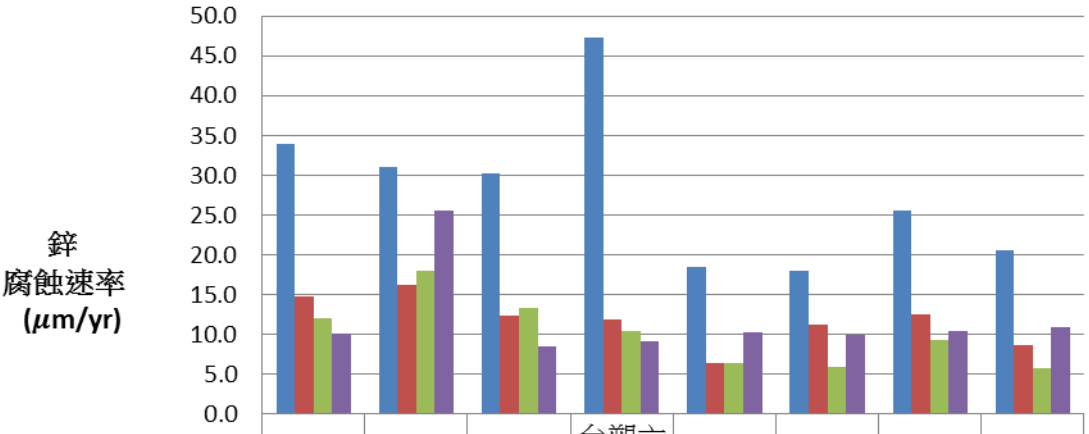
圖 3.29　2016.07-2016.09 鋁腐蝕速率



	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
2015.10-2015.12	272.3	282.7	182.8	408.0	93.1	93.0	167.8	206.8
2016.01-2016.03	353.3	403.6	167.5	346.6	97.8	109.7	218.7	119.3
2016.04-2016.06	265.0	246.6	110.9	169.3	91.6	66.5	127.4	85.2
2016.07-2016.09	103.8	237.0	74.7	160.5	127.7	103.4	110.1	106.7

註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

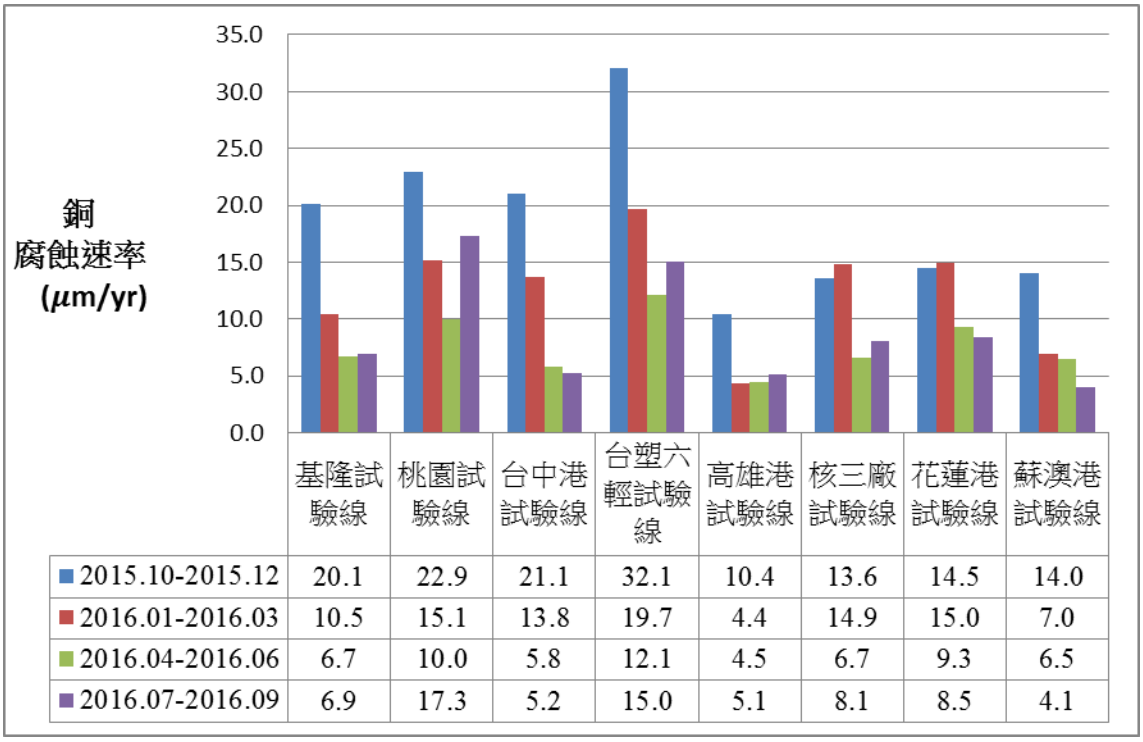
圖 3.30 垂直海岸試驗線碳鋼金屬腐蝕速率比較圖



	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	花蓮港試驗線	蘇澳港試驗線
2015.10-2015.12	33.9	31.0	30.3	47.2	18.5	18.0	25.6	20.5
2016.01-2016.03	14.8	16.2	12.4	11.9	6.4	11.2	12.6	8.7
2016.04-2016.06	12.1	18.0	13.3	10.4	6.3	6.0	9.3	5.8
2016.07-2016.09	10.1	25.5	8.5	9.1	10.3	10.0	10.4	10.9

註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

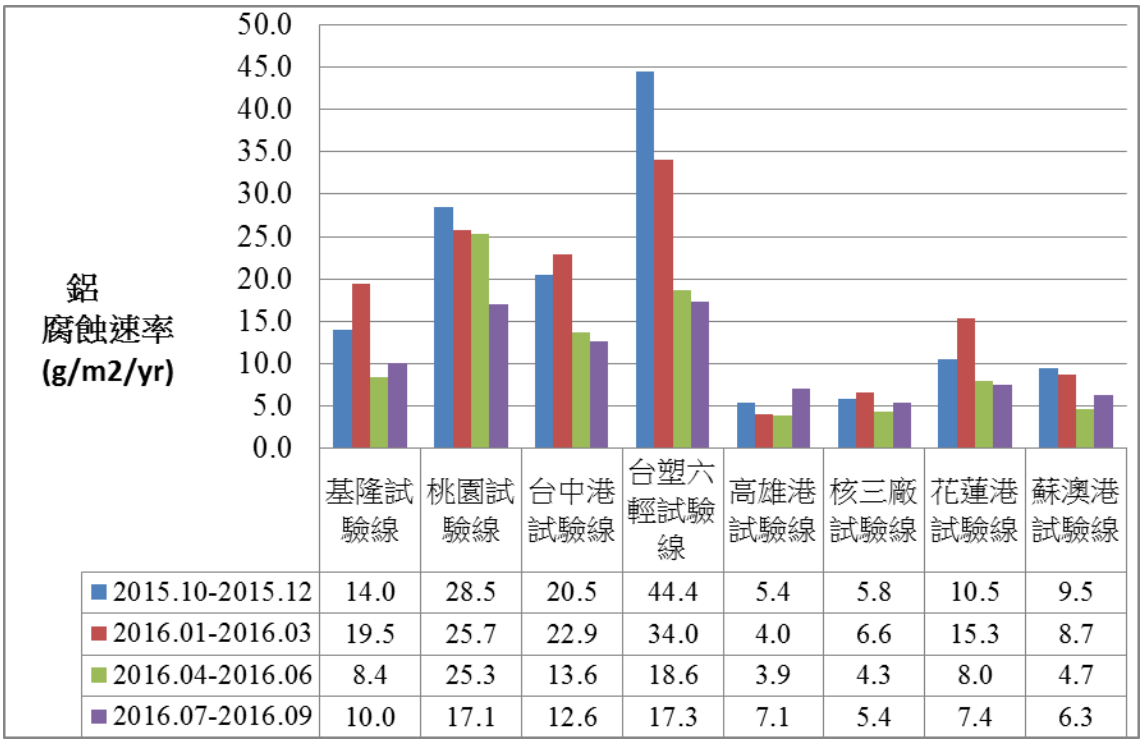
圖 3.31 垂直海岸試驗線鋅金屬腐蝕速率比較圖



	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
2015.10-2015.12	20.1	22.9	21.1	32.1	10.4	13.6	14.5	14.0
2016.01-2016.03	10.5	15.1	13.8	19.7	4.4	14.9	15.0	7.0
2016.04-2016.06	6.7	10.0	5.8	12.1	4.5	6.7	9.3	6.5
2016.07-2016.09	6.9	17.3	5.2	15.0	5.1	8.1	8.5	4.1

註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

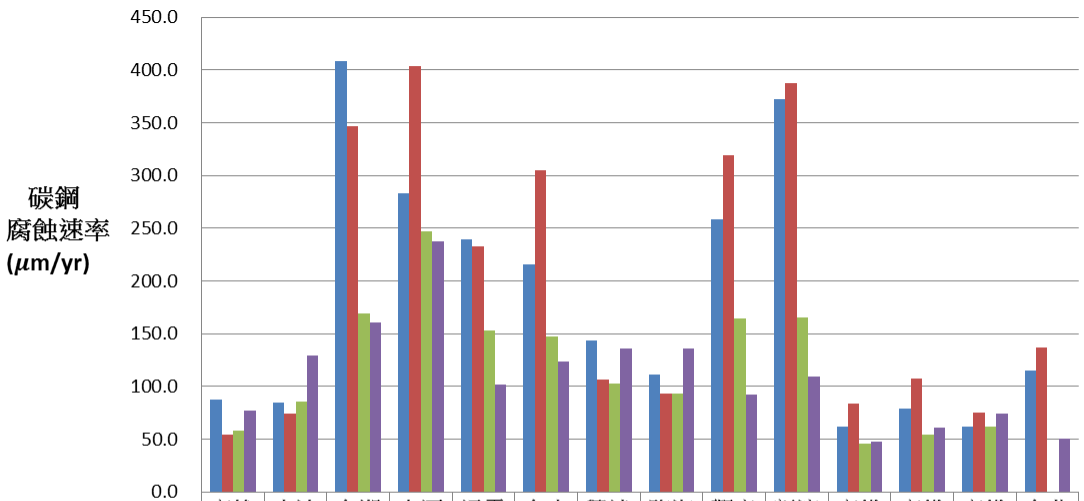
圖 3.32 垂直海岸試驗線銅金屬腐蝕速率比較圖



	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
2015.10-2015.12	14.0	28.5	20.5	44.4	5.4	5.8	10.5	9.5
2016.01-2016.03	19.5	25.7	22.9	34.0	4.0	6.6	15.3	8.7
2016.04-2016.06	8.4	25.3	13.6	18.6	3.9	4.3	8.0	4.7
2016.07-2016.09	10.0	17.1	12.6	17.3	7.1	5.4	7.4	6.3

註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

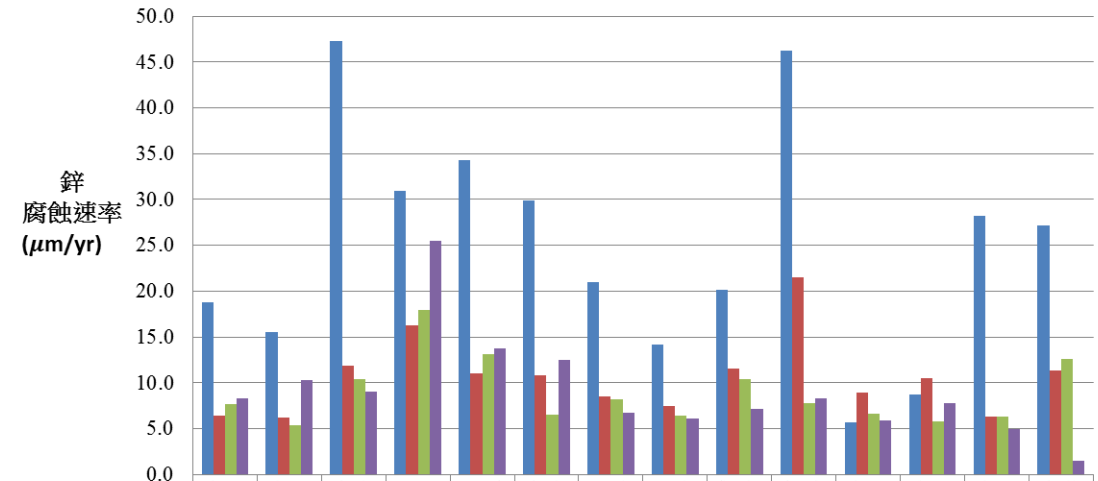
圖 3.33 垂直海岸試驗線鋁金屬腐蝕速率比較圖



	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	臨海工業	觀音工業	彰濱工業	高鐵台中	高鐵嘉義	高鐵左營	台北市區
2015.10-2015.12	87.5	84.7	408.0	282.7	239.0	216.0	143.3	110.9	258.4	372.4	61.6	78.7	61.8	114.8
2016.01-2016.03	54.5	74.3	346.6	403.6	233.0	305.2	106.0	92.9	319.2	387.8	83.9	107.6	75.1	136.5
2016.04-2016.06	58.2	85.4	169.3	246.6	153.2	146.9	102.8	93.4	164.5	165.6	45.5	54.4	61.6	
2016.07-2016.09	77.0	129.3	160.5	237.0	101.3	123.9	135.4	136.0	91.8	109.4	47.9	60.7	73.9	50.6

註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值
註 2: 空白處為試片遺失

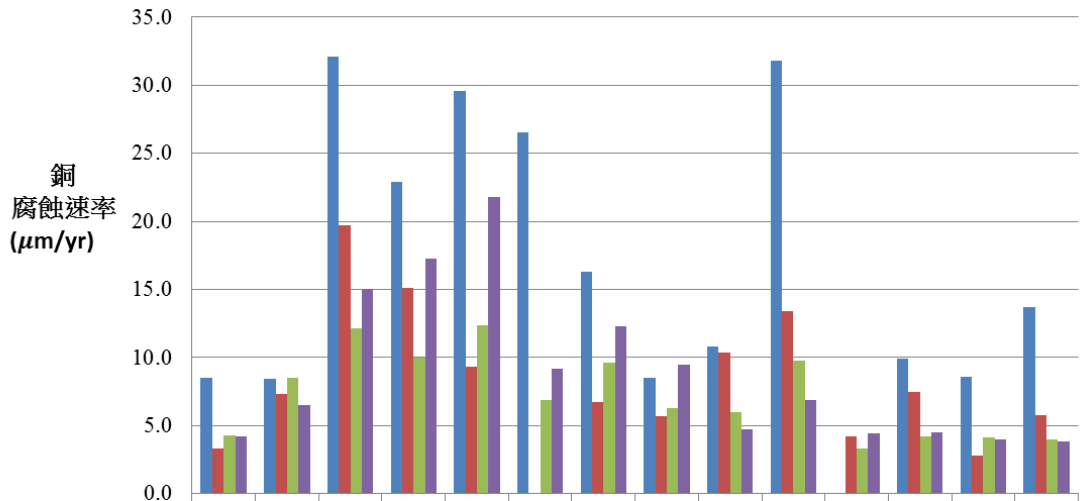
圖 3.34 特定測站碳鋼金屬腐蝕速率比較圖



	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	臨海工業	觀音工業	彰濱工業	高鐵台中	高鐵嘉義	高鐵左營	台北市區
2015.10-2015.12	18.8	15.5	47.2	31.0	34.3	29.9	21.0	14.2	20.1	46.2	5.7	8.7	28.2	27.2
2016.01-2016.03	6.4	6.2	11.9	16.2	11.0	10.8	8.5	7.5	11.6	21.5	8.9	10.5	6.3	11.3
2016.04-2016.06	7.7	5.4	10.4	18.0	13.1	6.5	8.2	6.4	10.4	7.8	6.6	5.8	6.3	12.6
2016.07-2016.09	8.3	10.3	9.1	25.5	13.8	12.5	6.7	6.1	7.1	8.3	5.9	7.8	4.9	1.5

註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值

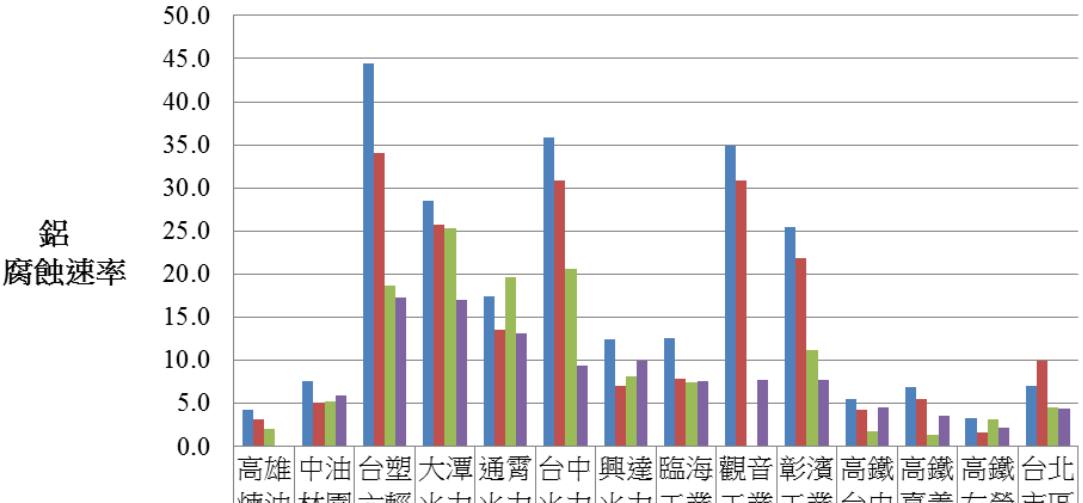
圖 3.35 特定測站鋅金屬腐蝕速率比較圖



	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	臨海工業	觀音工業	彰濱工業	高鐵台中	高鐵嘉義	高鐵左營	台北市區
2015.10-2015.12	8.5	8.4	32.1	22.9	29.6	26.5	16.3	8.5	10.8	31.8		9.9	8.6	13.7
2016.01-2016.03	3.3	7.3	19.7	15.1	9.3		6.7	5.7	10.4	13.4	4.2	7.5	2.8	5.8
2016.04-2016.06	4.3	8.5	12.1	10.0	12.4	6.9	9.6	6.3	6.0	9.8	3.3	4.2	4.1	4.0
2016.07-2016.09	4.2	6.5	15.0	17.3	21.8	9.2	12.3	9.5	4.7	6.9	4.4	4.5	4.0	3.8

註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值
註 2: 空白處為試片遺失

圖 3.36 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	臨海工業	觀音工業	彰濱工業	高鐵台中	高鐵嘉義	高鐵左營	台北市區
2015.10-2015.12	4.3	7.6	44.4	28.5	17.4	35.8	12.5	12.6	34.9	25.5	5.5	6.9	3.3	7.0
2016.01-2016.03	3.2	5.1	34.0	25.7	13.5	30.8	7.0	7.9	30.8	21.9	4.3	5.5	1.6	10.0
2016.04-2016.06	2.0	5.2	18.6	25.3	19.7	20.6	8.1	7.4		11.2	1.8	1.4	3.1	4.6
2016.07-2016.09	0.1	5.9	17.3	17.1	13.2	9.4	9.9	7.6	7.8	7.7	4.6	3.6	2.2	4.4

註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值
註 2: 空白處為試片遺失

圖 3.37 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

持續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，今年擬安裝水下金屬曝露試驗架於基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、馬祖福澳港、澎湖龍門港等國內商港，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。先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，分述如圖 4.1。

4.1 研究方法與規劃

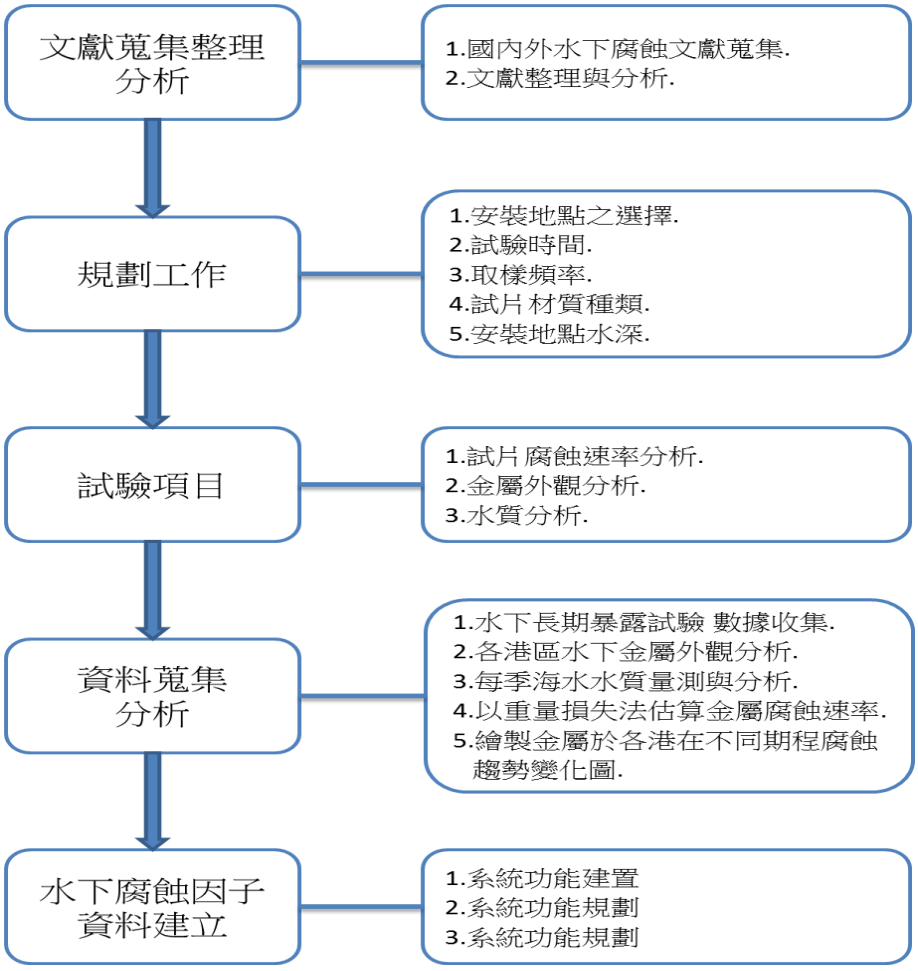


圖 4.1 水下腐蝕研究方法與規劃

4.2 各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 4-1 至 4-4 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，詳述如下：

1.材質型式：試片採用港工結構材使用之試片，分三種型式為銲接結構用鋼(SM490A)、不鏽鋼(SS316L)、一般碳鋼(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，厚度則分別為銲接結構用鋼(SM490A)1.0cm、不鏽鋼(SS316L)1.0cm、一般碳鋼(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：安放於各港區碼頭岸壁分別於飛沫帶、潮汐帶、水中帶 3 個位置，每層架置 45 個試片，共 135 片如圖 4.2 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：試片架之安裝經於各港區實地勘察，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，試片架現場安裝時配合潛水人員施工完成，現場安裝如圖 4.3 至圖 4.14 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4-1 各港區水下金屬腐蝕試片尺寸與安裝試驗期程(1/4)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
基隆港區 西33B碼頭	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/26	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
蘇澳港區 公務船渠	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/06/23	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
花蓮港區 西防波堤 燈塔	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/10/03	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			

表 4-2 各港區水下金屬腐蝕試片尺寸與安裝試驗期程(2/4)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
臺北港區北#2碼頭	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/26	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
布袋港區東#3碼頭	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/05	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
安平港區#7碼頭	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/06	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			

表 4-3 各港區水下金屬腐蝕試片尺寸與安裝試驗期程(3/4)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
高雄港區 #10碼頭	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/08	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
高雄港區 #41碼頭	潮汐帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/07	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
高雄港區 #75碼頭	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/07	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			

表 4-4 各港區水下金屬腐蝕試片尺寸與安裝試驗期程(4/4)

放置地點	放置位置	試片材質	試片大小	安裝時間	試驗期程
澎湖龍門港#9碼頭	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/12	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
馬祖福澳港浮動碼頭	飛沫帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/08/16	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			
	潮汐帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
	水中帶	SM490A			
		SS316L			
		SS400			
港研中心循環水槽	潮汐帶	SM490A	15×10×1.0(cm)	2016/09/22	1、2、5、8、10年等5個期程
		SS316L			
		SS400			

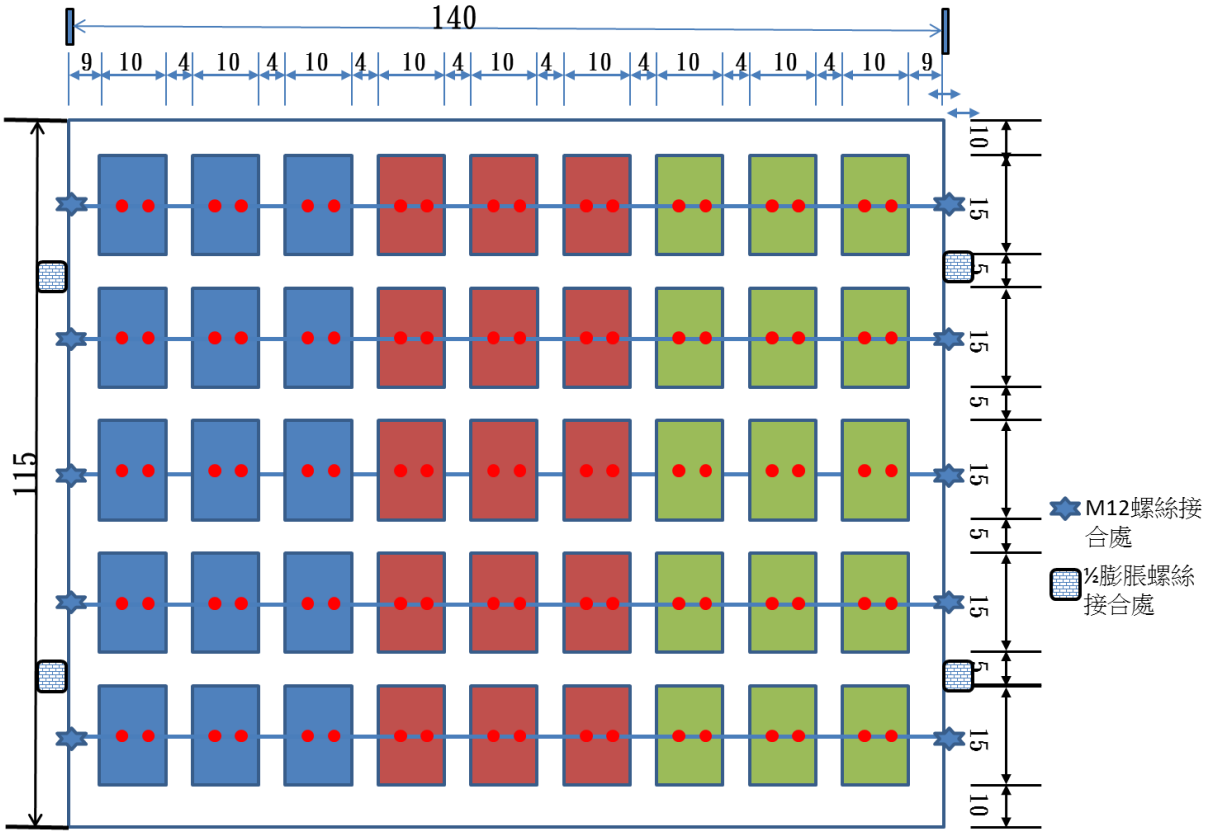
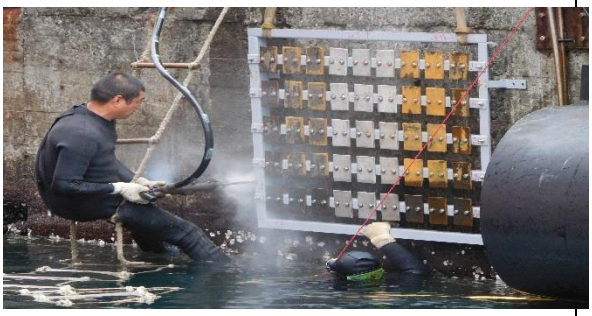


圖4.2.水下金屬腐蝕試驗架示意圖

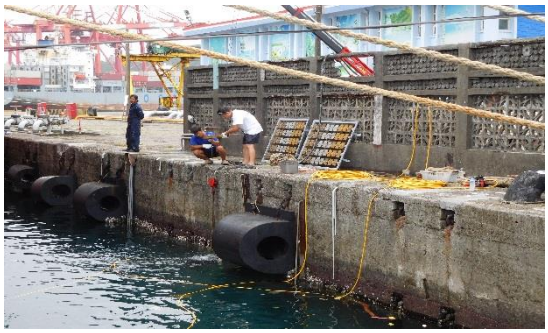
水下金屬腐蝕試驗架吊掛



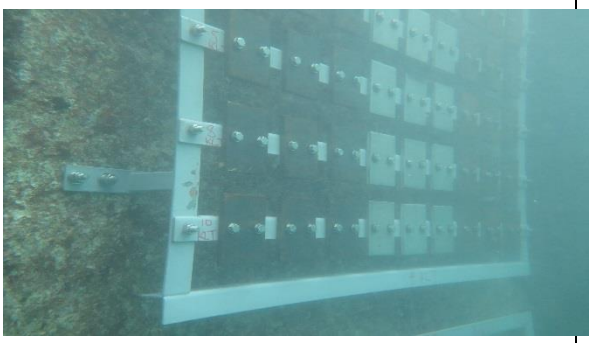
潛水員固定飛沫帶試驗架

車用吊桿吊放金屬腐蝕試驗架

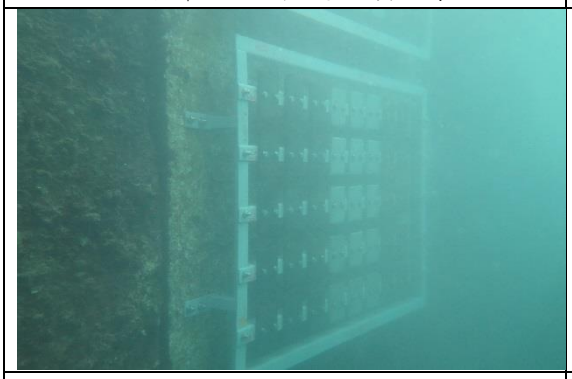
金屬腐蝕試驗架微調安裝位置



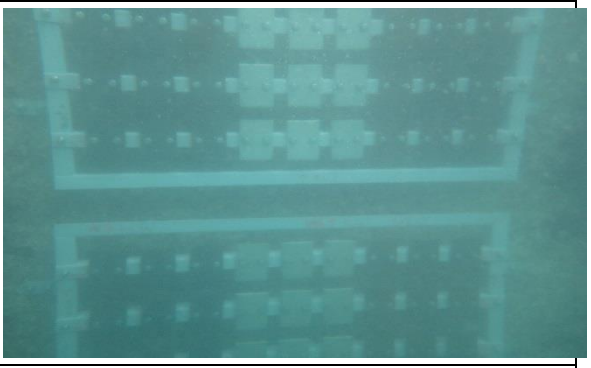
水下帶試驗架氣動鑽安裝



潮汐帶試驗架安裝完成



水下帶試驗架安裝完成



基隆港試驗架安裝安成

圖4.3 基隆港水下金屬曝露試驗架安裝

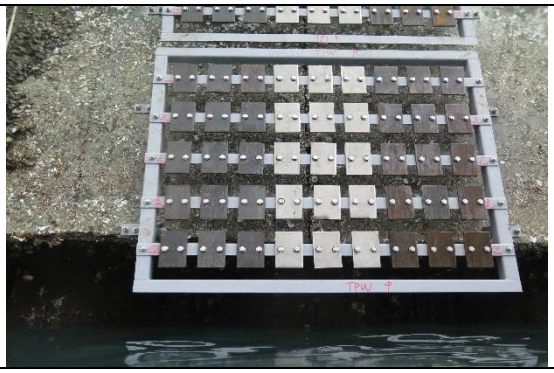
金屬腐蝕試驗架置放

潛水員固定腐蝕試驗架

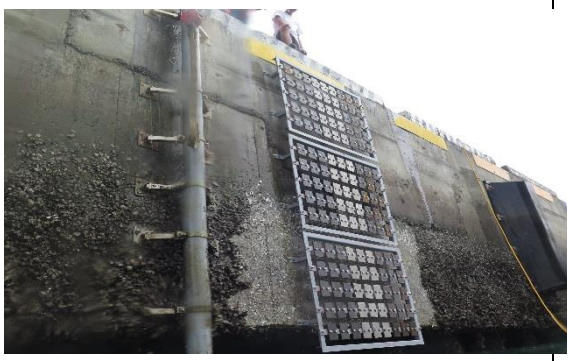
車用吊桿吊放金屬腐蝕試驗架

完成第 2 片潮汐帶腐蝕試驗架

潛水員固定水中帶腐蝕試驗架



水中帶腐蝕試驗架固定完成



金屬腐蝕試驗架組安裝完成 1

金屬腐蝕試驗架組安裝完成 2

圖 4.4 臺北港水下金屬曝露試驗架安裝

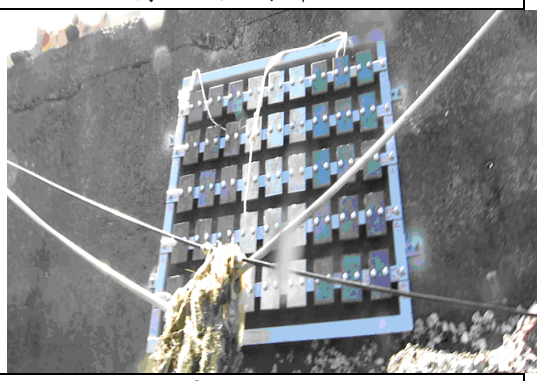
金屬腐蝕試驗架置放

金屬腐蝕試驗架編號確認

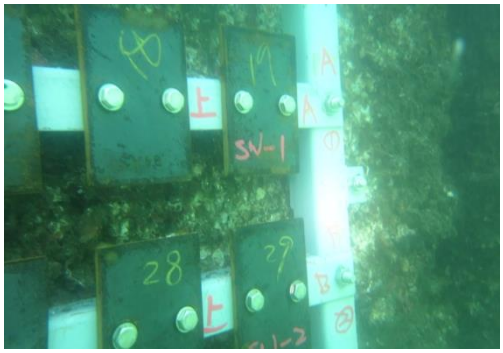
金屬腐蝕試驗架安裝

腐蝕試驗架吊放

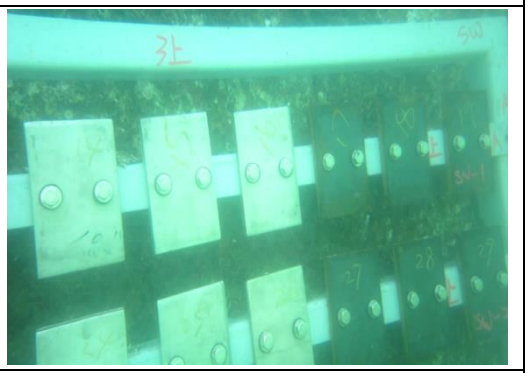
飛沫帶金屬試片架安裝



飛沫帶金屬試片架安裝完成



潮汐帶金屬試片架安裝完成



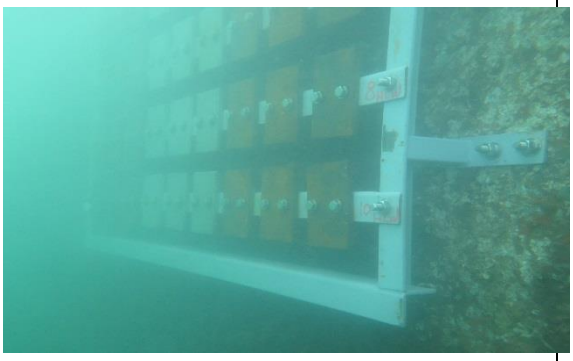
水中帶金屬試片架安裝完成

圖 4.5 蘇澳港水下金屬曝露試驗架安裝

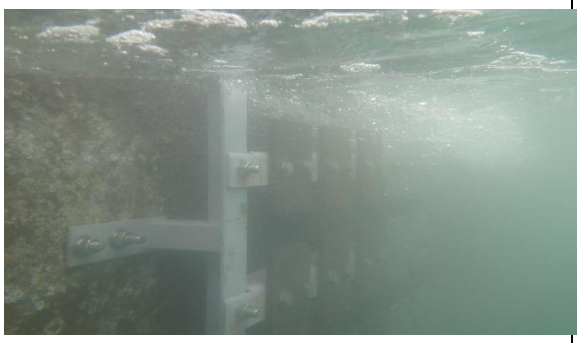
花蓮港金屬腐蝕試驗架置放

潛水員清除岸壁面海附生物

車用吊桿吊放金屬腐蝕試驗架



水下帶試驗架氣動鑽安裝完成



潮汐帶試驗架組裝完成

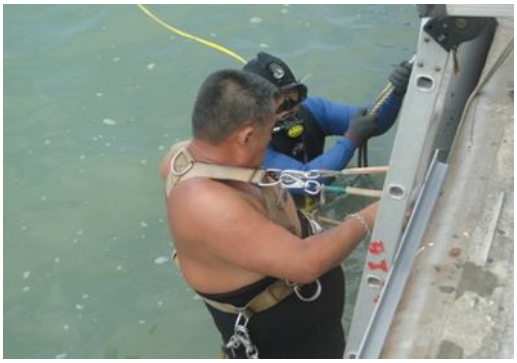
飛沫帶試驗架垂降至定位

飛沫帶試驗架垂降至定位及安裝

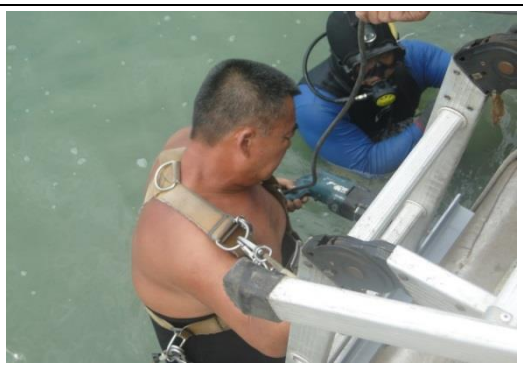
花蓮港試驗架安裝完成

圖 4.6 花蓮港水下金屬曝露試驗架安裝

腐蝕試驗架試片位置查核



潛水員固定腐蝕試驗架



金屬腐蝕試驗架固定

腐蝕試驗架吊掛

潛水員固定腐蝕試驗架

潛水員固定腐蝕試驗架

金屬腐蝕試驗架組安裝完成

金屬腐蝕試驗架組安裝完成

圖 4.7 布袋港水下金屬曝露試驗架安裝

安平港水下金屬腐蝕試驗架

潛水員固定飛沫帶試驗架

車用吊桿吊放金屬腐蝕試驗架

金屬腐蝕試驗架微調安裝位置

飛沫帶試驗架安裝

飛沫帶試驗架安裝完成

潮間帶試驗架安裝完成

水中帶試驗架安裝安成

圖 4.8 安平港水下金屬曝露試驗架安裝

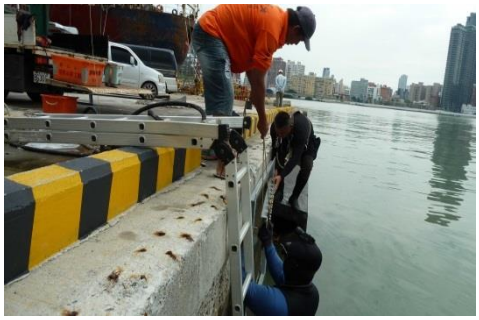
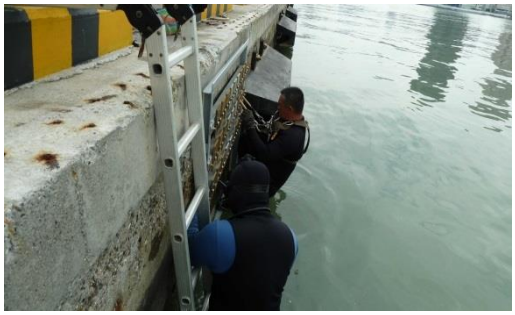
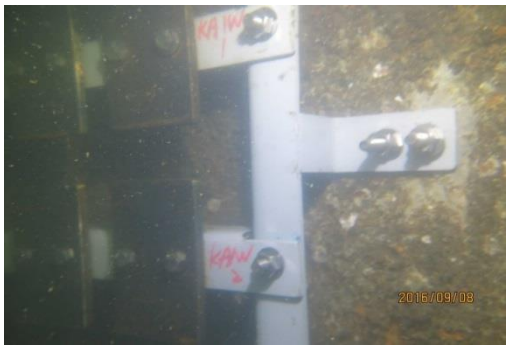
	
高雄港#10 金屬腐蝕試驗架	金屬腐蝕試驗架安裝
	
金屬腐蝕試驗架安裝	水下帶試驗架安裝完成
	
飛沫帶試驗架組裝完成	潮汐帶試驗架安裝完成
	
水中帶試驗架安裝完成	花蓮港試驗架安裝完成

圖 4.9 高雄港 #10 水下金屬曝露試驗架安裝

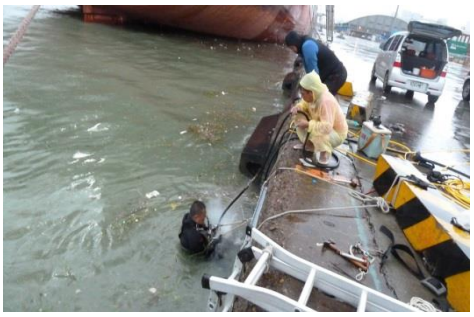
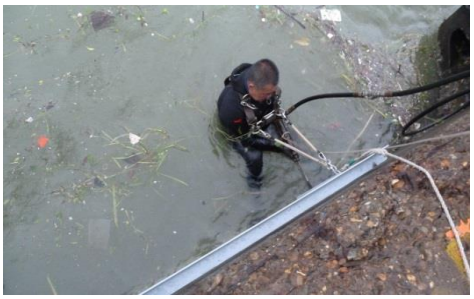
	
高雄港#41 金屬腐蝕試驗架	金屬腐蝕試驗架安裝
	
金屬腐蝕試驗架安裝	水下帶試驗架安裝完成
	
飛沫帶試驗架組裝完成	潮汐帶試驗架安裝完成
	
潮汐帶試驗架安裝完成	高雄港#40 試驗架安裝完成

圖 4.10 高雄港 #41 水下金屬曝露試驗架安裝

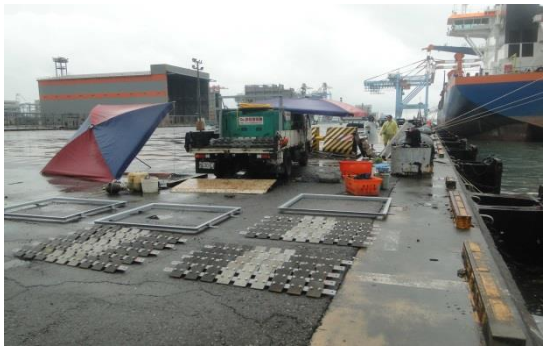
	
高雄港#75 金屬腐蝕試驗架	金屬腐蝕試驗架安裝
	
金屬腐蝕試驗架安裝	水下帶試驗架安裝完成
	
飛沫帶試驗架組裝完成	潮汐帶試驗架安裝完成
	
水中帶試驗架安裝完成	高雄港#75 試驗架安裝完成

圖 4.11 高雄港 #75 水下金屬曝露試驗架安裝

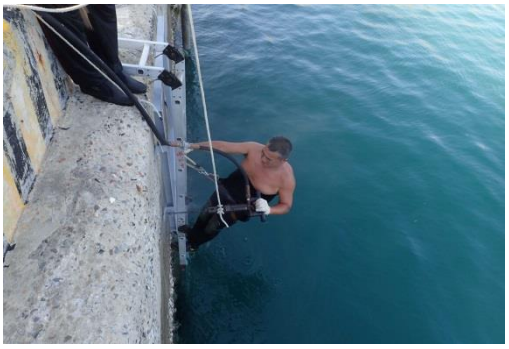
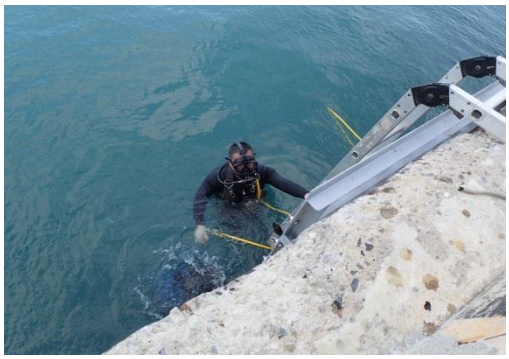
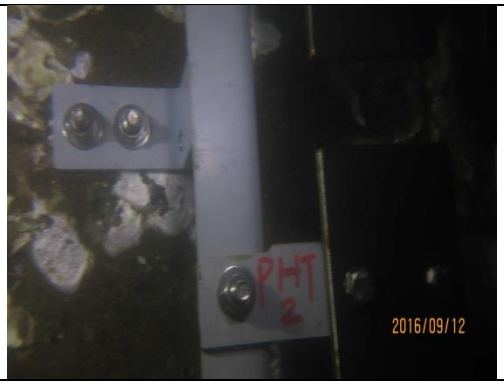
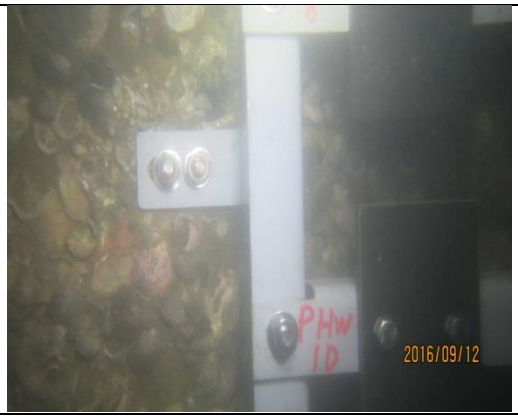
	
金屬腐蝕試驗架排列檢視	金屬腐蝕試驗架安裝
	
金屬腐蝕試驗架安裝	試驗架安裝
	
飛沫帶試驗架組裝完成	潮汐帶試驗架安裝完成
	
水中帶試驗架安裝完成	試驗架安裝完成

圖 4.12 澎湖龍門港水下金屬曝露試驗架安裝

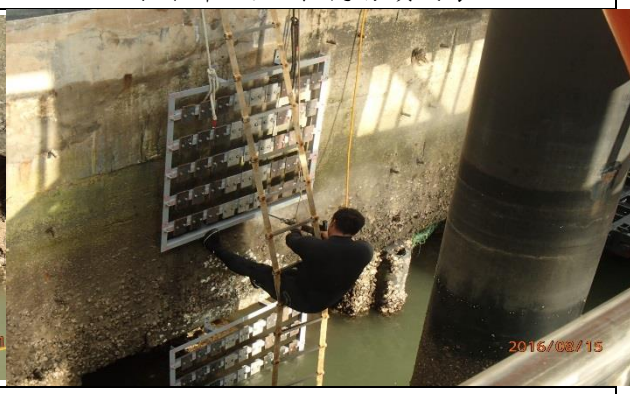
福澳港預定位置測量

潛水員清除岸壁面海附生物

碼頭上組裝試驗架

水下帶試驗架氣動鑽安裝

潮汐帶試驗架氣動鑽安裝



飛沫帶試驗架氣動鑽安裝

水中帶試驗架安裝完成

試驗架安裝完成

圖 4.13 馬祖福澳港水下金屬曝露試驗架安裝

	
金屬腐蝕試驗架排列檢視	金屬腐蝕試驗架吊掛
	
試驗架安裝	試驗架安裝
	
試驗架組裝完成	試驗架安裝完成

圖 4.14 港研中心循環水槽水下金屬曝露試驗架安裝

4.3試片腐蝕速率分析方法

4.3.1 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。

4.3.2 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 4.15，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）。

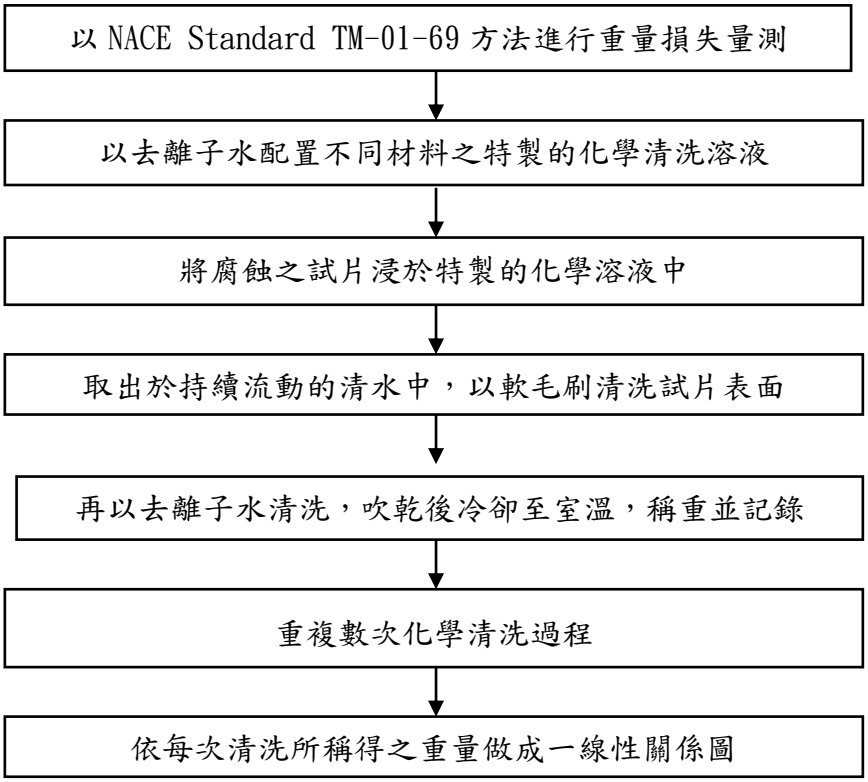


圖 4.15 水下金屬腐蝕生成物清除作業流程圖

4.3.3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：

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

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)

4.4 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 號碼頭數據在 104 年如表 4-5 及 105 年如表 4-6 所示，104 年其分析結果範圍如下，鹽度 29.7~30.6，導電度 42.4~52.9 (ms/cm)，溫度 19.4~30.7(℃)，溶氧量 7.41~9.44(mg/l)，PH 值 7.27~7.92，氯離子 15761~18282(mg/L)，硫酸根離子 1960~2148(mg/L)。105 年其分析結果範圍如下，鹽度 21.7~30.8，導電度 43.2~53.6 (ms/cm)，溫度 21.0~30.0(℃)，溶氧量 7.18~8.85(mg/l)，PH 值 7.01~7.78，氯離子 13496~20268(mg/L)，硫酸根離子 1527~2214(mg/L)。

金門港區數據在 104 年如表 4-7 及 105 年如表 4-8 所示，104 年其分析結果範圍如下，鹽度 27.9~30.4，導電度 42.6~49.3(ms/cm) ，溫度 23.6~28.1(℃) ，溶氧量 7.36~11.06(mg/l)，PH 值 7.38~7.70，氯離子 12448~18426(mg/L)，硫酸根離子 1621~2374(mg/L)。105 年其分析結果範圍如下，鹽度 25.3~30.6，導電度 32.5~49.4(ms/cm) ，溫度 14.8~30.6(℃) ，溶氧量 5.81~10.01(mg/l)，PH 值 7.49~8.25，氯離子 14151~17717(mg/L)，硫酸根離子 1724~2179(mg/L)。

臺北港區數據在 105 年如表 4-9 所示，其分析結果範圍如下，鹽度 27.9~32.1，導電度 40.1~46.1 (ms/cm) ，溫度 17.8~28.4 (℃) ，溶氧量 5.66~ 11.42(mg/l)，PH 值 7.66~8.10，氯離子 15616~18392 (mg/L)，硫酸根離子 1728~4296 (mg/L)。

基隆港區數據在 105 年如表 4-10 所示，其分析結果範圍如下，鹽度 27.3~31.7，導電度 40.9~47.9 (ms/cm) ，溫度 18.9~27.3 (℃) ，溶氧量 3.22~ 9.06(mg/l)，PH 值 7.54~8.05，氯離子 13802~18571 (mg/L)，硫酸根離子 1759~2428 (mg/L)。

花蓮港區數據在 105 年如表 4-11 所示，其分析結果範圍如下，鹽度 24.8~39.4，導電度 36.9~47.0 (ms/cm) ，溫度 21.8~29.2 (℃) ，溶氧

量 6.29~8.98 (mg/l)，PH 值 6.73~8.16，氯離子 12562~19307 (mg/L)，硫酸根離子 1550~ 2064(mg/L)。

蘇澳港區數據在 105 年如表 4-12 所示，其分析結果範圍如下，鹽度 28.1~31.9，導電度 42.3~48.1 (ms/cm) ，溫度 20.6~28.3 (℃) ，溶氧量 6.20~8.55 (mg/l)，PH 值 7.53~8.35，氯離子 15182~20821 (mg/L)，硫酸根離子 1827~ 2334(mg/L)。

高雄港區數據在 105 年如表 4-13 所示，其分析結果範圍如下，鹽度 24.8~31.9，導電度 25.4~50.8 (ms/cm) ，溫度 25.5~33.3 (℃) ，溶氧量 4.60~8.15 (mg/l)，PH 值 7.52~8.31，氯離子 12820~20251 (mg/L)，硫酸根離子 1518~2337 (mg/L)。

安平港區數據在 105 年如表 4-14 所示，其分析結果範圍如下，鹽度 23.6~31.3，導電度 37.7~47.1 (ms/cm) ，溫度 22.0~32.0 (℃) ，溶氧量 4.59~8.92 (mg/l)，PH 值 7.43~8.33，氯離子 12814~20349 (mg/L)，硫酸根離子 1553~2439 (mg/L)。

於 105 年第三季開始新增布袋、馬祖、澎湖港區海水檢測，布袋港區數據如表 4-15 所示，馬祖港區數據如表 4-16 所示，澎湖港區數據如表 4-17 所示。

表 4-5 臺中港 1 號碼頭水質量測分析結果(104 年)

取樣日期	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)
6/23	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
10/1	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
12/28	0	31.1	42.5	19.4	9.44	7.27	17350	2137
	3	31.1	42.5	19.4	9.3	7.53	17495	2066
	6	31.0	42.4	19.4	9.36	7.49	17534	2090

表 4-6 臺中港 1 號碼頭水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
3/28	0	21.7	44.9	21	8.77	7.69	19055	2108
	3	30.8	43.2	20.6	8.84	7.01	13496	1527
	6	32.0	44.6	20.4	8.85	7.55	18998	2171
6/1	0	31.6	53.4	29.8	8.49	7.27	20268	2214
	3	31.7	53.6	30.0	8.38	7.46	17889	2037
	6	31.5	53.1	29.9	8.18	7.46	17770	2050
8/31	0	31.4	52.4	29.4	7.95	7.78	16779	2013
	3	31.4	52.3	29.3	7.56	7.65	16875	2034
	6	31.5	52.3	29.2	7.18	-	-	-

註： - 為樣品遺失，故無資料

表 4-7 金門港區水質量測分析結果(104 年)

取樣日期	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)
6/3	水頭港	0	28.8	46.2	26.9	8.10	7.60	16127	1999
		3	28.6	46.2	27.2	8.25	7.67	15877	1969
6/2	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
6/3	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
9/9	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
9/8	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
9/9	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
11/16	水頭港	0	28.0	43.0	24.7	8.30	7.65	14748	1826
		3	28.1	42.7	23.9	8.31	7.68	15828	1918
	料羅港	0	28.6	43.2	23.8	8.20	7.68	13938	1681
		3	28.4	42.9	23.6	8.46	7.68	15425	1930
		6	28.4	42.8	23.6	8.63	7.46	15733	1892
	九宮港	0	27.9	42.7	24.3	8.06	7.69	15411	1867
		3	27.9	42.6	24.1	8.25	7.69	16063	1859
		6	28.0	42.6	23.9	8.16	7.69	14998	1824

表 4-8 金門港區水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
3/30	水頭港	0	25.3	32.5	15.6	9.61	7.49	15232	1730
		3	25.8	32.8	15.2	9.78	7.63	15757	1816
		6	25.8	32.8	15.3	9.68	7.54	15771	1828
	料羅港	0	27.6	36.2	16.8	10.01	7.63	16253	1882
		3	27.7	34.8	15.0	9.76	7.68	17073	1995
		6	27.8	34.9	14.8	9.90	7.62	16177	1902
	九宮港	0	25.8	33.2	15.8	9.63	7.59	16845	1952
		3	25.8	32.9	15.4	9.64	7.56	14736	1747
6/14	水頭港	0	28.3	44.0	27.7	6.64	8.16	15811	2179
		3	28.2	43.9	27.1	6.86	8.23	15688	1858
		6	28.6	44.5	26.4	5.89	8.20	15928	1868
	料羅港	0	30.0	46.3	26.0	6.45	8.22	17088	2020
		3	30.3	46.7	25.5	5.81	8.24	17717	-
		6	30.6	47.1	25.5	6.09	8.25	17167	1991
	九宮港	0	28.4	44.2	26.9	6.30	8.20	15803	1860
		3	28.4	44.2	26.7	6.34	8.22	15564	1839
9/19	水頭港	0	28.1	46.6	28.6	6.76	7.52	14320	1747
		3	28.0	46.2	28.2	6.66	7.78	14221	1730
		6	28.2	46.3	28.0	6.70	7.70	14151	1724
	料羅港	0	28.7	49.4	30.6	7.06	7.79	15805	1849
		3	28.9	48.5	29.3	7.32	7.81	15161	1879
		6	28.9	48.1	28.8	6.92	7.82	15095	1835
	九宮港	0	27.4	46.6	29.6	7.09	7.85	14408	1750
		3	27.6	46.2	28.8	6.92	7.83	14743	1791

註： - 為樣品遺失，故無資料

表 4-9 臺北港區水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
3/8	臺北港E1	0	28.9	40.7	20.4	10.43	7.66	17607	1981
		3	29.7	40.5	19	10.76	7.68	17430	1970
		6	30.3	40.5	18.2	9.33	7.75	18392	2071
	臺北港E3	0	30.0	40.7	18.4	11.42	7.67	17343	1972
		3	30.1	40.1	18.1	9.93	7.75	17431	2031
		6	30.4	40.2	17.8	10.85	7.81	18016	2308
6/14	臺北港E1	0	28.0	44.1	26.7	6.58	7.94	17149	3195
		3	29.3	45.6	27.3	6.53	7.96	16415	2393
		6	29.6	45.9	27.6	6.62	7.97	17346	4258
	臺北港E3	0	27.9	43.7	27.2	6.73	7.97	15616	1806
		3	29.3	45.4	27.4	6.55	7.95	15849	1728
		6	29.7	45.9	27.6	6.56	7.95	17497	4296
9/6	臺北港E1	0	31.9	45.5	24.5	6.62	8.07	16180	1940
		3	32.1	46.0	27.9	5.94	8.09	16906	2006
		6	31.9	45.7	28.4	5.82	8.09	16314	1962
	臺北港E3	0	31.7	45.6	27.5	6.48	8.10	16390	1926
		3	31.7	45.6	28.4	5.99	8.08	16054	1892
		6	32.0	46.1	28.4	5.66	8.07	16835	2019

表 4-10 基隆港區水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
3/8	基隆港 E5	0	30.3	41.7	19.5	7.72	7.60	17152	1964
		3	30.3	41.9	19.8	7.78	7.64	17293	2004
		6	30.8	42.0	19.2	7.87	7.54	17687	1974
	基隆港 E2	0	29.7	41.3	19.9	7.70	7.60	16969	1925
		3	30.8	41.9	19.1	8.62	7.70	17886	2055
		6	31.0	42.0	18.9	8.46	7.73	17860	2034
	基隆港 W5	0	30.2	41.5	19.5	7.76	7.64	18571	2107
		3	30.5	41.8	19.3	8.24	7.69	18132	2121
		6	30.7	41.8	19.2	8.66	7.73	17948	2050
	基隆港 W2	0	29.8	40.9	19.3	8.28	7.63	18119	2093
		3	30.5	41.8	19.1	9.06	7.67	17664	1982
		6	30.8	41.8	18.9	8.57	7.68	18162	2019
6/14	基隆港 E5	0	30.8	47.5	25.4	6.15	7.80	16412	2210
		3	30.9	47.7	25.5	4.48	7.94	17865	2047
		6	31.1	47.9	25.5	4.52	7.96	13802	2162
	基隆港 E2	0	30.3	47.0	25.4	4.50	7.87	16945	2044
		3	30.3	46.9	25.4	4.34	7.92	17214	1982
		6	30.9	47.7	25.5	4.49	7.93	16760	1941
	基隆港 W5	0	29.2	45.2	25.7	5.01	7.83	16726	1920
		3	30.9	47.5	25.4	5.30	7.91	17577	2109
		4.3	31.2	47.9	25.5	5.51	7.95	17557	2428

取樣日期	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)
	基隆港 W2	0	27.3	42.5	25.5	3.85	7.76	15031	1759
		3	30.8	47.3	25.3	4.75	7.87	18186	2080
		6	-	-	25.5	5.30	7.92	-	-
9/6	基隆港 E5	0	30.4	43.9	27.3	3.22	7.72	15756	1903
		3	31.1	44.9	27.1	4.29	7.94	15772	1877
		6	31.5	45.4	26.9	4.85	8.00	16681	1976
	基隆港 E2	0	30.2	43.7	26.9	3.45	7.65	16189	1921
		3	31.3	45.2	26.9	4.14	7.94	16182	1989
		6	31.6	45.5	26.7	4.85	8.00	16703	1995
	基隆港 W5	0	29.5	42.8	26.2	4.33	7.80	14898	1772
		3	30.6	44.1	26.8	4.40	7.92	15786	1901
		6	31.6	45.5	26.9	5.05	8.03	16409	2009
	基隆港 W2	0	30.7	44.4	26.9	4.31	7.87	16017	1908
		3	31.4	45.5	27.0	4.38	8.00	16218	1985
		6	31.7	45.7	26.9	5.01	8.05	16566	1922

註： - 為電極異常，故無資料

表 4-11 花蓮港區水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
3/16	花蓮港 4#	0	27.7	40.2	21.8	8.90	7.45	17815	1978
		3	39.4	42.6	21.8	8.74	7.45	16859	1952
		6	30.8	44.4	21.8	8.49	7.59	18446	2035
	花蓮港 23#	0	28.3	42.1	23.0	8.83	6.73	16361	1922
		3	30.3	44.5	22.7	8.76	7.07	17637	2064
		6	31.2	45.8	22.8	8.76	7.84	18251	2014
	花蓮港航道 150#	0	28.4	41.5	22.2	8.96	7.71	16463	1865
		3	28.9	42.1	22.0	8.98	7.67	16927	1904
		6	30.5	44.1	22.0	8.69	7.63	17811	1997
7/4	花蓮港 4#	0	29.9	45.4	29.1	7.14	7.97	17850	1792
		3	30.3	46.0	28.6	7.36	8.04	17579	2023
		6	30.4	46.1	27.9	6.95	8.01	19307	2055
	花蓮港 23#	0	29.5	44.9	27.8	6.63	7.92	16696	1928
		3	29.9	45.4	27.6	6.94	8.01	17698	2054
		6	31.1	47.0	27.3	6.93	8.01	18004	2063
	花蓮港航道 150#	0	27.4	42.0	29.1	7.02	7.75	15344	1792
		3	29.6	45.1	29.2	6.80	7.76	17566	2023
		6	30.3	46.0	28.0	6.29	7.83	17770	2055
9/21	花蓮港 4#	0	27.1	40.1	26.0	7.20	7.96	13696	1669
		3	29.1	42.9	26.3	6.90	8.15	15012	1810
		6	29.7	43.7	26.6	6.70	8.15	15208	1882
	花蓮港 23#	0	24.8	36.9	25.5	7.35	8.13	12562	1557
		3	28.8	42.4	25.9	7.10	8.16	14521	1803
		6	29.8	43.8	26.1	7.50	8.05	15243	1829
	花蓮港航道 150#	0	26.2	38.9	26.1	7.10	8.15	12684	1550
		3	29.6	43.5	26.2	6.90	8.14	15220	1845
		6	30.1	44.1	26.6	6.80	8.16	15339	1880

表 4-12 蘇澳港區水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
3/17	蘇澳港駁船	0	30.3	43.0	21.0	-	7.53	18218	2123
		3	31.3	44.2	20.9	-	7.65	17830	2050
		6	30.8	43.5	20.9	-	7.69	17787	2029
	蘇澳港7#	0	29.7	42.3	21.1	-	7.60	16744	1944
		3	31.2	44.1	20.9	-	7.69	17797	2005
		6	31.7	44.6	20.8	-	7.68	18592	2080
	蘇澳港10#	0	30.5	43.0	20.8	-	7.66	17840	2032
		3	31.4	44.0	20.6	-	7.73	18942	2137
		6	31.7	44.4	20.6	-	7.74	19131	2114
	蘇澳港13#	0	30.3	43.3	21.8	8.51	7.63	17173	1953
		3	31.5	44.3	21.0	8.31	7.69	18434	2107
		6	31.8	44.6	20.8	-	7.64	19969	2209
6/22	蘇澳港駁船	0	28.1	42.9	28.0	8.02	8.13	15619	1834
		3	29.4	44.9	27.9	8.36	8.16	17772	2037
		6	29.7	45.2	27.4	7.53	8.11	17602	2011
	蘇澳港7#	0	30.3	45.9	27.4	8.49	8.35	18091	2092
		3	30.6	46.3	28.0	8.55	8.29	17995	2050
		6	31.1	47.1	27.7	7.99	8.21	18723	2142
	蘇澳港10#	0	30.2	45.8	28.0	7.37	7.95	20120	2273
		3	30.3	46.0	28.3	7.27	8.18	18725	2162
		6	31.6	47.8	27.8	6.90	8.20	18890	2147

取樣日期	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)
	蘇澳港 13#	0	30.7	46.5	27.6	7.02	8.12	20821	2334
		3	31.0	47.0	27.3	6.72	8.20	17726	2044
		6	31.9	48.1	26.8	6.53	8.21	17962	2073
9/22	蘇澳港 駁船	0	29.4	42.8	25.8	7.40	7.93	15182	1842
		3	29.9	43.2	25.9	7.20	8.08	15752	1910
		6	29.9	43.0	25.7	6.90	8.02	15399	1853
	蘇澳港 7#	0	29.3	42.5	25.7	7.20	7.99	15391	1827
		3	30.8	44.5	25.7	6.80	8.10	16110	1921
		6	30.6	44.3	25.5	6.70	8.07	15626	1877
	蘇澳港 10#	0	30.0	43.4	24.5	6.60	7.89	15921	1895
		3	30.3	44.0	25.5	6.20	8.00	15827	1936
		6	30.9	45.0	25.5	6.20	8.01	16263	1904
	蘇澳港 13#	0	29.9	43.7	25.4	6.90	7.98	15796	1868
		3	30.0	43.9	25.5	6.50	8.00	15272	1862
		6	30.3	44.4	25.5	6.50	7.89	15670	1893

註： - 為電極異常，故無資料

表 4-13 高雄港區水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
3/23	高雄港 10#	0	31.9	49.7	25.9	7.68	7.65	18814	2101
		3	31.8	49.8	26.1	7.45	7.72	18273	2094
		6	31.9	49.8	26	7.66	7.73	18419	2114
	高雄港 33#	0	31.8	50.8	27.2	7.57	7.67	17964	2309
		3	31.8	50.8	27.2	7.57	7.74	19353	2170
		6	31.8	50.6	27.1	7.70	7.73	18379	2148
	高雄港 51#	0	31.0	48.7	26.2	7.57	7.69	18273	2168
		3	31.3	48.7	25.8	7.85	7.71	18414	2085
		6	31.4	48.6	25.6	7.84	7.74	18434	2112
	高雄港 68#	0	31.2	49.3	26.4	7.87	7.67	18222	2105
		3	31.6	49.2	25.5	7.60	7.68	19014	2158
		6	31.9	49.2	25.4	7.71	7.74	18568	2140
	高雄港 118#	0	31.0	49.0	26.1	7.19	7.52	18701	2090
		3	31.3	48.7	25.7	6.98	7.68	20181	2337
		6	31.7	48.8	25.2	7.83	7.72	20251	2295
6/27	高雄港 10#	0	30.6	47.9	33.3	8.15	8.19	18106	2116
		3	30.7	48.2	31.8	7.99	8.23	17496	2056
		6	30.5	48.2	31.4	7.94	8.27	18448	2139
	高雄港 33#	0	30.6	48.5	30.8	5.86	8.10	17441	2005
		3	30.6	48.6	31.1	5.83	8.21	17742	2068
		6	30.6	48.4	31.0	5.98	8.25	18034	2108
	高雄港 51#	0	29.8	47.2	32.0	6.00	8.15	17547	2104
		3	29.9	47.3	30.4	6.23	8.21	16977	2015
		6	30.0	47.4	30.0	6.13	8.24	18265	2093
	高雄港 68#	0	30.8	48.4	29.7	6.21	8.30	18171	2106
		3	30.7	48.4	29.5	6.23	8.30	17365	1994
		6	30.8	48.5	29.5	6.25	8.30	17466	2021

取樣日期	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)
	高雄港 118#	0	30.7	48.4	28.5	7.94	8.30	17782	2041
		3	30.7	48.3	29.7	7.91	8.31	12820	1518
		6	30.8	48.5	29.6	7.83	8.30	17821	2024
10/6	高雄港 10#	0	-	25.4	26.3	5.60	7.80	12876	1624
		3	26.1	38.6	28.0	4.60	7.80	14982	1851
		6	28.3	41.5	28.6	4.81	7.96	14825	1839
	高雄港 39#	0	28.6	41.8	27.8	6.20	7.90	-	-
		3	29.0	42.6	28.0	5.83	8.02	13296	1642
		6	29.3	42.8	28.1	5.76	8.05	14545	1795
	高雄港 75#	0	24.8	36.7	29.5	4.76	7.87	14591	1778
		3	26.9	31.6	29.0	4.91	7.88	14467	1727
		6	28.4	41.6	29.5	5.04	7.91	14604	1744

註： - 為電極異常，故無資料

表 4-14 安平港區水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
3/21	安平 3#	0	30.8	44.2	22.0	8.92	7.55	17959	2010
		3	30.3	45.5	22.4	8.70	7.63	17669	2042
		6	31.2	45.8	22.4	8.67	7.67	18244	2066
	安平 4#	0	30.5	44.5	22.3	8.13	7.75	20349	2439
		3	30.4	44.4	22.4	8.69	7.58	18179	2063
		6	31.3	45.8	22.5	8.17	7.62	18651	2150
6/27	安平 3#	0	23.6	37.7	32.0	5.42	8.11	12814	1553
		3	27.5	43.3	31.6	5.28	8.33	15183	1769
		6	28.9	45.4	30.7	5.27	8.31	15939	1850
	安平 4#	0	26.9	42.5	31.4	4.59	8.11	15135	1730
		3	29.0	45.5	31.9	4.99	8.32	16245	1854
		6	30.1	47.1	31.1	4.72	8.24	16931	1974
9/8	安平 7#	3	29.4	43.3	22.7	-	7.43	15153	1888
		6	29.5	43.2	22.7	-	7.45	15757	1947

註： - 為電極異常，故無資料

表 4-15 布袋港水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
9/5	0	25.7	38.4	30.4	-	8.24	13698	1763
	3	28.5	42.2	29.4	-	8.24	15547	1968

註： - 為電極異常，故無資料

表 4-16 馬祖福澳港水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
8/16	0	31.2	51.5	29.0	6.65	7.63	16429	1971
	3	31.1	51.8	29.5	6.90	7.70	16441	1986
	6	31.2	51.6	28.9	7.19	7.76	16214	1961

表 4-17 澎湖港水質量測分析結果(105 年)

取樣日期	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)
8/16	0	31.9	46.9	23.2	-	7.88	16493	2002
	3	31.8	46.9	23.2	-	7.71	16029	1936

註： - 為電極異常，故無資料

第五章 港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理之研究

5.1 研究方法與步驟

本年度為 2 年期計畫之第 2 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)馬祖港福澳、白沙、猛澳青帆與中柱五碼頭區之碼頭與防波堤岸上及水下調查；(2)馬祖港福澳與白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱、福澳碼頭區棧橋式碼頭之鋼樁，鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；(3)臺中港南、北防波堤岸上之水下調查；(4)碼頭與防波堤維護工法探討；(5)建置馬祖港港灣構造物維護管理系統。研究流程如圖 5.1 所示。研究方法與步驟詳述於本章節。

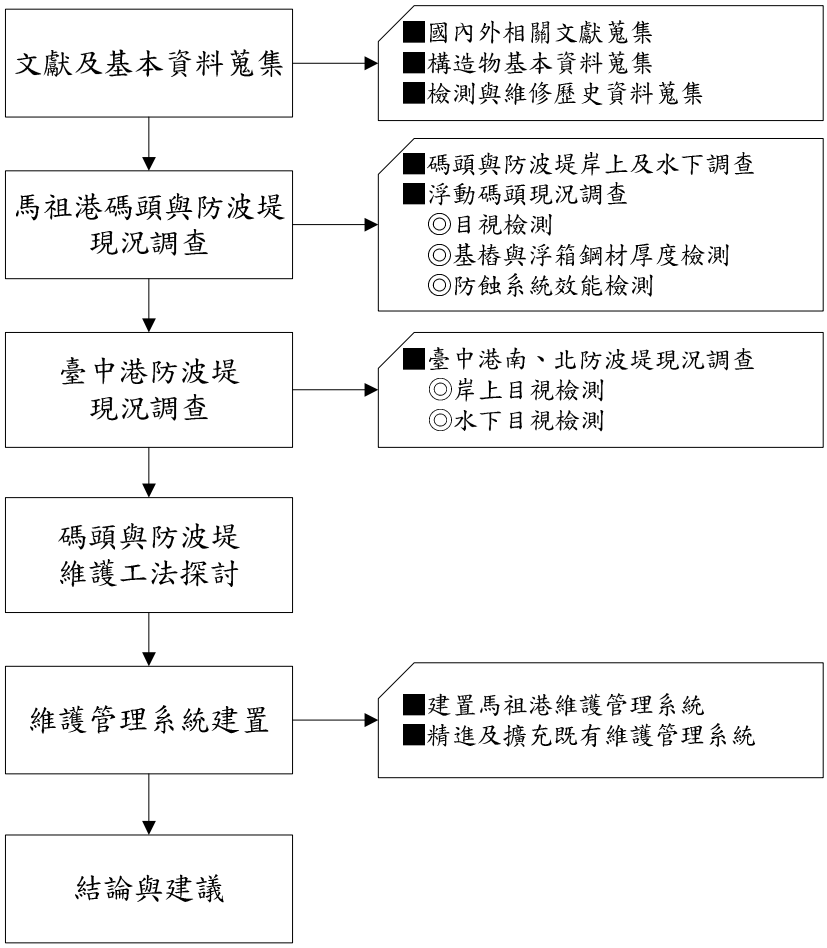


圖 5.1 研究流程圖

5.1.1 構造物基本及檢測維修資料蒐集

5.1.1.1 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。

5.1.1.2 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。

5.1.2 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。

5.1.3 水下目視調查

5.1.3.1 重力式碼頭與防波堤水下目視調查

碼頭面與海床、防波堤堤腳和堤址調查，由潛水人員以目視方式全面進行檢測，如發現混凝土剝落、鋼筋外露、裂縫等破損現象或堤基沖蝕、護基方塊散亂，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。

調查工作包括觀測點(範圍)之原始觀測記錄、位置及相關資料說明的錄影服務。

水下照相或攝影，利用碼頭或防波堤之單元及沉箱號數，作為觀測位置之控制依據。

5.1.3.2 棧橋式碼頭面版底版目視調查

以碼頭每一跨距為一單位逐次實施，由潛水人員以目視方式，全面進行檢測碼頭面版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。

5.1.3.3 棧橋式碼頭基樁目視調查

以碼頭每一跨距為一單位逐次實施，由潛水人員以目視方式，全面進行檢測基樁現況，如發現樁體本身、樁頭與面版接合處或接樁位置等部位有混凝土龜裂、鬆動或剝落等劣化情形或鋼材腐蝕現象，應記錄發生位置及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。

5.1.3.4 棧橋式碼頭護坡目視檢測

以碼頭單元為一單位逐次實施，由潛水人員以目視方式，全面進行檢測碼頭護坡情況，如發現護坡之消坡塊、塊石或護基方塊等保護設施有散亂或流失情形，應記錄發生位置及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。

5.1.4 鋼構造物檢測

5.1.4.1 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+/- 0.1mm，可由接收器直接讀取厚度，其量測原理簡示於圖 5.2。

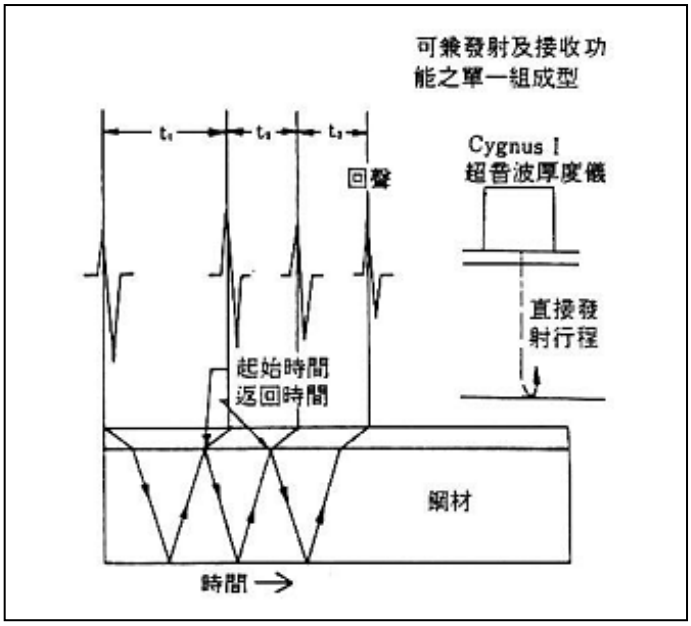


圖 5.2 測厚儀量測之示意圖

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 所示：

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)

5.1.4.2 防蝕系統效能檢測

1. 鋼材保護電位或陽極塊發生電位

陰極防蝕系統效能檢測，通常是以量測鋼材保護電位或陽極塊發生電位來進行，透過高電阻電壓計與檢驗電極，量測鋼構造物的電位，藉由受保護設施(鋼材)之電位分佈狀況，進而判斷其是否處於防蝕狀態。

圖 5.3 為使用海水氯化銀電極進行鋼材保護電位量測之情形，如電位量測數值小於 -780 mV(vs.海水氯化銀電極)，表示鋼材處於防蝕受保護狀態；如大於 -780 mV(vs.海水氯化銀電極)，則鋼材受保護不足，必須檢討防蝕系統配置或增加防蝕材料。圖 5.4 為電位量測結果判斷防蝕效能之示意圖。陽極塊發生電位量測與判斷防蝕成效是否足夠亦同。

電位量測儀器包含高電阻電壓計、參考電極及電位量測儀。水平量測位置多選於在防蝕系統設置地點及其相鄰的中間點。若量測地點不包括陽極塊與陽極塊間之場合，為了解整個防蝕設施電位分佈狀況，亦可於距離陽極塊遠處進行量測。垂直水面方向則以 1 m 間隔為量測原則。棧橋式鋼管樁多以選定最靠近碼頭岸肩之第 1 列樁進行量測。

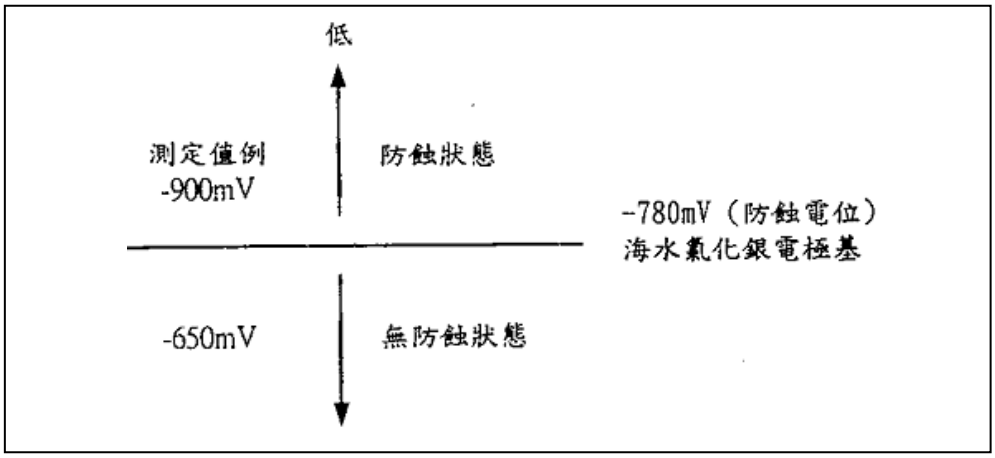


圖 5.3 防蝕效果的判定方法

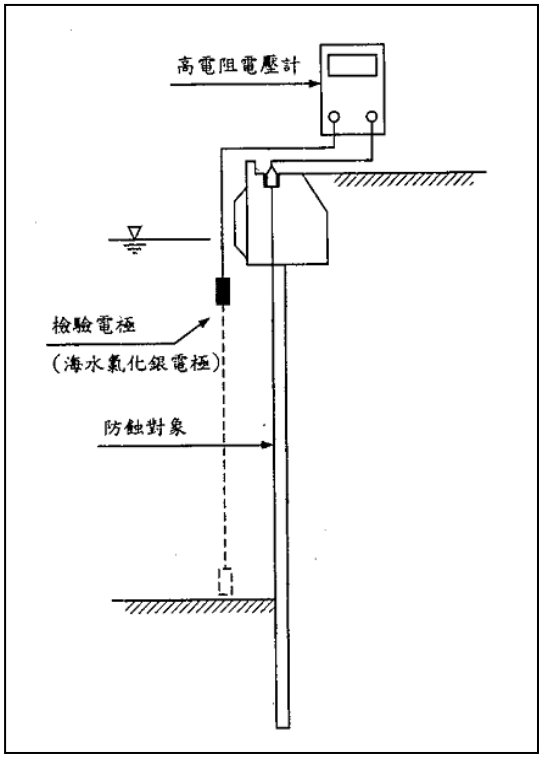


圖 5.4 電位量測示意圖

2. 陽極塊殘存壽命量測

(1) 陽極塊殘存尺寸量測與重量推估：由潛水人員於水中除去陽極塊表面附著物後，依圖 5.5 所示量測其剩餘尺寸，陽極塊殘存重量可由公式 5.3 推估。

陽極塊殘存重量=[$(D/4)^2$×L-蕊棒體積]×陽極密度.....(5.3)

式中：D 為陽極塊殘存之平均周長= $(D_1+D_2+D_3)/3$

D_1 與 D_3 為距殘存陽極塊端頭約 10 cm 處之周長，D_2 為中央處之周長，L 為陽極塊殘存長度。

(2) 陽極塊秤重：由潛水人員於水中切斷陽極塊蕊棒部位後上岸秤重，扣除蕊棒重量，即為陽極塊殘存重量。

(3) 陽極塊殘存壽命計算：由陽極塊每年消耗重量，推估其剩餘之使用壽命。陽極塊年平均消耗量如公式 5.4，殘存壽命計算如如公式 5.5 及 5.6 所示。

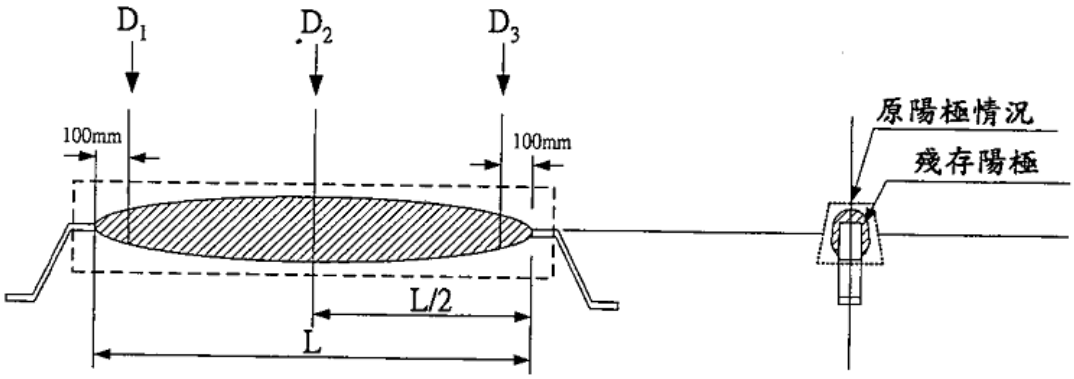


圖 5.5 陽極塊尺寸量測示意圖

陽極塊年平均消耗量=(陽極初期重量-陽極殘存重量)/經過年數

.....(5.4)

殘存壽命=陽極塊殘存重量/陽極塊年平均消耗量.....(5.5)

另外，也可從陽極塊平均發生電流推估其殘存壽命

殘存壽命=(陽極塊殘存重量×有效電氣量)/陽極塊平均發生電流 .....(5.6)

5.1.5 港灣構造物維護管理系統建置

5.1.5.1 建置「馬祖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：(1)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；(2)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；(3)制訂「港灣構造物目視檢測標準」，以供檢測評估之判定準則；(4)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；(5)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，建置馬祖港碼頭及防波堤等構造物相關資料。各模組主要工作項目如下：

1. 基本資料模組

   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」，建置馬祖港福澳、白沙、猛澳青帆與中柱五碼頭區碼頭及防波堤基本資料。

2. 檢測資料模組

   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。

3. 維修排序模組

   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。

4. 維修記錄模組

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。

5. 權限管理模組

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」，進行馬祖港五碼頭區之碼頭及防波堤岸上及水下構件之目視檢測評估。

5.1.5.2 精進及擴充港灣構造物維護管理系統

105 年度除新建馬祖港港灣構造物維護管理系統外，既有系統精進及擴充項目如下：

1. 權限設定功能

精進既有港灣構造物維護管理系統，增加權限設定功能，其功能依使用者不同而異。

2. 檢測模組、維修排序模組之更新

原系統針對經常巡查記錄由以整體碼頭、防波堤與浮動碼頭岸上構件之劣化異狀，填寫其最嚴重的劣化狀況等級，並紀錄其所發生的單元位置、劣化位置、劣化數量與劣化照片等，改為以若各構件有劣化異狀發生，填寫其劣化狀況等級，並紀錄其所發生的單元與位置，記錄量測數量(長度或面積等)，與劣化照片。

3. 各港相關歷史資料之新增與查詢

於”港區基本資料” 之”查詢港灣歷史資料”中，新增包含文件名稱、文件建立日期與文件檔案之選項。

5.2 馬祖港區現況調查

馬祖列島位於臺灣海峽西北方，距離臺灣基隆港約 114 浬，離福建沿海僅約 10 浬。馬祖列島由十個島嶼所組成，除南竿、北竿、西莒、東莒及東引等 5 個島外，其餘屬較小之無人島嶼。早期往來各島間之航運均使用軍方設立之碼頭設施，近年來政府因應發展需要，於 5 個島嶼闢建碼頭設施，並於民國 86 年 11 月 26 日指定為國內商港。圖 5.6 為馬祖港與臺灣相對位置圖。

馬祖港由 5 個島嶼之碼頭組成，包括南竿鄉福澳碼頭區、北竿鄉白沙碼頭區、莒光鄉青帆(西莒)與猛澳(東莒)碼頭區及東引鄉中柱碼頭區，各碼頭區位置如圖 5.7 所示。由於馬祖列島特殊的環境與位置，4 鄉 5 島間長期以來均依靠船運補充民生物資。因此，海上運輸是否順暢成為地區發展的重要關鍵，為利未來永續之發展，相關港區碼頭與防波堤等構造物之維護管理就顯得特別重要。

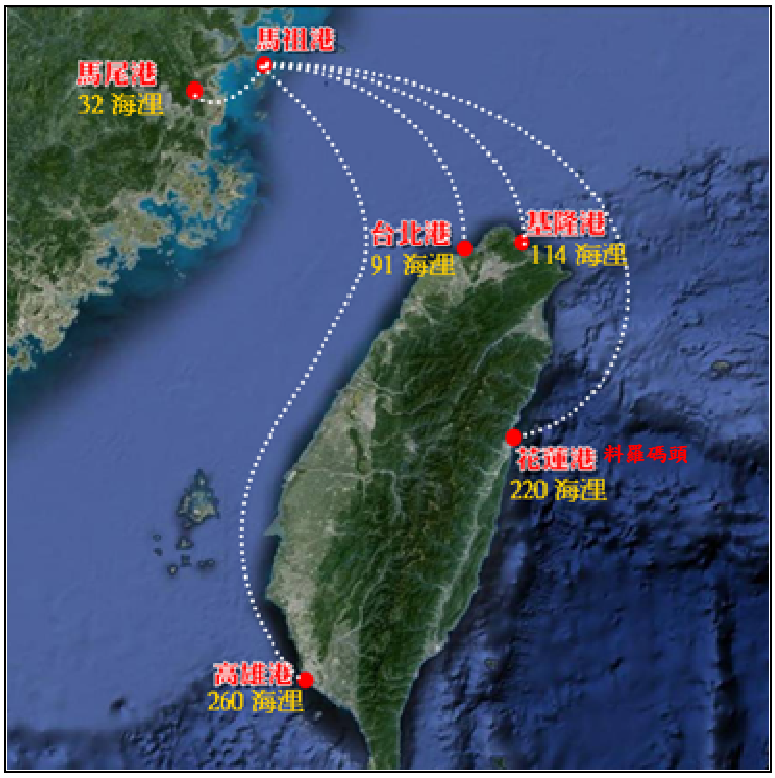


圖 5.6 馬祖港與臺灣相對位置圖

圖 5.7 馬祖港四鄉五碼頭區相對位置圖

為確保馬祖港五碼頭區之港埠設施之正常運作、增進維護管理效能與瞭解設施現況，本計畫將針對其碼頭及防波堤進行現地調查作業及參考基隆港、花蓮港及金門港等之維護管理系統，建置馬祖港港灣構造物維護管理系統，作為連江縣港務處執行港埠設施維護管理作業依據。

5.2.1 馬祖港五碼頭區基本資料調查

5.2.1.1 福澳碼頭區

本碼頭區位於連江縣政經中心之南竿島北側福澳灣，如圖 5.8 所示。港域面積約 90.75 公頃，包括水域面積 70.36 公頃及陸域面積 20.39 公頃，為馬祖港五個碼頭區中最大者，臺馬航線主要港口與馬祖各島際海上交通之樞紐，也是小三通重要的通商口岸。

碼頭區平面配置如圖 5.9 所示，主要港埠設施如下：

(1)外廓防波堤：為拋石式防波堤，總長度為 684.8m，斷面圖如圖 5.10 所示。

(2)碼頭：包含 1~4 號碼頭，南 1 號碼頭(S1)、南 2 號碼頭(S2)、南 3-1 號碼頭(S3-1)、南 3-2 號碼頭(S3-2)與東 1 號碼頭(E1)，詳如表 5-1 所示。碼頭斷面圖如圖 5.11~圖 5.17 所示。

圖 5.8 福澳碼頭區位置圖

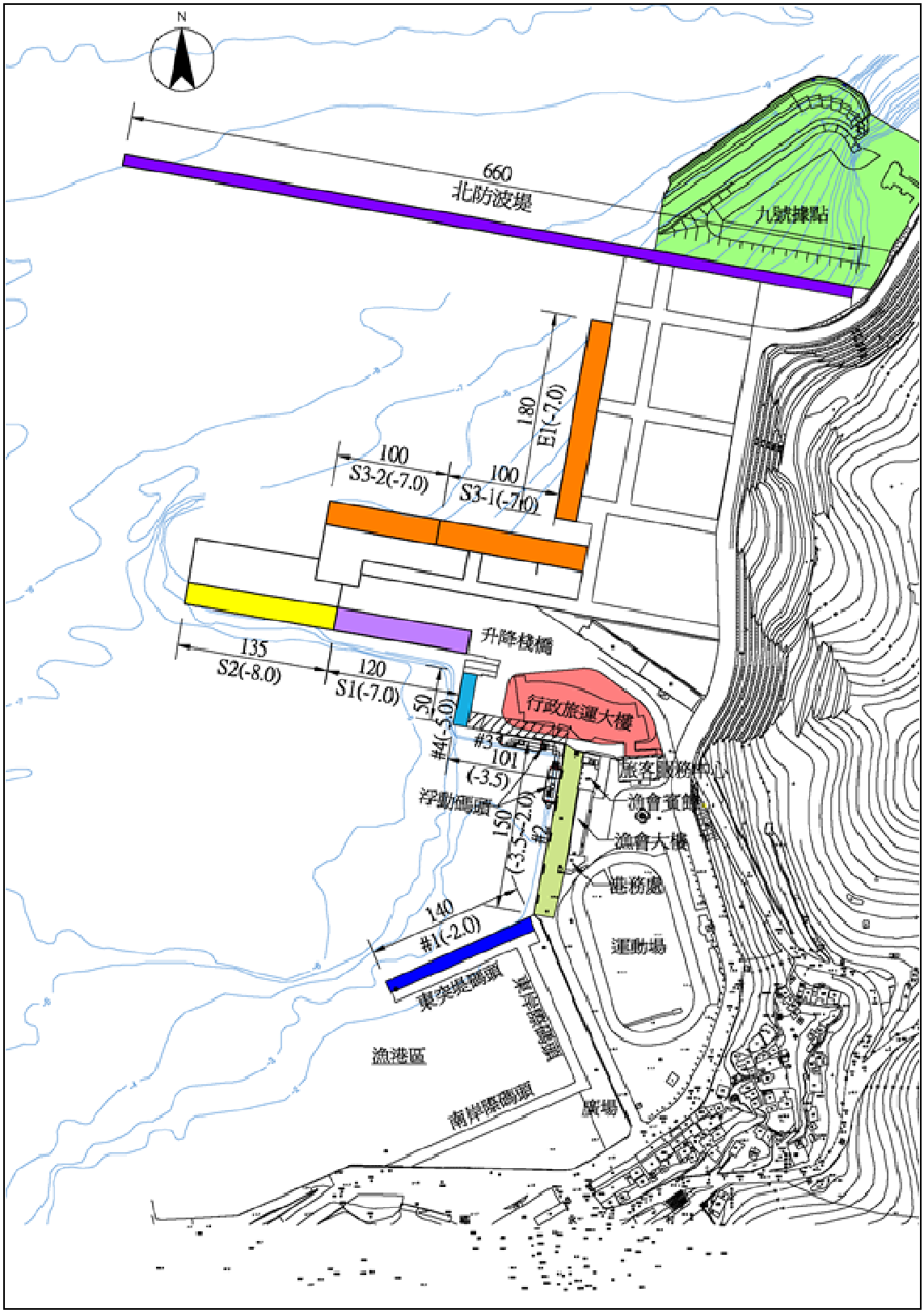


圖 5.9 福澳碼頭區平面圖

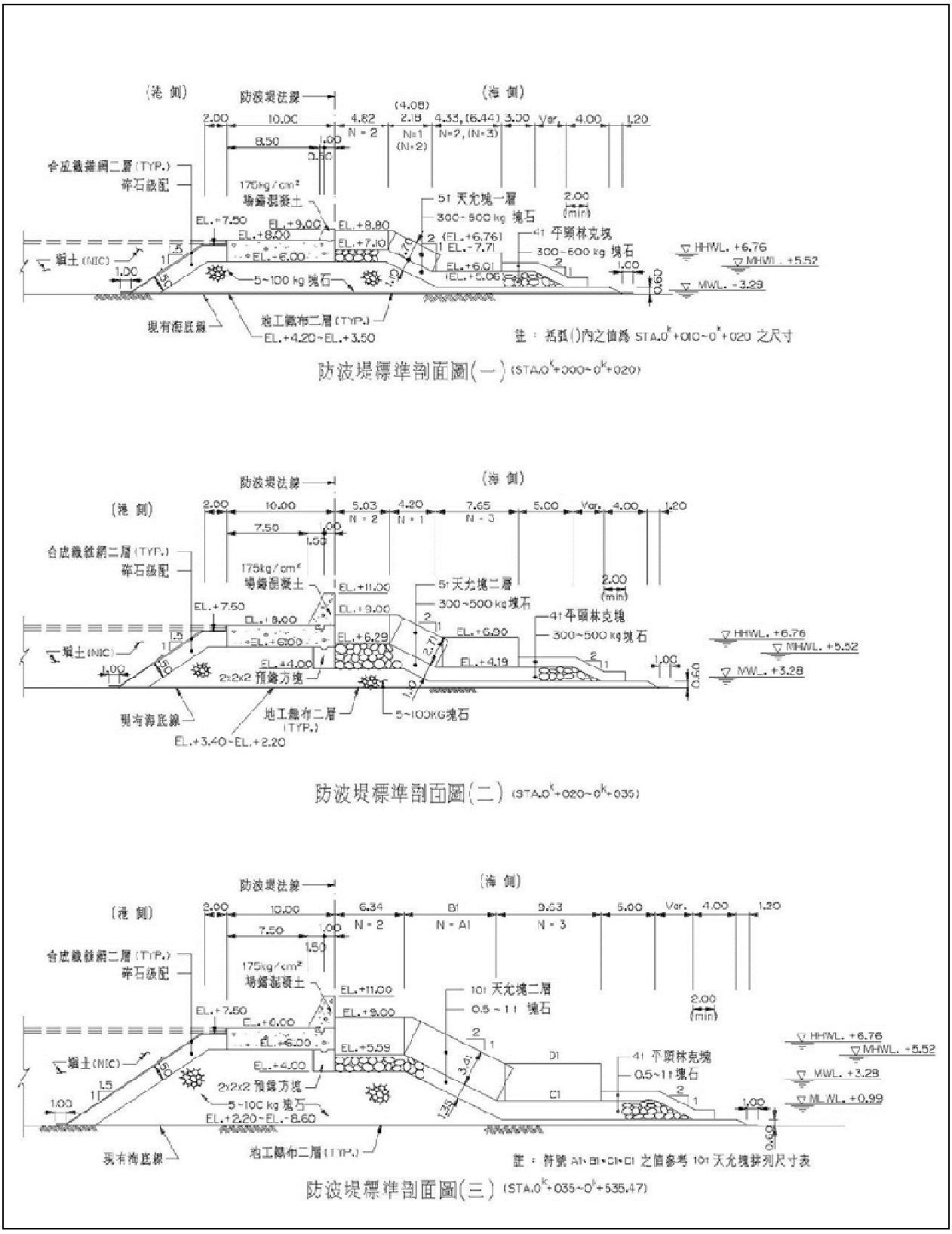


圖 5.10 福澳碼頭區北防波堤標準斷面圖

表 5-1 福澳碼頭區碼頭基本資料

碼頭編號	長度(m)	水深(m)	用途	後線設施	備註
#1	140	-2.0	島際小貨輪	突堤碼頭寬20m	小貨輪碼頭
#2	150	-3.5~-2.0	島際客輪	漁會、港務處及加油站	島際客輪碼頭
#3	101	-3.5	客輪/小三通客輪	行政旅運大樓(105.08施工中)	40m供拖船/巡防艇使用
#4	50	-5.0	軍方船艇		
S1	120	-7.0	客輪(台馬輪、合富輪)/貨輪		附升降坡道長30m
S2	135	-8.0	貨輪	露置場	
S3	200	-7.0	貨輪	露置場(105.08施工中)	50m供港勤船使用
E1	180	-7.0	貨輪	露置場(105.08施工中)	

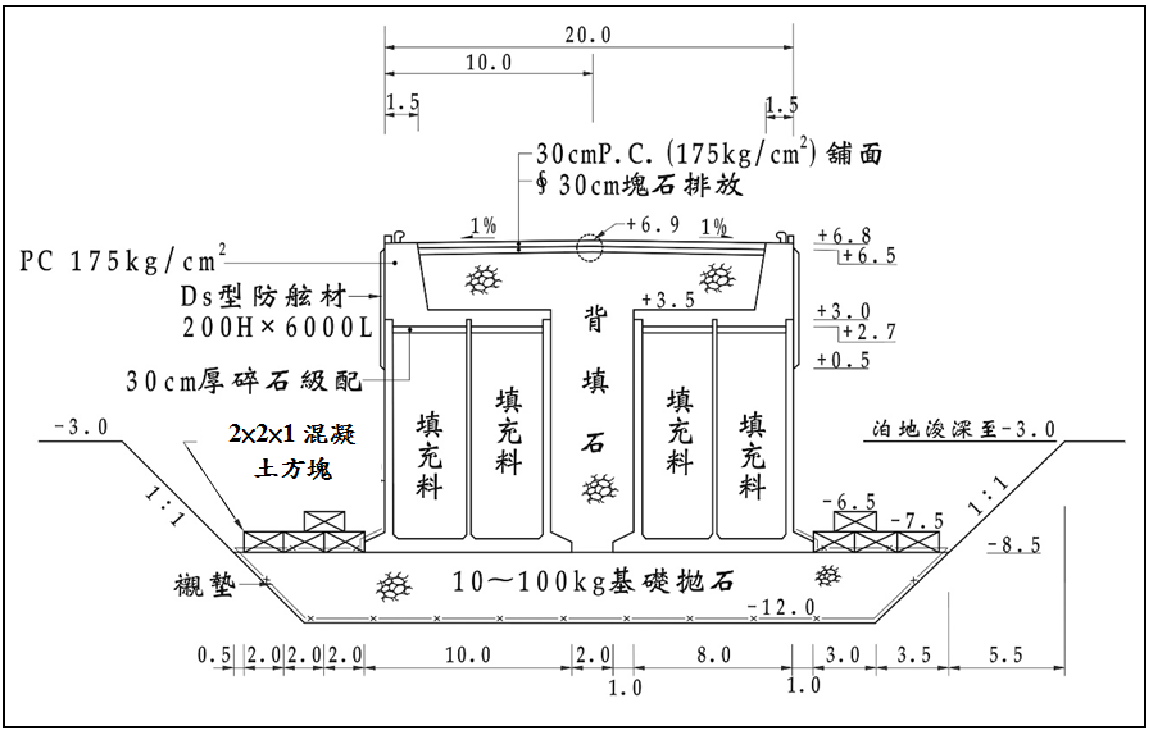


圖 5.11 福澳碼頭區 1 號(#1)碼頭標準斷面圖-1

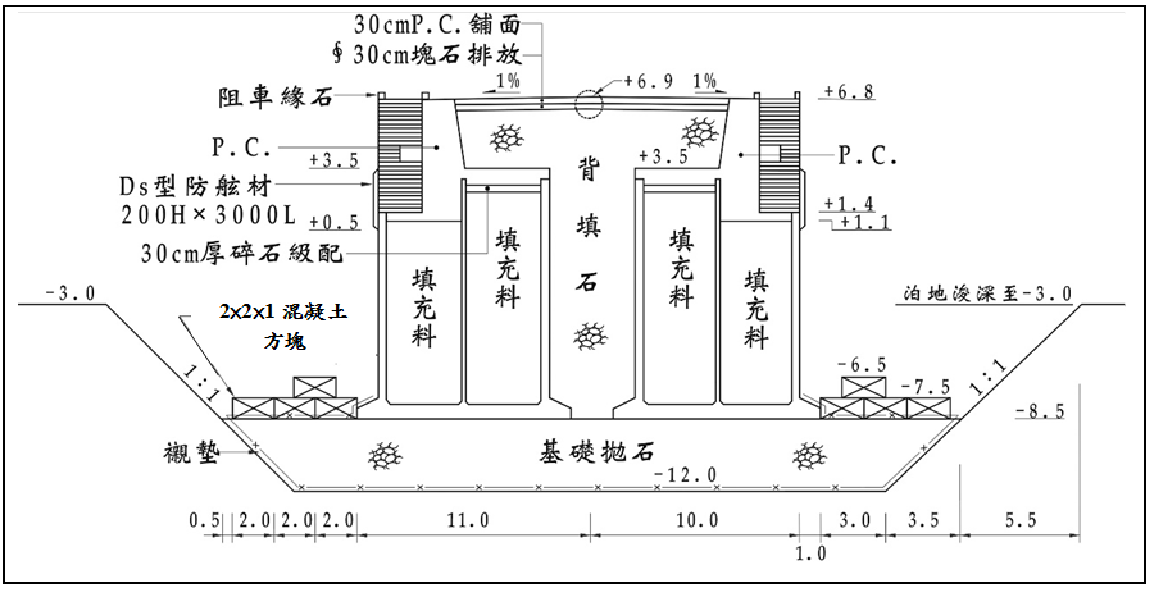


圖 5.12 福澳碼頭區 1 號(#1)碼頭標準斷面圖-2

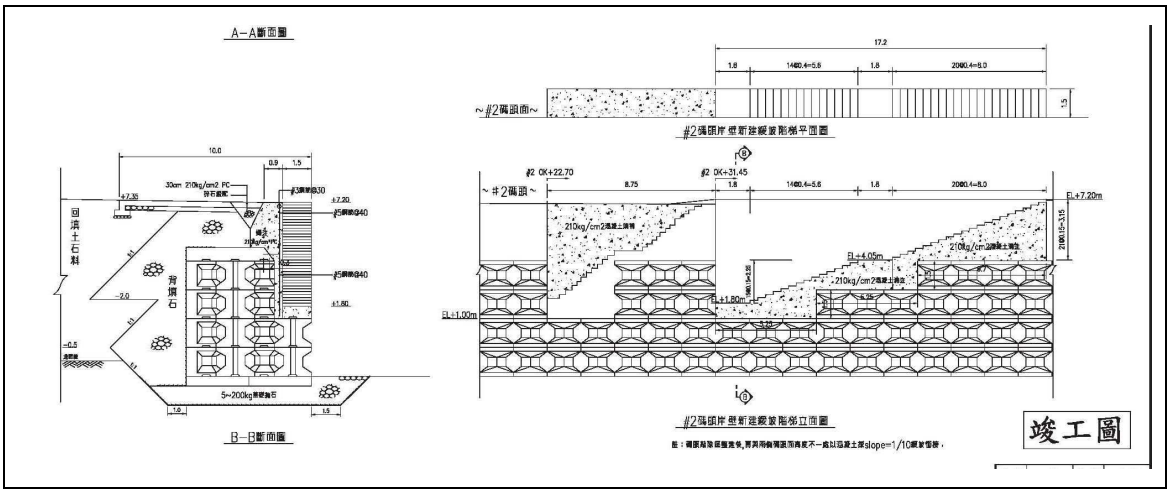


圖 5.13 福澳碼頭區 2 號(#2)碼頭標準斷面圖

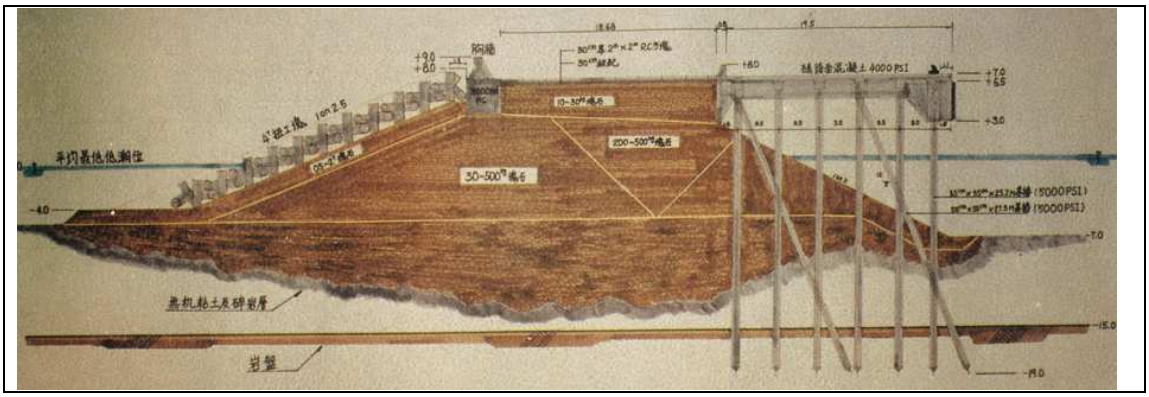


圖 5.14 福澳碼頭區 S2 碼頭標準斷面圖

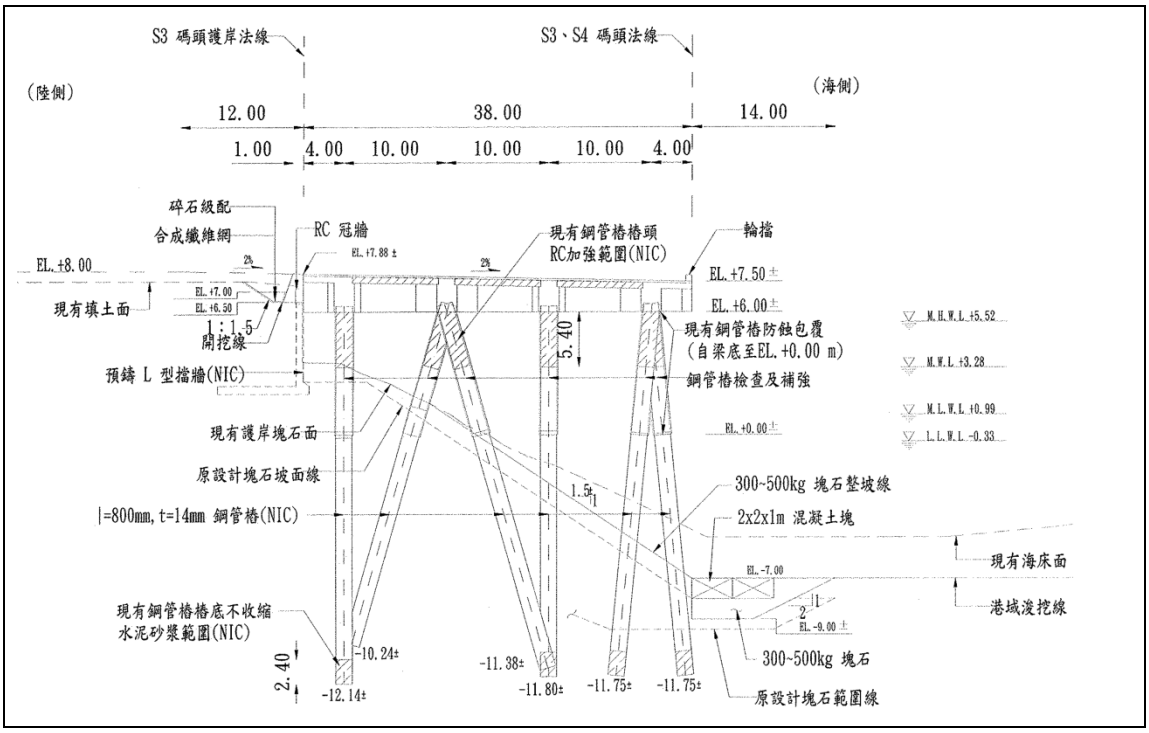


圖 5.15 福澳碼頭區 S3 0K+000~0K+080 碼頭標準斷面圖

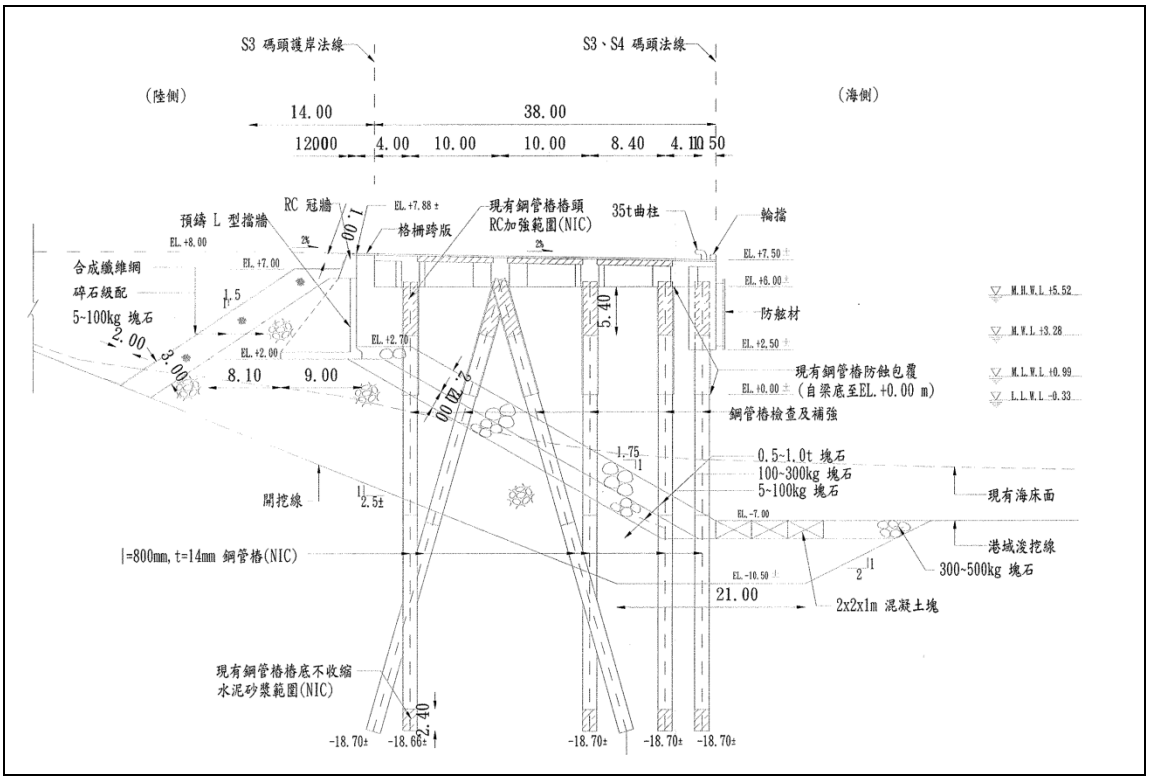


圖 5.16 福澳碼頭區 S3 0K+080~0K+150 碼頭標準斷面圖

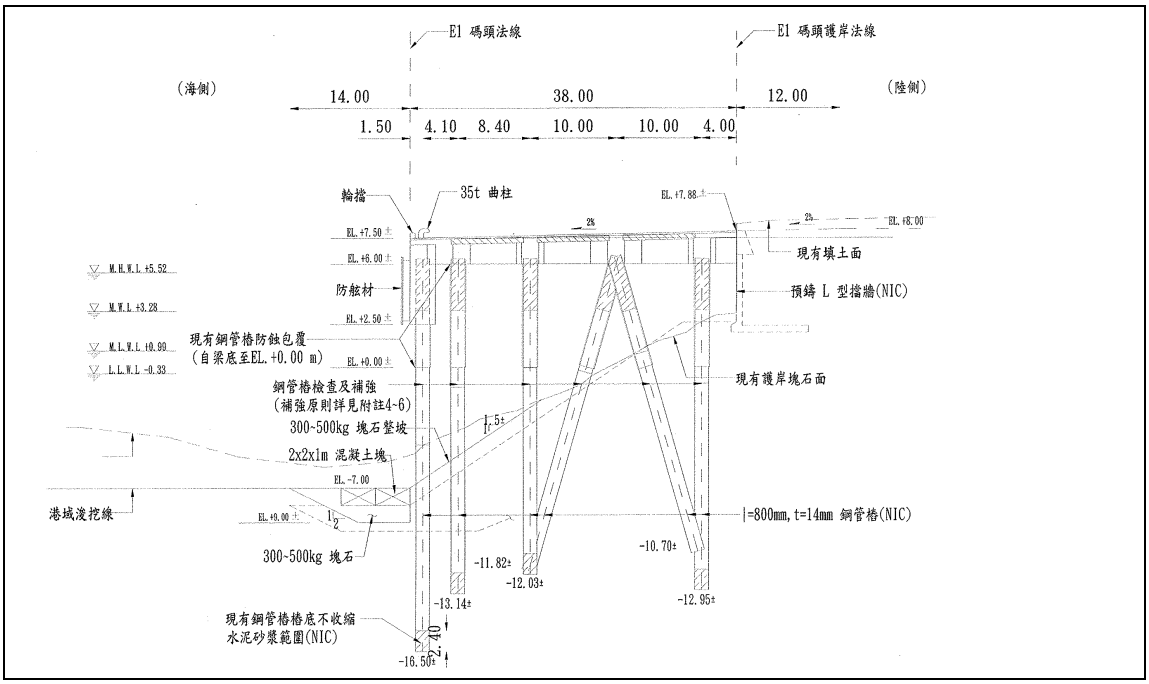


圖 5.17 福澳碼頭 E1 0K+150~0K+182 碼頭標準斷面圖

圖 5.18 為福澳碼頭區民國 105 年 8 月調查時現況照片，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 5.2.3 中。

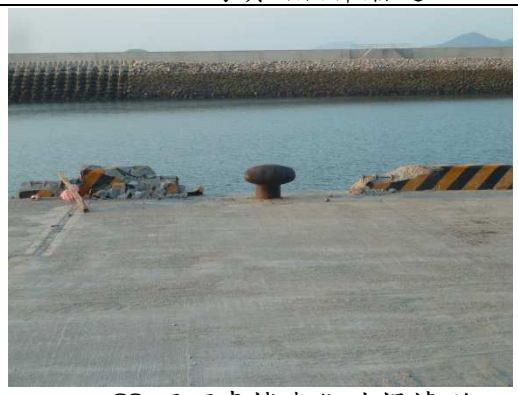
 1 號碼頭側視	 1 號碼頭岸上情形
 2 號碼頭(含 F1 浮動碼頭)側視	 2 號碼頭階梯側視

 浮動碼頭 E 區基樁	 3 號碼頭(含 F2 浮動碼頭)側視
 3 號碼頭側視	 3 號碼頭 RC 基樁與防舷材
 4 號碼頭斜坡段	 4 號碼頭停靠港勤船情形
 4 號碼頭 Ro-Ro 段	 S1 碼頭停靠台華輪情形


S2 碼頭車擋劣化破損情形


S2 碼頭面版伸縮縫


S3 碼頭鋼管樁


S3 碼頭車擋劣化破損情形


E1 碼頭鋼管樁


北防波堤燈塔

圖 5.18 福澳碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

5.2.1.2　白沙碼頭區

本碼頭區位於北竿島西南白沙村海岸，如圖 5.19 所示。港域面積約 14.43 公頃，包括水域面積 10.09 公頃及陸域面積 4.34 公頃。碼頭區可分為內港區與外港區，外港區包括南、北兩座碼頭，主要供貨輪靠泊。內港區為一小型船渠，為淺水碼頭，供交通船、小貨船及漁船靠

泊。

碼頭區平面配置如圖 5.20 所示，主要港埠設施如下：

(1)北防波堤：屬於拋石堤，長 135m，標準斷面圖如圖 5.21 所示。

(2)南防波堤：拋石堤，長 130m，標準斷面圖如圖 5.22 所示。

(2)碼頭：包含南、北碼頭、淺水碼頭與浮動碼頭，詳如表 5-2 所示，其標準斷面圖分別如圖 5.23 至圖 5.25 所示。

圖 5.19 白沙碼頭區位置圖

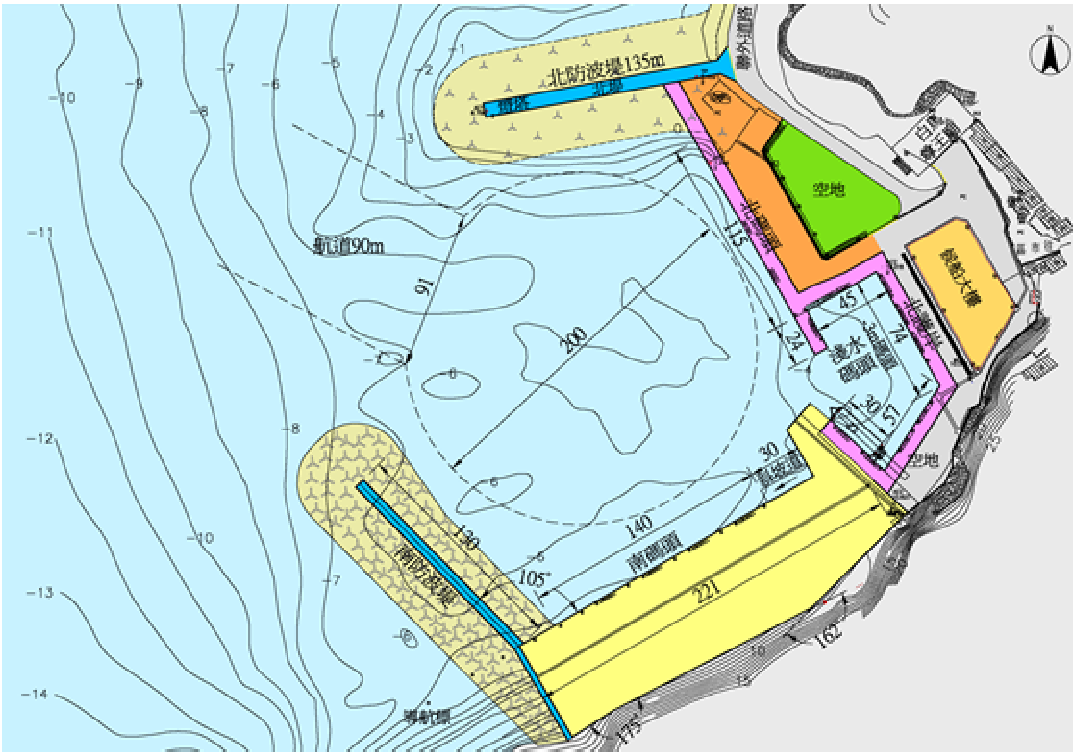


圖 5.20 白沙碼頭區平面圖

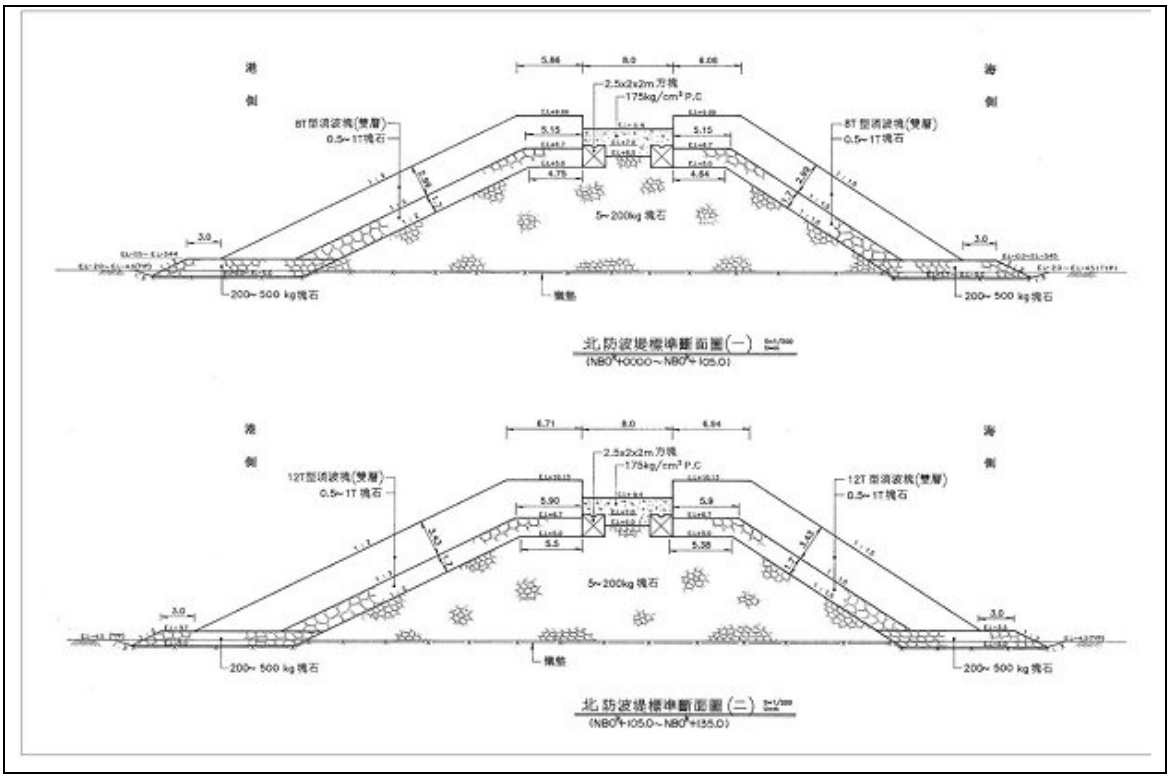


圖 5.21 白沙碼頭區北防波堤標準斷面圖

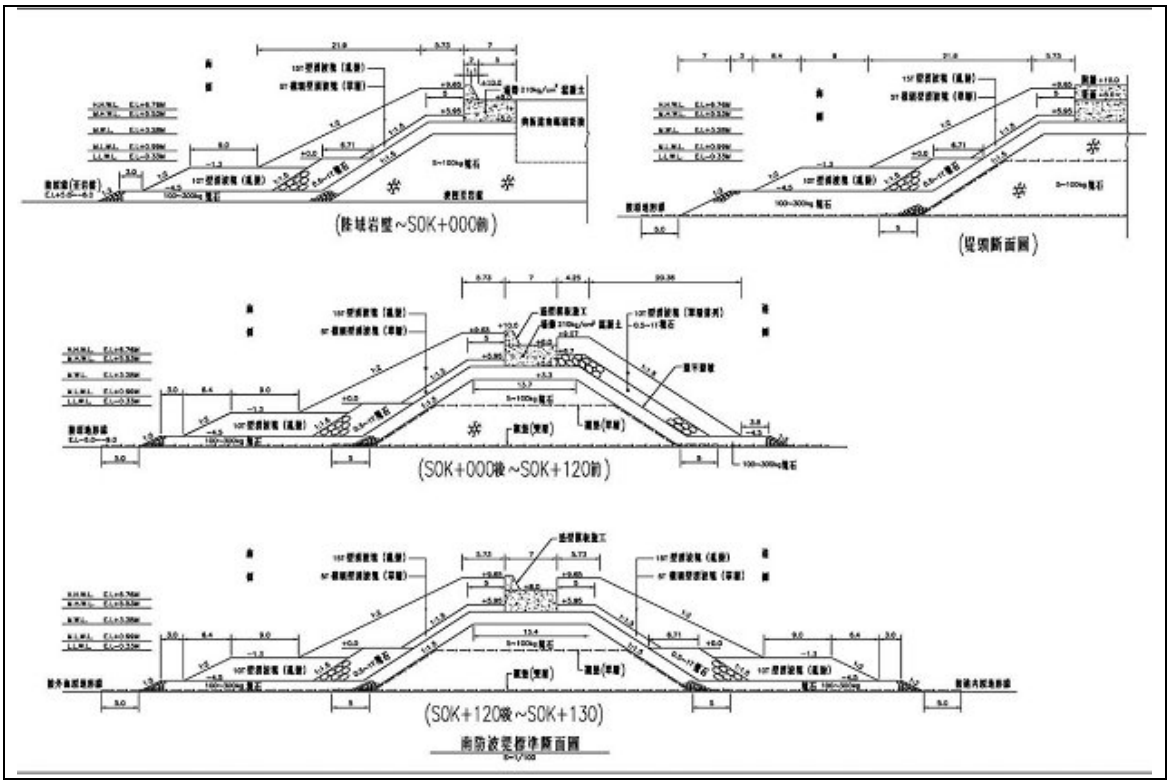


圖 5.22 白沙碼頭區南防波堤標準斷面圖

表 5-2 白沙碼頭區碼頭基本資料

碼頭名稱	長度 (m)	水深 (m)	用途	型式	後線設施
北碼頭	174	-5.0	貨輪	重力式	露置場 (24m×100m)
南碼頭	190	-5.0	貨輪	重力式	露置場 (54m×220m)
淺水碼頭	256	-3.0	客船/小貨船/漁船	重力式	候船大樓
浮動碼頭	30	-3.0	客輪	基樁固定式	無

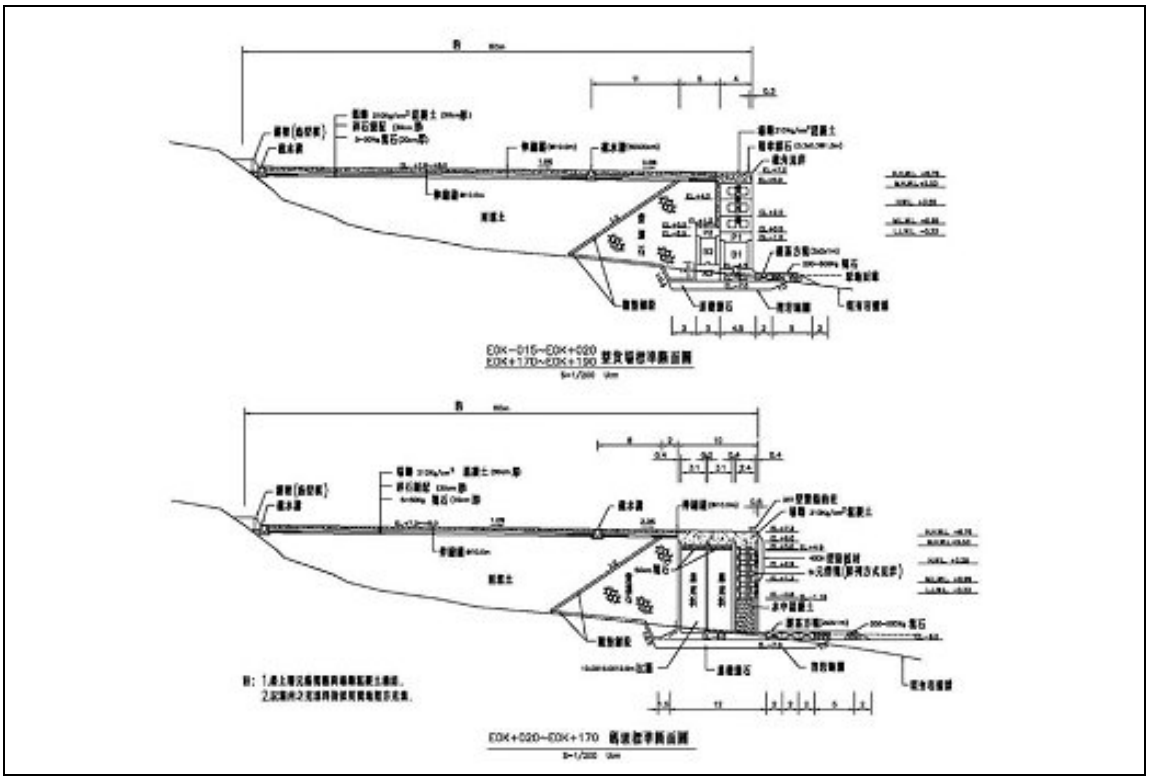


圖 5.23 白沙碼頭區南碼頭標準斷面圖

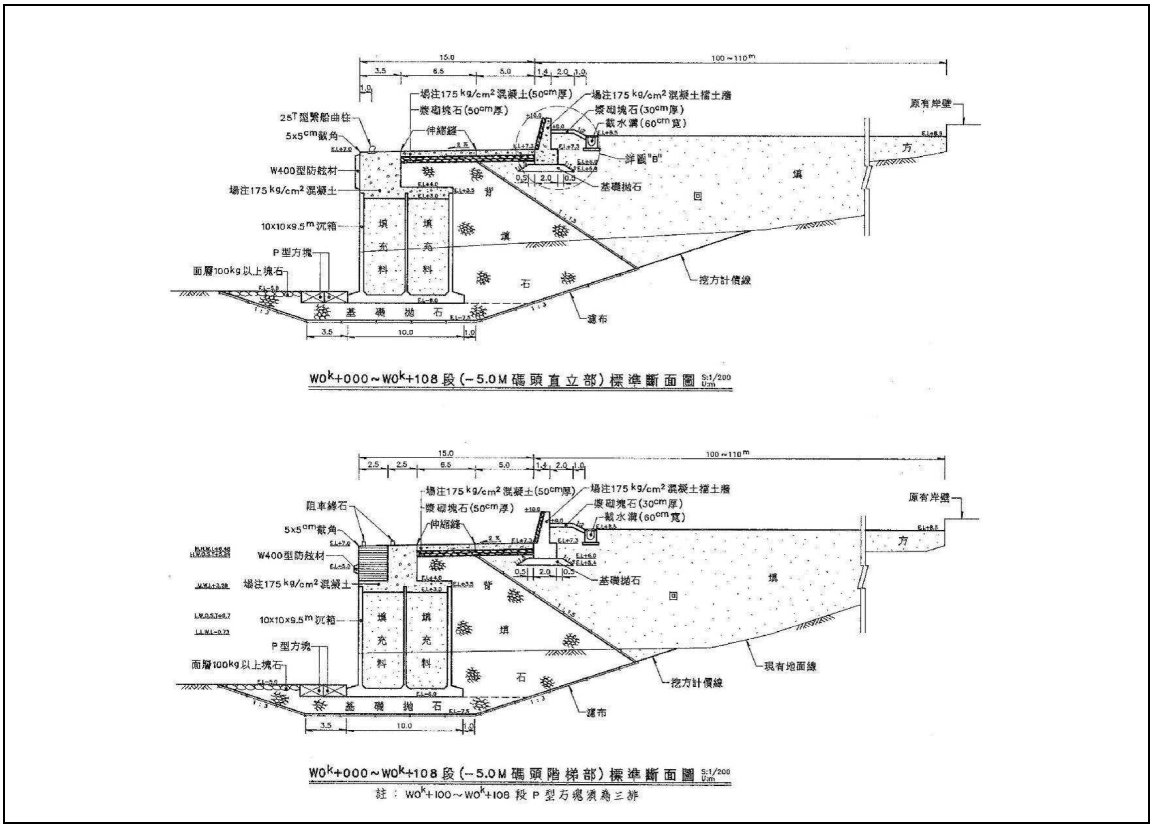


圖 5.24 白沙碼頭區北碼頭標準斷面圖

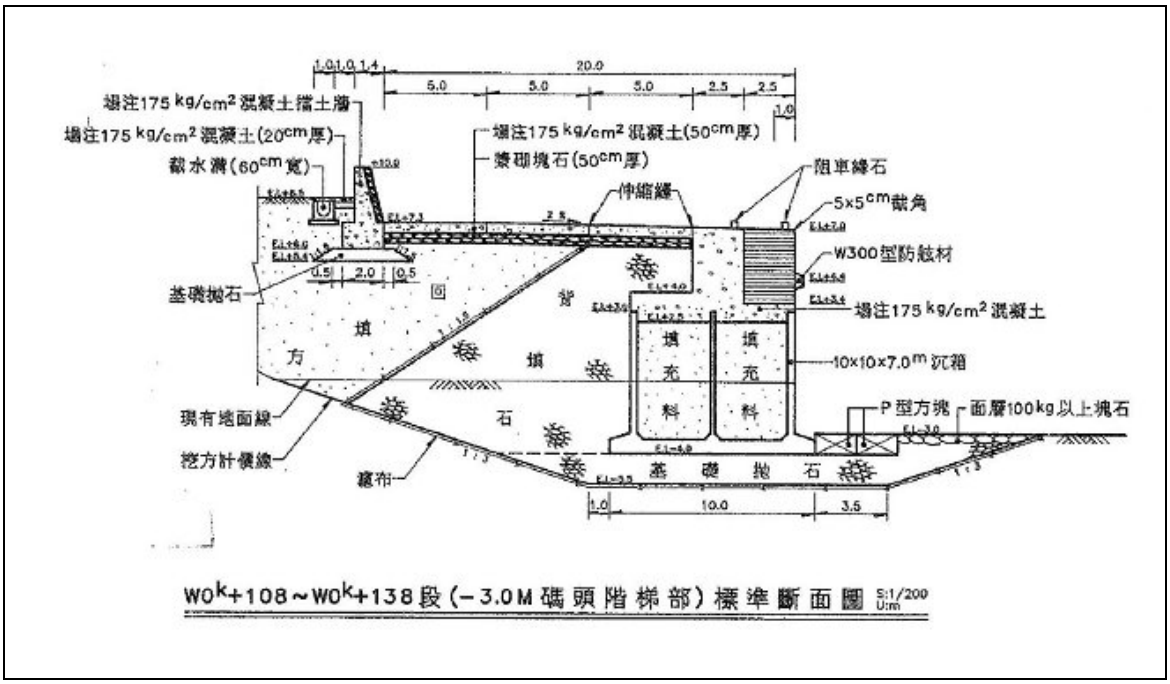


圖 5.25 白沙碼頭區淺水碼頭標準斷面圖

圖 5.26 為白沙碼頭區民國 105 年 8 月調查時港區構造物現況，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 5.2.3 中。


白沙浮動碼頭


白沙浮動碼頭靠船情形


南碼頭與斜坡道


南碼頭車擋劣化破損情形

南碼頭斜坡道防舷材

南防波堤

淺水碼頭-1

淺水碼頭-2

北碼頭

北碼頭車擋劣化破損情形

北防波堤

北防波堤堤面間隙

圖 5.26 白沙碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

5.2.1.3 青帆碼頭區

本碼頭區位於西莒棋盤山西側海岸，如圖 5.27 所示。港域面積約 14.51 公頃，包括水域面積 12.33 公頃及陸域面積 2.18 公頃。港池主要由南防波堤及內堤所圍出之兩個水域所構成，南防波堤內側(北側)兼碼頭使用，內堤(北側)亦兼碼頭使用。

碼頭區平面配置如圖 5.28 所示，主要港埠設施如下：

(1)南防波堤：150m 長防波堤，堤線方向為東西向，主要阻擋南來之波浪。

(2)內堤：位於南防波堤北側，內側亦兼碼頭，長度為 90m。

(3)碼頭：包含南防波堤兼碼頭與內堤兼碼頭，詳如表 5-3 所示，其標準斷面圖分別如圖 5.29、圖 5.30 所示。

圖 5.27 青帆碼頭區位置圖

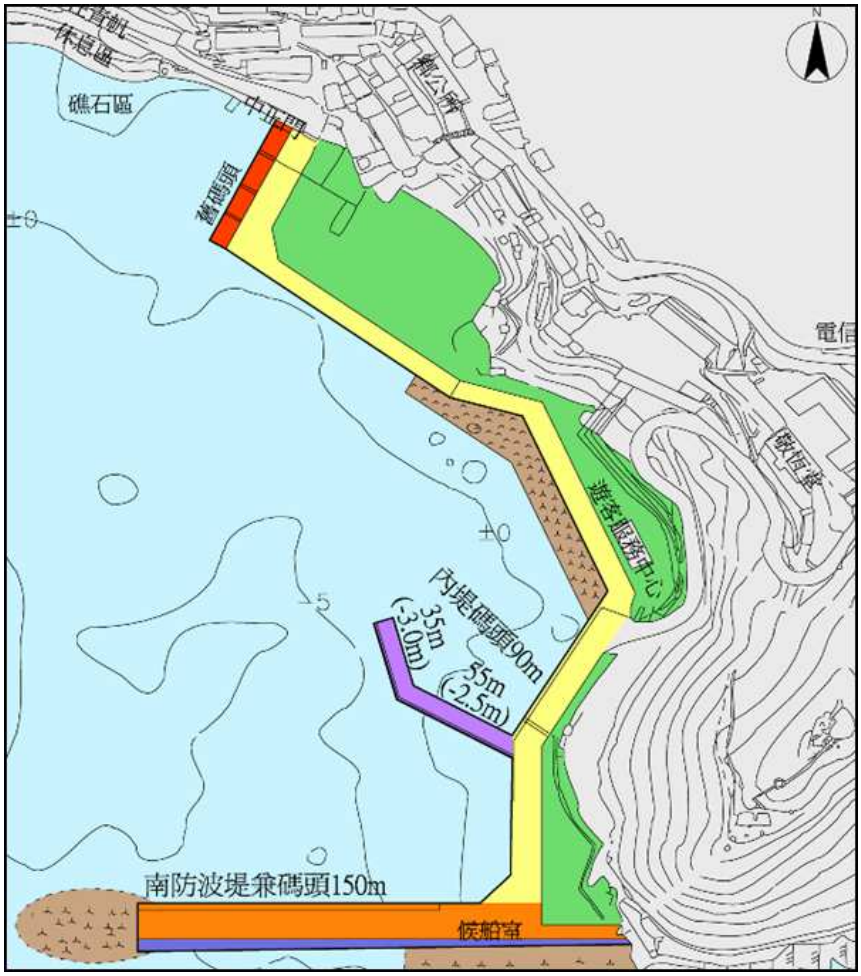


圖 5.28 青帆碼頭區平面圖

表 5-3 青帆碼頭區碼頭基本資料

碼頭名稱	長度(m)	水深(m)	用途	型式
南防波堤兼碼頭	150	-5.0	客輪/貨輪	重力式
內堤兼碼頭	90	-2.5~-3.0	漁船/客輪	重力消波式

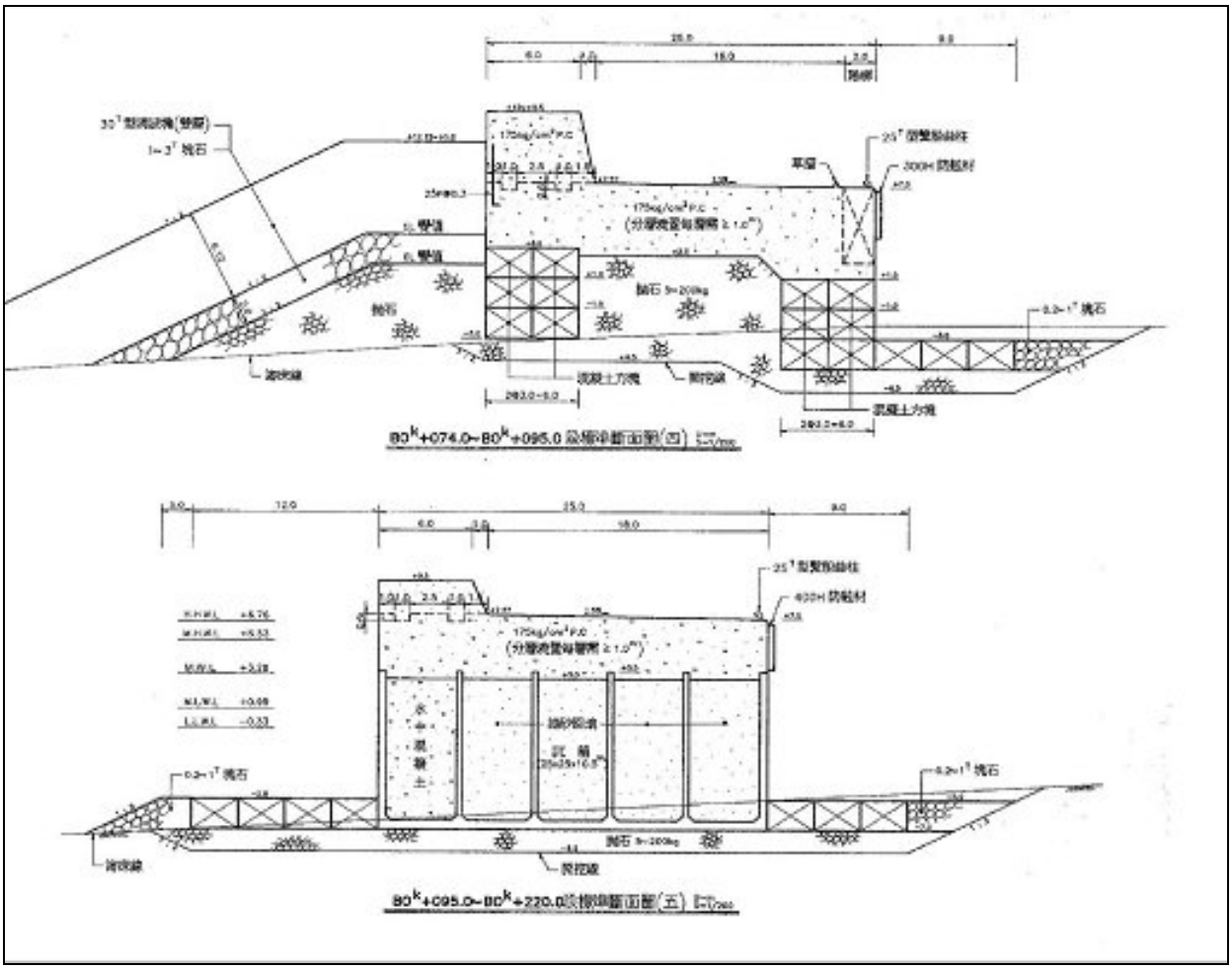


圖 5.29 青帆碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖

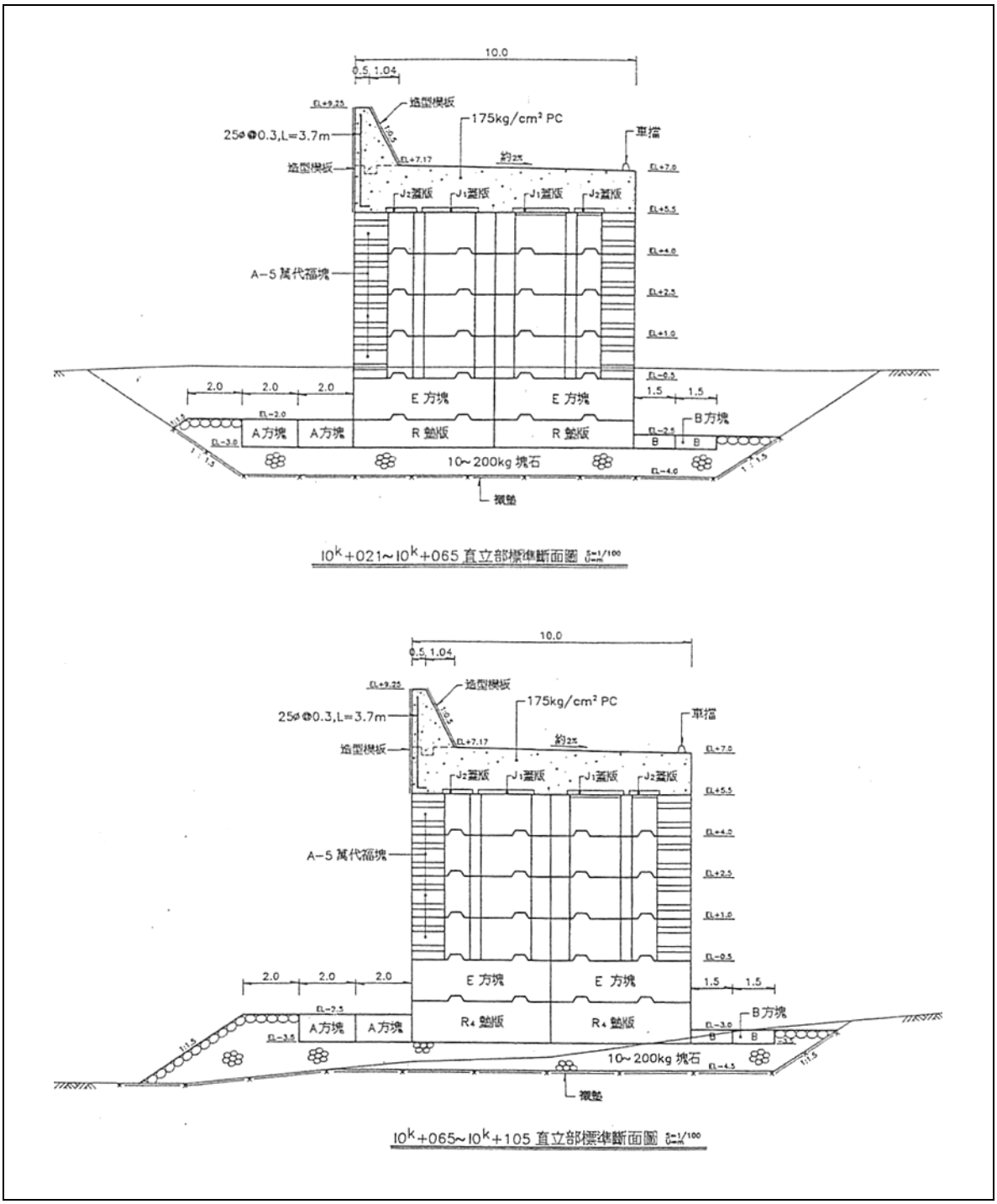


圖 5.30 青帆碼頭區內堤兼碼頭標準斷面圖

圖 5.31 為青帆碼頭區民國 105 年 8 月調查時港區構造物現況，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 5.2.3 中。

南防波堤兼碼頭

南防波堤兼碼頭岸上搭船階梯

南防波堤兼碼頭車擋劣化情形 1

南防波堤兼碼頭車擋劣化情形 1

南防波堤兼碼頭靠船情形

南防波堤兼碼頭現場調查情形

南防波堤兼碼頭消波塊

內堤兼碼頭 1

圖 5.31 青帆碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

5.2.1.4 猛澳碼頭區

本碼頭區位於位於莒光鄉東莒村猛澳西側海岸，如圖 5.32 所示。港域面積約 14.8 公頃，包括水域面積 13.73 公頃及陸域面積 1.07 公頃。主要利用突岬地形興建防波堤構成，供貨輪及交通使用，由於受季節波浪影響，往來之船舶冬天靠泊於防波堤南側，夏天靠泊於防波堤北側，以避風浪。

碼頭區平面配置如圖 5.33 所示，主要港埠設施如下：

(1)外廓防波堤：防波堤(含兼碼頭部分)，總長為 156m。

(2)碼頭：包含南防波堤兼碼頭與小艇碼頭，詳如表 5-4 所示，南防波堤兼碼頭之標準斷面圖，如圖 5.34 所示。

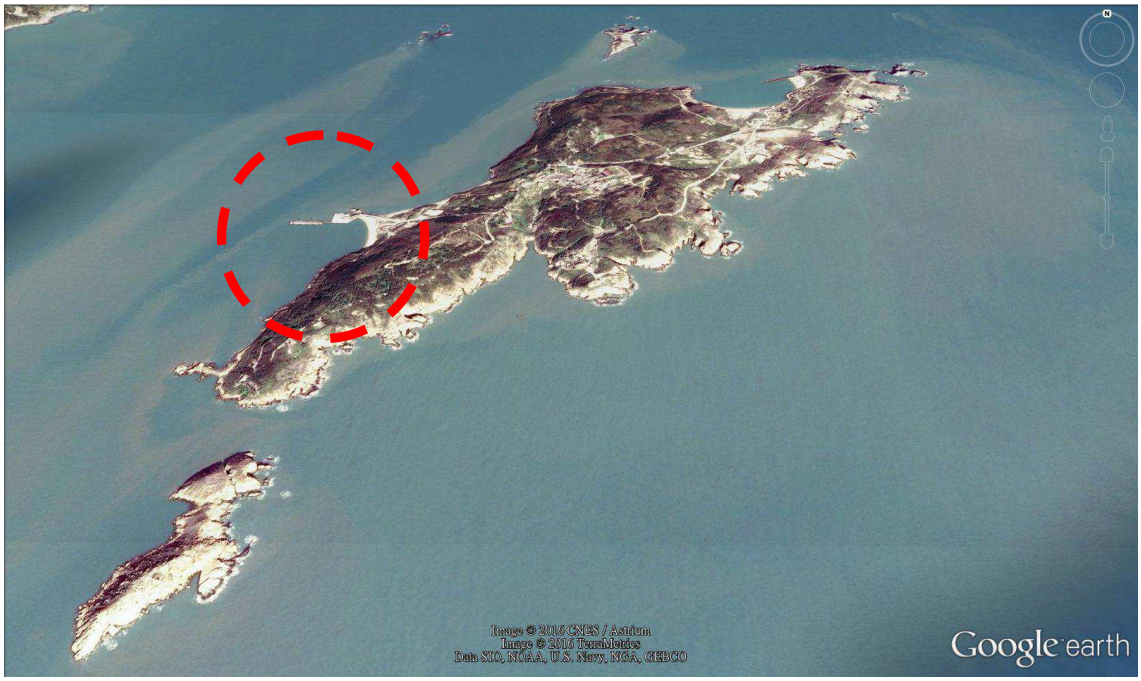


圖 5.32 猛澳碼頭區位置圖

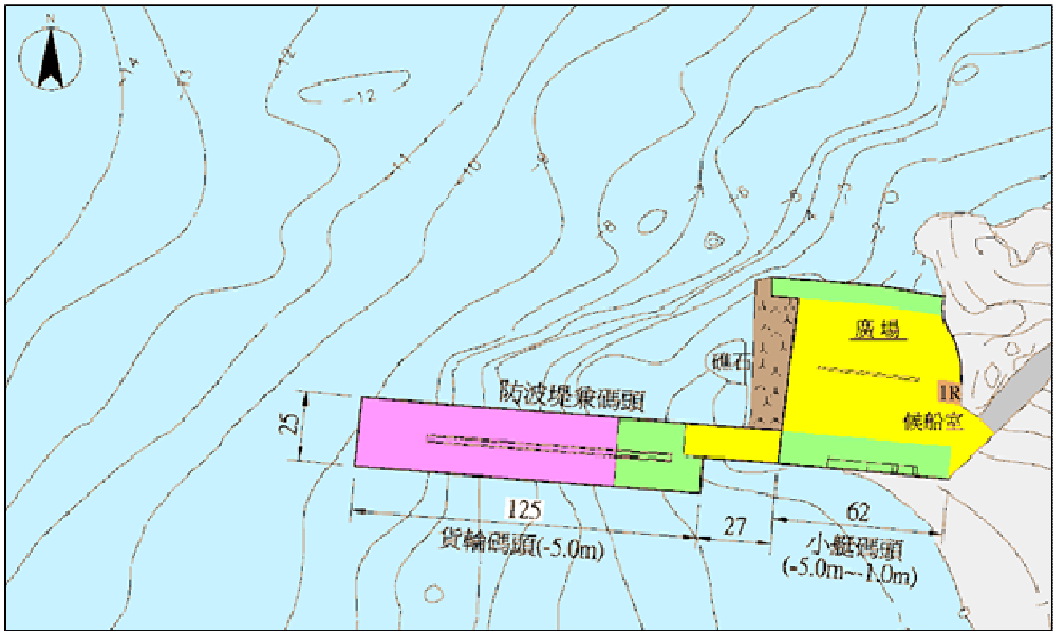


圖 5.33 猛澳碼頭區平面圖

表 5-4 猛澳碼頭區碼頭基本資料

碼頭名稱	長度 (m)	水深 (m)	用途	型式	備註
南防波堤兼碼頭	125	-5.0	客輪/貨輪	沉箱重力式	冬天船靠南側，夏天靠北側。
小艇碼頭	62	-0.5~-1.0	小客輪	重力式	

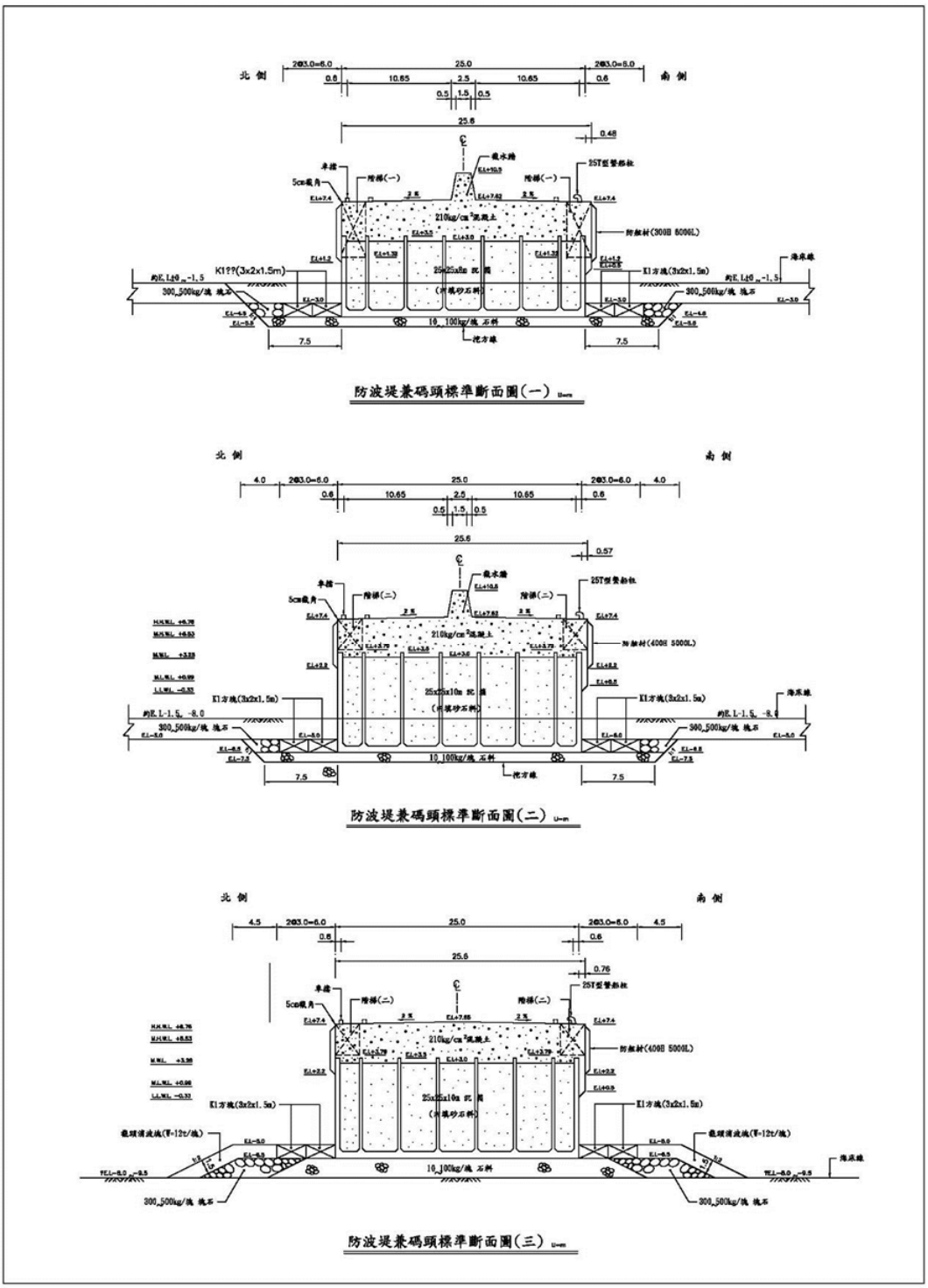
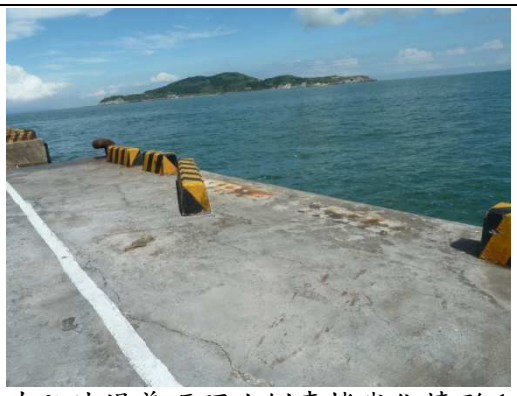


圖 5.34 猛澳碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖

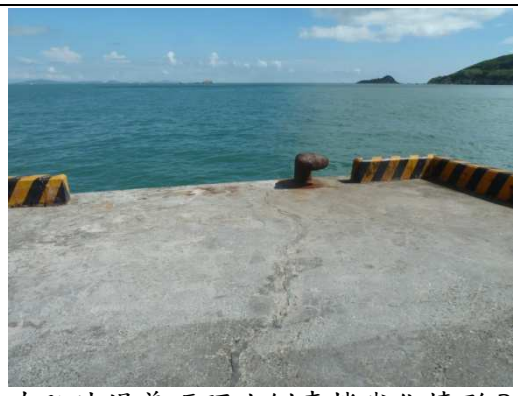
圖 5.35 為猛澳碼頭區民國 105 年 8 月調查時港區構造物現況，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 5.2.3 中。

南防波堤兼碼頭北側

南防波堤兼碼頭南側



南防波堤兼碼頭北側車擋劣化情形 1



南防波堤兼碼頭北側車擋劣化情形 2

南防波堤兼碼頭南側車擋劣化情形 1

南防波堤兼碼頭南側車擋劣化情形 2

小艇碼頭

小艇碼頭銜接連絡道路段

圖 5.35 猛澳碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

5.2.1.5 中柱碼頭區

本碼頭區位於連江縣政經中心之南竿島北側福澳灣，如圖 5.36 所示。港區範圍可區分為南防波堤兼碼頭、突堤碼頭、西突堤碼頭與小船碼頭。南防波堤前段內側(北側)由於水域寬廣，加上水深在-7m 以上，故作為碼頭供大型客貨輪如臺馬輪、合富輪等靠泊。另為提供小船避風設施，保障小型船舶停泊安全，漁港區北側為長 120m 之西突堤，可圍出突堤碼頭、西突堤碼頭與小船碼頭。

碼頭區平面配置如圖 5.37 所示，主要港埠設施如下：

(1)拋石式防波堤，總長 164m。

(2)防波堤東端內側兼碼頭，升降臺 30m 長，及 116m 長-7.0m 深碼頭。

(3)碼頭：包含南防波堤兼碼頭、突堤碼頭、西突堤碼頭與小船碼頭，詳如表 5-5 所示，其標準斷面圖如分別如圖 5.38 至圖 5.42 所示。

圖 5.36 中柱碼頭區位置圖

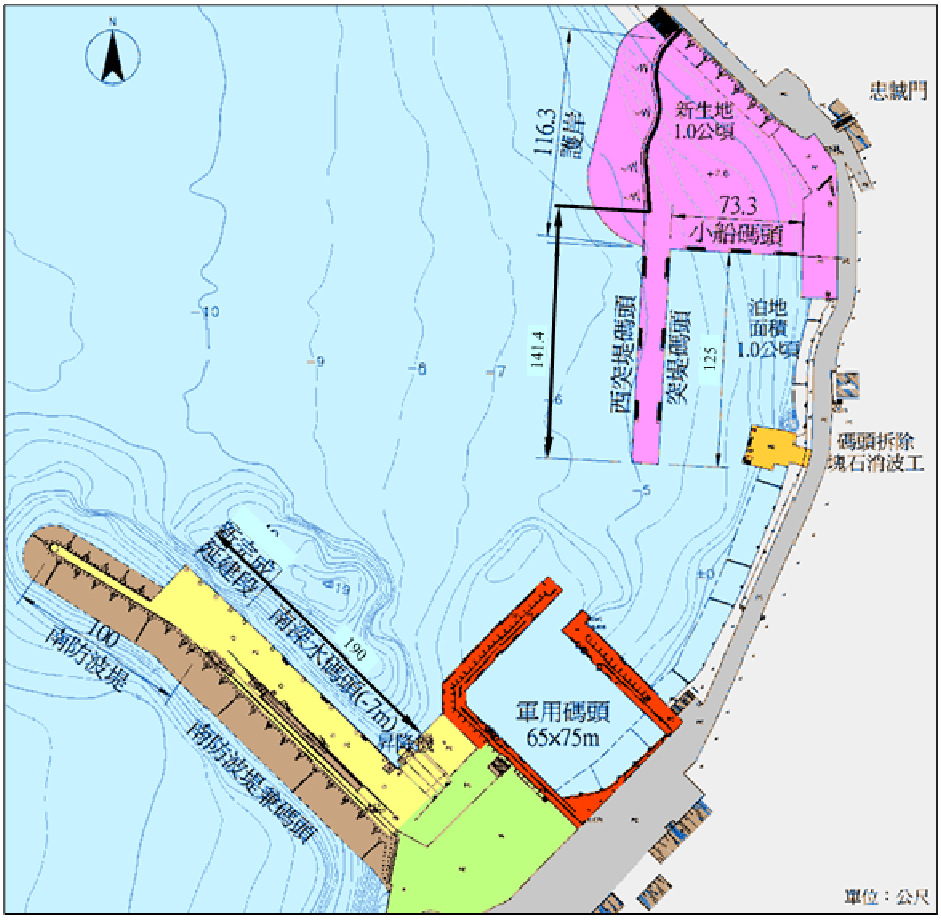


圖 5.37 中柱碼頭區平面圖

表 5-5 中柱碼頭區碼頭基本資料

碼頭編號	長度 (m)	水深 (m)	用途	後線設施	備註
南防波堤兼碼頭	164	-7.0	客輪/貨輪	重力式	附升降平臺 30m 長
西突堤碼頭	141.4	-7.0	貨輪	沉箱重力式	
小船碼頭	73.3	-3.0	漁船/小客輪	重力式	
突堤碼頭	125	-3.0	漁船/小客輪	重力式	

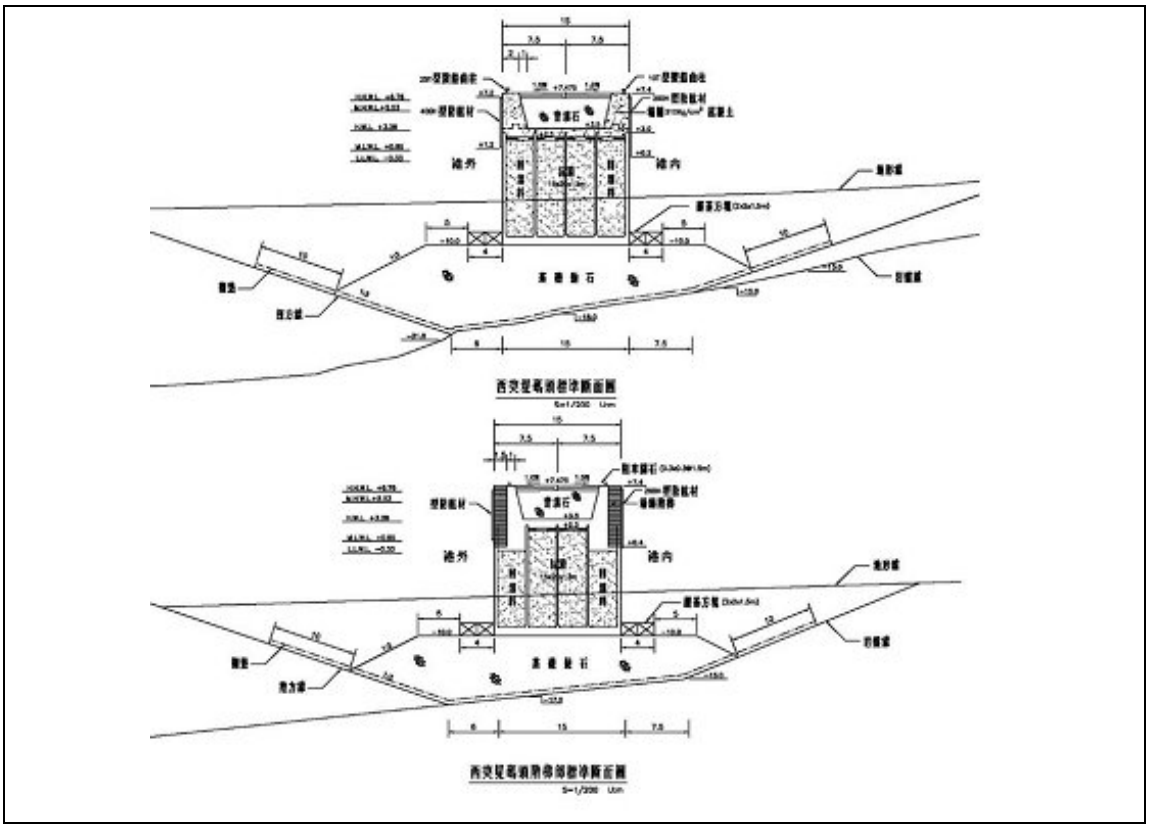


圖 5.38 中柱碼頭區西突堤碼頭標準斷面圖

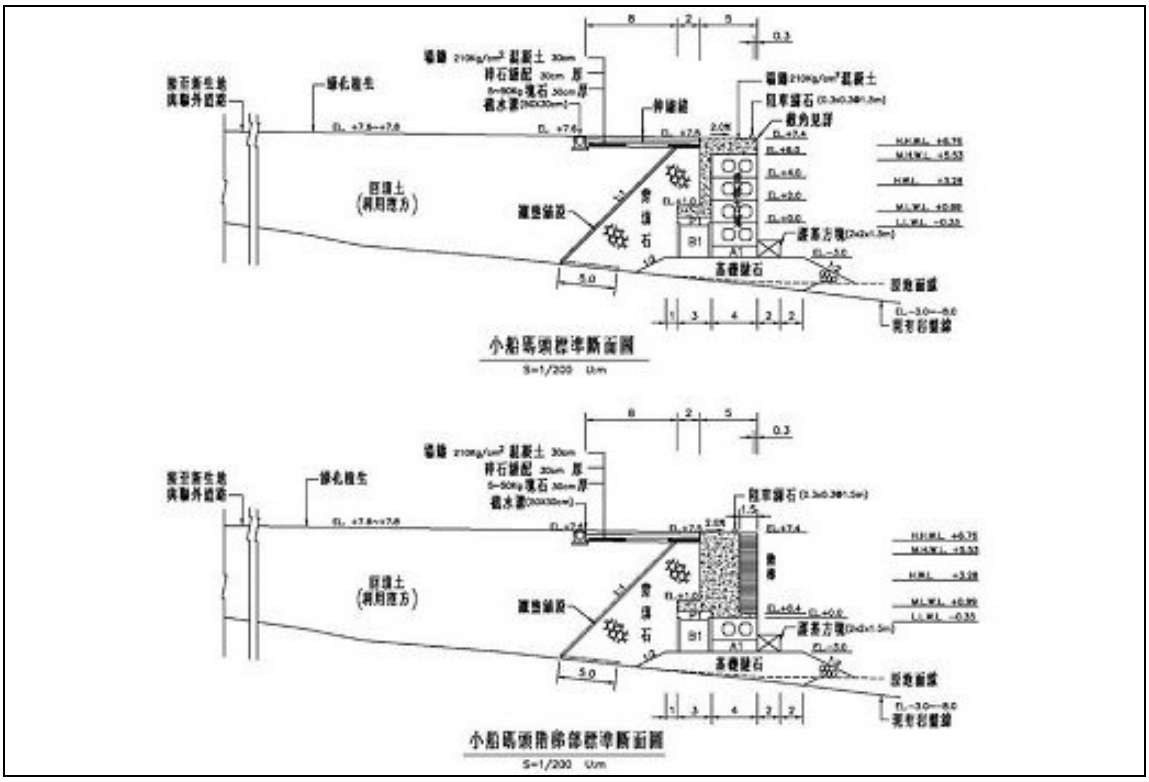
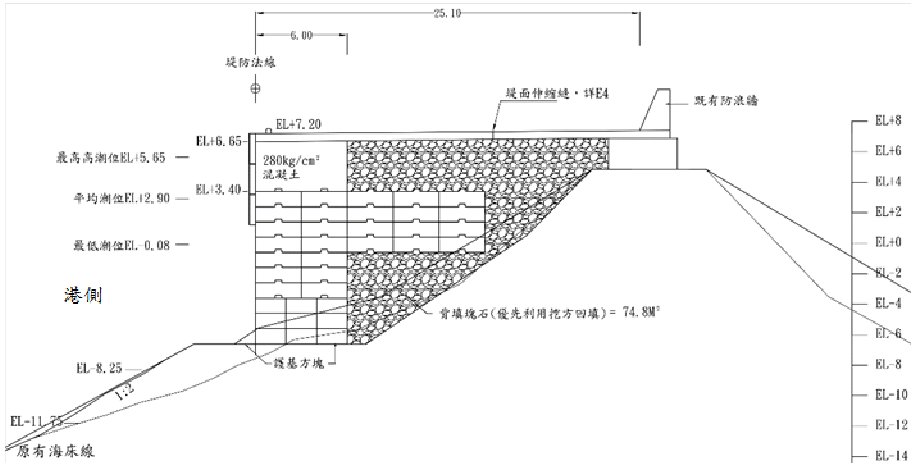
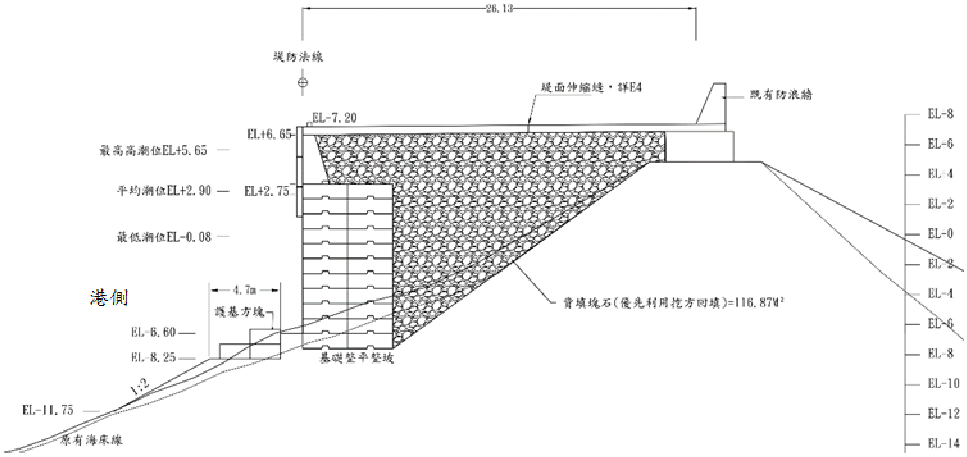


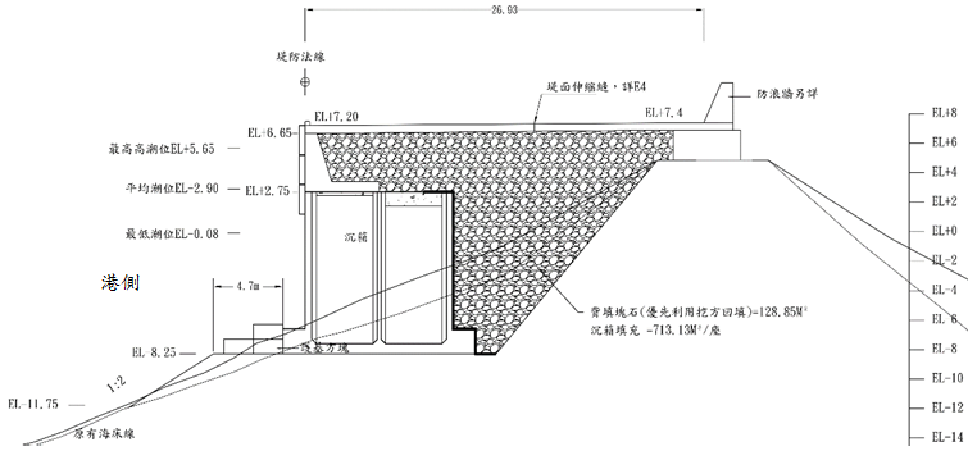
圖 5.39 中柱碼頭區小船碼頭標準斷面圖



延伸段 0K+000 標準斷面圖

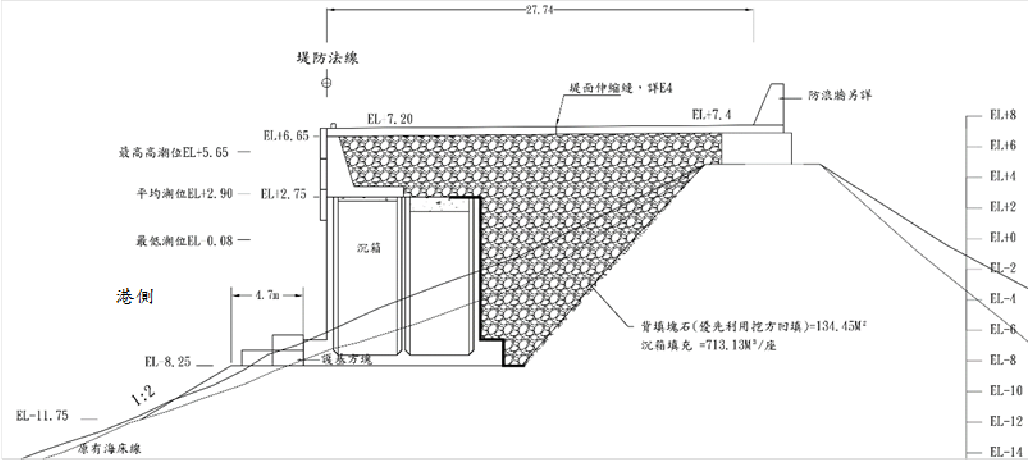


延伸段 0K+006 標準斷面圖

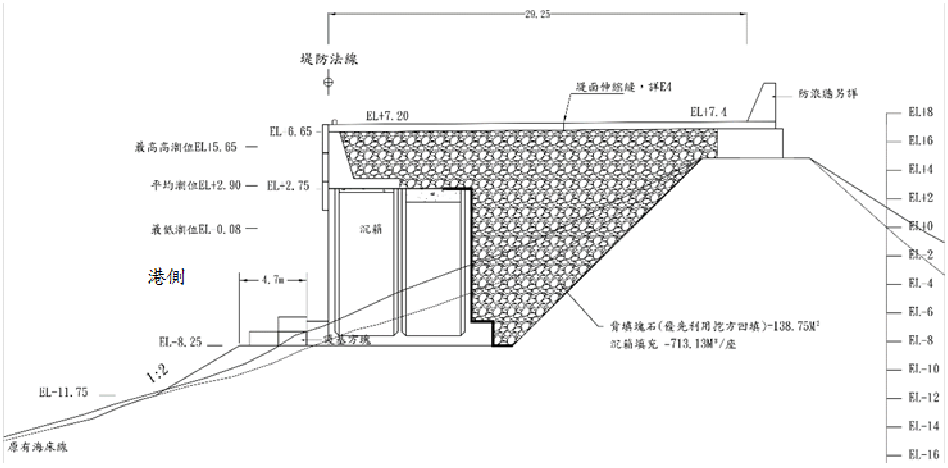


延伸段 0K+0015 標準斷面圖

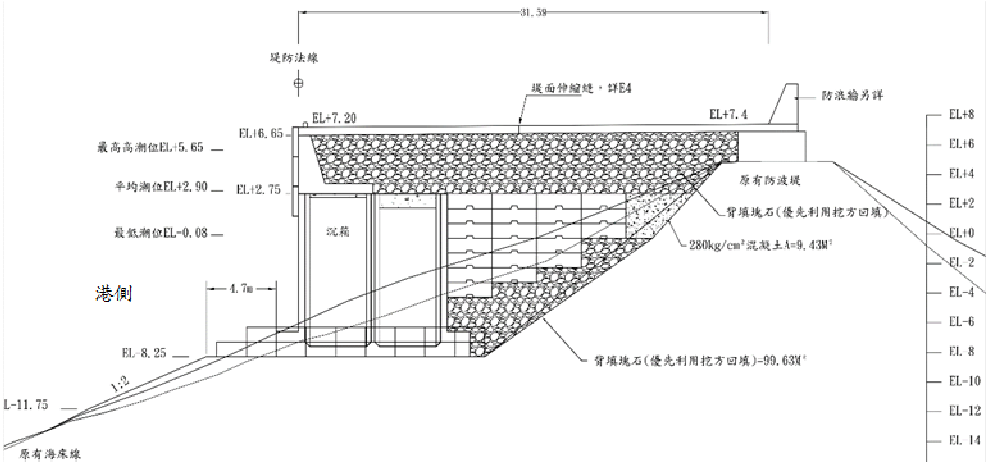
圖 5.40 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖



延伸段 0K+0024 標準斷面圖

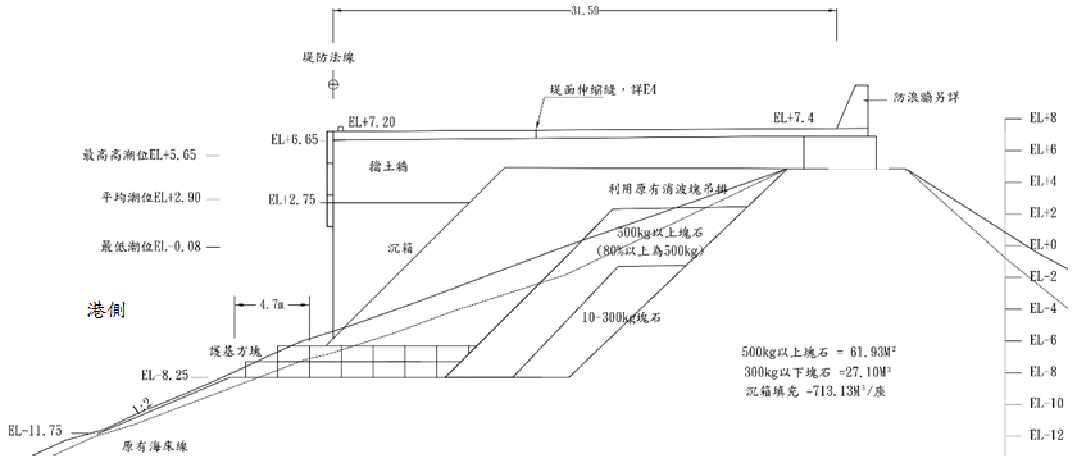


延伸段 0K+0033 標準斷面圖



延伸段 0K+0042 標準斷面圖

圖 5.41 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖(續 1)



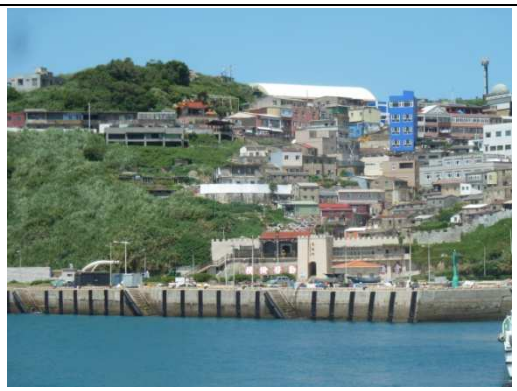
延伸段 0K+0051 標準斷面圖

圖 5.42 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖(續 2)

圖 5.43 為中柱碼頭區民國 105 年 8 月調查時港區構造物現況，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 5.2.3 中。

 南防波堤兼碼頭	 南防波堤堤頭
 南防波堤堤頭塌陷情形	 南防波堤兼碼頭路面裂縫情形

南防波堤兼碼頭 Ro-Ro 設施



西突堤碼頭

突堤碼頭

港勤船靠泊情形(軍用碼頭外側)

圖 5.43 中柱碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

5.2.2 浮動碼頭基本資料

馬祖港共有 3 座浮動碼頭，包含福澳碼頭區 2 座、白沙碼頭區 1 座。福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭分別提供馬祖地區島際交通及與大陸小三通使用；白沙碼頭區浮動碼頭則兼具上述兩項用途。兩碼頭區之浮動碼頭基本資料示如表 5-6，圖 5.44 至圖 5.52 為福澳與白沙碼頭區浮動碼頭平面位置、平面配置與立面、基樁與陽極塊安裝、浮箱本身與固定器和附屬設施等之詳圖。

基樁材料為採用符合 CNS 7937 SKK400 支鋼管樁，浮箱鋼板鋼為 AB(1990)普通強度級 GRADE A 之船用鋼板；浮動碼頭設計最高潮位 +8.10 m、最低潮位 -0.00 m。陽極塊材質為鋁合金，兩端並塗佈 180 μm 之 coal tar epoxy 保護之。

表 5-6 福澳與白沙碼頭區浮動碼頭資本資料

項目	福澳 F1 島際浮動碼頭	福澳 F2 小三通浮動碼頭	福澳浮動碼 頭平台區	白沙 浮動碼頭
設置時間(年月)	99.11	99.11	99.11	103.6
基樁數量	A 區 3 支 B 區 4 支	C 區 4 支 D 區 3 支	E 區 9 支	A 區 3 支 B 區 4 支
浮箱大小	30 x 15 m	35 x 1 5m	----	30 x 15 m
浮箱高度	2.5 m	2.5 m	----	2.5 m
基樁直徑	900 mm	900 mm	900 mm	900 mm
基樁鋼材厚度	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm
浮箱鋼材厚度	10.0 mm 12.0 mm	10.0 mm 12.0 mm	---	10.0 mm 12.0 mm

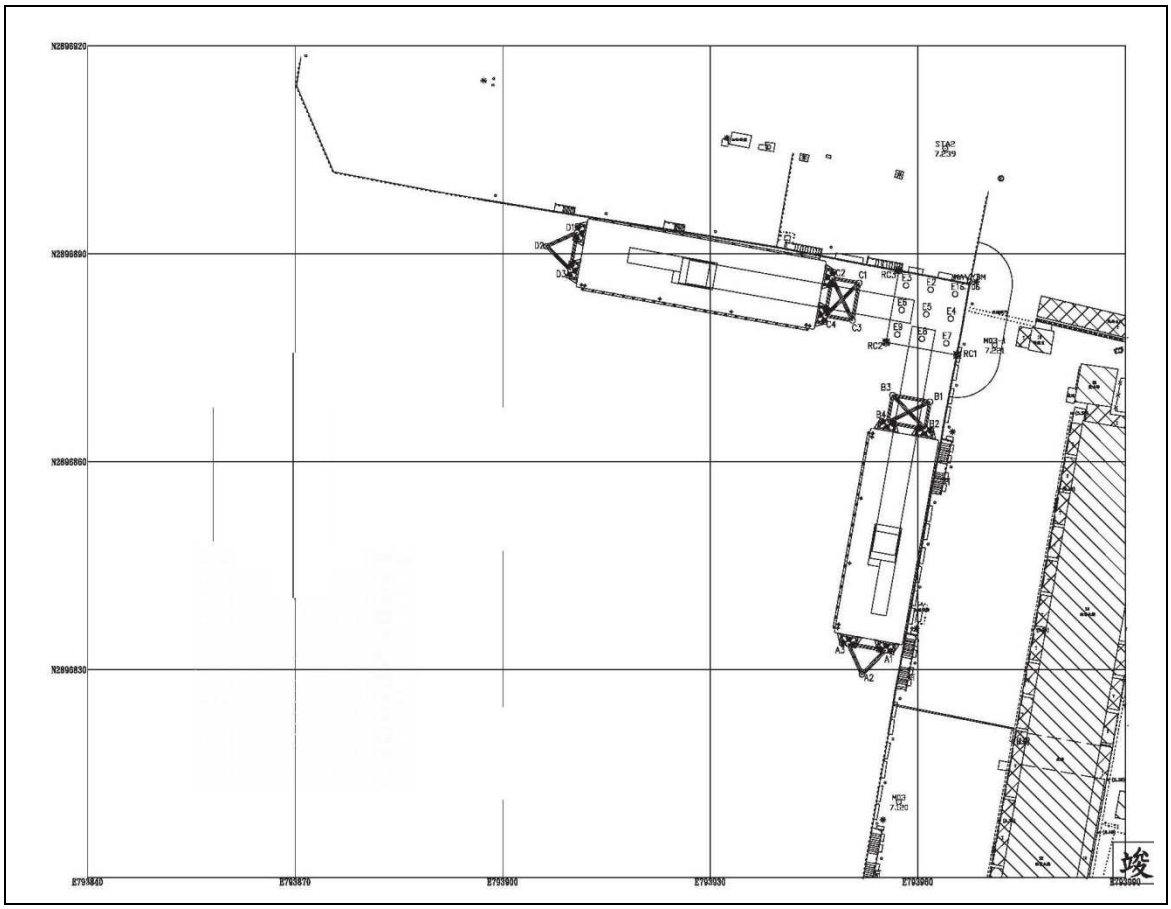


圖 5.44 福澳碼頭區浮動碼頭位置圖

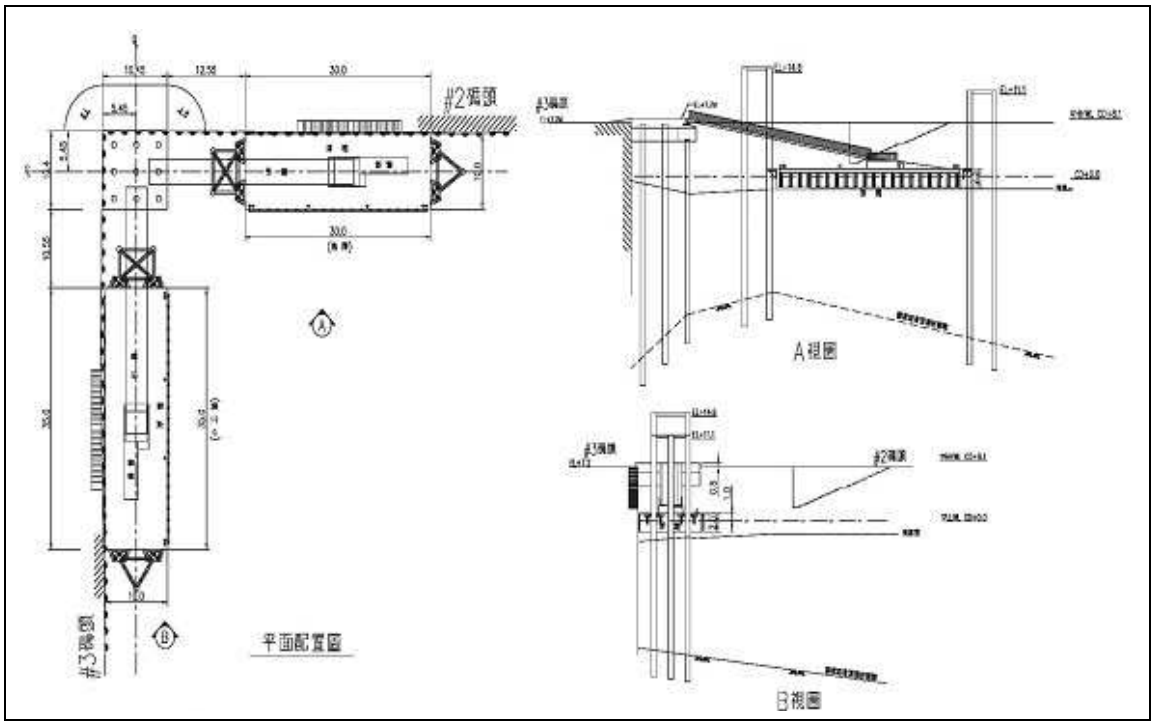


圖 5.45 福澳碼頭區浮動碼頭平面配置與側視圖

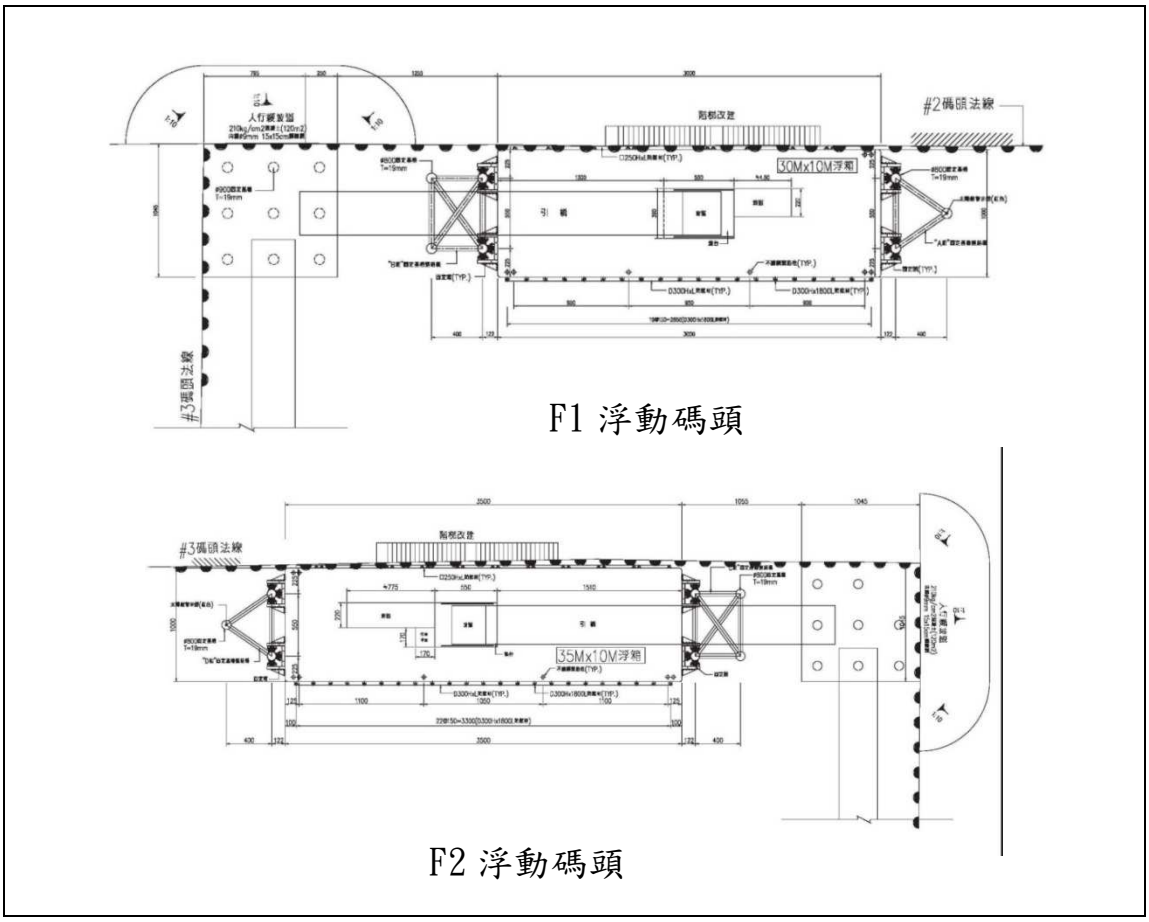


圖 5.46 福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭配置詳圖

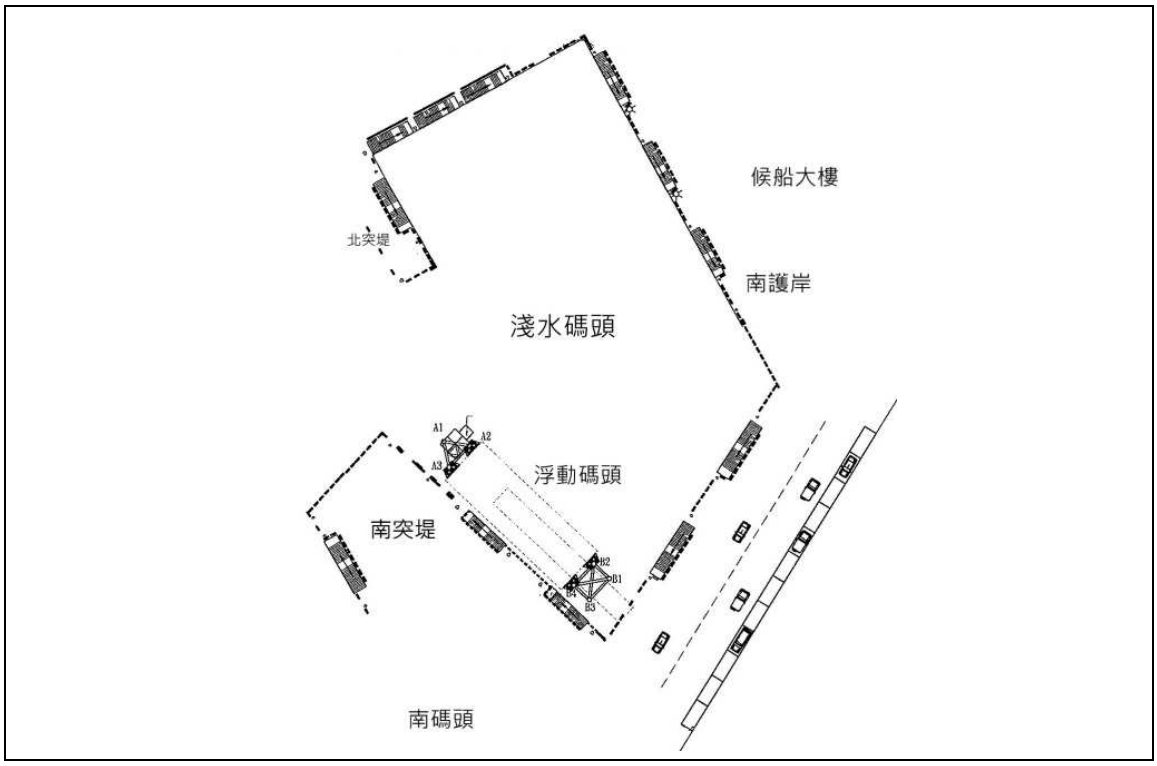


圖 5.47 白沙碼頭區浮動碼頭位置圖

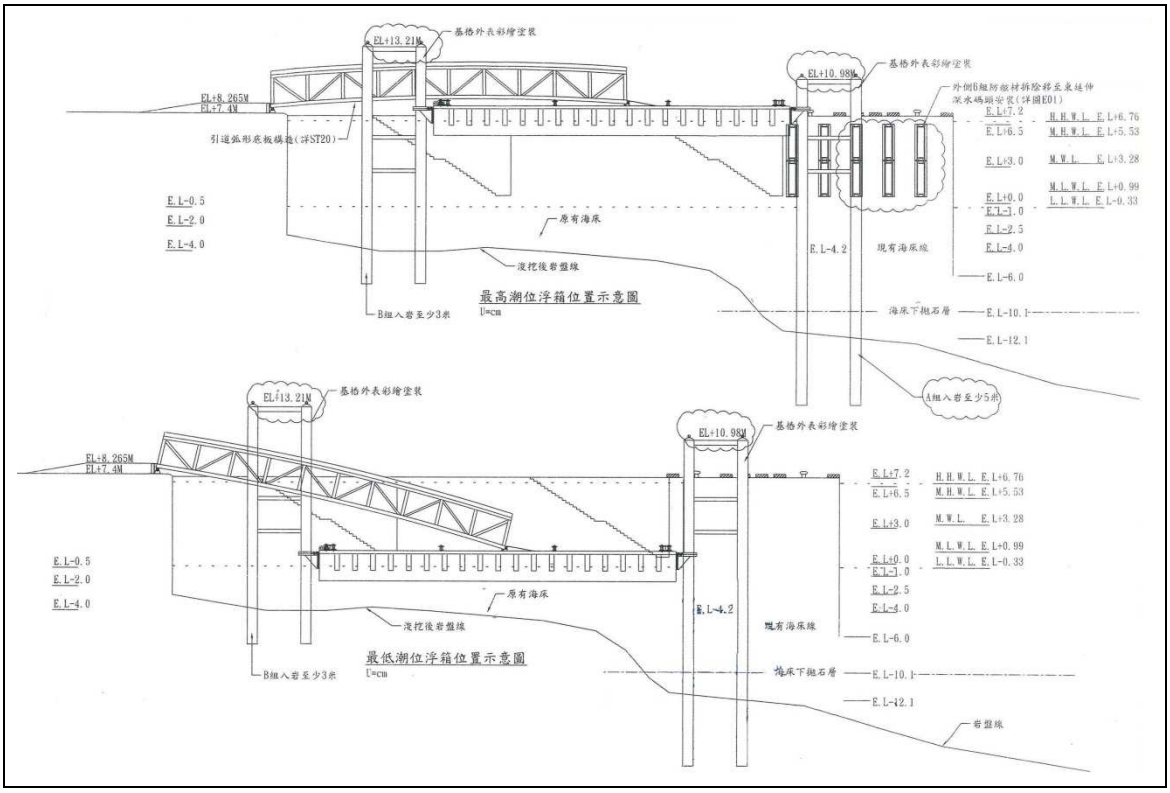


圖 5.48 白沙碼頭區浮動碼頭立面圖

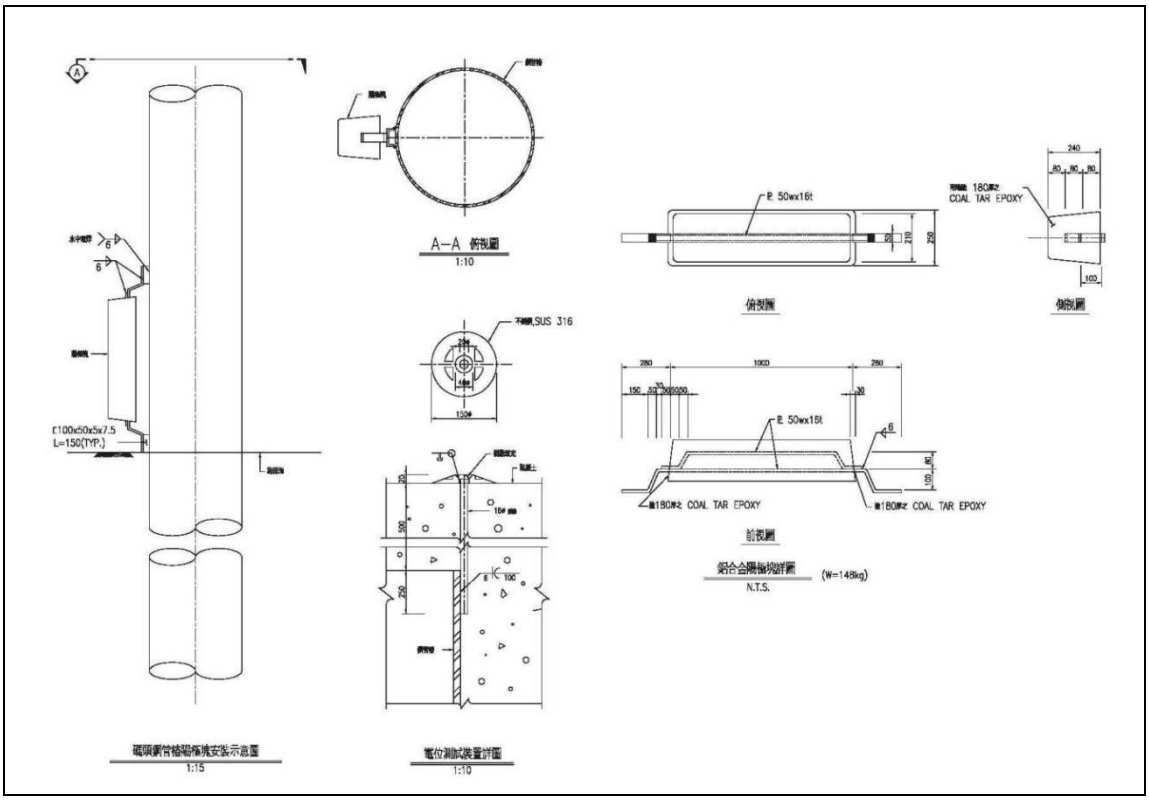


圖 5.49 馬祖港浮動碼頭基樁與陽極塊安裝詳圖

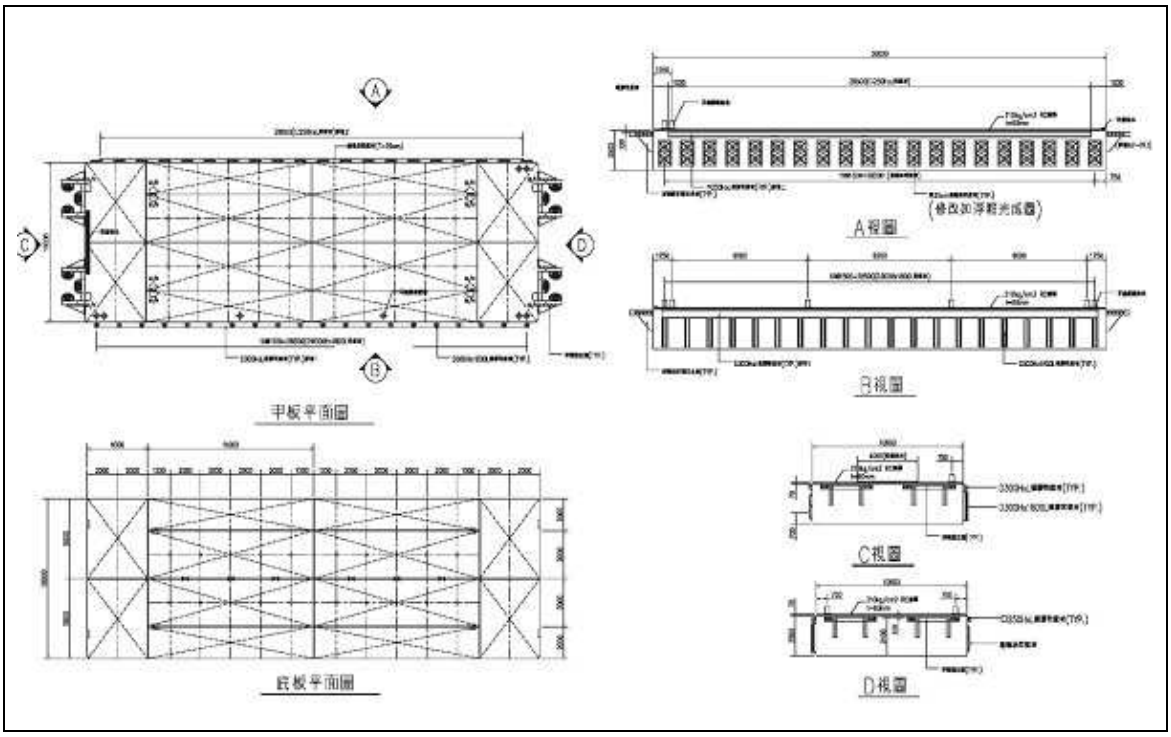


圖 5.50 馬祖港浮動碼頭浮箱詳圖(以福澳碼頭區 F1 為例)

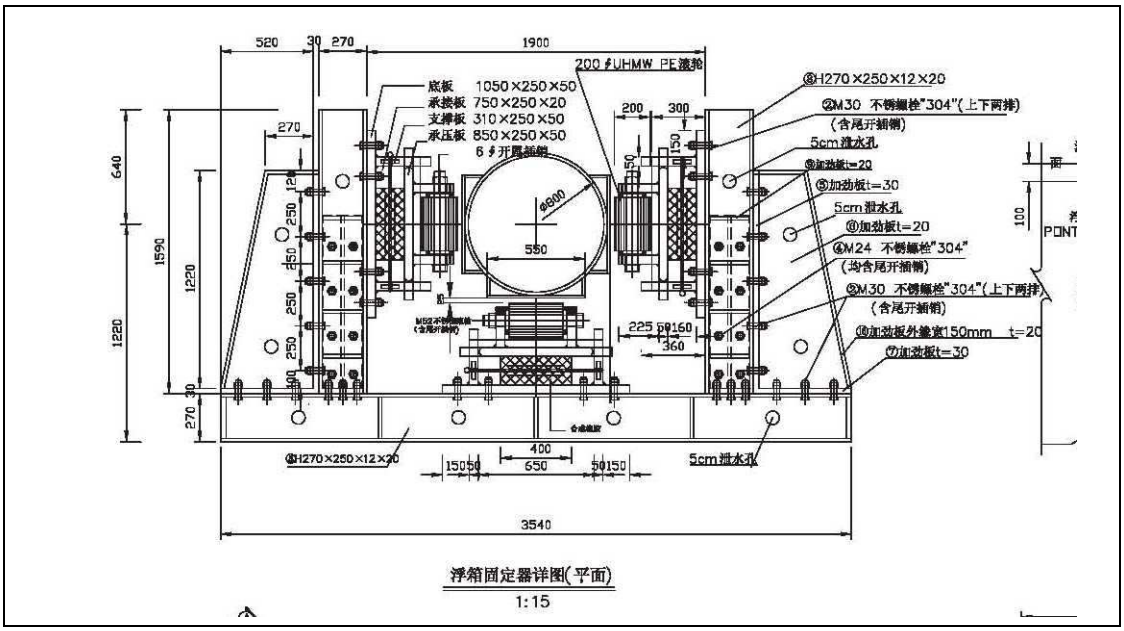


圖 5.51 馬祖港浮動碼頭浮箱固定器詳圖

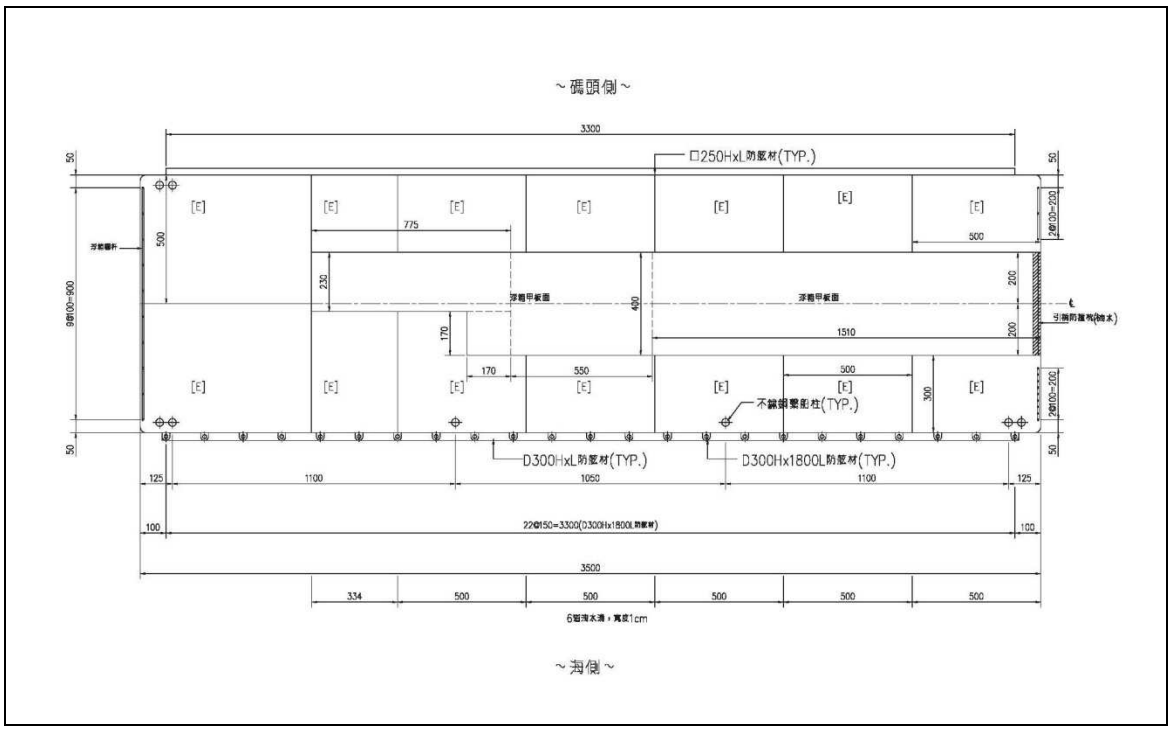


圖 5.52 馬祖港浮動碼頭浮箱附屬設施詳圖(以福澳碼頭區 F1 為例)

5.2.3 碼頭與防波堤經常巡查

本研究於民國 105 年 8 月 15 至 21 日進行碼頭與防波堤經常巡查。特別巡查部分，因研究期間並無颱風過境或發生規模 4 以上地震，故未實施。各碼頭區經常巡查結果彙整如表 5-7，並說明如下：

1.福澳碼頭區：

碼頭劣化構件部分以#4 碼頭單元 3 之岸肩剝落較顯著，已明顯可見鋼筋外露情形，但劣化範圍不大；另外，其兩單元之後線沉陷較為顯著，於雨後可見大範圍且較深之沉陷，沉陷範圍總和 766m^2，沉陷深度 2.5cm，建議進行詳細之儀器檢測以便確認成因後，擬定適當之修復方式。

其餘碼頭劣化主要為車擋(S2 碼頭)、防舷材(#3 碼頭)等附屬設施，建議劣化狀況為 a 者，應即早進行修復或置換。

2.白沙碼頭區：

碼頭主要構件劣化部分為淺水碼頭之岸肩裂縫剝落。

碼頭附屬設施劣化部分，南碼頭與淺水碼頭可見防舷材、車擋與繫船柱劣化，建議劣化狀況為 a 者進行修復或置換。

防波堤部分於南防波堤部分單元可見裂縫；南、北防波堤分別於單元 4 與 32 可見接縫位移，建議持續觀察。

3.青帆碼頭區：

碼頭主要構件劣化部分於各碼頭岸肩皆可見裂縫之劣化，建議持續觀察。

附屬設施劣化部分，南防波堤兼碼頭與內堤兼碼頭皆可見車擋劣化，建議劣化狀況為 a 者進行修復或置換。

4.猛澳碼頭區：

碼頭主要構件劣化部分於各碼頭岸肩皆可見裂縫之劣化，建議持續觀察。

附屬設施劣化部分，可見防舷材、車擋劣化，建議劣化狀況為 a 者進行修復或置換。

5.中柱碼頭區：

除西突堤碼頭外，其他碼頭岸肩皆可見裂縫之劣化，另南防波堤兼碼頭部分於單元 3 與 4 有混凝土剝落，建議持續觀察。

附屬設施部分，可見防舷材、車擋劣化，建議劣化狀況為 a 者進行修復或置換。

表 5-7 馬祖港五碼頭區經常巡查結果

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	劣化單位	劣化位置
福澳碼頭區	#3	B02	岸肩	裂縫	c	1.2	m	X=18.5, Y=2m
		B03	防舷材	龜裂破損	b	1	個	5th
	#4	B01	岸肩	剝落	b	0.3	m2	X=2.83m Y=0m
		B01	防舷材	龜裂破損	b	1	個	4th
		B01	後線	沉陷	a	575	m2	X=7m Y=8.5m
		B02	後線	沉陷	a	191	m2	X=3.4m Y=7.5m
	S2	B02	車擋	龜裂破損	b	3	個	1st,3rd,4th
		B03	車擋	龜裂破損	a	5	個	2nd~6th
		B04	車擋	龜裂破損	a	7	個	1st~7th
		B05	車擋	龜裂破損	b	3	個	3rd~5th
	S3	B05	車擋	龜裂破損	b	1	個	8th
		B07	車擋	龜裂破損	b	2	個	2nd,3rd
	北防波堤	B23	堤頂	剝落	c	0.3	m2	X=10.6m Y=2.8m
		B26	胸牆	裂縫	c	0.8	m	X=1.3m Z=0.8m

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	劣化單位	劣化位置
白沙碼頭區	南碼頭	B03	車擋	龜裂破損	b	3	個	6th~8th
		B03	繫船柱	腐蝕龜裂	a	1	個	2nd
		B03	防舷材	龜裂破損	a	1	個	2nd
		B04	車擋	龜裂破損	a	1	個	2nd
		B04	繫船柱	腐蝕龜裂	a	1	個	2nd
		B05	車擋	龜裂破損	c	1	個	14th
		B06	繫船柱	腐蝕龜裂	a	1	個	2nd
		B06	防舷材	龜裂破損	a	1	個	1st
		B06	車擋	龜裂破損	a	1	個	1st
	淺水碼頭	B01	岸肩	裂縫	c	22.6	m	X=3m Y=5m
		B06	防舷材	龜裂破損	a	1	個	1st
		B10	車擋	龜裂破損	a	2	個	6th~7th
		B12	防舷材	龜裂破損	a	1	個	5th
		B12	防舷材	龜裂破損	a	1	個	7th
		B13	防舷材	龜裂破損	a	1	個	1st
	北碼頭	B01	防舷材	龜裂破損	c	1	個	3st
		B01	車擋	龜裂破損	c	3	個	7th~9th
		B01	防舷材	龜裂破損	b	1	個	4st
		B02	車擋	龜裂破損	c	2	個	1st~2nd
	南防波堤	B01	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=22.8m Y=2.6m
		B03	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=12m Y=2.6m
		B03	堤頂	接縫位移	b	5.3	m	X=3.2m Y=2.6m
		B04	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=2.7m Y=2.6m
		B04	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=22.7m Y=2.6m
		B04	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=2.6m Y=2.6m
		B05	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=4.2m Y=2.6m

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	劣化單位	劣化位置
	北防波堤	B04	堤頂	接縫位移	a	25	m	X=0m Y=5.4m
		B05	堤頂	接縫位移	a	14.8	m	X=0m Y=5.4m
青帆碼頭區	內堤兼碼頭	B02	岸肩	裂縫	c	14.5	m	X=16.7m Y=3.8m
		B03	岸肩	裂縫	c	4.3	m	X=14.8m Y=1.7m
		B03	車擋	龜裂破損	b	1	個	3rd
		B04	車擋	龜裂破損	b	1	個	1st
	南防波堤兼碼頭	B01	岸肩	裂縫	c	30	m	X=11.3m Y=7.7m
		B02	岸肩	裂縫	c	40	m	X=7.6m Y=6.7m
		B03	岸肩	裂縫	c	41.7	m	X=13.8m Y=7.8m
		B04	岸肩	裂縫	c	62	m	X=4.6m Y=5.7m
		B04	車擋	龜裂破損	b	1	個	1st
		B05	岸肩	裂縫	c	16.4	m	X=6.1m Y=5.3m
		B05	車擋	龜裂破損	a	2	個	2nd, 3rd
		B06	車擋	龜裂破損	a	1	個	1st
猛澳碼頭區	小艇碼頭	B01	岸肩	剝落	c	10	m^2	X=18.5m Y=3m
		B01	車擋	龜裂破損	a	1	個	1st
		B02	岸肩	裂縫	b	10	m	X=22m Y=10m
		B02	防舷材	龜裂破損	b	1	個	1st
		B03	岸肩	裂縫	b	6.6	m	X=1m Y=6.4m
	南防波堤兼碼頭(南側)	B01	岸肩	裂縫	c	20	m	X=5m Y=5m
		B02	岸肩	裂縫	c	15.2	m	X=21m Y=1m
		B02	車擋	龜裂破損	a	1	個	2nd
		B03	岸肩	裂縫	c	4.6	m	X=0m Y=6m
		B04	岸肩	裂縫	c	11.8	m	X=6.1m Y=3.1m

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	劣化單位	劣化位置
		B04	車擋	龜裂破損	a	1	個	4th
		B05	岸肩	裂縫	b	13.2	m	X=18.2m Y=6m
		B05	岸肩	裂縫	b	15	m	X=0m Y=6m
		B05	車擋	龜裂破損	a	2	個	1st, 2nd
	南防波堤兼碼頭(北側)	B01	岸肩	裂縫	c	20.0	m	X=7m Y=6m
		B01	車檔	龜裂破損	a	1	個	3rd
		B02	岸肩	裂縫	c	22.0	m	X=10m Y=6m
		B03	岸肩	裂縫	c	20.0	m	X=8m Y=6m
		B03	車檔	龜裂破損	a	1	個	5th
		B04	岸肩	裂縫	c	22.0	m	X=8m Y=6m
		B04	車檔	龜裂破損	a	1	個	4th
		B05	岸肩	裂縫	c	21.0	m	X=24m Y=4m
中柱碼頭區	南防波堤兼碼頭	B01	岸肩	裂縫	c	25.0	m	X=8m Y=6m
		B02	岸肩	裂縫	c	41.0	m	X=12.5m Y=6.6m
		B03	岸肩	剝落	c	3.0	m^2	X=7.4m Y=0m
		B03	岸肩	裂縫	c	47.0	m	X=12.5m Y=5m
		B04	岸肩	剝落	b	0.8	m^2	X=5m Y=0m
		B04	岸肩	裂縫	c	44.0	m	X=12.5m Y=5m
		B05	車檔	龜裂破損	a	3	個	1st~3rd
		B05	岸肩	裂縫	c	31.0	m	X=0.5m Y=0m
		B06	岸肩	裂縫	c	6.5	m	X=19.2m Y=6.5m
		B06	岸肩	裂縫	c	10.0	m	X=11.1m Y=6.5m
		B07	岸肩	裂縫	c	10.0	m	X=5m Y=9.4m
	小船碼頭	B01	岸肩	裂縫	c	3.3	m	X=22.8m Y=2.5m

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	劣化單位	劣化位置
		B02	岸肩	裂縫	c	3	m	X=24.1m Y=2.5m
		B03	岸肩	裂縫	c	3.0	m	X=3m Y=2.5m
	突堤碼頭	B02	岸肩	裂縫	c	6.0	m	X=7.4m Y=3m
		B04	防舷材	龜裂破損	a	1	個	8th
	西突堤碼頭	B03	防舷材	龜裂破損	c	1	個	2nd
		B04	岸肩	裂縫	c	10.2	m	X=9.7m Y=6m
		B04	岸肩	裂縫	c	12.0	m	X=10.4m Y=6m

5.2.4 基樁與浮箱鋼材現況調查

馬祖港五碼頭區鋼構造物，包含福澳碼頭區 2 座、白沙碼頭區 1 座浮動碼頭基樁與浮箱，福澳碼頭區 S2 碼頭基樁。岸上目視檢測結果，調查時未發現明顯之異狀現象。其「電位檢測」與「鋼板厚度檢測」檢測結果分述如下：

5.2.4.1 基樁與浮箱保護電位檢測

1. 福澳碼頭區浮動碼頭基樁保護電位檢測

本碼頭區共有 F1 及 F2 等 2 座浮動碼頭及 E 區基樁，基樁保護電量測結果如表 5-8 所示，F1 區界於 -968 ~ -830 mV 之間；F2 區界於 -929 ~ -907mV 之間；E2 區則為 -960 ~ -899mV。

浮箱保護電量測結果如表 5-9 所示，F1 區界於 -982 ~ -766 mV 之間，F2 區界於 -1000 ~ -883mV 之間。

S2 碼頭量測結果如表 5-10 所示，基樁保護電位界於-936 ~ -903 mV 之間。

本碼頭區基樁保護電位均小於 -780 mV，可達保護基樁與浮箱鋼

材免於腐蝕之目的。

表 5-8 福澳碼頭區浮動碼頭基樁保護電位檢測結果

檢測位置	編號	水深（m）			檢測位置	編號	水深（m）		
		-0.5	-1.0	-2.0			-1.0	-4.0	-7.0
F1 區	A1	-894	-886	-893	F2 區	C1	-909	-908	-904
	A2	-830	-885	-900		C2	-899	-903	-900
	A3	-842	-888	-899		C3	-910	-912	-905
	B1	-927	-912	-924		C4	-906	-903	-920
	B2	-950	-944	-936		D1	-950	-960	-918
	B3	-897	-912	-941		D2	-928	-925	-929
	B4	-968	-966	-962		D3	-903	-934	-933
E 區	E1	-919	-923	-927	---	---	---	---	---
	E2	-919	-923	-925		---	---	---	---
	E3	-908	-920	-925		---	---	---	---
	E4	-917	-920	-924		---	---	---	---
	E5	-929	-925	-927		---	---	---	---
	E6	-919	-922	-907		---	---	---	---
	E7	-919	-918	-920		---	---	---	---
	E8	-917	-915	-918		---	---	---	---
	E9	-907	-911	-914		---	---	---	---

表 5-9 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱保護電位檢測結果

檢測位置	編號	水深（m）			檢測位置	編號	水深（m）		
		-0.5	-1.0	-2.0			-1.0	-4.0	-7.0
F1 區浮箱	1	-915	-916	-928	F2 區浮箱	1	-965	-966	-967
	2	-982	-911	-925		2	-969	-971	-963
	3	-926	-923	-913		3	-962	-966	-968
	4	-940	-938	-913		4	-883	-913	-929
	5	-929	-932	-933		5	-971	-963	-973
	6	-927	-929	-934		6	-932	-910	-891
	7	-912	-866	-898		7	-975	-980	-977
	8	-938	-934	-859		8	-981	-988	-977
	9	-920	-927	-932		9	-977	-974	-977
	10	-940	-939	-937		10	-911	-921	-908
	11	-931	-933	-940		11	-995	-992	-996
	12	-780	-766	-788		12	-996	-997	-998
	13	-892	-861	-872		13	-999	-1000	-998
	14	-785	-799	-788		14	-985	-986	-987
	15	-784	-826	-889		15	-984	-984	-985
	16	-812	-824	-899		16	-974	-976	-973
	17	-788	-830	-894		17	-976	-975	-976
	18	-789	-804	-866		18	-961	-965	-966
	19	-939	-938	-931		19	-905	-925	-934
	20	-941	-882	-869		20	-911	-912	-908

表 5-10 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁保護電位檢測結果

檢測位置	編號	水深（m）			檢測位置	編號	水深（m）		
		-0.5	-1.0	-2.0			-1.0	-4.0	-7.0
S2 -1	7_1	-906	-905	-906	S2 -1	19_1	-906	-905	-906
	7_2	-912	-909	-913		19_2	-912	-909	-913
	7_3	-910	-920	-908		19_3	-910	-920	-908
	8_1	-904	-916	-908		20_1	-923	-910	-915
	8_2	-907	-916	-914		20_2	-910	-903	-912
	8_3	-904	-912	-918		20_3	-930	-932	-936
	9_1	-915	-910	-914		21_1	-918	-916	-919
	9_2	-913	-914	-920		21_2	-906	-905	-906
	9_3	-923	-910	-915		21_3	-912	-909	-911
	10_1	-910	-903	-912		22_1	-910	-903	-912
	10_2	-930	-932	-936		22_2	-930	-932	-936
	10_3	-918	-916	-919		22_3	-918	-916	-919
	11_1	-906	-905	-906		23_1	-906	-905	-906
	11_2	-912	-909	-913		23_2	-907	-916	-914
	11_3	-910	-920	-908		23_3	-904	-912	-918
	12_1	-904	-916	-908		24_1	-915	-910	-914
	12_2	-907	-916	-914		24_2	-913	-914	-920
	12_3	-904	-912	-918		24_3	-923	-910	-915
	13_1	-915	-910	-914		25_1	-910	-903	-912
	13_2	-913	-914	-920		25_2	-930	-932	-936
	13_3	-923	-910	-915		25_3	-918	-916	-919
	14_1	-910	-903	-912		26_1	-906	-905	-906
	14_2	-930	-932	-936		26_2	-912	-909	-913
	14_3	-918	-916	-919		26_3	-910	-920	-908
	15_1	-906	-905	-906		27_1	-904	-916	-908
	15_2	-912	-909	-913		27_2	-907	-916	-914
	15_3	-910	-920	-908		27_3	-904	-912	-918
	16_1	-904	-916	-908		28_1	-915	-910	-914
	16_2	-907	-916	-914		28_2	-913	-914	-920
	16_3	-904	-912	-918		28_3	-923	-910	-915
	17_1	-915	-910	-914		29_1	-910	-903	-912
	17_2	-913	-914	-920		29_2	-930	-932	-936
	17_3	-923	-910	-915		29_3	-918	-916	-919
	18_1	-910	-903	-912		30_1	-906	-905	-906
	18_2	-930	-932	-936		30_2	-912	-909	-913
	18_3	-918	-916	-919		30_3	-910	-920	-908

2. 白沙碼頭區浮動碼頭基樁保護電位檢測

本碼頭區共有 1 座浮動碼頭，基樁與浮箱保護電位量測結果，分別如表 5-11 所示，基樁保護電位界於 -988 ~ -841 mV 之間。浮箱則界於 -1030 ~ -970 mV 之間，均小於 -780 mV，可達保護基樁與浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 5-11 白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱保護電位檢測結果

檢測位置	編號	水深（m）			檢測位置	編號	水深（m）		
		-0.5	-1.0	-2.0			-1.0	-4.0	-7.0
基樁	A1	-841	-851	-851	浮箱	1	-996	-997	-998
		-841	-857	-857		2	-970	-970	-973
		-859	-859	-857		3	-1025	-1024	-1025
	A2	-868	-876	-876		4	-1029	-1028	-1027
		-870	-870	-870		5	-1029	-1028	-1027
		-881	-882	-882		6	-1029	-1028	-1027
	A3	-876	-876	-876		7	-1030	-1027	-1027
		-876	-876	-870		8	-1030	-1029	-1028
		-896	-897	-896		9	-1030	-1027	-1026
	B1	-984	-902	-912		10	-991	-999	-1003
		-915	-932	-912		11	-1002	-1004	-1007
		-925	-890	-900		12	-1006	-980	-975
	B2	-988	-900	-899		13	-990	-989	-975
		-976	-912	-912		14	-992	-987	-980
		-978	-910	-916		15	-972	-987	-989
	B3	-932	-881	-933		16	-982	-992	-981
		-937	-892	-928		17	-992	-991	-992
		-921	-899	-926		18	-988	-992	-992
	B4	-932	-917	-912		19	-991	-990	-938
		-928	-907	-909		20	-990	-990	-975
		-933	-927	-919					

5.2.4.2 基樁與浮箱陽極塊發生電位檢測

1. 福澳碼頭區陽極塊發生電位檢測

F1、F2 浮動碼頭與 E 區平台基樁陽極塊發生電位檢測，量測結果如表 5-12 至表 5-14 所示，各區陽極塊表面覆著海生物清除前後 F1 區為 -968 ~ -877 mV 與-981 ~ -921 mV 之間，F2 區為 -937 ~ -902 mV 與-967 ~ -920 mV 之間，E 區則為 -940 ~ -906mV 與-961 ~ -922 mV 之間。陽極塊發生電位均小於 -780 mV，可達保護基樁鋼材免於腐蝕之目的。

表 5-12 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 基樁陽極塊發生電位檢測結果

陽極塊編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
F1A1-1	-887	-915	-907	-928	-921	-926
F1A1-2	---	---	---	----	----	----
F1A2-1	-890	-878	-877	-937	-949	-932
F1A2-2	---	---	---	----	----	----
F1A3-1	-911	-899	-900	-955	-960	-966
F1A3-2	---	---	---	----	----	----
F1B1-1	-926	-927	-930	-951	-962	-961
F1B1-2	-936	-931	-924	-954	-961	-951
F1B2-1	-961	-941	-934	-970	-956	-944
F1B2-2	-933	-923	-921	-945	-946	-944
F1B3-1	-933	-931	-921	-944	-971	-980
F1B3-2	-933	-923	-921	-945	-946	-944
F1B4-1	-968	-966	-962	-971	-981	-973

表 5-13 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 基樁陽極塊發生電位檢測結果

陽極塊編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
F2C1-1	-918	-919	-922	-935	-938	-941
F2C1-2	-921	-915	-914	-928	-935	-926
F2C2-1	-901	-905	-907	-921	-923	-924
F2C2-2	-904	-902	-911	-920	-925	-927
F2C3-1	-914	-916	-913	-924	-920	-933
F2C3-2	-916	-915	-906	-927	-925	-926
F2C4-1	-911	-928	-915	-921	-924	-927
F2C4-2	-921	-924	-927	-931	-934	-935
F2D1-1	-920	-918	-928	-940	-928	-932
F2D1-2	-929	-916	-937	-935	-928	-946
F2D2-1	-912	-913	-910	-967	-957	-952
F2D2-2	-913	-909	-912	-949	-951	-940
F2D3-1	-919	-912	-913	-930	-934	-936

表 5-14 福澳碼頭區 E 區平台基樁陽極塊發生電位檢測結果

陽極塊編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
E1-2	---	---	---	---	---	---
E1-2	-906	-912	-914	-922	-926	-931
E2-1	-910	-912	-913	-939	-944	-916
E2-2	-915	-918	-916	-938	-941	-946
E3-1	-920	-911	-914	-930	-937	-942
E3-2	-928	-929	-925	-933	-939	-945
E4-1	-927	-930	-926	-937	-938	-933
E4-2	-918	-923	-927	-927	-928	-931
E5-1	-918	-920	-297	-930	-933	-931
E5-2	-928	-930	-929	-938	-941	-937
E6-1	-928	-931	-934	-946	-940	-942
E6-2	-933	-939	-940	-961	-948	-958
E7-1	-915	-918	-919	-931	-932	-932
E7-2	-916	-916	-921	-938	-931	-932
E8-1	-922	-926	-915	-925	-935	-925
E8-2	-918	-915	-922	-929	-927	-931
E9-1	-911	-920	-922	-934	-932	-932
E9-2	-927	-921	-926	-939	-940	-941

F1、F2 浮動碼頭浮箱共選擇 20 處陽極塊檢測發生電位，量測結果如表 5-15 所示。陽極塊表面覆著海生物清除前後為 -1030 ~ -970 mV 與 -1042 ~ -980 mV 之間，陽極塊發生電位均小於 -780 mV，可達保護浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 5-15 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果

陽極塊編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
浮箱-1	---	---	---	---	---	---
浮箱-2	-970	-970	-973	-981	-980	-981
浮箱-3	-1025	-1025	-1025	-1030	-1030	-1032
浮箱-4	-1029	-1029	-1027	-1035	-1036	-1035
浮箱-5	-1029	-1028	-1027	-1035	-1035	-1040
浮箱-6	-1029	-1029	-1029	-1038	-1040	-1042
浮箱-7	-1030	-1027	-1027	-1038	-1040	-1038
浮箱-8	-1030	-1029	-1028	-1040	-1042	-1040
浮箱-9	-991	-1000	-1005	-1001	-1010	-1012
浮箱-10	-991	-999	-1003	-1000	-1011	-1011
浮箱-11	-1002	-1004	-1007	-1011	-1014	-1018
浮箱-12	-986	-980	-975	-1000	-998	-998
浮箱-13	-990	-989	-980	-1002	-999	-1000
浮箱-14	-972	-987	-998	-992	-1001	-1005
浮箱-15	-987	-989	-989	-997	-998	-998
浮箱-16	-982	-992	-981	-998	-1002	-1004
浮箱-17	-992	-991	-992	-1002	-1000	-1000
浮箱-18	-988	-992	-992	-1000	-1012	-1010
浮箱-19	-991	-990	-988	-1002	-1000	-998
浮箱-20	-990	-990	-975	-999	-1000	-987

S2 碼頭共選擇 4 排基樁，共 17 處陽極塊檢測發生電位，量測結果如表 5-16 所示。陽極塊表面覆著海生物清除前後為 -957 ~ -913 mV 與-968 ~ -925 mV 之間，陽極塊發生電位均小於 -780 mV，可達保護基樁鋼材免於腐蝕之目的。

表 5-16 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果

陽極塊編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
S2-7-1	-931	-931	-924	-950	-940	-938
S2-7-2	-924	-925	-926	-938	-937	-938
S2-7-3	-924	-924	-927	-941	-944	-945
S2-7-4	-927	-928	-926	-947	-948	-947
S2-7-5	-925	-926	-924	-946	-936	-946
S2-8-1	-913	-930	-925	-953	-952	-938
S2-8-2	-937	-937	-936	-940	-948	-946
S2-8-3	-919	-920	-922	-925	-938	-938
S2-8-4	-919	-920	-922	-928	-938	-938
S2-9-1	-929	-937	-936	-940	-945	-946
S2-9-2	-923	-924	-923	-933	-934	-943
S2-9-3	-951	-957	-948	-968	-967	-965
S2-9-4	-929	-926	-925	-933	-934	-944
S2-10-1	-923	-924	-933	-933	-934	-944
S2-10-2	-945	-948	-944	-956	-956	-955
S2-10-3	-933	-944	-935	-941	-954	-956
S2-10-4	-932	-931	-931	-942	-952	-942

2. 白沙碼頭區陽極塊發生電位檢測

白沙碼頭區基樁陽極塊發生電位，量測結果如表 5-17 所示。陽極塊發生電位，在其表面覆著海生物清除前後為 -988 ~ -864 mV 與 -1131 ~ -867 mV 之間，均小於 -780 mV，可達保護基樁鋼材免於腐蝕之目的。

表 5-17 白沙碼頭區浮動碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果

陽極塊編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
白沙 A1-1	-864	-864	-864	-866	-867	-867
白沙 A2-1	-970	-980	-970	-1000	-1002	-1024
白沙 A3-1	-939	-940	-940	-980	-949	-957
白沙 B1-1	-830	-830	-840	-1130	-1131	-1100
白沙 B2-1	-853	-856	-840	-970	-995	-998
白沙 B3-1	-956	-934	-957	-960	-964	-960
白沙 B4-1	-886	-911	-988	-1025	-1056	-990

白沙碼頭區浮動碼頭浮箱共選擇 20 處陽極塊檢測發生電位，量測結果如表 5-18 所示。陽極塊發生電位在其表面覆著海生物清除前後分別為 -1035 ~ -990 mV 與-1040 ~ -972 mV 之間，均小於 -780 mV，可達保護浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 5-18 白沙碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果

陽極塊編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
浮箱 1	-1035	-1035	-1035	-1040	-1040	-1040
浮箱 2	-1028	-1028	-1026	-1037	-1037	-1038
浮箱 3	-1030	-1032	-1032	-1035	-1035	-1040
浮箱 4	-1030	-1030	-1030	-1035	-1035	-1035
浮箱 5	-1030	-1030	-1030	-1035	-1035	-1035
浮箱 6	-1032	-1032	-1032	-1040	-1040	-1040
浮箱 7	-988	-988	-988	-1002	-1003	-1004
浮箱 8	-990	-993	-990	-1003	-1003	-1001
浮箱 9	-992	-991	-990	-1002	-1004	-1005
浮箱 10	-998	-991	-998	-1003	-1004	-1001
浮箱 11	-982	-981	-982	-1002	-972	-982
浮箱 12	-981	-988	-982	-993	-990	-990
浮箱 13	-994	-990	-990	-1014	-1014	-1014
浮箱 14	-992	-992	-992	-1014	-1014	-1014

5.2.4.3 .浮動碼頭基樁鋼板厚度檢測

1. 福澳碼頭區基樁厚度檢測

福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭與 E 區平台基樁厚度檢測與腐蝕速率結果如表 5-19 至表 5-21 所示。平均腐蝕速率如表 5-22 所示。各基樁單一測點之腐蝕速率分別界於：F1 區 0.00～0.07 (F1 區)、0.00～0.08 (F2 區)與 0.00～0.07 (E 區) mm/yr.之間，平均腐蝕速率界於 0.00～0.08 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。基樁平均腐蝕速率與水深之關係，分別示如圖 5.53(F1 及 F2 區) 與圖 5.54(E 區)。本碼頭區竣工時間為民國 99 年 11 月，調查時基樁使用時間不足 6 年，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 5-19 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 基樁厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
基樁 A1	+3.0	19.00	18.90	18.70	18.70	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.00
	+1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	-1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-1.5	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	-2.0	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.02
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 A2	+3.0	19.00	19.00	18.90	19.00	18.97	0.03	0.00
	+2.0	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.02
	+1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	±0.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.90	18.80	18.90	18.87	0.13	0.02
	-1.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-2.0	19.00	18.90	18.60	18.60	18.70	0.30	0.04
	-2.3	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
基樁 A3	+3.0	19.00	18.60	18.60	18.70	18.63	0.37	0.05
	+2.0	19.00	18.50	18.50	18.50	18.50	0.50	0.07
	+1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	±0.0	19.00	18.90	18.80	18.90	18.87	0.13	0.02
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-1.5	19.00	18.50	18.90	18.90	18.77	0.23	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
基樁 B1	+3.0	19.00	18.70	18.90	18.80	18.80	0.20	0.03
	+2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+1.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	±0.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	-0.5	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-1.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.01
	-1.5	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.04
	-2.0	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.04
	-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
基樁 B2	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.90	18.80	0.20	0.03
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	±0.0	19.00	18.80	18.90	18.90	18.87	0.13	0.02
	-0.5	19.00	18.80	18.90	18.90	18.87	0.13	0.02
	-1.0	19.00	18.70	18.60	18.70	18.67	0.33	0.05
	-1.5	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	-2.3	19.00	19.00	18.90	18.80	18.90	0.10	0.01
基樁 B3	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.04
	+1.0	19.00	18.30	18.30	18.60	18.40	0.60	0.09
	±0.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.80	18.90	18.90	18.87	0.13	0.02
	-1.5	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-2.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.01
	-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
基樁 B4	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	19.00	18.90	19.00	18.97	0.03	0.00
	+1.0	19.00	18.40	18.80	18.90	18.70	0.30	0.04
	±0.0	19.00	18.60	18.60	18.60	18.60	0.40	0.06
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.80	18.90	18.90	18.87	0.13	0.02
	-1.5	19.00	18.70	18.90	18.90	18.83	0.17	0.02
	-2.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.00
	-2.3	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.01

表 5-20 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 基樁厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
基樁 C1	+3.0	19.00	18.70	18.90	18.90	18.83	0.17	0.02
	+2.0	19.00	18.50	18.50	18.50	18.50	0.50	0.07
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.90	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	-0.5	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	-1.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	-2.0	19.00	18.90	18.80	18.70	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.02
基樁 C2	+3.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	+2.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.04
	-0.5	19.00	18.60	18.80	18.70	18.70	0.30	0.04

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-1.0	19.00	18.70	18.80	18.90	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.04
	-2.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
基樁 C3	+3.0	19.00	18.70	18.70	18.50	18.63	0.37	0.05
	+2.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-1.0	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.04
	-1.5	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
基樁 C4	+3.0	19.00	18.70	18.70	18.60	18.67	0.33	0.05
	+2.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	±0.0	19.00	18.40	18.50	18.50	18.47	0.53	0.08
	-0.5	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	-1.5	19.00	18.90	18.70	18.90	18.83	0.17	0.02
	-2.0	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.00
	-2.3	19.00	18.80	18.90	18.90	18.87	0.13	0.02
基樁 D1	+3.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	+2.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	+1.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	±0.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-0.5	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.00
	-1.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.01
	-1.5	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.00
	-2.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
基樁 D2	+3.0	19.00	18.80	18.90	18.80	18.83	0.17	0.02
	+2.0	19.00	18.90	18.50	18.90	18.77	0.23	0.03

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	+1.0	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	±0.0	19.00	18.70	18.60	18.70	18.67	0.33	0.05
	-0.5	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	-1.0	19.00	18.70	18.60	18.70	18.67	0.33	0.05
	-1.5	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
基樁 D3	+3.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.01
	+2.0	19.00	18.50	18.40	18.40	18.43	0.57	0.08
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	±0.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.90	19.00	18.80	18.90	0.10	0.01
	-2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00

表 5-21 澳碼頭區浮動碼頭 E 區平台基樁厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
基樁 E1	+3.0	19.00	18.60	18.60	18.70	18.63	0.37	0.05
	+2.0	19.00	18.50	18.50	18.50	18.50	0.50	0.07
	+1.0	19.00	18.60	18.50	18.60	18.57	0.43	0.06
	±0.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-0.5	19.00	18.70	18.70	18.90	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.60	18.50	18.70	18.60	0.40	0.06
	-1.5	19.00	18.40	18.50	18.60	18.50	0.50	0.07
	-2.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-2.3	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.04
基樁 E2	+3.0	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.00
	+2.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.01

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	+1.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	±0.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-0.5	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-1.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-2.0	19.00	19.00	18.90	19.00	18.97	0.03	0.00
	-2.3	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
基樁 E3	+3.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	±0.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.01
	-0.5	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.01
	-1.0	19.00	18.80	18.90	18.90	18.87	0.13	0.02
	-1.5	19.00	18.80	18.90	18.90	18.87	0.13	0.02
	-2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-2.3	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
基樁 E4	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.04
	+2.0	19.00	18.80	18.60	18.70	18.70	0.30	0.04
	+1.0	19.00	18.80	18.60	18.60	18.67	0.33	0.05
	±0.0	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.60	18.70	0.30	0.04
	-1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-1.5	19.00	18.40	18.70	18.60	18.57	0.43	0.06
	-2.0	19.00	18.60	18.50	18.80	18.63	0.37	0.05
	-2.3	19.00	18.60	18.50	18.60	18.57	0.43	0.06
基樁 E5	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.90	19.00	18.90	0.10	0.01
	+1.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	±0.0	19.00	18.80	19.00	19.00	18.93	0.07	0.01
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.5	19.00	18.90	18.80	19.00	18.90	0.10	0.01
	-2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
基樁 E6	+3.0	19.00	18.80	19.00	18.90	18.90	0.10	0.01
	+2.0	19.00	18.60	18.60	18.70	18.63	0.37	0.05
	+1.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	±0.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-0.5	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.04
	-1.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.5	19.00	18.80	18.90	18.80	18.83	0.17	0.02
	-2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-2.3	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.04
基樁 E7	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	18.60	18.80	18.90	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.70	18.70	18.60	18.67	0.33	0.05
	±0.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-0.5	19.00	18.90	18.90	18.70	18.83	0.17	0.02
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	-1.5	19.00	18.70	18.60	18.80	18.70	0.30	0.04
	-2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-2.3	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.01
基樁 E8	+3.0	19.00	19.00	19.00	18.70	18.90	0.10	0.01
	+2.0	19.00	18.90	18.80	18.70	18.80	0.20	0.03
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.04
	±0.0	19.00	18.70	18.40	19.00	18.70	0.30	0.04
	-0.5	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.00
	-1.0	19.00	18.80	18.90	19.00	18.90	0.10	0.01
	-1.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-2.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
基樁 E9	+3.0	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.00
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	±0.0	19.00	18.60	18.60	18.70	18.63	0.37	0.05
	-0.5	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.00

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度(mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	19.00	18.90	19.00	18.97	0.03	0.00
	-2.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	-2.3	19.00	19.00	18.80	18.70	18.83	0.17	0.02

表 5-22 福澳碼頭區浮動碼頭基樁平均腐蝕速率

(單位：mm/yr.)

基樁編號	水深（m）								
	+3.0	+2.0	+1.0	±0.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.3
F1-A1	0.03	0.00	0.01	0.03	0.04	0.01	0.04	0.02	0.03
F1-A2	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01
F1-A3	0.05	0.07	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01
F1-B1	0.03	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.04	0.04	0.00
F1-B2	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	0.02	0.01
F1-B3	0.03	0.04	0.09	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00
F1-B4	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01
F2-C1	0.02	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
F2-C2	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01	0.00
F2-C3	0.05	0.04	0.03	0.03	0.01	0.04	0.01	0.03	0.03
F2-C4	0.05	0.01	0.02	0.08	0.03	0.04	0.02	0.00	0.02
F2-D1	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
F2-D2	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.01	0.03	0.03
F2-D3	0.01	0.08	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
E1	0.05	0.07	0.06	0.01	0.03	0.06	0.07	0.01	0.04
E2	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
E3	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
E4	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.05	0.06
E5	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
E6	0.01	0.05	0.02	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.04
E7	0.00	0.03	0.05	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.01
E8	0.01	0.03	0.04	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03
E9	0.00	0.03	0.04	0.05	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02

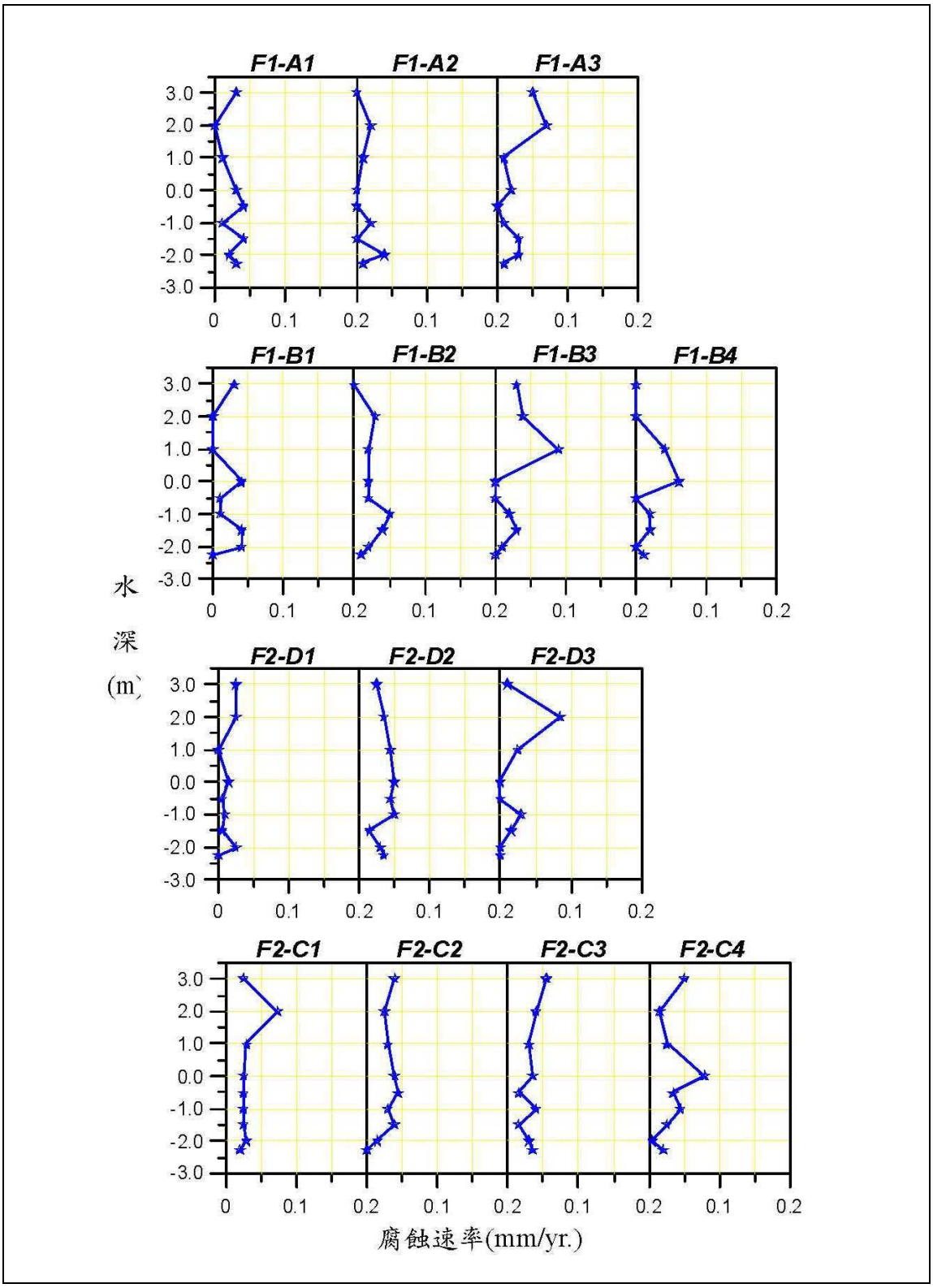


圖 5.53 福澳碼頭區 F1 及 F2 浮動碼頭基樁平均腐蝕速率與水深之關係

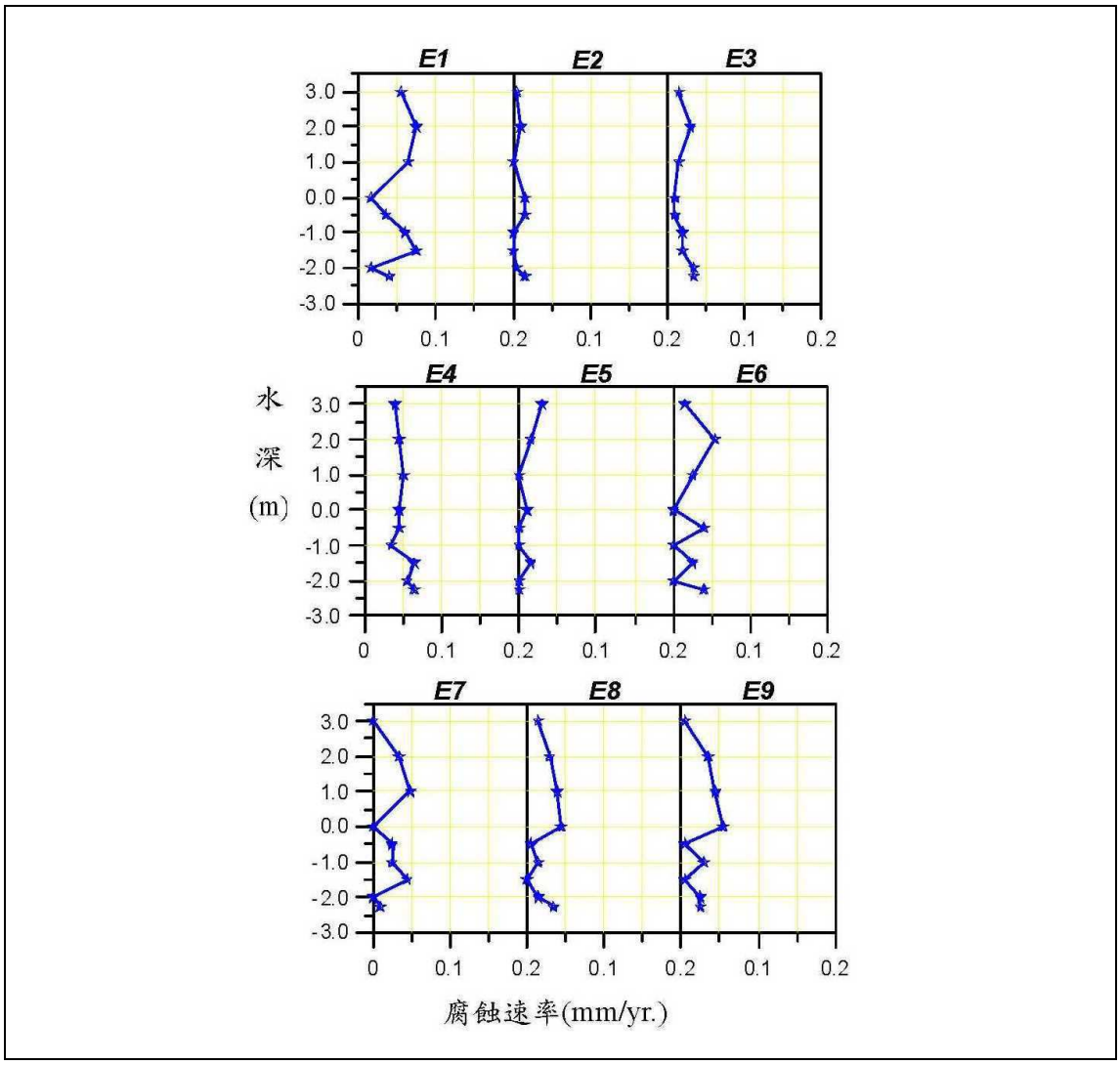


圖 5.54 福澳碼頭區浮動碼頭 E 區平台基樁平均腐蝕速率與水深之關係

2. 白沙碼頭區基樁厚度檢測

白沙碼頭區浮動碼頭基樁厚度檢測與腐蝕速率結果如表 5-23 所示。平均腐蝕速率如表 5-24 所示。各基樁單一測點之腐蝕速率界於 0.00～0.18 mm/yr.之間，平均腐蝕速率界於 0.00～0.09 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。基樁平均腐蝕速率與水深之關係，示如圖 5.55。本碼頭區竣工時間為民國 103 年 2 月，調查時基樁使用時間不足 3 年，未達設計年限(20 年)，故少數測點腐蝕速率稍高，建議應後續仍應實施定期檢測，確保碼頭結構使用安全。

表 5-23 白沙碼頭區浮動碼頭基樁厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
基樁 A1	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.09
	+1.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.90	19.00	18.90	0.10	0.05
	-0.5	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.02
	-1.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
	-1.5	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
	-2.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
	-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
基樁 A2	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+1.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	±0.0	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.02
	-0.5	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	-1.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.03
	-1.5	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
	-2.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
	-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
基樁 A3	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+1.0	19.00	18.90	18.80	18.90	18.87	0.13	0.06
	±0.0	19.00	18.80	19.00	19.00	18.93	0.07	0.03
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.90	19.00	18.90	18.93	0.07	0.03
	-1.5	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	-2.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
基樁 B1	+3.0	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.06
	+2.0	19.00	18.90	18.80	18.90	18.87	0.13	0.06
	+1.0	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.06
	±0.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-0.5	19.00	18.80	18.90	18.60	18.77	0.23	0.11
	-1.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.08
	-2.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.08
	-2.3	19.00	18.70	18.90	18.90	18.83	0.17	0.08
基樁 B2	+3.0	19.00	18.90	18.50	18.80	18.73	0.27	0.12
	+2.0	19.00	18.90	18.80	18.90	18.87	0.13	0.06
	+1.0	19.00	18.90	18.50	18.40	18.60	0.40	0.18
	±0.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	-0.5	19.00	18.30	18.60	18.60	18.50	0.50	0.23
	-1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.05
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.12
	-2.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.08
	-2.3	19.00	18.80	18.90	18.90	18.87	0.13	0.06
基樁 B3	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	19.00	18.90	19.10	19.00	0.00	0.00
	+1.0	19.00	18.90	19.00	18.90	18.93	0.07	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.90	18.90	18.87	0.13	0.06
	-0.5	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.05
	-1.0	19.00	18.70	18.90	18.90	18.83	0.17	0.08
	-1.5	19.00	18.30	18.60	18.80	18.57	0.43	0.20
	-2.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.05
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.12
基樁 B4	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	19.00	18.90	19.00	18.97	0.03	0.02
	+1.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	±0.0	19.00	18.80	19.00	19.00	18.93	0.07	0.03
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
	-1.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-2.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.03
	-2.3	19.00	18.80	19.00	19.00	18.93	0.07	0.03

表 5-24 白沙碼頭區浮動碼頭基樁平均腐蝕速率

(單位：mm/yr.)

基樁編號	水深（m）								
	+3.0	+2.0	+1.0	±0.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.3
A1	0.03	0.00	0.01	0.03	0.04	0.01	0.04	0.02	0.03
A2	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.01
A3	0.05	0.07	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01
B1	0.03	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.04	0.04	0.00
B2	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.04	0.02	0.01
B3	0.03	0.04	0.09	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00
B4	0.00	0.00	0.04	0.06	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01

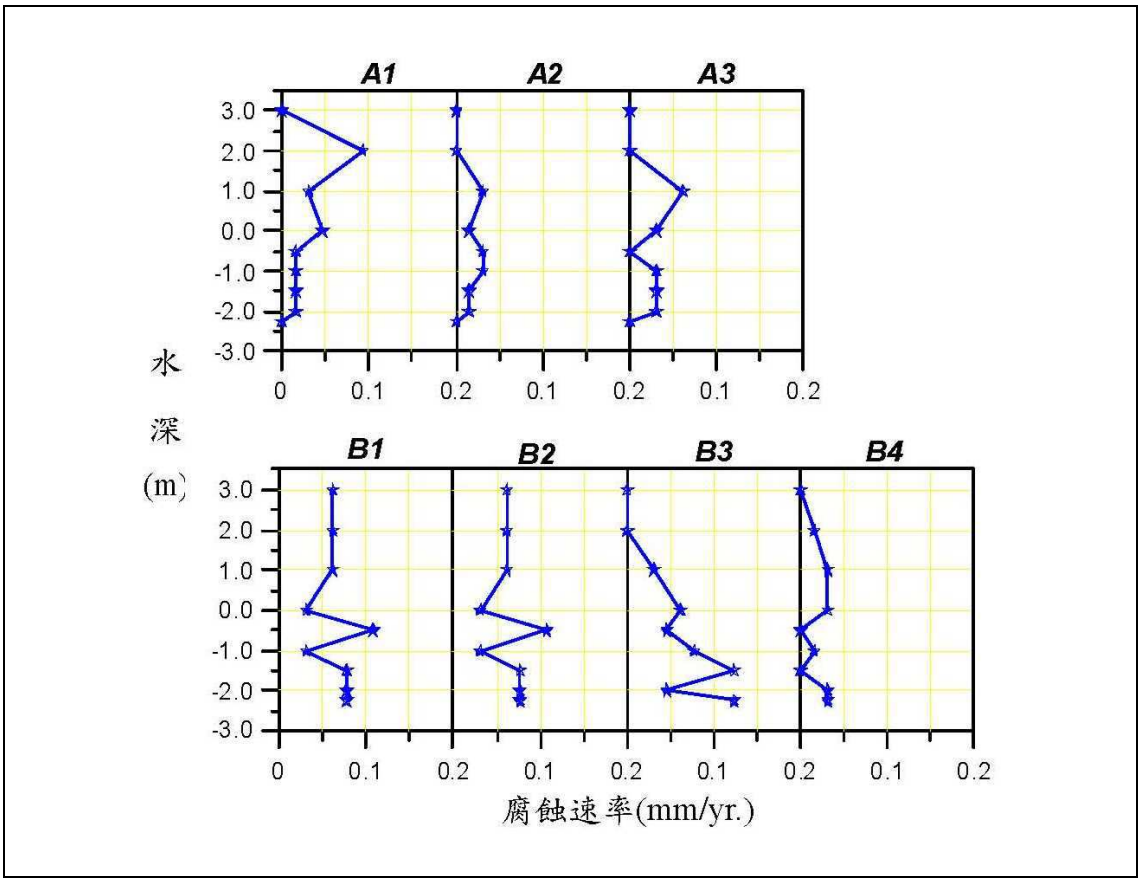


圖 5.55 白沙碼頭區浮動碼頭基樁平均腐蝕速率與水深之關係

5.2.4.4 浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測

1. 福澳碼頭區浮箱鋼板厚度檢測

福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭浮箱側面與底板，其鋼板厚度檢測與腐蝕速率計算結果，如表 5-25 及表 5-26 所示。各測點之腐蝕速率界於 0.02～0.12 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。本碼頭區竣工時間為民國 99 年 11 月，調查時基樁使用時間不足 6 年，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 5-25 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 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（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
浮箱 1	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.60	11.80	11.80	11.73	0.27	0.04
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 2	水線上	12.00	11.50	11.60	11.70	11.60	0.40	0.06
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.60	9.73	0.27	0.04
浮箱 3	水線上	12.00	11.70	11.80	11.60	11.70	0.30	0.04
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 4	水線上	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.80	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 5	水線上	12.00	11.70	11.60	11.50	11.60	0.40	0.06
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.60	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.70	9.60	9.80	9.70	0.30	0.04
浮箱 6	水線上	12.00	11.60	11.70	11.80	11.70	0.30	0.04
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 7	水線上	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	底板	10.00	9.60	9.70	9.70	9.67	0.33	0.05
浮箱 8	水線上	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 9	水線上	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.70	9.70	9.80	9.73	0.27	0.04
浮箱 10	水線上	12.00	11.70	11.60	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.60	9.60	9.67	0.33	0.05
浮箱 11	水線上	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	底板	10.00	9.70	9.90	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 12	水線上	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.02
浮箱 13	水線上	12.00	11.50	11.20	11.80	11.50	0.50	0.07
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.02
浮箱 14	水線上	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.80	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.60	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 15	水線上	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 16	水線上	12.00	11.60	11.60	11.40	11.53	0.47	0.07
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 17	水線上	12.00	11.70	11.50	11.40	11.53	0.47	0.07
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.50	11.60	0.40	0.06
	底板	10.00	9.70	9.60	9.50	9.60	0.40	0.06
浮箱 18	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.70	11.73	0.27	0.04

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	底板	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.02
浮箱 19	水線上	12.00	11.60	11.80	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.60	11.60	11.60	0.40	0.06
	底板	10.00	9.80	9.70	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 20	水線上	12.00	11.70	11.60	11.60	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.80	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03

表 5-26 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 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（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
浮箱 1	水線上	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	底板	10.00	9.70	9.70	9.80	9.73	0.27	0.04
浮箱 2	水線上	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.80	9.60	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 3	水線上	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 4	水線上	12.00	11.60	11.60	11.40	11.53	0.47	0.07
	水線下	12.00	11.50	11.50	11.70	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 5	水線上	12.00	11.70	11.50	11.40	11.53	0.47	0.07
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.70	9.60	9.50	9.60	0.40	0.06
浮箱 6	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.70	11.60	0.40	0.06
	底板	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.02
浮箱 7	水線上	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.80	9.70	9.70	9.73	0.27	0.04
浮箱 8	水線上	12.00	11.50	11.80	11.70	11.67	0.33	0.05

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	水線下	12.00	11.60	11.80	11.60	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 9	水線上	12.00	11.60	11.80	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.60	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.70	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 10	水線上	12.00	11.70	11.60	11.60	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.80	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 11	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.70	11.73	0.27	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 12	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	9.70	9.90	9.90	9.83	0.17	0.02
浮箱 13	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.80	11.60	11.90	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.02
浮箱 14	水線上	12.00	11.70	11.70	11.40	11.60	0.40	0.06
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 15	水線上	12.00	11.60	11.90	11.90	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.50	11.80	11.70	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.90	9.80	9.80	9.83	0.17	0.02
浮箱 16	水線上	12.00	11.60	11.60	11.60	11.60	0.40	0.06
	水線下	12.00	11.60	11.40	11.60	11.53	0.47	0.07
	底板	10.00	9.70	9.60	9.60	9.63	0.37	0.05
浮箱 17	水線上	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 18	水線上	12.00	11.80	11.80	11.90	11.83	0.17	0.02
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.70	11.73	0.27	0.04
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 19	水線上	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	10.00	9.80	9.80	9.80	9.80	0.20	0.03
浮箱 20	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03

2. 白沙碼頭區浮箱鋼板厚度檢測

白沙碼頭區浮動碼頭浮箱側面與底板，其鋼板厚度檢測與腐蝕速率計算結果，如表 5-27 所示。各測點之腐蝕速率界於 0.00～0.12 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。本碼頭區竣工時間為民國 103 年 2 月，調查時基樁使用時間不足 3 年，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 5-27 白沙碼頭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（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
浮箱 1	水線上	10.00	9.90	9.80	9.70	9.80	0.20	0.09
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.06
	底板	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.06
浮箱 2	水線上	10.00	9.70	9.70	9.90	9.77	0.23	0.11
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.06
	底板	10.00	9.80	9.80	9.80	9.80	0.20	0.09
浮箱 3	水線上	10.00	9.90	9.80	9.70	9.80	0.20	0.09
	水線下	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.06
	底板	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.05
浮箱 4	水線上	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.05
	水線下	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.05
	底板	10.00	9.90	9.90	9.70	9.83	0.17	0.08
浮箱 5	水線上	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.08
	水線下	10.00	10.10	10.00	9.90	10.00	0.00	0.00

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	底板	10.00	9.90	9.80	9.80	9.83	0.17	0.08
浮箱 6	水線上	10.00	9.70	9.70	9.80	9.73	0.27	0.12
	水線下	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.08
	底板	10.00	9.90	9.90	9.70	9.83	0.17	0.08
浮箱 7	水線上	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.11
	水線下	10.00	9.90	9.70	9.80	9.80	0.20	0.09
	底板	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.06
浮箱 8	水線上	10.00	9.80	9.70	9.70	9.73	0.27	0.12
	水線下	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.05
	底板	10.00	9.80	9.80	9.80	9.80	0.20	0.09
浮箱 9	水線上	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.08
	水線下	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.08
	底板	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.06
浮箱 10	水線上	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.06
	水線下	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.11
	底板	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.05
浮箱 11	水線上	10.00	9.80	9.70	9.90	9.80	0.20	0.09
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.70	9.80	0.20	0.09
	底板	10.00	9.80	9.90	9.70	9.80	0.20	0.09
浮箱 12	水線上	10.00	9.70	9.80	9.90	9.80	0.20	0.09
	水線下	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.08
	底板	10.00	9.70	9.90	9.90	9.83	0.17	0.08
浮箱 13	水線上	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.11
	水線下	10.00	9.90	9.70	9.90	9.83	0.17	0.08
	底板	10.00	9.90	9.90	10.00	9.93	0.07	0.03
浮箱 14	水線上	10.00	9.80	9.80	9.80	9.80	0.20	0.09
	水線下	10.00	9.90	9.70	9.90	9.83	0.17	0.08
	底板	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00
浮箱 15	水線上	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.05
	水線下	10.00	10.00	9.90	9.80	9.90	0.10	0.05
	底板	10.00	9.90	10.00	9.90	9.93	0.07	0.03
浮箱 16	水線上	10.00	10.00	9.90	9.90	9.93	0.07	0.03
	水線下	10.00	10.00	9.90	9.80	9.90	0.10	0.05

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度（㎜）			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	底板	10.00	9.70	9.90	9.90	9.83	0.17	0.08
浮箱 17	水線上	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.11
	水線下	10.00	9.70	9.90	9.80	9.80	0.20	0.09
	底板	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.08
浮箱 18	水線上	10.00	9.70	9.90	9.80	9.80	0.20	0.09
	水線下	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.06
	底板	10.00	9.60	9.90	9.80	9.77	0.23	0.11
浮箱 19	水線上	10.00	9.70	9.90	9.80	9.80	0.20	0.09
	水線下	10.00	9.70	9.80	9.90	9.80	0.20	0.09
	底板	10.00	9.60	9.90	9.70	9.73	0.27	0.12
浮箱 20	水線上	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.08
	水線下	10.00	9.80	9.90	9.70	9.80	0.20	0.09
	底板	10.00	9.80	9.90	9.60	9.77	0.23	0.11

5.3 臺中港南、北防波堤調查

本年度工作項目除執行馬祖港區碼頭及防波堤之現況調查外，另臺中港南、北防波堤進行岸上與水下檢測。臺中港南、北防波堤基本資料如表 5-28 所示，其位置與空拍圖如圖 5.56 及圖 5.57。

表 5-28 臺中港南、北防波堤基本資料

名稱	長度(m)	結構型式	備註
南防波堤	1,397	沉箱合成式	
北防波堤	2,818	沉箱合成式	

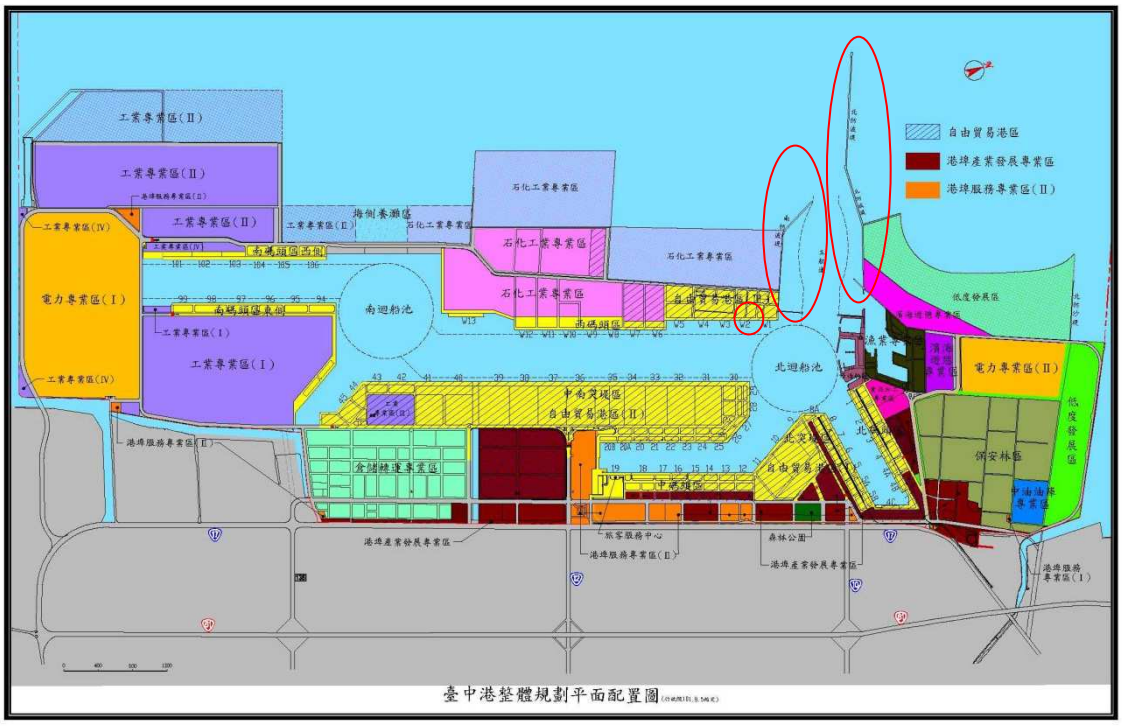


圖 5.56 臺中港南、北防波堤位置圖

圖 5.57 臺中港南、北防波堤空拍圖

防波堤調查方法係以目視檢視辦理，如發現劣化異狀，將記錄發生位置之水深 y 與距離 x(如圖 5.58 所示)，並拍照片存證。

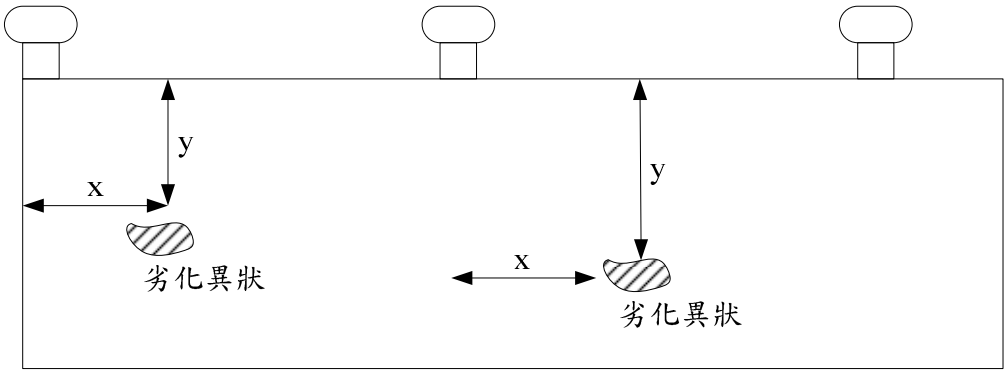


圖 5.58 劣化異狀位置記錄示意

5.3.1 臺中港南防波堤調查

臺中港南防波堤全長 1,397 m，寬 15.0 m，最大設計水深為-18.0 m，結構型式為合成式沉箱防波堤，斷面如圖 5.59 所示。竣工時間約於民國 65 至 72 年間，105 年 11 月調查時，使用時間已超過 30 年。圖 5.60 為岸上目視調查之防波堤情形，異狀現象主要包括：堤面混凝土磨損、沉箱間隙過大、混凝土裂縫或脫落、混凝土內部鋼筋裸露腐蝕...等。

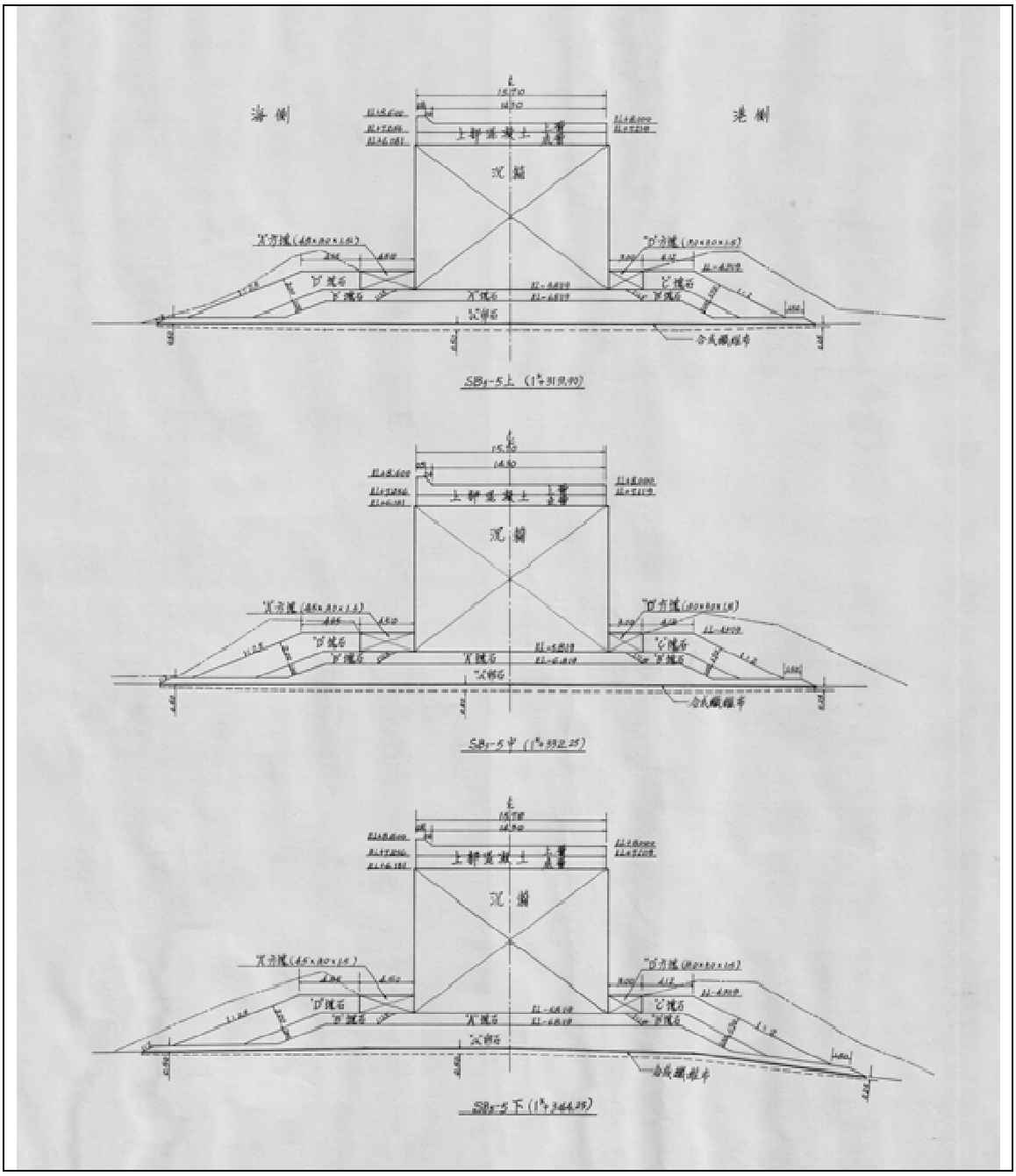


圖 5.59 臺中港南防波堤斷面圖

起點港側消波塊情形

堤面現況-1

堤面現況-2

終點處燈塔

港側混凝土護欄

港側混凝土護欄破損情形

海測堤面混凝土磨損情形

岸上調查作業人員與機具

圖 5.60 臺中港南防波堤現況調查情形(105.11)

水下調查發現異狀現象則包括：海床淤沙、沉箱與沉箱間隙過大、沉箱混凝土脫落、混凝土內部鋼筋裸露腐蝕....等。海側與港測調查結

果彙整與紀錄表，分別如表 5-29～表 5-39 及表 5-40～表 5-43 所示，異狀現象發生位置，如如圖 5.61 所示。

表 5-29 臺中港南防波堤海側調查結果彙整

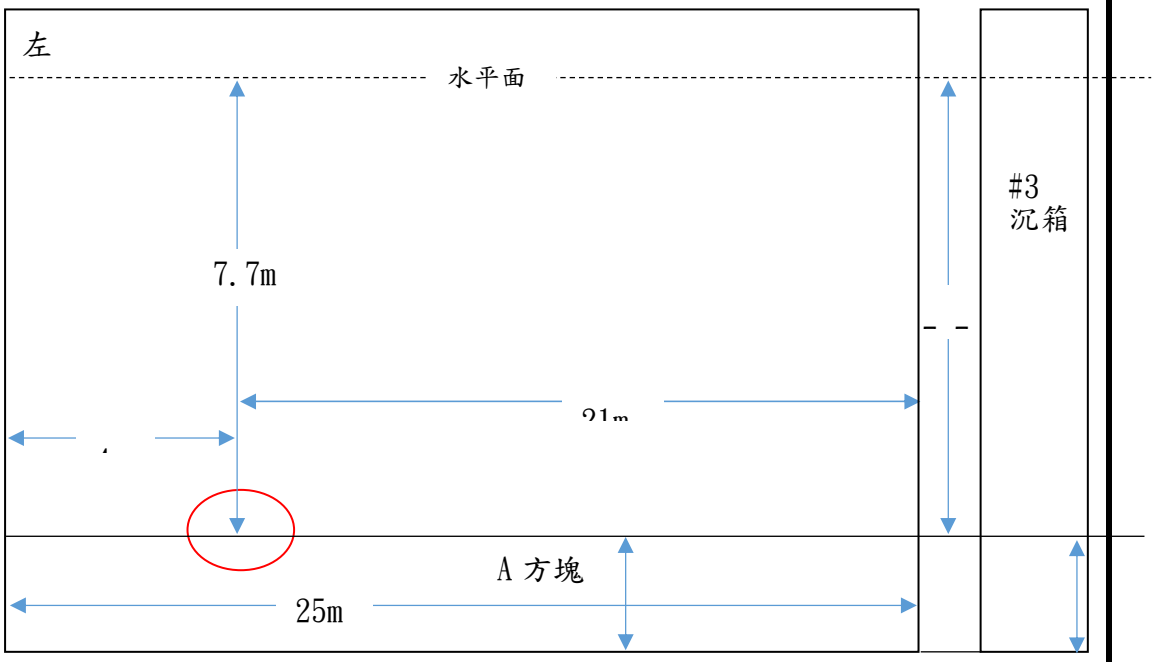
沉箱編號	說明	劣化位置	
		距離-X(m)	水深-Y(m)
#1	調查時未發現異狀	---	---
#2	沉箱壁與方塊間隙約 46 公分。	4.0	-7.7
#2~#3	沉箱與#3 沉箱間隙 26 公分。	25.0	-7.7
#3	沉箱與方塊間隙約 100 公分。	0.1	-7.7
#4~#5	調查時未發現異狀	---	---
#6	沉箱與方塊間隙約 194 公分	3.0	-7.0
#6	沉箱與方塊間隙約 46 公分	4.0	-7.0
#7~#15	調查時未發現異狀	---	---
#16	沉箱右側邊鋼筋裸露寬度約 74 公分，長度約 100 公分。	24.3	-6.9
#17	沉箱右側邊水平面上鋼筋裸露。	24.5	+0.1
#17	沉箱左側邊水平面上方混凝土侵蝕，目測寬約 50 公分，長約 50 公分。	24.5	+0.1
#18~#20	調查時未發現異狀	---	---
#21	沉箱左側邊水平面上鋼筋裸露，目測寬約 25 公分，長約 50 公分。	24.8	+0.5
#21	沉箱左側邊水平面上鋼筋裸露，目測寬約 35 公分，長約 30 公分。	24.7	+0.3
#22	沉箱左側邊鋼筋裸露，寬約 90 公分，長約 20 公分，深約 6 公分。	0.1	-2.3
#23	沉箱方塊間間隙約 40 公分。	11.0	-4.6
#24~#31	調查時未發現異狀	---	---

表 5-30 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-1

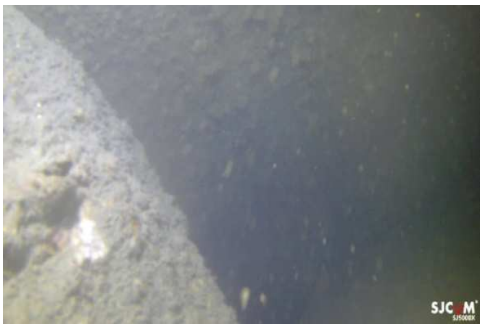
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#2
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11

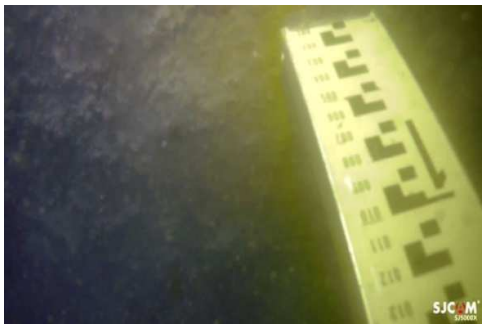
異狀簡圖

說明：#2 沉箱壁與方塊間隙約 46 公分，水深 7.7 公尺，距離 4 公尺。



異狀照片





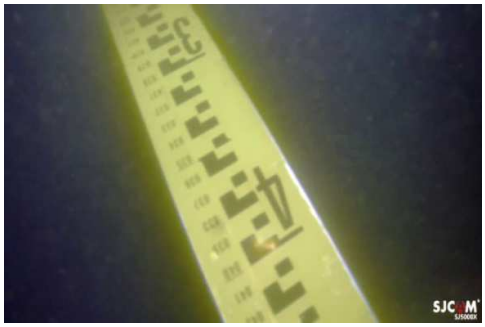
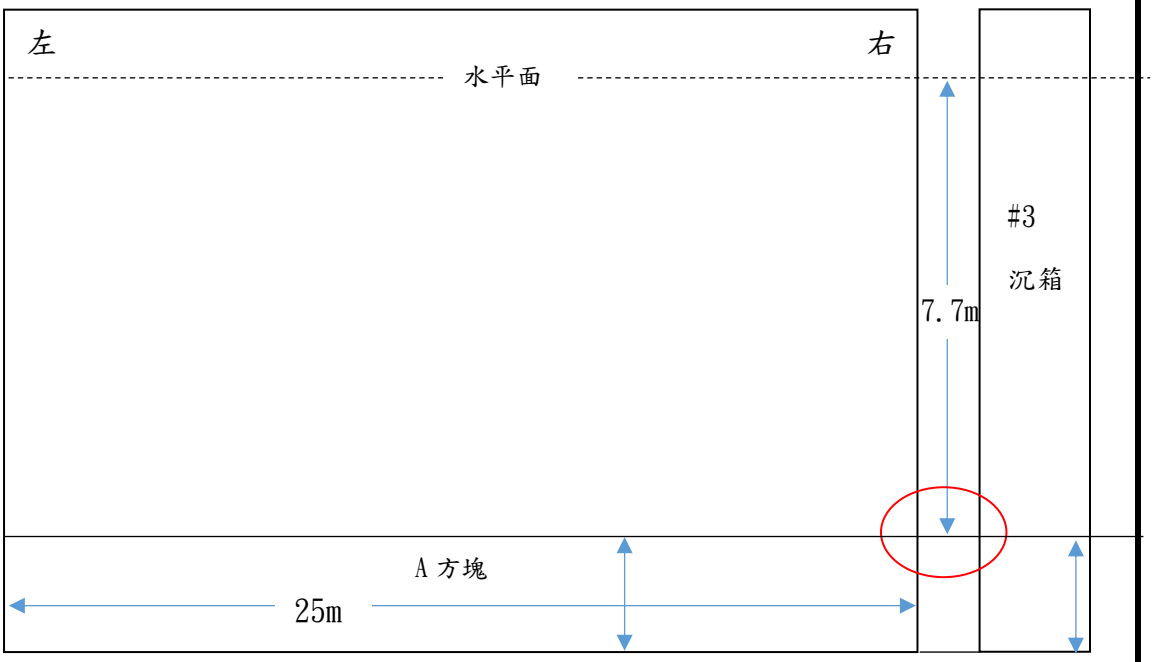


表 5-31 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-2

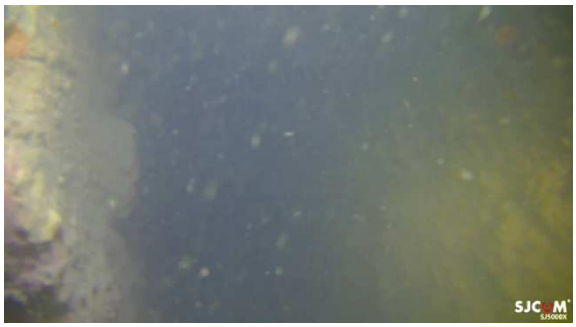
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#2~#3
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11

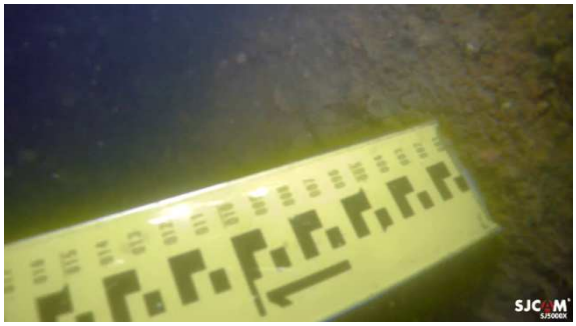
異狀簡圖

說明：#2 沉箱與#3 沉箱間隙 26 公分，水深 7.7 公尺，距離 25 公尺。



異狀照片





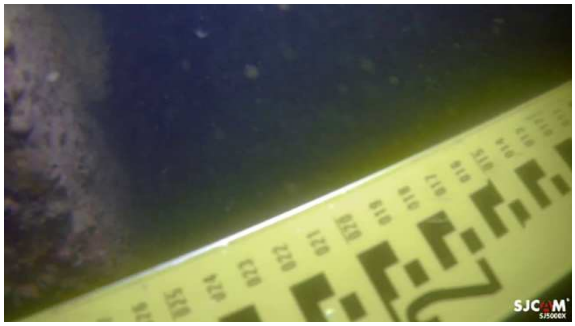
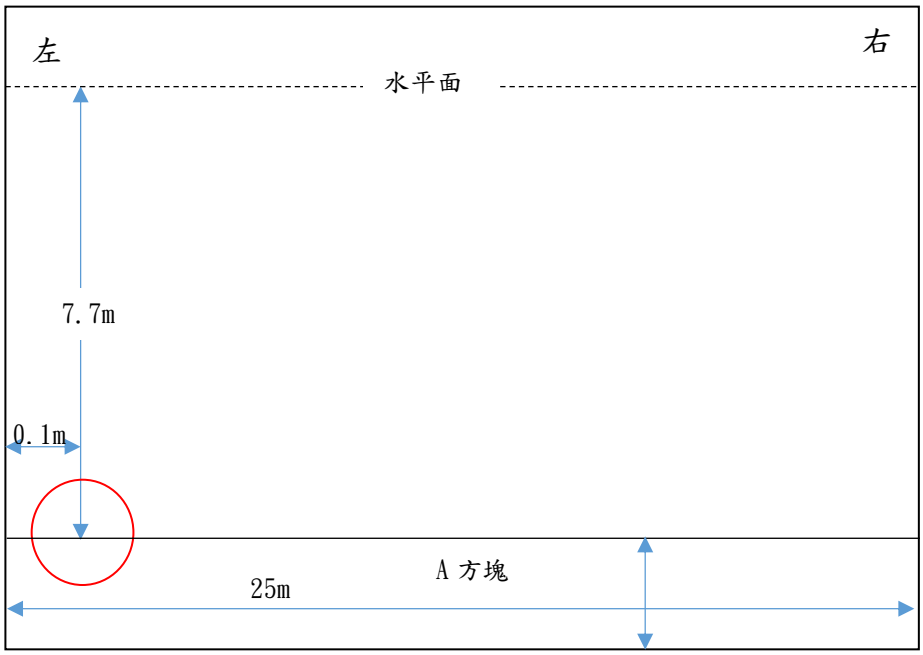


表 5-32 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-3

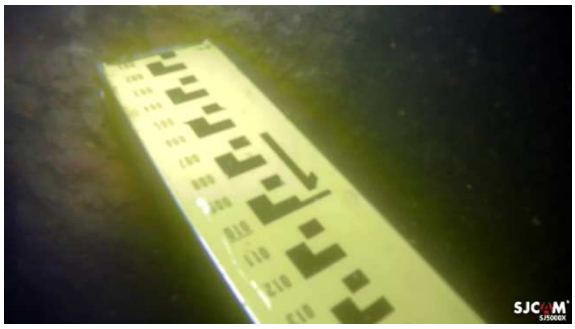
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#3
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11

異狀簡圖

說明：#3 沉箱與方塊間隙約 100 公分，水深約 7.7 公尺，距離約 0.1 公尺。



異狀照片



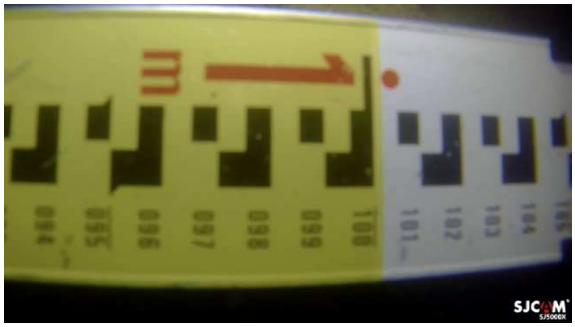
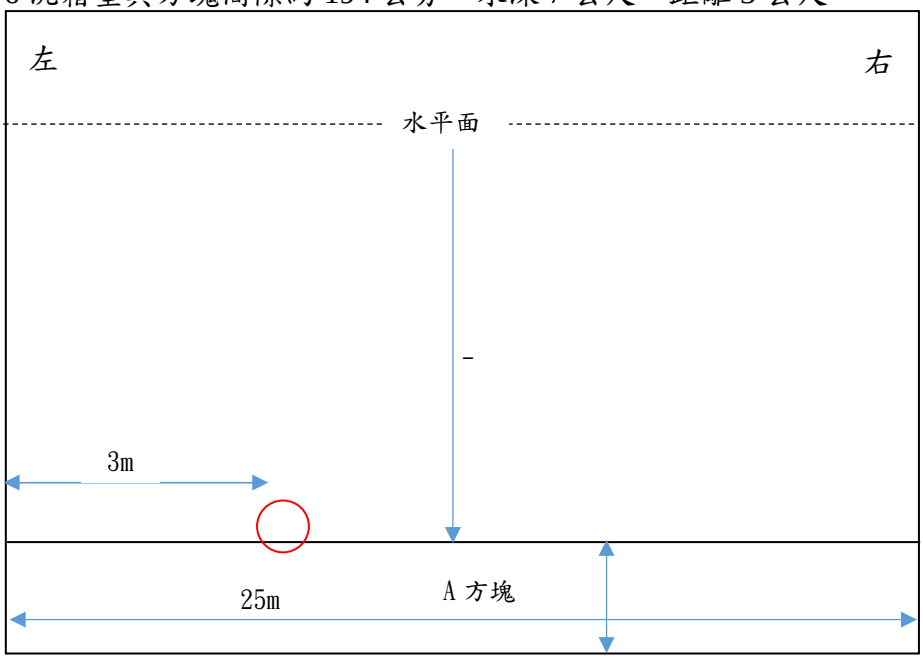


表 5-33 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-4

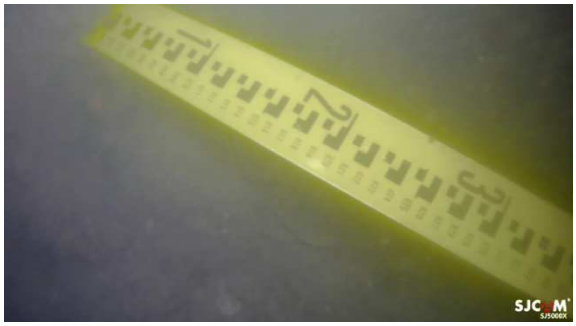
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#6
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11

異狀簡圖

說明：#6 沉箱壁與方塊間隙約 194 公分，水深 7 公尺，距離 3 公尺。



異狀照片



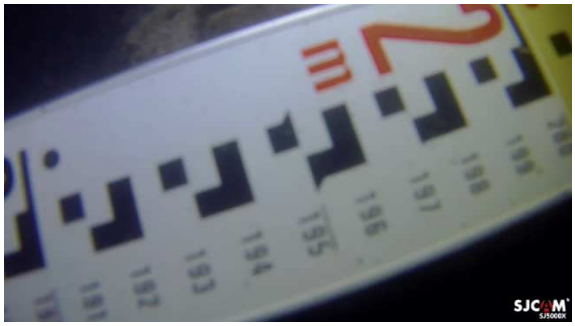
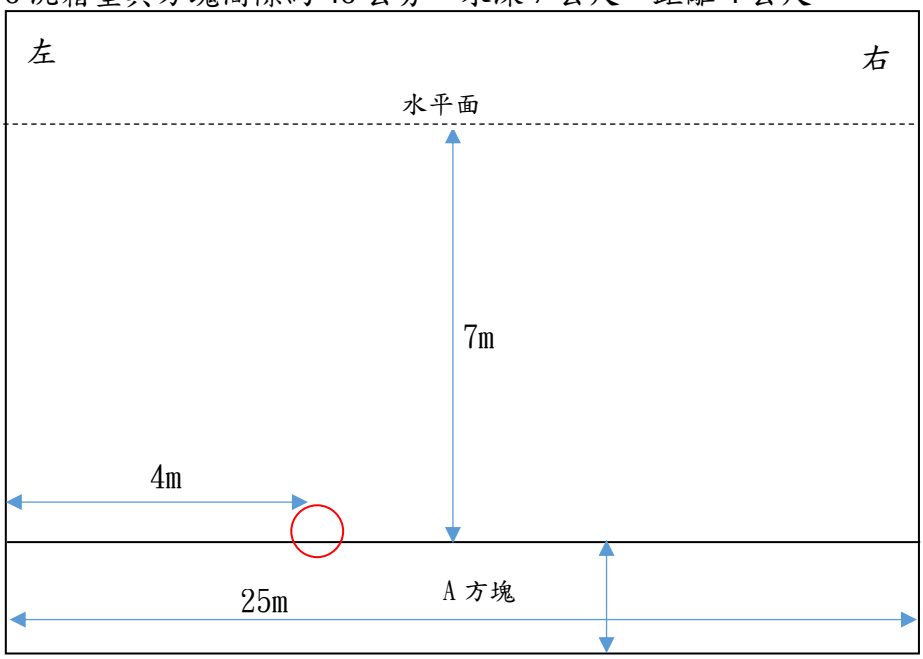


表 5-34 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-5

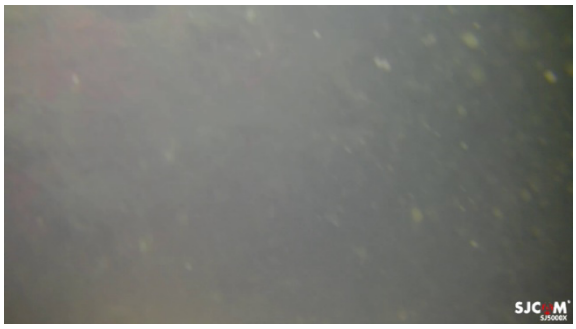
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#6
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11

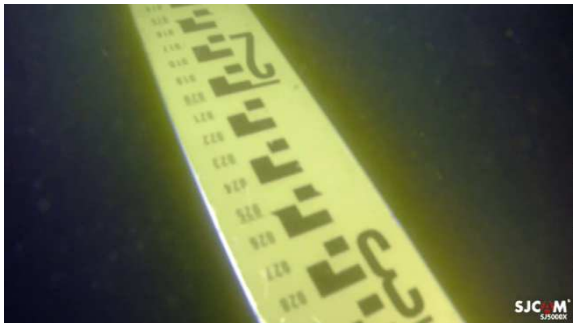
異狀簡圖

說明：#6 沉箱壁與方塊間隙約 46 公分，水深 7 公尺，距離 4 公尺。



異狀照片





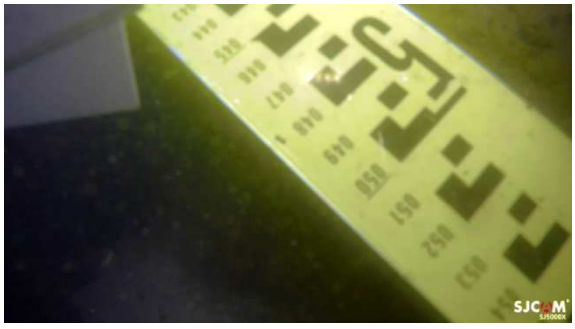
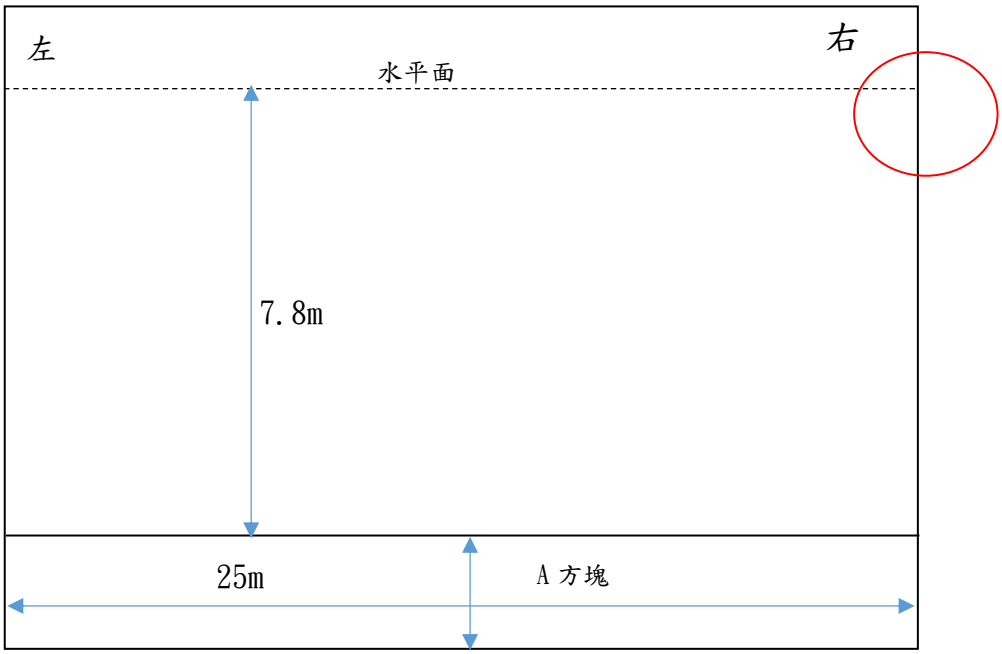


表 5-35 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-6

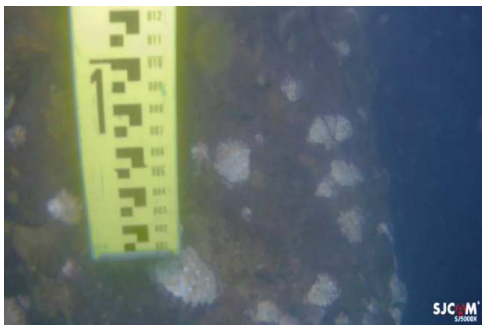
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#16
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13

異狀簡圖

說明：#16 沉箱右側鋼筋裸露寬度約 74 公分，長度約 100 公分。



異狀照片



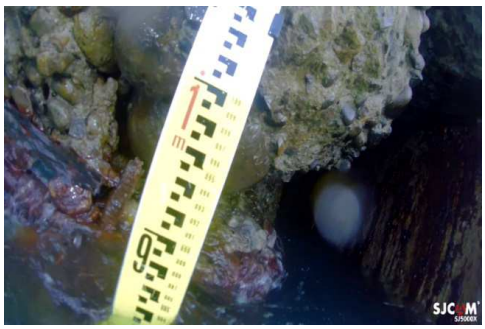
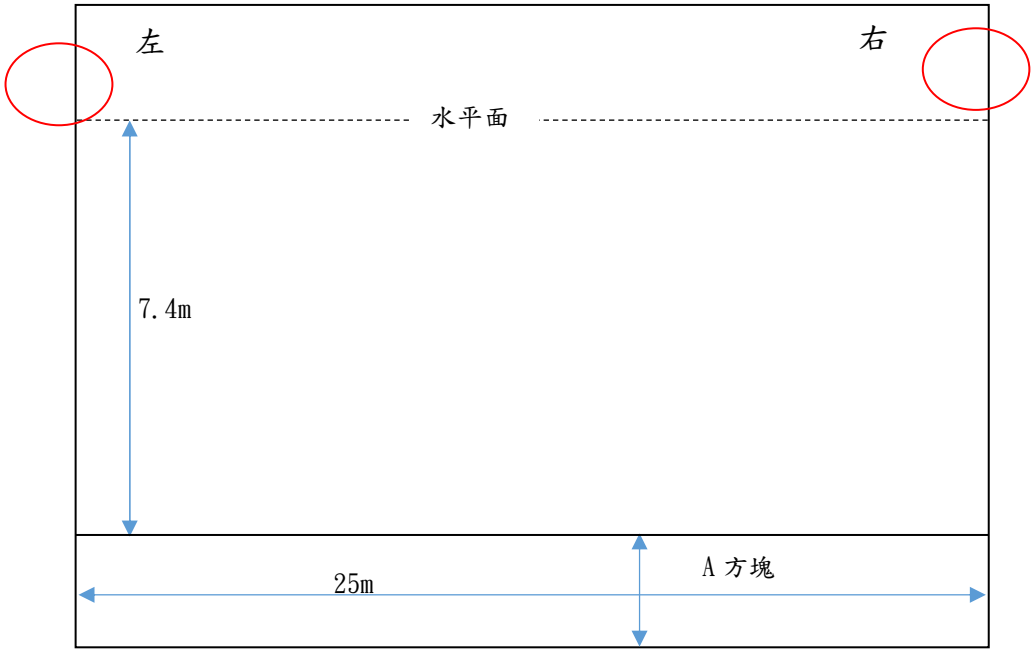


表 5-36 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-7

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#17
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13

異狀簡圖

說明：1.#17 沉箱右側邊水平面上鋼筋裸露，目測寬約 30 公分，長約 45 公分(1、2)。
2.#17 沉箱左側邊水平面上方混凝土侵蝕，目測寬約 50 公分，長約 50 公分(3、4)。



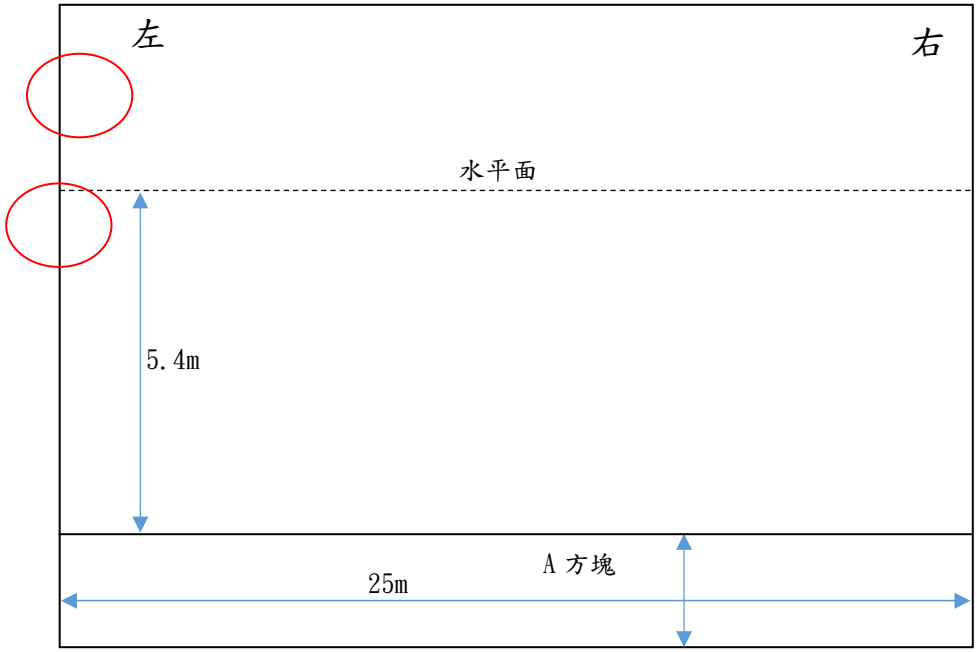
異狀照片

表 5-37 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-8

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#21
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13

異狀簡圖

說明：1.沉箱左側邊水平面上鋼筋裸露，目測寬約 25 公分，長約 50 公分。(1、2)
2.沉箱左側邊水平面上鋼筋裸露，目測寬約 35 公分，長約 30 公分。(3、4)



異狀照片

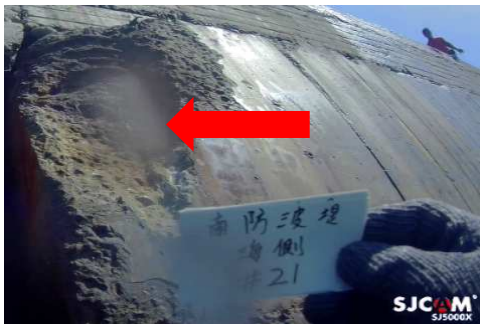
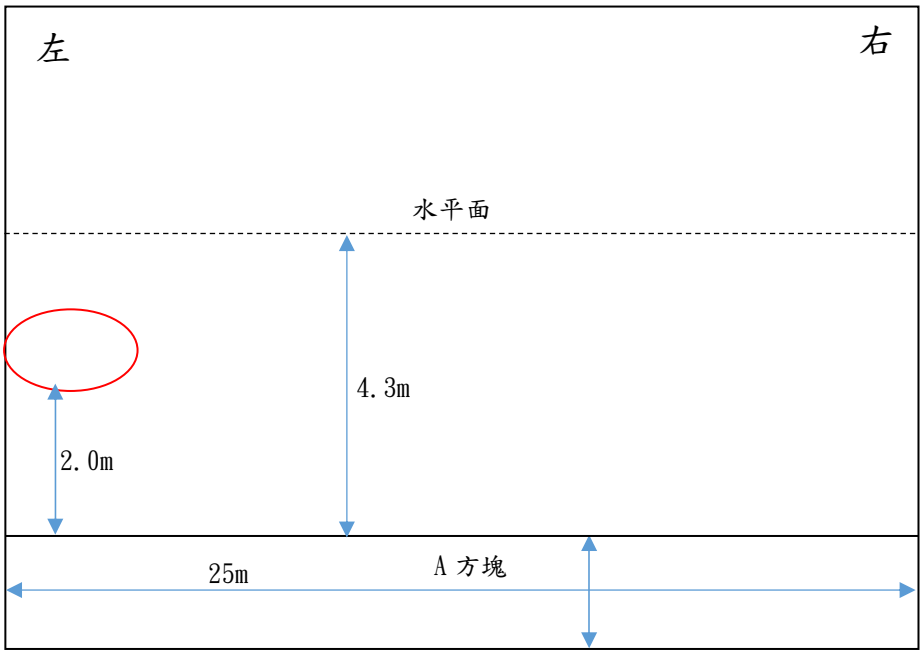


表 5-38 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-9

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#22
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13

異狀簡圖

說明：沉箱左側邊鋼筋裸露，寬約 90 公分，長約 20 公分，深約 6 公分。



異狀照片

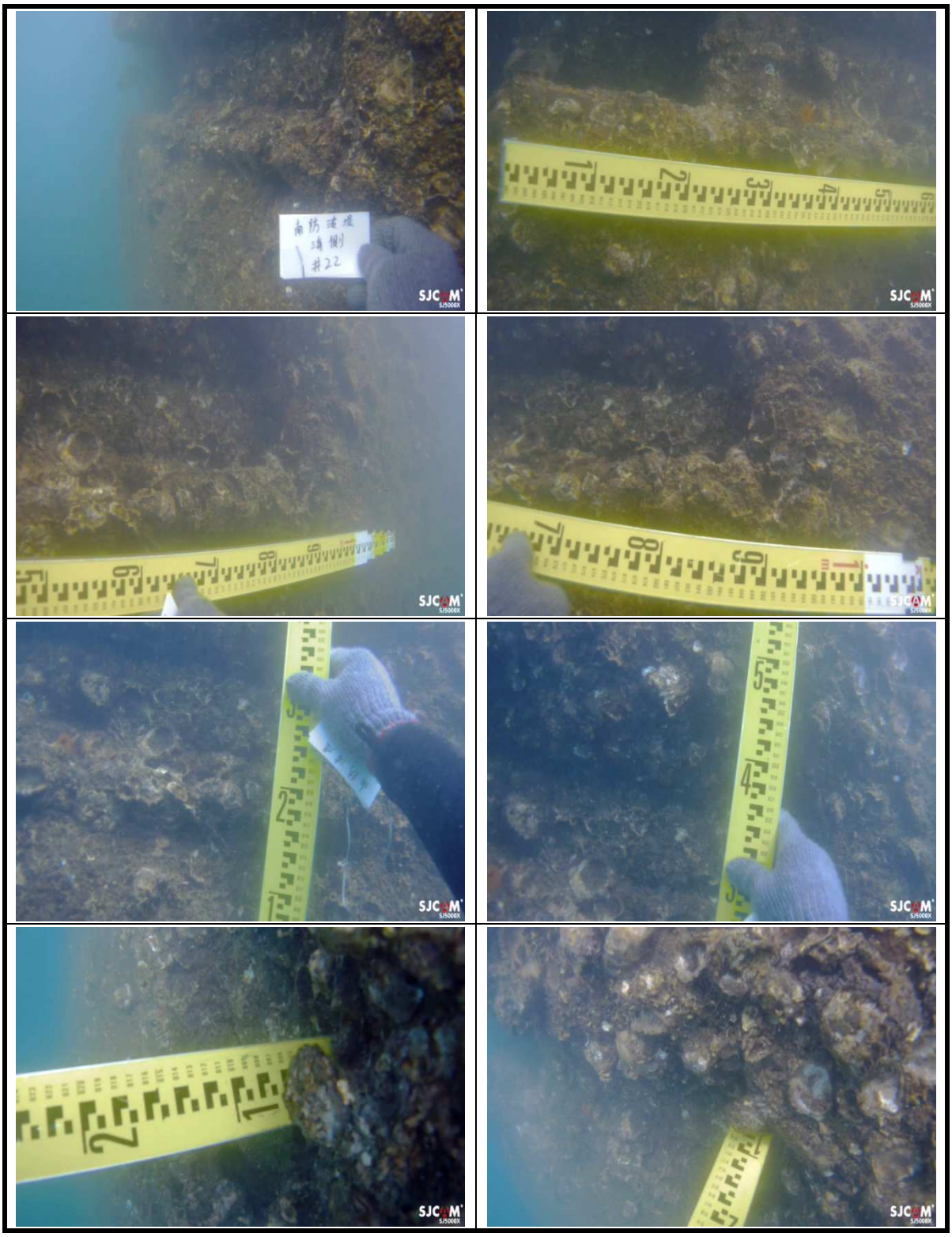
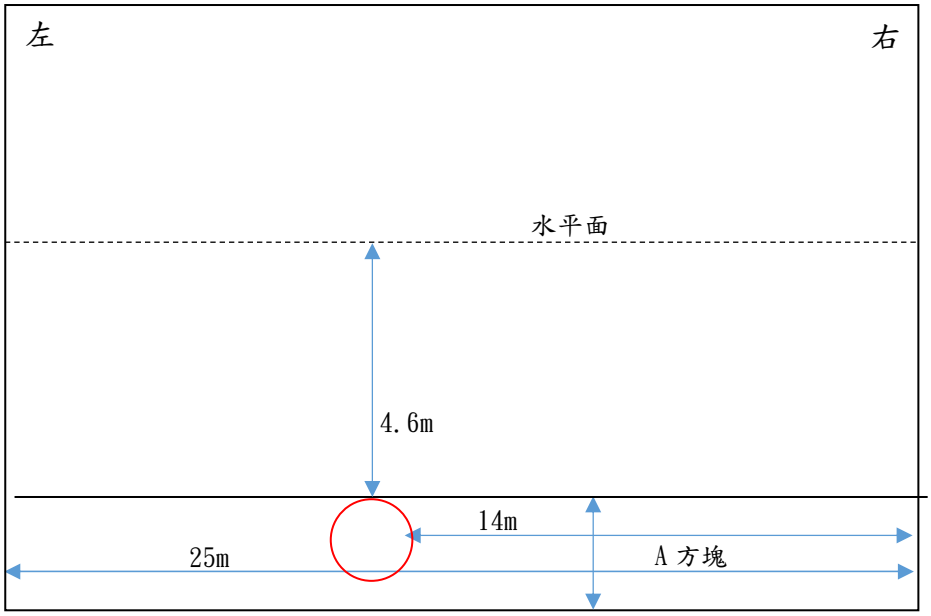

南防波堤
海側
#22

表 5-39 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-10

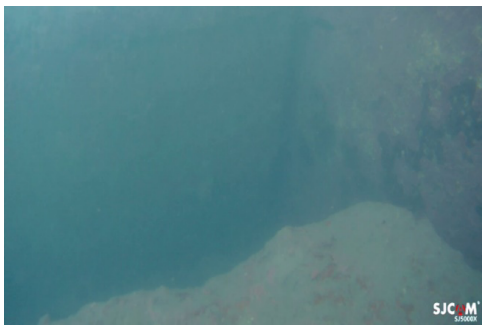
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#23
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13

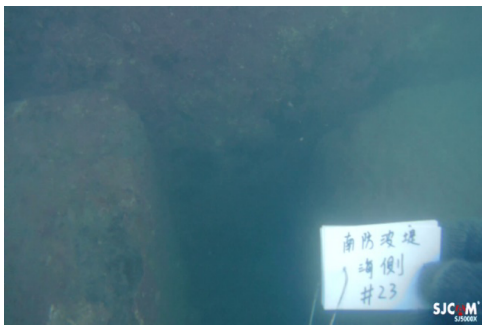
異狀簡圖

說明：#23 沉箱方塊間間隙約 40 公分。



異狀照片





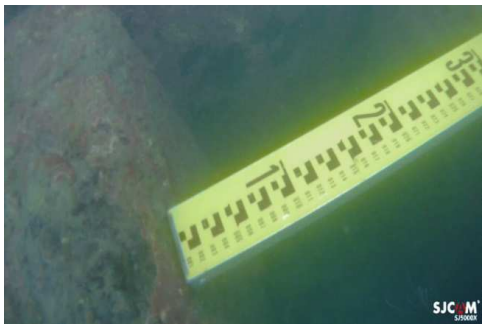


表 5-40 臺中港南防波堤港側調查結果彙整

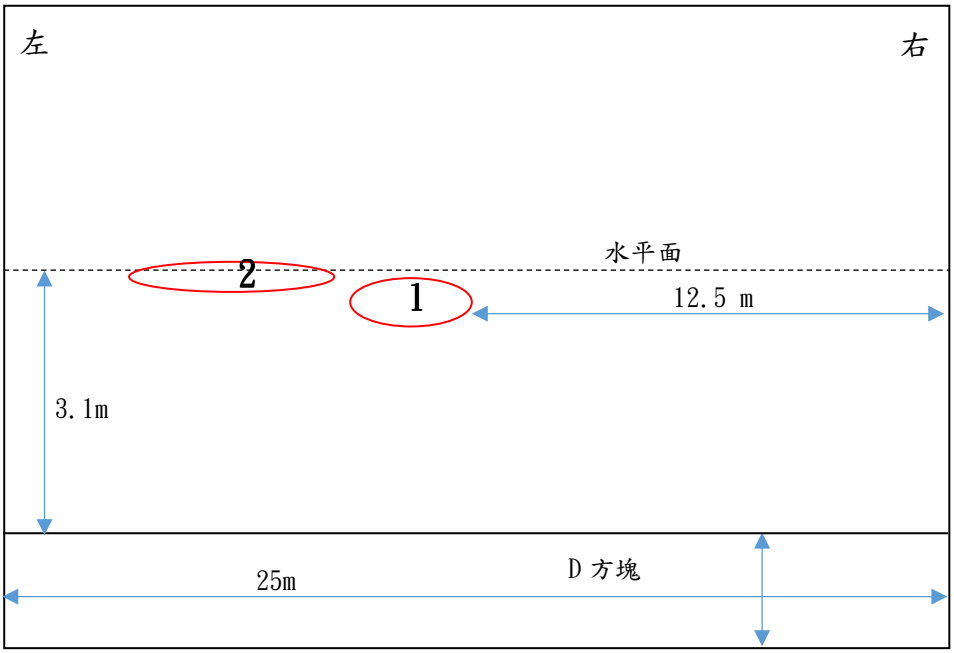
沉箱編號	說明	劣化位置	
		距離-X(m)	水深-Y(m)
堤頭	無異狀	-	-
#1~#7	無異狀	-	-
#8	沉箱壁損壞，寬約 80 公分，長約 20 公分，深度約 10 公分。	12.5	-0.2
#8	沉箱裂縫長約 155 公分，深約 20 公分。	11.0	-0.1
#9~#20	無異狀	-	
#21	沉箱左側邊方塊倒塌。	-	+1.0
#22	無異狀	-	-
#23	沉箱左側邊裂縫。	-	+2.0
#23	沉箱右側邊混凝土脫落	-	+2.0
#24~#28	無異狀	-	-

表 5-41 臺中港南防波堤港側調查紀錄表-1

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#8
位置名稱：南防波堤-港側	檢測日期：105/11/11

異狀簡圖

說明：1.#8 沉箱壁損壞，寬約 80 公分，長約 20 公分，深度約 10 公分。(1~6)
2.#8 沉箱裂縫長約 155 公分，深約 20 公分。(7~10)



異狀照片

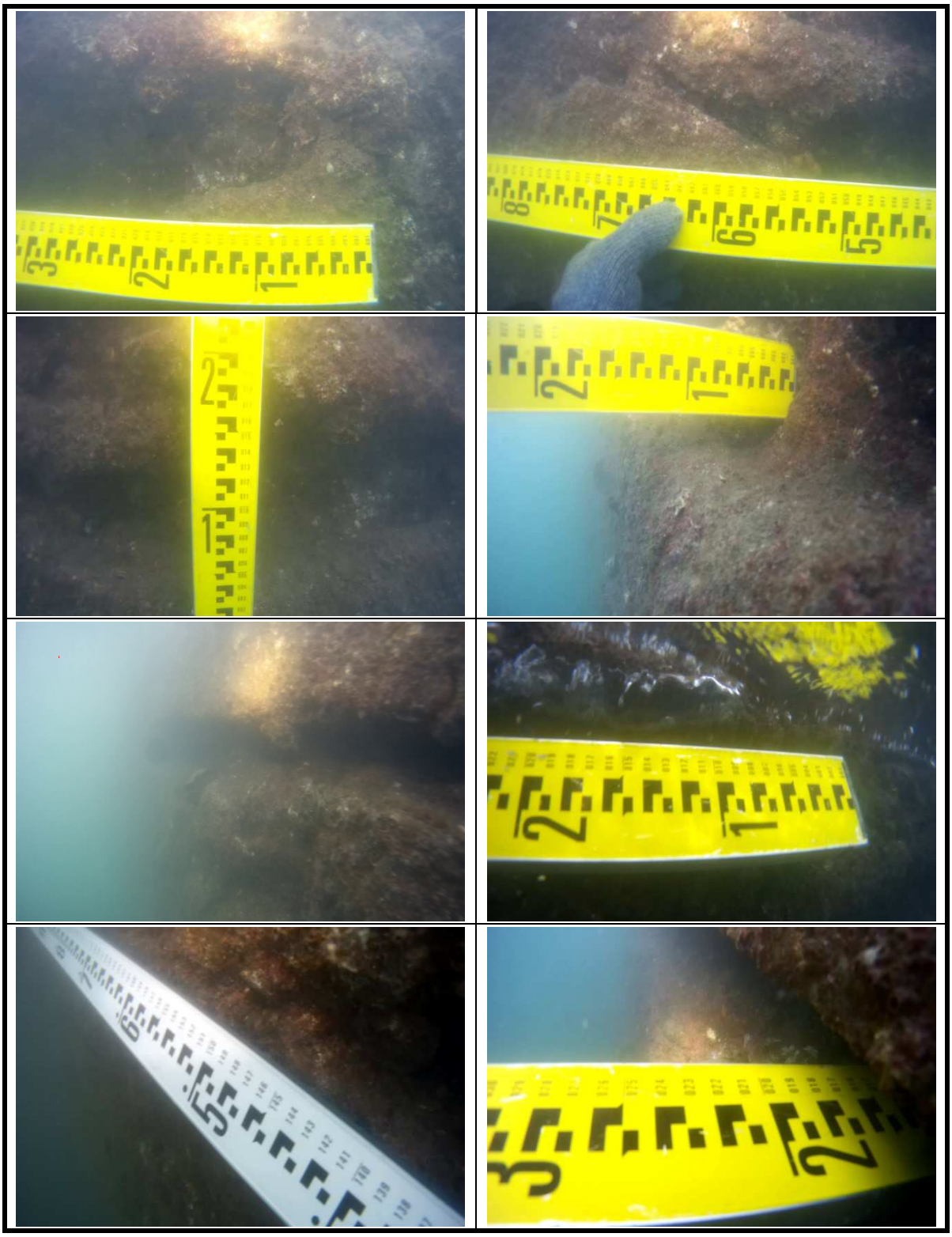
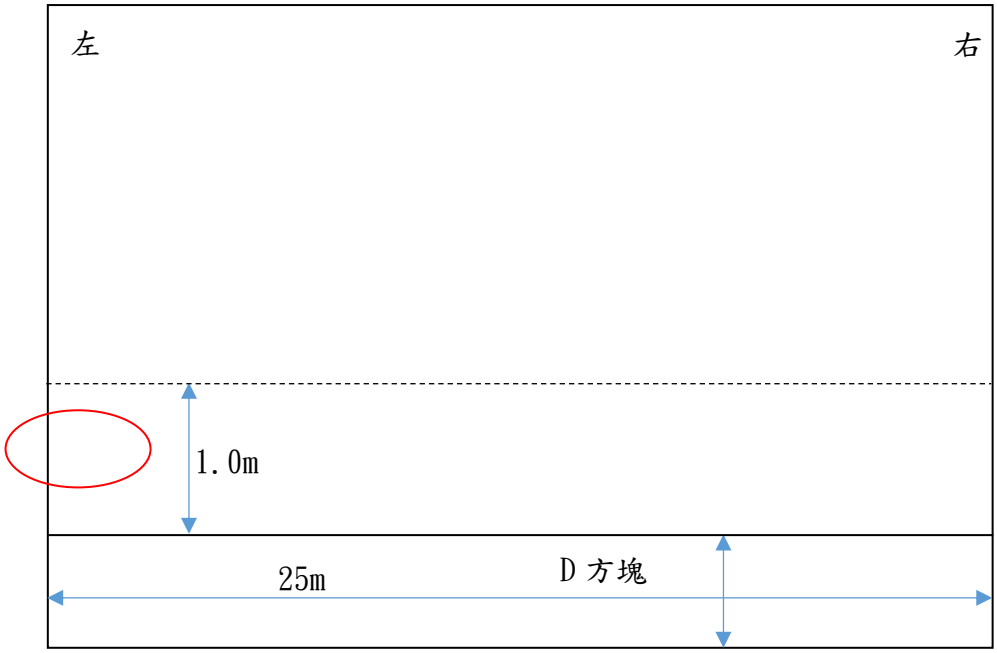


表 5-42 臺中港南防波堤港側調查紀錄表-2

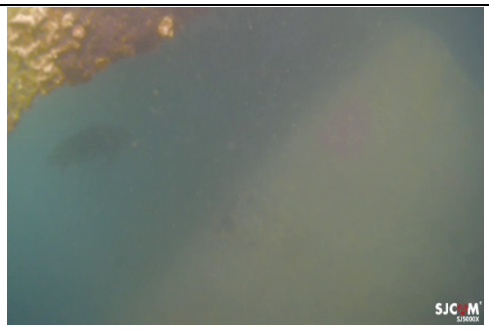
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#21
位置名稱：南防波堤-港側	檢測日期：105/11/13

異狀簡圖

說明：#21 沉箱左側邊方塊倒塌。



異狀照片



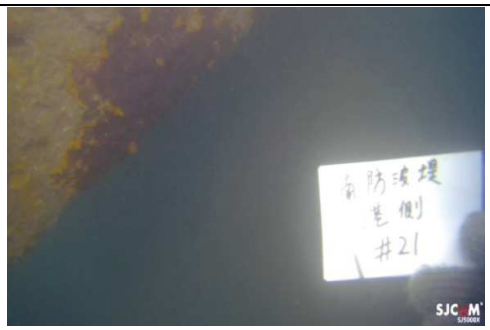
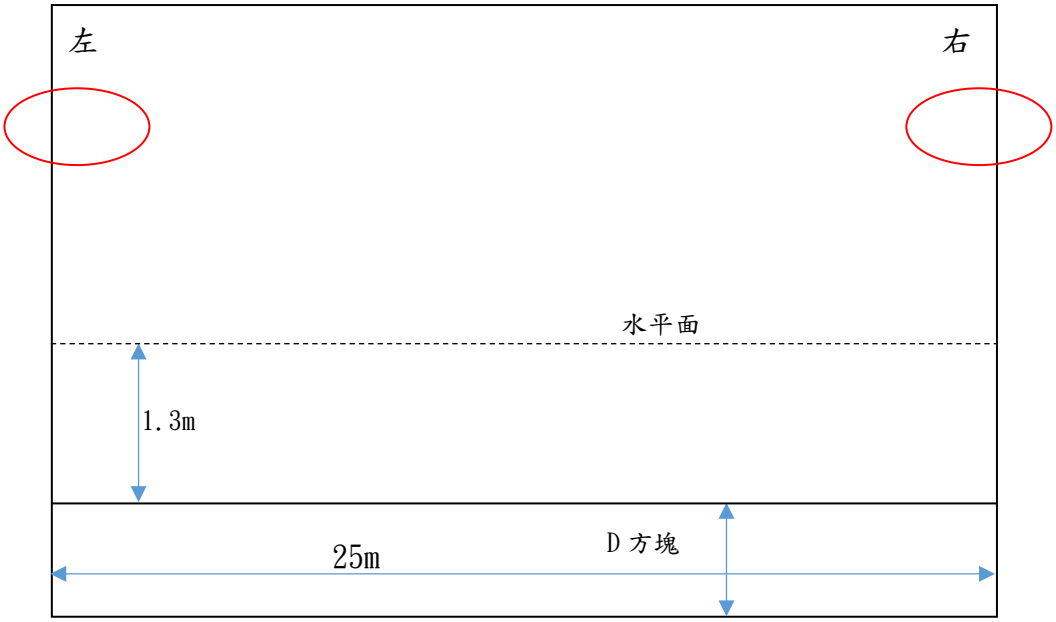


表 5-43 臺中港南防波堤港側調查紀錄表-3

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#23
位置名稱：南防波堤-港側	檢測日期：105/11/13

異狀簡圖

說明：1.#23 沉箱左側邊裂縫。 2.#23 沉箱右側邊混泥土脫落。



異狀照片

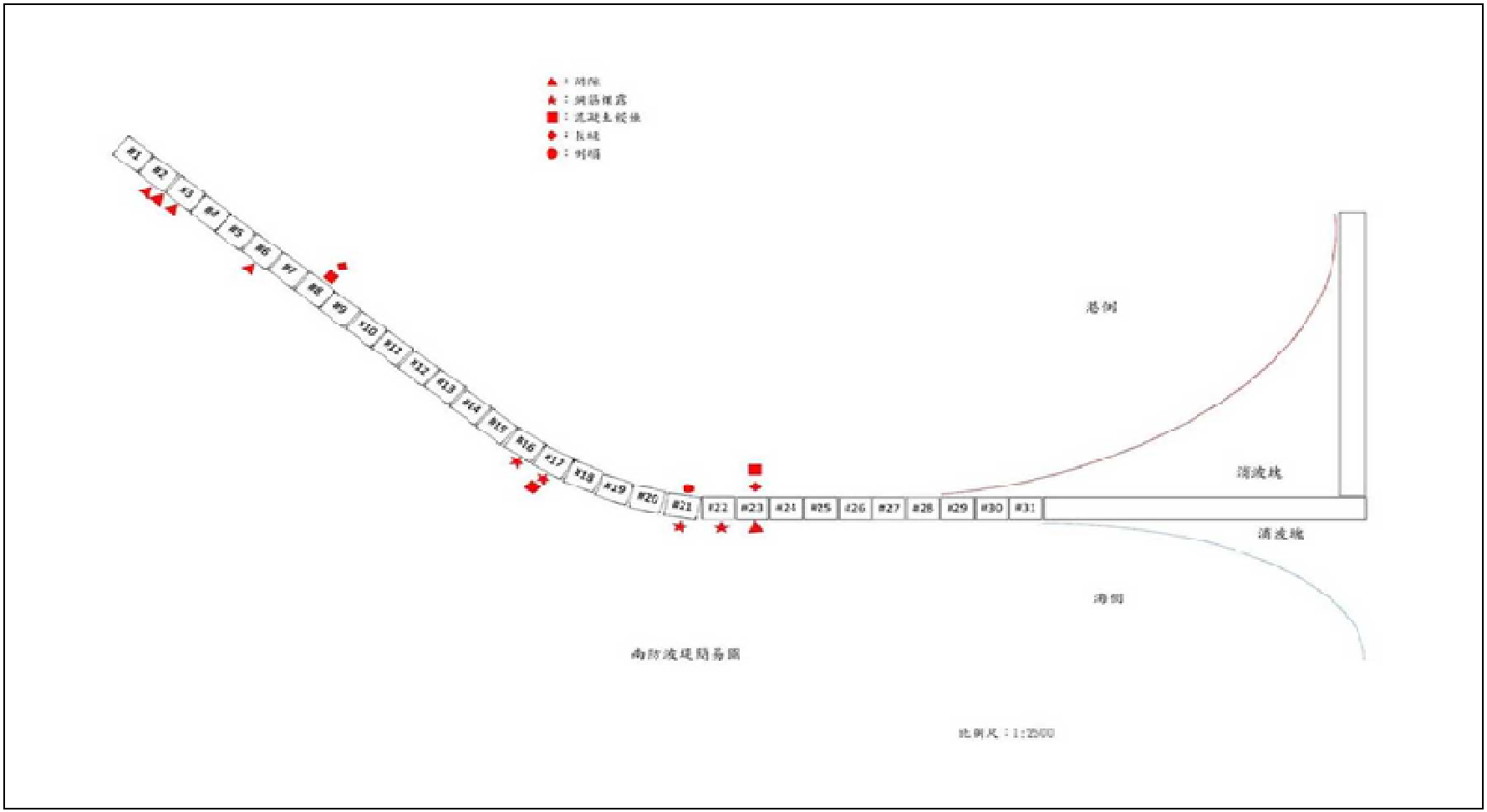
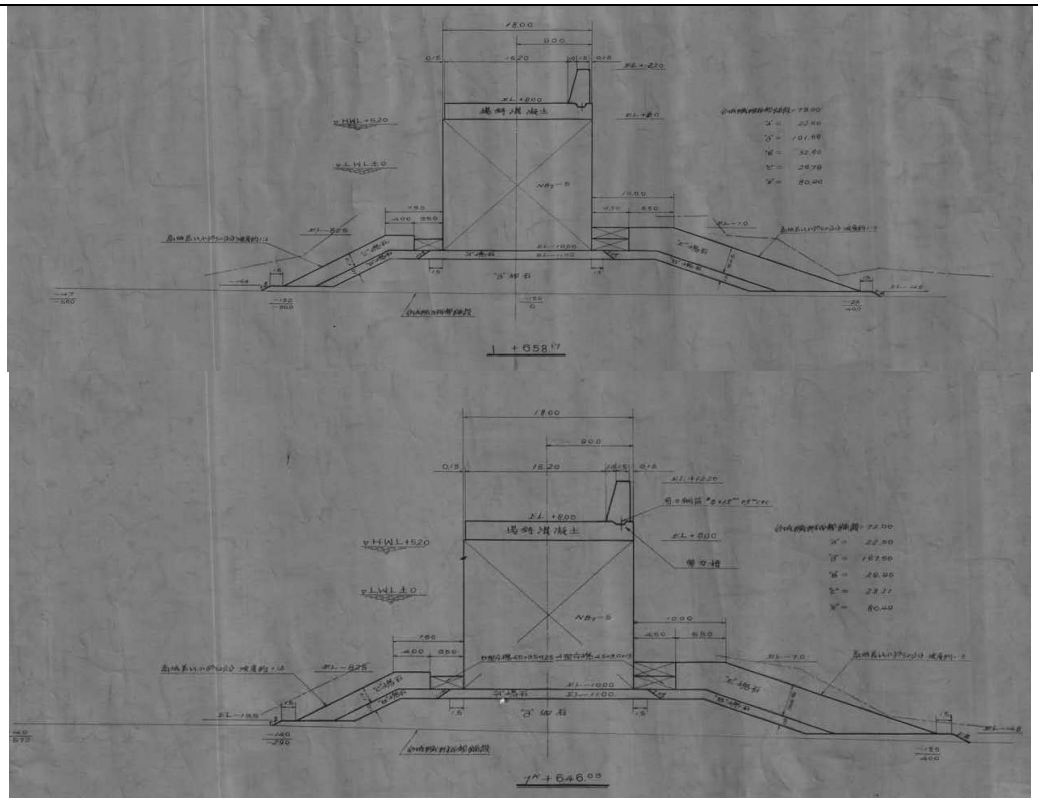


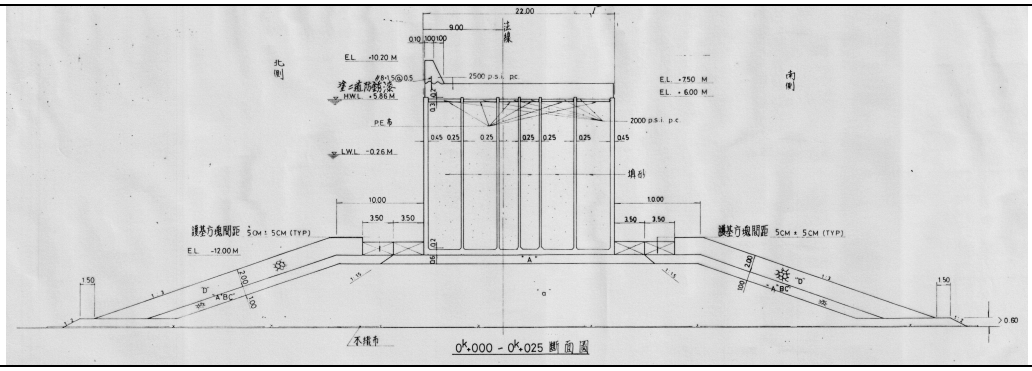
圖 5.61 臺中港南防波堤異狀現象發生位置示意圖

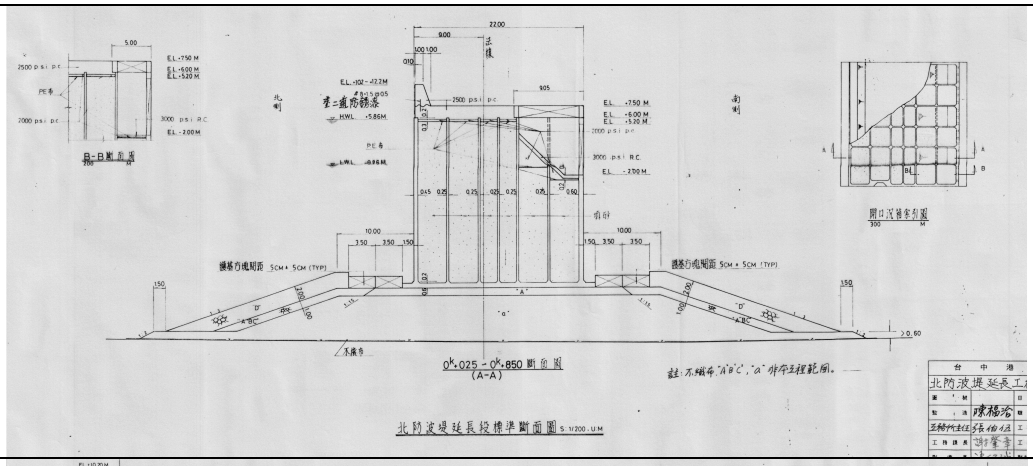
5.3.2 臺中港北防波堤調查

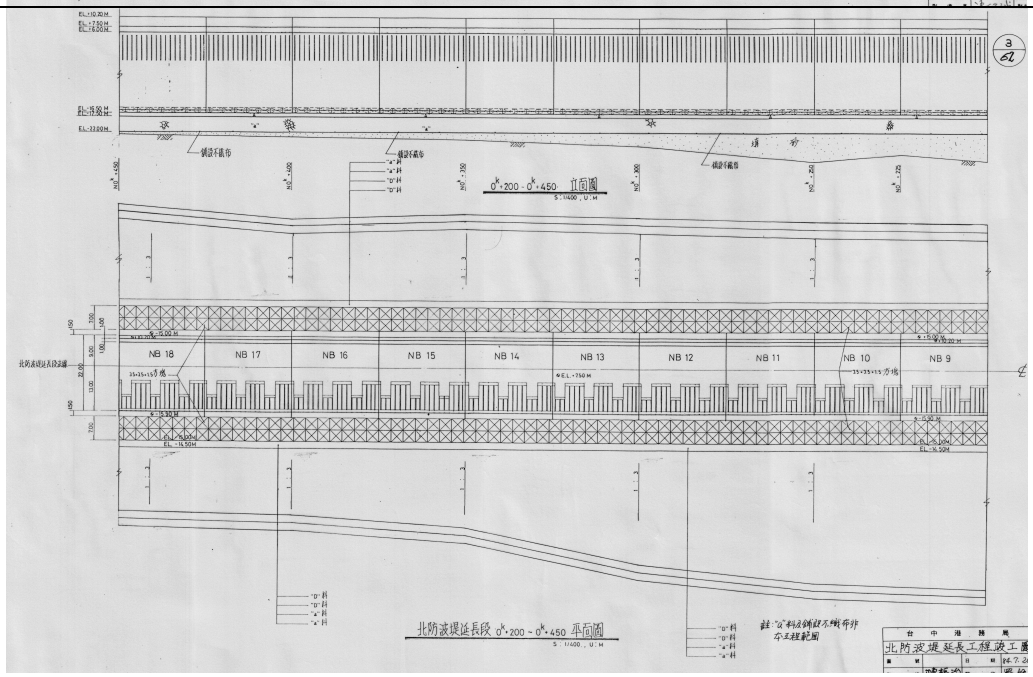
臺中港北防波堤全長 2,818 m，寬 15.0 m，最大設計水深為-23.0 m，結構型式為合成式沉箱防波堤，斷面如圖 5.62 所示。前 1966 m 分 2 期完成，竣工時間約於民國 65 至 72 年間，105 年 11 月調查時，使用時間已超過 30 年。民國 99 年為改善港域平穩與淤沙問題，又延長 852 m，於民國 101 年竣工。圖 5.63 為岸上目視調查之防波堤情形，異狀現象主要包括：堤面混凝土磨損、沉箱間隙過大、混凝土裂縫或脫落、混凝土內部鋼筋裸露腐蝕...等。



a.Ⅰ、Ⅱ期工程斷面







b.Ⅲ期工程(延長段)斷面

圖 5.62 臺中港北防波堤斷面及平面圖

 海側淤沙情形-1	 海側淤沙情形-2
 海側消波塊	 堤面觀景台
 堤面混凝土現況	 觀測塔
 延長段起點處消波室	 堤面沉箱間隙

 延長段堤面混凝土現況-1	 延長段堤面**混凝土**現況-2
 延長段堤面混凝土現況-3	 延長段堤面混凝土現況-4
 延長段堤面混凝土現況-5	 延長段堤面混凝土現況-6
 延長段堤面混凝土現況-7	 終點處燈塔

延長段堤面混凝土破損情形

延長段堤面混凝土護欄破損情形

圖 5.63 臺中港北防波堤岸上調查時現況(105.11)

水下調查發現異狀現象則包括：海床淤沙、沉箱與沉箱間隙過大、沉箱混凝土脫落、混凝土內部鋼筋裸露腐蝕....等。海側與港測調查結果彙整與紀錄表，分別如表 5-44～表 5-47 及表 5-48～表 5-54 所示。異狀現象發生位置，如圖 5.64 所示。

表 5-44 臺中港北防波堤海側調查結果彙整

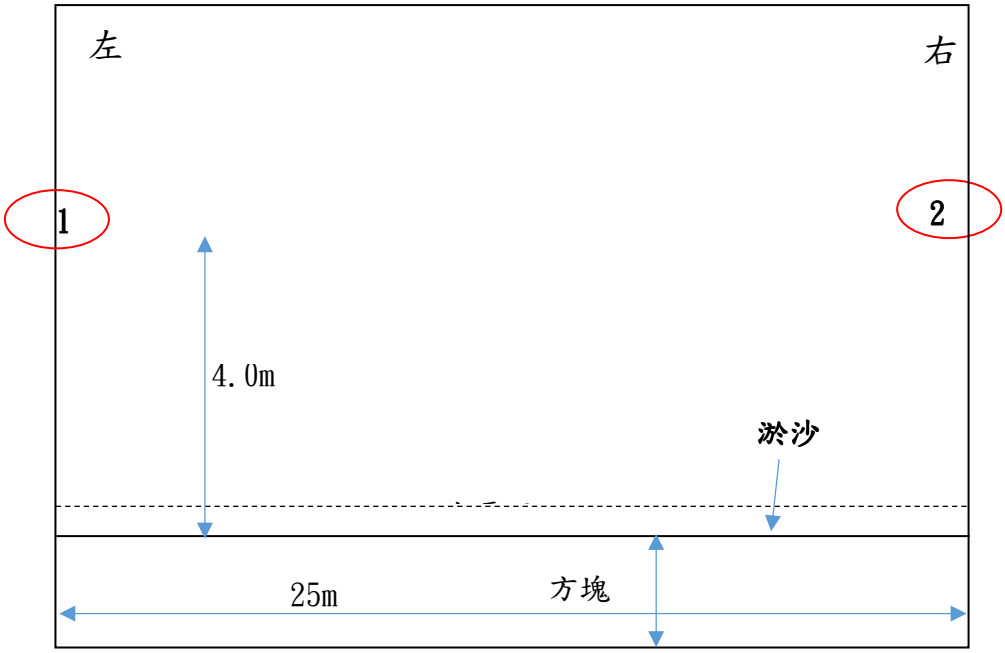
沉箱編號	說明	劣化位置	
		距離-X(m)	水深-Y(m)
#1～#74	無異狀	-	-
#75	沉箱左側邊及右側邊混凝土剝落。	-	+4.0
#76	沉箱右側邊及中間段混凝土剝落。	12.5	+4.0
#77	沉箱左側邊、右側邊及中間段混凝土剝落。	10.0	+4.0

表 5-45 臺中港北防波堤海側調查紀錄表-1

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#75
位置名稱：北防波堤-海側	檢測日期：105/11/30

異狀簡圖

說明：#75 沉箱左側邊及右側邊混凝土剝落。



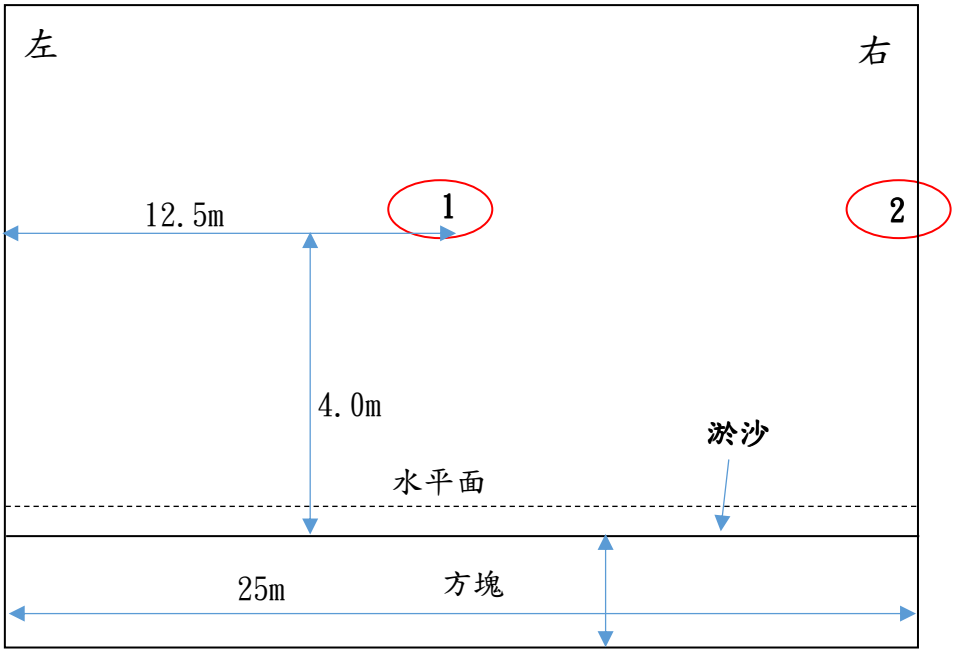
異狀照片

表 5-46 臺中港北防波堤海側調查紀錄表-2

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#76
位置名稱：北防波堤-海側	檢測日期：105/11/30

異狀簡圖

說明：#76 沉箱右側邊及中間段混凝土剝落。



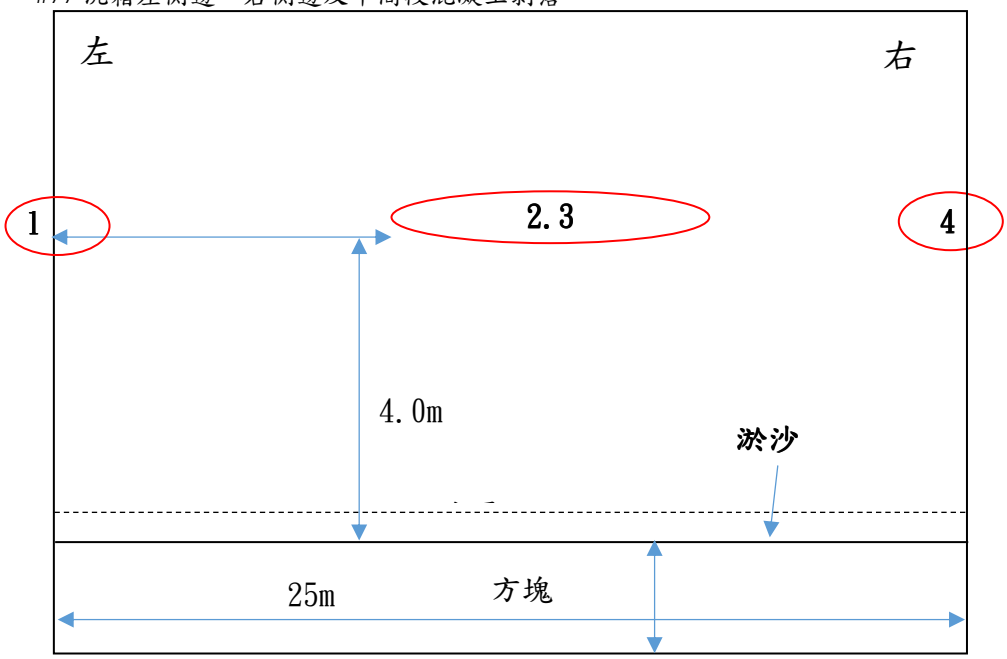
異狀照片

表 5-47 臺中港北防波堤海側調查紀錄表-3

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#77
位置名稱：北防波堤-海側	檢測日期：105/11/20

異狀簡圖

說明：#77 沉箱左側邊、右側邊及中間段混凝土剝落。



異狀照片

表 5-48 臺中港北防波堤港側調查結果彙整

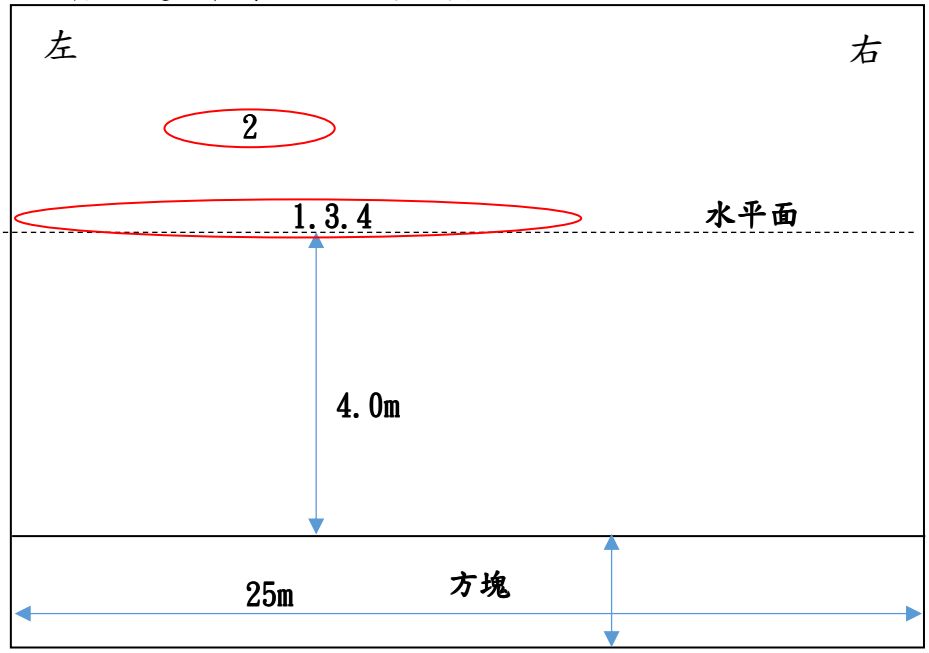
沉箱編號	說明	劣化位置	
		距離-X(m)	水深-Y(m)
#1～#55	無異狀	---	---
#56	沉箱左側邊、中間段混凝土侵蝕剝落。	0.1	+0.2
#57	沉箱左側邊、中間段混凝土侵蝕剝落。	0.1	+0.2
#58	沉箱左側邊、中間段及右側邊混凝土侵蝕剝落。	0.5	+1.0
#59	沉箱左側邊、中間段及右側邊混凝土侵蝕剝落。	0.1	+0.15
#60	無異狀	---	---
#61	沉箱左側邊、中間段混凝土侵蝕剝落。	0.1	+0.35
#62～#63	無異狀	---	---
#64	沉箱左側邊、中間段及右側邊混凝土侵蝕剝落。	+0.1	+1.0
#65～#76	無異狀	---	---

表 5-49 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-1

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#56
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/30

異狀簡圖

說明：#56 沉箱左側邊、中間段混凝土侵蝕剝落。



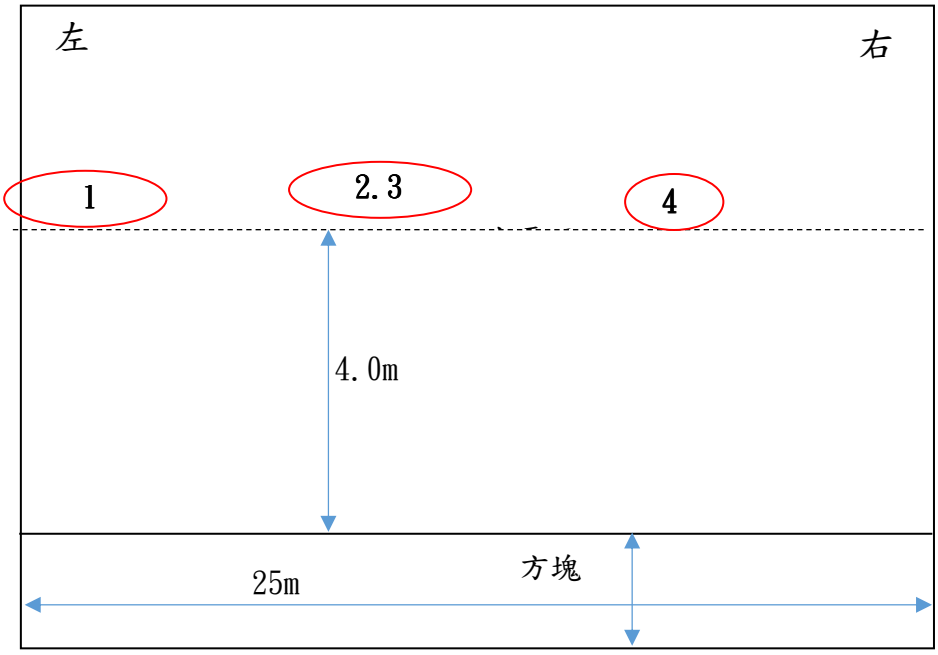
異狀照片

表 5-50 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-2

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#57
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/30

異狀簡圖

說明：#57 箱左側邊、中間段混凝土侵蝕剝落。



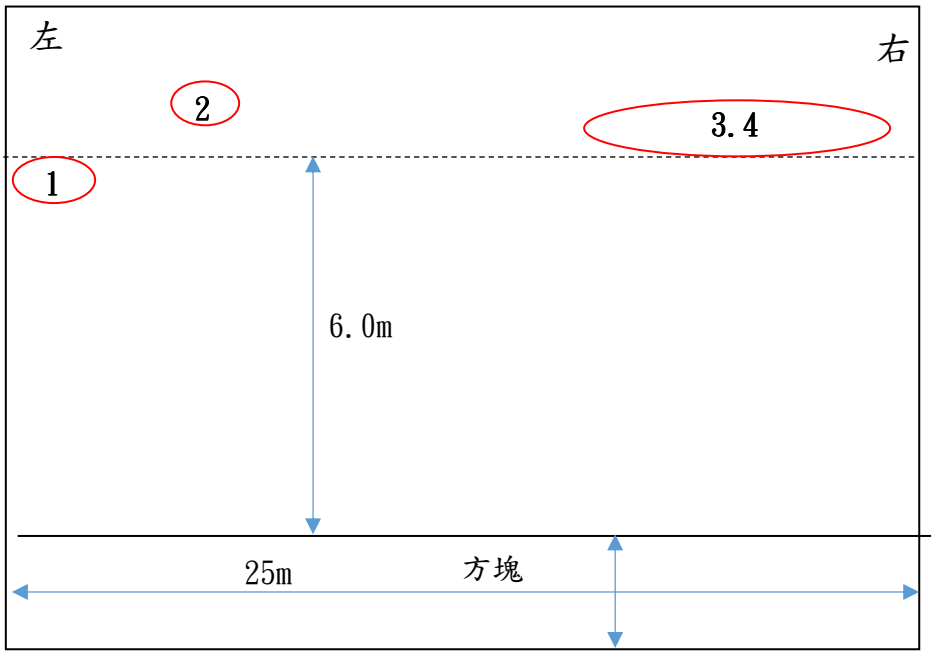
異狀照片

表 5-51 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-3

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#58
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/29

異狀簡圖

說明：沉箱左側邊、中間段及右側邊混凝土侵蝕剝落。



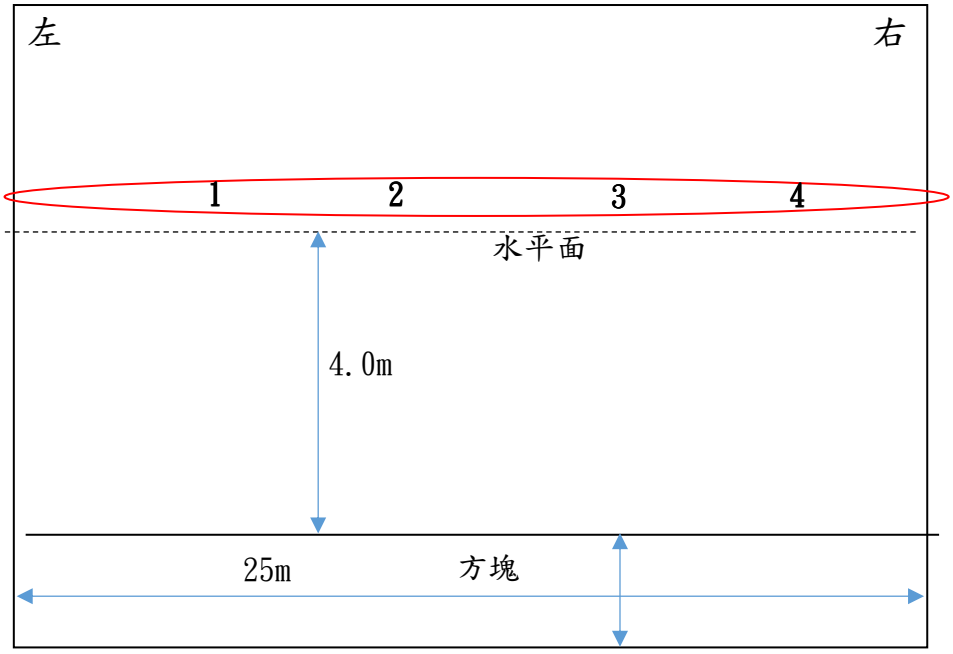
異狀照片

表 5-52 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-4

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#59
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/29

異狀簡圖

說明：#59 箱左側邊、中間段及右側邊混凝土侵蝕剝落。



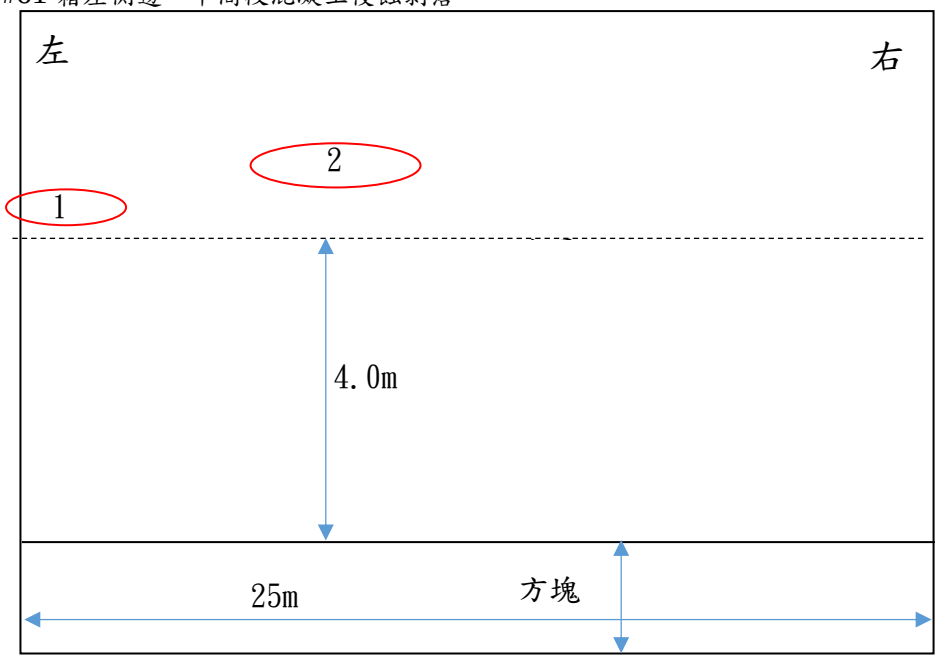
異狀照片

表 5-53 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-5

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#61
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/29

異狀簡圖

說明：#61 箱左側邊、中間段混凝土侵蝕剝落。



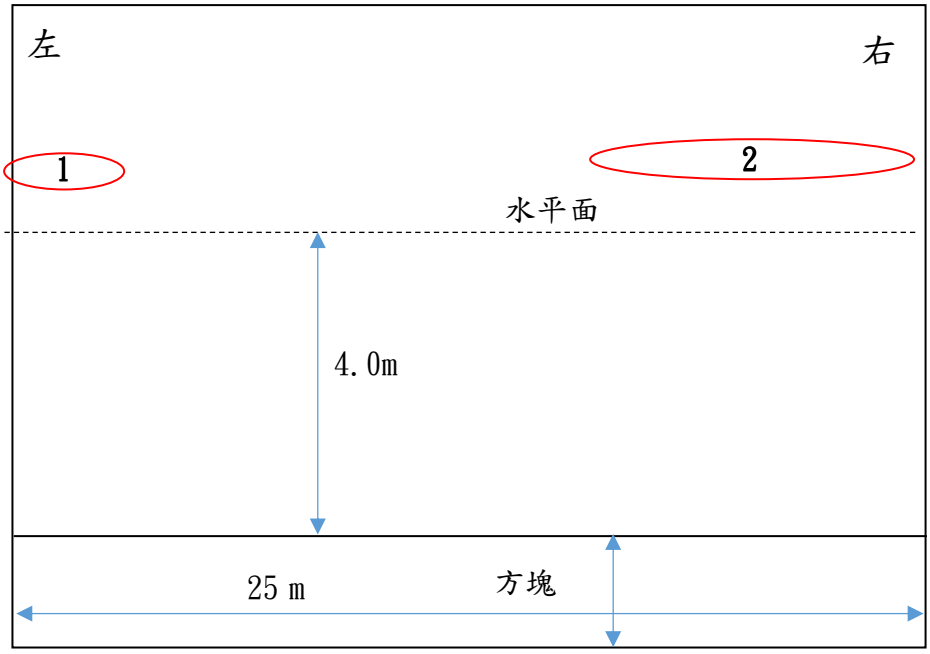
異狀照片

表 5-54 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-6

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#64
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/11

異狀簡圖

說明：#64 箱左側邊、中間段及右側邊混凝土侵蝕剝落。



異狀照片

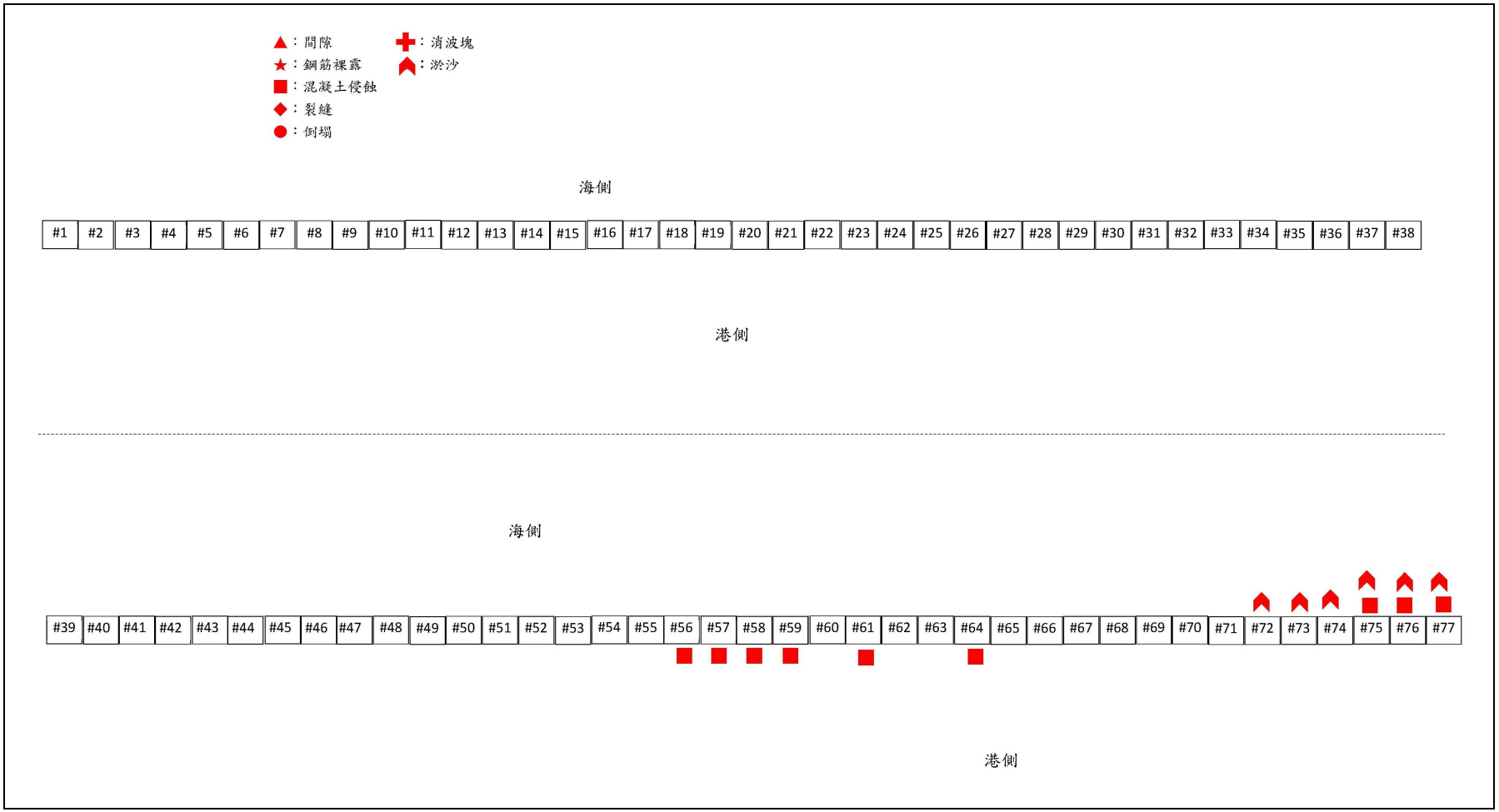


圖 5.64 臺中港南防波堤異狀現象發生位置示意圖

5.4 碼頭與防波堤維護工法

本計畫研究期程共 2 年，第一(104)年完成項目包括：(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。第二(105)年則完成(1)馬祖港福澳、白沙、猛澳青帆與中柱五碼頭區之碼頭與防波堤岸上及水下調查；(2)臺中港南、北防波堤岸上之水下調查；(3)馬祖港福澳、白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱及棧橋式碼頭鋼樁，鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；(4)建置馬祖港港灣構造物維護管理系統。

調查標的之碼頭與防波波堤其常見劣化異狀現象，歸納如下：

1.棧橋式碼頭：面版底部多處鋼筋腐蝕外露與混凝土劣化剝落(蘇澳港 10～13 號碼頭、臺中港 29～30 號碼頭) 。

2.浮動碼頭：基樁與浮箱水上部分表面磨損、鋼材銹蝕：水下部分防蝕系統保護鋼材電位不足(金門港九宮碼頭)。

3.碼頭岸肩混凝土裂縫或剝落、後線沉陷及附屬設施缺陷(車擋龜裂破損、防舷材龜裂破損、繫船柱腐蝕龜裂…等)，防波堤堤頂混凝土裂縫或剝落(金門、馬祖、臺中與蘇澳港區各調查標的)。

本章節將參考本所「港灣設施防災技術之研究(二)─港灣設施防災對策之研究」與高雄港務分公司「高雄港港灣設施維護管理手冊」整理歸納之重力式沉箱碼頭或防波堤、棧橋式碼頭之維護工法與相關規範，說明如下：

5.4.1 重力式沉箱碼頭或防波堤維護工法

重力式沉箱碼頭或防波堤所受外力主要有上載荷重、背填土壓力、殘留水壓力、浮力、地震力及船舶外力等。其常見的破壞模式主要為沉箱的位移（滑動）、沉陷與傾倒，若基礎地層較軟弱時，則會發生向海側之位移、傾倒及沉陷等破壞。此外，操船不當導致船舶碰撞碼頭結構，亦會造成沉箱破裂、漏砂。

當沉箱因船舶碰撞或漂流物撞擊等外力發生破裂、漏砂的現象時，須立即進行相關的復建措施。首先須清除海生物，再以水中混凝土進行灌入破損處修補。由於早期碼頭後線多採水力回填，且無設置濾布，背填土經年累月受潮汐、波浪影響吸出，後線土壤已呈鬆散、空洞狀態，未避免持續擴大災損，沉箱間宜用水中混凝土澆製，後線面板開挖重新舖設濾布，再進行回填夯實。

為配合沉箱式碼頭檢測評估項目，茲將可能之維護管理工法依結構位置及劣化項目，概分為水上部份及水下部份，如表 5-55 所示：

表 5-55 重力式沉箱碼頭或防波堤維護管理工法一覽表

檢測位置和項目			劣化程度	維護管理工法
水上部份	胸牆	龜裂損傷	輕微損傷（龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm） 明顯損傷（龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm） 胸牆斷落	「裂縫注入工法」 「充填增厚工法」 「斷面修復工法」
		剝離與鋼筋外露	局部混凝土剝落 胸牆損傷致高度不足 混凝土剝落致鋼筋外露	「充填增厚工法」 「斷面修復工法」 「防蝕噴漿工法」
	堤面	龜裂損傷	輕微損傷（龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm） 明顯損傷（龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm） 堤面混凝土斷裂	「裂縫注入工法」 「充填增厚工法」 「舖面修復工法」
		沈陷	輕微不均勻沈陷（輕微積水） 明顯不均勻沈陷（嚴重積水）	「無筋頂面增厚工法」 「斷面修復工法」
		鋼筋外露	局部混凝土剝落 混凝土剝落致鋼筋外露 堤面混凝土斷裂	「充填增厚工法」 「防蝕噴漿工法」 「斷面修復工法」
	沈箱	變位	堤體變位不明顯（變位量約 ＜5cm） 堤體變位明顯（變位量約量 ＞5cm） 堤體嚴重變位（變位量約 ＞10cm）	「沉箱間隙改善工法」 「沉箱間隙改善工法」 「堤體穩固工法」 「堤體穩固工法」 「波壓消減工法」
		傾斜	輕微傾斜（傾斜率約< 3%） 明顯傾斜（傾斜率約 3～5%） 嚴重傾斜（傾斜率約> 5%）	「沉箱間隙改善工法」 「堤體穩固工法」 「堤體穩固工法」 「堤體重置工法」
	沈箱	龜裂損傷	堤體輕微損傷（龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm） 堤體明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm) 堤體混凝土斷裂	「裂縫注入工法」 「充填增厚工法」 「斷面修復工法」
		鋼筋外露	壁體側牆混凝土剝落但鋼筋未外露 壁體剝落致鋼筋外露 堤體混凝土破洞	「充填增厚工法」 「防蝕灌漿工法」 「置換工法」 「鋼支堡工法」

檢測位置和項目			劣化程度	維護管理工法
水下部分	沈箱	龜裂損傷	堤體輕微損傷（龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm） 堤體明顯損傷（龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm） 壁體剝落致鋼筋外露 堤體混凝土斷裂(破洞)	「裂縫注入工法」 「充填增厚工法」 「防蝕灌漿工法」 「覆襯工法」 「鋼支堡工法」
	護基方塊	變位	部分發生下陷位移（變位量約<5cm） 小規模下陷位移（變位量約 5～10 cm） 大範圍下陷位移（變位量約>10 cm）	「方塊固結工法」 「重置改善工法」 「新製補強工法」
	消波塊	滑落與沈陷	部分消波塊移動或滾落 消波塊散落沈陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞 消波斷面減少，堤體滑動安全率已減低	「加拋改善工法」 「新製加重工法」 「加寬補強工法」
	基礎海床	沖刷	輕微沖刷（沖刷坑深度約<50cm） 大量沖刷（沖刷坑深度約 50 ~ 100cm） 嚴重沖刷（沖刷坑深度約> 100cm）	「拋石護基工法」 「斷面修復工法」 「基礎加寬補強工法」

(資料來源：高雄港務分公司)

5.4.1.1 水上部份維護管理工法與施作項目

5.4.1.1.1 胸牆維護

沉箱式防波堤之胸牆一般係以巨積混凝土澆置，並設置剪力榫與局部剪力筋，以利與場鑄混凝土結合，達到抵抗滑動與滾動之效能。因此，維護胸牆之項目可能為混凝土之龜裂損傷、剝離及鋼筋外露等兩項。茲將其對應之可能工法列述如下：

1. 胸牆龜裂損傷

(1)輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)

A.維護工法：「裂縫注入工法」

於龜裂損傷處先以清水刷洗乾淨後，再注入低粘滯性之樹脂或

超微水泥漿填塞裂縫，並於表面進行鏝修整補。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥漿、低粘滯性樹脂、速凝劑、鏝整小工。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03601 章。

(2)明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)

A.維護工法：「充填工法」

於裂縫、蜂巢、空隙損傷處以高壓水柱去除破損混凝土後，並以小型破碎機打毛損傷處，再以接著劑粘著新舊混凝土。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03372 章、第 03601 章。

(3)胸牆斷落

A.維護工法：「斷面修復工法」

於斷落胸牆處進行鑿除作業，再選用優質材料修補或新設胸牆，以恢復構材原有斷面。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

2. 胸牆剝離與鋼筋外露

(1)局部混凝土剝落

A.維護工法：「充填增厚工法」

於混凝土剝落處以高壓水柱去除破損混凝土後，並以小型破碎機打毛損傷處，再以接著劑粘著新舊混凝土。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03360 章、第 03372 章、第 03390 章。

(2)胸牆損傷致高度不足

A.維護工法：「斷面修復工法」

於斷落胸牆處進行鑿除作業，再選用優質材料修補或新設胸牆，以恢復構材原有斷面高度。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

(3)混凝土剝落致鋼筋外露

A.維護工法：「防蝕噴漿工法」

於混凝土剝落處以高壓水柱去除剝離浮鬆之混凝土後，並以小型破碎機打毛損傷處，至於鋼筋銹蝕部份予以除鏽，或於斷裂部份切除後置換，再以噴凝土分層噴漿，每層平均厚度不超過1.5cm。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、鋼筋除鏽(置換)、速凝劑、噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03360 章、第 03372 章、第 03390 章。

5.4.1.1.2 堤面維護

沉箱式防波堤之堤面係由巨積場鑄混凝土澆置完成，可能面對之維護項目包括混凝土之龜裂損傷、堤面沉陷等，至於與胸牆銜接之剪力筋部分為堤面鋼筋外露之唯一可能。茲將其對應之可能工法列述如下：

1. 堤面龜裂損傷

(1)輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)

A.維護工法：「裂縫注入工法」

於龜裂損傷處先以清水刷洗乾淨後，再注入低粘滯性之樹脂或超微水泥漿填塞裂縫，並於表面進行鏝修整補。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥漿、低粘滯性樹脂、速凝劑、鏝整小工。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03601 章。

(2)明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)

A.維護工法：「充填增厚工法」

於裂縫、蜂巢、空隙損傷處以高壓水柱去除破損混凝土後，並以小型破碎機打毛損傷處，再以接著劑粘著新舊混凝土。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03372 章、第 03601 章。

(3)堤面混凝土斷裂

A.維護工法：「舖面修復工法」

於堤面混凝土斷裂處進行鑿除作業，再選用優質材料修補或新設，以恢復堤面原有構材。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390

章。

2. 堤面沉陷

(1)輕微不均勻沉陷(輕微積水)

A.維護工法：「無筋頂面增厚工法」

於堤面不均勻沉陷處進行打毛作業，再選用優質混凝土配合接著劑進行修補增厚，以提昇堤面高程。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土部份鑿除、接著劑、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

(2)明顯不均勻沉陷(嚴重積水)

A.維護工法：「斷面修復工法」

於堤面明顯不均勻沉陷處進行鑿除作業，再選用優質材料修補或新設，以恢復堤面原有構材。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

3. 堤面鋼筋外露

(1)局部混凝土剝落

A.維護工法：「充填增厚工法」

於混凝土剝落處以高壓水柱去除破損混凝土後，並以小型破碎機打毛損傷處，再以接著劑粘著新舊混凝土。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03372 章、第 03601 章。

(2)混凝土剝落致鋼筋外露

A.維護工法：「防蝕噴漿工法」

於混凝土剝落處以高壓水柱去除剝離浮鬆之混凝土後，並以小型破碎機打毛損傷處，至於鋼筋銹蝕部份予以除鏽，或於斷裂部份切除後置換，再以噴凝土分層噴漿，每層平均厚度不超過 1.5cm。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、鋼筋除鏽(置換)、速凝劑、噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03360 章、第 03372 章、第 03390 章。

(3)堤面混凝土斷裂

A.維護工法：「斷面修復工法」

於堤面混凝土斷裂處進行鑿除作業，再選用優質材料修補或新設，以恢復堤面原有構材。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

5.4.1.1.3 沉箱水上維護

沉箱係以鋼筋混凝土製作，一般沉箱設計間隙為 10cm，並有間榫槽設計施工斷面(濾石層或水中混凝土)，但由於沉箱施工安放之許可差規定為，法線方向±25cm，沉箱間隙 20cm 以內，四角不均勻沉陷之差度 30cm 以內。因此，沉箱水上部份可能面對之維護項目，包括變位、傾斜、龜裂損傷及鋼筋外露等四項。茲將其對應之可能工法列述如下：

1. 沉箱變位

(1)堤體變位不明顯(變位量約<5cm)

A.維護工法：「沉箱間隙改善工法」

於拋放濾石之榫槽內補拋石料或內填水中混凝土。

B.施工項目：

以濾石拋放或充填水中混凝土。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02319 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章。

(2)堤體變位明顯(變位量約>5cm)

A.維護工法：

a.「沉箱間隙改善工法」：於拋放濾石之榫槽內補拋石料，或於施作水中混凝土之榫槽補作。

b.「堤體穩固工法」：係先進行堤體穩定分析後，可採增加堤面場鑄混凝土厚度(重量)、箱體內填料以混凝土置換或增加背填方式，以抵抗波壓作用穩固堤體安定。

B.施工項目：

a.「沉箱間隙改善工法」：以濾石拋放或充填水中混凝土(或麻袋混凝土)。

b.「堤體穩固工法」：為堤面場鑄混凝土加高、內填料混凝土置換、消波塊吊放。

C.相關規範：

a.公共工程施工綱要規範第 02319 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章。

b.公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

(3)堤體嚴重變位(變位量約>10cm)

A.維護工法：

a.「堤體穩固工法」：係先進行堤體穩定分析後，可採增加堤面場鑄混凝土厚度(重量)、箱體內填料以混凝土置換或增加背填方式，以抵抗波壓作用穩固堤體安定。

b.「波壓消減工法」：係先進行堤體穩定分析後，可採堤體外側加拋消波塊、新設離岸潛堤等方式消減波壓。

B.施工項目：

a.「堤體穩固工法」：為堤面場鑄混凝土加高、內填料混凝土置換、消波塊吊放。

b.「波壓消減工法」：為基礎整平、襯墊舖設、堤心石拋放、消波塊海拋。

C.相關規範：

a.公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

b.公共工程施工綱要規範第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03390 章、第 03439 章。

2. 沉箱傾斜

(1)輕微傾斜(傾斜率約<3%)

A.維護工法：「沉箱間隙改善工法」

於拋放濾石之榫槽內補拋石料或內填水中混凝土。

B.施工項目：

以濾石拋放或充填水中混凝土。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02319 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章。

(2)明顯傾斜(傾斜率約 3~5%)

A.維護工法：「堤體穩固工法」

係先進行堤體穩定分析後，可採增加堤面場鑄混凝土厚度(重量)、箱體內填料以混凝土置換及增加背填方式，以抵抗波壓作用穩固堤體安定。

B.施工項目：

堤面場鑄混凝土加高、內填料混凝土置換、消波塊吊放。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

(3)嚴重傾斜(傾斜率約>5%)

A.維護工法：

a.「堤體穩固工法」：係先進行堤體穩定分析後，可採增加堤面場鑄混凝土厚度(重量)、箱體內填料以混凝土置換或增加背填方式，以抵抗波壓作用穩固堤體安定。

b.「堤體重置工法」：係先進行堤體穩定分析，並將沉箱起浮拖移後，若舊有沉箱尚能使用則依堤體穩固工法重新加固安放，若斷面安全不足時則需新製大斷面沉箱再行安置。

B.施工項目：

a.「堤體穩固工法」：堤面場鑄混凝土加高、內填料混凝土置換、消波塊吊放。

b.「堤體重置工法」：嚴重傾斜之沉箱起浮拖移、襯墊舖設、堤心石拋放、基礎整平、沉箱製作、沉箱安放、護基方塊吊放、消波塊吊放。

C.相關規範：

a.公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

b.公共工程施工綱要規範第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 02395 章、第 03390 章、第 03439 章。

3. 沉箱龜裂損傷

(1)堤體輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)

A.維護工法：「裂縫注入工法」

於龜裂損傷處先刷洗乾淨後，再注入低粘滯性之樹脂或超微水泥漿填塞裂縫，並於表面進行鏝修整補。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥漿、低粘滯性樹脂、速凝劑、鏝整小工。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03601 章。

(2)堤體明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)

A.維護工法：「充填增厚工法」

於裂縫、蜂巢、空隙損傷處以高壓水柱去除破損混凝土後，並以小型破碎機打毛損傷處，再以接著劑粘著新舊混凝土。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03372 章、第 03601 章。

(3)堤體混凝土斷裂

A.維護工法：「斷面修復工法」

於堤體混凝土斷裂處進行鑿除作業，再選用優質材料修補或新設，以恢復堤體原有構材。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

4. 沉箱鋼筋外露

(1)壁體側牆混凝土剝落但鋼筋未外露

A.維護工法：「充填增厚工法」

於混凝土剝落處以高壓水柱去除破損混凝土後，並以小型破碎機打毛損傷處，再以接著劑粘著新舊混凝土。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03372 章、第 03601 章。

(2)壁體剝落致鋼筋外露

A.維護工法：「防蝕灌漿工法」

於混凝土剝落處以高壓水柱去除剝離浮鬆之混凝土後，並以小

型破碎機打毛損傷處，至於鋼筋銹蝕部份予以除鏽，或於斷裂部份切除後置換，再封模澆築混凝土。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、鋼筋除鏽(置換)、速凝劑、噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03360 章、第 03372 章、第 03390 章。

(3)堤體混凝土破洞

A.維護工法：

a.「置換工法」：係於堤體混凝土破洞處進行局部鑿除後，檢試沉箱孔中淘空情形，拋放卵石填充，至於鋼筋銹蝕部份予以除鏽，或於斷裂部份切除後置換，再封模澆築場鑄混凝土。

b.「鋼支堡工法」：係於堤體破損區內部設置縱橫 H 型鋼肋、覆襯外部鋼模後澆鑄混凝土，藉以提昇恢復支承機能與安定結構剛性耐力。

B.施工項目：

a.「置換工法」：以混凝土鑿除、卵石充填、鋼筋除鏽或置換、波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、速凝劑、混凝土澆鑄。

b.「鋼支堡工法」：採混凝土鑿除、鋼筋除鏽或置換 H 型鋼肋、錨栓施作、覆襯外部鋼模、波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、速凝劑、混凝土澆鑄。

C.相關規範：

a.公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02353 章、第 03050

章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

b.公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02354 章、第 02422 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

5.4.1.2 水下部份維護管理工法與施作項目

5.4.1.2.1 沉箱水下維護

沉箱水下部份之維護項目以探討龜裂損傷為主。茲將其對應之可能工法列述如下：

1. 沉箱龜裂損傷

(1)堤體輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)

A.維護工法：「裂縫注入工法」

於龜裂損傷處先以清水刷洗乾淨後，再注入低粘滯性之樹脂填塞裂縫。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥漿、低粘滯性樹脂、速凝劑、潛水伕施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03601 章。

(2)堤體明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)

A.維護工法：「充填增厚工法」

於裂縫、蜂巢、空隙損傷處，以小型破碎機去除破損混凝土及打毛後，再以接著劑粘著新舊混凝土，達到充填增厚效果。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土局部鑿除、速凝劑、潛水伕噴凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03350 章、第 03372 章、第 03601 章。

(3)壁體剝落致鋼筋外露

A.維護工法：「防蝕灌漿工法」

於混凝土剝落處去除剝離浮鬆之混凝土後，並以小型破碎機打毛損傷處，至於鋼筋銹蝕斷裂部分予以切除，再植筋電焊置換後，封模施作水中混凝土。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、鋼筋切除、水下植筋電焊、速凝劑、水中混凝土(特密管)施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03360 章、第 03372 章、第 03390 章。

(4)堤體混凝土斷裂(破洞)

A.維護工法：

a.「覆襯工法」：係水下攝影破洞情形後，於堤體混凝土破洞處進行局部鑿除後，檢試沉箱孔中淘空情形，拋放卵石填充，至於鋼筋銹蝕部份予以除鏽，並於斷裂部份切除後置換，再以鋼模覆襯、壁虎錨定及鋼纜拉焊後澆築水中混凝土。

b.「鋼支堡工法」：係水下攝影破洞情形後，於堤體混凝土破洞處進行局部鑿除，再檢試沉箱孔中淘空情形，堤體破損區內部設置縱橫 H 型鋼肋、覆襯外部鋼模錨碇後以特密管施作水中混凝土，藉以提昇恢復支承機能與安定結構剛性耐力。

B.施工項目：

a.「覆襯工法」：為水下攝影、混凝土鑿除(潛水伕作業)、卵石充填、鋼筋除鏽或置換、鋼模錨碇、鋼纜拉焊、波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、速凝劑、水中混凝土(特密管)施作。

b.「鋼支堡工法」：為水下攝影、混凝土鑿除(潛水伕作業)、鋼筋切除、置換 H 型鋼肋、覆襯外部鋼模、壁虎錨栓施作、鋼纜拉焊、波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、速凝劑、水中混凝土(特密管)施作。

C.相關規範：

a.公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02353 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

b.公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02354 章、第 02422 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

5.4.1.2.2 護基方塊維護

護基方塊為混凝土製作，主要功能為保護沉箱底趾免於淘刷，一般施工規定連接下一座沉箱側面進出偏差 5cm 以內。因此，可能面對之主要危害項目為變位。茲將其對應之可能工法列述如下：

1. 護基方塊變位

(1)部分發生下陷位移(變位量約<5cm)

A.維護工法：「方塊固結工法」

於局部下陷位移區以水中混凝土進行護基方塊固結作業。

B.施工項目：

水下攝影、水中混凝土施作。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02357 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章。

(2)小規模下陷位移(變位量約 5~10cm)

A.維護工法：「重置改善工法」

先以水下攝影確認下陷區位與規模，於吊移護基方塊後進行堤心石加拋整平作業，再將原有護基方塊重置排整。

B.施工項目：

水下攝影、護基方塊吊移、堤心石加拋整平、護基方塊水下重置排整。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章。

(3)大範圍下陷位移(變位量約>10cm)

A.維護工法：「新製補強工法」

進行護基方塊安定性分析，並以水下攝影確認下陷區位與規模，於吊移護基方塊後進行堤心石加拋整平作業，新製護基方塊再水下排整施作。

B.施工項目：

水下攝影、原有護基方塊吊移、堤心石加拋整平、護基方塊澆製、護基方塊水下排整。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

5.4.1.2.3 消波塊維護

消波塊一般為巨積混凝土製作，主要功能為保護沉箱前趾免於淘刷。因此，可能面對之主要危害項目為滑落與沉陷。茲將其對應之可能工法列述如下：

1. 消波塊滑落與沉陷

(1)部分消波塊移動或滾落

A.維護工法：「加拋改善工法」

先以水下攝影確認移動或滾落區位與規模，再進行消波塊加拋改善作業，以恢復原狀。

B.施工項目：

水下攝影勘測、加製原有消波塊、消波塊吊拋。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

(2)消波塊散落沉陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞

A.維護工法：「新製加重工法」

先分析消波塊安定性，並以水下攝影確認下陷區位與規模，於新製加重之消波塊後再進行消波塊補強作業。

B.施工項目：

水下攝影勘測、消波塊新製、消波塊吊拋補強。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

(3)消波斷面減少，堤體滑動安全率已減低

A.維護工法：「加寬補強工法」

先分析消波塊安定性，並以水下攝影確認下陷區位與規模，再新製消波塊後於加大基礎寬度與拋放層數，後進行消波塊補強作業。

B.施工項目：

水下攝影勘測、襯墊舖設、堤心石加寬拋放、消波塊新製、消波塊吊拋補強。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

5.4.1.2.4 基礎海床維護

由於沉箱式防波堤為剛性結構，設置於沙質海床上主要面臨基礎沖刷之風險，因此，有關之維護管理工法列述如下：

1. 基礎海床沖刷

(1)輕微沖刷(沖刷坑深度約<50cm)

A.維護工法：「拋石護基工法」

先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再局部拋放卵塊石護基。

B.施工項目：

水深地形勘測、卵塊石拋放。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章。

(2)大量沖刷(沖刷坑深度約 50~100cm)

A.維護工法：

a.「斷面修復工法」：先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再分析波潮流現況後，以恢復原斷面為原則，進行沖刷防護措施。

b.「濾層重置工法」：為防止海沙之吸出，必須設置濾層，若原設計之濾層已喪失功能(包括濾布老化破損、施工不確實或原設計未考量)，則必須加以重置，其補強方式應考量現場之海象條件，以高雄地區之海流狀況而言，流速並不強，故應選擇海象良好之季節(波浪小)進行濾布之重鋪。

B.施工項目：

a.「斷面修復工法」：水深地形勘測、襯墊鋪設、堤心石拋放、護基方塊及消波塊新製、護基方塊及消波塊吊拋。

b.「濾層重置工法」：可採用地工砂袋入填礫石拋放於堤腳區域，礫石之粒徑必須符合海沙不致透過之濾層設計標準，地工砂袋可採用 1～2 方之大小，以海拋船拖放，厚度至少 2

層，而砂袋上方再設置足夠重量之護面混凝土塊(為減少工程費，現地堤腳之消波塊或較大之塊石必須先行吊移後再利用)，圓型沉箱間隙，亦採用地工織物袋內填水中混凝土，並於尚未凝固前放設之沉箱間隙。

C.相關規範：

a.公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

b.公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章。

(3)嚴重沖刷(沖刷坑深度約>100cm)

A.維護工法：「基礎加寬補強工法」

先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再分析波潮流現況及消波塊安定性，以加寬補強基礎承載為原則，進行沖刷防護措施。

B.施工項目：

水深地形勘測、襯墊舖設、堤心石加寬拋放、護基方塊及消波塊新製、護基方塊及消波塊吊拋補強。

C.相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

5.4.2 棧橋式碼頭

棧橋式碼頭的破壞主要是受到地震力、船舶外力或其他外力之作用。其破壞模式主要為：地震太強烈使結構本身無法抵抗施加於其上之慣性力及其他土、水壓力之作用，造成基樁及碼頭面板破壞，或因背填土液化使得擋土設施向海側移動，導致基樁彎矩過大，形成塑性鉸，亦可能因地基含有較軟土層，在地震中發生位移導致基樁破壞。此外，地震發生後所產生之土壤液化，或船舶推進器對基礎土壤長期的淘刷，引致背填土向海側流失，將間接造成結構體的彎曲、斷裂、傾斜及下陷。

依據檢測項目及劣化程度，將可能之維護管理工法依檢測項目分為基礎掏刷、護坡破壞、法線變位三部份，如表 5-56 所示，並分項探討如次：

表 5-56 棧橋式碼頭維護管理工法一覽表

檢測位置和項目		劣化程度	維護管理工法
上部結構	碼頭面板龜裂、下陷、鋼筋腐蝕	局部可見鏽水、2~3 個部位有龜裂 混凝土可見到數個部位有龜裂、鋼筋露出可見鏽水但未腐蝕、面板輕微不均勻沉陷（有輕微積水現象） 混凝土龜裂擴散到整個面板、鋼筋露出鏽水顯著且已腐蝕、面板明顯不均勻沉陷（有嚴重積水現象）	表面處理工法 FRP 接合工法、脫鹽工法 鋼筋除鏽防蝕法+填充工法、打設工法
	格梁混凝土裂縫、剝落、鋼筋腐蝕	局部可見鏽水、2~3 個部位裂縫（裂縫寬度約 1mm 以下）、混凝土剝落 混凝土可見到數個部位有裂縫（裂縫寬度約 3mm 以上）、鋼筋露出可見鏽水但未腐蝕、混凝土鬆動剝落（在 1 小區域面積的 4 成以下） 混凝土裂縫擴散到整個斷面、鋼筋露出鏽水顯著且已腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離嚴重（在 1 小區域面積的 4 成以上）	裂縫注射工法 FRP 接合工法、電氣防蝕工法 斷面修復工法、預力工法
基礎、護坡	基礎淘刷	基礎輕微淘刷（沖刷坑深度約 50cm 以下） 基礎明顯淘刷（沖刷坑深度約 50~100cm） 基礎嚴重淘刷（沖刷坑深度約 100cm 以上）	拋石護基工法 拋放麻袋混凝土法 新增護基方塊法
	護坡破壞	護坡塊石輕微受損（破壞率約 5%以下） 護坡塊石明顯受損（破壞率約 5%~20%） 護坡塊石嚴重受損（破壞率約 20%以上）	加拋改善法 塊石加重法 加重加厚法
	法線變位	法線明顯變位（目視約 0.2~0.3m） 法線嚴重變位（目視約 0.3m 以上）	陸側減壓工法+增打基樁法、液化防制工法+增打基樁法 前端新設結構工法+陸側減壓工法
	防蝕包覆破損、脫落	防蝕包覆破損 防蝕包覆脫落	防蝕包覆修補法 防蝕包覆重鋪法
	基樁腐蝕及變形	基樁局部區域有鏽蝕集中 帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔現象 連續性鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔範圍擴大、基樁可目視出非原設計之嚴重傾斜、破裂現象或樁體有曲折現象	水中硬化環氧樹脂塗附法 鉚釘打設工法、鈦合金被覆工法 基樁斷面增強工法及增打基樁工法
	PC 或 RC 樁基樁破損及變形		

檢測位置和項目		劣化程度	維護管理工法
基礎、護坡	碼頭面板龜裂、下陷、鋼筋腐蝕	局部可見鏽水、2~3 個部位有龜裂 混凝土可見到數個部位有龜裂、鋼筋露出可見鏽水但未腐蝕、面板輕微不均勻沉陷（有輕微積水現象） 混凝土龜裂擴散到整個面板、鋼筋露出鏽水顯著且已腐蝕、面板明顯不均勻沉陷（有嚴重積水現象）	表面處理工法 FRP 接合工法、脫鹽工法 鋼筋除鏽防蝕法+填充工法、打設工法
	格梁混凝土裂縫、剝落、鋼筋腐蝕	局部可見鏽水、2~3 個部位裂縫（裂縫寬度約 1mm 以下）、混凝土剝落 混凝土可見到數個部位有裂縫（裂縫寬度約 3mm 以上）、鋼筋露出可見鏽水但未腐蝕、混凝土鬆動剝落（在 1 小區域面積的 4 成以下） 混凝土裂縫擴散到整個斷面、鋼筋露出鏽水顯著且已腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離嚴重（在 1 小區域面積的 4 成以上）	裂縫注射工法 FRP 接合工法、電氣防蝕工法 斷面修復工法、預力工法

5.4.2.1 上部結構維護管理工法及施作項目

5.4.2.1.1 碼頭面板龜裂、下陷、鋼筋腐蝕

1. 局部可見鏽水、2~3 個部位有龜裂

(1)維護工法：「表面處理工法」

塗刷砂漿、塗料或類似環氧樹脂等化學藥品於龜裂表層以塗封龜裂，以防止進一步之惡化而導致缺陷產生。

(2)施工項目：

環氧樹脂塗敷。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 09961 章。

2. 混凝土數個部位有龜裂、鋼筋露出未腐蝕、面板輕微不均勻沉陷

(1)維護工法：

A.「FRP 接合工法」：混凝土斷面的外面接合玻璃纖維、碳纖維等纖維材料，使其與既有構材成為一體，而且在其上面反覆塗上環氧樹脂等基材(如圖 5.65 所示)。

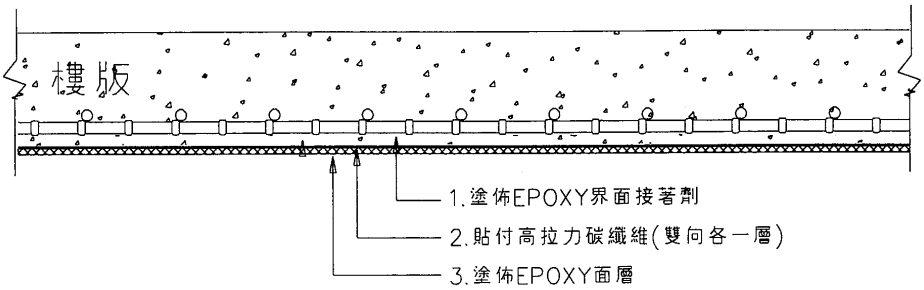


圖 5.65 「FRP 接合工法」示意圖

（資料來源：高雄港務分公司）

B.「脫鹽工法」：係於混凝土外設置外部電極，使其與電源正極連接。混凝土內鋼筋則與電源負極連接，其間通入較大電流，密度約為 1A/㎡，通電期間約 1～2 個月，藉電化學將混凝土中之氯離子移出混凝土外而達到保護鋼筋之目的，其裝置示如圖 5.66。

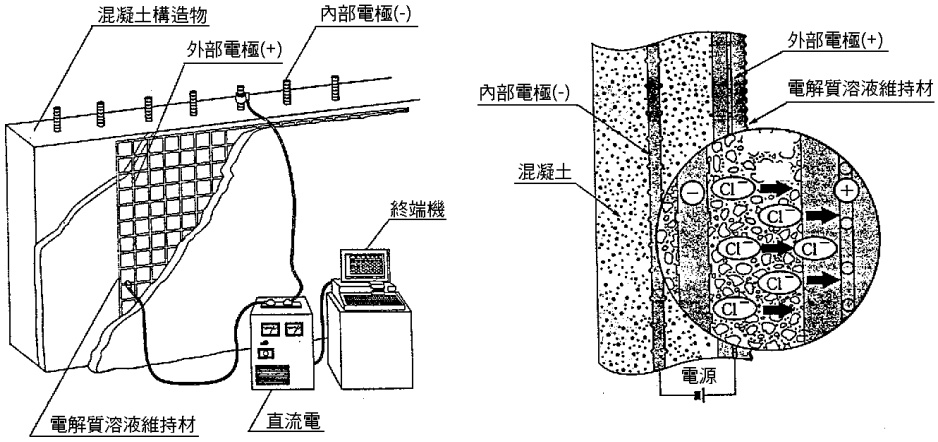


圖 5.66 「脫鹽工法」示意圖

（資料來源：高雄港務分公司）

(2)施工項目：

A.「FRP 接合工法」：表面清洗、塗敷接著劑、纖維強化複合材料黏貼、塗敷面層。

B.「脫鹽工法」：連接電源、通電。

(3)相關規範：

A.「FRP 接合工法」：公共工程施工綱要規範第 09969 章。

B.「脫鹽工法」：無相關規範，乃利用電化學原理，使混凝土中之鋼筋成為陰極，使不致放出電子而氧化，以達到保護之目的。

3. 混凝土裂縫擴散到整個面板、鋼筋露出且腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離嚴重

(1)維護工法：

A.「鋼筋除鏽防蝕法+填充工法」：去除鋼筋周圍鬆託之混凝土，並對鋼筋除鏽，以及噴塗防蝕性材料或採用防蝕工法處理後，再以樹脂砂漿填補並抹平(如圖 5.67 所示)。

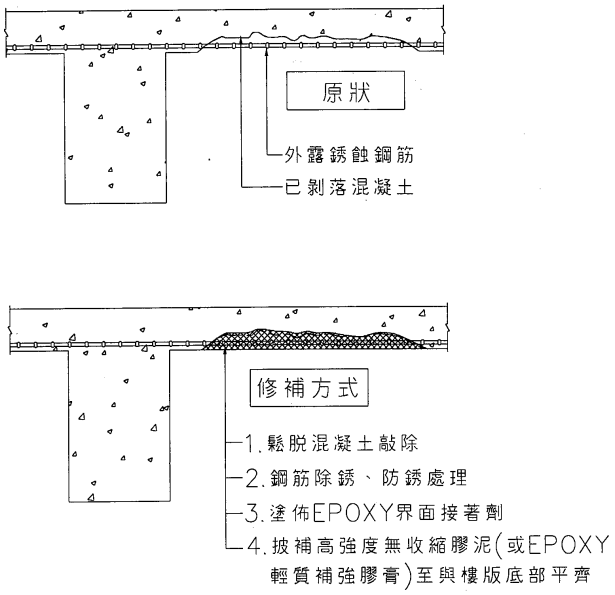


圖 5.67 「鋼筋除鏽防蝕法+填充工法」示意圖

（資料來源：高雄港務分公司）

B.「打設工法」：係將舊有構材之一部份或全部予以鑿除，再重

新打設新鋼筋混凝土。為確保構造物之承載力，必要時得採用預鑄方式。

(2)施工項目：

A.「鋼筋除鏽防蝕法+填充工法」：混凝土鑿除、鋼筋除鏽、鋼筋防蝕、樹脂砂漿填補、表面鏝整。

B.「打設工法」：混凝土鑿除、打設新鋼筋混凝土。

(3)相關規範：

A.「鋼筋除鏽防蝕法+填充工法」:公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03210 章、第 03050 章及第 03350 章。

B.「打設工法」：公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03210 章、第 03050 章及第 03350 章、或第 03439 章。

6.2.1.2 格梁混凝土裂縫、剝落、鋼筋腐蝕

1. 局部可見鏽水、2~3 個部位裂縫、混凝土剝落

(1)維護工法：「裂縫注射工法」

於龜裂損傷處先以清水刷洗乾淨後，再注入低粘滯性之樹脂或超微水泥漿填塞裂縫，並於表面進行鏝修整補。

(2)施工項目：

表面清洗、低粘滯性之樹脂或超微水泥漿填縫、表面鏝整。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03601 章及第 03350 章。

2. 混凝土數個部位有裂縫、鋼筋露出未腐蝕、混凝土鬆動剝落

(1)維護工法：

A.「FRP 接合工法」：混凝土斷面的外面接合玻璃纖維、碳纖維等纖維材料，使其與既有構材成為一體，而且在其上面反覆塗上環氧樹脂等基材。

B.「電氣防蝕工法」：係於混凝土表面設置陽極材，利用防蝕電流供給鋼筋，使其成為陰極材，而達到鋼筋腐蝕反應停止之工法。本工法計有外加電源法及犧牲陽極法二種方式，其電源正極連接陽極材，負極則與鋼筋連接。

(2)施工項目：

A.「FRP 接合工法」：表面清洗、塗敷接著劑、纖維強化複合材料黏貼、塗敷面層。

B.「電氣防蝕工法」：陽極材設置。

(3)相關規範：

A.「FRP 接合工法」：公共工程施工綱要規範第 09969 章。

B.「電氣防蝕工法」：無相關規範，乃利用電化學原理，使混凝土中之鋼筋成為陰極，使不致放出電子而氧化，以達到保護之目的。

3. 混凝土裂縫擴散整個隔樑、鋼筋露出且腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離

(1)維護工法：

A.「斷面修復工法」：將損壞之混凝土構件需敲除後，並清洗舊有混凝土表面並組模，再依新舊混凝土交界之施工方式修復嚴重受損之結構元件，置入骨材，再注入低粘滯性之樹脂(如圖 5.68 所示)。

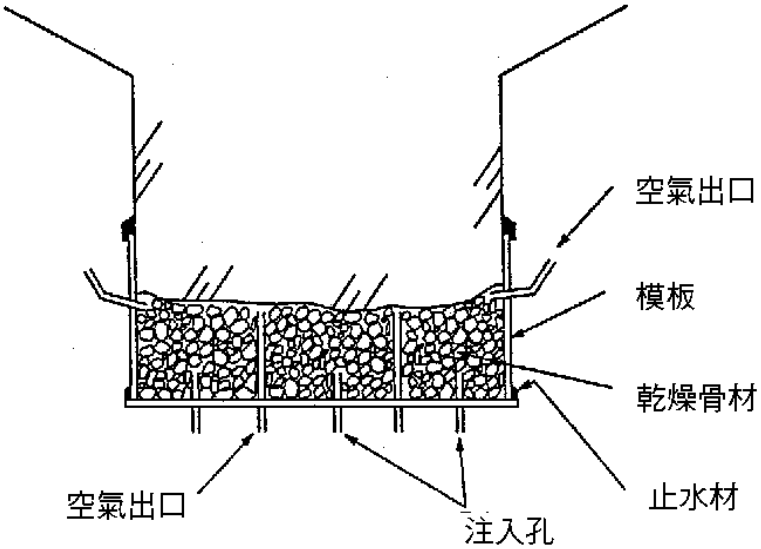


圖 5.68 隔樑斷面修復工法示意圖

(資料來源：高雄港務分公司)

B.「預力工法」：將原有混凝土鑿除後改以預力方式重新打設混凝土，或於混凝土斷面外側配置 PC 鋼材以預力方式補強。

(2)施工項目：

A.「斷面修復工法」：混凝土鑿除、表面清洗、模版組立、鋼筋植入、骨材安置、環氧樹脂注入。

B.「預力工法」:原有混凝土鑿除、混凝土斷面外側配置 PC 鋼材。

(3)相關規範：

A.「斷面修復工法」:公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03110 章、第 03210 章及第 09622 章。

B.「預力工法」：公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03110 章及第 03380 章。

5.4.2.2 基礎、護坡維護管理工法及施作項目

5.4.2.2.1 基礎掏刷

1. 基礎輕微淘刷

(1)維護工法：「拋石護基工法」

先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再局部拋放卵塊石護基。

(2)施工項目：

水深地形勘測、卵塊石拋放。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章。

2. 基礎明顯淘刷

(1)維護工法：「拋放麻袋混凝土法」

先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再進行麻袋混凝土拋放之沖刷防護措施。

(2)施工項目：

水深地形勘測、麻袋混凝土拋放。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章。

3. 基礎嚴重沖刷

(1)維護工法：「新增護基方塊法」

先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再進行新增護基方塊之沖刷防護措施。

(2)施工項目：

水深地形勘測、襯墊鋪設、卵塊石拋放、護基方塊新製、護基方塊吊拋。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02342 章、第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章、第 03110 章、第 03310 章、第 03390 章。

5.4.2.2.2 護坡破壞

1. 護坡塊石輕微受損

(1)維護工法：「加拋改善工法」

先以水下攝影確認移動或滾落區位與規模，再進行塊石加拋改善作業，以恢復原狀。

(2)施工項目：

水深地形勘測、塊石拋放。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章。

2. 護坡塊石明顯受損

(1)維護工法：「塊石加重法」

先分析護坡塊石安定性，並以水下攝影確認下陷區位與規模，以加重之塊石進行補強作業。

(2)施工項目：

水深地形勘測、加重塊石拋放。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章。

3. 護坡塊石嚴重受損

(1)維護工法：「加重加厚補強法」

先分析護坡塊石安定性，並以水下攝影確認下陷區位與規模，以加重之塊石採增加拋放層數之方式，進行補強作業。

(2)施工項目：

水深地形勘測、加重塊石拋放。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02381 章、第 02391 章、第 02392 章。

5.4.2.2.3 法線變位

法線變位雖顯現於上部結構之位移，但主要卻是來自後方擋土設施或基樁之位移。故以下針對此二構件檢討維護措施。

1. 法線明顯變位：擋土設施後方之岸肩可採用「陸側減壓工法」、「液化防制工法」及「增打基樁工法」。以下介紹「增打基樁工法」。

(1)維護工法：「增打基樁工法」

以增打基樁方式為例，其施作項目包括上部結構局部敲除、基樁打設、基礎拋石護坡整平、上部結構施作等。詳如圖 5.69 所示。

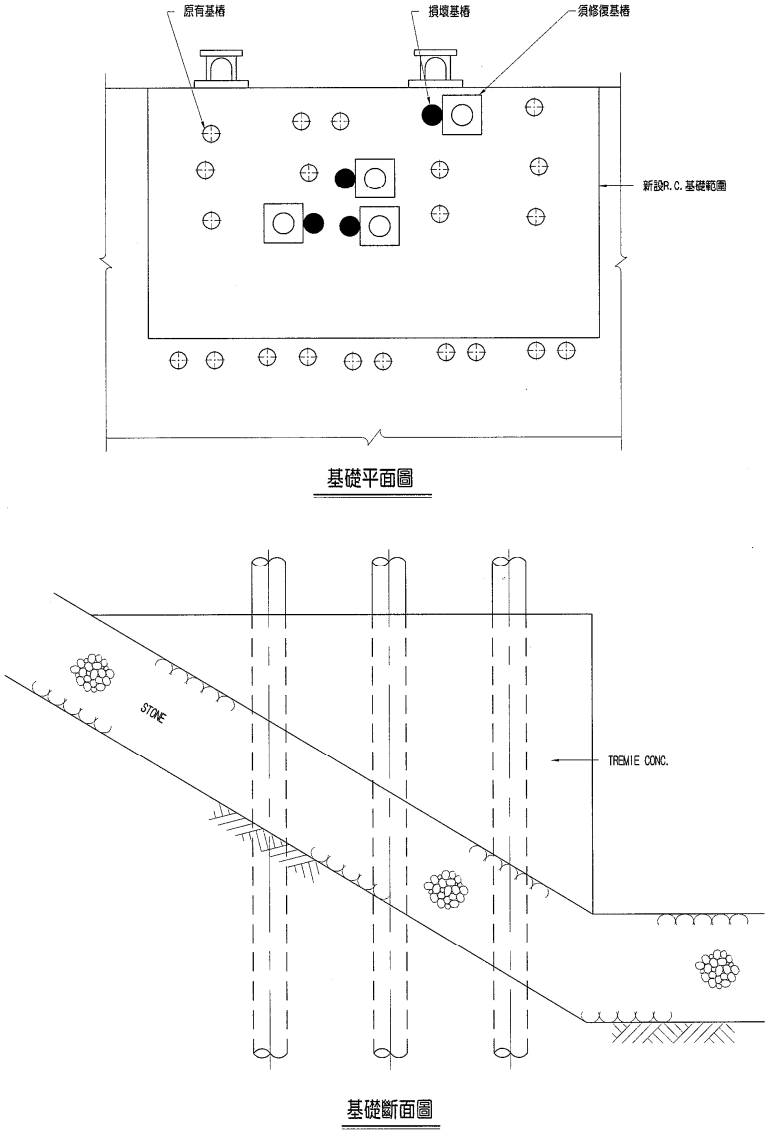


圖 5.69 增打基樁工法

(資料來源：高雄港務分公司)

(2)施工項目：

上部結構局部敲除、基樁打設、基礎拋石護坡整平、上部結構施作。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章及第 02392 章。

2. 法線嚴重變位：「前端新設結構工法+陸側減壓工法」。「前端新設結

構工法」說明如下：

(1)維護工法：「前端新設結構工法」

因前端新設結構物工法將造成原法線前移。在每一個港灣設施之情況不同下，可採用的方法不僅無統一之標準，且可選擇性非常多樣化，需視碼頭之情形而定。建議應請顧問公司或學者專家依最新規範及檢測結果評估該碼頭適用性及補強設計。主結構體之修補可依本所『港灣設施防災技術之研究(二)─港灣設施防災對策之研究』整理之國內外相關案例，可採前端新設結構工法(如圖 5.70 至圖 5.73 所示)。

(2)施工項目：

需視採用之工法而定。

(3)相關規範：

需視採用之工法而定。

5.4.2.2.4 防蝕包覆破損、脫落

1. 防蝕包覆破損

(1)維護工法：「防蝕包覆修補法」

鋼管樁平滑處先固定剪力釘，其餘部位以重防蝕材被覆，以弧形鋼板壓住防蝕材並以螺栓固定於剪力釘上，弧形內空間注入漿材形成保護層，其補修斷面圖如圖 5.74 所示。

(2)施工項目：

剪力釘焊接、固定弧形鋼板、貫注漿材。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 05091 章、第 05123 章及

一般鋼料銲接(詳附錄一 A)。

2. 防蝕包覆脫落

(1)維護工法：「防蝕包覆重鋪法」

重新施作包裹防蝕施工，並加強固定方式。

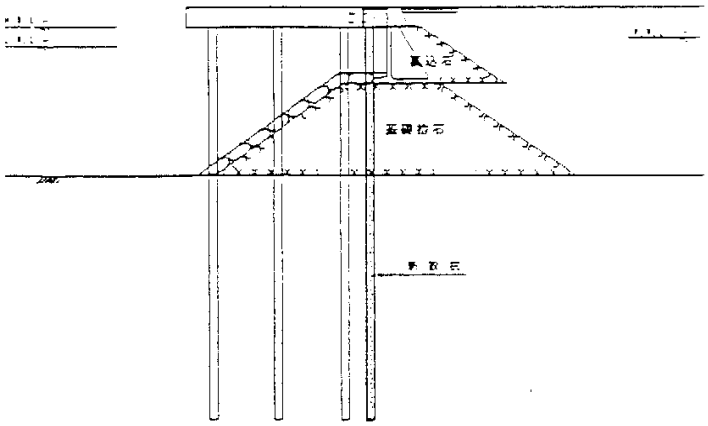
(2)施工項目：

表面清理、安設固定箍並確時鎖緊、包覆防蝕帶(應確保能緊貼鋼管表面)、保護套(FRP)組合及安裝等。

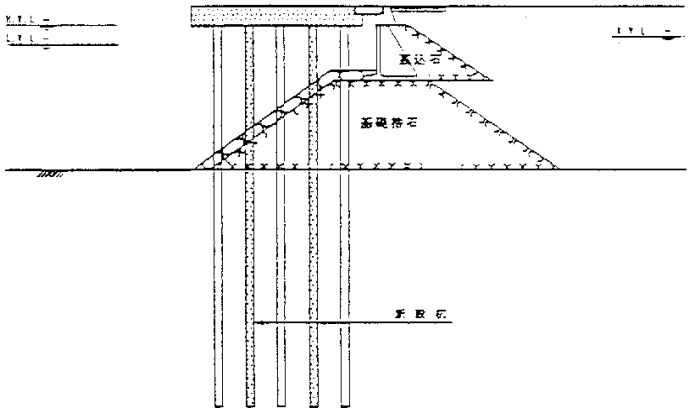
(3)相關規範：

鋼管樁包裹防蝕(詳附錄一 D)。

SA1	背面：棧橋後方增設基樁工法
工法概要	既設棧橋後方增加打設基樁，並使上部結構一體化



SA2	中間：棧橋中間增設基樁工法
工法概要	既設棧橋中間增加打設基樁，上部結構重新施作



SB1	中間：基樁支撐(brace)工法
工法概要	既設原基樁加設支撐(brace)，增加抗力

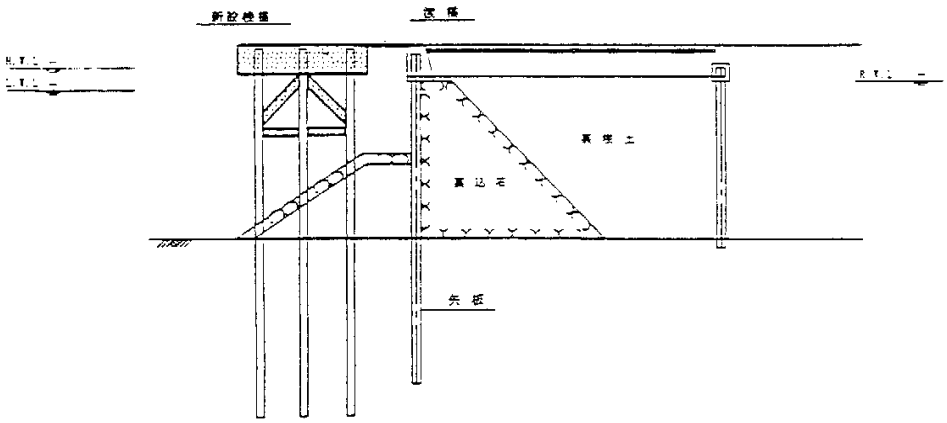
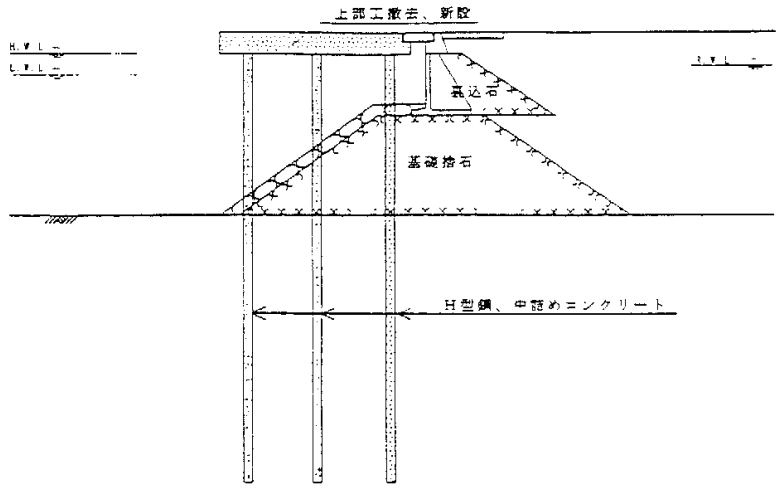


圖 5.70 前端新設結構工法(資料來源：高雄港務分公司)

ＳＢ２	基樁斷面加強工法
工法概要	原有基樁以混凝土或雙重套管基樁方式加強，上部結構重新施作



ＳＢ３	加設地錨工法
工法概要	在基樁中間加設地錨，增加抗力

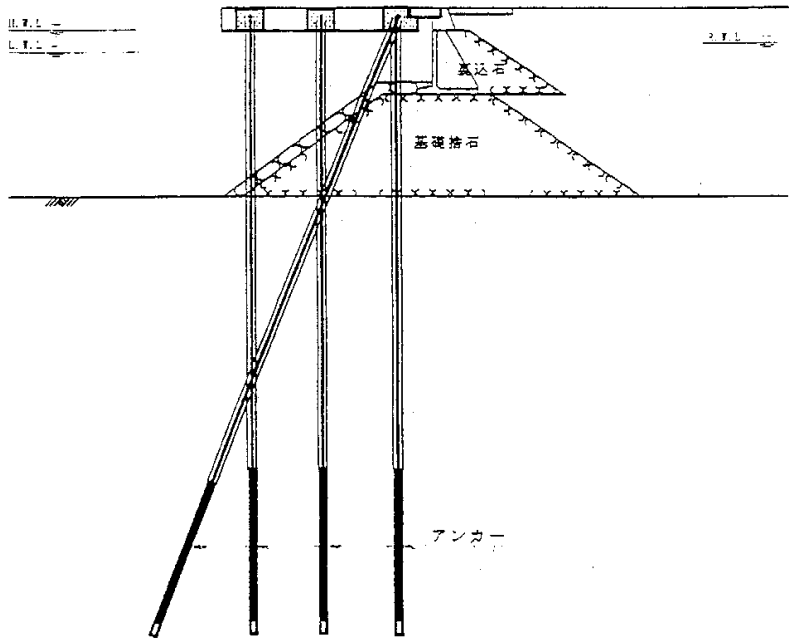
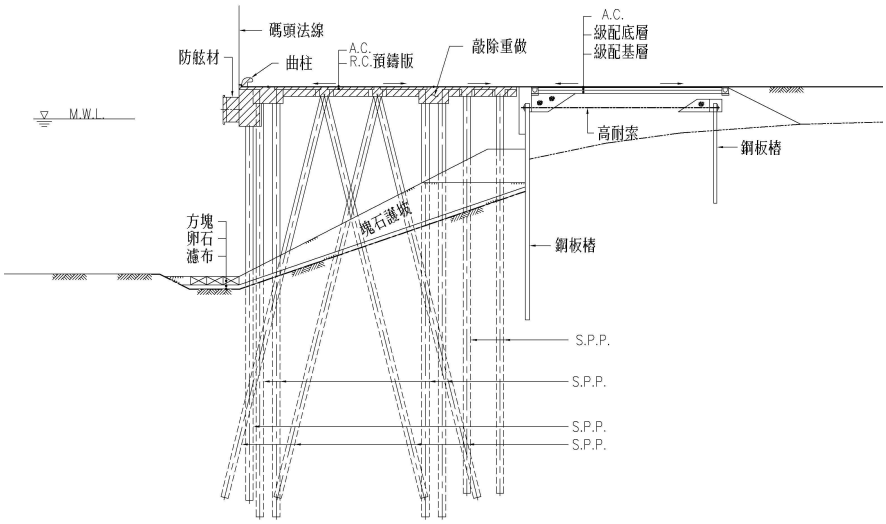


圖 5.71 前端新設結構工法(續 1)

（資料來源：高雄港務分公司）

SC1	拆除重設工法
工法概要	上部結構拆除重作(原基樁抗力足夠為前提)



SD1	前方加設基樁工法
工法概要	原碼頭前方加設基樁上部結構一體化處理

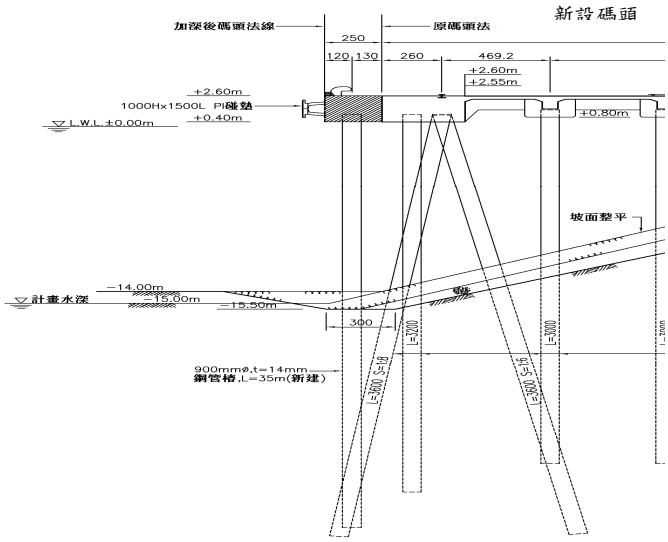
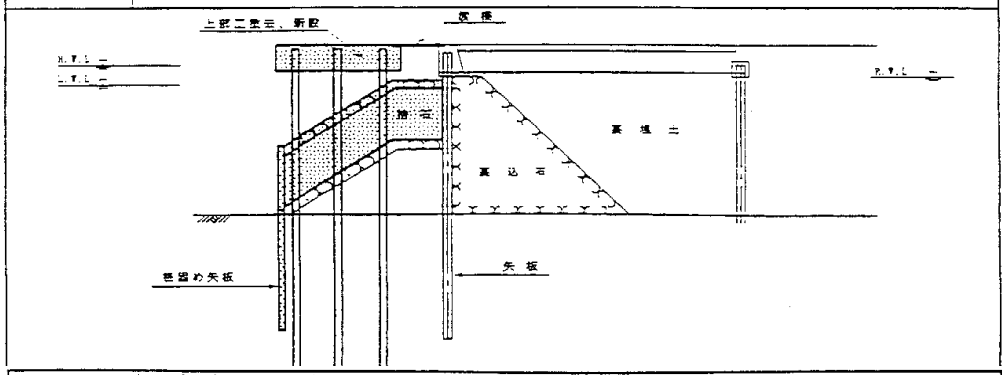


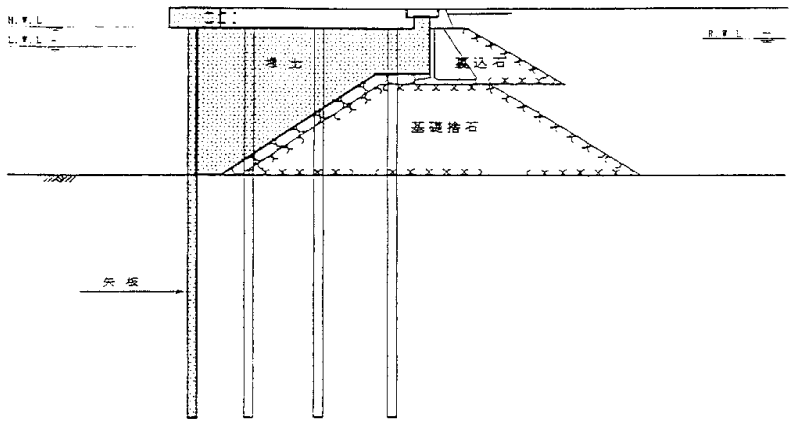
圖 5.72 前端新設結構工法(續 2)

(資料來源：高雄港務分公司)

ＳＥ１	前方設鋼板樁擋土工法
工法概要	前方設鋼板樁擋土，上部結構重作降低基樁應力



ＳＦ１	棚式構造物改良工法
工法概要	前方新設鋼板樁上部結構一體化，降低基樁應力



ＳＦ２	新設鋼板樁工法
工法概要	前方新設鋼板樁，以原棧橋結構為錨碇設施

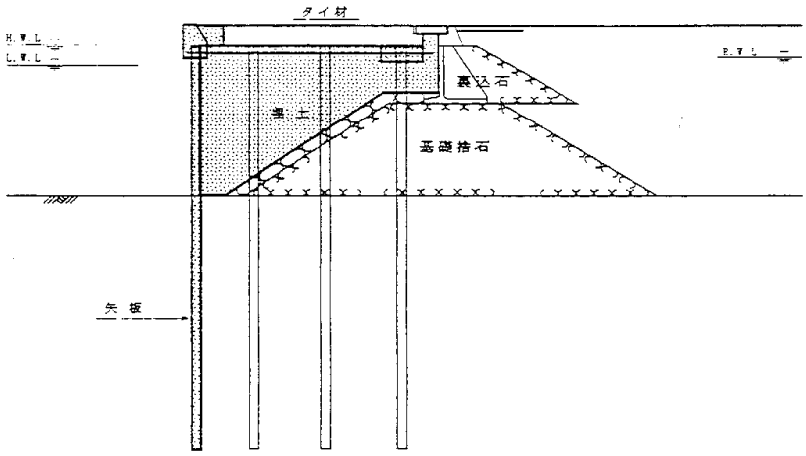


圖 5.73 前端新設結構工法(續 3)

（資料來源：交通部高雄港務局）

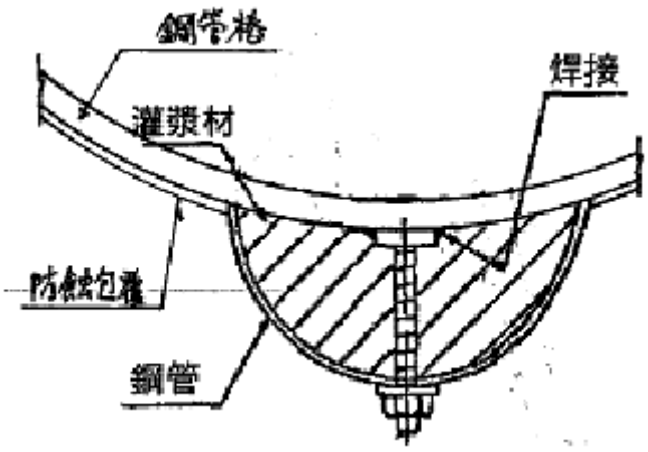


圖 5.74 防蝕包覆修補法

(資料來源：高雄港務分公司)

5.4.2.2.5 基樁腐蝕及變形

1. 基樁局部區域有鏽蝕集中

(1)維護工法：「水中硬化環氧樹脂塗附法」

一般處理方法為刮除鏽點後，鏽蝕位置塗附水中硬化環氧樹脂，阻絕持續腐蝕因子。

(2)施工項目：

潛水伕清除板樁鏽點及海生物、分層塗裝水中硬化環氧樹脂。

(3)相關規範：

水中硬化劑塗裝工程(詳附錄一 B)。

2. 帶狀鏽蝕、局部穿孔

(1)維護工法：

A.「鉚釘打設工法」：帶狀區域的繡蝕部位噴砂處理完全後，先以防蝕帶覆蓋，其上再以 PE/PU 材被覆，並於兩邊用剛性高之U型 FRP 壓條密貼，其上以攻牙鉚釘鑽入鋼管樁固定，鉚

頭外部以黏土及保護套保護之，如圖 5.75 所示。

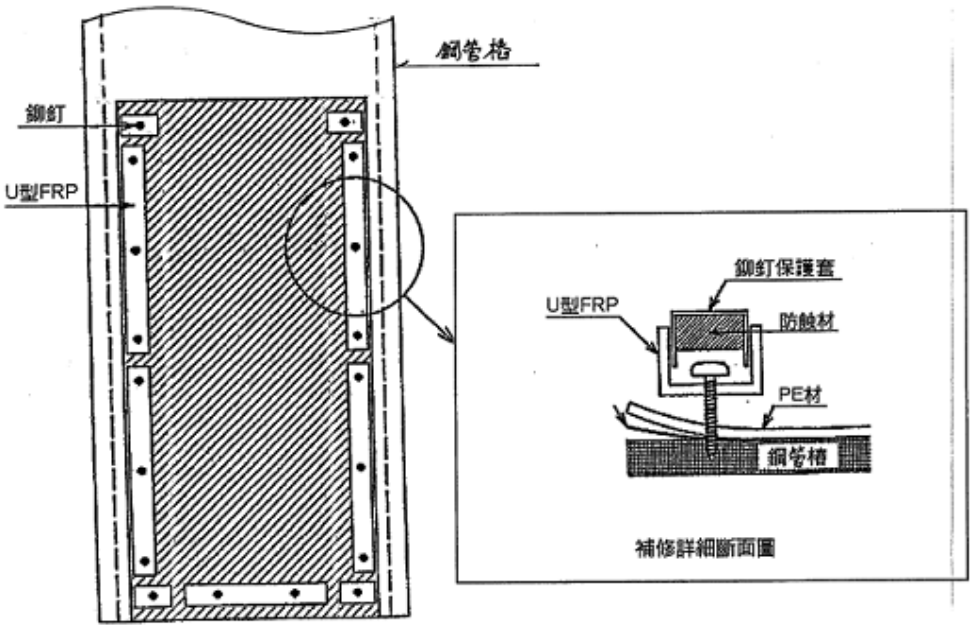


圖 5.75 鉚釘打設工法

(資料來源：高雄港務分公司)

B.「鈦合金被覆工法」：係於鋼管樁樁身先固定高鎳合金鋼剪力釘，其餘部份以中性石油系防蝕帶貼付，其外再以鈦合金薄鋼板被覆，為防不同金屬間之接觸腐蝕，所有接合處以厚膜型環氧樹脂塗佈，以達防蝕補強之效果。

(2)施工項目：

A.「鉚釘打設工法」：表面噴砂處理、防蝕帶覆蓋、PE/PU 材被覆，U 型 FRP 壓條以鉚釘固定。

B.「鈦合金被覆工法」：高鎳合金鋼剪力釘、防蝕帶貼付、鈦合金薄鋼板被覆、厚膜型環氧樹脂塗佈。

(3)相關規範：

鋼管樁包裹防蝕(詳附錄一 D)。

3. 連續性鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔範圍擴大、基樁嚴重傾斜、破

裂現象或樁體有曲折現象。

鋼管樁大範圍的生鏽破損且穿孔，由於鋼管樁鏽蝕，整體碼頭結構可能已出現影響，港務局應先停止碼頭作業，辦理專案檢測，並委外進行碼頭補強或大幅度修補之設計，再發包施工。依實際鏽蝕程度可選基樁斷面增強方式、增打基樁方式。

(1)維護工法：「基樁斷面增強工法」

損傷部份周圍先以防蝕材貼附，外側再以半圓形鋼板或 FRP 包覆，於主樁與外套管間空隙填灌混凝土或砂漿，鋼構造外套管並用防蝕材塗佈，其斷面圖如圖 5.76 所示。

(2)施工項目：

防蝕材貼附、外套管包覆、水泥砂漿填灌，防蝕處理。

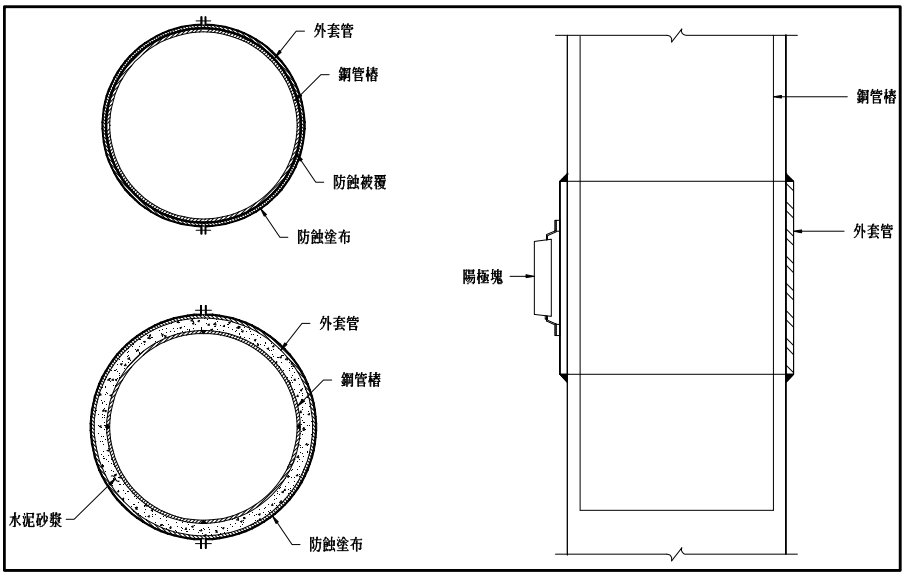


圖 5.76 基樁斷面增強工法

(資料來源：高雄港務分公司)

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02392 章、第 03050 章、第 05091 章、第 05123 章、第 09971 章及鋼管樁包裹防蝕(詳附錄一 D)。

5.4.2.2.6 PC 或 RC 樁之混凝土裂縫、剝落、鋼筋腐蝕

1. 局部可見鏽水、2~3 個部位裂縫、混凝土剝落

(1)維護工法：「水壓式裂縫注射工法」

於龜裂損傷處先以清水或水刀刷洗乾淨後，再注入排水性止漏劑或超微水泥漿填塞裂縫。

(2)施工項目：

表面清洗、排水性止漏劑或超微水泥漿填縫等。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03601 章及第 03350 章。

2. 混凝土數個部位有裂縫、鋼筋露出未腐蝕、混凝土鬆動剝落

(1)維護工法：

A.「FRP 接合工法」：混凝土樁體的外部接合玻璃纖維、碳纖維等纖維材料，使其與既有構材成為一體，而且在其上面反覆塗上環氧樹脂等基材。

B.「電氣附著工法」：係於海水中投入陽極材，並使其與電源正極相連，而混凝土中之鋼筋則與電源負極連接，使成一迴路，藉直流電之微弱電流通電數月，則海水中溶存之鈣離子或鎂離子往混凝土表面移動，並於混凝土表面或裂縫處析出碳酸鈣或氫氧化鎂生成物並附著其上，形成保護膜阻絕腐蝕因子進入混凝土內部，達到保護之功效。本工法裝置示意如下圖(圖 5.77)。

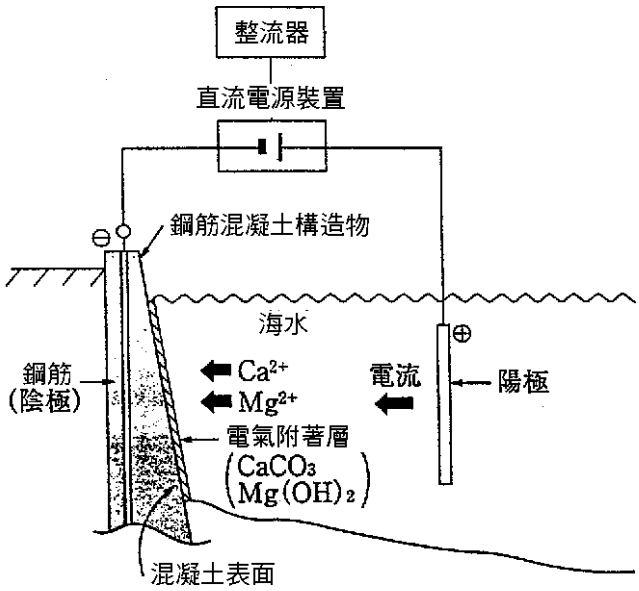


圖 5.77 電氣附著工法

(資料來源：高雄港務分公司)

(2)施工項目：

A.「FRP 接合工法」：將 PC 或 RC 樁鬆動之混凝土敲除，以不收縮水泥將斷面復原；裂縫部分灌注環氧樹脂、底層處理、樁體以 FRP 圍束補強數層；俟圍束補強完成樹脂硬化時，需施作硬度試驗後表面再塗佈樹脂噴砂增加水泥砂漿補土附著力。

B.「電氣附著工法」：陽極材投入海水中、連接電源、通電。

(3)相關規範：

A.「FRP 接合工法」：公共工程施工綱要規範第 09969 章。

B.「脫鹽工法」：無相關規範，乃利用電化學原理，使混凝土中之鋼筋成為陰極，使不致放出電子而氧化，以達到保護之目的。

3. 混凝土裂縫擴散成整個樁圍、鋼筋露出且腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離

(1)維護工法：

A.「鋼鈑補強工法」：將損壞之混凝土構件敲除後，並清洗舊有混凝土表面，再依裂縫及蜂巢之修補方式修復嚴重受損之結構

元件，並組鋼模後，再注入 EPOXY(如圖 5.78 所示)。

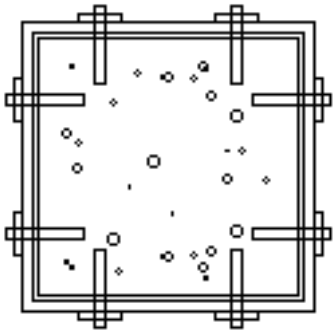


圖 5.78 樁體外鋼鈑補強工法示意圖

(資料來源：高雄港務分公司)

B.「增厚工法」：係於構材之上面、下面或側面重新配置鋼筋並與舊構材結合後打設新混凝土，使成一結實體。

(2)施工項目：

A.「鋼鈑補強工法」：將鬆脫不牢固之混凝土打除，打除後將粉屑清除乾淨；使用補強灰泥修補蜂巢、使用裂縫注射劑修補裂縫；將鋼鈑預組在樑上，樑鈑使用 SUS316 鋼材，採全滿焊施工；鑽孔施打化學錨栓、封口、灌注 EPOXY 直到透氣孔溢滿出為止。

B.「增厚工法」：鋼筋彎紮、打設混凝土。

(3)相關規範：

A.「鋼鈑補強工法」:公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03110 章、第 03210 章及第 09622 章。

B.「增厚工法」：公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03110 章及第 03210 章。

5.4.3 RC 材料劣化維護工法

鋼筋混凝土大量被使用於土木工程，尤其是交通建設方面，諸如橋樑、港灣... 等之重要設施。鋼筋混凝土原本為一極具耐久之材料，因此，工程建造完工起用後，甚少需要維護。但是，受到環境、超載(不當使用)、施工品質等因素之影響，其材料、結構則可能受到劣化損壞，對整體耐久性與安全威脅甚鉅。台灣為一海島型氣候，終年高溫、高濕，每年常遭颱災侵襲，又因位處地震帶上，地震災損頻傳，於此惡劣環境下，港灣鋼筋混凝土甚易受到海水或海風中之氯離子之侵入，造成鋼筋發生銹蝕、斷裂、體積膨脹，導致混凝土的劣化、剝落、損壞。

因此，在 R.C.結構物之耐久性觀點上，除了混凝土材料本身材質劣化外，鋼筋的腐蝕是評估結構物耐久性之重要指標之一。以下分為鋼筋腐蝕及混凝土劣化處理、混凝土表面缺陷及鋼筋外露腐蝕等說明其維護工法。

5.4.3.1 鋼筋腐蝕及混凝土劣化處理相關工法

1. 陰極防蝕法

陰極防蝕應用於鋼筋混凝土結構物之防蝕，至今已有三十幾年的歷史了，公認為解決鋼筋混凝土腐蝕唯一有效的方法。陰極防蝕可分為下列有兩種方式：

(1)外加電流法：

此法乃於鋼筋(陰極)與混凝土外之輔助陽極(一般使用鈦金屬)間，施加一直流電源，供應防蝕電流給鋼筋，使鋼筋表面不會失去電子，以達到防蝕的目的，為一長期持續性之防蝕工法，一般陸上之 R.C.結構物多採用此法。

(2)犧牲陽極法：

利用自然電位較低之金屬(如 Mg、Al、Zn)做為陽極，與被保護

之金屬體偶合在一起，當陽極放出防蝕電流後，使被保護之金屬體的自然電位下降，當電位下降至防蝕電位時，則被保護體就不再發生腐蝕行為。根據美國佛州交通局(Florida Department of Transportation, FDOT)之研究，依使用陽極之方式不同，犧牲陽極法可再細分為下列四種方式：

A.鋅熔射方式：使用熔射鋅層被覆作為陽極，為防止高溫、高溼等嚴苛環境之破壞作用，一般常於壓克力樹脂施予封孔處理。施工時需先清除剝落的混凝土並噴砂處理至裸露的鋼筋表面，再將鋅熔射噴塗至混凝土及裸露的鋼筋表面，藉由鋅與鋼筋電連通之傳導或經由混凝土為介質，達到陰極保護的目的。鋅塗層之噴塗厚度為 0.38~0.5 mm (15~20 mils)，鋅與混凝土之結合力為 1,034 kPa (150 psi)。若鋅塗層未直接噴塗於舊有鋼筋表面，亦可使用外加電流的方式進行陰極保護。

B.鋅板方式：鋅板採用 ASTM A 190 的 99.9%純鋅製成，密度為 0.02 kg/m^3，以基樁為例製成鋅板，直接包覆於混凝土表面，鋅板外層再利用 50%塑膠與 50%木質纖維製成之夾板包覆，夾板內側有凹槽可匯聚水氣以增加混凝土的導電性，並藉潮汐漲落可將鋅的氧化產物沖洗掉；而此夾板的固定方式則是利用不銹鋼圈箍繫在舊有基樁結構上。鋅板與鋼筋間則利用銅線連接使之電連通。

C.犧牲式陰極保護基樁夾層：此法為鋅板系統之改良，為基樁 RC 結構於水下帶、潮間帶、飛沫帶之陰極防蝕使用。工法中以鋅網為主要陽極，內置於玻璃纖維製成之基樁夾層內，而另一鋅塊為輔助陽極，置於低潮線下 0.6 m 的海水中，利用銅線將陽極與鋼筋連接。施工時將兩片夾層包覆於混凝土表面，夾層與混凝土間間距 5 cm ，然後以砂漿水泥灌注夾層。此系統不需外加電源且完工後甚少需維護，造價及施工均較外加電流式陰極保護系統經濟，已被 FDOT 廣為使用於海水環境下之陰極防蝕。

D.鋅板導電膠為一厚 0.254 mm 的鋅膜及一層離子導電膠。施工時將導電膠塗佈於混凝土上，而導電膠之另外一側上覆鋅膜，利用銅線將鋅膜與鋼筋電連通，以達到陰極保護的效果。本工法在潮濕的環境中，導電膠會失去黏著力而導致鋅膜脫落，造成防蝕電流分佈不均。因此，工法僅能適用於乾燥的大氣環境下。

2. 電化學去鹽法

電化學去鹽法乃針對已受鹽害之鋼筋混凝土結構物，將其內部之氯離子驅出混凝土外，以降低或阻止鋼筋繼續腐蝕。去鹽法技術乃是應用電化學之同性電荷相斥異性電荷相吸之原理，於鋼筋與混凝土外之輔助陽極之間，外加一直流電源，形成一電力場，藉電場作用力將孔隙溶液中之氯離子驅除,使內部鋼筋不再受氯離子侵蝕。

3. 電化學還鹼法

還鹼法與去鹽法是一體兩面，採用之原理相同。還鹼法乃是將已中性化之混凝土恢復至高鹼性環境，鋼筋表面再度生成鈍化保護膜，使鋼筋得以被保護。在鋼筋與混凝土外之輔助陽極間，引進一直流電源，經由電滲流(electro-osmotic flow)、擴散(diffusion)、毛細吸附(capillary absorption)及電解作用(electrolysis)，將外界之鹼性電解液大量輸入孔隙溶液中，除提升孔隙溶液之鹼性環境外，另一方面鹼性電解液中之 Na+、K+等離子，游向陰極(鋼筋)，致使鋼筋再處於鈍態狀況。

5.4.3.2 混凝土表面缺陷維護工法

混凝土表層缺陷維修工法包括表面處理工法、裂縫修復工法、表層缺陷修復工法。

1. 表面處理工法

表面處理工法之基本理念是使得目前結構物更為美觀，且經由

表面處理，使得結構物減少日後損壞之機率，表面處理工法依其混凝土表面處理之方式可分為：

(1)酸洗：

混凝土具高鹼性，因此易受酸的腐蝕。基於此原理可利用酸作為混凝土修補前的表面處理，使平滑面粗糙，增加新舊材料間的接合。其方法是將鹽酸稀釋至適當的濃度再傾倒在處理面上，立刻以鋼刷刷淨，直至不再冒泡為止，然後以清水沖洗。使用清水沖洗時，務必洗刷完全，以免殘存之鹽酸加速混凝土之碳化，反而降低混凝土品質，失去修復養護之原意。

(2)噴砂：

利用高壓泵浦推送砂粒噴擊混凝土面，使修補面呈粗糙狀，作用與酸洗相同。噴砂工法價格較貴，且會產生極大的砂塵，在實用上不及酸洗。

(3)表面塗裝：

對於未發生危害而情況輕微的表層龜裂，可塗刷砂漿、塗料或類似環氧樹脂等化學藥品於龜裂表層以塗封龜裂，以防止進一步之惡化而導致缺陷產生。

2. 裂縫修補工法

鋼筋混凝土結構物裂縫的修補，主要目的是恢復結構的整體性、保持結構的強度、耐久性、抗滲性及外形的美觀。

(1)表面封閉修補法：

採用抹漿、鑿槽嵌補、噴漿、填縫的方法使表面裂縫封閉。如果無法直接注漿，則必須視情況利用工具將損壞的混凝土敲除，或沿裂縫處鑿成 V 型槽，以利修補或填注接著劑。

(2)壓力灌漿修補法：

壓力灌漿是以施加壓力將某種漿液(例如水泥灌漿或化學材料灌漿)灌入結構物內部損傷的方法，以達到封閉裂縫，恢復並提高結構強度、耐久性和抗滲性能的一種修補方法。對於已停止擴大之龜裂(即穩定裂縫)，或無損及結構安全之龜裂，可用無收縮砂漿或膨脹性砂漿填補；必要時，在龜裂表層開鑿 V 型槽，再填入接著劑或填縫料。此法一般用於裂縫多且深入結構內部或結構有空隙的修補場合。壓力灌漿修補法包括水泥灌漿與化學灌漿，化學灌漿採用化學材料灌漿修補結構裂縫，可以灌入 0.3mm 或更細小些的裂縫。

(3)注射工法：

寬度較小的龜裂，可用注射環氧樹脂修補之。注射前先將龜裂分成幾個區域，先將表面封閉僅留注射孔，以防注射的材料漏出，注滿一區後，再繼續進行下一區。注射工法與灌漿工法之在觀念與作法上幾乎是大同小異。其基本之差異性在於裂縫之大小，裂縫較大時採用灌漿工法，裂縫較小時則採注射工法。

(4)表面黏貼法：

表面黏貼法是指用接著劑把纖維強化高分子複合材料或鋼鈑等材料黏貼在裂縫部位的混凝土表面上，既可達到封閉裂縫的目的，又能提高結構的強度和勁度。在進行表面黏貼之前，必須對混凝土表面進行處理與清洗。

3. 表層缺陷修補工法：

當混凝土表層已不適用表面處理工法或不宜以裂縫修補工法修復時(例如混凝土表面成片塊狀之剝離)，則此時必須採用表層缺陷修補工法。

(1)填充工法：

此法是以新混凝土取代局部性區域之舊混凝土。施作時將已損壞或不良的混凝土敲除掉，重新澆置新拌混凝土，使龜裂不再發生

或提昇原構件之品質，亦稱之為置換法。此法適用於已無外在原因使混凝土繼續劣化或龜裂之情況，否則修補後仍將發生損壞。

(2)混凝土修補法：

對於混凝土橋梁結構中出現的蜂窩、空洞等較大範圍的破損與缺陷，可採用新拌混凝土進行修補。用於修補的混凝土要級配良好，且具有良好的工作性，以減少搗實工作的困難。為了澆築工作的順利進行，應把構件中的蜂窩或空洞缺陷部份盡可能鑿除，同時對修補部位進行鑿毛處理，並使原混凝土表面保持濕潤、清潔、不沾塵土。為了使新舊混凝土之間有良好的接著性能，可以在鋼筋和其周圍的混凝土上塗抹一層水泥砂漿或接著劑(如 1:0.4 的鋁粉水泥砂漿、1：1 的鋁粉砂漿或環氧膠液等)。砂漿應均勻地刷進混凝土內及鋼筋表面，使得鋼筋周圍成為強鹼性環境，而增強舊混凝土與新混凝土間之黏結。在這些砂漿塗抹後尚未凝固時，可立即澆築新的混凝土。

(3)水泥砂漿修補法：

對於小面積的缺陷，當損壞程度較淺時，可將拌和好的砂漿用鏝刀抹到修補部位，反覆抹光後，按一般混凝土的養護方法養護。當修補部位深度較大時，可在水泥砂漿中加入特殊材料，以增強砂漿強度和減少砂漿乾縮。用砂漿修補時亦必須特別注意加強壓實的工作，使砂漿經過養護、硬化和乾燥後不致出現凹陷。另外在修補的區域周圍再塗抹兩層的環氧樹脂膠液或鋁粉水泥砂漿、或其他接著劑，以避免乾縮裂縫的發生，達到表層保護之效果。

(4)噴漿修補法：

噴漿修補法是將水泥砂漿，經高壓噴至修補部位的一種修補方法。此法主要適用於重要混凝土結構物或大面積的混凝土表面缺陷和破損的修補。為保證噴漿層能與舊混凝土面黏結牢固，達到

預期的修補效果，噴漿前應做好以下準備工作：

A.對舊混凝土進行打毛處理，並將表面清理乾淨。打毛面須有一定深度，否則會影響其與舊混凝土間之黏結。

B.在施工前應進行鋼筋網或鋼絲網製作和安裝，並固定位置。

C.在噴漿前一小時，應對修補面灑水，使其保持濕潤狀態，以確保噴漿與修補面能良好結合。

D.當修補面有滲水時，應先使其陰乾。

(5)混凝土接著劑修補法：

對於混凝土橋梁結構表面的風化、剝落、鋼筋外露及小面積的破損，一般可用接著劑對混凝土表面進行塗封的方法修補。人工塗封注意事項：人工塗封法修補時，應由低處向高處、由內向外填抹，塗封範圍須包括缺陷周圍 2cm 左右，塗封層的厚度以不小於 2.5cm 為宜。當混凝土結構破損較大且深入結構內時，可採混凝土接著劑澆築塗層的方法加以修補。

(6)環氧樹脂材料的修補法：

環氧樹脂材料具較高的強度和抗蝕、抗滲能力，並且可與混凝土等材料牢固地黏結，是一種較好的修補材料。由於環氧材料價格較貴，且施工操作難度較高，通常只有在修復結果要求較高的情況下才考慮優先使用。

A.表面修補的技術要求：

(a)混凝土表面應先加以打毛，保持平整、乾燥、堅固與密實。

(b)混凝土表面處理可用人工打毛，然後用高壓噴水或高速壓縮空氣吹淨，或採用風砂槍噴砂除淨等方法。

(c)鋼筋若腐蝕必須先行除銹。

B.施工時之要求：

(a)塗抹環氧樹脂基液：在塗抹環氧樹脂砂漿或澆灌環氧樹脂混凝土時，應先在原混凝土表面塗一層環氧基液，以保持良好的黏結力。塗刷時，應力求薄且均勻，尤其在鋼筋和凹凸不平等難於塗刷的部位宜反覆多刷幾次，塗刷基液厚度一般不宜超過 1mm，塗刷方式可用毛刷人工塗刷，也可用噴槍噴射。為使塗刷均勻，可考慮在基液中加入少量丙酮(例如 3~5%)。對於已塗刷基液的表面，應注意保護，嚴防污染物、灰塵落入。塗刷後須清除基液中的氣泡，再塗抹環氧砂漿或澆築環氧混凝土。時間間隔一般為 30~60 分鐘。

(b)塗抹環氧樹脂砂漿：於平面塗抹時應力求均勻，每次塗抹厚度不宜超過 1.0~1.5cm，底層厚度應在 0.5~1.0cm 之間，並用鏝刀反覆壓抹，如有氣泡必須刺破壓緊。在斜、立面塗抹時，由於砂漿流淌，應用鏝刀不斷的壓抹，並適當增加的黏稠度，塗抹厚度厚度以 0.5~1.0cm 之間為宜，如超厚應分層塗抹，超過 4cm 時最好立模澆築。頂面塗抹時易因自重而往下脫落，在塗刷底層基液時，可使用黏度較大的基液。環氧樹脂砂漿每次塗抹的厚度以 0.3~0.5cm 為宜，如超過 0.5cm 時，應分層塗抹，每次塗抹均需用力壓緊。

C.澆築混凝土：

環氧樹脂混凝土澆築的工法要求與普通混凝土大致相同，澆築時應注意防止擾動已塗刷的環氧樹脂基液。平面澆築時須充分搗實，再用鏝刀反覆壓抹，側面及頂面澆築時須組立模板。

D.環氧樹脂材料的養護：

環氧樹脂砂漿的養護與水泥砂漿不同，最重要的是控制溫度，夏季施作時如果太陽直接照射，應設遮棚。冬季溫度太低，則須保溫。一般養護溫度以 20℃±5℃為宜。在夏季，養護時間須 2 天，冬季則須 7 天以上。在養護期的前 3 天，應避免雨水浸泡或其他衝擊。

E.環氧樹脂材料施工注意事項：

(a)環氧樹脂材料每次的配製數量，應根據施工能力來決定，因為環氧樹脂加入硬化劑後，即開始起化學反應，故配製好的環氧樹脂材料的使用時間有一定的限制。

(b)已拌製好的環氧樹脂材料，必須分散堆放，以免提前硬化。配料時用的器皿宜廣口淺底，易於散熱，並不斷攪拌。

(c)塗抹、澆築和養護環氧樹脂材料時，必須進行嚴格溫度控制，以防溫度變化時對環氧材料的施工品質產生不良影響。

(d)環氧樹脂材料的組合成份，大都具有良好之揮發性，因此施工現場必須保持通風，避免有害氣體對人體產生不良影響。同時嚴格注意防火和勞工保護，操作人員須戴口罩和橡皮手套。人體與環氧材料接觸後，可用工業酒精、肥皂水與清水多次清洗。嚴禁使用有機溶劑清洗，以免有機溶劑將環氧材料稀釋，更易於滲入人體皮膚。

(e)施工用具用後可用丙酮、甲苯、二甲苯等溶劑清洗。若環氧材料已硬固黏結在工具上，可加熱刮掉，但不能燃燒，以免產生有毒煙氣，危害人體健康。

(f)在施工過程中，不可將用過的器具以及殘液隨便拋棄或投入河川溪流中，以免水質污染和發生中毒事故。

5.4.4 碼頭面版腐蝕劣化之一般維護工法

目前棧橋式碼頭 R.C.底版及樑柱腐蝕損壞之修護，多採取將底版剝落處之混凝土或風化表面先行鑿除，鋼筋表面進行銹蝕除銹，斷裂鋼筋處以新品鋼筋搭接後，再以 II 型水泥或含壓克力樹脂或樹脂石英砂及速凝劑等之混凝土材料，分層噴漿覆蓋處理之，通常每隔 3~5 年需再進行類似的修護工作。以下則分別就市場所提供的各種結構補強及構件破壞修護方式分別探討之。

5.4.4.1 碳纖維補強工法

碳纖維材料具有輕質、高強度、抗腐蝕、耐老化、耐久性好、物理性能穩定等諸多優點。抗拉強度是同等截面鋼材的 7-10 倍。用碳纖維材料修復補強混凝土結構是近年來業界普遍採用的新型工法，能與混凝土結構緊密貼合，利用碳纖維材料卓越的抗拉強度達到增強構件承載能力及剛度的目的。

這項技術具有施工簡便快捷、安全可靠、耐久性好，能適應各種複雜的結構外形，不影響原結構的外觀等諸多優點。已日益在混凝土結構修復補強工程中得到廣泛的應用。其材料特性包括如 ：抗拉強度高，是同等截面鋼材的 7-10 倍；重量輕，比重只有普通鋼材的 1/4；耐久性好，可阻抗化學腐蝕和惡劣環境、氣候變化的破壞；施工方便快捷、省力節時；適用範圍廣，混凝土構件、鋼結構、木結構均可進行補強。可大幅度提高構件的承載能力、抗震性能和耐久性能。

其使用上包括有：混凝土結構物、橋樑及建築物的梁、柱、面板補強。隧道、港灣設施、煙囪、倉庫、廠房的補強。受鹽害的混凝土、橋樑以及河川構造物的防護和補強。

5.4.4.2 低壓灌注補強工法

針對鋼筋混凝土構造物產生的各種龜裂現象和裂縫損壞，採用環氧樹脂低壓灌注材料修補工法，針對裂縫損壞做系統性的補強與補修，可以達到預期的強度，延長結構物的使用壽命。施工快捷方便，不需要大型機械作業，補強效果安全可靠。

材料之特點包括有如：採用慢速、低壓連續灌注，使樹脂確實注入裂縫的細微部位；可以控制注入量，必要時可以補充樹脂；可根據裂縫大小、注入狀況的需要，調整壓力；注入量和注入情形可以目視觀察。其使用的範圍亦非常廣泛，包括前述各種混凝土構造及建築物之修護及補強均可發現其蹤跡。但最主要的破壞型式仍以裂縫之破壞型式修護最多。

5.4.4.3 鋼筋外露補修工法

鋼筋外露補修工法之應用中最為普遍的方式為，利用環氧樹脂與特殊骨材配合而成的輕質樹脂砂漿，利用噴漿或薄漿的方式分層披覆於裸露的鋼筋外面，逐層施工後則達到類似保護層的施作效果。一般使用於石材與混凝土包覆之鋼筋外露者，或垂直面、倒吊面難施工之處。此修護方法亦為目前較盛行應用於棧橋式碼面破壞之修護方法。

其特點包括如：質輕，比重小於 1 ；搖變性佳，垂直面、倒吊面施工容易；充填性佳，適用於多孔性材質，如混凝土、石材等；接著性、耐久性、施工性優異。在用途上亦甚為廣泛，包括了：混凝土板、梁、柱弱化欠損部位補修；天花板倒吊面鋼筋外露補；鋼板補強、碳纖補強施工前混凝土修補披覆等。

5.4.4.4 無收縮水泥灌漿工法

本工法針對大型高層建築逆打工法之柱頭灌漿、機械基礎灌漿、鋼結構底座灌漿、土木橋樑特殊部位之高強度填充材之灌注、鋼板補強之間隙填充，均能提供無收縮及發揮早強優越性能，高流動性可作到完全無空隙灌漿，為今日土木、建築、補強業界普遍採用之工法。

其特點包括有：流動性優越：以很小的 W/C(水灰比)即可獲得良好的流動性，可作到完全無空隙灌漿。 無泌水現象：不會產生空隙、泌水現象，使灌漿作業順暢。 不沈陷、不收縮：已被控制之膨脹性及長期安定之無收縮性，確保施工部位緊密貼合。早強性優越：具備優越早強性，經充分養護可在 1-3 日後安裝機器或後續工程。屬非金屬材料：屬水泥系灌漿材，無產生鏽蝕狀之變色。

5.4.4.5 面版修護之施工程序

碼頭面版修復施工程序，其流程示如圖 5.79 所示。

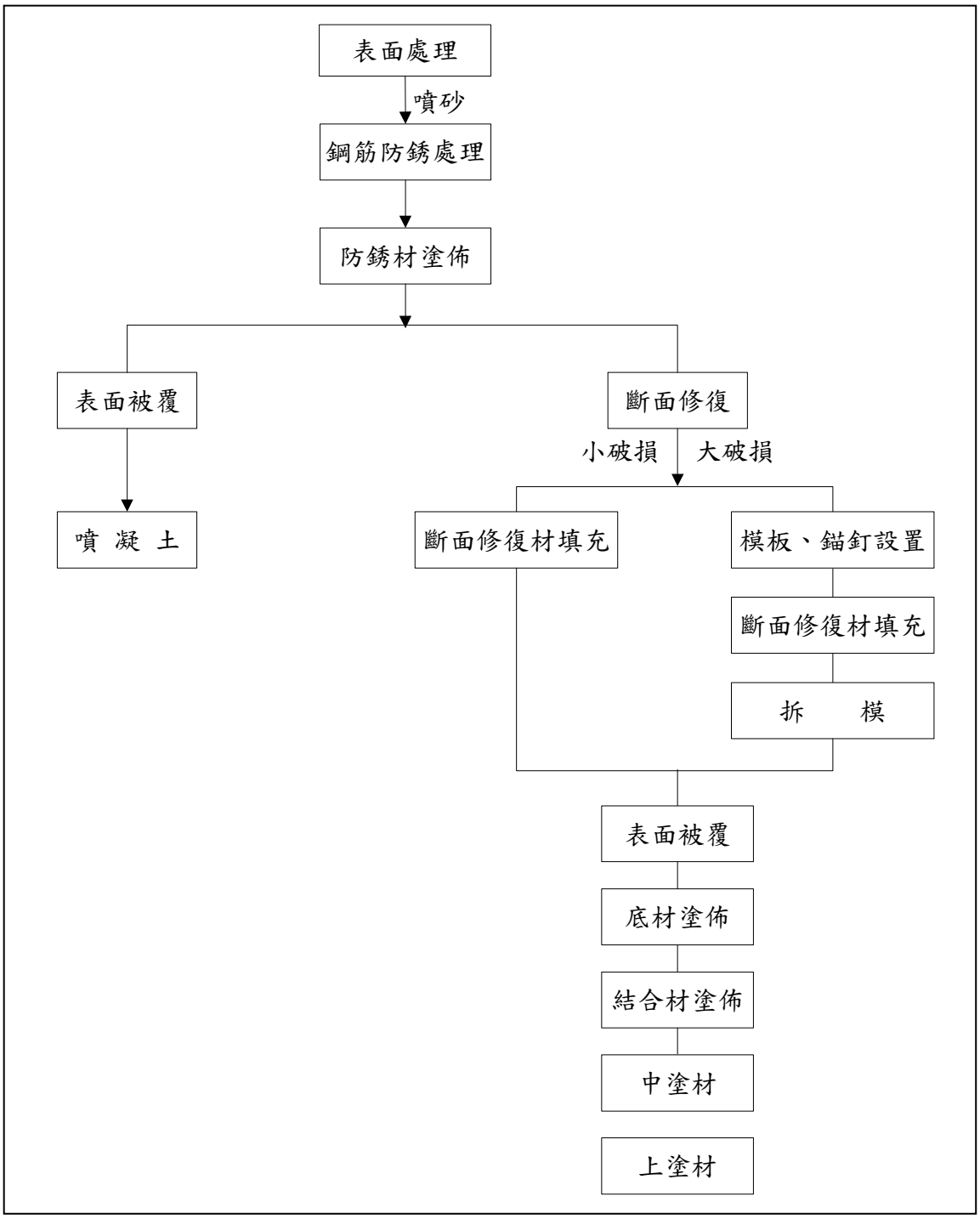


圖 5.79 碼頭面版修復施工程序流程

(資料來源：高雄港務分公司)

5.5 港灣構造物維護管理系統

目前本所已建置完成包含基隆、花蓮、蘇澳、臺北與金門港等之維護管理系統，本年度將賡續第 1 年工作項目，新建馬祖港 5 碼頭區部分，並同時精進與擴充既有系統部分之功能，詳細說明如下：

5.5.1 新建馬祖港維護管理資料庫

新建馬祖港 5 碼頭區之基本資料模組、檢測資料模組、維修排序模組、維修紀錄模組與權限管理模組等。各模組建置成果分述如下：

1.基本資料模組：

新建馬祖港各碼頭區資料於維護管理系統中，提供使用者查詢碼頭與防波堤相關基本資料。

使用者可於系統首頁選擇”基本資料模組”後，以地圖或下拉式選單選擇港區(如圖 5.80)，選擇”馬祖港區” ，進入港區地圖(如圖 5.81)，之後選擇碼頭區(在此以南竿福澳碼頭區為例)後，即可顯示碼頭區之基本資料(如圖 5.82)。

於圖 5.82 碼頭區基本資料可選擇”碼頭資料列表”、”碼頭選擇”、”防波堤選擇”、”浮動碼頭選擇” ，分別展示該港區各設施之資料，如圖 5.83、圖 5.84、圖 5.85。

另可於圖 5.83 碼頭基本資料選擇”單元基本資料”與”斷面圖”進行查詢，如圖 5.86、圖 5.87。

圖 5.80 基本資料模組港區選擇

圖 5.81 基本資料模組碼頭區選擇

圖 5.82 基本資料模組-碼頭區基本資料展示

圖 5.83 基本資料模組-碼頭展示(以福澳碼頭區#1 碼頭為例)

圖 5.84 基本資料模組-防波堤展示(以福澳碼頭區北防波堤為例)

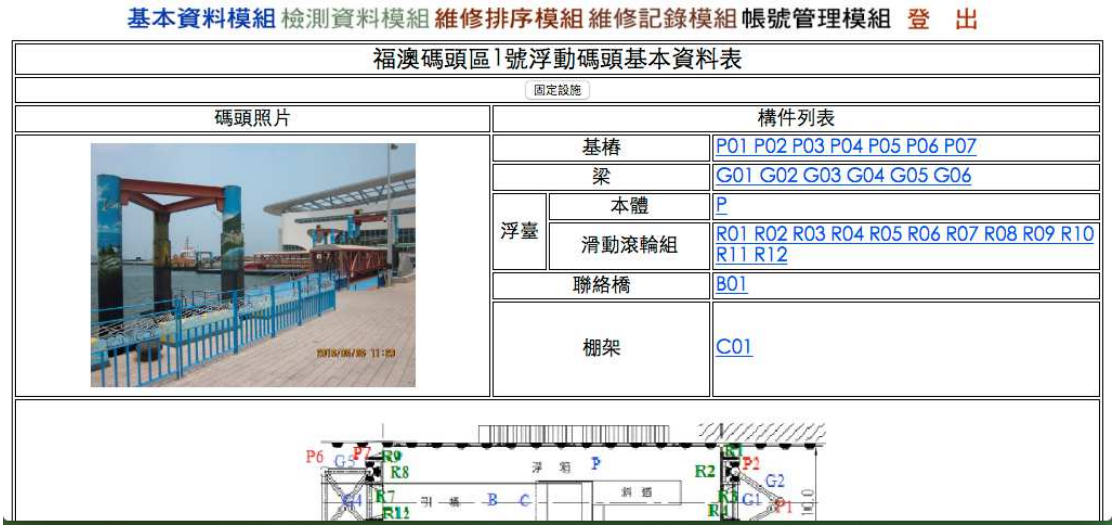


圖 5.85 基本資料模組-浮動碼頭展示(以福澳碼頭區 1 號浮動碼頭為例)

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	25	8	無	12 個	
2號單元	25	9	無	9 個	
3號單元	25	10	無	10 個	

圖 5.86 基本資料模組-碼頭單元展示(以福澳碼頭區 1 號碼頭為例)

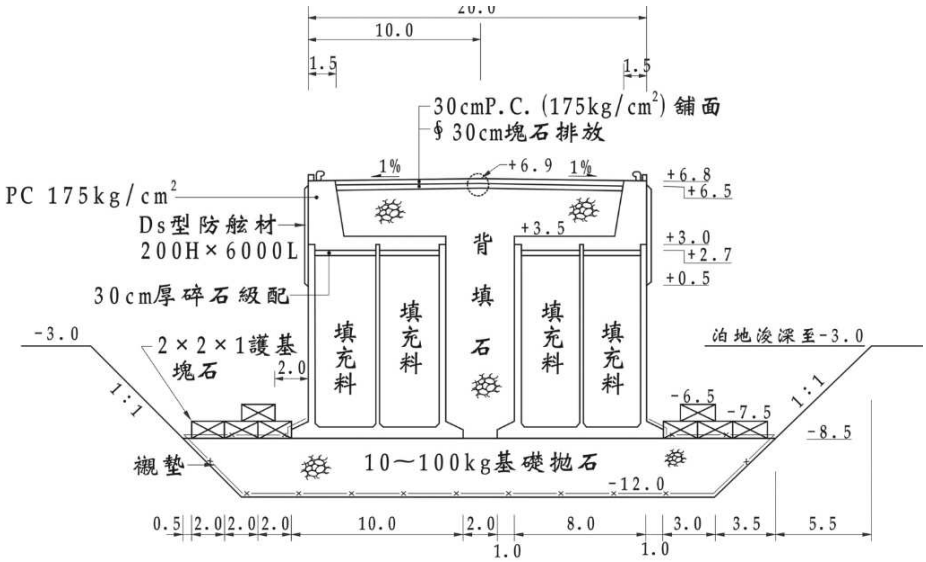


圖 5.87 基本資料模組-碼頭標準斷面圖展示(以福澳碼頭區 1 號碼頭為例)

2.檢測資料模組：

於系統首頁選擇”檢測資料模組”後，以地圖或下拉選單方式選擇港區。使用者可於功能列選擇”經常巡查”，並選擇”資料查詢”或”資料新增”後，再選擇碼頭或防波堤等設施進行查詢或新增作業(如圖 5.88)。

當選擇”經常巡查”與”資料新增”後，再選擇設施(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)，即可進入經常巡查資料之新增頁面(如圖 5.89)，可針對各構件之劣化類型進行資料紀錄。紀錄完成後，選擇”完成本次巡查”即可建立此筆資料。

當選擇”經常巡查”與”資料查詢” 後，再選擇設施(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)，即可進入設施經常巡查基本資料之展示(如圖 5.90)，每筆資料可選擇查詢”詳細資料”、”刪除紀錄”、”編輯基本資料紀錄”與列印”檢測報告”。選擇查詢”詳細資料”，即可進入該筆巡查日期之各構件劣化資料(如圖 5.91)，系統可展示各構件劣化類型之狀況、位置、數量、照片等。

圖 5.88 檢測資料模組-港區巡查檢測功能選擇(以福澳碼頭區為例)

圖 5.89 檢測資料模組-經常巡查記錄新增(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)

圖 5.90 檢測資料模組-經常巡查基本資料查詢(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)

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

回到碼頭選擇		回到經常巡查基本資料列表					
福澳碼頭區-4號碼頭-經常巡查記錄表							
檢測日期		20160810		檢測人員		簡臣佑	
檢測天氣	晴	檢測員意見	碼頭後線沉陷，建議進行修復。				編輯
單元編號	構件類型	劣化類型	劣化狀況	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯
B01	附屬設施防舷材	龜裂破損	3	第4個	1個	照片	編輯
B01	碼頭本體後線	沉陷	4	X=7m	575m^2	照片	編輯
B01	碼頭本體岸肩	剝落	3	X=2.83m, Y=0m	0.3m^2	照片	編輯
B02	碼頭本體後線	沉陷	4	X=3.4m	191m^2	照片	編輯

圖 5.91 檢測資料模組-經常巡查詳細資料查詢(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)

3.維修排序模組：

於系統首頁選擇”檢測資料模組”後，以地圖選擇港區，進入維修排序模組功能(如圖 5.92)。維修排序分為”立即維修”與”緊急維修”。

”立即維修”針對經常或特別巡查後，需進行立即修復(劣化狀況為 4 者)之構件進行建議；”年度維修”針對定期檢測後之各構件，配合構件權重進行排序建議。

本年度僅執行經常巡查作業，故選擇設施後，即可進行相關維修之建議(如圖 5.93)。

圖 5.92 維修排序模組-維修排序設施選擇(以福澳碼頭區為例)

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

立即維修構件列表

回到設施選擇 回到港灣選擇

港灣名稱		福澳碼頭區	碼頭名稱		4號碼頭		
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(20160810)							
碼頭本體	後線	沉陷	B01	X=7m	575m^2	照片	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	後線	沉陷	B02	X=3.4m	191m^2	照片	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

圖 5.93 維修排序模組-設施立即維修排序建議(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)

4.維修紀錄模組：

於系統首頁選擇”維修紀錄模組”後，以地圖選擇港區，即可進入維修紀錄模組功能(如圖 5.94)。選擇”新增”，即可進入港區維修紀錄之新增(如圖 5.95)，輸入維修契約編號、維修日期、契約名稱、維修金額、維修標的(如碼頭、防波堤與浮動碼頭)、維修照片與維修檔案(如預算費用表等)，即可完成相關資料之輸入。

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

維修記錄模組(福澳碼頭區)

新增 查詢

圖 5.94 維修紀錄模組-維修紀錄新增與查詢(以福澳碼頭區為例)

圖 5.95 維修紀錄模組-維修紀錄新增(以福澳碼頭區為例)

5.帳號管理模組：

於系統首頁選擇”帳號管理模組”後，以地圖選擇港區，即可進入帳號管理模組模組功能。依使用權限，分為系統管理者與一般使用者，若為系統管理者，則可進行各使用者帳號之新增、編輯、查詢與刪除(如圖 5.96)；若為一般使用者，則僅可對其相關資料進行編輯(如圖 5.97)。

圖 5.96 帳號管理模組-系統管理者頁面

圖 5.97 帳號管理模組-一般使用者頁面

5.5.2 精進與擴充既有維護管理系統

1.權限設定功能

精進既有港灣構造物維護管理系統，增加權限設定功能，其功能依使用者不同而異。管理層級如為各港務分公司或營運處等，使用時於選擇各模組後，將直接進入其管理港區之地圖選單 (如圖 5.98)；如為連江縣、金門縣港務處或臺灣港務公司等全港管理單位，則於登錄系統後，會先行選擇港區後(如圖 5.99)，再進入系統模組中。其各自權限登入流程詳圖 5.100。

圖 5.98 使用者為各港管理單位之登入方式

圖 5.99 使用者為系統管理者或港研中心之登入方式

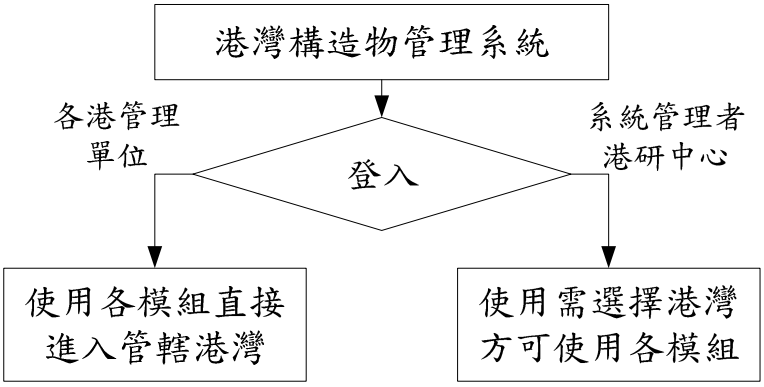


圖 5.100 港灣構造物維護管理系統權限設定圖

2.檢測模組、維修排序模組之更新：

原系統針對經常巡查記錄由以整體碼頭、防波堤與浮動碼頭岸上構件之劣化異狀，填寫其最嚴重的劣化狀況等級，並紀錄其所發生的單元位置、劣化位置、劣化數量與劣化照片等，改為以若各構件有劣化異

狀發生，填寫其劣化狀況等級，並紀錄其所發生的單元與位置，記錄量測數量(長度或面積等)，與劣化照片。

3.各港相關歷史資料之新增與查詢：

此功能於工作會議提出需求，使用者可於”港區基本資料” (如圖 5.82)，中選擇”查詢港灣歷史資料”中，進入”港灣相關歷史資料輸入與查詢(如圖 5.101)”頁面，使用者可選擇”新增”進行相關資料之新增(包含文件名稱、文件建立日期與文件檔案，如圖 5.102)；使用者可選擇”查詢”，查詢該港相關之文件資料(如圖 5.103)。

圖 5.101 港灣歷史資料新增與查詢頁面

圖 5.102 港灣歷史資料新增

圖 5.103 港灣歷史資料查詢

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，成果並建置於本所港研中心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、修訂維護管理制度與系統及手冊等，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，期待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。

104 年完成工作如下：

子計畫 1：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：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、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。

105 年完成工作如下：

子計畫 1：持續調查臺灣全島之大氣腐蝕因子，大氣腐蝕標準試片製作與現地暴露試驗之腐蝕速率量測；水下金屬材料腐蝕長期暴露試驗；建立大氣與水下腐蝕因子資料庫，研究成果分析比較；完成臺灣大氣腐蝕環境分類。

子計畫 2：完成馬祖港福澳、白沙、猛澳、青帆與中柱五碼頭區之碼頭與防波堤調查；臺中港南、北防波堤調查；馬祖港福澳、白沙碼頭區，浮動碼頭基樁與浮箱、棧橋式碼頭鋼樁之鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；碼頭與防波堤維護工法探討；建置馬祖港港灣構造物維護管理系統。

本(105)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東部蘇澳港試驗線、花蓮港試驗線、西部臺塑六輕試驗線與北部基隆港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，在西海岸秋季以官田工業區、桃園試驗線 100m、臨海工業區，冬季期間，以臺中火力電廠、官田工業區，春季以臨海工業區，夏季以臺中火力電廠、關連工業區沉積速率相較其他季節有顯著增加的趨勢。東部以東北角風景區、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陽明山國家公園 64.7%及金門水頭商港 11.6%之間，夏季介於陽明山國家公園 78.8%及核三廠試驗線 19.8%之間，春季介於陽明山國家公園 80.0%及高雄港試驗線周邊 28.8%之間，夏季介於阿里山 81.9%及臺北市區 15.8%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。

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. 馬祖港五碼頭區碼頭及防波堤岸上目視檢測，除少數碼頭岸肩混凝土發生裂縫或鋼筋腐蝕外露外，調查時未發現明顯或危及碼頭主體設施之劣化異狀現象；附屬設施以車擋裂損與防舷材龜裂為主。

2. 臺中港南、北防波堤岸上目視檢測，除少數防波堤堤面混凝土磨損、護欄腐蝕破裂或沉箱與沉箱間出現較大間隙外，調查時未發現明顯

或危及結構安全。

3. 碼頭及防波堤水下調查結果，馬祖港五碼頭區，調查時未發現危及碼頭主體設施之劣損。臺中港南、北防波堤部分發現海床淤沙嚴重，部分沉箱與沉箱之間隙過大或混凝土脫落、內部鋼筋裸露腐蝕等異狀現象，惟尚不影響防波堤維持港域靜穩與結構安全。

4. 馬祖港福澳及白沙碼頭區共 3 座浮動碼頭，基樁與浮箱岸上與水下目視檢測，鋼材表面均未發現有穿孔破洞等腐蝕嚴重現象，平均腐蝕速率均小於設計規範允許值。防蝕系統效能檢測部分，鋼材保護電位與陽極塊陽極塊發生電位，均達保護鋼管樁與浮箱防蝕之目的。

5. 維護管理系統建置，本(105)年度已建置馬祖港五碼頭區之資訊系統，並將經常巡查資料輸入於維護管理系統中。同時擴充既有「港灣構造物維護管理系統」部分功能，以符實際應用。

6.2 建議

1. 馬祖港五碼頭區碼頭及防波堤及臺中港南北防波堤部分附屬設施出現劣化，雖不影響設施功能，但仍應及早修護，以確去保營運安全。

2. 馬祖港福澳及白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱，調查時鋼材表面雖未發現腐蝕嚴重現象，平均腐蝕速率亦均小於設計規範，防蝕系統效能也均達保護鋼管樁與浮箱防蝕之目的，但鋼板保護電位部分趨近允許值，建議後續應依維護管理規定巡查頻率，落實巡查與檢測工作。

3. 港灣構造物維護管理系統，本所目前已協助花蓮與基隆(含蘇澳與臺北港)、金門、馬祖港等，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 1 篇、年報 1 冊共 2 篇：

   (1) 2016 年發行交通部運輸研究所專刊，出版 2015 年「臺灣大氣腐蝕劣化因子調查資料年報 」1 冊。

   (2)於民國 105 年第 38 屆海洋工程研討會，發表「金門港區浮動碼頭腐蝕現況調查之研究」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 90 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、馬祖港五碼頭區、臺中、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且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、馬祖、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「臺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[1],「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[2]，「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。

[1] 交通部高雄港務局已於 2012 年 3 月 1 日改制為臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司
[2] 交通部基隆港務局已於 2012 年 3 月 1 日改制為臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司

[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。

[68]柯正龍、陳桂清，「港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理之研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2016。

附錄一

相 關 工 法

A 一般鋼料銲接

B 水中硬化劑塗裝工程

C 流電陽極法防蝕

D 鋼管樁包裹防蝕

相 關 工 法

A 一般鋼料銲接

1. 說明：

一般鋼料銲接及試驗工作標準以本規範為準，本規範未註明者，以行政院工程會頒布之施工規範為準。

2. 材料：

所用銲條應依設計圖規定辦理，若設計圖無註明者，則使用 AWS.E70 或 CNS.E50 或 JIS.D50 系銲條，並應提出材料試驗報告送請工程師認可後採用之。

3. 一般要求：

3.1 銲工資格：須通過內政部、台電、中油、中鋼、中船、或中國驗船協會考驗合格之優良技工，持有證明文件者。

3.2 銲接環境：銲接工作不得在低於 5℃時施工，亦不得在濕面雨天或強風中施工；且銲工須在安全情況下工作。

3.3 尺寸、長度及銲位：銲接之尺寸及長度不得少於設計圖及本施工說明書之規定。如須加銲或變更銲位，均須事先徵得工程司允許。

3.4 銲接方法：以手工電弧銲接為原則或其他經工程司同意之方法，並應依 AWS 規範或 CNS 規範之有關規定確實施工，焊條直徑未規定者以不超過 5m/m 為原則。

3.5 允許公差：上下兩鋼管樁銲接時，務必保持兩節樁中心軸成一直線，銲接後之管面誤差須在 2 公釐以內，樁身彎曲應在全長之 1/1000 以內。

4. 施工準備：

4.1 銲接面必須光平、正直，且無雜物、破裂或影響銲接強度之缺點。

4.2 銲接面須無鬆屑皮、熔碴、油脂、腐蝕或雜物，以免影響正常銲接施工或產生不良氣味。

4.3 鋼面鱗片或屑皮或已乾之油薄面及薄防漆，如不能以鋼絲刷刷除，可允許存留。

4.4 氣焰切邊須用機械焰切機，其切邊須光平、正直且無熔渣，並符合劃線，否則應予磨平修整。

5. 拼裝施工：

5.1 以角銲接連之構材須使兩者儘可能密接，其間空隙不得大於 1.5 公釐，如空隙大於 1.5 公釐，角銲之銲肢，應隨超額空隙之尺寸增加之。

5.2 搭接兩接面間之空隙，或對接面與其底背板面之空隙，均不得大於 1.5 公釐。

5.3 以對銲連接構材之對接，須使其均在準確位置，最大偏差不得超過 3 公釐，最大偏斜不得超過 2 度。

5.4 空隙之間，如設計圖未標明，不得以墊片填充，否則須得工程司之許可。

5.5 銲接構材時，須使其均在準確位置，並須保持不變，以至銲接完成，但應預留收縮餘裕。

5.6 為保持構材，在其正確位置之預先銲接（假銲），須能有正式銲接之同等品質。且須儘量縮小，凡與正銲衝突處，應完全熔於正銲內，使其接連成為一體，不合規定之預銲須先予剔除，再行施銲。

5.7 拼裝銲接須在平穩位置上施工。

6. 防縮施工：

6.1 拼合連接、組合構材或鋼筋與其銲接之施工程序，乙方須先提出妥善計畫，經工程司同意後行之。

6.2 所有銲接施工程序之安排，應以能平衡進行銲接所生之加熱為準。

6.3 有較大扭曲或收縮之銲接，乙方應預先擬妥施工程序，以便有效控制。

7. 手工掩弧銲接：

7.1 銲接時須儘可能在平銲位置施工。

7.2 銲條種類、銲接尺寸、弧長、電壓、電流須符合材料厚度、溝槽式樣、銲位及銲接環境。

7.3 銲條之最大尺寸除圖說另有規定外，應符下述各項要求：

7.3.1 平銲位所有銲接，除根部外，最大銲條為 8 公釐。

7.3.2 橫銲位角銲最大銲條為 6 公釐。

7.3.3 平銲位之根部角銲及底背板之對銲根部，開口大於 6 公釐時，最大銲條為 6 公釐。

7.3.4 立銲位及仰銲位用低氫銲條最大為 4 公釐。

7.3.5 除上述各種銲接及根部對銲外，最大銲條為 5 公釐。

7.4 根部角銲以外，每層最大銲厚及對銲之各層銲厚如下：

7.4.1 根部對銲最大銲厚 6 公釐。

7.4.2 平銲位之每層最大銲厚 3 公釐。

7.4.3 立銲位、仰銲位、橫銲位之每層最大銲厚 5 公釐。

7.4.4 根部之最少銲接須能防止龜裂。

7.5 一次銲成最大角銲：

7.5.1 平銲位：9 公釐。

7.5.2 橫及仰銲位：5 公釐。

7.5.3 立銲位：12 公釐。

7.6 立銲位銲接時，每層須由下而上。

7.7 在已銲接處加銲，須先清除溶渣，並將銲接及其相鄰鋼料以鋼絲刷除乾淨。

7.8 所有對銲其未用底背板者，須將最初之底部削去或削除至健全金屬處，再行銲接。如用與母材同等性質之背板對銲，須將銲著金屬熔入背板。

7.9 對銲之端部須用同一緣形，而寬比銲材厚度為大之補助板使銲接延出構材之邊端外。俟銲接完畢，冷卻時除去該板，並以砂輪或其他機具，將凸出之銲喉及構材修整齊平。

7.10 母材預熱及各層溫度須如表 1 之規定：

表 1 掩弧銲接母材預熱規定表

母材厚度 (公釐)	掩弧銲接 (不用低氫銲條)	掩弧銲接 (用低氫銲條)
19 以下	—	—
19～39	＞ 65℃	＞ 1℃
39～65	＞106℃	＞ 65℃
65 以上	＞150℃	＞106℃

(資料來源：高雄港務分公司)

8. 潛弧銲接：

8.1 除角銲外，所有潛弧銲接均須在平銲位施工，角銲可在平或橫銲位行之。一切銲成之角銲厚度不得大於 8 公釐。

8.2 最大銲條直徑為 6 公釐。

8.3 除底（根）層及面層外，最厚銲層不得大於 6 公釐。如根部開口達 12 公釐以上，則須分層分側施工。每層寬若超過 16 公釐，則宜分側疊層為之。

8.4 任一銲接之熔解深或寬度均不得超過銲接面寬度。

8.5 銲接電流、電壓及移動速度，須能使每層銲接達到適當熔解，且其鋼料及銲料應無重疊及傷損現象。

8.6 潛弧銲接面及其相鄰接面，均須按規定清除乾淨，且不得含有水汽。

8.7 每層銲接後，須先澈底除淨銲渣，再續銲上層。

8.8 對銲端處之銲接品質，須與銲接中部同等良好。如有必要，可加延伸板條，並於銲後除去。端部則仍應保持光滑平整。

8.9 對銲之根部可用低氫銲條，以手工掩弧銲接，藉防初次潛弧銲接之燒透。

8.10 潛弧銲接之預熱及各層需要溫度，同手工掩弧銲接。

9. 預熱：

9.1 銲接前，對銲件銲接處 75 公釐範圍內須加預熱，並須於施銲進行中，保持預熱溫度。

9.2 以潛弧銲接作連續之平銲，或須重熔並與原銲合成者，均得免施預熱。

10. 品質及改正：

10.1 銲接部份之露出表面應平整而有規則，並符合設計要求；不論情形如何，銲著金屬斷面不得小於設計斷面。唯斷面過大而缺陷過多時，其工作亦視為不合格。

10.2 角銲面應平直，可略有凹凸，超銲之高度均不得大於(0.1S＋0.75）公釐，S 為角銲之公釐尺寸。

10.3 對銲之上下面，除規定者外，宜略加厚（施補強銲）。補強銲之厚度不得超過 3 公釐，且須與本鋼面成順適之弧線。

10.4 所有銲接均須良好無裂痕，少有氣泡空隙及熔渣。若缺陷最大尺寸超過最大尺寸之和逾 1 公分者，均須除卻之。

10.5 垂直於應力方向之傷損鋼料，不得超過 0.21 公釐深，平行於應力方向，則不得超過 0.8 公釐。

10.6 銲接全線之銲著金屬與母材之間及銲層間均須完全熔合。

10.7 銲接部不得有重疊及低陷。

10.8 所有燃燒之凹坑應予銲接填平。

10.9 有龜裂之銲接須全部除去。

10.10 剷除不良銲接可用鑿、磨及氫氧焰等，且不得傷及原銲接之銲料及鋼料。

10.11 以補銲改正不良銲接宜用較小銲條（不超過 4 公釐），並須先將其表面清除乾淨，方可補銲。

10.12 不適合之拼連，得切斷重銲。其因銲接所生之扭曲，得以機械矯正或加熱校正，但溫度不得超過 650℃(暗紅色)。

10.13 所有銲渣均須清除。銲接未完成前，不得油漆。

B 水中硬化劑塗裝工程

本防蝕規範使用前，針對本塗裝工程如有接續之前一或後一塗裝工程，其所採用之材料，須與本規範採用之材料進行接著性確認。

1.通則

1.1 本章概要

1.1.1 本章說明鋼管樁(或鋼板樁)式碼頭之防蝕工程材料、設備、施工及檢驗等相關規定，本章未註明者依行政院工程會頒布之施工規範為準。

1.1.2 本工程需配合土木工程以後工法施作，並採責任施工。

1.2 工作範圍

1.2.1 鋼管樁包裹防蝕帶、混凝土平台底部間、或鋼板樁銹蝕之水中硬化劑塗裝

1.2.2 為完成本項工作，承包商應自行負責提供所需之一切船機、潛水設備等。

1.3 相關準則

依本章各節之規定。

1.4 資料送審

1.4.1 品質管制計畫

1.4.2 施工計畫

1.4.3 施工圖

1.4.4 製造程序書

1.4.5 承包商資料

1.4.6 人員資格証明

1.4.7 材料符合規範之合格試驗證明

1.4.8 材料樣品 1 份

1.5 品質保證

1.5.1 提送各項材料證明文件：

(1)通過 CNLA 認證且其認證領域可提供本項材料檢驗之實驗機構出具之檢驗合格證明文件。

(2)國外產品不能於國內試驗時，需提送經業主工程師認可之公證公司所簽發之「合格證書」。

(3)提送經業主工程師同意於工廠試驗之「產品出廠證明」及「合格檢驗報告」。

1.6 運送、儲存及處理

1.6.1 防蝕塗料

(1)塗料應以製造廠之原包裝運達工地，容器上應附有標籤，載明規格、材料、廠牌、產品編號及生產、有效期限。

(2)搬運時應防止容器碰撞、破損，運送至現場的產品應完好無缺。

(3)運至工地之塗料應儲存於清潔、乾燥、通風良好之場所。

(4)防蝕塗料及其相關製品儲放場所，應有防止火災發生之完善措施。

1.7 工作順序及進度

1.7.1 工作順序：依業主工程師之指示配合土木工程施作。

1.7.2 進度：依契約規定辦理。

1.8 保固

1.8.1 本工程保固期限為 3 年。

1.8.2 保固部分

(1)防蝕效果：依本章各節之規定。

(2)保固起始日：自驗收完成日起算。

2. 產品

2.1 功能

2.1.1 防蝕塗料

(1)防蝕塗裝材料為無公害之環氧樹脂水中塗料，防蝕塗裝材料之特性如表 2 所示。

表 2 防蝕塗裝材料之特性

項　目	物性標準
鹽霧試驗	無銹蝕現
抗拉強度	25N/㎜^{2} 以上
彎曲強度	30N/㎜^{2} 以上
壓縮強度	35N/㎜^{2}
彈 性 率	5500N/㎜^{2} 以上

註：表列項目皆須由承商提送檢驗證明。

(資料來源：高雄港務分公司)

2.1.2 其他產品依相關圖說之規定。

2.2 材料

2.2.1 除另有規定時，本章工作所用之材料應符合 CNS 或 ASTM、JIS、DIN 之規定為依據。

3. 施工

3.1 準備工作

3.1.1 依工程圖說及特性提出施工計畫。

3.1.2 施工前，應先進行下列之工作：

(1) 施工場地整理

(2) 臨時安全措施

3.2 施工方法

3.2.1 防蝕塗裝

(1)塗裝區域表面需噴砂處理，鋼管樁(或鋼板樁)表面需達 SIS Sa2 1/2 標準，不得有油脂現象，混凝土表面需將表面灰塵及鬆動之雜物清除乾淨，不得有乳化面現象；以刷、掃、真空吸塵或高壓空氣吹除之方式，除去表面灰塵及鬆動之雜物。表面處理需經工程師認可後，方得進行塗裝作業。塗膜厚度以平均 5mm，最低膜厚 4.5mm 為原則。

(2)相對溼度高於 85%以上時，氣溫低於 10℃時，鋼構件表面溫度超過 40℃或低於露點時不得施工，但塗料製造廠商另有建議，且經工程師同意者不在此限。施工環境不可有塵土飛揚情形，以免污染。

(3)本項工作需配合土木工程施工，承包商應妥為規劃責任範圍內之作業場地，不得因場地及處理能力而造成其他承包商作業之堵塞。

3.3 檢驗

3.3.1 防蝕塗裝

(1)防蝕塗裝材料成份之檢驗應由承商提送檢驗證明，檢驗費用及工期由承包商自行負責。檢驗方法如表 3 所示。

表 3 防蝕塗裝材料成份之檢驗方法

項　目	試　驗　方　法
鹽霧試驗	ASTM B117
抗拉強度	ASTM D638
彎曲強度	ASTM D790
壓縮強度	ASTM D695
彈性率	ASTM D790

(資料來源：高雄港務分公司)

3.3.2 各項材料之檢驗，應運至工地後再行抽樣檢驗，或只提送檢驗證明，由工程師核可依該項工程相關圖說規定辦理。

3.3.3 除上述各項材料及施工之檢、試驗項目外，其餘材料之檢驗項目、依據之標準、規範之要求、頻率應依設計圖說、施工說明書及相關章節之檢驗部分辦理。

3.4 現場品質管制

3.4.1 防蝕塗裝

(1)施工期間承包商必需進行水中照相，並提送照片及電子檔案各一份，供業主工程師存參；全部之鋼管樁(或鋼板樁)及混凝土底版均需編號照相，鋼管樁每支(或鋼板樁每處)至少 4 張，拍攝內容包括鋼料表面清理、塗裝前及塗裝後實況，照片上應標示位置、編號以利查核並為驗收之用。倘由於海水污濁度造成照片不清，不能提供業主工程師查核驗收，則由業主工程師自派人員檢驗。

(2)目視表面不得有垂流、起泡、裂縫等不良現象，塗膜厚度以膜厚計檢驗，若有任何一點不合格，承包商應負全責查定原因並予改善，至業主工程師認定合格後始認為完工。

(3)保固期內，承包商應會同業主工程師追蹤調查，第一年內每六個月一次，翌年起每一年一次，並作成紀錄提交業主工程師，作為判定防蝕效果之依據。

(4)防蝕效果：若有任何位置目視表面有垂流、起泡、裂縫等不良現象，即判定為未達防蝕效果，承包商應負責查明原因並予以改善，若無法改善則應拆除重做。

3.4.2 本節未說明之工作項目，依設計圖說及契約項目或依該施工項目章節中之現場品質管制部分辦理。

3.5 許可差

3.5.1 本節未說明之工作項目依設計圖說及契約項目或依該施工項目之章節中之許可差部分辦理。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 防蝕塗裝

(1) 以「平方公尺」為計量單位。

4.1.2 本節未說明之工作項目依契約項目或併入相關章節之適用項目內計量。

4.2 計價

4.2.1 防蝕塗裝

(1)以「平方公尺」為計價單位。

(2)本項單價包含材料、檢驗、試驗、表面處理、安裝等工作，凡為完成本項工作所需之一切直接、間接工、料、設備、動力、機具、船舶、零料等均包括在內。

4.2.2 本節未說明之工作項目，依契約項目或併入相關章節之適用項目內計價。

4.2.3 本單價已包括所有人工、材料、工具、機具、設備、運輸及其他為完成本工作所必需之費用在內。

C 流電陽極法防蝕

1. 說明：

本碼頭工程之流電陽極防蝕工程，係由甲方另案委交專業公司連工帶料責任施工。本章係以流電(犧牲)陽極法(Galvanic-Method System)用於鋼製港灣結構物防蝕處理之有關事項。本法係以電位較被防蝕體（鋼製港灣結構物）為低之金屬，在海水中利用兩者間電位差而產生之電流，以達防蝕之目的。本陰極防蝕工程施工之前，乙方應檢驗海水環境條件及防蝕電流密度，倘與原設計所假設之條件：海水比電阻 20 Ωcm，鋼管(板)樁防蝕電流密度海水中 150 mA/㎡，拋石中 75 mA/㎡ ，海土中 20 mA/㎡，不符時，由甲方重新提送設計圖後施工，其費用依實作數量計價。

2. 陽極材料：陽極材料採用鋁合金陽極塊。

鋁合金陽極之特性，詳見表 4。鋁合金陽極之組成百分率，詳見表 5.，廠商得自選其中一種配方製造。

表 4 鋁合金陽極之特性

項　　目	標　　準
陽極開路電位(-V)*	(S.C.E.)≧1.10 $Cu/CuSO_4$≧1.17 Ag/AgCl≧1.10
有效電壓(V)	0.25
理論發生電量(Ah/g)	2.90
電流效率(%)	＞90
有效電量(Ah/g)	＞2.60
消耗率(kg/A.Yr)	＜3.40
*：任選一種	

表 5 鋁合金陽極之組成百分率

種類	Zn	In	Sn	Mg	Cu	Fe	Si	Ca	Others	Al
1	0.05～10.0	0.005～0.05	＜0.02	1.0～3.0	＜0.01	＜0.13	＜0.1	＜0.02	＜0.02	餘數
2	1.0～10.0	0.01～0.04	0.005～0.15	0.1～6.0	＜0.01	＜0.1	＜0.08	0.005～0.05	＜0.02	餘數

註：Hg 及 Cd 均≦0.000，Others 係指 Other 之總和
(資料來源：高雄港務分公司)

3. 陽極及其附屬設備之裝設

3.1 流電陽極之裝設法

將陽極材料直接裝置於被防蝕體(鋼料)之表面。

3.2 施工要點：

3.3 防蝕設備及安裝：

A.為完成本項工作，乙方應責任施工，自行負責提供所需之一切船機、潛水、電銲(含水下)設備等。

B.乙方所提供陽極材料，須有原廠檢查報告書，並須符合表 A.及表 B.之規定。

C.陽極塊在鋼管(板)樁上之支撐鐵板得於陸上先行銲上，餘採用水中電銲法，將陽極按設計圖所示位置銲牢。水中焊接作業技術人員須具有水中焊接工作經驗並持有潛水伕資格之證明文件者。其固定骨材方式僅供參考，承包商得自行提出固定方式，並負保固之責任，經工程司同意後施作。

3.4 檢驗

A.表 6 陽極塊外觀尺寸及重量

表 6 陽極塊外觀尺寸及重量

	斷面尺寸	長度	重量
容許誤差	+不規定 −1mm	+不規定 −5mm	+不規定 −0.5%

註：外觀尺寸及重量不合格者，不得使用

(資料來源：高雄港務分公司)

B.陽極成份及分極特性之檢驗，應由乙方會同工程師，取樣送公立檢驗機構、學術機構或財團法人工業技術研究院工業材料研究所檢驗。陽極製品應依生產爐次順序編號，取樣數量以每 250 個陽極抽取一個，切割製作 20 公釐直徑試件 3 支，實施分極試驗，同組中有任何 1 支不合格，即判定為不合格製品，同屬該爐次製造之成品拒收。檢驗費用由乙方自行負責。

3.5 電位測定設備

A.電位測定用端子，依設計圖之規定辦理。

B.端子及固定用材料，應使用不銹鋼製品。

3.6 電銲施工要領

A.施工銲接時，電焊條採用鈦鐵礦系，適合水中及全位置焊接，符合 E4301 產品，焊條直徑 4 或 5 公厘。

B.所有陽極及測試裝置之銲接規格如次：

A)陽極部份

腳長：6mm 以上。

喉厚：4.2mm 以上。

長度：每端兩側各 140mm 以上。

B)測試裝置

長度：兩邊各 100mm 以上。

喉厚：3.5mm 以上。

C)允許誤差

鋼管(板)樁，其誤差在上下及左右方向均應在 10cm 以內

4. 驗收與計價

4.1 驗收

施工期間乙方必須提供水中照相，全部之陽極塊均需編號照相，拍攝內容包括鋼料表面清理、陽極定位、上下焊道等施工後實況，照片上應標示位置、編號以利查核並為驗收之用。倘由於海水污濁度造成照片不清，不能提供工程師查核驗收，則由甲方工程師指派潛水人員水中抽驗，惟其單價不變。

全部陽極安裝完竣經 4 星期後，乙方應會同工程師於指定位置測試電位，並作成紀錄提交工程師，作為判定防蝕效果之依據。防蝕效果之認定以防蝕電位為準，即各試點之電位必須小或等於飽和甘汞電極基準-770mV 或人工海水氯化銀電極基準-780mV 或飽和硫酸銅電極基準-850mV。若有任何一點未達防蝕電位，乙方應負全責查定原因並予補救，至工程師同意為止。

防蝕效果經工程師認定合格後本工程始認為完工。

本防蝕工程完工之日起三年內，乙方應會同甲方人員測試電位(測試位置同　條所述)，第一年內每三個月一次，翌年起每六個月一次，並作成紀錄提交甲方核備，若發現防蝕效果低落，而其原因為品質不良或因施工不佳導致失效或陽極脫落，則乙方應即無償重新換裝。

4.2 計價

流電陽極以安裝完竣之塊數或組數為單位計價，電位測試裝置以安裝完後之處數為單位計價。

上述工作項目之丈量與付款，應包括所有材料供給，人工、工具、船隻、電力、保險，及為完成該項工作之一切直接與間接費用均在內。

本工程較為特殊，陽極全部安裝完工後尚須測試三年，故其付款辦法，安裝完工測試合格時，甲方僅付給乙方本陰極防蝕工程總工程費之百分之九十，測試不合格，乙方應無償換新，所餘之百分之十則於整體工程驗收合格後付清，保固期內若發生 4.1 所述情況時，乙方應無償重新換裝。

D 鋼管樁包裹防蝕

1. 材料

(1)防蝕帶 (Marine Piling Tape 或同級品)

A.成份：鋼管樁潮差帶表面防蝕帶，採冷包型中性石油脂(Petrolatum)為基材，內襯化學合成纖維(Synthetic Fiber)製成。

B.厚度：平均 1.30 mm

C.重量：平均 1.62 kg/m^2

D.撕斷強度(Breaking Strength)：20 kg/50mm 寬或 10 kg/25mm 寬。

E.降伏延伸率：大於 10%

F.耐陰極電壓：雙層 15 KV 以上

G.黏著性：大於 1.0 kg/25mm 寬。

(2)保護面層 (Fiber-Glass Plastic FRP 保護套)

A.成份：FRP 之聚酯樹脂含量≦50%，玻璃纖維含量≧50%，其樹脂需符合 CNS 9715 之規定，而補強物需符合 CNS 7398、7401 及 8428 之規定。

B.厚度：3mm±0.1mm

C.軸向張力強度： 600 kg/cm^2 以上(ASTM D638)

D.環向張力強度：1400 kg/cm^2 以上(ASTM D2290)

2.施工程序

(1)表面清理

使用高壓水或鋼刷，將鋼管樁表面附著的蜆殼、剝落漆片、銹片，澈底除淨。

(2)依設計圖位置予鋼管樁上安設固定箍，並確實鎖緊。

(3)包覆防蝕帶

A.於固定箍上端之鋼管樁表面，塗佈防蝕底劑，其用量不得少於 400g/m^2。

B.自固定箍之上端開始向上纏繞防蝕帶，採取螺旋形纏繞方式進行，每圈之重疊寬度為防蝕帶寬度之 55%，亦即雙層包覆。

C.包覆防蝕帶時使用適當之拉力，一面纏繞並同時以手撫平施壓，以確保防蝕帶能緊貼鋼管表面，不得有水份與氣泡殘留。

D.兩卷防蝕帶搭接時，至少要有 15cm 的搭接長度。

(4)FRP 保護套組合及安裝

A.保護套採用 2mm 厚之 FRP 製成之。

B.兩片 FRP 對開，其寬度必須能確保將鋼管樁環繞一圈，沒有任何外露間隙且可以確實束緊為原則。

C. FRP 保護套之兩側，依圖示間距，分別預留螺栓孔。

D.以 50 mm 寬之自粘性 PVC 膠帶，將已包裹之防蝕帶先行固定。

E.FRP 保護套安裝時，應使其緊貼 PVC 帶面，而後使用螺栓、螺帽旋緊，不得有鬆脫之情況發生。

F.FRP 保護套之上部須焊以固定箍，並塗以防蝕材料，以防止 FRP 保護套受浪力而上下運動。

G.上端固定箍與梁底混凝土面間隙，依設計圖示，塗以高膜厚彈性防蝕被覆材料如 Mitseron B500 或同級品。

3. 計價

以每平方公尺計，單價包括所有材料、人工、機具和一切直接、間接費用等均屬之。