

108-024-7B15

MOTC-IOT-107- H1DA001f

港灣構造物維護策略與 管理系統之研究



交通部運輸研究所

中華民國 108 年 2 月

108-024-7B15

MOTC-IOT-107- H1DA001f

港灣構造物維護策略與 管理系統之研究

著者：柯正龍、黃宇謙

交通部運輸研究所

中華民國 108 年 2 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣構造物維護策略與管理系統之研究 / 柯正龍,
黃宇謙著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所,
民 108.02

面 ; 公分

ISBN 978-986-05-8402-8(平裝)

1.港埠管理 2.管理資訊系統

557

107023752

港灣構造物維護策略與管理系統之研究

著 者：柯正龍、黃宇謙

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)26587111

出版年月：中華民國 108 年 2 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：300 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

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

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

GPN：1010800100

ISBN：978-986-05-8402-8 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

108

港灣構造物維護策略與管理系統之研究

交通部運輸研究所

GPN : 1010800100

定價： 300 元

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣構造物維護策略與管理系統之研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-05-8402-8(平裝)	政府出版品統一編號 1010800100	運輸研究所出版品編號 108-024-7B15	計畫編號 MOTC-IOT-107-H1DA001f
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：朱金元 計畫主持人：柯正龍 研究人員：黃宇謙 參與人員：魏瓊蓉、何木火、陳義松、李春榮 聯絡電話：04-26587186 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 107 年 01 月 至 107 年 12 月
關鍵詞：現況調查、目視檢測、維護機制、港灣設施、資訊系統			
<p>摘要：</p> <p>臺灣地區港灣設施使用時間多已超過40年，為此，藉由現況調查及建立完善之檢測與維護機制，不僅能提早發現設施問題，在造成大規模損壞前予以補強，防範於未然，在平常的營運管理中，亦能避免或即時因應災難的發生，並達港埠永續經營之目的。</p> <p>本計畫研究項目包括：(1)研析臺中港現行維護管理機制；(2)馬祖港碼頭與防波堤岸上及水下調查；(3)馬祖港碼頭鋼板樁厚度檢測與防蝕效能評估；(4)港灣構造物維護管理系統功能擴充；(5)鋼構造物陰極防蝕工法。</p> <p>成果效益：</p> <ol style="list-style-type: none"> 在施政與實務上，除可提供連江縣港務處辦理港灣設施維護管理工作參考外，研究過程採用或建置完成之相關檢測方法、實施流程與成果，亦可提供國內港務單位、工程顧問公司等參用，另可作為本所後續相關研究之重要參據。 在經濟效益上，可藉由掌握碼頭劣化異狀，有效維護，減少資源浪費。 <p>提供政府單位應用情形：</p> <ol style="list-style-type: none"> 調查成果已建置於本所「港灣構造物維護管理系統」，可提供航港局、港務單位推動港灣構造物之維護管理政策規劃或實務執行使用。 建置之資料庫含各港圖文屬性資料，隨時可提供本所及港務單位研究分析、開發規劃之需用。 			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
108 年 2 月	232	300	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。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>限閱 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>（解密【限】條件：<input type="checkbox"/> 年 月 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密，<input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
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: Study on the Maintenance strategy and Management system of Harbor structures			
ISBN(OR ISSN) 978-986-05-8402-8(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010800100	IOT SERIAL NUMBER 108-024-7B15	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-107-H1DA001f
DIVISION: CENTER OF HARBOR & MARINE TECHNOLOGY DIVISION CHIEF: Chin-Yuan Chu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jeng-Long Ko PROJECT STAFF: Yu-Cian Huang PROJECT TECHNICIAN: C. L. Wei , M. H. He, Y. S. Chen,C. R. Lee PHONE:04-26587186 FAX:04-26564418			PROJECT PERIOD FROM: Jan. 2018 TO: Dec.2018
KEY WORDS: field surveying, visual inspecting ,maintenance mechanism, port facility			
Abstract: <p>Most Harbor wharves and embankments in Taiwan have been used for more than 40 years. Therefore, applying a good field surveying and maintenance mechanism, harbor structures deteriorated phenomena will be found at early stage. And enforced actions in advance can be taken before huge damages occurred and disasters could be prevented at normal ordinary operation and reaching sustainably.</p> <p>The study was focused on field inspection of wharves and embankments. Further surveying methods, processes, deteriorated evaluations and maintenance mechanism were also reviewed. The year tasks were completed as follow; (1) Analysis maintenance and management mechanism of Taichung Port. (2)Visual inspecting of wharf and embankment at Matsu port were done. (3)Piers and floating box thicknesses with their anti-corrosion efficiencies were evaluated at Fu-ao and Baisha ports (4)Expansion of port facility maintenance and management systems. (5) Cathodic protection method for steel structures.</p>			
Benefits of achievement:			
1.Achievements would provide authority and technical agency to deal with a policy of harbor structures maintenance. Relative inspecting methods and procedures used in the project would also be applied in the maintenance system and further study. 2.In economically, reducing budget was reached by efficient maintenance.			
Application:			
1.Field surveying results set up in harbor structures management and maintenance system at IHMT website would provide authority and relative units to apply in harbor facility maintenance policy. 2.Database and information of system could be adopted in relative studies and new ports developing planning.			
DATE OF PUBLICATION February. 2018	NUMBER OF PAGES 232	PRICE 300	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
圖目錄.....	VI
表目錄.....	XI
第一章 緒論.....	1-1
1.1 研究動機.....	1-1
1.2 研究目的.....	1-2
1.3 研究範圍.....	1-2
第二章 文獻回顧.....	2-1
2.1 港灣構造物之維護管理.....	2-1
2.1.1 國外港灣構造物目視檢測標準研析.....	2-1
2.1.2 國內碼頭與防波堤目視檢測標準研析.....	2-11
2.2 港灣構造物維護管理程序.....	2-20
2.2.1 港灣構造物巡查、檢測類型.....	2-20
2.2.2 港灣構造物構件編碼.....	2-22
2.2.3 港灣構造物目視檢測標準.....	2-26
2.2.4 港灣構造物初步安全評估與處置對策.....	2-28
2.3 維護管理系統優化及改善.....	2-38
第三章 研究方法與步驟.....	3-1
3.1 構造物基本及檢測維修資料蒐集.....	3-1
3.1.1 構造物基本資料蒐集.....	3-1
3.1.2 檢測與維修歷史資料蒐集.....	3-2
3.2 岸上目視調查.....	3-2

3.3 水下目視調查.....	3-2
3.3.1 重力式碼頭與防波堤水下目視調查.....	3-2
3.3.2 棧橋式碼頭面版底版目視調查.....	3-2
3.3.3 棧橋式碼頭基樁目視調查.....	3-3
3.3.4 棧橋式碼頭護坡目視檢測.....	3-3
3.4 鋼構造物檢測.....	3-3
3.4.1 鋼板（管）樁厚度檢測.....	3-3
3.4.2 防蝕系統效能檢測.....	3-5
3.5 精進維護管理系統.....	3-7
3.6 港灣鋼構造物陰極防蝕工法.....	3-7
第四章 結果與討論.....	4-1
4.1 臺中港維護策略與管理機制.....	4-1
4.1.1 經常巡查.....	4-1
4.1.2 定期檢測.....	4-2
4.1.3 特別巡查.....	4-2
4.2 臺中港碼頭使用現況及安全評估.....	4-2
4.3 馬祖港區現況調查.....	4-4
4.3.1 馬祖港5碼頭區基本資料調查.....	4-4
4.3.2 碼頭與防波堤經常巡查.....	4-31
4.3.3 基樁與浮箱鋼材現況調查.....	4-34
第五章 港灣鋼構物陰極防蝕工法.....	5-1
5.1 港灣鋼構物之陰極防蝕.....	5-1
5.1.1 外加電流法.....	5-1
5.1.2 犧牲陽極法.....	5-1
5.1.3 陰極防蝕之設計.....	5-3

5.2 陰極防蝕系統使用材料及設備需求.....	5-9
5.2.1 犧牲陽極材料.....	5-9
5.2.2 外加電流式之陽極材料.....	5-10
5.2.3 參考電極.....	5-11
5.2.4 整流器.....	5-11
5.2.5 導線.....	5-11
5.2.6 數位伏特計.....	5-12
5.3 陰極防蝕安裝標準程序.....	5-12
5.3.1 犧牲陽極式之安裝.....	5-12
5.3.2 外加電流式之安裝.....	5-13
5.4 陰極防蝕驗收標準程序.....	5-16
5.4.1 陰極防蝕保護標準.....	5-16
5.5 陰極防蝕系統之操作與維護管理.....	5-17
5.5.1 系統操作.....	5-17
5.5.2 系統維護管理.....	5-17
5.6 國內外防蝕工程實際案例介紹.....	5-19
第六章 結論與建議.....	6-1
6.1 結論.....	6-1
6.2 建議.....	6-2
6.3 成果效益與應用.....	6-3
6.4 提供政府單位應用情形.....	6-3
參考文獻.....	參-1
附錄一 碼頭經常巡查、定期檢測與特別巡查表.....	附錄 1-1
附錄二 期末審查意見及辦理情形說明表.....	附錄 2-1
附錄三 期末報告簡報資料.....	附錄 3-1

圖目錄

圖 2.1 服務年限內成本/效益比最大化的維護管理方法示意圖	2-7
圖 2.2 基隆港西防波堤經常巡查資料新增頁面.....	2-19
圖 2.3 基隆港西防波堤 2011/05/10 高程測量資料	2-20
圖 2.4 港灣構造物維護管理程序.....	2-21
圖 2.5 碼頭單元編碼方式.....	2-23
圖 2.6 重力、板樁式碼頭構件拆解.....	2-23
圖 2.7 重力、板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式圖示.....	2-24
圖 2.8 浮動碼頭側視圖示意.....	2-25
圖 2.9 浮動碼頭俯視圖示意.....	2-25
圖 2.10 浮動碼頭構件拆解.....	2-25
圖 2.11 港灣構造物構件維修排序程序.....	2-28
圖 2.12 整體構造物評估說明.....	2-29
圖 2.13 港灣構造物年度維修處置對策程序.....	2-30
圖 2.14 帳號設定畫面.....	2-38
圖 2.15 帳號列表.....	2-39
圖 2.16 GIS 方式選擇港口	2-39
圖 2.17 港口基本資料.....	2-39
圖 2.18 檢視碼頭設施及單元資料畫面.....	2-40
圖 2.19 以 GIS 方式點選設施畫面	2-40
圖 2.20 以彈出視窗方式顯示資料.....	2-40
圖 2.21 以 GIS 方式新增檢測資料	2-41
圖 2.22 以列表方式填寫檢測資料.....	2-41
圖 2.23 經查巡查 A 表	2-42

圖 2.24 經常巡查 B 表	2-42
圖 2.25 上傳檔案資料	2-42
圖 2.26 檢視巡查紀錄	2-43
圖 2.27 定期檢測劣化紀錄	2-43
圖 2.28 新增未檢測項目設定頁面	2-43
圖 2.29 定期檢測劣化列表	2-44
圖 2.30 特別檢測表	2-44
圖 2.31 特別檢測列表	2-44
圖 2.32 儀器檢測填寫畫面	2-45
圖 2.33 儀器檢測列表	2-45
圖 2.34 檢測照片	2-45
圖 2.35 檢測檔案	2-46
圖 2.36 批次上傳	2-46
圖 2.37 上傳預覽	2-46
圖 2.38 填寫維修紀錄	2-47
圖 2.39 編輯維修紀錄	2-47
圖 2.40 新增檢測維修紀錄	2-48
圖 2.41 填寫維修資料	2-48
圖 2.42 上傳維修檔案	2-48
圖 2.43 查詢維修紀錄	2-49
圖 2.44 查詢維修紀錄結果	2-49
圖 2.45 維修排序搜尋頁面	2-49
圖 2.46 維修排序搜尋結果	2-50
圖 2.47 已維修構件搜尋	2-50
圖 2.48 已維修構件列表	2-50

圖 2.49 新增圖文資料頁面	2-51
圖 2.50 圖文資料下載頁面	2-51
圖 3.1 研究流程圖	3-1
圖 3.2 測厚儀量測之示意圖	3-4
圖 3.3 防蝕效果的判定方法	3-5
圖 3.4 電位量測示意圖	3-6
圖 3.5 陽極尺寸量測示意圖	3-7
圖 4.1 臺中港碼頭位置圖	4-1
圖 4.2 福澳碼頭區平面圖	4-5
圖 4.3 福澳碼頭區北防波堤標準斷面圖	4-6
圖 4.4 福澳碼頭區 1 號(#1)碼頭標準斷面圖	4-7
圖 4.5 福澳碼頭區 2 號(#2)碼頭標準斷面圖	4-8
圖 4.6 福澳碼頭區 S3 0K+000~0K+080 碼頭標準斷面圖	4-8
圖 4.7 福澳碼頭區 S3 0K+080~0K+150 碼頭標準斷面圖	4-9
圖 4.8 福澳碼頭 E1 0K+150~0K+182 碼頭標準斷面圖	4-9
圖 4.9 福澳碼頭區碼頭及防波堤現況	4-11
圖 4.10 白沙碼頭區平面圖	4-12
圖 4.11 白沙碼頭區北防波堤標準斷面圖	4-12
圖 4.12 白沙碼頭區南防波堤標準斷面圖	4-13
圖 4.13 白沙碼頭區南碼頭標準斷面圖	4-14
圖 4.14 白沙碼頭區北碼頭標準斷面圖	4-14
圖 4.15 白沙碼頭區淺水碼頭標準斷面圖	4-15
圖 4.16 白沙碼頭區碼頭及防波堤現況	4-16
圖 4.17 青帆碼頭區平面圖	4-16
圖 4.18 青帆碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖	4-17

圖 4.19 青帆碼頭區內堤兼碼頭標準斷面圖.....	4-18
圖 4.20 青帆碼頭區碼頭及防波堤現況.....	4-19
圖 4.21 猛澳碼頭區平面圖.....	4-20
圖 4.22 猛澳碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖.....	4-21
圖 4.23 猛澳碼頭區碼頭及防波堤現況.....	4-22
圖 4.24 中柱碼頭區平面圖.....	4-23
圖 4.25 中柱碼頭區西突堤碼頭標準斷面圖.....	4-24
圖 4.26 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖.....	4-24
圖 4.27 中柱碼頭區碼頭及防波堤現況.....	4-25
圖 4.28 福澳碼頭區浮動碼頭位置圖.....	4-26
圖 4.29 福澳碼頭區浮動碼頭平面配置與側視圖.....	4-27
圖 4.30 福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭配置詳圖.....	4-27
圖 4.31 白沙碼頭區浮動碼頭位置圖.....	4-28
圖 4.32 白沙碼頭區浮動碼頭立面圖.....	4-28
圖 4.33 馬祖港浮動碼頭基樁與陽極塊安裝詳圖.....	4-29
圖 4.34 馬祖港浮動碼頭浮箱詳圖(以福澳碼頭區 F1 為例).....	4-29
圖 4.35 馬祖港浮動碼頭浮箱固定器詳圖.....	4-30
圖 4.36 馬祖港浮動碼頭浮箱附屬設施詳圖(以福澳碼頭區 F1 為例)	4-30
圖 4.37 福澳碼頭區 F1 及 F2 浮動碼頭基樁腐蝕速率與水深之關係	4-54
圖 4.38 福澳碼頭區浮動碼頭 E 區平台基樁腐蝕速率與水深之關係	4-55
圖 4.39 白沙碼頭區浮動碼頭基樁腐蝕速率與水深之關係.....	4-58
圖 5.1 碼頭鋼板(管)樁施加外加電流式防蝕之簡示圖.....	5-2

圖 5.2 碼頭鋼板(管)樁施加犧牲陽極式防蝕之簡示圖	5-2
圖 5.3 海水中鋼樁長度計算示意圖	5-3
圖 5.4 電位量測示意圖	5-15
圖 5.5 外加電流式之安裝示意圖	5-15
圖 5.6 剩餘陽極形狀尺寸計算	5-19
圖 5.7 鋼板樁犧牲陽極配置示意圖	5-22
圖 5.8 鋼管(板)樁犧牲陽極配置示意圖	5-28

表 目 錄

表 2-1 棧橋一般檢查診斷之項目與判定基準	2-2
表 2-2 披覆防蝕之一般檢查診斷之方法與劣化程度判定標準	2-3
表 2-3 下部結構詳細診斷之項目與檢測標準	2-4
表 2-4 日本重力式碼頭目視檢測標準說明	2-5
表 2-5 日本板樁式碼頭目視檢測標準說明	2-6
表 2-6 日本初級評估及二次詳檢之檢測項目及方法	2-8
表 2-7 覆面層(覆面塊體)評估分級指標	2-9
表 2-8 胸牆劣化評估分級指標	2-9
表 2-9 堤頂評估分級指標	2-10
表 2-10 堤前坡評估分級指標	2-10
表 2-11 堤後坡評估分級指標	2-11
表 2-12 基礎評估分級指標	2-11
表 2-13 國內文獻成果彙整	2-12
表 2-14 重力式碼頭目視檢測標準	2-14
表 2-15 板樁式碼頭目視檢測標準	2-15
表 2-16 附屬設施目視檢測標準	2-17
表 2-17 防波堤各構件劣化目視巡查標準	2-17
表 2-18 檢測作業種類比較	2-22
表 2-19 重力與板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式說明	2-23
表 2-20 浮動碼頭各構件劣化目視巡查標準	2-26
表 2-21 重力式碼頭權重	2-29
表 2-22 板樁式碼頭權重	2-29
表 2-23 碼頭附屬設施權重	2-29

表 2-24 重力式碼頭劣化異狀與處置對策	2-31
表 2-25 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策	2-33
表 2-26 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策	2-36
表 2-27 防波堤劣化異狀與處置對策	2-36
表 4-1 臺中港經常巡查項目與內容	4-2
表 4-2 臺中港 20 年以上之棧橋式碼頭評估結果	4-3
表 4-3 福澳碼頭區碼頭基本資料	4-7
表 4-4 白沙碼頭區碼頭基本資料	4-13
表 4-5 青帆碼頭區碼頭基本資料	4-17
表 4-6 猛澳碼頭區碼頭基本資料	4-20
表 4-7 中柱碼頭區碼頭基本資料	4-23
表 4-8 福澳與白沙碼頭區浮動碼頭資本資料	4-26
表 4-9 馬祖港五碼頭區經常巡查結果	4-32
表 4-10 福澳碼頭區浮動碼頭基樁保護電位檢測結果	4-35
表 4-11 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱保護電位檢測結果	4-36
表 4-12 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁保護電位檢測結果	4-37
表 4-13 白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱保護電位檢測結果	4-38
表 4-14 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-39
表 4-15 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-40
表 4-16 福澳碼頭區 E 區平台基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-41
表 4-17 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果	4-42
表 4-18 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-43
表 4-19 白沙碼頭區浮動碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-44
表 4-20 白沙碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果	4-45
表 4-21 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 基樁厚度檢測結果	4-46

表 4-22 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 基樁厚度檢測結果	4-48
表 4-23 澳碼頭區浮動碼頭 E 區平台基樁厚度檢測結果	4-50
表 4-24 福澳碼頭區浮動碼頭基樁腐蝕速率	4-53
表 4-25 白沙碼頭區浮動碼頭基樁厚度檢測結果	4-56
表 4-26 白沙碼頭區浮動碼頭基樁腐蝕速率	4-58
表 4-27 福澳碼頭區 F1 浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果	4-59
表 4-28 福澳碼頭區 F2 浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果	4-61
表 4-29 白沙碼頭區浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果	4-63
表 5-1 國產鋁合金陽極材料之電氣特性	5-10
表 5-2 外加電流式陽極材料性能(日製產品)	5-10
表 5-3 各類型參考電極之電位換算	5-11
表 5-4 海水中鋼構造物之防蝕保護電位標準	5-17
表 5-5 含氧/厭氧環境之防蝕電位標準	5-17
表 5-6 水深與陽極配置數量	5-28
表 5-7 鋼板樁岸壁構造與浸漬環境之基本資料	5-30
表 5-8 所需要之防蝕保護面積	5-31
表 5-9 所需要之防蝕電流	5-31
表 5-10 陽極設置之數量	5-33

第一章 緒論

1.1 研究動機

維護管理機制其主要目的為確保構造物使用安全及延長其使用年限，以往公共工程與重要設施大都較注重興建，或發現嚴重問題後才開始想進行全面修護，對於日常之調查維護作業，經常僅編列少數或無維護經費，故其維護效益甚低至無，設施任其持續劣化終致損壞，最後淪為不能使用之命運。如何將現有之設施達到最有效率之使用，避免修護及龐大重建經費之耗費外，其營運停頓造成之損失更難以估計。為此，構造物維護管理機制之建立，必為未來各項工程領域刻不容緩之課題，方能達成其永續經營。

相較於其他社會基礎公共設施，港灣設施處在較為嚴苛的自然環境下，因為材料的老劣化與構件損傷等因素，使用期間經常發生性能降低的狀況。港灣構造物之維護管理當然不應自外於主流趨勢。因應世界潮流與營建主流趨勢，未來國內公共工程等構造物，其維護管理所佔之權重，將比興建或全面維修更形重要。審計部交通建設審計處亦於 105 年審核通知交通部：「請允應督促臺灣港務公司妥適應用系統功能，並儘速建立維護管理機制，以提升港灣構造物維護效能及確保碼頭使用安全」。

由於臺灣地區港灣設施使用時間多已超過 40 年，建立其檢測與安全評估等維護管理機制，實為未來刻不容緩之課題，方能達到港埠永續經營之目的。為此，本所(交通部運輸研究所)於 102 至 103 年除已完成制訂港灣構造物目視檢測標準、研擬檢測程序與手冊、實作模擬訓練及安全評估等工作外，完成花蓮、基隆、蘇澳、臺北與金門、馬祖港等全港區碼頭及防波堤之巡查作業，初步建置花蓮港及基隆港之「港灣構造物維護管理系統」，撰寫系統使用手冊，提供相關港務公司參用，為精進及擴充港灣構造物維護管理系統，持續改善舊有系統操作功能及使用上的便利性，本所並於 106 年度辦理系統改善工作，針對各個

模組進行功能擴充跟調整，並因應加強訊息傳達互動以及使用者意見回饋，新增系統公告與留言模組。此外，為擴充圖文資料更加完整呈現系統資料，也加入圖文管理模組，期能提供港務管理單位實務應用。

依據「國家科學技術發展計畫」(民國 106 年至 109 年)交通部科學技術發展目標：(1)目標三-「研發港埠、橋梁及山區道路災害防救科技，以提升港埠及道路運輸效能」。(2)目標四-「推動現代化海象觀測技術，研發綠色港埠新技術，提升航行安全及港埠營運效率與品質，促進臺灣港埠永續發展」，如何提升港灣設施維護、管理與安全等為本研究之主要目的。

本研究原規畫主要針對臺中港及國內其他商港之碼頭與防波堤等港灣設施，進行鋼筋混凝土及鋼構造物之現況調查與檢測評估，並研擬維修工法，以滾動式及系統化方式，持續增建或精進落實維護管理制度、系統及手冊等，以利於構造物邁向檢測及管理自動化作業，提供未來設計與維護之參考依據。因臺灣港務公司 107-110 年委託本所辦理「各國際及國內商港港灣構造物維護管理計畫」，其中臺中港部分將先彙整研析現行維護管理機制與目前成果，現況調查與維護管理系統另於 108 年辦理，考量國內其他商港實務需要，故本年度並選定連江縣馬祖港 5 個碼頭區之碼頭及防波堤為研究對象，彙整研析及調查結果詳述於後續章節。

1.2 研究目的

本研究擬藉由研擬港灣構造物維護策略與持續精進擴充維護管理資訊系統功能，並藉由進行碼頭與防波堤現況調查之安全檢測，期能提供港務單位參考，建立平時定期或特殊狀況之巡查檢測與維修機制，儘早發現構造物混凝土劣化或內部鋼筋腐蝕狀況，減少構造物因環境因素或天然災害所造成更大之損壞。

1.3 研究範圍及項目

本計畫研究範圍為臺中港及馬祖港之碼頭與防波堤，研究項目包括：(1)研析臺中港現行維護管理機制；(2)馬祖港碼頭與防波堤岸上及水下調查；(3)馬祖港碼頭鋼板樁厚度檢測與防蝕效能評估；(4)港灣構造物維護管理系統功能擴充；(5)港灣鋼構造物陰極防蝕工法。

第二章 文獻回顧

2.1 港灣構造物之維護管理

交通建設等重大公共工程建設，主要採用材料為鋼筋混凝土與鋼板(管)樁，材料雖甚具耐久性，但受使用環境(諸如腐蝕性的環境)及超負載等因素之影響，結構甚易受到損壞，其耐久性與安全性必須重視。

針對國內港灣構造物是否安全堪用，必需明確的瞭解，俾採必要之防範措施，基於此一要求，急需進行結構物安全評估工作，國外針對新舊結構物均有建立結構檢測方法及完善評估制度，使結構物達到安全，經濟、有效益之維護，增長使用壽命之目的。國內雖已有初步之成果，然為建立本土化之結構物評估制度，港灣構造物安全檢查評估之研究確有其必要性。

結構物之維修是為確保安全，使用功能及延長使用年限，以往我國工程與設施較注重興建，或全面維修，對於平常之維護均認為是例行公事，僅編列少數維護經費，做低效益、無專業技術之表面粗淺之維護工作。而英、美、日等先進國家則均依環境腐蝕特性，規劃一套完整之維護計劃，不但使維護經費做最有效之運用，並可杜絕龐大維護費用之浪費，且對人、社會及環境造成最低之衝擊，因此需建立一套完善的港灣構造物維護管理制度。

2.1.1 國外港灣構造物目視檢測標準研析^[1-8]

1. 碼頭目視檢測標準

- (1)日本港灣空港技術研究所—棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究：此研究僅針對棧橋式結構進行目視檢測標準之訂定，其依結構特性分為上、下部結構。檢測類型分為一般與詳細檢查，檢測標準中，一般檢查除將上部結構下面部與上側面部、鋼管樁檢測標準進行描述外，亦特別針對防蝕披覆部分之檢

視方法進行說明，相關說明如表 2-1 至表 2-3 所示。

表 2-1 棧橋一般檢查診斷之項目與判定基準

檢查項目		檢查方法	判定基準		
上部工	混凝土劣化損傷	目視 1.裂縫、剝離、損傷。 2.鋼筋腐蝕。 3.劣化徵兆。	a	<input type="checkbox"/> 繫船岸之性能損毀。	
			b	<input type="checkbox"/> 產生 3 mm 以上裂縫。 <input type="checkbox"/> 大範圍的鋼筋露出。	
			c	<input type="checkbox"/> 產生 3 mm 以下裂縫。 <input type="checkbox"/> 局部的鋼筋露出。	
			d	<input type="checkbox"/> 無異狀。	
鋼管樁	鋼材腐蝕、龜裂、損傷(設置防蝕措施)	目視 1.是否有穿孔。 2.水面上之鋼材腐蝕。 3.表面損傷狀況。	a	<input type="checkbox"/> 因腐蝕之開孔與變形，或其他損傷。	
			b	<input type="checkbox"/> 低水位線(L.W.L.)附近發生孔蝕。 <input type="checkbox"/> 全體性之鏽蝕情況。	
			c	<input type="checkbox"/> 部分之鏽蝕情況。	
			d	<input type="checkbox"/> 可見鏽蝕或開孔等損傷。	
	防蝕披覆	塗裝	目視 1.劣化比率。	a	<input type="checkbox"/> 劣化面積 10 % 以上。
				b	<input type="checkbox"/> 劣化面積介於 0.3 %~10 %。
				c	<input type="checkbox"/> 劣化面積介於 0.03 %~0.3 %。
				d	<input type="checkbox"/> 劣化面積小於 0.03 %。
	防蝕披覆	有機、凡士林、砂漿、金屬等披覆	目視 1.鋼材之腐蝕與露出。 2.披覆材料損傷。 3.保護材料狀況。	a	<input type="checkbox"/> 鋼材露出，並產生鏽蝕。
				b	<input type="checkbox"/> 披覆材已損傷達鋼材。 <input type="checkbox"/> 保護材料損失。
				c	<input type="checkbox"/> 披覆材未損傷達鋼材。 <input type="checkbox"/> 保護材料損壞。
				d	<input type="checkbox"/> 無異狀。

資料來源：港灣空港技術研究所^[1]

表 2-2 披覆防蝕之一般檢查診斷之方法與劣化程度判定標準

防蝕披覆之種類	檢查方法	判定標準	
塗裝	目視 1.鏽蝕、塗膜鼓起、破損、剝落。 2.劣化比率。	a	<input type="checkbox"/> 廣範圍的鏽蝕與鼓起。 <input type="checkbox"/> 鏽蝕伴隨著廣範圍的裂縫。 <input type="checkbox"/> 劣化面積 10 % 以上。
		b	<input type="checkbox"/> 大範圍的鏽蝕與鼓起。 <input type="checkbox"/> 廣範圍的發生鏽蝕與剝落。 <input type="checkbox"/> 劣化面積介於 0.3 %~10 %。
		c	<input type="checkbox"/> 散佈著鏽蝕與鼓起。 <input type="checkbox"/> 最後一層的塗料剝落與裂縫散佈。 <input type="checkbox"/> 劣化面積介於 0.03 %~0.3 %。
		d	<input type="checkbox"/> 無顯著的異狀。 <input type="checkbox"/> 劣化面積小於 0.03 %。
有機披覆	目視 1.鏽蝕、塗膜鼓起、破損、剝落。	a	<input type="checkbox"/> 披覆脫落嚴重鋼材露出並產生鏽蝕。
		b	<input type="checkbox"/> 一部份披覆脫落達鋼材，並產生部分鏽蝕。
		c	<input type="checkbox"/> 披覆零星脫落，且未達鋼材。
		d	<input type="checkbox"/> 無初期異狀。
礦脂披覆	目視 1.保護層剝落、龜裂、變形與剝離。 2.螺栓、螺帽腐蝕與脫落。	a	<input type="checkbox"/> 礦脂披覆脫落，鋼材表面鏽蝕。
		b	<input type="checkbox"/> 礦脂披覆龜裂。 <input type="checkbox"/> 螺栓或螺帽腐蝕。
		c	<input type="checkbox"/> 礦脂披覆白化。 <input type="checkbox"/> 披覆表面出現細微裂縫。 <input type="checkbox"/> 螺栓、螺帽與橡膠材鬆脫。
		d	<input type="checkbox"/> 無初期異狀。
水泥漿披覆	目視 1.砂漿脫落與發生裂縫、剝離(無保護層)。 2.保護層脫落、龜裂、變形(有保護層)。 3.螺絲腐蝕與脫落。	a	<input type="checkbox"/> 水泥砂漿水泥硬化脫落，鋼材外露腐蝕。
		b	<input type="checkbox"/> 裂縫寬度增大，小部分的披覆脫落，並有鏽水流出。 <input type="checkbox"/> 保護層損失，並有鏽水流出。
		c	<input type="checkbox"/> 披覆表面產生細微裂縫。
		d	<input type="checkbox"/> 無初期異狀。
金屬披覆	目視 1.鏽蝕、損傷與脫落。	a	<input type="checkbox"/> 鋼材表面鏽蝕並產生剝離。
		b	<input type="checkbox"/> 披覆材出現腐蝕現象，並很快會達到鋼材主體。
		c	<input type="checkbox"/> 披覆材小範圍損傷，但無腐蝕現象。
		d	<input type="checkbox"/> 無初期異狀。

資料來源：港灣空港技術研究所^[1]

表 2-3 下部結構詳細診斷之項目與檢測標準

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

資料來源：港灣空港技術研究所^[1]

表 2-4 日本重力式碼頭目視檢測標準說明

檢查項目		檢查方法	判定基準	
岸壁 法線	凹凸、落 差	目視移動量	a	相鄰的沈箱間距 20 cm 以上之凹凸。
			b	相鄰的沈箱間距 10~20 cm 之凹凸。
			c	上述以外之場合，相鄰沈箱凹凸未滿 10 cm。
			d	無異狀。
沈箱	混 凝 土 劣 化 損 傷	目視 1.裂縫、剝落 損傷。 2.鋼筋露出。	a	沈箱內部土砂流出，裂縫與破損。
			b	複數方向 3 mm 之裂縫，且鋼筋露出。
			c	一方向 3 mm 之裂縫，局部鋼筋露出。
			d	無異狀。
岸 肩	沈陷	目視	a	重力式主體背後土砂流出。 重力式主體背後岸肩沈陷。
			b	重力式主體顯著開裂。
			c	重力式主體輕微開裂。
			d	無異狀。
	混 凝 土 與 瀝 青 鋪 面 落 差、裂 縫	目視 1. 落 差、凹 凸、裂 縫。	a	可導致車輛行走危險之落差、沈陷、車轍、 裂縫。15 mm 以上之落差、50 mm 以上之 凹凸、10 mm 以上之車轍、3 mm 以上之裂 縫。
			b	10~15 mm 之落差、20~50 mm 之凹凸、未 滿 3 mm 之裂縫。
			c	未滿 10 mm 之落差、未滿 20 mm 之凹凸、 未滿 10 mm 之車轍、微小之裂縫。
			d	無異狀。
海 底 地 盤	掏 刷 與 土 砂 堆 積	潛水調查、水 深測量	a	岸壁前深 1 m 以上之掏刷。
			b	岸壁前深 0.5~1 m 以上之掏刷。
			c	岸壁前深未滿 0.5 m 之掏刷。
			d	無異狀。

資料來源：國土技術政策綜合研究所^[3]

表 2-5 日本板樁式碼頭目視檢測標準說明

檢查項目		檢查方法	判定基準	
岸壁 法線	凹凸、 落差	目視移動量	a	相鄰的沈箱間距 20 cm 以上之凹凸。
			b	相鄰的沈箱間距 10~20 cm 之凹凸。
			c	上述以外之場合，相鄰沈箱凹凸未滿 10 cm。
			d	無異狀。
板樁 防蝕	保護層	目視、潛水調查 1.鋼材腐蝕露出。 2.保護層狀態。	a	鋼材露出，鏽蝕發生。
			b	保護層發生顯著剝落，鋼材損傷。
			c	保護層發生輕微剝落，鋼材損傷。
			d	無異狀。
岸肩	沈陷	目視	a	重力式主體背後土砂流出。 重力式主體背後岸肩沈陷。
			b	重力式主體顯著開裂。
			c	重力式主體輕微開裂。
			d	無異狀。
	混凝土 與瀝青 鋪面落 差、裂 縫	目視 1.落差、凹凸、 裂縫。	a	混凝土鋪面裂縫比率為 2 m/m ² 。 瀝青混凝土鋪面裂縫率 30 % 以上。
			b	混凝土鋪面裂縫比率為 0.5~2 m/m ² 。 瀝青混凝土鋪面裂縫率 20~30 % 以上。
			c	可見若干裂縫
			d	無異狀。
海底 地盤	掏刷與 土砂堆 積	潛水調查、水 深測量	a	岸壁前深 1 m 以上之掏刷。
			b	岸壁前深 0.5 m~1 m 以上之掏刷。
			c	岸壁前深未滿 0.5 m 之掏刷。
			d	無異狀。

資料來源：國土技術政策綜合研究所^[3]

2. 防波堤目視檢測標準

由於日本防波堤結構與臺灣較為相似，且有完整的檢測評估方法，因此本小節將就日本農林水產省農村振興局防災課及國土交通省港灣局海岸防災課等共同研擬之海岸保護設施維護管理手冊之評估內容予以詳細說明，其管理策略及量化檢測觀念，可供臺灣海堤維護管理機關參考。

日本海岸保護設施維護管理，是以生命週期管理(Life cycle

management, LCM)的概念進行，由掌握沿海保護設施之老劣化及功能降低的狀況，來執行設施在服務年限內成本/效益比最大化的維護管理。如圖 2.1 所示，若設施尚未破壞至必須更新重作的狀況即加以修補，雖在使用年限內修補次數較多，但累積總費用卻較低。

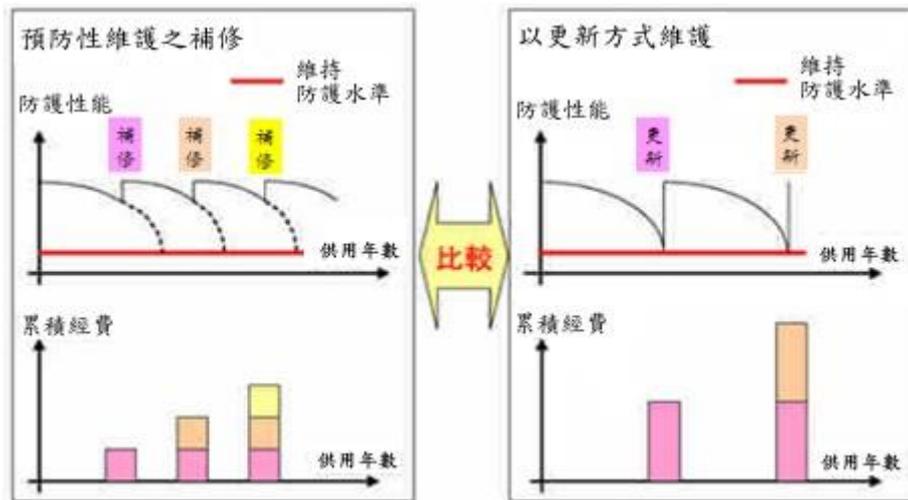


圖 2.1 服務年限內成本/效益比最大化的維護管理方法示意圖

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[4]

為達成預防性維護目標，該手冊亦提出完整的對策：首先對海堤構造物作初始外觀檢視(初步檢查)，過濾出劣化部位，再實施二次詳細檢測，最後對檢測結果之破壞程度作評估及分級，決定維護修補策略。

初步檢查是以目視法檢查方式快速記錄構造物各部位是否有劣化，而二次詳檢的目的，在確認劣化位置、劣化範圍、及詳細劣化程度。二次詳檢基本檢測的檢測標的部位及項目如表 2-9 所示，檢測時是以尺、裂縫尺、鐵鎚等簡單儀器量測劣化範圍及程度。為能確實檢查到二次詳檢要求的檢查項目，或是探究劣化成因，須以特殊器具或試驗方法做二次詳檢，其檢測標的及檢測項目亦顯示於表 2-6。舉例而言，前方海底對地盤的掏刷及基礎破壞可能需要以潛水調查，或以雷達探查堤體內部是否有掏空狀況。二次詳檢的結果將做為劣化程度的分級評估的依據，依照各檢查部位所列檢查項目分別評估，由嚴重至輕微分為 A 至 D 級。其中在檢查項目標示為灰階底色部分，是與海堤受波浪掏刷、衝擊或越波時所造成之連鎖劣化反應相關，最後可能導

致潰堤，其他部分與材料老劣化關係可能較大。海堤堤頂、堤前坡、堤後坡與基礎之評估分級指標如表 2-6 至表 2-12 所示。

表 2-6 日本初級評估及二次詳檢之檢測項目及方法

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

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[4]

表 2-7 覆面層(覆面塊體)評估分級指標

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

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[4]

表 2-8 胸牆劣化評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢 測項目	裂縫	裂縫貫穿至背 面、產生超過 5 mm 寬度龜裂	產生數條多 向且寬度數 mm 之裂 縫，但未貫 穿牆體	產生單向寬 度超過數 mm 未貫穿 牆體	產生寬度 1 mm 以下的 裂縫
	剝離、損傷	發生大範圍且 深層的剝離損 傷	發生淺層至 深層的剝離 損傷	大範圍表面 剝離損傷	僅產生小範 圍的剝離損 傷
	鋼筋腐蝕	有明顯的浮 銹，整體鋼筋斷 面積有減少	有許多浮 銹，鋼筋表 面可看到大 範圍的鏽蝕	表面有許多 的銹痕，推 測內部大範 圍的鋼筋腐 蝕	見到部分銹 痕及點蝕
	接縫、施工 縫位移	有傾倒或嚴重 破損情形	由於位移使 得接縫變 大。接縫有 滲水現象。	有接縫開裂 但沒有滲水 現象。	接縫處稍有 位移，僅看 到段差及開 裂。

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[4]

表 2-9 堤頂評估分級指標

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

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[4]

表 2-10 堤前坡評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本 檢測 項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5 mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1 mm 以下的裂縫
	沈陷、陷落	混凝土陷落	堤內砂土沈陷造成表面凹陷	—	看見部分凹陷
	接縫、施工縫位移	接縫背後砂土滲出	接縫有劣化狀況但無砂土滲出	—	接縫處有微小偏差，僅看到段差及開裂
	剝離、損傷	發生大範圍且深層的剝離損傷	發生淺層至深層的剝離損傷	大範圍表面剝離損傷	僅產生小範圍的剝離損傷
	鋼筋腐蝕	有明顯的浮鏽，整體鋼筋斷面積有減少	有許多浮鏽，鋼筋表面可看到大範圍的鏽蝕	表面有許多鏽痕，推測內部大範圍的鋼筋腐蝕	見到部分鏽痕及點蝕

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[4]

表 2-11 堤後坡評估分級指標

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

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[4]

表 2-12 基礎評估分級指標

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

資料來源：日本國土交通省港灣局海岸防災課^[4]

2.1.2 國內碼頭與防波堤目視檢測標準研析

國內目視檢測標準以橋梁設施較為完備，亦有相關規範可依循。其標準依結構劣化情形「嚴重程度(Degree)」、「範圍(Extend)」、「對設施結構安全性與服務性之影響(Relevancy)」與「維修急迫性

(Urgency)」，稱為 D.E.R.&U.評估法。港灣構造物目視檢測評估標準相關研究初期亦參考此法進行評估，包括：交通部 89-90 年委託中山大學之「港灣構造物安全檢測與評估之研究」；運輸研究所於 93-94 年委託臺灣海洋大學「港灣構造物維護管理準則之研究」、99 年「高雄港港灣防波堤維護管理系統建置之研究」、97 年委託財團法人臺灣營建研究院之「基隆港西 2 至西 4 號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究」、99 年「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」、100~103 年「港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)~(4/4)」、102 年「花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置」、103 年「金門港區港灣構造物維護管理系統建置與安全評估之研究」、106 年日蝕科技公司「花蓮港港灣構造物維護管理系統之優化與擴充作業」與 95 年前高雄港務局「港灣設施維護管理制度委託研究建置工作」等，國內研究文獻成果彙整，如表 2-13 所示。

表 2-13 國內文獻成果彙整

編號	研究題目	研究成果
1	港灣構造物安全檢測與評估之研究 ^[9-10]	採用 D.E.R.&U.評估方式，但僅針對各構件劣化現象的劣化程度(D 值)予以羅列，並未針對 E、R 與 U 值之相關狀況予以說明。
2	港灣構造物維護管理準則之研究 ^[11-12]	亦採用 D.E.R.&U.評估方式，惟各劣化等級標準僅列出劣化程度(D 值)與維修急迫性(U 值)。
3	基隆港西 2 至西 4 號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究 ^[13]	1.擬定「碼頭設施檢測評估標準作業程序」分經常檢測、定期檢測與特別檢測；2.碼頭上部與下部結構安全分析；3.擬定碼頭設施維修補強工法：依各構件劣化異狀予以對應；4. 建置碼頭設施維護管理系統：依作業程序進行系統建置。
4	基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置 ^[14]	1.探討碼頭設施結構特性與劣化機制；2.建置碼頭設施維護管理程序；3.進行基隆港西 14 號至 15 號碼頭檢測與修復建議；4.建置碼頭設施維護管理系統(包含基本資料模組、檢測資料模組、維修排序模組與維修記錄模組)。
5	港灣構造物安全檢查評估之研究 (1/4~4/4) ^[15-18]	為四年期計畫，包含 1.港灣構造物檢測技術與程序，建立港灣構造物檢測技術與程序並建立港灣構造物維護管理手冊：港灣構造物基本資料調查與建置、港灣防波堤構造物目視巡查標準制定、基隆港碼頭與防波堤構造物巡查作業、港灣構造

		物維護管理手冊(精簡版)；2.港灣構造物維護管理系統建置：防波堤維護管理系統建置、系統基本資料擴充與巡查資料建置與儀器檢測記錄模組建置。
6	花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置 ^[19]	1.建置港灣構造物維護管理系統(包含碼頭與防波堤、花蓮港船席水深即時潮位系統)；2.撰寫花蓮港碼頭及防波堤構造物維護管理手冊；3.提出花蓮港碼頭及防波堤維修排序與改善對策。
7	金門港埠碼頭防波堤現況調查與腐蝕環境分類之研究 ^[20]	1.建置港灣構造物維護管理系統與手冊；建立地理資訊系統資料庫。
7	花蓮港港灣構造物維護管理系統之優化與擴充作業 ^[21]	精進及擴充港灣構造物維護管理系統，改善舊有系統操作功能及使用上的便利性，並對各個模組功能上進行擴充跟調整，包含 1.系統版面重新配置，統一元件樣式；2.搜尋功能；3.照片上傳與排列顯示功能；4.資訊列表功能；5.查詢操作功能；6.新增系統公告與留言模組、圖文管理模組；7.以響應式方式重新設計系統網頁使用功能。
8	港灣設施維護管理制度研究委託建置工作 ^[22]	1.建立港灣設施維護管理制度：包含(1)檢測分級(平時巡查、定期檢測、特別檢測、專案檢測)；(2)檢測項目：針對平時巡查、定期檢測與特別檢測項目進行；(3)檢測頻率：平時巡查每月須辦理至少一次、定期檢測以每季一次或每半年一次、特別檢測颱風、地震等災害後或人為破壞之後辦理；(4)檢測單元劃分：平時巡查碼頭以碼頭編號區分，不另分單元、定期檢測分檢測單元；(5)檢測評估方法以 D.E.R.&U.評等法，並分為三等級。2.建置港灣設施維護管理系統。

以下將針對「港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)~(4/4)」四年期計畫之成果進行簡述：

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

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

(2)港灣防波堤構造物目視巡查標準制定：港灣碼頭與防波堤構造物

目視巡查標準之制定，如表 2-14~表 2-17 所示。

表 2-14 重力式碼頭目視檢測標準

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

		砂	2	壁體出現孔洞，但並未漏砂
			3	壁體裂縫已可觀察出漏砂
			4	背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂
			1	無異狀
	後線	沈陷	2	後線輕微下陷(高度<10 cm、面積<10 m ²)
			3	後線明顯下陷(10≤高度≤ 15 cm、10 m ² ≤面積≤ 20 m ²)
			4	後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積>20 m ²)
			1	無異狀
海床	沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)	
		3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)	
		4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)	
		1	無異狀	

資料來源：參考文獻[20]。

表 2-15 板樁式碼頭目視檢測標準

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

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

資料來源：參考文獻[20]。

表 2-16 附屬設施目視檢測標準

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

資料來源：參考文獻[20]。

表 2-17 防波堤各構件劣化目視巡查標準

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

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

			≤ 2.5 cm
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤ 15 cm，深度 >2.5 cm 或剝落寬度直徑 >15 cm，深度 ≤ 2.5 cm
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 >15 cm，深度 >2.5 cm
基礎	沖刷	1	無異狀
		2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)
		3	基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)
		4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)

資料來源：參考文獻[20]。

(3)針對基隆港碼頭與防波堤構造物進行巡查作業

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

2.港灣構造物維護管理系統建置

(1)防波堤維護管理系統建置(如圖 2.2 所示):已依現地量測調查資料，將基隆港防波堤(東碎波堤除外)資料建置於基本資料模組中，並將經常巡查建置於檢測資料模組中。

基隆港西防波堤經常巡查						
檢測日期	2014年06月27日				檢測天氣	晴
港灣名稱	基隆港	防波堤名稱	西防波堤		檢測者	簡臣佑
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化描述	劣化單元	劣化位置	劣化數量
覆面層	移動、散亂及下滑	3	1: 無異狀 2: 受損不明顯(護面破壞約 <3 m ²)，但未來面砂 3: 明顯受損(護面破壞約 $3\sim 12$ m ²)，拋面出現孔洞，但未來面砂 4: 嚴重受損(護面破壞約 >12 m ²)，拋填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	3號單元	X= 2 Y= 3	0.5 m ²
堤前坡	裂縫	2	1: 無異狀 2: 局部(1m ²)可見到2個以上寬度 3 mm以下的裂縫 3: 裂縫寬度約 $3\sim 5$ mm 4: 裂縫擴散至整個岸前或裂縫寬度的 5 mm以上	1號單元	X= 2 Y= 3	2 m
	沉陷	1	1: 無異狀 2: 輕微下陷(面積 <5 m ² 、高度 <2.5 cm) 3: 明顯下陷(面積 ≈ 5 m ² 、高度 >2.5 cm)或面積 ≥ 5 m ² 、高度 ≈ 2.5 cm)	1號單元	X=	m ²

圖 2.2 基隆港西防波堤經常巡查資料新增頁面^[21]

- (2)系統基本資料擴充與巡查資料建置：已依現地量測調查資料，將基隆港 53 座碼頭(除西 12 號碼頭)新增於維護管理系統中，業管單位可進行各模組之應用，同時，亦將各碼頭經常巡查資料輸入於檢測資料模組中，以供業管單位了解各碼頭狀況
- (3)儀器檢測記錄模組建置：建置可供上傳檢測報告之功能外，亦就碼頭構造物常採用之腐蝕電位量測與防波堤構造物常採用之高程測量，建置輸入頁面(如圖 2.3 所示)並儲存為數值資料，供未來統計分析之用。

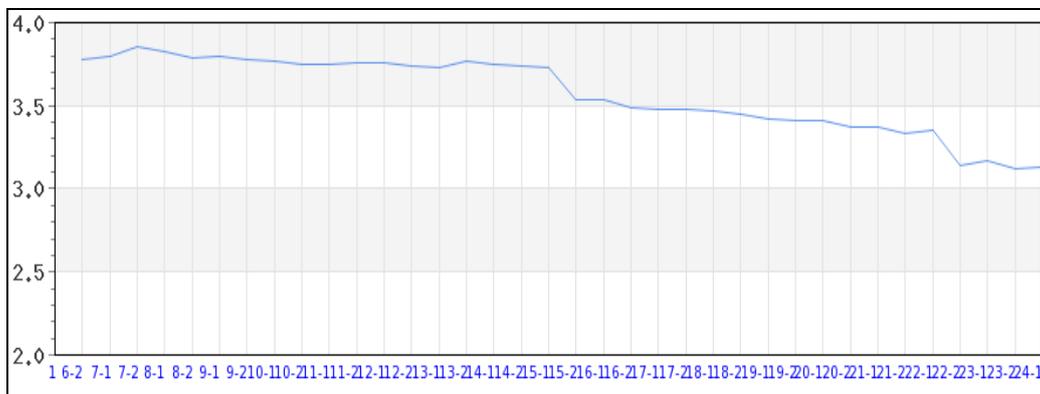


圖 2.3 基隆港西防波堤 2011/05/10 高程測量資料^[21]

2.2 港灣構造物維護管理程序

2.2.1 港灣構造物巡查、檢測類型

港灣構造物的檢測工作，可分為平時進行(每個月一次)的經常巡查(巡查亦包含於檢測中)、時間及頻率固定之定期檢測與重大災害發生後之特別巡查，檢測程序如下圖 2.4 所示。另外，當定期檢測作業或災後巡查無法確實掌握劣化原因及擬定適當維修對策，需依目視檢測評估結果辦理更精確的儀器檢測，以便能有更多資訊供評估其安全性。

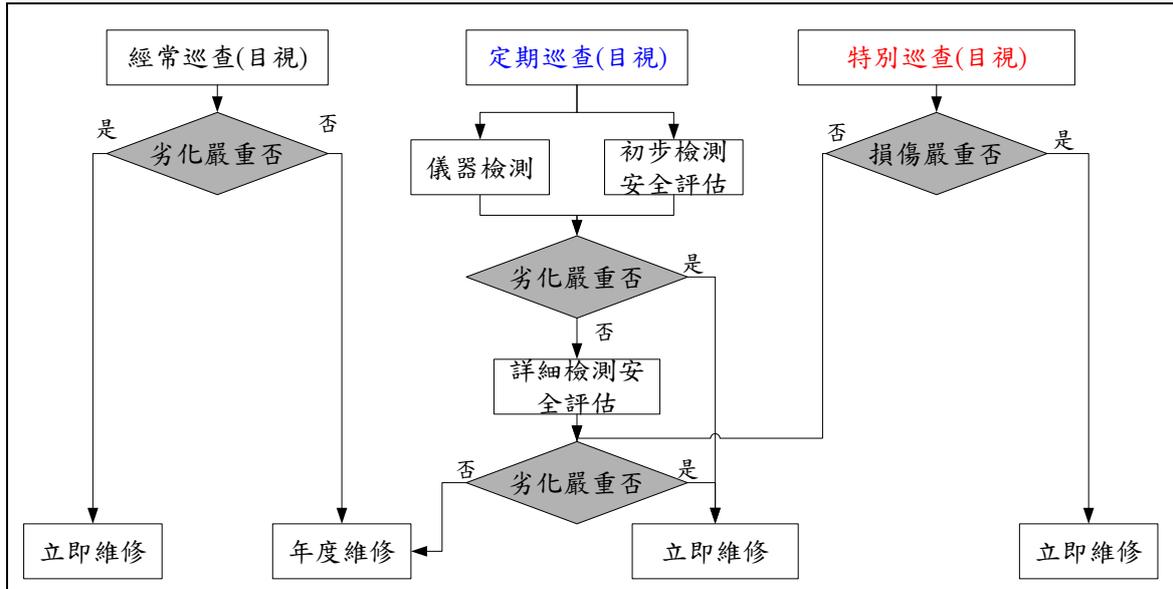


圖 2.4 港灣構造物維護管理程序

1. 經常巡查

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

2. 定期檢測

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

3. 特別巡查

特別巡查乃針對天然(颱風或地震強度 4 級)或人為災後發生後為主，故以檢視岸上構件是否有達到劣化狀況為 4 之「是/否」值，並非紀錄碼頭構件劣化狀況等級，如附錄 1「碼頭與防波堤特別巡查檢測表」所示。確認是否需進行緊急搶修，記錄方式與經常巡查相同。

上述三種檢測作業，可分別依負責單位、時機及方式等差異，整理如表 2-18 所示。

表 2-18 檢測作業種類比較

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

2.2.2 港灣構造物構件編碼

1. 碼頭構造物構件編碼

(1) 重力或板樁式碼頭

其為連續式結構，故針對各碼頭單元編碼，以兩繫船柱間為一單元(Block)如圖 2.5 所示，若各碼頭間之交界並非繫船柱，則仍須編列為一單元。各碼頭單元構件拆解分為碼頭本體、海床與附屬設施(如圖 2.6 所示)。碼頭本體再拆分成岸肩、壁體與後線；附屬設施拆分成繫船柱、防舷材、車擋與起重機軌道。各構件之劣化狀況位置記錄如表 2-19 與圖 2.7 所示。

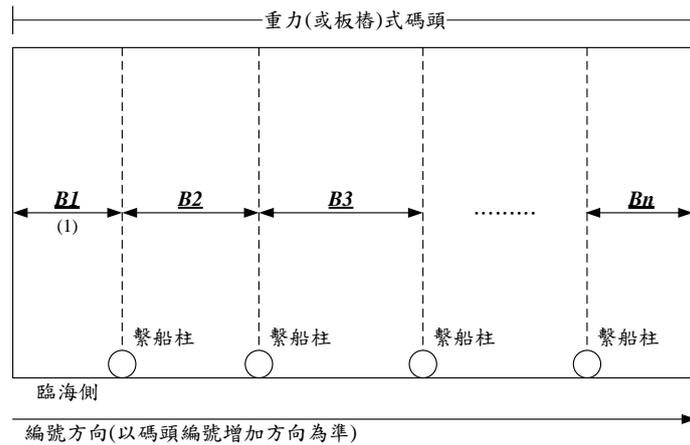


圖 2.5 碼頭單元編碼方式

表 2-19 重力與板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式說明

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化位置描述
碼頭本體	岸肩	紀錄 X、Y 值(如圖 2.7(a)之(1)所示)
	壁體	紀錄 X、-Z 值(如圖 2.7(b)之(2)所示)
	後線	紀錄 X 值(如圖 2.7(a)之(2)所示)
海床		紀錄 X 值(如圖 2.7(b)之(1)所示)
附屬設施	車擋	紀錄第 n 個
	繫船柱	無(一單元僅有一個)
	防舷材	紀錄第 n 個
	起重機軌道	紀錄 X 值

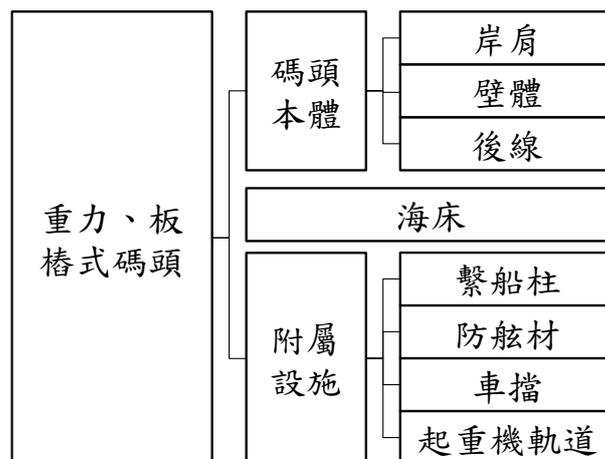


圖 2.6 重力、板樁式碼頭構件拆解

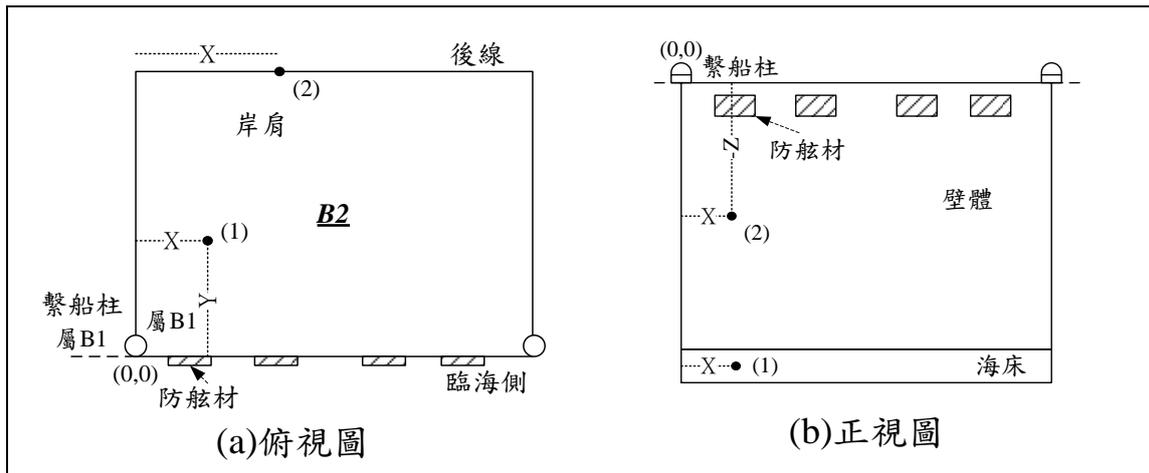


圖 2.7 重力、板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式圖示

(2) 浮動碼頭

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

國內商港使用之浮動碼頭以金門及馬祖港為主，其構件包含鋼管樁、浮臺、聯絡橋等(如圖 2.8、圖 2.9 所示)，細部構件浮臺包含面板、滑動端、繫船柱、防舷材與車擋等；聯絡橋包含面板、鉸接端等，其構件拆解架構如圖 2.10 所示。

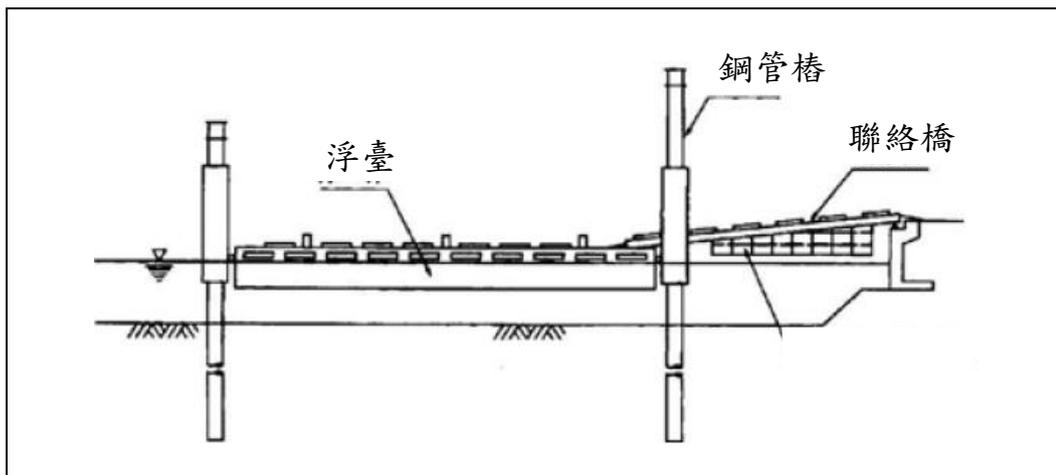


圖 2.8 浮動碼頭側視圖示意

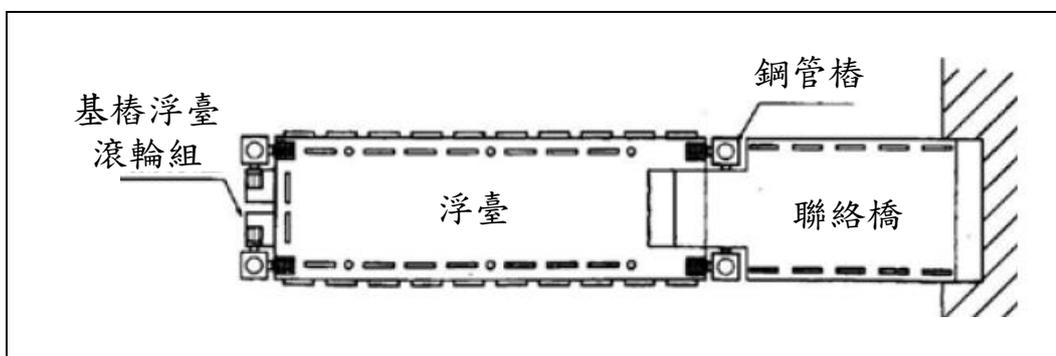


圖 2.9 浮動碼頭俯視圖示意

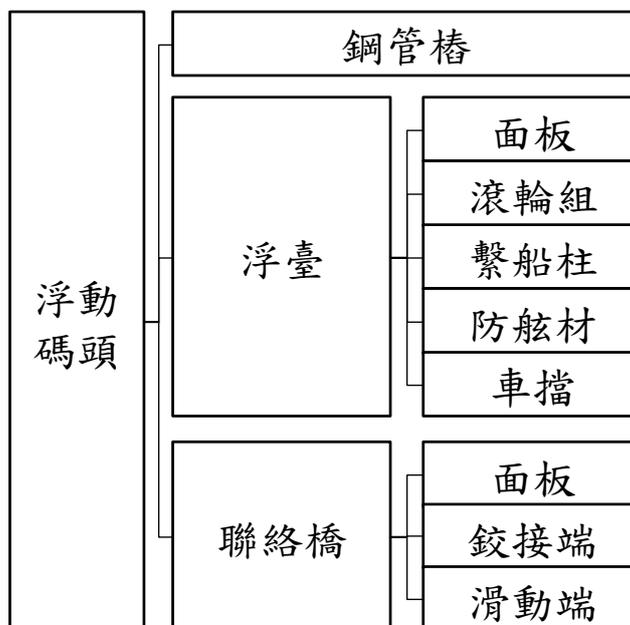


圖 2.10 浮動碼頭構件拆解

2.2.3 港灣構造物目視檢測標準

港灣構造物目視檢測標準，係依彙整前述國內外相關文獻之研究成果，據予制訂。

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

重力、板樁式碼頭目視檢測標準依圖 2.12 之構件拆解方式制訂各構件可能劣化類型之狀況等級(如表 2-14、表 2-15 所示)，針對共通性之附屬設施亦制訂其劣化狀況等級，如表 2-16 所示；防波堤目視檢測標準如表 2-17 所示；浮動碼頭各構件劣化目視檢測標準如表 2-20 所示。

表 2-20 浮動碼頭各構件劣化目視巡查標準

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

		混凝土劣化 損傷(PC)	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	有裂縫或鏽水
	浮臺 內部	本體龜裂、 損傷	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	可看見因裂縫、龜裂或損傷引起之浸水
	滾輪組	塗裝剝 離、腐蝕、 異音	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	從支承部位發出之異常聲音
鋼管樁	磨耗、腐蝕	1	無異狀	
		2	可看見被覆材輕微損傷	
		3	鋼管樁有輕微磨耗或孔或被覆材全面龜裂或剝離	
		4	鋼管樁有變形、明顯磨耗或穿孔或鋼管樁有明顯磨耗	
聯絡 橋	聯絡橋 外部	鋼材腐蝕、 龜裂、損傷	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	因腐蝕引起之穿孔、變形或其他明顯損傷
	鉸接端 與滑動 端	塗裝剝離、 腐蝕、異音	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	從支承部位發出之異常聲音

資料來源：參考文獻[24]。

2.2.4 港灣構造物初步安全評估與處置對策

2.2.4.1 初步安全評估

1. 單一構件評估：

港灣構造物構件維修排序程序，如圖如圖 2.11 所示。

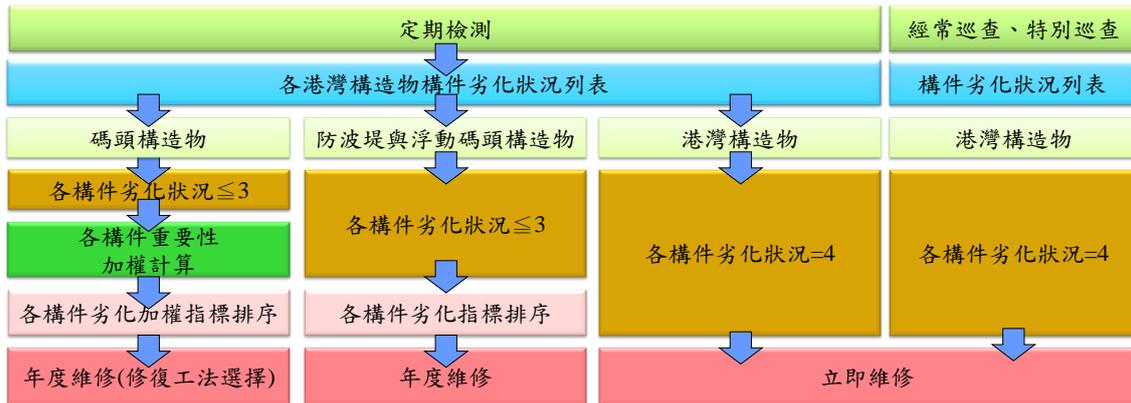


圖 2.11 港灣構造物構件維修排序程序

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

2. 整體構造物評估

由於碼頭構造物各構件有相對權重，故僅以此進行說明。碼頭整體狀況進行計算時，將構造物各構件最嚴重者，採用其劣化狀況配合各構件權重進行計算後累加，即為構造物整體狀況。如圖 2.12 所示以重力式碼頭為例，圖中各構件權重參照表 2-21~表 2-23 所示，各構件劣化狀況判定以採用該構造物構件最嚴重者，進行加權計算後累加即為整體評估。防波堤構造物則無計算整體構造物評分。

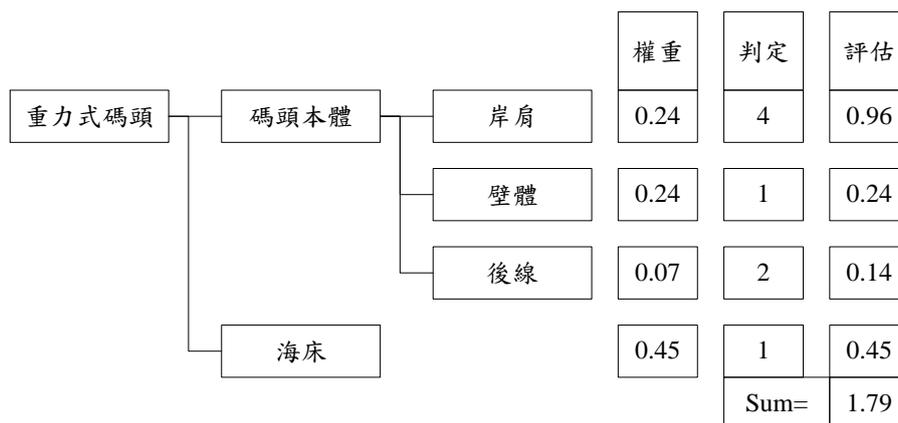


圖 2.12 整體構造物評估說明

表 2-21 重力式碼頭權重

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

表 2-22 板樁式碼頭權重

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

表 2-23 碼頭附屬設施權重

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

2.2.4.2 港灣構造物處置對策

處置對策依「立即維修」與「年度維修」方式說明如下：

1. 立即維修

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

2. 年度維修

確認能否掌握劣化原因，若否則需進行詳細檢測後，擬定維修補強策略後，進行施工，如圖 2.13 所示。

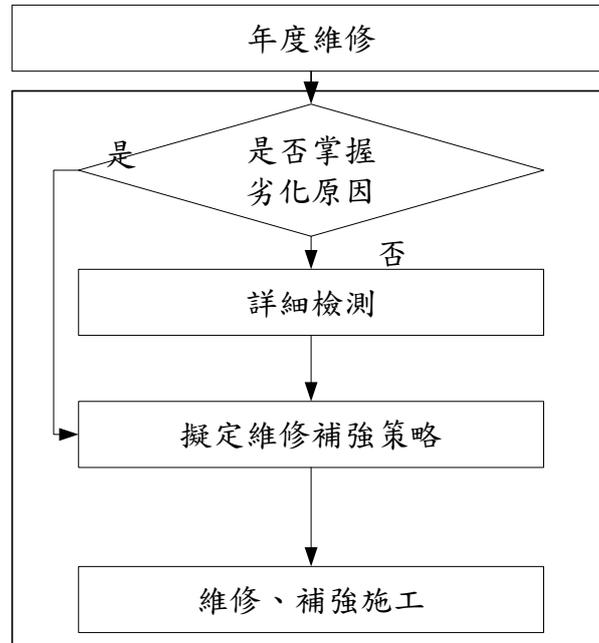


圖 2.13 港灣構造物年度維修處置對策程序

本節針對各劣化異狀所建議的修復工法進行列表，並於其後說明各工法的施工說明與工料分析，以供現地工程師使用，惟在此僅針對一般性修復工法進行說明，補強工法部分因事涉進一步結構分析與設計，故在此不予以羅列，詳細內容請參考本所維護管理手冊。表 2-24～表 2-27 中「建議處置對策」工法編號，C、S、O 分別為鋼筋混凝土構造物、鋼構造物與其他構造物之相關維修工法。

表 2-24 重力式碼頭劣化異狀與處置對策

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

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

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

表 2-25 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策

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

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

		4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100 cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)
--	--	---	----------------------------	--

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

表 2-26 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策

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

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

表 2-27 防波堤劣化異狀與處置對策

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	建議處置對策
覆面層	移動、散亂及下滑	2	受損不明顯(護面破壞約 $<3\text{ m}^2$)，但並未漏砂	拋石護基工法(O1)
		3	明顯受損(護面破壞約 $3\sim 12\text{ m}^2$)，堤面出現孔洞，但並未漏砂	拋放麻袋混凝土法(O2)
		4	嚴重受損(護面破壞約 $>12\text{ m}^2$)，背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)
堤前(後)坡	裂縫	2	局部(1 m^2)可見到 2 個以上寬度 3 mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
		3	裂縫寬度約 3~5 mm	灌注環氧樹脂工法(C2)
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5 mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
	沈陷	2	輕微下陷(面積 $<5\text{ m}^2$ 、高度 $<2.5\text{ cm}$)	持續觀察
		3	明顯下陷(面積 $\leq 5\text{ m}^2$ 、高度 $>2.5\text{ cm}$ 或面積 $>5\text{ m}^2$ 、高度 $\leq 2.5\text{ cm}$)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。
		4	嚴重下陷(面積 $>5\text{ m}^2$ 、高度 $>2.5\text{ cm}$)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新鋪設
	剝落	2	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 $<15\text{ cm}$ ，深度 $<2.5\text{ cm}$	修補水泥砂漿工法(C3)
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 $\leq 15\text{ cm}$ ，深度 $>2.5\text{ cm}$ 或剝落寬度直徑 $>15\text{ cm}$ ，深度 $\leq 2.5\text{ cm}$	修補水泥砂漿工法(C3)
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑 $>15\text{ cm}$ ，深度 $>2.5\text{ cm}$	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
堤頂	沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積 $<5\text{ m}^2$ 、高度 $<2.5\text{ cm}$)	持續觀察
		3	岸肩明顯下陷(面積 $\leq 5\text{ m}^2$ 、高度 $>2.5\text{ cm}$ 或面積 $>5\text{ m}^2$ 、高度 $\leq 2.5\text{ cm}$)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。

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

		4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約100cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)
--	--	---	--------------------------	--

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

2.3 維護管理系統優化及改善

本所 102 年「花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置」已建置港灣構造物維護管理系統，103-105 年並持續改善內容與加入基隆、臺北、蘇澳、金門與馬祖港等應用範圍，106 年度再辦理「精進及擴充既有花蓮港港灣構造物維護管理系統」，針對改善既有與新增之功能模組略述如下：

1. 帳號管理模組：

本研究特別將密碼進行編碼後再儲存，減少被冒用風險，並加入權限設定可檢視港區之功能，檢視港區功能依照使用者服務單位與負責業務區分，如圖 2.14 所示。帳號資料搜尋，可藉由過濾條件查詢區塊，包含編號、姓名、單位、信箱、權限以及狀態等欄位進行，如圖 2.15 所示。

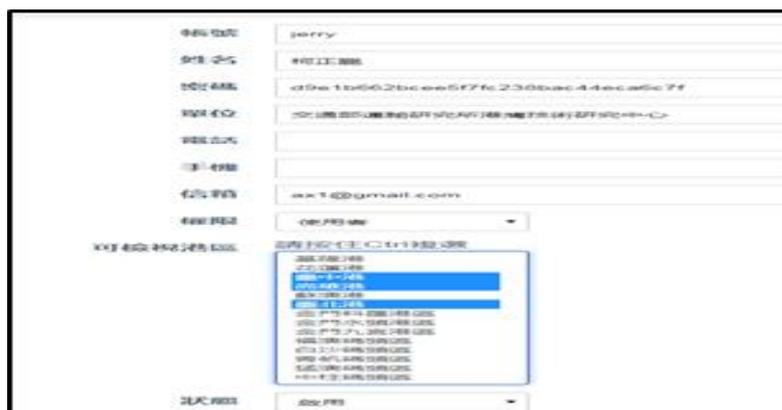


圖 2.14 帳號設定畫面

帳號	姓名	單位	信箱
jerry	柯正耀	交通部運輸研究所港灣技術研究中心	ax1@gmail.com
ck	張嘉峰	臺灣營運研究院1	tase1@gmail.com

圖 2.15 帳號列表

2. 基本資料模組：

港口選擇部份，除 GIS 選擇方式外，新增列表選擇功能。在 GIS 介面，增加資訊顯示，如圖 2.16。基本資料表將碼頭、防波堤、浮動碼頭之顯示方式，如圖 2.17。點擊設施右上方，即可查詢設施詳細單元資料，如圖 2.18。GIS 直接點選功能，包含：檢視基本資料、新增經常巡查、新增定期檢測、新增特別檢測、最近一筆記錄等功能，如圖 2.19。資料檢視頁面會彈出檢視視窗，並詳列其相關資料，檢視單元資料時也有返回的按鈕，如圖 2.20。

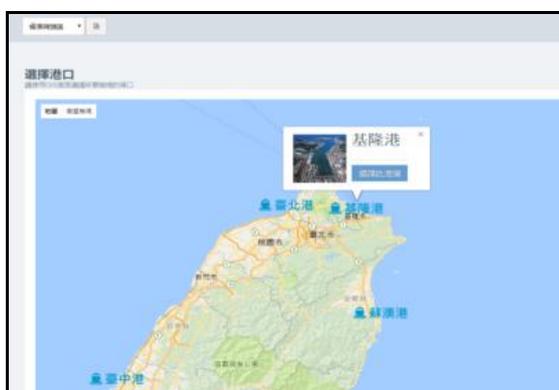


圖 2.16 GIS 方式選擇港口



圖 2.17 港口基本資料



圖 2.18 檢視碼頭設施及單元資料畫面



圖 2.19 以 GIS 方式點選設施畫面



圖 2.20 以彈出視窗方式顯示資料

3. 檢測資料模組：

統一表格及流程，改善與優化諸如檢測表內設施單元與基本資料表不同、資料遺失、僅能附加一張照片、操作不便等缺點，增加資料填寫與呈現之正確與完整性，讓使用者操作更加便利。

檢測資料藉由 GIS 地圖選擇設施後，進行資料新增，檢測相關功能包括：新增經常巡查、新增定期檢測、新增特別檢測、最近一筆記錄等，如圖 2.21 所示。



圖 2.21 以 GIS 方式新增檢測資料

新系統可透過下拉或輸入關鍵字，快速查詢所需資料。同時提供了新增、編輯、刪除等基本功能，依照權限劃分區分使用者的權限。輸出結果列表中，點選新增經常巡查按鈕，即可開始新增巡查資料，此與 GIS 上的新增巡查相同，提供了更多樣化的新增入口，如圖 2.22 所示。

福澳碼頭區 - 設施列表

種類	類型	編號	結構型式	操作
碼頭	2號碼頭	0002	重力式	新增
碼頭	3號碼頭	0003	重力式	新增
碼頭	4號碼頭	0004	橋樑式	新增
碼頭	S16-2號碼頭	0s1_2	橋樑式	新增
碼頭	S3號碼頭	00s3	橋樑式	新增
碼頭	E1號碼頭	00e1	橋樑式	新增
碼頭	1號碼頭	0001	重力式	新增
防波堤	北防波堤	00bw		新增
浮動碼頭	福澳碼頭區1號浮動碼頭	00f1		新增
浮動碼頭	福澳碼頭區2號浮動碼頭	00f2		新增

圖 2.22 以列表方式填寫檢測資料

系統不同設施之格式表單整合成共用表單，設施若無劣化狀況只需填寫巡查表 A(如圖 2.23)。若有巡查表 A 所列劣化情形，則系統在完成巡查表 A 表之填寫後，會再跳出巡查表 B (如圖 2.24)，讓使用者繼續填寫。

新增經常巡查

花蓮港 - 5號碼頭

巡查日期: 2017-09-13 天氣: 晴

巡查人員: 陳志 會同人員:

巡查員意見: 1

經常巡查表A

如有劣化情形再填寫B表

是/否	劣化情形
<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否	1. 是否跟原有的使用狀態(貨物的使用形態、車輛的使用等)有很大差異
<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否	2. 是否有受到船舶等衝撞的痕迹等情形
<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否	3. 是否出現法線的嚴重變化或是接縫處有明顯的高低差異
<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否	4. 是否出現前沿鋪面下陷、沉陷的現象
<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否	5. 是否出現異常響聲或震動等
<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否	6. 附屬設施(防眩材、繫船柱、車擋等)是否出現異常情形
<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否	7. 是否有使用障礙等情形
<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否	8. 為初次巡查紀錄
<input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否	9. 其他

儲存

圖 2.23 經常巡查 A 表

編輯經常巡查 - 新增缺失紀錄

花蓮港 - 5號碼頭

基本資料 缺失紀錄

可點選檢視要記錄的單元資料

返回缺失列表 檢視單元資料

劣化單元: B02

構件名稱: 設置障礙道

劣化類型: 離軌位移

劣化狀況: 2

劣化描述: 兩軌間距左右差≤5mm, 鋼軌接縫高差≤3mm

依照不同的劣化狀況，會顯示對應的劣化描述與參考圖示。

圖 2.24 經常巡查 B 表

新系統可支援多張劣化照片上傳，可以點選新增照片列的按鈕，以動態新增選擇上傳(目前支援最多一次 5 張)，如圖 2.25 所示。

新增圖片

照片說明: 劣化嚴重 檔案: 1302025743-1888446314_m.jpg

照片說明: 破損 檔案: 9432166677_a9f632aa04_k.jpg

照片說明: 檔案: 未選擇任何檔案

新增照片列 刪除新增列

點選新增照片列，就可以動態新增上傳資料列

圖 2.25 上傳檔案資料

新增完成後，透過查詢新增巡查資料與檢測紀錄，除列出主要巡查資訊外，同時紀錄劣化數量，方便後續快速查詢，如圖 2.26 所

示。



圖 2.26 檢視巡查紀錄

定期檢測，將顯示設施檢測單元數據，並列出已完成檢測單元數，進行對照比對，可以確認定檢是否完成檢測，如圖 2.27 所示。



圖 2.27 定期檢測劣化紀錄

定期檢測劣化記錄，採用先新增填寫有劣化的檢測資料。完成填寫後，系統保留自動產生未劣化的單元資料數功能，可依照作業需求或規定，決定是否需產生未劣化的資料紀錄，如圖 2.28 所示。



圖 2.28 新增未檢測項目設定頁面

使用者如果使用了自動產生無劣化記錄，考慮會產出很多資料，在劣化記錄將有劣化的資料排列在列表的最上方，再排序無劣

化的紀錄，快速容易查找劣化紀錄，如圖 2.29 所示。

單元編號	構件類型	劣化類型	劣化狀況	劣化位置	劣化數量	圖片	動作
B01	浮筒	裂縫	2	X 1 Y 2	1 m		
B04	防波堤	龜裂剝落	2	第1區	1 區		
B01	浮筒	剝落	1				
B01	浮筒	沉陷	1				
B01	浮筒	沉陷	1				
B01	浮筒	沖刷	1				
B01	繫船柱	海蝕剝落	1				

圖 2.29 定期檢測劣化列表

特別檢測採先填寫檢測表單方式來操作，依不同設施產出對應表單，並增加檢測事由、事件發生日期、事件名稱等欄位，清楚紀錄特別檢測原由。檢測表單會顯示每一構件之劣化狀況，提供勾選，並增加備註欄位，記錄更詳細的劣化情形，如圖 2.30 所示。

圖 2.30 特別檢測表

特別檢測列表，會顯示出特別檢測狀態、劣化單元的筆數與相關重要的檢測資訊，如要詳細查閱紀錄，可點選檢視按鈕查看。同時提供相關新增編輯所屬功能，如圖 2.31 所示。

日期	狀態	構件名稱	類型	天氣	檢測目	檢測者意見	配裝筆數	操作
19-14	無異狀	2號碼頭	碼頭	晴	除漆	狀況良好。	0	
2017-09-14	維修	北防波堤	防波堤	晴	除漆	堤前坡出現裂縫	4	
2017-09-14	持續監測	福澳碼頭區 1號浮筒碼頭	浮筒碼頭	晴	除漆	建議維修補塗	0	

圖 2.31 特別檢測列表

儀器檢測新增小日曆的選擇方式，資料送出時，如有必填欄位未填寫完成，系統會以紅色警示視窗告知，如圖 2.32 所示。

圖 2.32 儀器檢測填寫畫面

儀器檢測列表可檢視與下載檢測檔案，並有編輯或刪除操作功能，如圖 2.33 儀器檢測列表。

檢測日期	檢測單位	檢測人員	備註說明	檔案	操作
2017-09-13	特檢小組	陳添	5號碼頭水下檢測	檔案下載	編輯 刪除
2017-09-14	特檢小組	陳添	2017/09/14 於花蓮一號碼頭進行水下檢測	檔案下載	編輯 刪除

圖 2.33 儀器檢測列表

巡查、定檢、特檢等作業。如有拍攝照片或產生檔案紀錄，另外建立新增檢測照片與檔案的功能，提供存放資料，如圖 2.34 及圖 2.35 所示。

圖 2.34 檢測照片

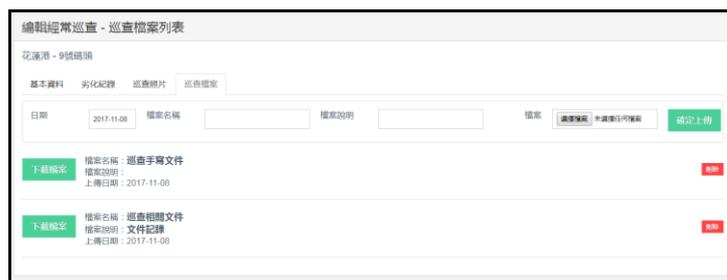


圖 2.35 檢測檔案

照片上傳可用批次拖拉檔案上傳功能，點選批次上傳按鈕會另開啟新上傳視窗，如圖 2.36 所示，只要需要將電腦中的圖片檔案拖拉至方框內，即可即時預覽上傳圖片，如圖 2.37 所示。

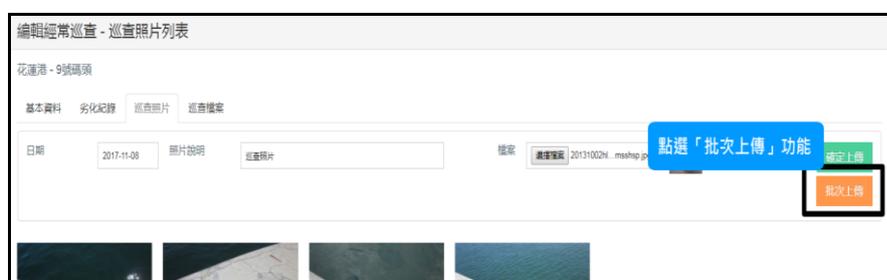


圖 2.36 批次上傳



圖 2.37 上傳預覽

4. 維修紀錄模組：

新系統以樹狀方式展開各設施及其底下各單元，點選單元後可看到該單元底下各檢測劣化資料，若已填寫將不再顯示，如圖 2.38 所示。針對維修紀錄資料建立各別的維修所屬相關資料，如：契約

名稱、承辦人員、廠商資料與維修工法、維修金額..等維修所需記錄的資料，如圖 2.39 所示，因維修記錄必須勾選先前建立的劣化紀錄來加以維修，所以可以建立維修與劣化記錄兩者間的關聯性。

編號	日期	備件數量	劣化類型	劣化位置	數量	備註
1	2013-09-11	25個桶蓋-1個單元	腐蝕白蟻	2	X.2	3 m
2	2013-12-14	25個桶蓋-1個單元	腐蝕白蟻	4	X.2	2 m
3	2013-09-11	25個桶蓋-1個單元	腐蝕白蟻	2	X.2	3 m
4	2013-12-14	25個桶蓋-1個單元	腐蝕白蟻	4	X.2	2 m
5	2013-12-03	27個桶蓋-3個單元	腐蝕白蟻	3	X.2	2 m
6	2013-12-03	25個桶蓋-3個單元	腐蝕	3	X.2 Y.3	3 m

圖 2.38 填寫維修紀錄

2017-11-03 10:58 AM

維修位置: 第18號桶蓋 - 18號單元
 備件數量: 桶蓋3個 - 供錄
 劣化類型: 白蟻
 劣化位置: X.44
 數量: 5 m²
 備註: test

維修照片上傳

合約資訊

合約編號: A51-511 承辦人員: 林立光
 合約名稱: 第20標-碼頭及中列化處理

廠商名稱: 冠昇工程顧問公司
 負責人: 陳光暉 聯絡人: 李麗文
 廠商所在縣市: 高雄市
 廠商地址: 高雄中區山邊100號
 廠商電話: 07-6679124 傳真電話: 07-6679125

維修工法: 劣化補強作業
 維修數量: 5 單位: 處
 維修金額: 250000
 維修開工日期: 2016-10-31 維修完工日期: 2017-10-30
 維修項目說明:

新增記錄 確認送出

圖 2.39 編輯維修紀錄

本研究針對在未記錄之劣化狀況，新增日常維修紀錄功能，進行維修紀錄的填報使用，如圖 2.40 所示。支援可維修多張照片與多個檔案上傳功能，如圖 2.41 至圖 2.42 所示。

圖 2.40 新增檢測維修紀錄

圖 2.41 填寫維修資料

圖 2.42 上傳維修檔案

查詢維修紀錄時，可針對特定條件輸入關鍵字進行過濾，如圖 2.43 所示，搜尋出來的結果可進行檢視、編輯、刪除，如圖 2.44 所示。

圖 2.43 查詢維修紀錄

維修紀錄	契約編號	承辦人員	合約名稱	廠商名稱	契約金額	開工日期	完工日期	操作
日常維修紀錄	181014		421編譯本堂及水下沉箱 修繕工程		3180265	2012-09-13		刪除 新增 詳情
日常維修紀錄	3 15 22 1 93002		軌道鋼筋橋樑工程		9033689	2005-02-16		刪除 新增 詳情
日常維修紀錄	3 15 22 1 93002		橋樑鋼筋橋樑工程		8677679	2004-02-01		刪除 新增 詳情
日常維修紀錄					1333	2017-11-06		刪除 新增 詳情
日常維修紀錄	NA001	聯勝	港區編譯行基本維修 工程	聯勝	34000	2017-11-01	2017-11-07	刪除 新增 詳情
日常維修紀錄	PF001	聯勝	20171108 23.25編譯 修繕	聯勝	10000	2017-11-08		刪除 新增 詳情

圖 2.44 查詢維修紀錄結果

5. 維修排序模組：

新系統採用過濾器篩輸入或下拉先關的關鍵字後之維修排序搜尋頁面(如圖 2.45 所示)，輸入劣化狀況進行搜尋，搜尋結果如圖 2.46 所示，可以清楚瞭解目前的劣化記錄內容，港區或設施內如仍有構件需要維修，透過表列檢視紀錄之照片功能，加以輔助判斷排定維修需要，安排後續維修計畫及預算。

圖 2.45 維修排序搜尋頁面

動作	構件	單元名稱	類型	檢測日期	構件類型	劣化類型	劣化狀況	劣化位置	劣化數量	圖片
檢視	[碼頭 - 23號碼頭]	1號單元	定檢	2013-12-03	岸屏	裂縫	4	X.2 Y.2	3 m	圖片
檢視	[碼頭 - 23號碼頭]	4號單元	巡查	2013-09-11	起重機軌道	腐蝕位移	4	X.3	3 m	圖片
檢視	[碼頭 - 23號碼頭]	7號單元	巡查	2013-09-11	岸屏	剝離	4	X.16.0 Y.3.5	1.08 m ²	圖片
檢視	[碼頭 - 23號碼頭]	1號單元	定檢	2013-12-14	起重機軌道	腐蝕位移	4	X.2	2 m	圖片
檢視	[碼頭 - 1號碼頭]	1號單元	定檢	2013-09-11	岸屏	剝離	4	X.2	3 m	圖片

圖 2.46 維修排序搜尋結果

系統新增已維修構件搜尋功能，可搜尋完成維修的構件資料，輸入設施或檢測類型、劣化狀況..等條件(如圖 2.47 所示)，搜尋已維修構件，可搜尋出目前建立之維修紀錄(如圖 2.48 所示)。

已維修構件搜尋

構件類型:

檢測類型: 檢測日期: ~

劣化狀況:

劣化類型:

契約名稱:

圖 2.47 已維修構件搜尋

動作	狀態	維修契約	開工日期	構件	單元名稱	類型	檢測日期	構件類型	劣化類型	劣化狀況	劣化位置	劣化數量
檢視	已維修	2017/11/08 23.25碼頭緊急維修	2017-11-08	[碼頭] - 23號碼頭	3號單元	特檢	2013-12-03	岸屏	裂縫	3	X.2 Y.3	3 m
檢視	已維修	2017/11/08 23.25碼頭緊急維修	2017-11-08	[碼頭] - 23號碼頭	3號單元	特檢	2013-12-03	起重機軌道	腐蝕位移	3	X.2	2 m
檢視	已維修	2017/11/08 23.25碼頭緊急維修	2017-11-08	[碼頭] - 25號碼頭	1號單元	定檢	2013-12-14	起重機軌道	腐蝕位移	4	X.2	2 m
檢視	已維修	2017/11/08 23.25碼頭緊急維修	2017-11-08	[碼頭] - 25號碼頭	1號單元	巡查	2013-09-11	起重機軌道	腐蝕位移	2	X.2	3 m

圖 2.48 已維修構件列表

6. 圖文管理模組：

配合港務單位實務應用需求，新增加此模組可用於上傳圖資或文檔，供使用者下載使用，如圖 2.49 及圖 2.50 圖所示。

新增圖文資料

文件日期: 2017-11-07

名稱: 檢測規範

圖號:

統一代碼:

版本: V1.0

圖片性質:
 標準圖 數控圖 標準新圖 字號圖 縮放圖 立繪圖
剖面圖 其他 計算圖 配置圖 散佈圖 新製圖

備註說明:

檔案上傳: 檢測規範_檢測規範.docx

圖 2.49 新增圖文資料頁面

圖文管理

日期: 狀態: 圖號:

文件日期	名稱	圖號	圖片性質	檔案
2017-11-07	檢測規範		說明	<input type="button" value="檔案下載"/>
2017-11-02	計畫摘要		說明_其他	<input type="button" value="檔案下載"/>

圖 2.50 圖文資料下載頁面

第三章 研究方法與步驟

本研究項目包括：(1)研析臺中港現行維護管理機制；(2)馬祖港碼頭與防波堤岸上及水下調查；(3)馬祖港碼頭鋼板樁厚度檢測與防蝕效能評估；(4)港灣構造物維護管理系統功能擴充；(5)鋼構造物陰極防蝕工法。研究流程如圖 3.1 所示。研究方法與步驟詳述於本章節。

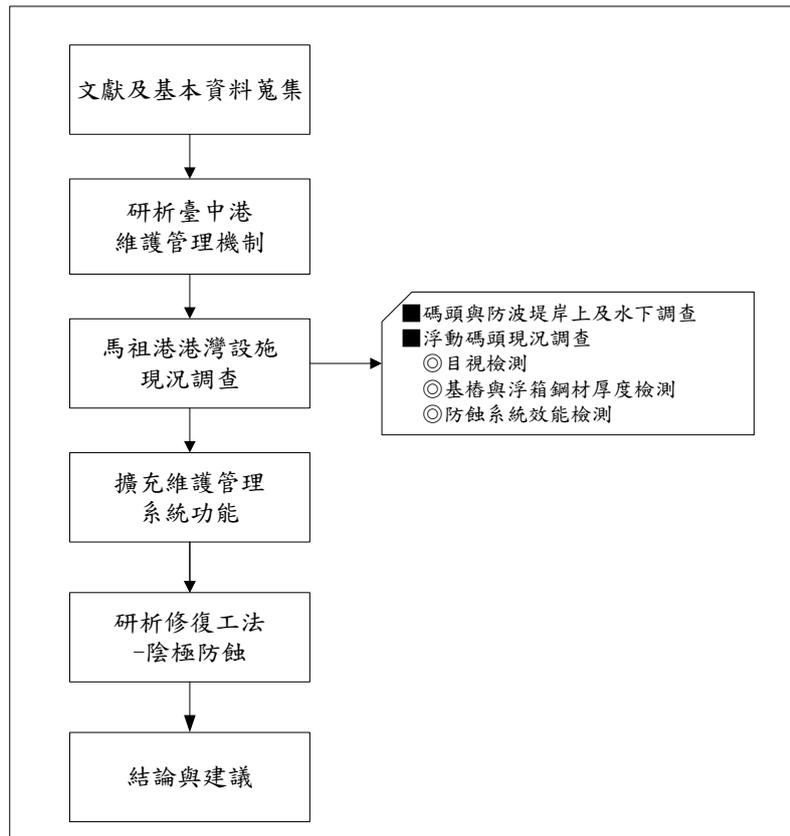


圖 3.1 研究流程圖

3.1 構造物基本及檢測維修資料蒐集

3.1.1 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。

3.1.2 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。

3.2 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岸上結構體混凝土與鋼材水面上部分表面外觀損壞狀況，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岸上混凝土結構體與鋼材應逐一編號記錄。

3.3 水下目視調查

3.3.1 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。

3.3.2 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。

3.3.3 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。

3.3.4 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。

3.4 鋼構造物檢測

3.4.1 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 3.2。

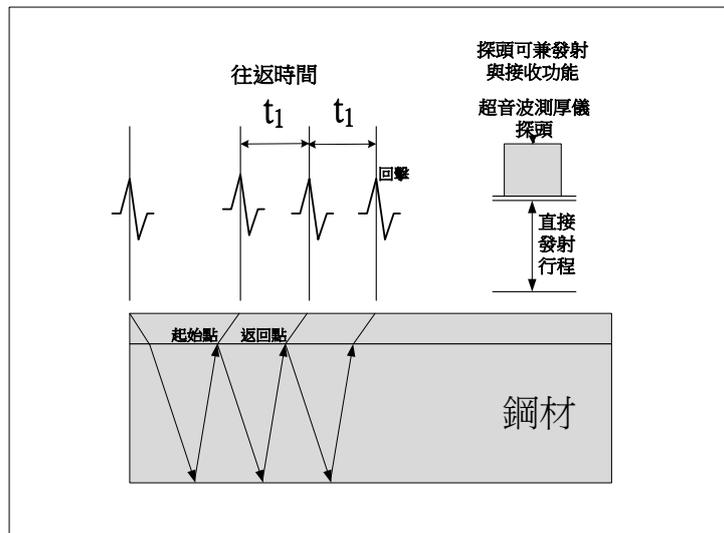


圖 3.2 測厚儀量測之示意圖

厚度計算可由公式 3.1 求得：

$$S_i = V \times \frac{1}{2}(T_{i+1} - T_i) = V \times t_1 \dots\dots\dots (3.1)$$

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(sec)。

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 3.2 所示：

$$\begin{aligned} \text{腐蝕速率} &= \text{腐蝕量} / \text{使用年期} \\ &= (\text{原始厚度} - \text{現有厚度}) / \text{使用年期} \dots\dots\dots (3.2) \end{aligned}$$

3.4.2 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 3.3 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 3.4 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。

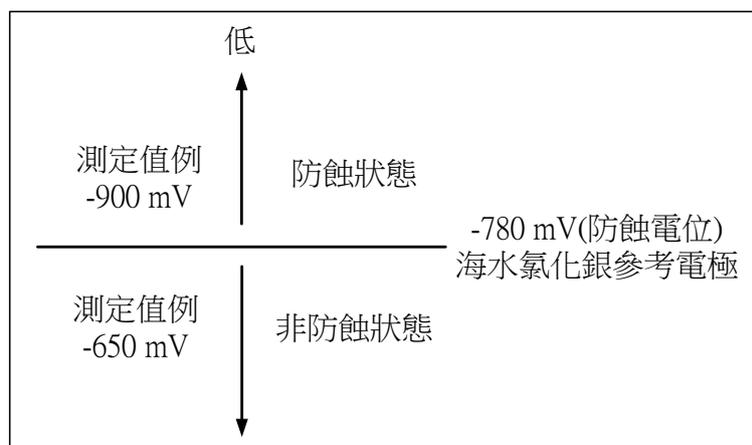


圖 3.3 防蝕效果的判定方法

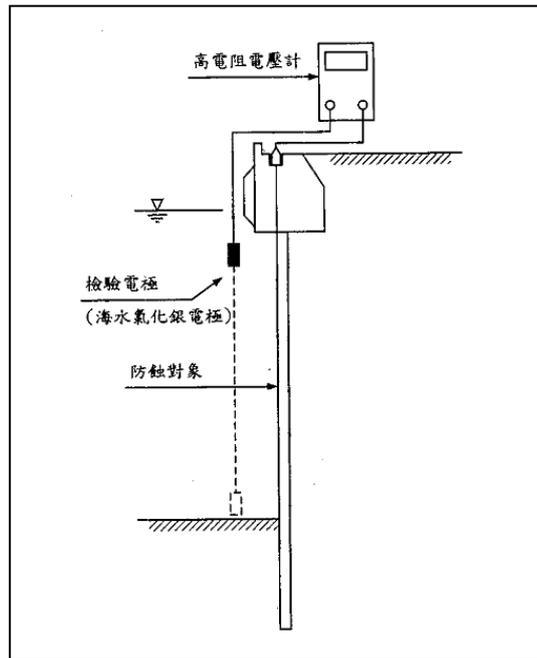


圖 3.4 電位量測示意圖

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 3.5 所示量測其剩餘尺寸。

$$\text{陽極塊殘存重量} = [\pi (D/2)^2 \times L - \text{蕊棒體積}] \times \text{陽極密度} \dots\dots (3.3)$$

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。

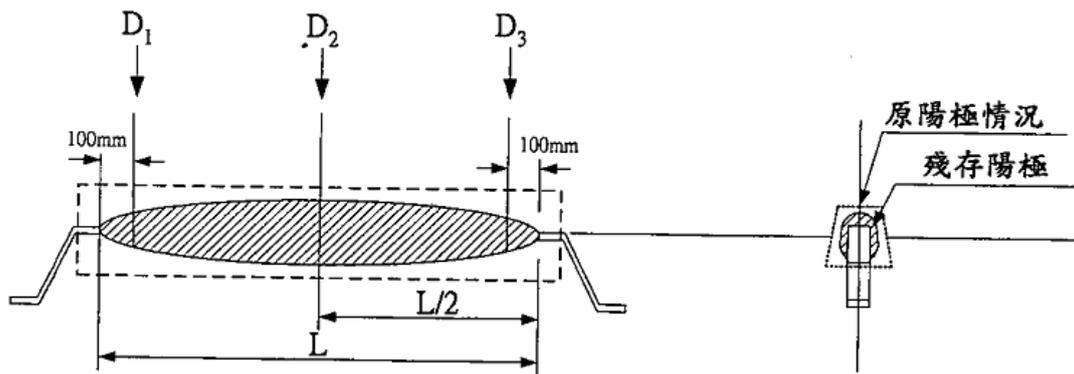


圖 3.5 陽極塊尺寸量測示意圖

$$\text{陽極塊年平均消耗量} = (\text{陽極初期重量} - \text{陽極殘存重量}) / \text{經過年數} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\text{殘存壽命} = \text{陽極塊殘存重量} / \text{陽極塊年平均消耗量} \dots\dots\dots (3.5)$$

另外，也可從陽極塊平均發生電流推估其殘存壽命

$$\text{殘存壽命} = (\text{陽極塊殘存重量} \times \text{有效電氣量}) / \text{陽極塊平均發生電流} \dots\dots\dots (3.6)$$

3.5 精進維護管理系統

精進現有花蓮港港灣構造物港維護管理系統，訪談港務公司實務應用與管理需求，調整系統相關設計或新增功能，使其更符合港務公司使用狀況，並擴充急於國內主要商港之應用。

3.6 港灣鋼構造物陰極防蝕工法

彙整港灣鋼構造物陰極防蝕工法，包含外加電流法與犧牲陽極法。並列舉設計案例供參。

第四章 結果與討論

4.1 臺中港維護策略與管理機制

本章節主要參考監察院「臺灣港務股份有限公司有否對老舊及高風險碼頭加強風險管理機制」，107年7月19日至臺中港務分公司履勘之簡報資料。臺中港107年營運之商用碼頭共58座，港碼頭位置如圖4.1所示。依巡查維護權責，分為公用碼頭及專用碼頭，公用碼頭由該分公司辦理巡查維護，專用碼頭則由承租業者辦理巡查維護。巡檢及維護管理機制分為經常巡查、定期檢測、特別巡查與應變等。



圖 4.1 臺中港碼頭位置圖⁽²⁶⁾

4.1.1 經常巡查

依據臺灣港務公司各項設施之巡查、維護權責作業要點：檢驗頻率分為 1.天然災害發生應立即巡查；2.公共設施每日 1 次；3.碼頭及繫船設施至少每星期 1 次；4.船舶靠繫纜前及解纜時再針對靠離碼頭檢查 1 次。

各公用碼頭區及岸壁設施由港務處目視巡查，各公用碼頭棧埠作業區由棧埠處目視巡查，經發現有設施損毀安全顧慮時，立即通知工程處辦理檢修維護作業。

4.1.2 定期檢測

臺中港務分公司 101 年辦理臺中港棧橋碼頭評估完成，檢測內容包含：目視檢測(面板、梁、基樁、法線、水下檢測)、非破壞檢測(混凝土反彈鎚檢測、鑽心取樣抗壓強度、中性化試驗、氯離子含量、鋼筋腐蝕電位、鋼管樁電位、鋼管樁厚度檢測、法線變位及高程測量)與碼頭結構安全評估等，並已依評估結果逐年辦理整建。未來碼頭下方之定期檢測作業，亦將納入碼頭逐年之整建工程中辦理，如防蝕系統電位檢測、鋼材厚度檢測等，確保管控碼頭結構及使用安全。

4.1.3 特別巡查

碼頭發生船舶碰損港埠設施時，立即由港務處邀集相關單位，辦理會勘，除以目視檢查，另外辦理碼頭水下檢查，確認損壞範圍後，辦理修復作業。颱風及地震等天然災害事件發生時，災前開設緊急應變中心，並於災後均會巡檢港埠設施確認災損後辦理災後緊急搶修及維修工程。巡查項目與內容示如表 4-1。

表 4-1 臺中港經常巡查項目與內容⁽²⁶⁾

項次	巡查項目	巡查內容	範圍	巡查地點	巡查頻率
1	碼頭碰墊及反光板	是否損壞或缺少	港區	全港區碼頭	每月一次
2	碼頭輪檔	是否損壞或缺少	自有、公用碼頭	自有、公用碼頭	每週一次
3	碼頭繫纜設施(含碼頭鋪面)	是否損壞或缺少	港區內	工作船渠	每兩週一次，船舶繫纜前及解纜時

4.2 臺中港碼頭使用現況及安全評估

臺中港屬新興商港，至 107 年止，5 號碼頭、6 號碼頭、7 號碼頭、8 號碼頭、8A 號碼頭，已屆齡 40 年，皆為散雜貨公用碼頭，101 年辦理「臺中港棧橋碼頭檢測評估暨維修整建工程設計」⁽²⁶⁾，評估果如表 4-2 所示。

表 4-2 臺中港 20 年 以上之棧橋式碼頭評估結果⁽²⁶⁾

階段	碼頭	基礎 材質	維修 排序	總評 價值	鑽心 強度 ₂ (kg/cm ²)	中性化 深度 (cm)	氯離子 含量 (kg/m ³)	鋼管樁 電位	鋼管樁 剩餘 厚度(%)	最大 凸出 距離(m)	最大 高程差 (m)
第 1 階段	#7	PC	4	3.12	397	0	0.302			0.035	0.026
	#8	PC	2	3.39	392	0	5.083			0.071	0.051
	#8A	PC	1	3.88	580	0	0.734			0.051	0.043
	#13	PC	6	2.70	474	0	3.482			0.045	0.014
	#14	PC	3	3.22	421	0	0.187			0.055	0.023
	#27	PC	13	2.04	760	0	15.336			0.055	0.024
	#28	PC	5	2.85	681	0	5.174			0.045	0.015
	#29	PC、鋼管	12	2.04	322	0	6.043		99	0.033	0.027
第 2 階段	#5A	PC	15	1.66	588	0	1.147			0.039	0.044
	#5	PC	11	2.07	480	0	0.151			0.027	0.031
	#6	PC	8	2.37	530	0	4.934			0.073	0.043
	#9	PC	19	0.49	317	0	19.51			0.109	0.033
	#10	PC	21	0.42	278	0	9.65			0.058	0.033
	#11	PC	17	1.26	243	0	0.46			0.058	0.027
	#12	PC	10	2.12	536	0	0.036			0.064	0.041
	#15	PC	7	2.44	424	0	0.274			0.042	0.016
	#19	PC	23	0.25	496	0	0.149		-	0.047	0.018
	#20	PC	31	0.04	456	0	0.262		-	0.05	0.02
	#21	PC	27	0.13	400	0	0.151		-	0.067	0.036
	#22	PC	25	0.23	362	0	0.101		-	0.039	0.027
	#26	PC	14	1.79	622	0	0.948		-	0.038	0.027
	#30	鋼管	24	0.24	325	0	1.68	OK	97	0.124	0.038
	#31	PC	26	0.17	272	0	0.312	-	-	0.064	0.022
	#32	PC	16	1.37	291	0	0.218	-	-	0.153	0.023
	#33	鋼管	22	0.36	356	0	0.888	OK	98	0.109	0.011
	#34	鋼管	18	0.59	252	0	0.936	OK	97	0.039	0.028
	#35	鋼管	20	0.43	255	0	1.519	OK	97	0.025	0.053
	#99	鋼管	28	0.11	403	0	0.173	OK	96	0.126	0.028
#W2	PC	9	1.95	323	0	1.032	-	-	0.075	0.028	
#W3	鋼管	30	0.07	334	0	0.6	OK	99	0.06	0.029	
#W4	鋼管	29	0.09	460	0	0.473	OK	98	0.085	0.033	

1. 經目視檢測評估，部分碼頭有較明顯損傷，損傷位置大部分發生於梁、版，拋石護坡部分亦無發現異狀。
2. 各碼頭之混凝土強度經由鑽心試驗結果顯示，均大於竣工圖所載之設計值。

3. 各碼頭經試驗後並未發現中性化之現象。由於混凝土中性化主要為氣相擴散，在目前環境下混凝土不易有中性化情形，由試體兩端(下緣已到達下層鋼筋之位置)均無中性化之情形看來，顯示混凝土仍提供良好鹼性環境。
4. 由本次氯離子試驗結果顯示，各碼頭由於結構老舊及長年遭受海水侵蝕，使得各碼頭構件之氯離子含量均有過高現象。
5. 鋼管樁電位量測結果顯示鋼管樁均在保護狀態。
6. 鋼板(管)樁鋼材現有厚度量測結果顯示，有輕微腐蝕情形，其中鋼管樁約為原設計值之 96%，腐蝕速率小於 0.03 mm/yr.，顯示採用之防蝕系統，防蝕效果良好。鋼板樁約為原設計值之 85%，腐蝕速率約為 0.126 mm/yr.。
7. 碼頭法線水平變位及高程測量結果顯示，無碼頭位移現象。

4.3 馬祖港區現況調查

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，本計畫針對其進行現地調查作業及擴充維護管理系統功能，作為連江縣港務處執行港埠設施維護管理作業依據。

4.3.1 馬祖港 5 碼頭區基本資料調查

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，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 4.2 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 660m，斷面圖如圖 4.3 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 4-3 所示。碼頭斷面圖如圖 4.4~圖 4.8 所示。

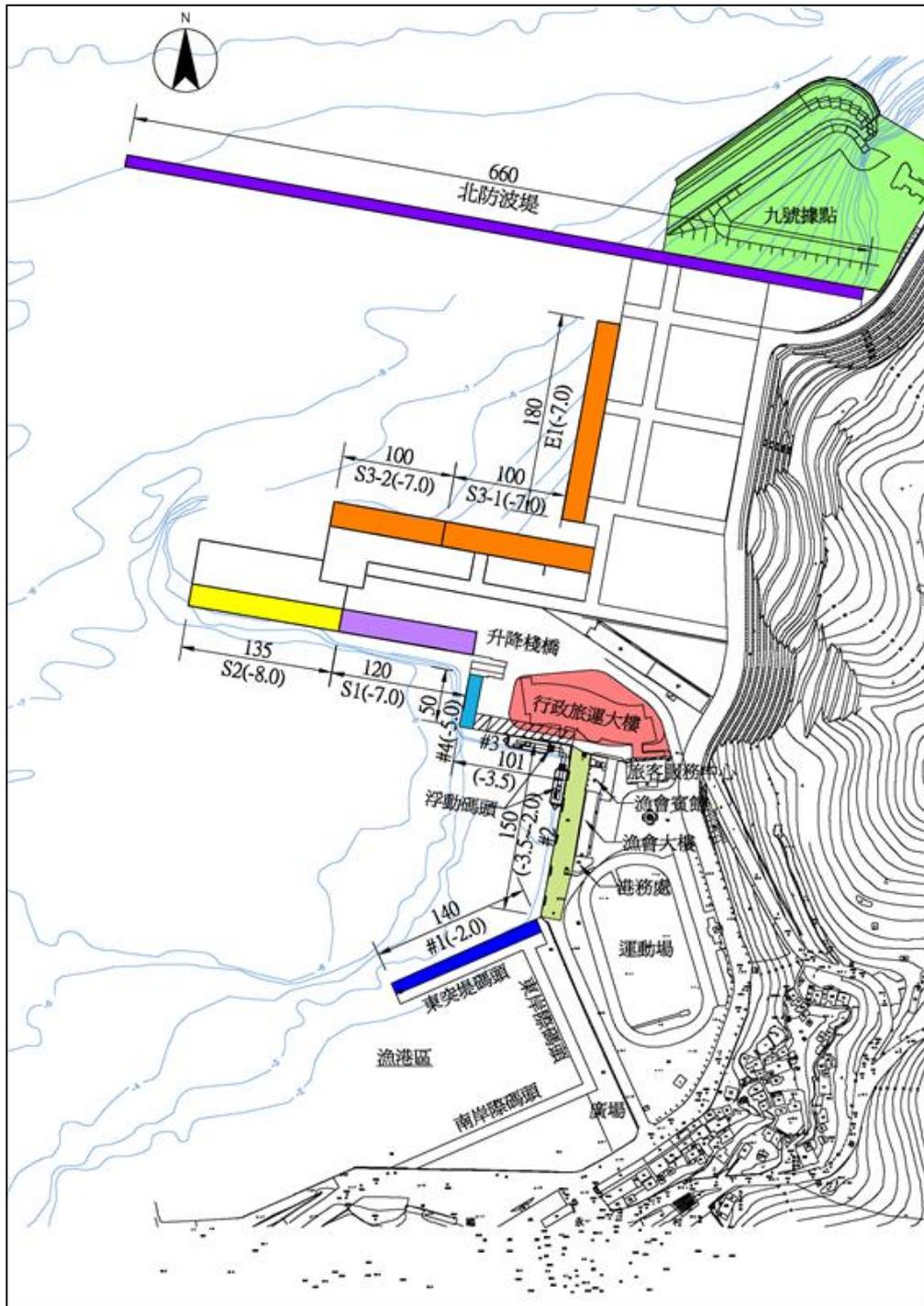


圖 4.2 福澳碼頭區平面圖

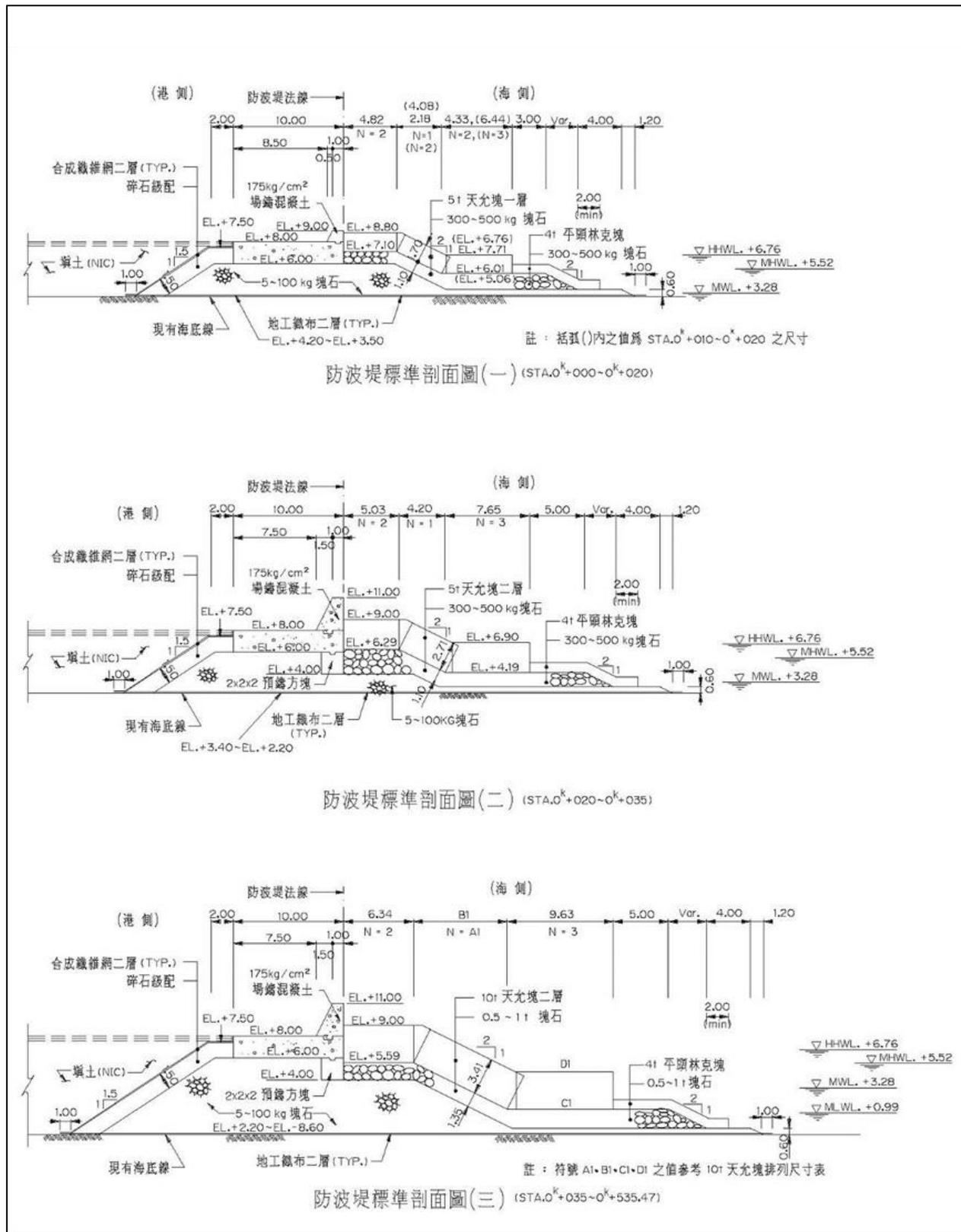


圖 4.3 福澳碼頭區北防波堤標準斷面圖

表 4-3 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)	

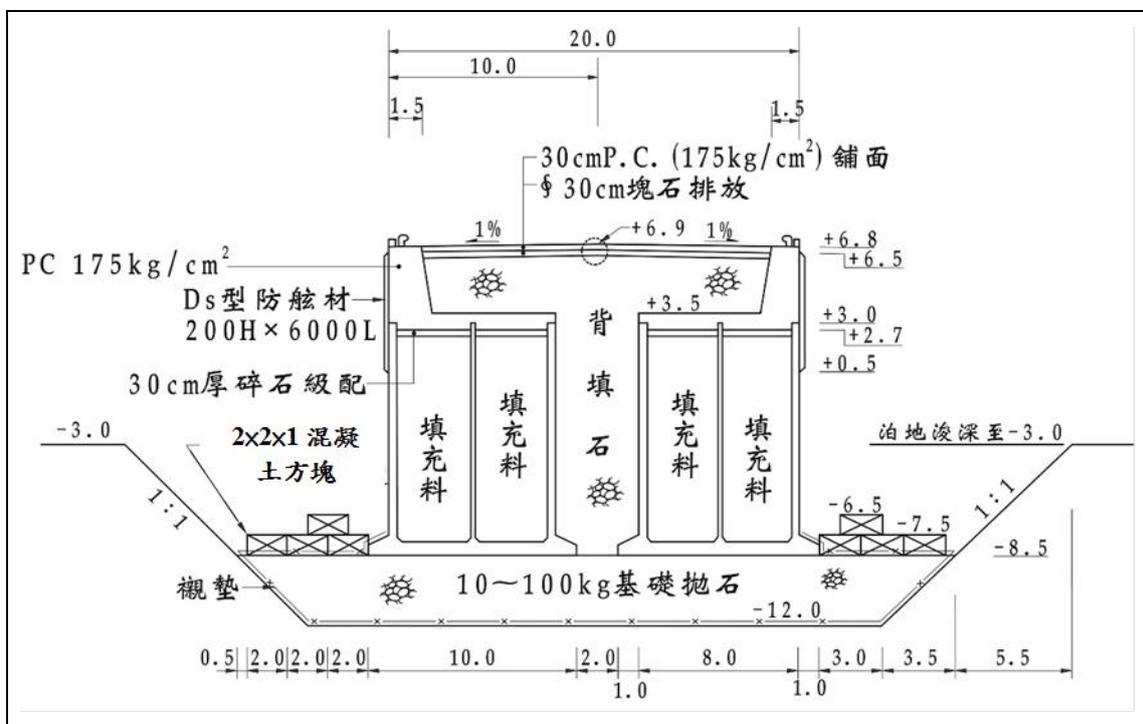


圖 4.4 福澳碼頭區 1 號(#1)碼頭標準斷面圖

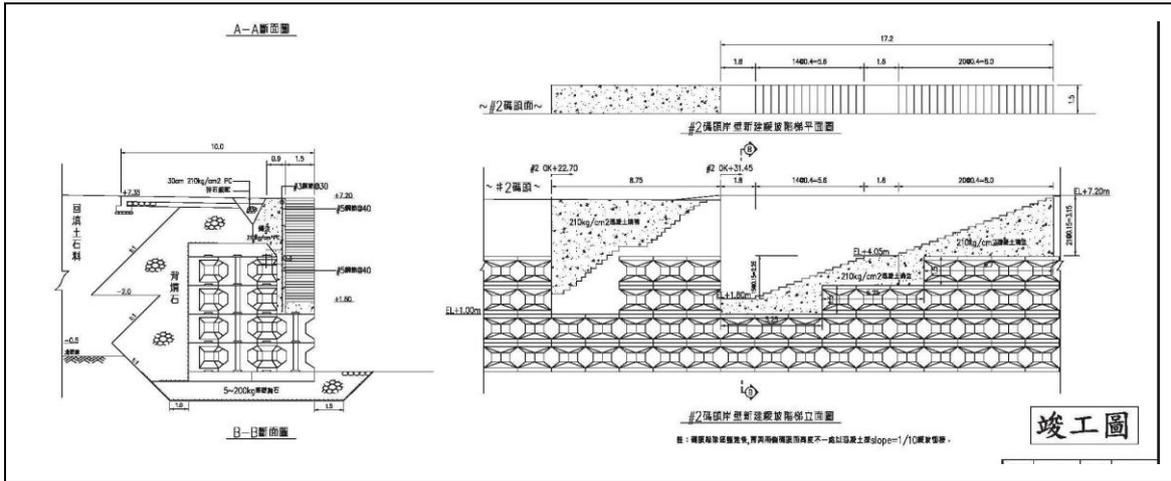


圖 4.5 福澳碼頭區 2 號(#2)碼頭標準斷面圖

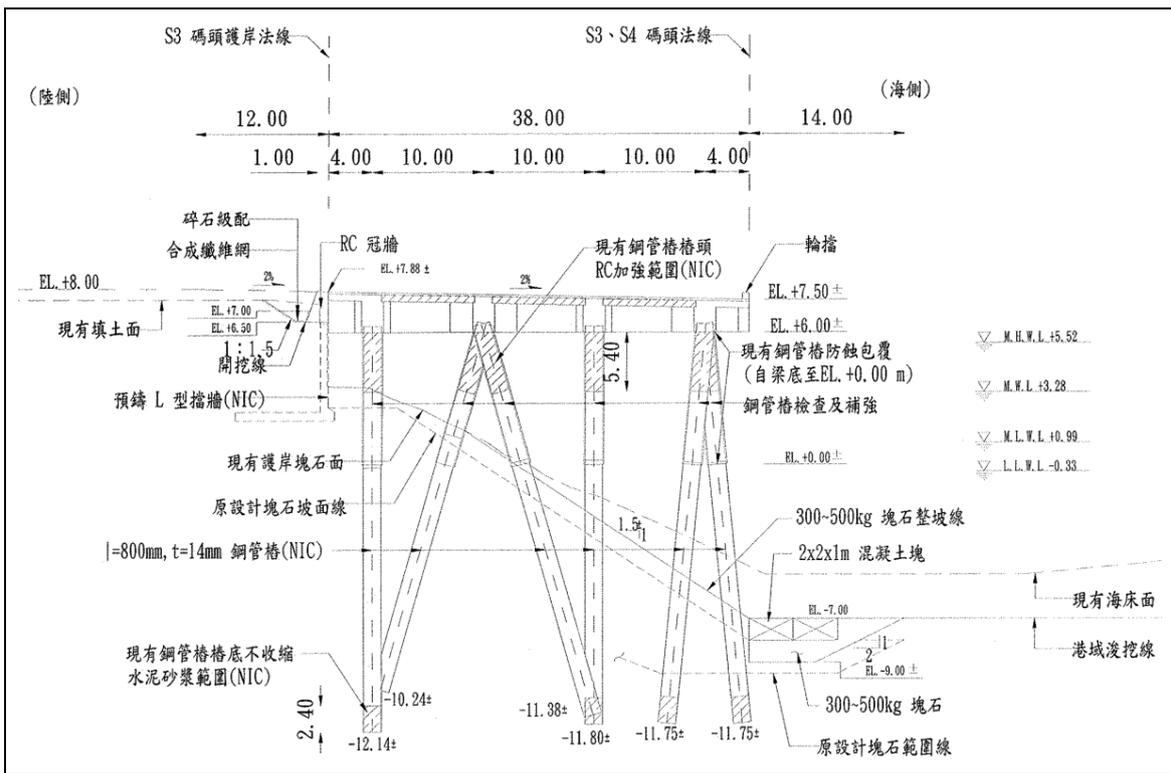


圖 4.6 福澳碼頭區 S3 0K+000~0K+080 碼頭標準斷面圖

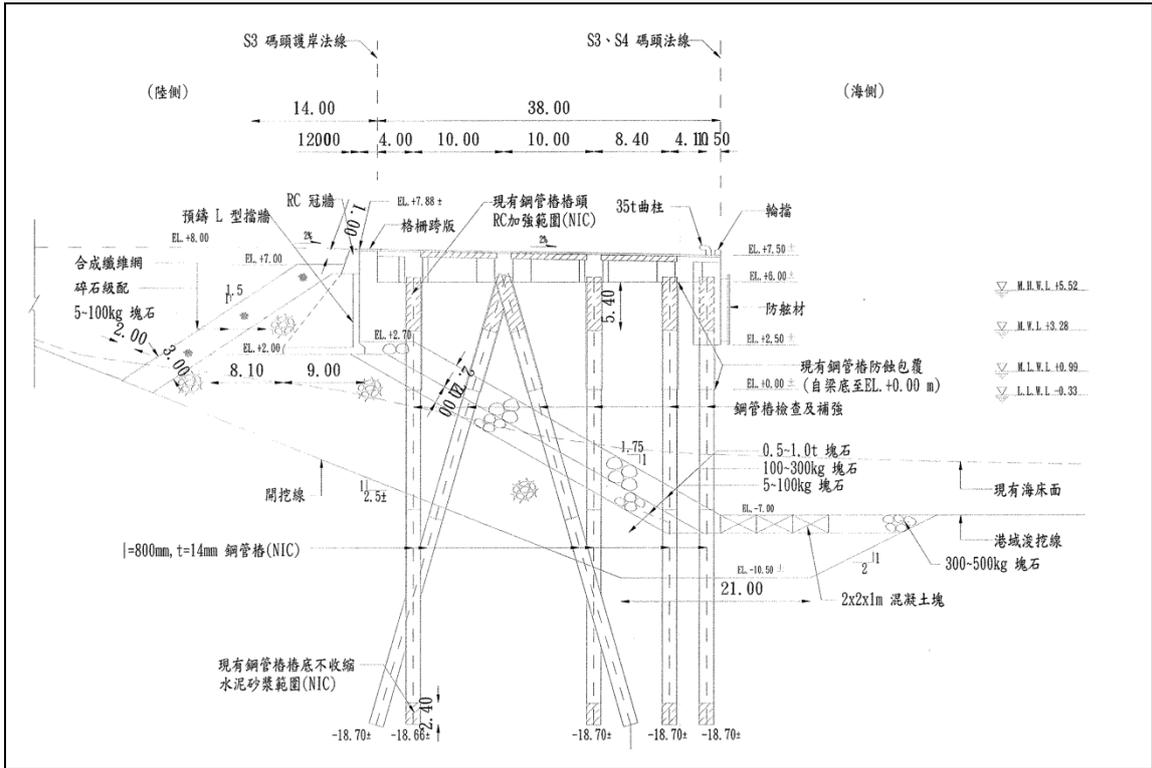


圖 4.7 福澳碼頭區 S3 0K+080~0K+150 碼頭標準斷面圖

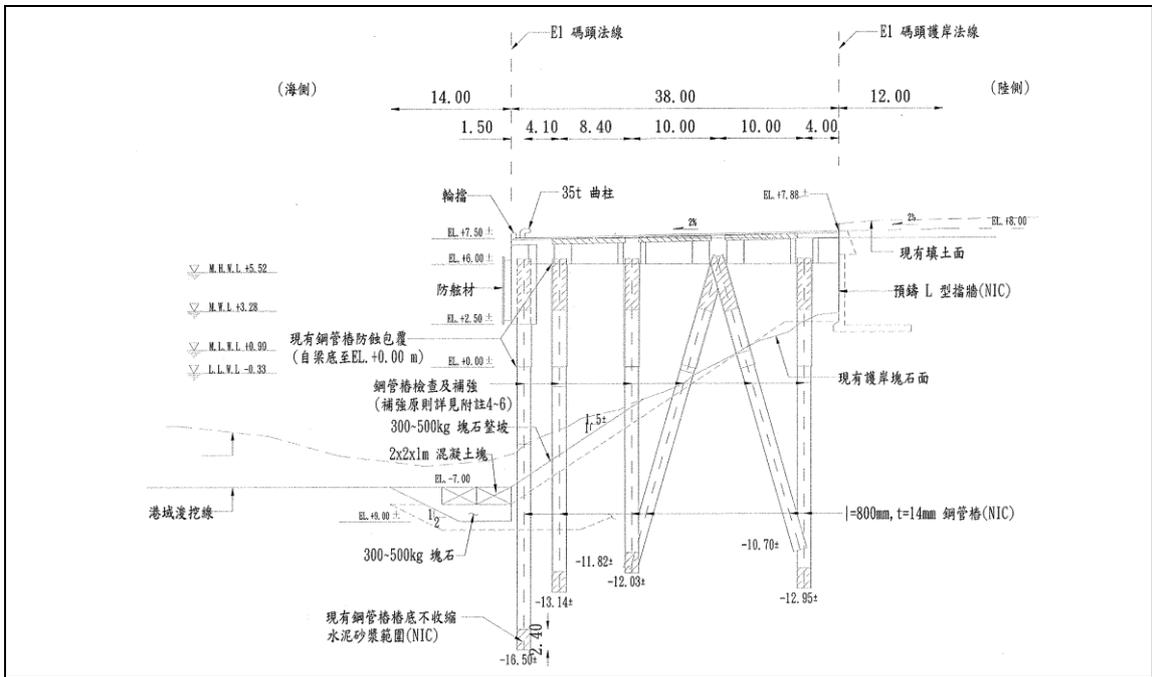


圖 4.8 福澳碼頭 E1 0K+150~0K+182 碼頭標準斷面圖

圖 4.9 為福澳碼頭區民國 107 年 5 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 4.3.2 中。



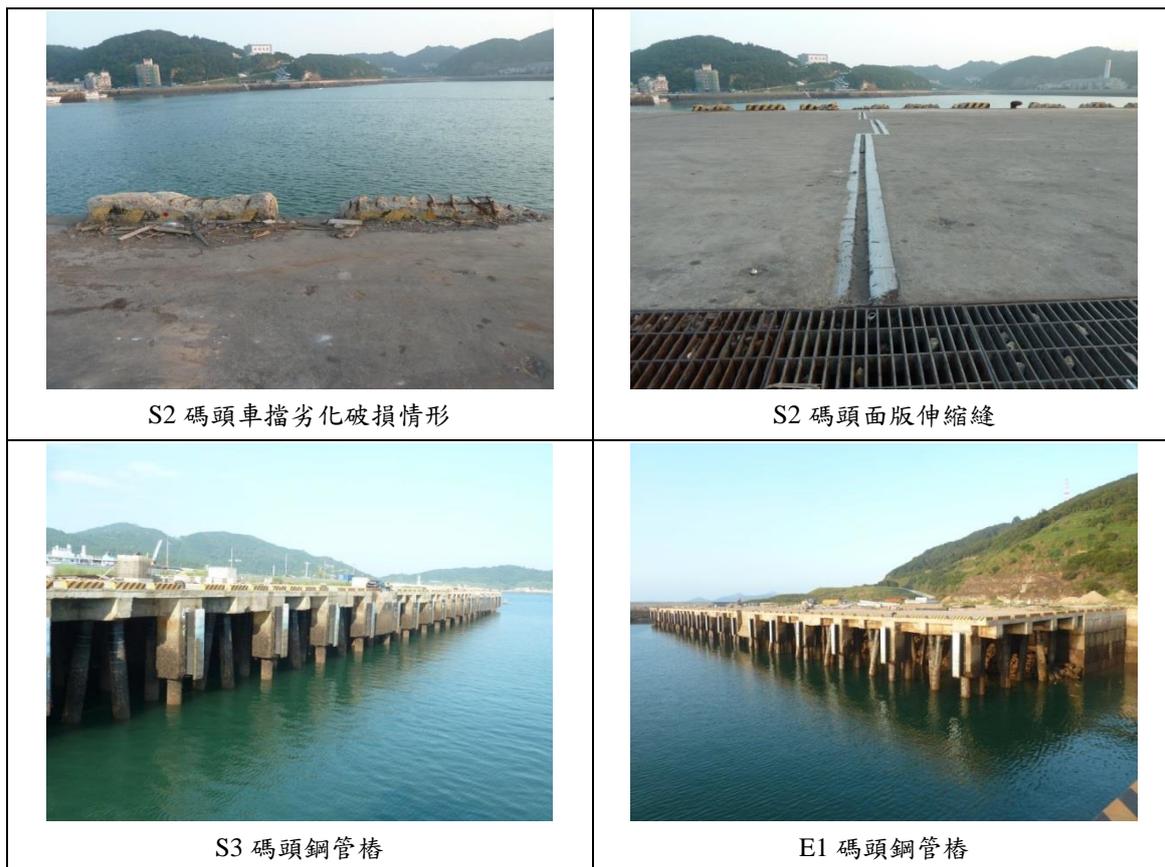


圖 4.9 福澳碼頭區碼頭及防波堤現況(107.05)

2. 白沙碼頭區

本碼頭區位於北竿島西南白沙村海岸，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 4.10 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 4.11 所示。
- (2)南防波堤：拋石堤，長 130m，標準斷面圖如圖 4.12 所示。
- (2)碼頭：包含南、北碼頭、淺水碼頭與浮動碼頭，詳如表 4-4 所示，其標準斷面圖分別如圖 4.13 至圖 4.15 所示。

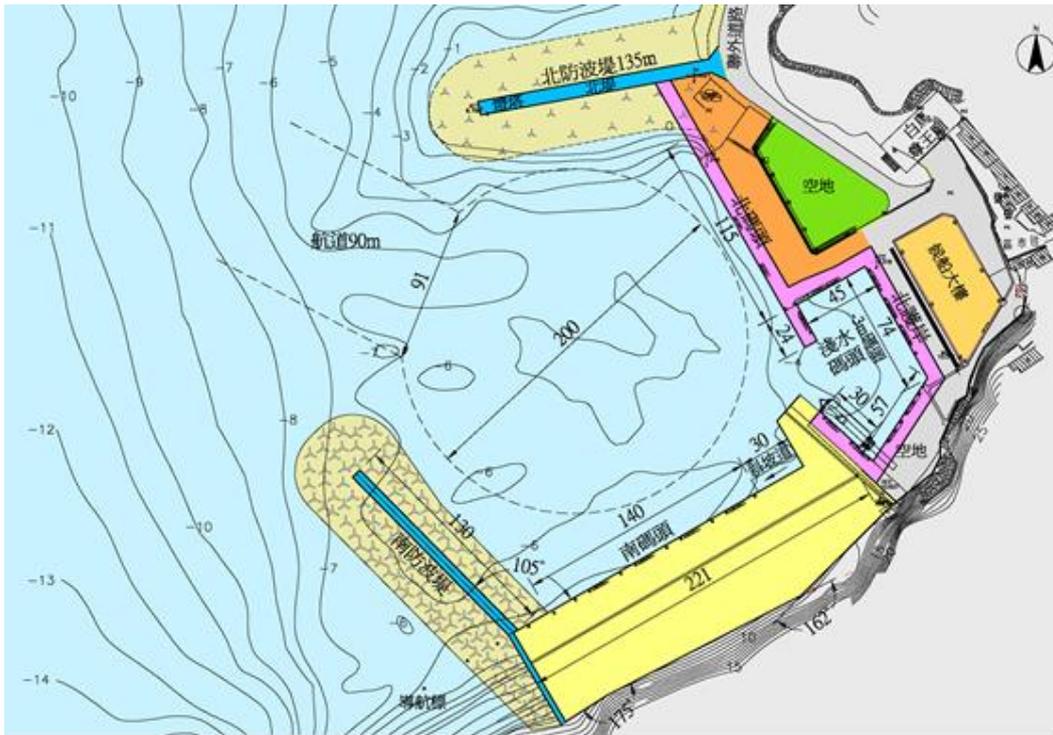


圖 4.10 白沙碼頭區平面圖

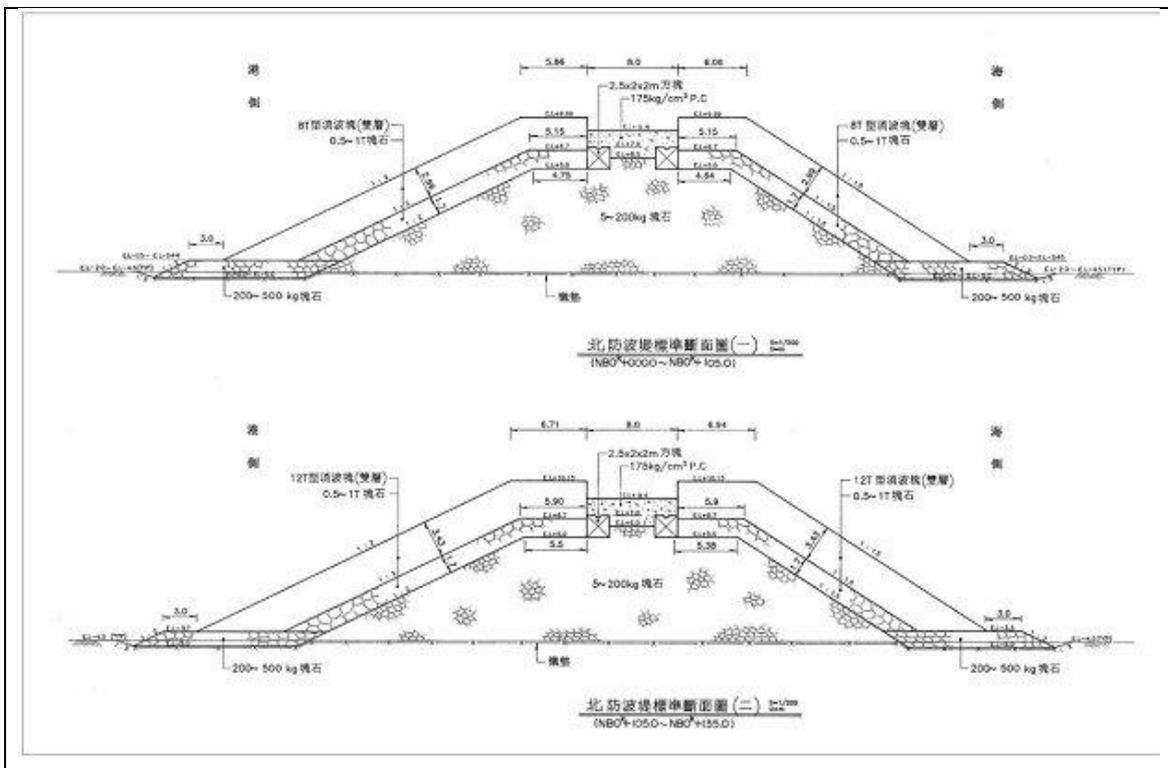


圖 4.11 白沙碼頭區北防波堤標準斷面圖

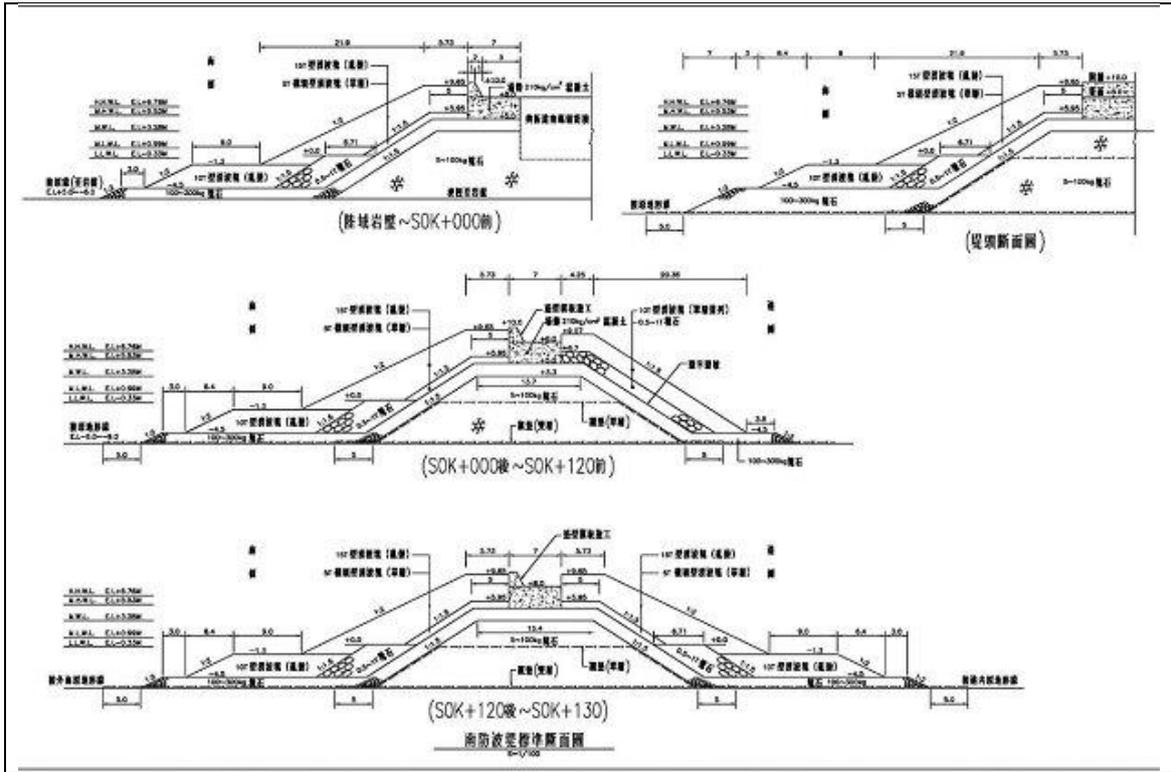


圖 4.12 白沙碼頭區南防波堤標準断面圖

表 4-4 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	200	-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

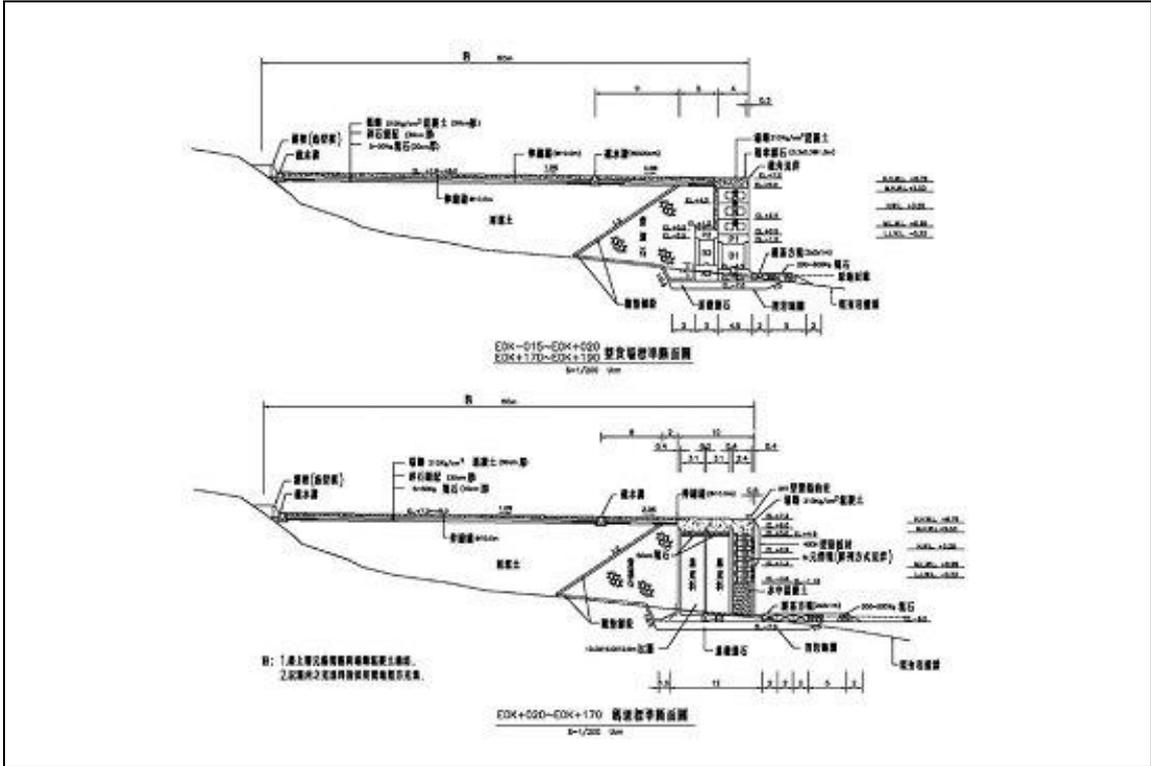


圖 4.13 白沙碼頭區南碼頭標準斷面圖

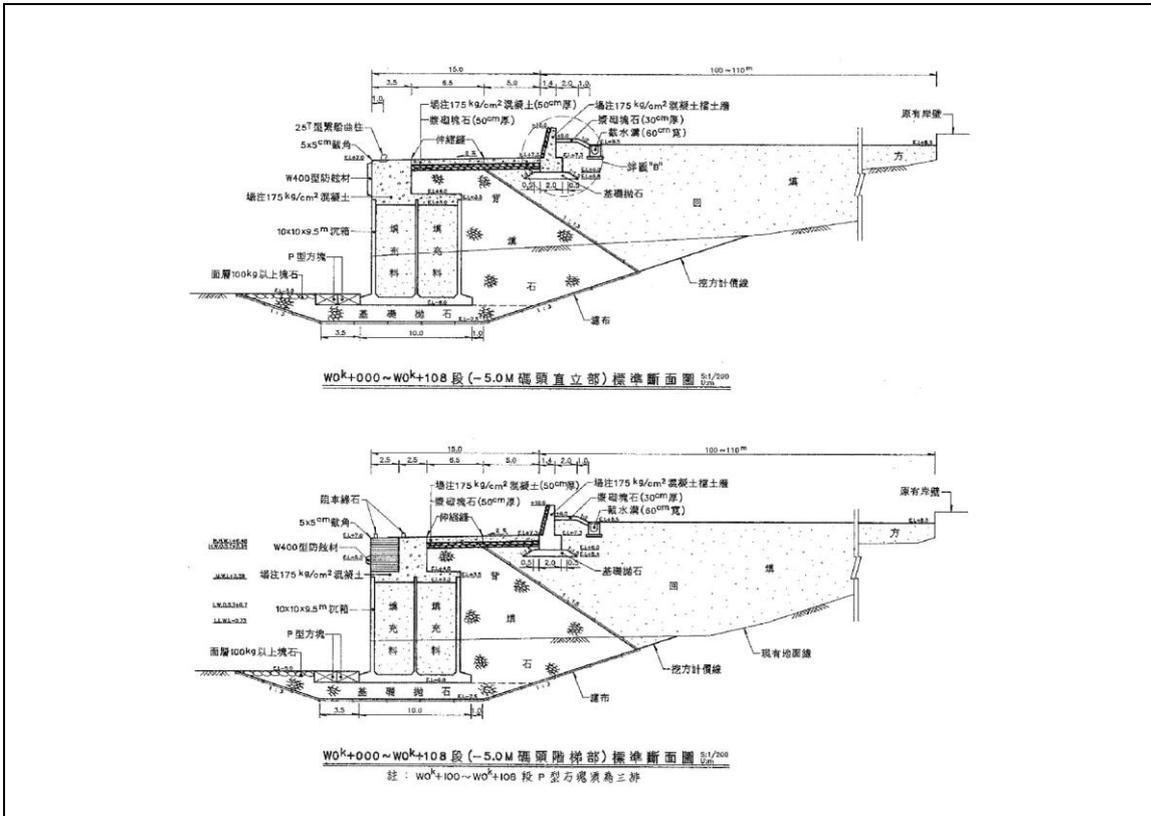


圖 4.14 白沙碼頭區北碼頭標準斷面圖

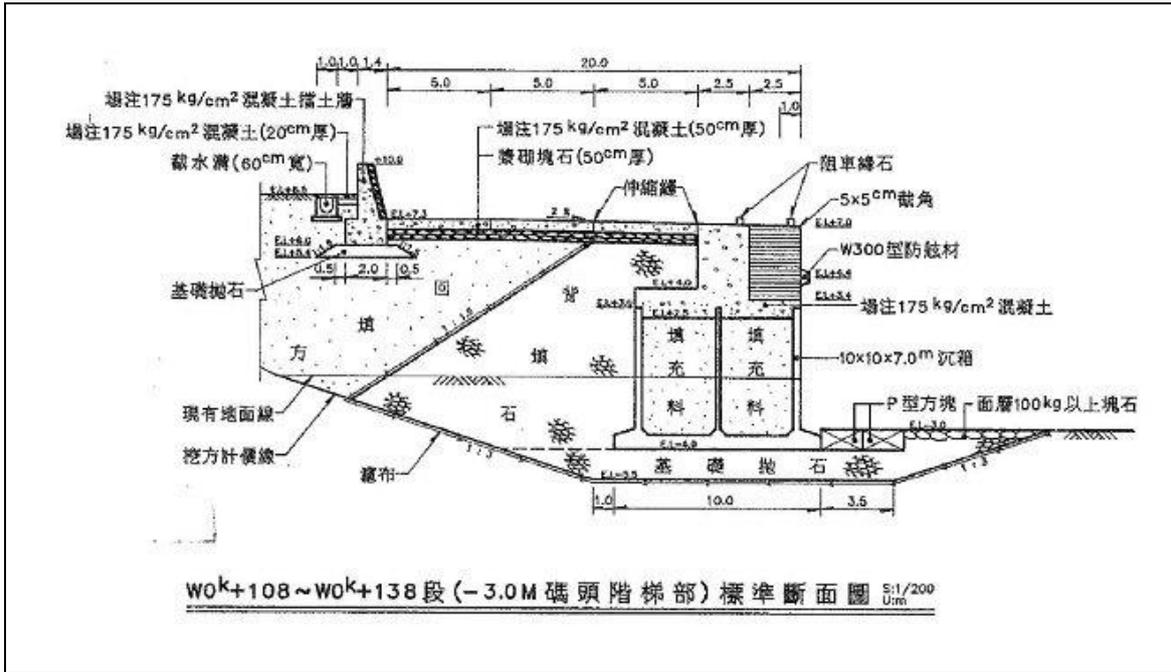


圖 4.15 白沙碼頭區淺水碼頭標準斷面圖

圖 4.16 為白沙碼頭區民國 107 年 5 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 4.3.2 中。





圖 4.16 白沙碼頭區碼頭及防波堤現況((107.05))

3. 青帆碼頭區

本碼頭區位於西莒棋盤山西側海岸，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 4.17 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。內堤：位於南防波堤北側，內側亦兼碼頭，長度為 90m。
- (2)碼頭：包含南防波堤兼碼頭與內堤兼碼頭，詳如表 4-5 所示，其標準斷面圖分別如圖 4.18、圖 4.19 所示。



圖 4.17 青帆碼頭區平面圖

表 4-5 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

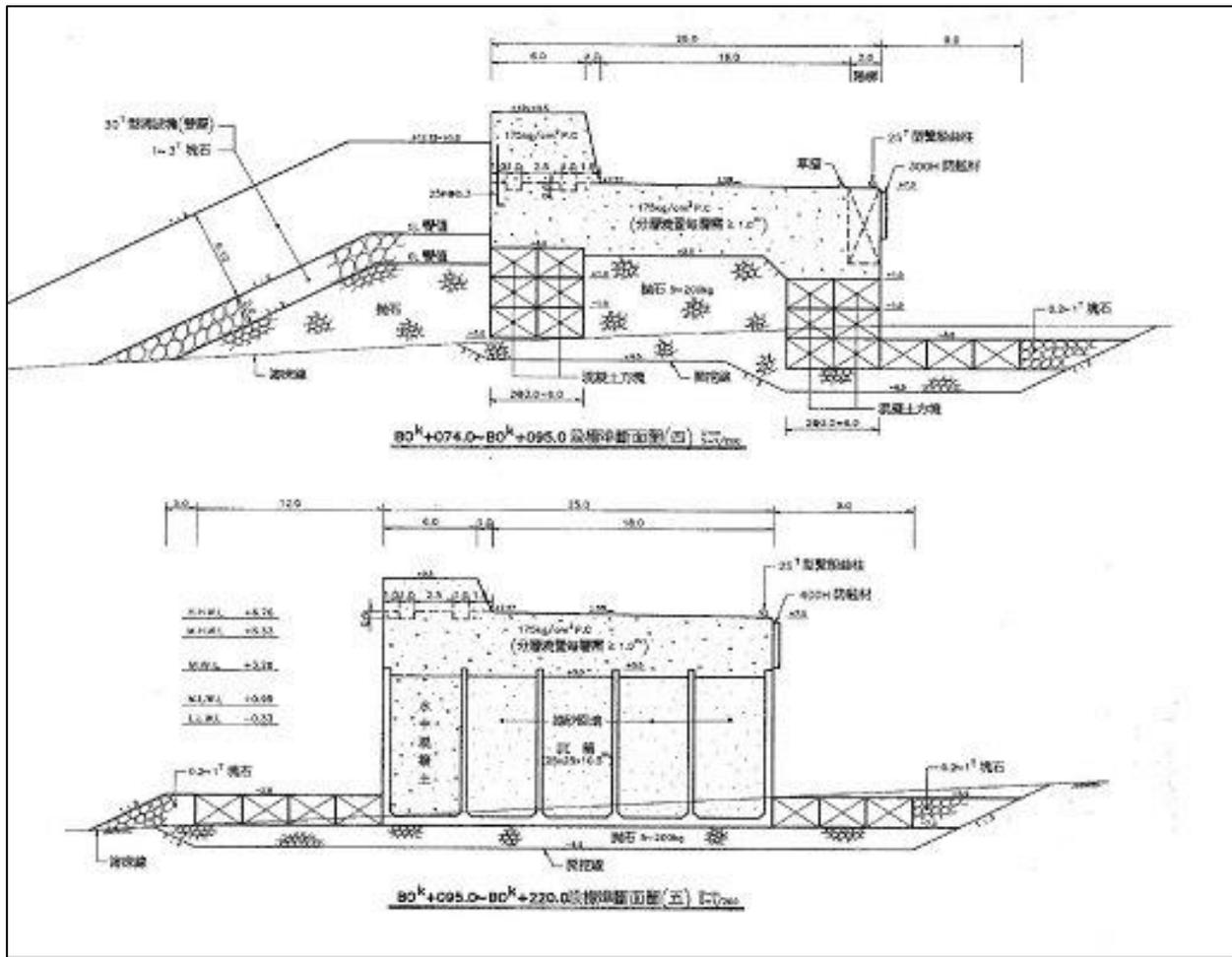


圖 4.18 青帆碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖

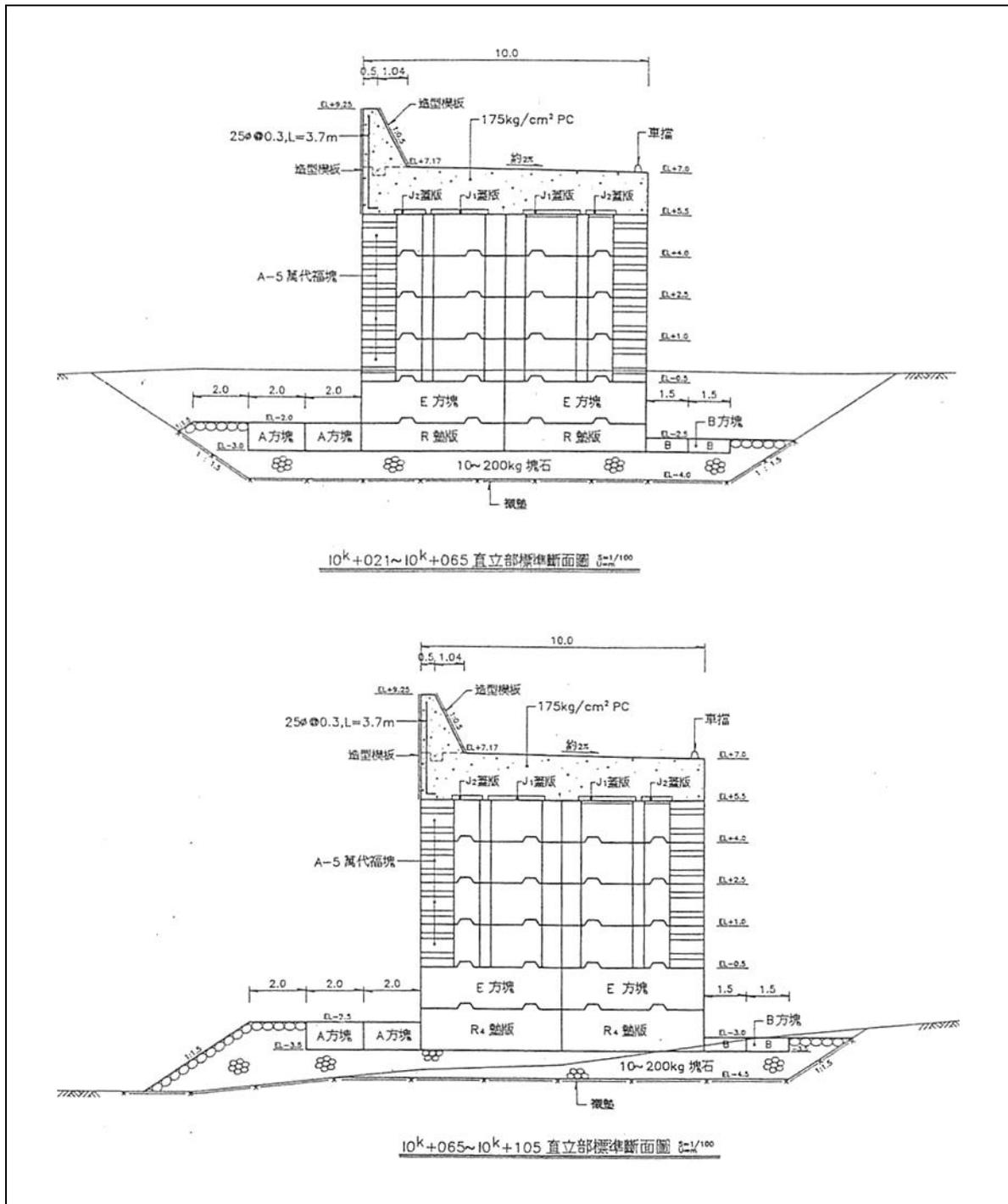


圖 4.19 青帆碼頭區內堤兼碼頭標準斷面圖

圖 4.20 為青帆碼頭區民國 107 年 5 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 4.3.2 中。



圖 4.20 青帆碼頭區碼頭及防波堤現況((107.05))

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，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，船舶冬天靠泊於防波堤南側，夏天靠泊於防波堤北側。碼頭區平面配置如圖 4.21 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 4-6 所示，南防波堤兼碼頭之標準斷面圖，如圖 4.22 所示。

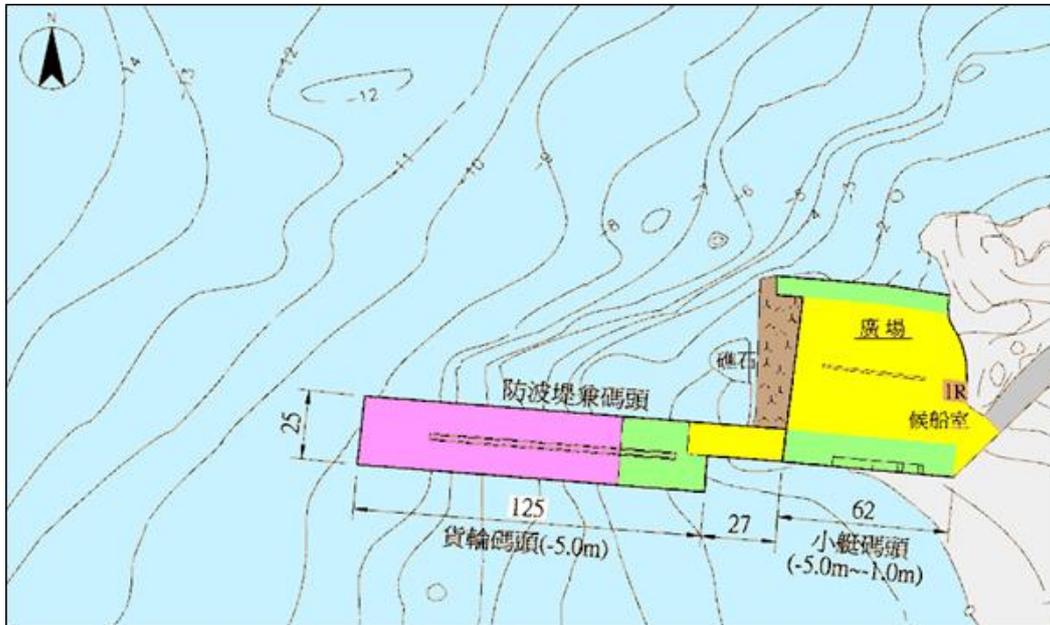


圖 4.21 猛澳碼頭區平面圖

表 4-6 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	89	-0.5~-1.0	小客輪	重力式	含銜接段 27m

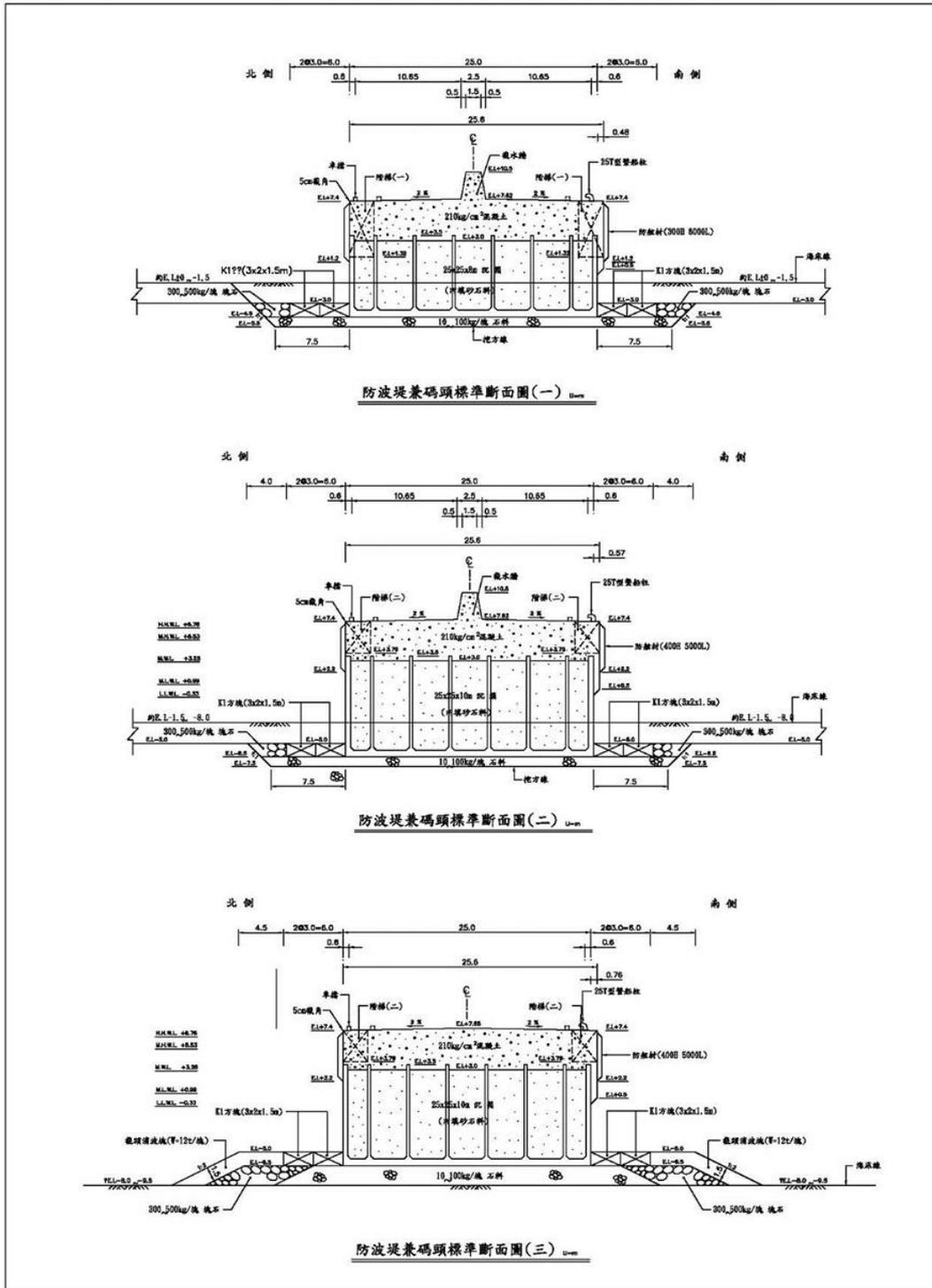


圖 4.22 猛澳碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖

圖 4.23 為猛澳碼頭區民國 107 年 5 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 4.3.2 中。



圖 4.23 猛澳碼頭區碼頭及防波堤現況((107.05))

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，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。碼頭區平面配置如圖 4.24 所示，主要港埠設施如下：

- (1) 拋石式防波堤，總長 190m。防波堤東端內側兼碼頭，升降臺 30m 長，及 160m 長-7.0m 深碼頭。
- (2) 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 4-7 所示，其標準斷面圖如分別如圖 4.25 至圖 4.26 所示。

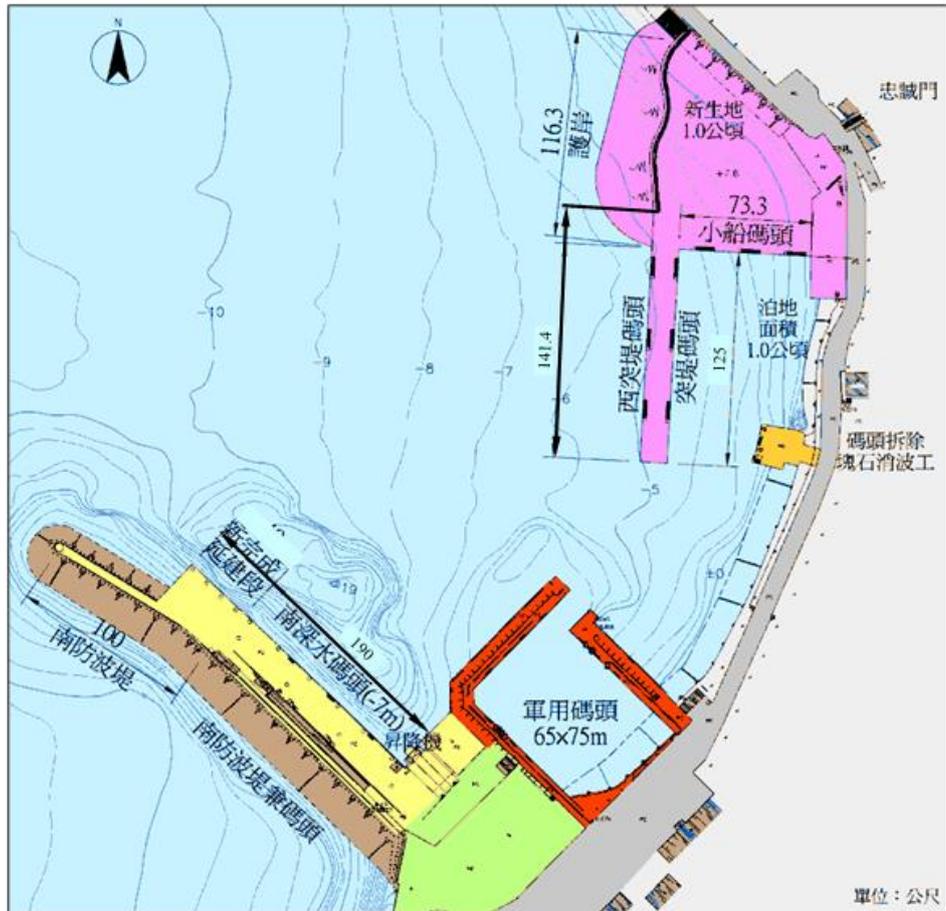


圖 4.24 中柱碼頭區平面圖

表 4-7 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	190	-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	

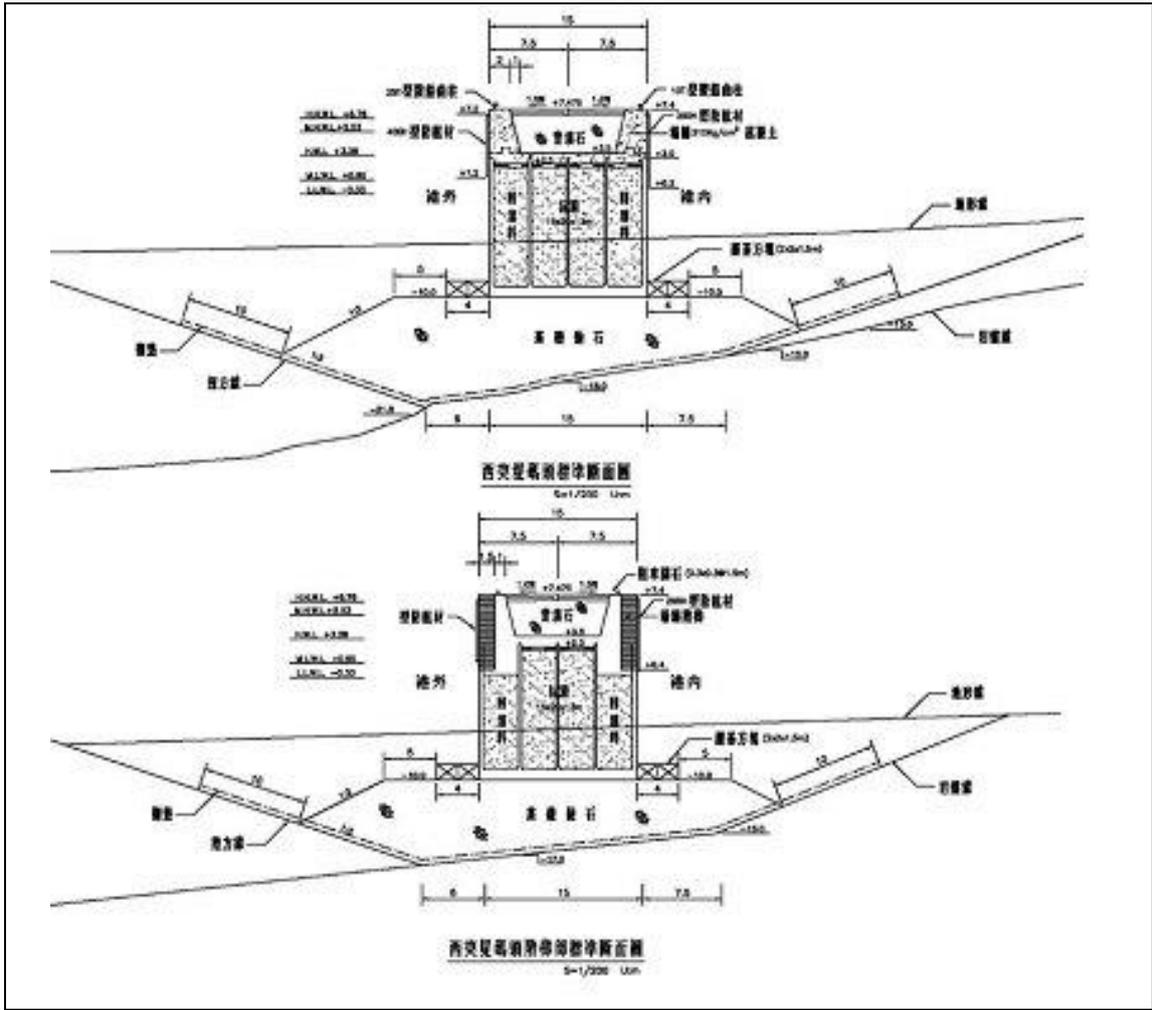


圖 4.25 中柱碼頭區西突堤碼頭標準斷面圖

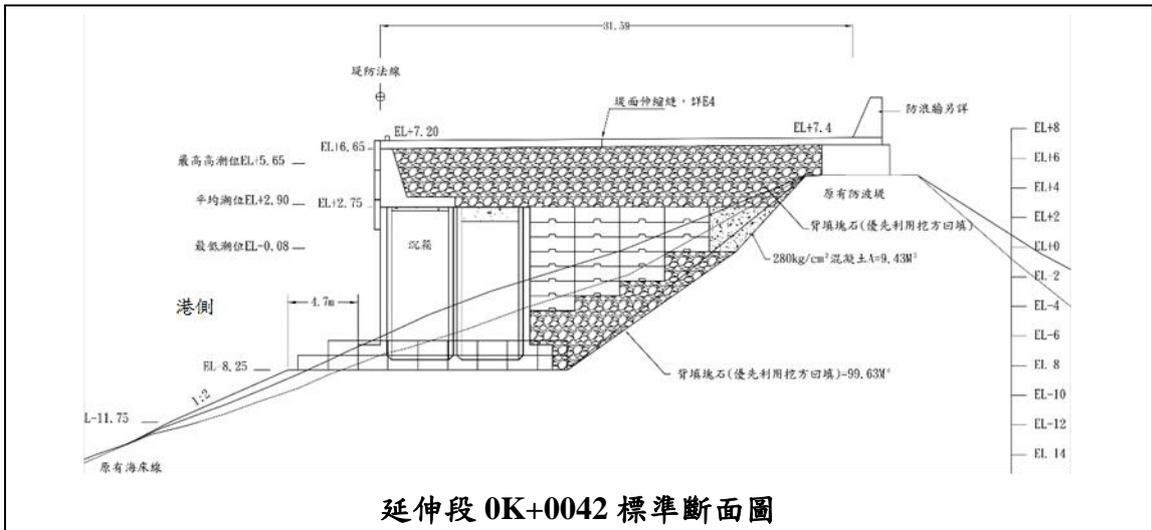


圖 4.26 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖

圖 4.27 為中柱碼頭區民國 107 年 5 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 4.3.2 中。



圖 4.27 中柱碼頭區碼頭及防波堤現況(107.05)

6. 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 4-8，圖 4.28 至圖 4.36 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 4-8 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(支)	3(A 區) 4(B 區)	4(C 區) 3(D 區)	9(E 區)	3(A 區) 4(B 區)
浮箱大小(m)	30 x 15	35 x 15	----	30 x 15
浮箱高度(m)	2.5m	2.5	----	2.5
基樁直徑(mm)	900	900	900	900
基樁鋼材厚度 (mm)	19	19	19	19
浮箱鋼材厚度 (mm)	10.0 12.0	10.0 12.0	---	10.0 12.0

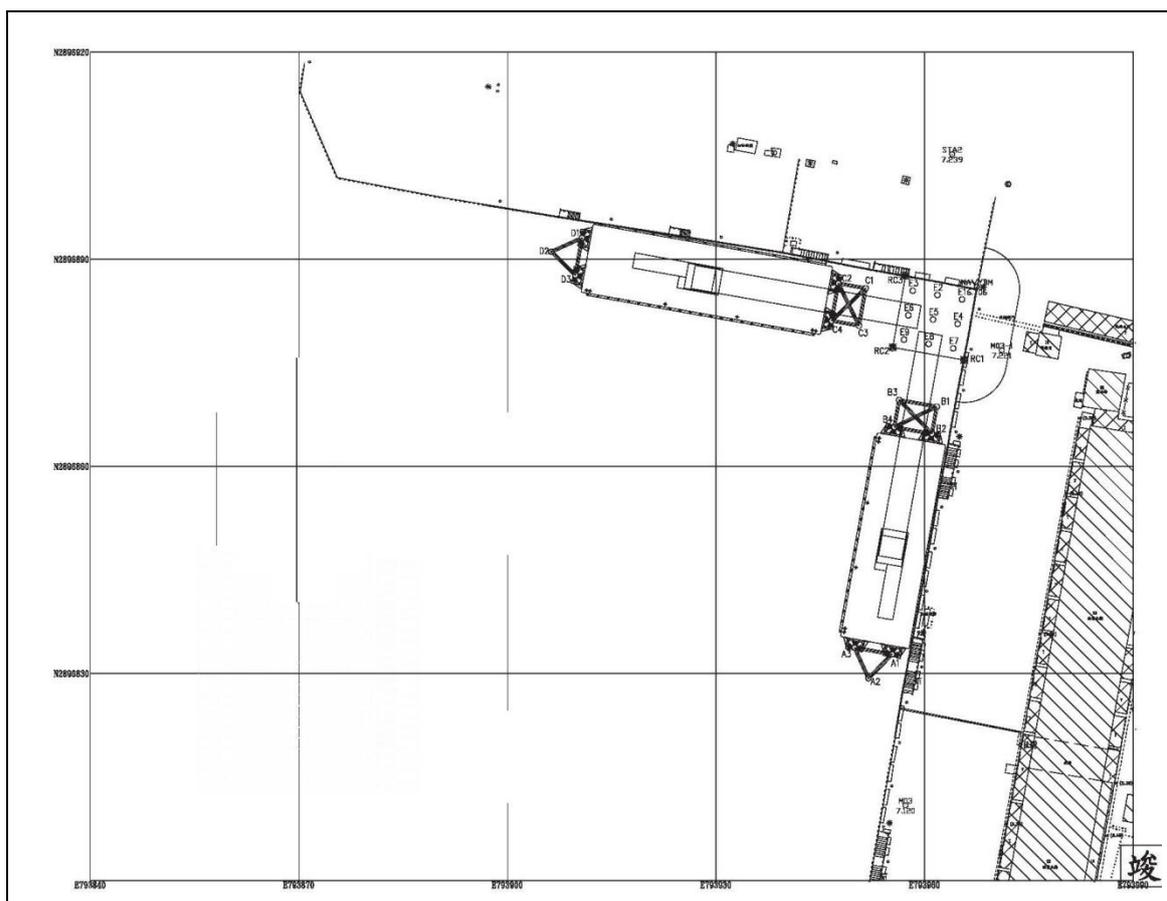


圖 4.28 福澳碼頭區浮動碼頭位置圖

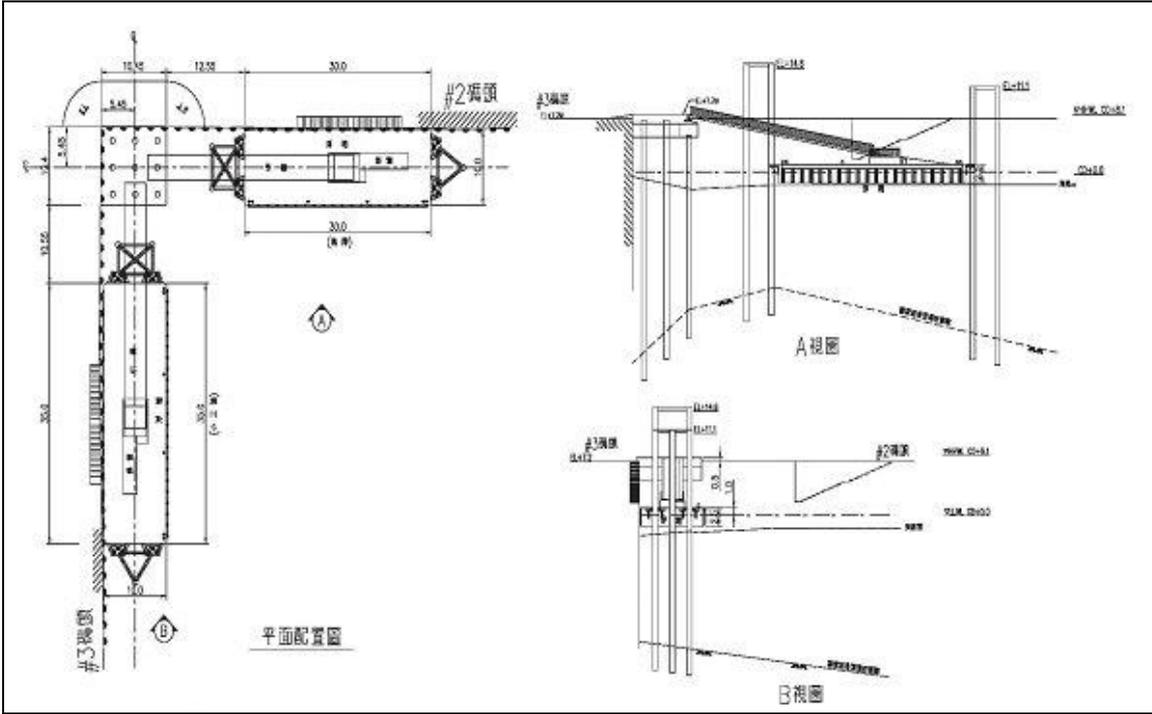


圖 4.29 福澳碼頭區浮動碼頭平面配置與側視圖

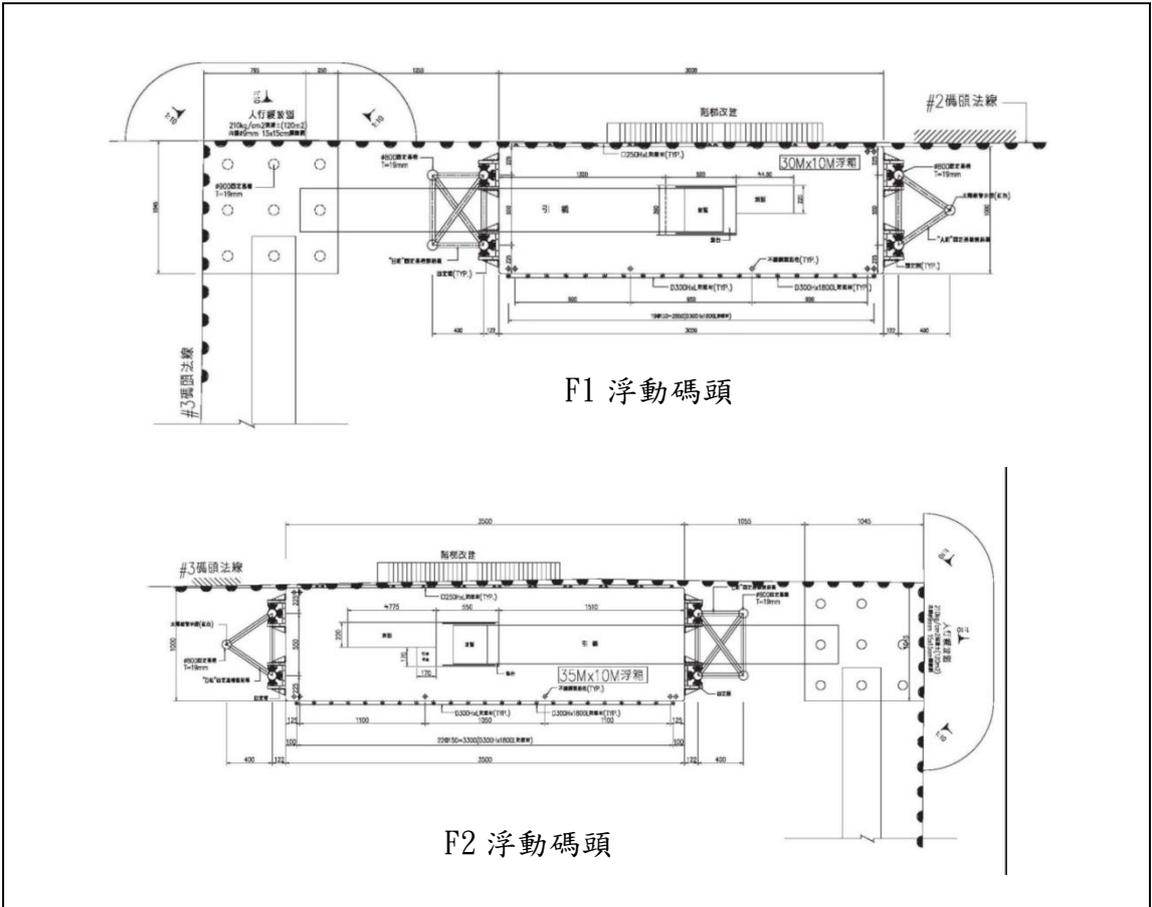


圖 4.30 福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭配置詳圖

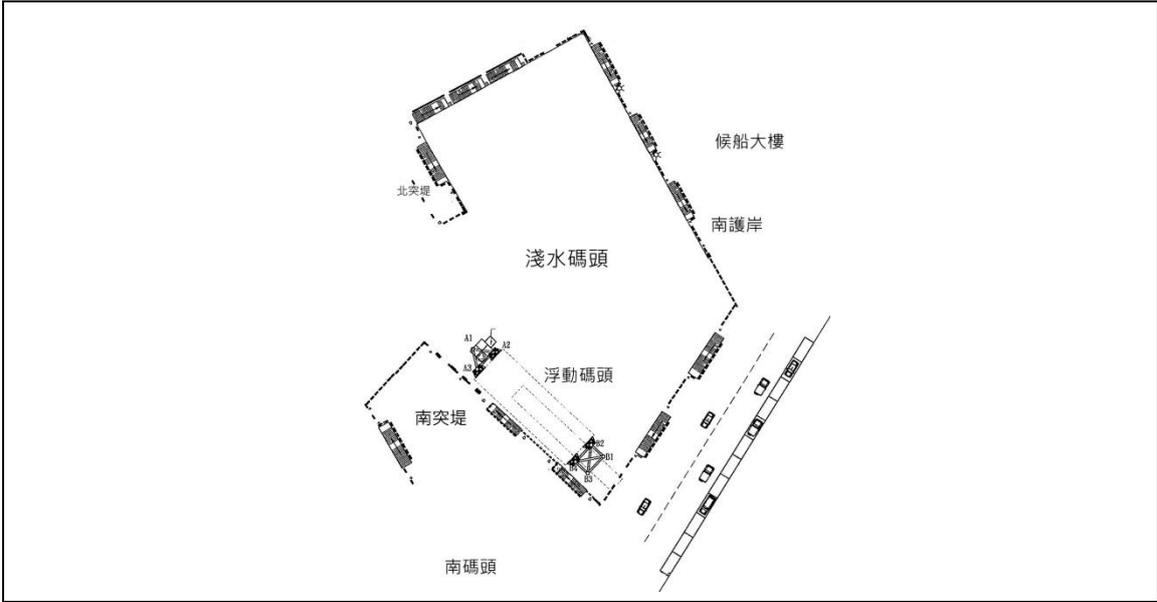


圖 4.31 白沙碼頭區浮動碼頭位置圖

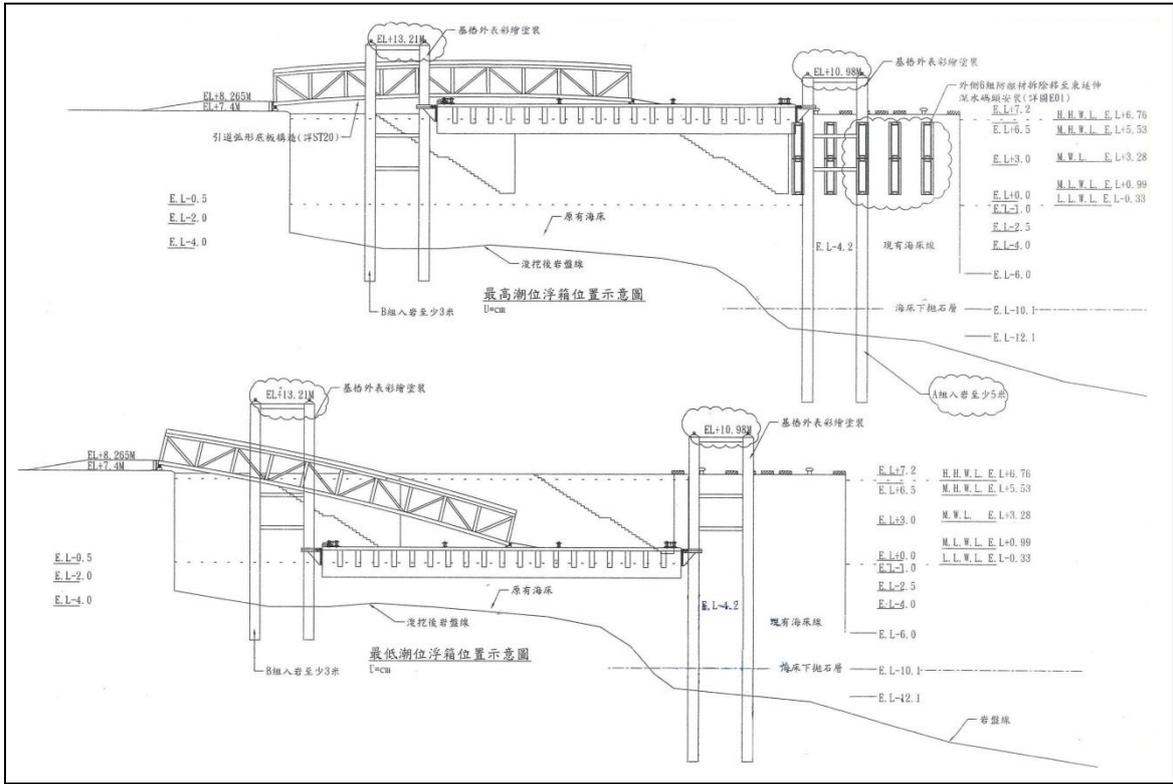


圖 4.32 白沙碼頭區浮動碼頭立面圖

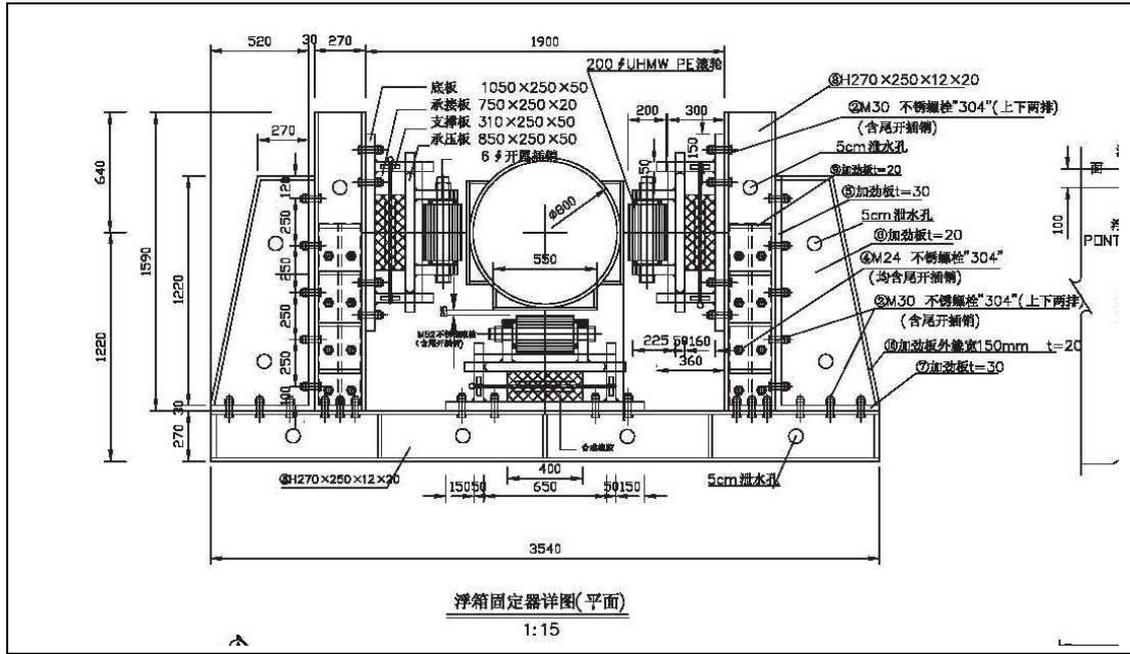


圖 4.35 馬祖港浮動碼頭浮箱固定器詳圖

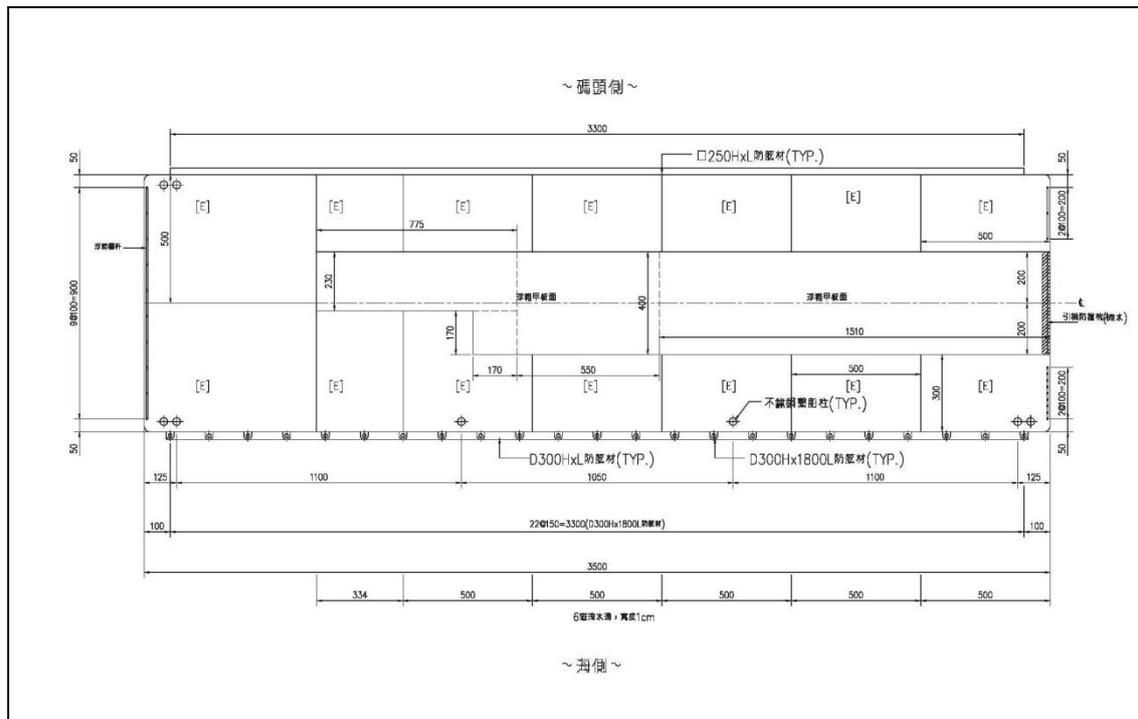


圖 4.36 馬祖港浮動碼頭浮箱附屬設施詳圖(以福澳碼頭區 F1 為例)

4.3.2 碼頭與防波堤經常巡查

本研究於民國 107 年 5 月 25 至 29 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 4-9，並說明如下：

1. 福澳碼頭區：

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：

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 4-9 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	
	#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	
	S2	B01	車擋	龜裂破損	b	3	個	1st~6th	
		B02	車擋	龜裂破損	b	3	個	1s~4th	
		B03	車擋	龜裂破損	a	5	個	1st~6th	
		B04	車擋	龜裂破損	a	7	個	1st~7th	
		B05	車擋	龜裂破損	b	3	個	1rd~5th	
	北防波堤	B23	堤頂	剝落	c	0.3	m2	X=10.6m Y=2.8m	
	白沙碼頭區	南碼頭	B03	車擋	龜裂破損	b	3	個	6th~8th
			B04	車擋	龜裂破損	a	1	個	2nd
B05			車擋	龜裂破損	c	1	個	14th	
B06			車擋	龜裂破損	a	1	個	1st	
B10			車擋	龜裂破損	a	2	個	6th~7th	
B03			繫船柱	腐蝕龜裂	a	1	個	2nd	
B06			繫船柱	腐蝕龜裂	a	1	個	2nd	
B03			防舷材	龜裂破損	a	1	個	2nd	
B04			繫船柱	腐蝕龜裂	a	1	個	2nd	
B06			防舷材	龜裂破損	a	1	個	1st	
B12			防舷材	龜裂破損	a	1	個	5th	
B13			防舷材	龜裂破損	a	1	個	1st	
北碼頭			B01	車擋	龜裂破損	c	3	個	7th~9th
		B02	車擋	龜裂破損	c	2	個	1st~2nd	
		B01	防舷材	龜裂破損	b	1	個	4st	
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	

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	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
	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	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	B04	車擋	龜裂破損	b	1	個	1st
		B05	車擋	龜裂破損	a	2	個	2nd, 3rd
		B06	車擋	龜裂破損	a	1	個	1st
		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
B05	岸肩	裂縫	c	16.4	m	X=6.1m Y=5.3m		
猛澳碼頭區	小艇碼頭	B02	防舷材	龜裂破損	b	1	個	1st
		B01	車擋	龜裂破損	a	1	個	1st
		B01	岸肩	剝落	c	10	m ²	X=18.5m Y=3m
		B02	岸肩	裂縫	b	10	m	X=22m Y=10m
		B03	岸肩	裂縫	b	6.6	m	X=1m Y=6.4m
	南防波堤兼碼頭(南側)	B02	車擋	龜裂破損	a	1	個	2nd
		B04	車擋	龜裂破損	a	1	個	4th
		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
B03	岸肩	裂縫	c	4.6	m	X=0m Y=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	
		B04	岸肩	裂縫	c	11.8	m	X=6.1m Y=3.1m	
		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	
	南防波堤兼碼頭(北側)	B01	車檔	龜裂破損	a	1	個	3rd	
		B03	車檔	龜裂破損	a	1	個	5th	
		B04	車檔	龜裂破損	a	1	個	4th	
		B01	岸肩	裂縫	c	20.0	m	X=7m Y=6m	
		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	
		B04	岸肩	裂縫	c	22.0	m	X=8m Y=6m	
		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	B05	車檔	龜裂破損	a	3	個	1st~3rd
			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	裂縫	c	47.0	m	X=12.5m Y=5m	
B06			岸肩	裂縫	c	10.0	m	X=11.1m Y=6.5m	
突堤碼頭		B04	防舷材	龜裂破損	a	1	個	8th	
		B02	岸肩	裂縫	c	6.0	m	X=7.4m Y=3m	
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	

4.3.3 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：

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 4-10 所示，F1 區介於 -994 ~ -943 mV(vs.飽和甘汞電極，SCE)之間；F2 區介於 -994 ~ -973mV(vs.SCE)之間；E2 區則為-1022 ~ -1012mV(vs.SCE)。浮箱保護電量測結果如表 4-11 所示，F1 區介於 -1025 ~ -980 mV(vs.SCE)之間，F2 區介於 -1025 ~ -999mV(vs.SCE)之間。S2 碼頭量測結果如表 4-12 所示，基樁保護電位介於-1023~ -1000 mV(vs.SCE)之間。

本碼頭區基樁保護電位均小於 -780 mV(vs.SCE)，可達保護基樁與浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-10 福澳碼頭區浮動碼頭基樁保護電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

檢測位置	編號	水深 (m)			檢測位置	編號	水深 (m)		
		-0.5	-1.0	-2.0			-0.5	-1.0	-2.0
F1 區	A1	-976	-973	-973	F2 區	C1	-990	-988	-986
	A2	-975	-977	-979		C2	-992	-980	-990
	A3	-975	-975	-975		C3	-992	-982	-986
	B1	-994	-994	-994		C4	-994	-990	-982
	B2	-994	-943	-994		D1	-980	-992	-980
	B3	-989	-988	-988		D2	-973	-982	-980
	B4	-988	-988	-989		D3	-994	-992	-983
E 區	E1	-1017	-1018	-1022	---	---	---	---	
	E2	-1018	-1018	-1022	---	---	---	---	
	E3	-1016	-1018	-1022	---	---	---	---	
	E4	-1018	-1019	-1020	---	---	---	---	
	E5	-1014	-1018	-1022	---	---	---	---	
	E6	-1016	-1016	-1020	---	---	---	---	
	E7	-1017	-1018	-1018	---	---	---	---	
	E8	-1017	-1016	-1020	---	---	---	---	
	E9	-1012	-1016	-1016	---	---	---	---	

表 4-11 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱保護電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

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	-1025	-1013	-999	F2 區 浮箱	1	-1024	-1010	-1000
	2	-1021	-1010	-1000		2	-1025	-1021	-1002
	3	-1008	-1014	-1002		3	-1023	-1022	-1012
	4	-1020	-1013	-1001		4	-1008	-1020	-1018
	5	-1009	-1012	-980		5	-1021	-1020	-1019
	6	-1022	-1010	-998		6	-1025	-1021	-1010
	7	-1009	-1012	-1012		7	-1023	-1018	-1008
	8	-1999	-1013	-1012		8	-1024	-1008	-1021
	9	-1020	-1019	-1020		9	-999	-1021	-1009
	10	-1010	-1010	-1002		10	-1008	-1022	-1021
	11	-1020	-1002	-1014		11	-1020	-1021	-1021
	12	-1022	-1000	-1008		12	-1022	-1022	-1008
	13	-1000	-1000	-1000		13	-1021	-1018	-1009
	14	-1018	-1008	-1012		14	-1022	-1020	-1020
	15	-1002	-1000	-1012		15	-1019	-1020	-1018
	16	-998	-1002	-1008		16	-1023	-1021	-1013
	17	-1001	-1014	-1014		17	-1018	-1020	-1018
	18	-1021	-1008	-1012		18	-1022	-1023	-1008
	19	-1021	-1010	-999		19	-1021	-1022	-1012
	20	-1023	-1014	-1002		20	-1023	-1022	-1016

表 4-12 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁保護電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

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	-1012	-1016	-1008	S2 -1	20_1	-1018	-1020	-1020
	7_2	-1018	-1016	-1012		20_2	-1016	-1020	-1020
	7_3	-1021	-1020	-1018		20_3	-1018	-1018	-1018
	8_1	-1021	-1020	-1020		21_1	-1020	-1020	-1020
	8_2	-1023	-1022	-1016		21_2	-1020	-1018	-1020
	8_3	-1018	-1020	-1019		21_3	-1018	-1018	-1020
	9_1	-1010	-1020	-1020		22_1	-1008	-1020	-1020
	9_2	-1016	-1021	-1018		22_2	-1021	-1020	-1018
	9_3	-1018	-1023	-1019		22_3	-1020	-1020	-1020
	10_1	-1020	-1018	-1020		23_1	-1021	-1020	-1020
	10_2	-1016	-1016	-1021		23_2	-1022	-1021	-1022
	10_3	-1021	-1018	-1018		23_3	-1020	-1020	-1020
	11_1	-1017	-1020	-1018		24_1	-1018	-1020	-1020
	11_2	-1018	-1018	-1020		24_2	-1021	-1020	-1018
	11_3	-1019	-1018	-1021		24_3	-1020	-1018	-1000
	12_1	-1018	-1020	-1021		25_1	-1006	-1016	-1020
	12_2	-1014	-1000	-1018		25_2	-1018	-1020	-1020
	12_3	-1016	-1018	-1020		25_3	-1016	-1020	-1020
	13_1	-1020	-1008	-1018		26_1	-1020	-1018	-1020
	13_2	-1018	-1020	-1020		26_2	-1018	-1016	-1014
	13_3	-1021	-1011	-1020		26_3	-1020	-1018	-1016
	14_1	-1022	-1021	-1020		27_1	-1020	-1020	-1018
	14_2	-1020	-1018	-1020		27_2	-1018	-1016	-1014
	14_3	-1011	-1021	-1019		27_3	-1020	-1020	-1018
	15_1	-1012	-1012	-1019		28_1	-1018	-1018	-1018
	15_2	-1014	-1012	-1020		28_2	-1008	-1016	-1020
	15_3	-1016	-1018	-1018		28_3	-1021	-1018	-1021
	16_1	-1018	-1000	-1019		29_1	-1020	-1020	-1020
	16_2	-1018	-1016	-1019		29_2	-1018	-1020	-1021
	16_3	-1022	-1020	-1020		29_3	-1021	-1015	-1018

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
	17_1	-1021	-1016	-1019		30_1	-1021	-1021	-1020
	17_2	-1018	-1018	-1019		30_2	-1020	-1023	-1018
	17_3	-1019	-1019	-1021		30_3	-1018	-1020	-1020
	18_1	-1020	-1019	-1020		30_1	-1018	-1020	-1008
	18_2	-1021	-1020	-1020		30_2	-912	-909	-913
	18_3	-1020	-1020	-1021		30_3	-910	-920	-908
	S2 -1	19_1	-1018	-1020		-1018			
19_2		-1018	-1020	-1016					
19_3		-1020	-1020	-1020					

(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 4-13 所示，基樁保護電位介於 -995 ~ -960 mV(vs.SCE) 之間。浮箱則介於 -1007 ~ -1005 mV(vs.SCE) 之間，均小於 -780 mV(vs.SCE)，可達保護基樁與浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-13 白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱保護電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

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	-968	-974	-976	浮箱	1	-1006	-1007	-1007
						2	-1007	-1007	-1006
						3	-1007	-1007	-1007
	A2	-967	-972	-970		4	-1007	-1006	-1007
						5	-1007	-1007	-1007
						6	-1007	-1005	-1007
	A3	-964	-965	-970		7	-1007	-1007	-1007
						8	-1006	-1007	-1007
						9	-1007	-1007	-1007
	B1	-968	-969	-960		10	-1006	-1007	-1007
						11	-1007	-1007	-1006
						12	-1007	-1007	-1007

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
	B2	-967	-965	-962		13	-1007	-1007	-1007
						14	-1007	-1007	-1007
						15	-1007	-1005	-1007
	B3	-980	-986	-995		16	-1007	-1006	-1006
						17	-1007	-1007	-1007
						18	-1006	-1007	-1007
	B4	-982	-989	-990		19	-1007	-1006	-1007
						20	-1007	-1007	-1007

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 4-14 至表 4-16 所示，各區陽極塊表面覆著海生物清除前後 F1 區為 -1012 ~ -990 mV 與 -1021 ~ -990 mV(vs.SCE)之間，F2 區為 -1003 ~ -988 mV 與 -1022 ~ -996 mV(vs.SCE)之間，E 區則為 -1010 ~ -960mV 與 -1024 ~ -1016mV(vs.SCE)之間。陽極塊發生電位均小於 -780 mV(vs.SCE)，可達保護基樁鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-14 福澳碼頭區 F1 浮動碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

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	-998	-1005	-993	-990	-993	-1000
F1A1-2	----	----	----	----	----	----
F1A2-1	-1002	-1004	-998	-1010	-1010	-1010
F1A2-2	-999	-1006	-1012	-1008	-1006	-1012
F1A3-1	-990	-1004	-997	-1000	-1008	-999
F1A3-2	-1003	-1006	-1008	-1013	-1007	-1004
F1B1-1	-1010	-1002	-1002	-1008	-1010	-1021

陽極塊編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
F1B1-2	-1000	-1000	-999	-1021	-1012	-1010
F1B2-1	-1002	-1004	-998	-1000	-999	-990
F1B2-2	-1004	-1008	-1002	-1021	-1021	-1008
F1B3-1	-1002	-1000	-1000	-1012	-1008	-1010
F1B3-2	-1006	-1000	-998	-1020	-1020	-1020
F1B4-1	-1002	-1004	-999	-1010	-1018	-1018
F1B4-2	-1004	-1006	-1000	-1012	-1013	-1016

表 4-15 福澳碼頭區 F2 浮動碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

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	-996	-1002	-995	-999	-1000	-1002
F2C1-2	-998	-1005	-999	-996	-1020	-1018
F2C2-1	-998	-1001	-990	-998	-1018	-1018
F2C2-2	-992	-1002	-998	-1020	-1018	-1017
F2C3-1	-999	-998	-999	-1003	-1016	-1020
F2C3-2	-990	-1002	-1002	-1014	-1012	-1018
F2C4-1	-999	-999	-1000	-1014	-1013	-1020
F2C4-2	-1001	-999	-998	-1020	-1018	-1020
F2D1-1	-999	-1001	-991	-1020	-1016	-1020
F2D1-2	-990	-1000	-1001	-1018	-1020	-1021
F2D2-1	-988	-1002	-1003	-1010	-1021	-1022
F2D2-2	-1002	-990	-998	-1020	-1011	-1018
F2D3-1	-999	-999	-999	-1018	-1000	-1020
F2D3-2	-998	-999	-989	-1016	-1008	-1016

表 4-16 福澳碼頭區 E 區平台基樁陽極塊發生電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

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	-999	-1001	-1002	-1017	-1018	-1022
E1-2	-998	-1001	-1002	-1018	-1020	-1022
E2-1	-1000	-1002	-1003	-1020	-1018	-1020
E2-2	-980	-1001	-1002	-1016	-1022	-1020
E3-1	-990	-1000	-1000	-1018	-1020	-1021
E3-2	-980	-988	-1002	-1020	-1020	-1018
E4-1	-999	-999	-1002	-1022	-1018	-1020
E4-2	-990	-1000	-1000	-1020	-1020	-1020
E5-1	-998	-960	-990	-1020	-1018	-1018
E5-2	-1002	-988	-999	-1018	-1020	-1021
E6-1	-999	-1010	-1000	-1021	-1020	-1020
E6-2	-1000	-999	-1008	-1020	-1020	-1023
E7-1	-1000	-1002	-1000	-1018	-1018	-1020
E7-2	-1002	-1000	-1008	-1018	-1020	-1020
E8-1	-989	-963	-990	-1022	-1022	-1022
E8-2	-1001	-999	-1002	-1024	-1024	-1022
E9-1	-999	-1002	-1001	-1020	-1020	-1019
E9-2	-998	-999	-1000	-1023	-1021	-1022

F1、F2 浮動碼頭浮箱分別選擇 14、10 處陽極塊檢測發生電位，量測結果如表 4-17 所示。F1 浮動碼頭浮箱陽極塊表面覆著海生物清除前後為 -1003 ~ -980 mV 與 -1035 ~ -1016mV(vs.SCE)之間，F2 浮動碼頭浮箱陽極塊表面覆著海生物清除前後為 -1008 ~ -998 mV 與 -1042 ~ -980 mV(vs.SCE)之間陽極塊發生電位均小於 -780 mV(vs.SCE)，可達保護浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-17 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

陽極塊編號	海生物清除前			海生物清除後		
	上	中	下	上	中	下
F1 浮箱-1	-1000	-999	-980	-1029	-1035	-1016
F1 浮箱-2	-1001	-1002	-1001	-1028	-1034	-1035
F1 浮箱-3	-1002	-1003	-1001	-1028	-1030	-1030
F1 浮箱-4	-999	-1000	-999	-1025	-1028	-1028
F1 浮箱-5	-1000	-1002	-1000	-1028	-1028	-1028
F1 浮箱-6	-998	-999	-999	-1027	-1026	-1032
F1 浮箱-7	-1001	-1001	-1003	-1025	-1027	-1030
F1 浮箱-8	-1002	-1002	-1003	-1021	-1028	-1025
F1 浮箱-9	-1001	-1002	-999	-1022	-1030	-1028
F1 浮箱-10	-1001	-1001	-1000	-1021	-1032	-1032
F1 浮箱-11	-1000	-1002	-1000	-1030	-1032	-1030
F1 浮箱-12	-999	-1000	-1001	-1028	-1025	-1021
F1 浮箱-13	-999	-998	-1000	-1021	-1030	-1032
F1 浮箱-14	-1000	-990	-1002	-1030	-1030	-1032
F2 浮箱-1	-1002	-1003	-1001	-1028	-1022	-1030
F2 浮箱-2	-1002	-999	-1003	-1032	-1033	-1038
F2 浮箱-3	-1000	-1001	-1002	-1030	-1032	-1036
F2 浮箱-4	-1001	-999	-999	-1032	-1028	-1020
F2 浮箱-5	-1003	-1000	-1001	-1030	-1030	-1032
F2 浮箱-6	-1002	-1000	-998	-1028	-1028	-1024
F2 浮箱-7	-1008	-1002	-1005	-1028	-130	-1028
F2 浮箱-8	-1003	-999	-1006	-1030	-1030	-1028
F2 浮箱-9	-1002	-1003	-1007	-1028	-1030	-1028
F2 浮箱-10	-1002	-101	-1001	-1028	-1028	-1028

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 4-18 所示。陽極塊表面覆著海生物清除前後為 -1030 ~ -10103 mV 與 -1032 ~ -1018 mV(vs.SCE)之間，陽極塊發生電位均小於 -780 mV(vs.SCE)，可達保護基樁鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-18 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

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	-1018	-1020	-1022	-1030	-1028	-1032
S2-7-2	-1020	-1024	-1023	-1028	-1032	-1030
S2-7-3	-1021	-1023	-1022	-1026	-1030	-1028
S2-7-4	-1023	-1024	-1020	-1030	-1028	-1028
S2-7-5	-1022	-1030	-1028	-1026	-1028	-1030
S2-8-1	-1025	-1025	-1025	-1028	-1027	-1028
S2-8-2	-1023	-1022	-1025	-1028	-1030	-1030
S2-8-3	-1025	-1023	-1020	-1030	-1032	-1032
S2-8-4	-1018	-1020	-1025	-1032	-1032	-1032
S2-9-1	-1020	-1018	-1023	-1020	-1028	-1032
S2-9-2	-1021	-1020	-1024	-1018	-1028	-1030
S2-9-3	-1025	-1010	-1021	-1028	-1030	-1030
S2-9-4	-1023	-1022	-1025	-1030	-1032	-1028
S2-10-1	-1024	-1030	-1025	-1028	-1028	-1028
S2-10-2	-1022	-1025	-1018	-1028	-1030	-1031
S2-10-3	-1018	-1020	-1023	-1030	-1028	-1028
S2-10-4	-1020	-1022	-1025	-1028	-1030	-1026

(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 4-19 所示。陽極塊發生電位，在其表面覆著海生物清除前後為 -1011~ -954 mV 與 -1130 ~ -980 mV(vs.SCE)之間，均小於 -780 mV(vs.SCE)，可達保護基樁鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-19 白沙碼頭區浮動碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

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	-992	-954	-957	-996	-995	-989
白沙 A1-2	-989	-960	-960	-990	-992	-990
白沙 A2-1	-999	-1011	-1001	-1008	-1001	-1010
白沙 A2-2	-1002	-980	-988	-1020	-1018	-1019
白沙 A3-1	-1005	-1011	-1011	-1010	-1015	-1031
白沙 A3-2	-1000	-1000	-990	-1008	-1006	-1020
白沙 B1-1	-970	-986	-998	-1009	-1010	-1018
白沙 B1-2	-968	-990	-1005	-1010	-1021	-1030
白沙 B2-1	-972	-980	-996	-1012	-1015	-1016
白沙 B2-2	-970	-986	-966	-1008	-1020	-1028
白沙 B3-1	-998	-990	-992	-980	-1000	-1021
白沙 B3-2	-986	-988	-980	-984	-988	-1022
白沙 B4-1	-989	-994	-998	-1000	-1021	-1030
白沙 B4-2	-986	-990	-1001	-1021	-1026	-1034

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 4-20 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 -1021 ~ -969 mV 與 -1030 ~ -1000 mV(vs.海水氯化銀電極)之間，均小於 -780 mV，可達保護浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-20 白沙碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果

(單位：mV，vs.SCE)

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	-1012	-1012	-1010	-1020	-1020	-1020
浮箱 2	-1000	-999	-1010	-1018	-1016	-1012
浮箱 3	-1013	-1010	-1008	-1021	-1022	-1022
浮箱 4	-1000	-1018	-1002	-1030	-1023	-1030
浮箱 5	-1012	-1021	-1000	-1026	-1024	-1020
浮箱 6	-1010	-1011	-1001	-1030	-1020	-1008
浮箱 7	-1000	-1003	-990	-1021	-1006	-1016
浮箱 8	-1010	-1010	-1010	-1018	-1020	-1019
浮箱 9	-1002	-1010	-1020	-1020	-1020	-1023
浮箱 10	-1008	-1019	-969	-1000	-1020	-1030
浮箱 11	-1003	-1020	-1017	-1010	-1018	-1021
浮箱 12	-1001	-1018	-1016	-1008	-1008	-1020
浮箱 13	-1020	-1017	-1000	-1020	-1020	-1018
浮箱 14	-1010	-1006	-1002	-1016	-1022	-1020
浮箱 15	-1010	-1006	-1000	-1018	-1020	-1020
浮箱 16	-1008	-1020	-1010	-1020	-1020	-1026
浮箱 17	-1002	-1002	-1008	-1018	-1020	-120
浮箱 18	-1002	-1006	-1008	-1020	-1018	-1028
浮箱 19	-1010	-1004	-1002	-1012	-1018	-1016
浮箱 20	-1008	-1002	-1004	-1014	-1014	-1014
浮箱 21	-1004	-1004	-1004	-1012	-1016	-1020
浮箱 22	-1004	-1002	-1002	-1010	-1014	-1020
浮箱 23	-1002	-1003	-1004	-1012	-1016	-1018
浮箱 24	-1000	-1006	-1006	-1012	-1014	-1020
浮箱 25	-1003	-1004	-1006	-1012	-1012	-1018
浮箱 26	-1001	-1002	-1002	-1020	-1020	-1020
浮箱 27	-1014	-1002	-1004	-1016	-1023	-1030
浮箱 28	-1008	-1006	-1010	-1020	-1018	-1022

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 4-21 至表 4-23 所示。平均腐蝕速率如表 4-24 所示。各基樁單一測點最大減少厚度：F1 區介於 0.00~0.60mm，F2 區介於 0.20~0.35mm，E 區介於 0.20~0.37 mm 之間，腐蝕速率：F1 區介於 0.00~0.09，F2 區介於 0.03~0.05 與 E 區介於 0.03~0.05 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。基樁腐蝕速率與水深之關係，分別示如圖 4.37(F1 及 F2 區) 與圖 4.38(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 7 年，建議後續應定期檢測，確保碼頭結構使用安全。

表 4-21 福澳碼頭區 F1 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 (mm)			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	18.80	18.80	18.70	18.75	0.25	0.03
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.70	0.30	0.04
	+1.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.00	18.35	0.65	0.09
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 A2	+3.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	+2.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	+1.0	19.00	18.70	18.00	18.80	18.50	0.50	0.07
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.60	18.70	18.80	18.70	0.30	0.04
	-1.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.04
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
-2.3	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03	

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
基樁 A3	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.04
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.04
	±0.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.04
	-1.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	-1.5	19.00	18.70	18.80	18.80	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	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 B1	+3.0	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	+2.0	19.00	18.60	18.60	18.70	18.63	0.37	0.05
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 B2	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	-0.5	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 B3	+3.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	+2.0	19.00	18.00	18.80	18.80	18.53	0.47	0.06
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.60	18.70	0.30	0.04
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 B4	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.60	18.80	18.73	0.27	0.04
	-1.5	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	-2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03	

表 4-22 福澳碼頭區 F2 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 (mm)			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	18.80	18.70	18.80	18.80	0.20	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+1.0	19.00	18.70	18.70	18.80	18.75	0.25	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.75	0.25	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03	
基樁 C2	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+1.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.75	0.25	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.70	18.75	0.25	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03	

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
基樁 C3	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.75	0.25	0.03
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.75	0.25	0.03
	±0.0	19.00	18.70	18.70	18.80	18.75	0.25	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.70	18.75	0.25	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 C4	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.75	0.25	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.75	0.25	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.60	18.70	0.30	0.04
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 D1	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.75	0.25	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.60	18.70	0.30	0.04
	+1.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.80	0.20	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.70	18.75	0.25	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 D2	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+1.0	19.00	18.60	18.80	18.80	18.70	0.30	0.04
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.75	0.25	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.75	0.25	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
基樁 D3	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+2.0	19.00	18.60	18.80	18.70	18.65	0.35	0.05
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.60	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03

表 4-23 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 (mm)			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	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.04
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	±0.0	19.00	18.60	18.70	18.80	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	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	-1.5	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.04
	-2.3	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
基樁 E2	+3.0	19.00	18.80	18.70	18.60	18.70	0.30	0.04
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.70	18.70	18.60	18.67	0.33	0.04
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.04
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	-1.0	19.00	18.70	18.60	18.70	18.67	0.33	0.04
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
基樁 E3	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.60	18.70	0.30	0.04
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.70	18.60	18.70	18.67	0.33	0.04
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.80	18.70	18.60	18.70	0.30	0.04
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-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 E4	+3.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.60	18.70	18.80	18.70	0.30	0.04
	-1.0	19.00	18.70	18.60	18.80	18.70	0.30	0.04
	-1.5	19.00	18.80	18.60	18.70	18.70	0.30	0.04
	-2.0	19.00	18.80	18.70	18.60	18.70	0.30	0.04
	-2.3	19.00	18.70	18.60	18.70	18.67	0.33	0.04
基樁 E5	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.70	18.60	18.70	0.30	0.04
	+1.0	19.00	18.60	18.80	18.80	18.73	0.27	0.04
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.04
	-1.5	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	-2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
基樁 E6	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.80	18.60	18.80	18.73	0.27	0.04
	±0.0	19.00	18.70	18.60	18.60	18.63	0.37	0.05
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 E7	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.60	18.80	18.80	18.73	0.27	0.04
	±0.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.60	18.80	18.70	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	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
基樁 E8	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.80	18.60	18.80	18.73	0.27	0.04
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.60	18.80	18.73	0.27	0.04
	-0.5	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.60	18.70	18.70	18.67	0.33	0.04
	-1.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
基樁 E9	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.0	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.04
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.03

表 4-24 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	0.04	0.03	0.09	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
F1-A2	0.04	0.04	0.07	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
F1-A3	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
F1-B1	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F1-B2	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F1-B3	0.04	0.06	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
F1-B4	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03
F2-C1	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-C2	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-C3	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-C4	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
F2-D1	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-D2	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-D3	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
E1	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.03	0.03	0.04
E2	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
E3	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
E4	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
E5	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
E6	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
E7	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
E8	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
E9	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03

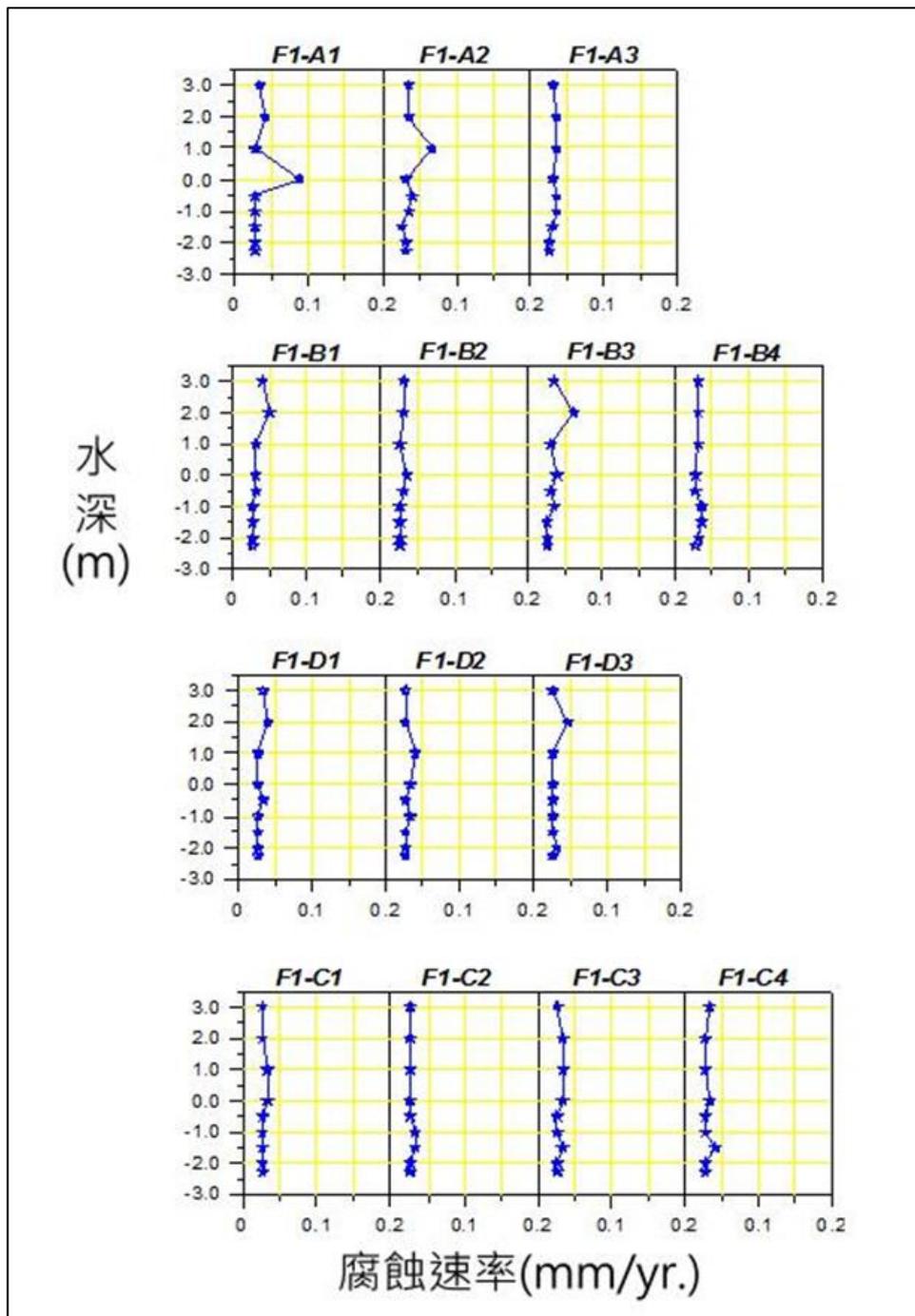


圖 4.37 福澳碼頭區 F1 及 F2 浮動碼頭基樁腐蝕速率與水深之關係

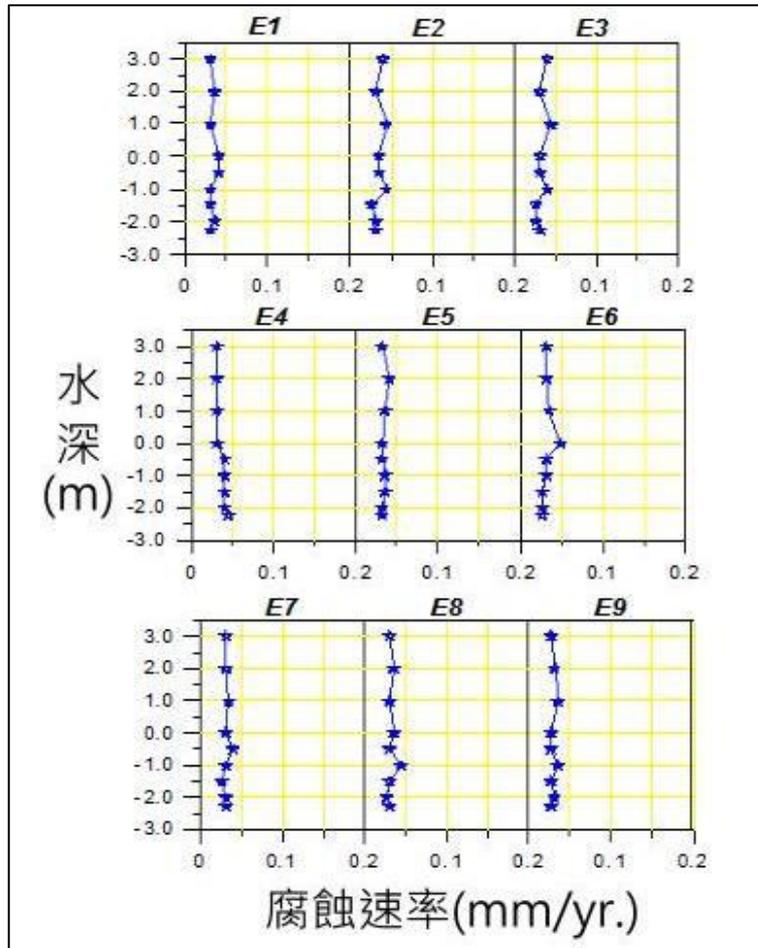


圖 4.38 福澳碼頭區浮動碼頭 E 區平台基樁腐蝕速率與水深之關係

(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 4-25 所示。平均腐蝕速率如表 4-26 所示。各基樁單一測點最大減少厚度介於 0.20~0.33 mm 之間，腐蝕速率介於 0.05~0.08 mm/yr. 之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。基樁腐蝕速率與水深之關係，示如圖 4.39。本碼頭區竣工時間為民國 103 年 2 月，調查時基樁使用時間約 4 年 3 個月，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 4-25 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 (mm)			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	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	+2.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.07
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.06
	-1.0	19.00	18.80	18.70	18.60	18.70	0.30	0.08
	-1.5	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.07
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
基樁 A2	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
	+2.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.07
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	-0.5	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	-1.0	19.00	18.60	18.80	18.70	18.70	0.30	0.07
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
基樁 A3	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.07
	+2.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.06
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.07
	-1.0	19.00	18.70	18.80	18.60	18.70	0.30	0.08
	-1.5	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.07
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
基樁 B1	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	+2.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.06
	+1.0	19.00	18.60	18.70	18.70	18.67	0.33	0.08
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.07
	-0.5	19.00	18.60	18.70	18.70	18.67	0.33	0.08
	-1.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.07
	-1.5	19.00	18.60	18.70	18.80	18.70	0.30	0.08
	-2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
基樁 B2	+3.0	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.07
	+2.0	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.08
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	-0.5	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.07
	-1.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.07
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.60	18.73	0.27	0.07
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
基樁 B3	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.70	18.73	0.27	0.07
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.06
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	-1.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.06
	-2.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
基樁 B4	+3.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	+2.0	19.00	18.80	18.70	18.60	18.70	0.30	0.08
	+1.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.06
	±0.0	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.06
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.06
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.06
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05
	-2.0	19.00	18.80	18.70	18.80	18.77	0.23	0.06
	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.05

表 4-26 白沙碼頭區浮動碼頭基樁腐蝕速率

(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	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.06	0.05
A2	0.05	0.07	0.05	0.06	0.06	0.07	0.05	0.05	0.05
A3	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.05	0.05
B1	0.06	0.06	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.06	0.05
B2	0.07	0.08	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.05
B3	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
B4	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05

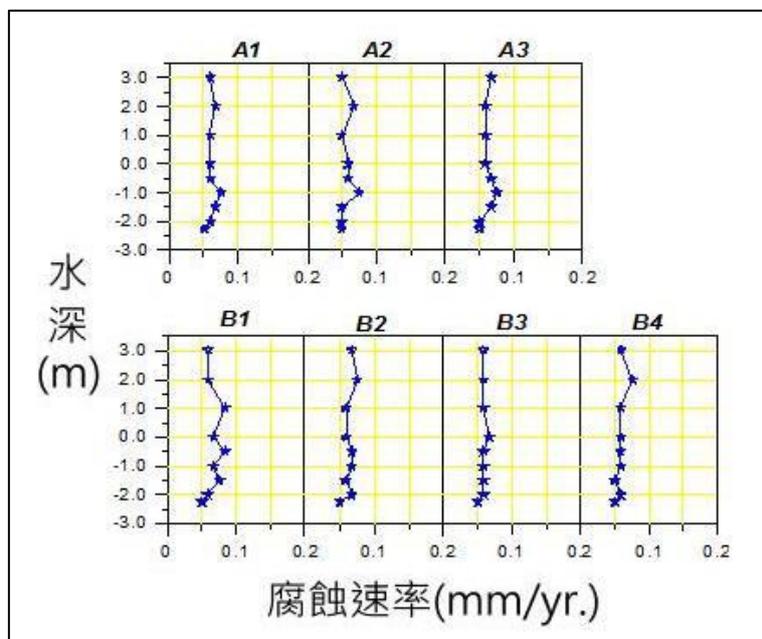


圖 4.39 白沙碼頭區浮動碼頭基樁腐蝕速率與水深之關係

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 4-27 及表 4-28 所示。F1、F2 區浮箱各測點最大減少厚度分別介於 0.20~0.27 mm 及 0.20~0.30 mm 之間，腐蝕速率均介於 0.03~0.04mm/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 4-27 福澳碼頭區 F1 浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
浮箱 1	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 2	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 3	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.70	11.70	11.73	0.27	0.04
浮箱 4	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
浮箱 5	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
浮箱 6	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
浮箱 7	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
浮箱 8	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 9	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03

浮箱 10	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 11	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 12	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
浮箱 13	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
浮箱 14	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 15	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
浮箱 16	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 17	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 18	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	10.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 19	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 20	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03

表 4-28 福澳碼頭區 F2 浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
浮箱 1	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
浮箱 2	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.60	11.80	11.73	0.27	0.04
浮箱 3	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.70	11.73	0.27	0.04
	底板	12.00	11.80	11.60	11.80	11.73	0.27	0.04
浮箱 4	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.70	11.70	11.73	0.27	0.04
浮箱 5	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 6	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 7	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.60	11.80	11.80	11.73	0.27	0.04
浮箱 8	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
浮箱 9	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.70	11.70	11.73	0.27	0.04
浮箱 10	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.60	11.80	11.80	11.73	0.27	0.04
浮箱 11	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	底板	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
浮箱 12	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.60	11.80	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	12.00	11.80	11.60	11.80	11.73	0.27	0.04
浮箱 13	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
浮箱 14	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
浮箱 15	水線上	12.00	11.80	11.60	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
浮箱 16	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.80	11.60	11.70	11.70	0.30	0.04
浮箱 17	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.60	11.80	11.73	0.27	0.04
浮箱 18	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	底板	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
浮箱 19	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
浮箱 20	水線上	12.00	11.80	11.80	11.80	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.70	11.73	0.27	0.04
	底板	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	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 4-29 所示。各測點之各基樁單一測點最大減少厚度介於 0.10~0.27 mm 之間，腐蝕速率介於 0.02~0.07 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 4-29 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 (mm)			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	9.90	9.87	0.13	0.03
	水線下	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.03
	底板	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.03
浮箱 2	水線上	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.03
	水線下	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.03
	底板	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.03
浮箱 3	水線上	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.02
	水線下	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.03
	底板	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.03
浮箱 4	水線上	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.02
	水線下	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.03
	底板	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.04
浮箱 5	水線上	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.03
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.03
	底板	10.00	9.80	9.90	9.70	9.80	0.20	0.05
浮箱 6	水線上	10.00	9.80	9.90	9.70	9.80	0.20	0.05
	水線下	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.04
	底板	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.03
浮箱 7	水線上	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.03
	水線下	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.02
	底板	10.00	9.90	9.80	9.70	9.80	0.20	0.05

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
浮箱 8	水線上	10.00	9.70	9.90	9.90	9.83	0.17	0.04
	水線下	10.00	9.90	9.90	9.70	9.83	0.17	0.04
	底板	10.00	9.70	9.90	9.80	9.80	0.20	0.05
浮箱 9	水線上	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.03
	水線下	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.03
	底板	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.03
浮箱 10	水線上	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.03
	水線下	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.06
	底板	10.00	9.70	9.80	9.90	9.80	0.20	0.05
浮箱 11	水線上	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.02
	水線下	10.00	9.70	9.90	9.90	9.83	0.17	0.04
	底板	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.04
浮箱 12	水線上	10.00	9.90	9.70	9.80	9.80	0.20	0.05
	水線下	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.04
	底板	10.00	9.70	9.90	9.70	9.77	0.23	0.06
浮箱 13	水線上	10.00	9.80	9.70	9.90	9.80	0.20	0.05
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.03
	底板	10.00	9.80	9.70	9.70	9.73	0.27	0.07
浮箱 14	水線上	10.00	9.90	9.70	9.90	9.83	0.17	0.04
	水線下	10.00	9.70	9.90	9.80	9.80	0.20	0.05
	底板	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.03
浮箱 15	水線上	10.00	9.80	9.70	9.70	9.73	0.27	0.07
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.80	9.83	0.17	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.04
浮箱 16	水線上	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.04
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.70	9.80	0.20	0.05
	底板	10.00	9.80	9.70	9.90	9.80	0.20	0.05
浮箱 17	水線上	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.06
	水線下	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.03
	底板	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.04
浮箱 18	水線上	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.02
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.03
	底板	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.04

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (mm)			平均厚度 (mm)	減少厚度 (mm)	腐蝕速率 (mm/yr.)
			1	2	3			
浮箱 19	水線上	10.00	9.90	9.80	9.80	9.83	0.17	0.04
	水線下	10.00	9.70	9.90	9.90	9.83	0.17	0.04
	底板	10.00	9.90	9.70	9.80	9.80	0.20	0.05
浮箱 20	水線上	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.03
	水線下	10.00	9.90	9.70	9.70	9.77	0.23	0.06
	底板	10.00	9.70	9.80	9.90	9.80	0.20	0.05

4.4 擴充維護管理系統功能

本所 106 年度針對既有系統模組進行功能精進與擴充(如章節 2.5.4.3 所述)，因應加強訊息傳達互動以及使用者意見回饋，已新增系統公告、留言與圖文管理模組，本年度另擴充新增即時回報模組與系統提醒功能。

4.4.1 即時回報模組

提供使用者快速紀錄港灣內各項問題及狀況，以利後續查詢及追蹤使用。可快速紀錄港灣內各項問題與狀況，巡查或檢測時，如有發現相關設施有缺失或問題，可立即使用手機瀏覽器連線至管理系統，在操作流程設計上以簡單快速紀錄為主。圖 4.40 為即時回報模組之功能畫面，填寫項目以下拉選單方式呈現為主，以減少填報時間。照片上傳以拖曳方式，可同時拖曳上傳多張照片，拖曳後並以縮圖提供檢視及確認。

新增即時回報

*日期: 2018-10-22

*回報人員: 賈蓋

*所屬單位: 工務組

*項目: 建築物

項目類型: 倉庫

*位置: 10號倉庫, 面向倉庫大門左側鐵皮蓬

範圍:

無缺失:

缺失: 鐵皮損毀 切換成自行輸入

已通報: (如已經通報相關人員請勾選)

*權責範圍: 出租與專用碼頭、堤地、房舍等

圖 4.40 即時回報操作

檢測人員填寫完成後，管理者可透過即時回報列表檢視目前的缺失狀況，如圖 4.41 所示。

即時回報列表

NO	狀態	日期	回報者	權責範圍	項目	項目類型	範圍	缺失	備註	照片	建立資訊	操作
1	已接收, 等待維修 (狀態已讀)	2018-10-17 11:46:35	mam (mam)	各公用碼頭棧 場作業區	建築物		就在 大門 側邊				mam 2018-10-17 11:46:35	詳情 刪除
2	結案 (狀態已讀)	2018-10-12 05:21:02	馬祖系統 管理者 (已離線)	港區道路	磁墊	橡膠磁墊	555	無 缺 失			馬祖系統管 理者 2018-10-12 05:21:02	詳情 刪除
3	結案 (狀態已讀)	2018-10-12 05:19:49	馬祖系統 管理者 (已離線)	港區道路	磁墊	橡膠磁墊	555	無 缺 失			馬祖系統管 理者 2018-10-12 05:19:49	詳情 刪除

圖 4.41 即時回報查詢

4.4.2 系統提醒功能

本功能除可提供檢測人員設定通知辦理經常巡查或定期檢測外，另於完成填寫檢測紀錄後，也會立即發信通知相關管理人員。

在帳號設定頁面亦新增接收通知的相關設定，如圖 4.42 所示，可以設定檢測人員是否會收到巡查的通知或是定期檢測的需檢測通知，例如，每季結束時，系統會自動檢查上季時間內，是否已登入設施相關巡查檢測紀錄，如未存在(登入)，系統就會自動發送通知信件，通知

相關人員必須進行檢測並登入至系統內記錄，達到通知的目的，未來並可再擴充其他通知。另外，系統在檢測人員填寫完相關的檢測記錄也會發信通知相關管理人員，如圖 4.43 所示，信件會描述相關檢測資料，下方會有系統的連結，點選連結即可登入系統進行檢視。

接收通知	<input checked="" type="checkbox"/> 接受巡查季通知 (可接收巡查每季一次無資料建立通知)
	<input checked="" type="checkbox"/> 接受定期年通知 (可接收定檢三年內無資料建立通知)

圖 4.42 檢測人員檢測提醒通知

<p>[回報內容]</p> <p>檢測類型：巡查 檢測日期：2018-10-17 檢測員：ma</p> <hr/> <p>構件類型：繫船柱及繫船環 裂化類型：本體的劣化、損傷、塗裝的剝落等狀況 裂化狀況：2 位置：靠岸邊 已通報：是 詳細診斷：建議此劣化需再詳細診斷 權責範圍：各公用碼頭區及岸壁設施 資料建立：ma 建立時間：2018-10-17</p> <p>立即登入系統</p>
--

圖 4.43 管理者收到檢測劣化郵件通知

第五章 港灣鋼構物陰極防蝕工法

5.1 港灣鋼構物之陰極防蝕

海水(洋)環境下，陰極防蝕為鋼鐵材料最佳之防蝕選擇。陰極防蝕的方法，可以採用犧牲陽極式、外加電流式或兩者兼具之組合。港口碼頭設施，早期多採用外加電流式，但1980年迄今，由於犧牲陽極不斷開發且防蝕性能提高，目前各國多採用犧牲陽極式；但在水質變化較大的河口或是水流流速較大的區域，仍宜考慮選用外加電流式的保護系統。

5.1.1 外加電流法

本法乃是利用一外部直流電源器來提供陰極與陽極之間的電位差。陽極接於直流電源器之「+」端，而被保護體(金屬)則接於直流電源器的「-」端。以碼頭鋼板(管)樁防蝕為例說明，電流從陽極經過介質(海水)到達鋼板(管)樁表面，然後再經導線回到電源器，如此鋼板(管)樁便受到保護，簡明之防蝕示意如圖5.1所示。在電源容易獲得的地方，整流器通常被應用至將交流(AC)電源轉換成直流(DC)電源，以提供防蝕所需之電流。然而在較偏遠的地區，汽油或柴油發電機，甚至太陽能電池則為外加電流的來源。

5.1.2 犧牲陽極法

本法乃是將電位較負之金屬(如鎂、鋁、鋅等)當為陽極，與被保護體於介質(如土壤、水、混凝土等)中聯結，形成一電化學電池，以碼頭鋼板(管)樁為例，其防蝕示意如圖 5.2 所示；由於異類金屬相互接觸時，活性較大之金屬(視為陽極)，會在電化學電池反應中被消耗，而較鈍性的鋼板管樁(視為陰極)，則會被保護。

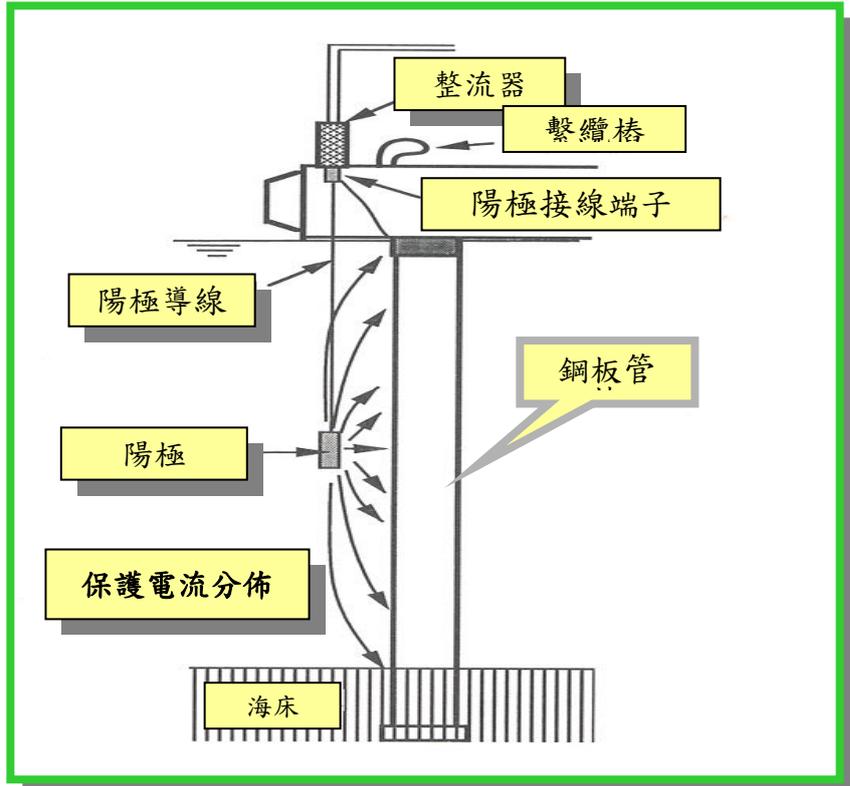


圖5.1 碼頭鋼板(管)樁施加外加電流式防蝕之簡示圖

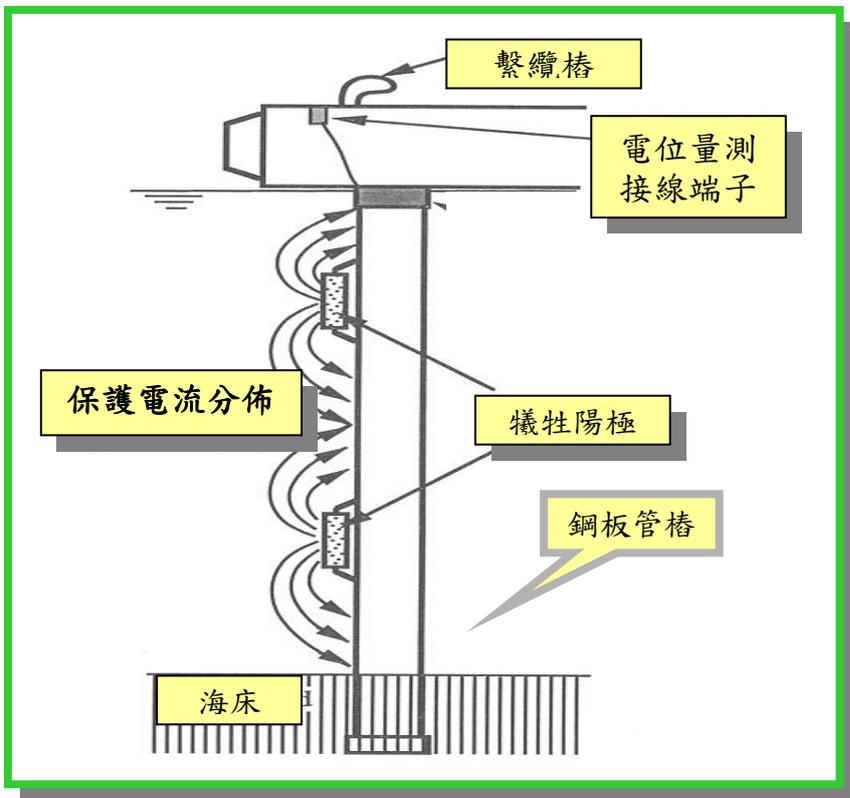


圖 5.2 碼頭鋼板(管)樁施加犧牲陽極式防蝕之簡示圖

5.1.3 陰極防蝕之設計

5.1.3.1 犧牲陽極式之設計

犧牲陽極式之陰極防蝕設計，其相關參數之考量如下；

1.保護面積計算

港灣設施保護面積包括海水中與海土中面積。海水中長度計算，依據日本沿岸開發技術研究中心之「港灣鋼構造物防蝕、補修手冊(改訂版)」^[27]之定義(圖 5.3 所示)，如下：

- (1)為平均低潮位(M.L.W.L.)至海底面間的長度。
- (2)當潮差區(高潮位~平均低潮位，H.W.L. ~ M.L.W.L.)之面積大於海水中面積 10%時，計算範圍為高潮位至海底面間的長度。
- (3)若平均低潮位以上至平均潮位間(M.L.W.L. ~ M.W.L.)之鋼板(管)樁無塗裝被覆，則以平均潮位至海底面間的長度為計算範圍。

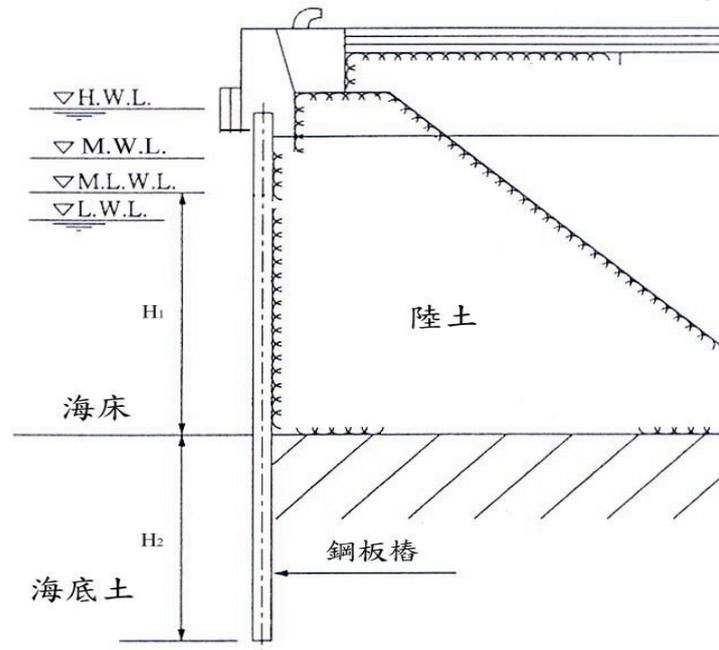


圖 5.3 海水中鋼樁長度計算示意圖

如鋼樁的型式不同，其計算保護面積分別如下：

A. 鋼板樁 型式

$$\text{海水中面積} \quad A_{s1} = n \times L \times H_1$$

$$\text{海土中面積} \quad A_{s2} = n \times L \times H_2$$

A_{s1} ：海水中面積(m²)， A_{s2} ：海土中面積(m²)

H_1 ：海水中長度(m)， H_2 ：海土中長度(m)

n ：鋼板樁周邊係數， L ：鋼板樁沿法線之長度(m)

B. 鋼管樁 型式

$$\text{海水中面積} \quad A_{p1} = \pi D \times H_1 \times N$$

$$\text{海土中面積} \quad A_{p2} = \pi D \times H_2 \times N$$

A_{p1} ：鋼管樁海水中面積(m²)， A_{p2} ：鋼管樁海土中面積(m²)

H_1 ：海水中長度(m)， H_2 ：海土中長度(m)

N ：鋼管樁支數， D ：鋼管樁直徑(m)

2. 所需防蝕電流計算^[7]

$$I = \sum_i i_i \times A_i$$

I ：所需防蝕總電流(mA)

i_i ：各環境採用之防蝕電流密度(mA/m²)

A_i ：海水中及海土中之保護面積(m²)

海水的化學成份、溶氧量或 pH 值會受到河川或其他排放水之影響，因此，在水質變化較大或硫化物濃度較高的海域，使用陰極防蝕工法須注意防蝕電流密度選用。在厭氧性硫酸還原菌存在的環境裏，因硫化物的影響，鋼鐵結構物會產生局部腐蝕，在此條件下，

應增加防蝕設計電流密度。此外，海水中裸鋼所需的保護電流密度會隨時間的增加而下降，最終趨於一定值，此時之電流密度稱為穩定電流密度。根據國外研究指出，穩定的保護電流密度約為初期防蝕電流密度之 50 %。

3. 犧牲陽極發生電流量計算

$$I_g = \frac{E}{R_a} \times 1000$$

I_g ：每塊犧牲陽極的發生電流(mA)

E ：有效電位差(V)

R_a ：犧牲陽極對海水的電阻(Ω)

R_a 之計算，依據犧牲陽極的形狀而定，其值如下：

(1) 長條棒狀陽極；與被保護結構物表面距離 ≥ 30 cm，且 $a. L \geq 4r$ 時

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{r} - 1 \right)$$

b. $L < 4r$ 時

$$R_a = \frac{\rho}{2 \times L} \left\{ \ln \left[\frac{2L}{r} \left(1 + \sqrt{1 + \left(\frac{r}{2L} \right)^2} \right) \right] + \frac{r}{2L} - \sqrt{1 + \left(\frac{r}{2L} \right)^2} \right\}$$

R_a ：犧牲陽極對海水的電阻(Ω)

ρ ：海水比電阻($\Omega \cdot \text{cm}$)

L ：陽極長度(cm)

r ：陽極半徑(或等效半徑)，cm

若陽極非圓柱體，則陽極等效半徑 r

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

A ：陽極的斷面面積(cm^2)

(2)板狀陽極

$$R_a = \frac{\rho}{2C}$$

R_a ：犧牲陽極對海水的電阻(Ω)

ρ ：海水比電阻($\Omega \cdot \text{cm}$)

C ：陽極長度與寬度的平均值(cm)

(3)其他形狀之陽極

$$R_a = \frac{0.315\rho}{\sqrt{A}}$$

R_a ：犧牲陽極對海水的電阻(Ω)

ρ ：海水比電阻($\Omega \cdot \text{cm}$)

A ：陽極的表面積(cm^2)

4.犧牲陽極(塊)數量計算

$$N_i = \frac{i_i \times A_i}{I_g}$$

N_i ：所需犧牲陽極的塊數

i_i ：各環境採用之防蝕電流密度(mA/m^2)

A_i ：海水中及海土中之保護面積(m^2)

I_g ：每塊犧牲陽極的發生電流(mA)

所需犧牲陽極總塊數

$$N = (\sum N_i) \times (1 + \text{餘裕係數}) , \text{餘裕係數為 } 10\% \sim 20\%$$

5.陽極(塊)壽命計算

$$L = \frac{N \times W \times u}{E \times I_{avg}}$$

L：陽極(塊)使用壽命(年,y)

N：所需陽極總塊數

W：每塊陽極原始重量(kg)

E：陽極消耗量(kg/A·y)

I_{avg} ：保護期間所需平均保護電流(A)；通常為極化總電流之
0.5 ~ 0.55 倍，在污染海域中約為 0.67 倍

u：陽極利用率，長條棒狀陽極為 0.90 ~ 0.95，鋤式陽極為 0.75
~ 0.80，其他形狀為 0.75 ~ 0.90

6.犧牲陽極配置考量

犧牲陽極應均勻的佈置於被保護結構設施上，且應低於平均低潮位下 30 cm。對鋼板樁而言，每 2~8 個板樁為一單位，配置均勻。對鋼管樁而言，每支樁須裝置一塊以上，但無法安裝陽極塊時不在此限，各鋼管樁之間須使用適當尺寸的鋼條或導線相連接，使被保護體電連通。

5.1.3.2 外加電流陰極保護之設計

外加電流式之陰極保護設計，其步驟概述於下：

1.保護面積計算

海水中與海土中面積之計算、參照 5.1.3.1 節內容之規定。

2.防蝕電流計算

陽極的發生電流量可由陽極產品性能資料獲得。依各部位的保護面積與初始保護電流密度計算陰極保護系統所需的保護電流，並乘以一個裕餘係數做為電流總需求量。1997 年日本之「港灣鋼構造物防蝕、補修手冊(改訂版)」，裕餘係數建議為原計算保護電流之 10~20%^[27]，1998 年中國大陸「陰極防蝕工程手冊」，建議為 25~50%^[28]。

3.單一整流器設計輸出電壓計算

$$E = E_a + E_c + E_w + e \leq 60$$

E：單一整流器輸出最低電壓(V)

E_a ：陽極對海水電阻產生之電壓降(=所需防蝕總電流×陽極對海水電阻)(V)

E_c ：被保護結構物電壓降(V)，(海水中 $E_c=0$)

E_w ：迴路導線之電壓降(V)

e：水的分解電壓(V)，(海水中 $e \sim 2.0$ V)

4.整流器之電壓容量

通常考慮結構塗層劣化與陽極消耗等因素，整流器輸出電壓設計時會增加餘裕度，則整流器採用之設計輸出電壓(V)為

$$E_{out} = E (1 + x \%)$$

式中， E_{out} ：單一整流器設計輸出電壓(V)

E：單一整流器輸出最低電壓(V)

x：餘裕係數，為 10% ~ 20%。

5.2 陰極防蝕系統使用材料及設備需求

5.2.1 犧牲陽極材料

犧牲陽極藉伽凡尼(Galvanic)作用，使陽極之金屬離子釋出，產生電荷來供應(保護)結構物，因此陽極材料之消耗，在陰極防蝕過程中是必然的。週期性的檢查、替換犧牲陽極，更是達成長期防蝕效果必須執行的工作。陽極材料的選擇，在電化學特性上需具有：

- (1)具有相當的活性，且穩定之金屬材料。
- (2)不會鈍化，放電時極化小，溶解均勻，反應產物易脫落。
- (3)必須具有較高的電流效率。
- (4)腐蝕產物無毒性，不污染環境。

鎂、鋅、鋁等金屬或合金在工程上常被應用為犧牲陽極的材料。其中鎂具有高活性低極化之特性，其合金常被應用於土壤或純水等介質比電阻較高的環境中。在天然海水中，由於鎂陽極會造成過度保護、低電氣效率和較短的使用年限等缺點，因此較少使用。鋅具有理想適中的腐蝕電位和低極化、高電氣效率等優點，可應用於海洋環境中。近年來，鋁及其合金亦被研發適用於海水環境之犧牲陽極材料。由於純鋁金屬表面易形成一層金屬薄膜，會使腐蝕電位往正值方向進行，並且產生過度的極化，因此常在鋁合金中添加微量的鋅、汞、銅等元素以保持其活性，使鋁合金電位更負且電流效率更高。再者由於鋁具低密度、高電子價數的特性，每單位質量的發生電流最大，有優越的經濟性，目前各國港灣鋼構造物之陰極防蝕多採用鋁合金陽極。

犧牲陽極的防蝕效果取決於陽極材料的發生電流量(A·h/g)，而發生電流量又可分為理論與實際發生電流量，當實際發生電流量與理論發生電流量的比值愈大時，表示其電流效率良好。理論發生電流量是以庫倫定律計算推導，而實際發生電量的量測可參照 CNS 13521-1「陰極防蝕用犧牲陽極性能檢驗法」^[29]。國內所使用的鋁合金陽極塊，其電氣特性如表 5-1 所示，國外之犧牲陽極材料電氣性能之資料則彙整於表 5-2。

表 5-1 國產鋁合金陽極材料之電氣特性

項 目	標 準
陽極開路電位(mV)	(S.C.E.) ≤ -1100 Cu/CuSO ₄ ≤ -1150 Ag/AgCl/Seawater ≤ -1100
有效電壓 (V)	0.25±5%
理論發生電量 (A.h/kg)	2900±2%
電流效率 (%)	≥ 90
有效電量 (A.h/kg)	≥ 2600
消耗率 (kg/A.Yr)	≤ 3.40

5.2.2 外加電流式之陽極材料

外加電流式所使用的陽極材料與犧牲陽極式不同，並依環境而異。根據日本「港灣鋼構造物防蝕、補修手冊(改訂版)」之建議，在淡水環境中多使用白金系或鐵系材料，在海水環境中則使用白金系或鉛系；主要原因乃是因鉛系電極在海水中不易消耗，但在淡水中消耗速率極快，而鐵系的電極在海水中則會有不均勻的消耗。外加電流式陽極材料之工作電流密度與消耗率依材料組成及廠商產品而異，表 5-4 為摘自日本「港灣鋼構造物防蝕、補修手冊(改訂版)」內容^[27]。

表 5-2 外加電流式陽極材料性能(日製產品)

種 類	消耗率 kg/A·y	工作電流密度 mA/m ²		
		海 水	淡 水	土 壤
高矽鐵(Fe-14.5% Si)	0.25 ~ 1.0	-	26	11
高矽鉻鐵(Fe-14.5% Si-4.5% Cr)	0.25 ~ 1.0	26	26	11
鉛合金(Pb-2% Ag)	0.01	500	不適	不適
鉛合金(Pb-6% Sb-1% Ag)	0.09	200	不適	不適
鍍鈦白金(Pt coated Ti)	1.0 E-6	400		
鍍鈮白金(Pt coated Nb)	1.0 E-6	400		80
鍍鉭白金(Pt coated Ta)	1.0 E-6	400		
黑鉛	~ 1.0	10 ~ 30	8	8 ~ 11
氧化鐵	0.005 ~ 0.06	< 120	< 120	< 60
碳鋼	~ 9.1	無限制	無限制	5
鈦為基材外覆金屬氧化物	0.06	600		

5.2.3 參考電極

參考電極應選擇在環境變化的情況下，能維持穩定量測狀態的電極。氯化銀參考電極有兩種，若電極中的電解液為海水者，是謂海水氯化銀(Ag/AgCl/seawater)參考電極；若電解液為飽和 KCl 溶液，則為飽和氯化銀(Ag/AgCl/sat'd KCl)參考電極。海水中使用的參考電極為海水氯化銀電極與飽和甘汞電極(SCE)，而土壤或氯離子含量較低的混凝土中，則多採用飽和硫酸銅電極(Cu/CuSO₄)。各種參考電極的電位換算如表 5-3 所示。

表 5-3 各類型參考電極之電位換算

參考電極種類	E ₂₅ (mV vs. S.H.E.) 溫度係數	標準防 蝕電位 (mV)	對硫酸銅電 極基準的換 算法
海水氯化銀電極, Ag/AgCl	250 --	-800	加-50 mV
飽和甘汞電極, Hg/Hg ₂ Cl ₂	241 -0.76 mV/°C	-780	加-70 mV
飽和硫酸銅電極, Cu/CuSO	316 +0.90mV/°C	-850	
鋅電極, Zn	約-800	+250	加-1100 mV

5.2.4 整流器

外加電流式陰極保護系統，現地若有 AC 供電電源，則應提供單相 110/220 volt 或三相 220/480 volt 的電壓，且交流頻率為 60 Hz。整流器的總輸出電流值和電壓量應滿足陰極防蝕系統所須的電流量；且整流器運轉時，必須可在最大輸出的情況下持續操作。此外，整流器之 AC 側須加裝避雷保護裝置，而 DC 側則須加裝漣波濾波器。有鑑於陰極防蝕系統接線錯誤將會造成鋼構造物的嚴重腐蝕，因此，整流器正負端應指定並採用不同尺寸的接線端子，以防止接線錯誤。端子應清晰標示「+陽極」和「-鋼構造物」。

5.2.5 導線

所有導線應為銅質導體，蕊線以絕緣包覆，並以顏色和編號區

別，導線應裝設於導管內，或採取適當的保護措施。導管可採用 PVC 管或鋼套管，進出導管的線路最終須由接線箱連接。

5.2.6 數位伏特計

陰極保護系統之防蝕效果須使用數位伏特計與參考電極來量測鋼鐵結構物之電位。使用的數位伏特計(DVM)，輸入阻抗值至少為 1 Mega-ohm，解析度至少為 1 mV。

5.3 陰極防蝕安裝標準程序

5.3.1 犧牲陽極式之安裝

犧牲陽極可採用水中銲接法或螺栓固定法安裝。施工步驟如下；

1.材料檢查

施工前須進行材料數量確認，尺寸、質量之抽樣檢查。

2.安裝位置標記

依照圖面設計，於鋼構造物上標示陽極與電位測試端子安裝位置。犧牲陽極應均勻的佈置於被保護結構體上，第一塊犧牲陽極頂端應低於平均低潮位下 30 cm。以鋼板樁為例，原則上以每 2~8 支板樁為一單位，配置在鋼板樁凸部(面)；若不得已需安裝在凹部，則電位分布不均的問題應加注意。對鋼管樁而言，每支樁須裝置一塊以上；但無法安裝陽極塊時不在此限，在此條件下，各鋼管樁之間須使用適當尺寸的鋼條或導線相連接，使被保護體電連通。

3.固定位置電位測試端子配置

沿碼頭法線方向以 50 m ~ 100 m 間隔，設置一電位測試端子。

4.電位測試導線安裝

將導線銲接至鋼構造物上，並在銲接處加以密封防水。

5.陽極安裝

在標示的位置安裝陽極。安裝時，以起重機或人力方式將犧牲陽極

吊放至設計水深，以水中銲接方式將陽極固定於鋼鐵結構物上。銲接前須將銲接處表面的海生物與浮鏽去除，銲接後須將殘渣去除，目視檢查銲接狀況並照相確認之。

6. 電位量測

將鋼構造物的電位測試導線接於電位計「+」端，海水氯化銀參考電極接於電位計「-」端，量測方式如圖 5.4 所示。

5.3.2 外加電流式之安裝

外加電流式陰極保護，其施工步驟如下：

1. 材料檢查

施工前須進行材料數量確認，尺寸、質量之抽樣檢查。

2. 鋼結構電連通改善

鋼板(管)樁間須使用適當尺寸的鋼條或導線相連接，使被保護體電連通，即電阻值低於 1 ohm。

3. 固定位置電位測試端子配置

沿碼頭法線方向以 50 m ~ 100 m 間隔，設置一電位測試端子。

4. 陽極安裝

陽極之安裝如圖 5.5 所示。陽極與被保護體間距離至少相距 1.5 m 以上；當間距離增加，雖然保護電位可均勻分布，但會造成電纜壓降的增加，且容易對相鄰結構體產生雜散電流(stray current)干擾。

5. 負極排流及電位測試導線安裝

依照圖面設計位置，將負極排流及電位測試導線銲接於鋼鐵結構物上，並在銲接處加以密封防水。

6. 整流器安裝

整流器應裝設於圖示位置的電氣箱內。整流器的所有金屬零件，應

使用連接器與現有接地系統相連接，或依照國內電工法規規定和標準，設計獨立的接地系統。

7. 導線安裝

所有導線包括 AC 電源線、DC 電源線等，應置於導管內，且導線接續僅限於接線箱內接續，線路長度須適當配置。若發現導線絕緣損壞或線路打結，應立即更換。陰極防蝕系統測試前，所有 DC 線路和儀錶線路應進行電連通和極性(polarity)測試，避免線路接錯或短路。

8. 運轉前系統確認與通電測試

系統運轉前應先進行測試，以確保所有構件安裝、連結迴路均已正確的配線、連接、和標示；並檢測各迴路之電連通性。通電測試應設定整流器輸出值為設計保護電流量之 20%，使用適當的伏特計和參考電極，量測鋼結構電位變化方向，以確定 DC 輸出的正確極性。

9. 完工檢查

完工時，除了對工程紀錄照片等進行檢查外，亦須進行結構物的防蝕電位量測，確認被保護結構物防蝕電位值是否為-800 mV (vs. Ag/AgCl/seawater)或更”負”。

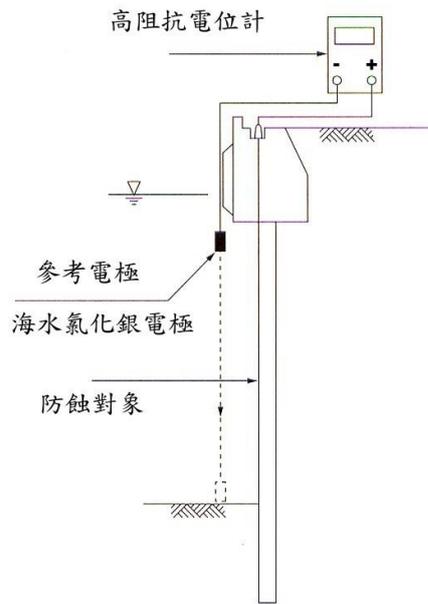


圖 5.4 電位量測示意圖

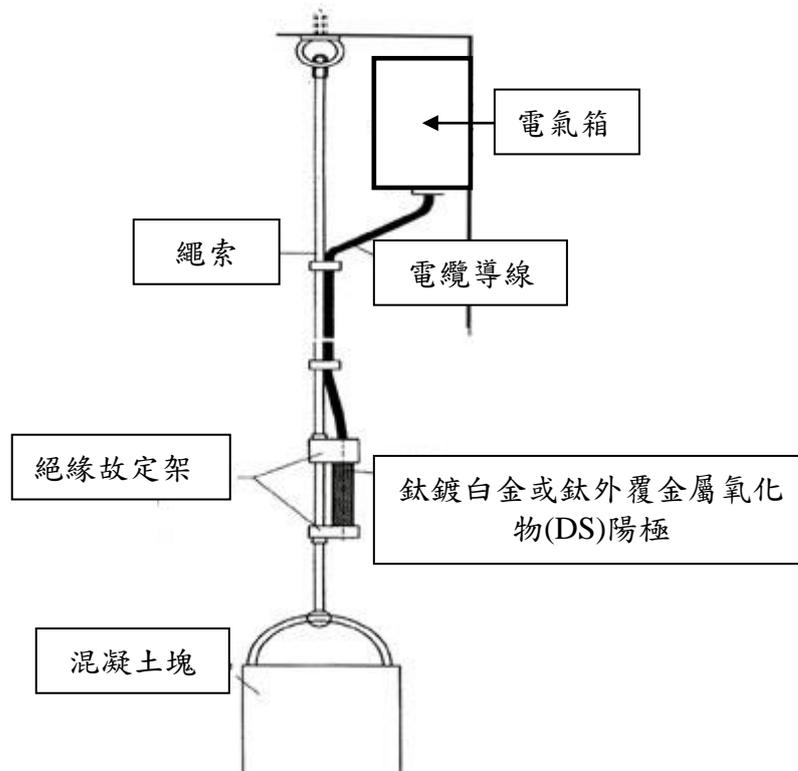


圖 5.5 外加電流式之安裝示意圖

5.4 陰極防蝕驗收標準程序

5.4.1 陰極防蝕保護標準

西元 1992 年，美國 NACE 修訂陰極保護電位標準(Standard RP-0169-92)^[30]如下：

- (1)陰極保護下，以飽和硫酸銅電極量測到的負電位至少為 850mV。
- (2)對飽和硫酸銅電極而言，負極化電位至少為 850mV。
- (3)在結構物表面與穩定參考電極間之陰極極化量至少為 100 mV。

第一項標準是指通電陰極保護下，被保護結構物的電位必須小於 -850mV，同時必須注意由土壤、結構物塗層、包覆等所造成的電壓降低(IR drop)的現象；換句話說，在直接量測地下結構物電位進行保護電位評定時，結構物的保護電位應等於-850mV 加上 IR drop 之影響(即可能為-1100 mV 或更負，日本採用標準)。第二項標準是指在陰極保護下，斷電瞬間量測結構物的電位(極化電位)必須小於-850mV；在斷電的情況下，無電流流過結構物塗層、包覆及土壤，自然無 IR drop 存在，此時結構物的電位必須小於-850mV。第三項標準即斷電瞬間結構物的陰極極化量至少為 100 mV。

近年來國內外多採用修訂後之 Standard RP-0169-92 作為陰極防蝕設計及驗收規範，凡符合三項標準之一者，均視為達到陰極保護之效果。2002 年，修訂後之 Standard RP-0169-02 之陰極保護標準與 Standard RP-0169-92 相同，但內容僅增加了陰極保護設計與施工之注意事項。

表 5-4 為鋼構造物在海水中利用不同參考電極量測時之標準防蝕電位。在含氧(aerobic)的環境中，以海水氯化銀參考電極量測，防蝕電位值須達到-800 mV 以下；而在厭氧(anaerobic)環境中(如海底泥中)，防蝕電位須達到-900 mV 以下，但最大防蝕電位不宜超過-1100 mV，如表 5-5 所示。至於塗裝被覆之鋼鐵結構物，防蝕電位應控制

在-800 mV ~ -1100 mV 之間，主要原因是為避免過大的保護電流導致塗膜劣化或剝離。

表 5-4 海水中鋼構造物之防蝕保護電位標準

防蝕電位	參考電極
-780 mV	飽和甘汞電極
-800 mV	海水氯化銀電極
-750 mV	飽和氯化銀電極
-850 mV	飽和硫酸銅電極

表 5-5 含氧/厭氧環境之防蝕電位標準(以 Ag/AgCl 海水用電極量測)

環境狀況	最小防蝕電位	最大防蝕電位
含氧	-800	-1100
厭氧	-900	-1100

5.5 陰極防蝕系統之操作與維護管理

5.5.1 系統操作

港灣鋼構造物犧牲陽極式陰極保護系統在犧牲陽極塊安裝後必須定期進行結構物的防蝕電位量測；但針對外加電流式陰極保護系統，安裝後必須進行運轉前系統確認與通電測試，以確保所有構件安裝、連結迴路均已正確的配線、連接、和標示，並檢測各迴路之電連通性。通電測試應設定整流器輸出值為設計保護電流量之 20%^[31]，使用伏特計組合參考電極，量測鋼結構電位變化方向，以確定 DC 輸出的正確極性。

5.5.2 系統維護管理

1. 書面資料保存

陰極防蝕系統驗收完成後，必須保存設計、安裝、操作、和維護手冊資料等相關紀錄和文件。

2. 維護管理

維護管理分為一般檢查與詳細檢查。一般檢查的項目為電位量測；詳細檢查為目視檢測、電位量測與陽極塊消耗之調查。一般檢查之頻率為完工驗收後第一年每季一次，之後，每年進行一次檢查；詳細檢查為每五年一次或當一般檢查發生問題時立即進行。詳細檢查簡述如下：

- (1) 目視檢測：派遣潛水夫，利用近距離目視檢查，注意結構物與犧牲陽極塊是否有任何損壞、腐蝕或變化等之相關位置及其程度。
- (2) 電位量測：鋼板樁以 20% 以上之檢測率為目標，沿碼頭法線方向每 3 m ~ 5 m 進行電位量測。棧橋式碼頭則以前排之鋼管樁為檢測對象，依序為縱向深度方向之鋼管樁。
- (3) 犧牲陽極(塊)調查：針對陽極安裝情形與陽極消耗量等相關事項進行調查。陽極安裝情形係指陽極安裝數量的確認，陽極消耗量則是選擇陽極數量之 5 % ~ 10 % 進行調查，由潛水夫水下量測陽極尺寸，或切除陽極蕊心移至陸地上秤重，計算陽極消耗量及剩餘使用年限。計算方法如下：

A. 依據剩餘陽極塊形狀尺寸(如圖 5.6 所示)之計算法：

$$\text{陽極剩餘重量} = [\pi (D / 2)^2 \cdot l - \text{蕊心體積}] \times \text{陽極密度}$$

D：平均周長 = $(D_1 + D_2 + D_3) / 3$

D_1, D_3 ：距離蕊心端約 10 cm 之剩餘陽極周長

D_2 ：剩餘陽極中央周長

l ：剩餘陽極長度

B. 陽極秤重：打撈至陸地上，切斷蕊心後秤量，扣除陽極內蕊心金屬的重量，即得陽極剩餘重量。

C. 陽極壽命計算

$$\text{陽極年平均消耗量} = \frac{\text{陽極初期重量} - \text{陽極剩餘重量}}{\text{經過年數}}$$

$$\text{推估剩餘使用年限} = \frac{\text{陽極剩餘重量}}{\text{陽極年平均消耗量}}$$

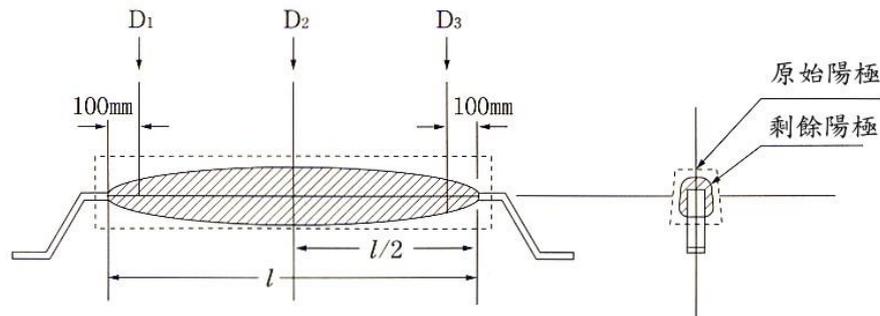


圖 5.6 剩餘陽極形狀尺寸計算

3.防蝕效能評估

依據電位量測及陽極調查結果進行陰極防蝕效能評估，如防蝕保護電位-800 mV (vs. Ag/AgCl/seawater) 以下或更”負”，則被保護結構物維持防蝕狀況；若電位在-800 mV 以上或更”正”時，則其部份保護不足現象，須做詳細檢查。可參考前次檢查結果探究原因，制訂對策與未來運轉建議。

5.6 國內外防蝕工程實際案例介紹

案例一：日本 A 港，水深-10.0 m 之鋼板樁碼頭陰極防蝕^[32]

1.岸壁構造及環境

- (1)碼頭岸壁為鋼板樁結構，鋼板樁在碼頭底板下端+2.0 m 至-1.0m 間以 PU (polyurethane)塗料塗裝。
- (2)平均水面+2.54 m。

(3)海域無污染。

2.防蝕對象

(1)鋼板樁：型式為 SP-VIL，長度 24.5 m。

(2)碼頭岸壁長度：180 m。

(3)水深：-10.0 m。

3.設計條件

(1)陰極防蝕範圍：平均低潮位(M.L.W.L.) +1.3m 以下至海床間。

(2)鋼板樁 PU 塗裝範圍為-1.0 ~ +2.0 m 之間，但在鋼板樁接合部位，未塗裝部份的面積約佔 10%。

(3)防蝕電流密度：海水中 100 mA/m²，海土中 20 mA/m²。

(4)防蝕方式：犧牲陽極法。

(5)防蝕設計年限：20 年。

(6)海水比電阻：30 Ω·cm。

4.防蝕面積

海水中(PU 塗裝部份)： $(1.0\text{m} + 1.3\text{m}) \times 180\text{m} \times 1.75 \times 0.1 = 72.5 \text{ m}^2$

海水中(裸鋼部份)： $(10.0\text{m} - 1.0\text{m}) \times 180\text{m} \times 1.75 = 2835.0 \text{ m}^2$

海底土中： $(22.5\text{m} - 10.0\text{m}) \times 180\text{m} \times 1.75 = 3937.5 \text{ m}^2$

5.所需防蝕總電流

海水中： $(72.5 \text{ m}^2 + 2835.0 \text{ m}^2) \times 100 \text{ mA/m}^2 = 290.8 \text{ A}$

海底土中： $3937.5 \text{ m}^2 \times 20 \text{ mA/m}^2 = 78.8 \text{ A}$

合計= 369.6 A

6.陽極選用

(1)陽極材料：鋁合金陽極。

(2)尺寸： $(150 + 175) \times 170 \times 1380$ mm。

(3)含蕊心之陽極重量： $109.5 \text{ kg} \pm 2\%$ ，淨重： $102.3 \text{ kg} \pm 2\%$ 。

(4)電流量： $30.3 \text{ A}\cdot\text{y}$ 。

(5)初期發生電流： 3.0 A/塊 。

(6)耐用年數：20 年。

7.陽極數量

(1)需要數量 = $369.6 \text{ A} / 3.0 \text{ A} = 123.2$ 塊

(2)以 3 個水深配置(如圖 5.7 所示)，分別為-2.0 m，-4.5 m，-7.0 m 處，配置個數如下：

水深-2.0 m 計 46 塊

水深-4.5 m 計 33 塊

水深-7.0 m 計 46 塊

合計 125 塊

側視圖

正視圖

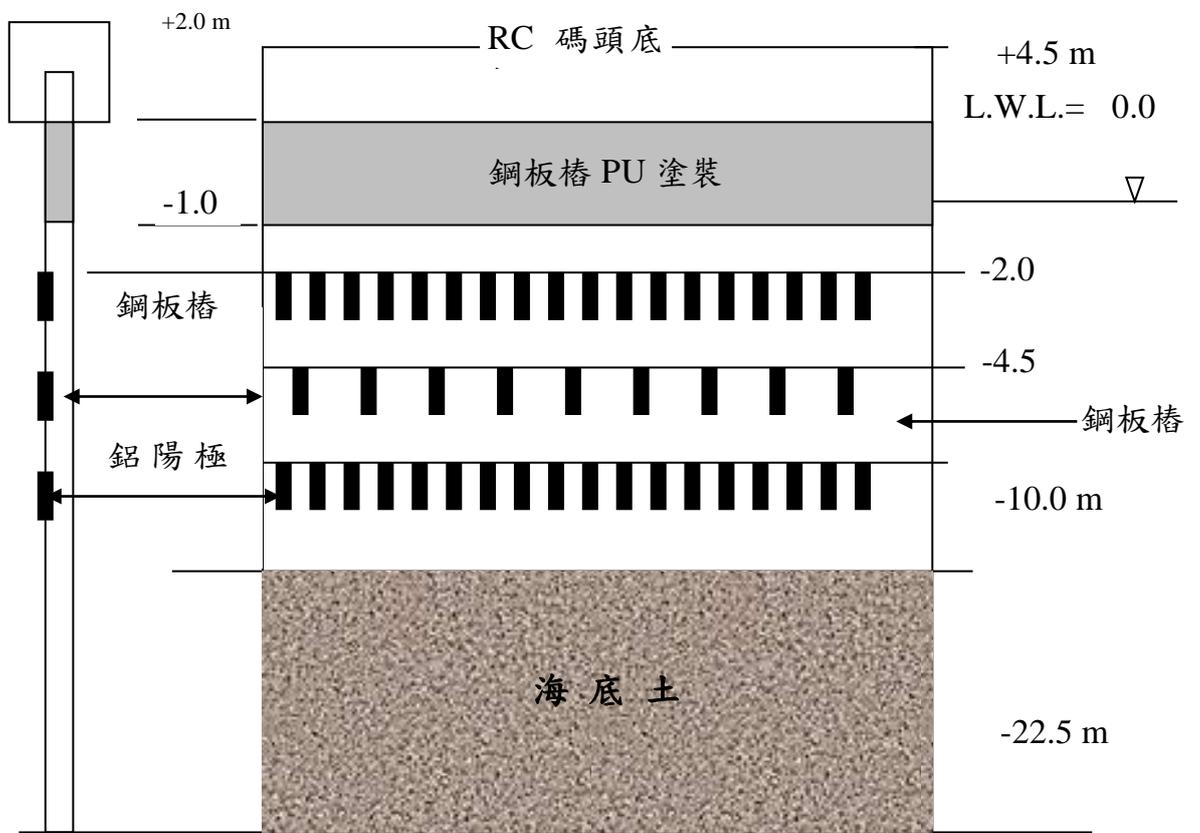


圖 5.7 鋼板樁犧牲陽極配置示意圖

案例二：日本 B 港，水深-13.0 m 之鋼管樁棧橋碼頭陰極防蝕^[32]

1.岸壁構造及環境

- (1)碼頭為鋼管樁棧橋式碼頭，岸壁為鋼板樁式護岸。
- (2)鋼管樁在混凝土底板下端+2.0 m 至-1.0m 間，鋼板樁在底板下端+1.0 m 至-1.0m 間，以 PE (polyethane)或 PU 塗裝。
- (3)平均水面+1.4 m。
- (4)海域為污染環境。

2.防蝕對象

- (1)鋼管樁：900Φ x 12t，長度 35.0 m；碼頭共分為 10 區，每區 15 支總共 150 支鋼管樁。
- (2)鋼板樁：型式為 SP-VL，長度 22.0 m；碼頭岸壁長度以每 20 m 為一區，共分為 10 區。
- (3)碼頭岸壁長度：200 m。
- (4)水深：-13.0 m。

3.設計條件

- (1)陰極防蝕範圍：鋼管樁為-1.0 m 以下，鋼板樁為平均低潮位 (M.L.W.L.) +0.7 m 以下至海床間。
- (2)塗裝範圍：
鋼管樁為-1.0 ~ +2.0 m 之間。

鋼板樁為-1.0 ~ +1.0 m 之間，但在鋼板樁接合部位，未塗裝部份的面積約佔 10%。

(3)防蝕電流密度選用：

海水中：130 mA/m²

石礫中：65 mA/m²

海土中：30 mA/m²

(4)防蝕方式：犧牲陽極法。

(5)防蝕設計年限：20 年。

(6)海水比電阻：35 Ω·cm。

4.防蝕面積

(1)被保護結構物共分 10 區，其中每一區之防蝕面積

海水中：

第一列鋼管樁：0.9 m x π x 12.0 m x 5 支 = 169.6 m²

第二列鋼管樁：0.9 m x π x 9.0 m x 5 支 = 127.2 m²

第一列鋼管樁：0.9 m x π x 6.0 m x 5 支 = 84.8 m²

合計 = 381.6 m²

鋼板樁(塗裝部份)：20.0 m x 2.0 m x 1.7 x 0.1 = 6.8 m²

鋼板樁(裸鋼部份)：20.0 m x 4.0 m x 1.7 = 136 m²

合計 = 142.8 m²

石礫中：

鋼管樁：0.9 m x π x 1.0 m x 5 支 = 42.4 m²

$$\text{鋼板樁} : 20.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 1.7 = 34.0 \text{ m}^2$$

海底土中：

$$\text{第一列鋼管樁} : 0.9 \text{ m} \times \pi \times 17.5 \text{ m} \times 5 \text{ 支} = 247.4 \text{ m}^2$$

$$\text{第二列鋼管樁} : 0.9 \text{ m} \times \pi \times 20.5 \text{ m} \times 5 \text{ 支} = 289.8 \text{ m}^2$$

$$\text{第三列鋼管樁} : 0.9 \text{ m} \times \pi \times 23.5 \text{ m} \times 5 \text{ 支} = 332.2 \text{ m}^2$$

$$\text{合計} = 869.4 \text{ m}^2$$

$$\text{鋼板樁} : 20.0 \text{ m} \times 14.5 \text{ m} \times 1.7 = 493.0 \text{ m}^2$$

(2)防蝕總面積(10區)

鋼管樁：

$$\text{海水中} = 381.6 \text{ m}^2 \times 10 = 3816.0 \text{ m}^2$$

$$\text{石礫中} = 42.4 \text{ m}^2 \times 10 = 424.0 \text{ m}^2$$

$$\text{海底土中} = 869.4 \text{ m}^2 \times 10 = 8694.0 \text{ m}^2$$

$$\text{合計} = 12934.0 \text{ m}^2$$

鋼板樁：

$$\text{海水中} = 142.8 \text{ m}^2 \times 10 = 1428.0 \text{ m}^2$$

$$\text{石礫中} = 34.0 \text{ m}^2 \times 10 = 340.0 \text{ m}^2$$

$$\text{海底土中} = 493.0 \text{ m}^2 \times 10 = 4930.0 \text{ m}^2$$

$$\text{合計} = 6698.0 \text{ m}^2$$

5.所需防蝕總電流

(1)被保護結構物共分 10 區，其中每一區所需之防蝕電流

鋼管樁：

$$\text{海水中} = 381.6 \text{ m}^2 \times 130 \text{ mA/m}^2 = 49.6 \text{ A}$$

$$\text{石礫中} = 42.4 \text{ m}^2 \times 65 \text{ mA/m}^2 = 2.8 \text{ A}$$

$$\text{海底土中} = 869.4 \text{ m}^2 \times 30 \text{ mA/m}^2 = 26.1 \text{ A}$$

$$\text{合計} = 78.5 \text{ A}$$

鋼板樁：

$$\text{海水中} = 142.8 \text{ m}^2 \times 130 \text{ mA/m}^2 = 18.6 \text{ A}$$

$$\text{石礫中} = 34.0 \text{ m}^2 \times 65 \text{ mA/m}^2 = 2.2 \text{ A}$$

$$\text{海底土中} = 493.0 \text{ m}^2 \times 30 \text{ mA/m}^2 = 14.8 \text{ A}$$

$$\text{合計} = 35.6 \text{ A}$$

(2)所需之防蝕總電流(10區)

$$\text{鋼管樁} = 78.5 \text{ A} \times 10 = 785.0 \text{ A}$$

$$\text{鋼板樁} = 35.6 \text{ A} \times 10 = 356.0 \text{ A}$$

$$\text{合計} = 1141.0 \text{ A}$$

6.陽極選用

(1)陽極材料：鋁合金陽極。

(2)尺寸：(130 + 175) x 150 x 1990 mm。

(3)含蕊心重量：130.0 kg + 2%，淨重：122.1 kg + 2%。

(4)電流量：36.2 A·y。

(5)初期發生電流：3.5 A/塊。

(6)耐用年數：20 年。

7.陽極數量

(1)每區間需要數量

鋼管樁= 78.5 A/區間 ÷ 3.5 A/塊 ≈ 23 塊/區間

鋼板樁= 35.6 A/區間 ÷ 3.5 A/塊 ≈ 10 塊/區間

(2)總共需要數量

鋼管樁= 23 塊 x 10= 230 塊

鋼板樁= 10 塊 x 10= 100 塊

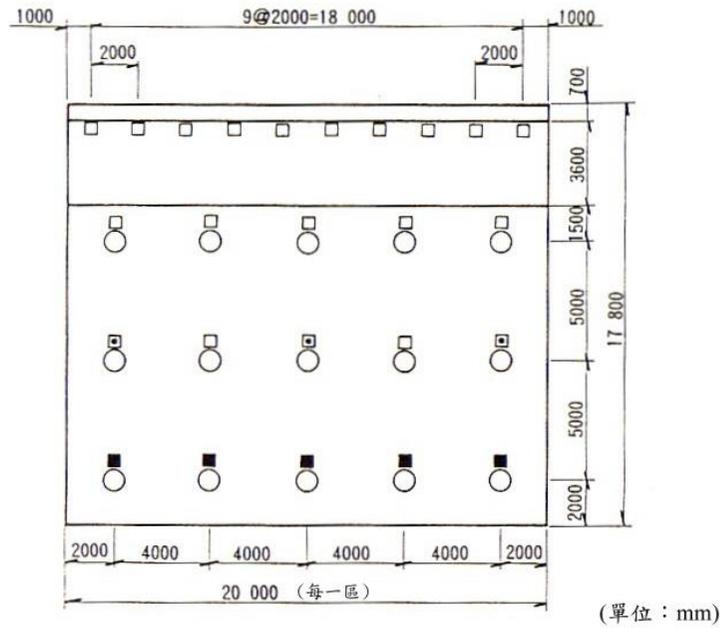
合計= 330 塊

(3)每一區以 3 個水深配置(如圖 5.8 所示)，分別為-2.0 m，-6.0 m，
-9.0 m 處，其配置個數如下表 5-6。

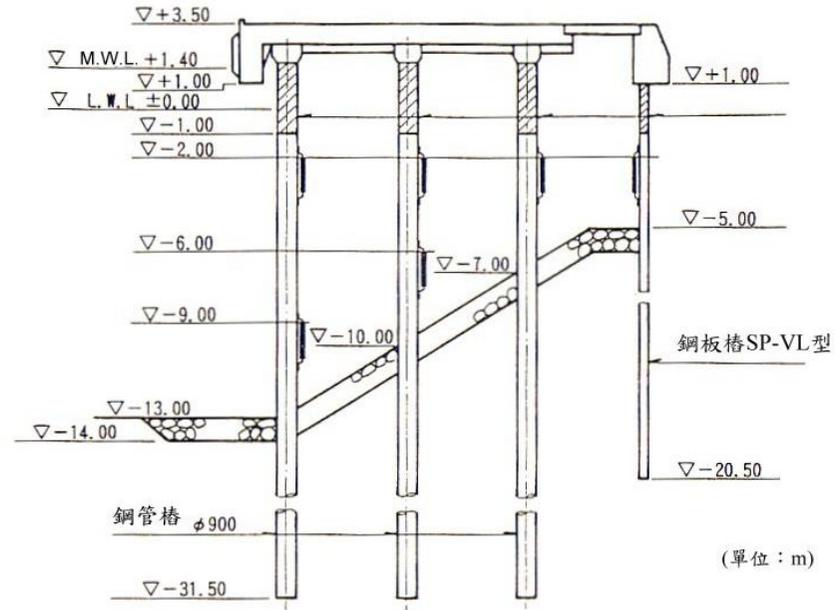
表 5-6 水深與陽極配置數量

水深	鋼管樁	鋼板樁
-2.0 m	15 塊	10 塊
-6.0 m	3 塊	-
-9.0 m	5 塊	-
合計	23 塊	10 塊

陽極安裝配置圖



犧牲陽極安裝位置



陽極配置數量表

陽極配置	記號	安裝水深(m)	數量(塊/每區)	合計(10區)
鋼管樁	■	-2.0, -9.0	2 × 5 = 10	100 塊
鋼管樁	□	-2.0, -6.0	2 × 3 = 6	60 塊
鋼管樁	□	-2.0	1 × 7 = 7	70 塊
鋼板樁	□	-2.0	1 × 10 = 10	100 塊
合計			33	330 塊

電位量測裝置配置圖 (單位: mm)

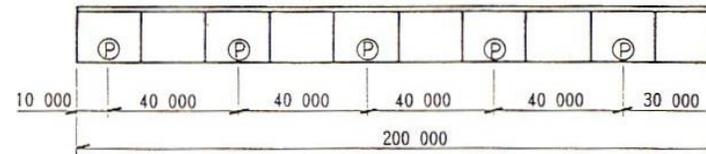


圖 5.8 鋼管(板)樁犧牲陽極配置示意圖

案例三、國內某港口鋼板樁碼頭之陰極防蝕

1.岸壁構造及環境

鋼板樁岸壁構造與浸漬環境之基本資料如表 5-7 所示。

表 5-7 鋼板樁岸壁構造與浸漬環境之基本資料

碼頭	水深 (EL. m)	鋼板樁			浸漬長度 (m)		
		型式	長度(m)	底部高程 (m)	海水中	石礫中	海底土中
A	-15.0	HZ 775	28	-26.9	10.9	1.0	14.5
		ZH 12	22	-21.1	5.1	1.0	14.5
B	-15.0	HZ 775	28	-26.9	10.9	1.0	14.5
		ZH 12	22	-21.1	5.1	1.0	14.5
C	-14.0	HZ 775A	26	-24.9	9.9	1.0	13.5
		ZH 12	20	-19.1	4.1	1.0	13.5
D	-14.0	HZ 775	26	-24.9	9.9	1.0	13.5
		ZH 12	20	-19.1	4.1	1.0	13.5

2.設計條件

(1)海水比電阻：25 $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

(2)防蝕電流密度選用：

海水中：100 mA/m^2

石礫中：50 mA/m^2

海底土中：20 mA/m^2

(3)陰極防蝕設計年限：20 年。

(4)陰極防蝕方式：犧牲陽極法。

3.防蝕面積

以碼頭岸壁長度 2.065 m 為一單位，每單位內包含 HZ 775 與 ZH 12 鋼板樁各一支，每單位鋼板樁寬度為 2.26m(HZ 775 型 0.99m+ZH 12 型 1.27 m)。

則每單位寬度(2.065 m)之鋼板樁，在不同浸漬環境下，所需之防蝕面積如表 5-8。

所需之防蝕面積 = 鋼板樁所在環境長度×每單位鋼板樁寬度

表 5-8 所需要之防蝕保護面積

環境 \ 碼頭	A 與 B	C 與 D
海水中	14.5 x 2.26= 32.77 m ²	13.5 x 2.26= 30.51 m ²
石礫中	1.0 x 2.26= 2.26 m ²	1.0 x 2.26= 2.26 m ²
海底土中	10.9 x 0.99= 10.79 m ² 5.1 x 1.27= 6.48 m ²	9.9 x 0.99= 9.80 m ² 4.1 x 1.27= 5.21 m ²

4.所需防蝕電流=防蝕電流密度 x 防蝕面積

所需之防蝕電流如表 5-9；

表 5-9 所需要之防蝕電流

環境	防蝕電流密度	A 與 B 碼頭	C 與 D 碼頭
海水中	100 mA/m ²	3.28 A	3.05 A
石礫中	50 mA/m ²	0.11 A	0.11 A
海底土中	20 mA/m ²	0.35 A	0.30 A
合計		3.74 A	3.46 A

5.陽極選用

(1)陽極材料：鋁合金陽極。

(2)尺寸：(210 + 250) x 240 x 1000 mm；蕊心所在之陽極兩面以煤焦樹脂塗佈。

(3)陽極壽命計算

陽極等效直徑

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times (21 + 25) \times 24}{2\pi}} = 26.51\text{cm} > \frac{100}{6}\text{cm}$$

$$\text{陽極表面積} = (21 + 25 + 24.08 \times 2) \times 100 = 9416 \text{ m}^2$$

犧牲陽極對海水的電阻

$$R_a = \frac{0.266\rho}{\sqrt{A}} = \frac{0.266 \times 25}{\sqrt{9416}} = 0.06853\Omega$$

犧牲陽極發生電流量

$$I_g = \frac{E}{R_a} = \frac{0.25}{0.06853} = 3.648\text{A}$$

陽極淨重

$$N.W. = \left(\frac{21 + 25}{2} \times 24 - 5 \times 1.6 \right) \times 100 \times 2.7 \times 10^{-3} = 146.9\text{kg}$$

陽極壽命

$$L = \frac{\text{陽極淨重}}{\text{消耗率} \times \text{平均電流}} = \frac{146.9}{3.5 \times \frac{3.648}{2}} = 23.01\text{yr}$$

6. 陽極數量

(1) 每 4.13 m (=2.065 m x 2) 單位寬度內，陽極設置之數量如表 5-10 所示。

表 5-10 陽極設置之數量

碼頭	陽極數量計算 所需總電流量 ÷ 平均電流量	陽極數量(塊)
A 與 B 碼頭	(3.74 A x 2) ÷ (3.684 A ÷ 2)	4.2 ~ 5
C 與 D 碼頭	(3.46 A x 2) ÷ (3.684 A ÷ 2)	3.8 ~ 4

(2) 以 3 個水深配置時，分別為 -1.0 m，-5.0 m，-9.0 m 處。

第六章 結論與建議

維護管理機制其主要目的為確保構造物使用安全及延長其使用年限，以往公共工程與重要設施大都較注重興建，或發現嚴重問題後才開始想進行全面修護，對於日常之調查維護作業，經常僅編列少數或無維護經費，故其維護效益甚低至無，設施任其持續劣化終致損壞，最後淪為不能使用之命運。如何將現有之設施達到最有效率之使用，避免修護及龐大重建經費之耗費外，其營運停頓造成之損失更難以估計。為此，構造物維護管理機制之建立，必為未來各項工程領域刻不容緩之課題，方能達成其永續經營。

依據「國家科學技術發展計畫」(民國 106 年至 109 年)交通部科學技術發展目標：(1)目標三-「研發港埠、橋梁及山區道路災害防救科技，以提升港埠及道路運輸效能」。(2)目標四-「推動現代化海象觀測技術，研發綠色港埠新技術，提升航行安全及港埠營運效率與品質，促進臺灣港埠永續發展」，如何提升港灣設施維護、管理與安全等為本研究之主要目的。

本研究範圍為臺中港及馬祖港之碼頭與防波堤，研究項目包括：(1)研析臺中港現行維護管理機制；(2)馬祖港碼頭與防波堤岸上及水下調查；(3)馬祖港碼頭鋼板樁厚度檢測與防蝕效能評估；(4)港灣構造物維護管理系統功能擴充；(5)港灣構造物鋼構造物陰極防蝕工法。

本年度研究結論、建議、成果效益與應用及提供政府單位應用情形等臚列如下：

6.1 結論

1. 臺中港現行維護管理機制，係依據臺灣港務公司各項設施之巡查、維護權責作業要點辦理經常巡查、定期檢測、特別巡查與應變等。
2. 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。

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。
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. 維護管理系統功能改善，本年度針對馬祖港五碼頭區除將巡查與檢測結果輸入系統外，同時新增即時回報模組與系統提醒功能，更能符合實際應用需要。

6.2 建議

1. 本所已針對國內各國際商港與主要港口，完成建置港灣構造物維護管理系統，建議各港可參考使用，提供回饋意見，俾利系統續精進。
2. 馬祖港五碼頭區碼頭及防波堤部分車擋等附屬設施出現劣化，雖不影響設施功能，建議仍應及早修護，確保營運安全。
3. 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，建議後續仍應依維護管理規定之巡查頻率，落實巡查與檢測工作。
4. 港灣構造物維護管理系統，本所將賡續蒐集與彙整分析各類型港灣設施實作案例，除記錄各類巡檢與修復作業資料外，另配合實際使用情形，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 成果效益與應用

1. 在施政與實務上，除可提供連江縣港務處辦理港區碼頭與防波堤等港灣設施維護管理工作參考外，研究過程採用或建置完成之相關檢測方法、實施流程與成果，亦可提供國內港務單位、工程顧問公司等參用，另可作為本所後續相關研究之重要參據。
2. 在經濟效益上，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. 本計畫碼頭與防波堤現況調查成果，已建置於「港灣構造物維護管理系統」，系統功能亦予擴充，可具體提供航港局及港務公司、連江縣與金門縣政府，推動或執行港灣構造物之維護管理政策規劃或實務執行使用。
2. 所建置資料庫含各港圖文屬性資料，隨時可提供本所及港務單位研究分析、開發規劃之需用。

參考文獻

- [1] 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。
- [2] 加藤繪萬等，「日本における港灣施設の維持管理」，中日港灣設施維護管理講習會，交通部運輸研究所，2014。
- [3] 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。
- [4] 日本國土交通省港灣局海岸防災課，「海岸保護設施維護管理手冊」，2014。
- [5] 日本國土交通省港灣局，「港灣の施設の点検診断イドライン」，2013。
- [6] Carl A Thoresen，” Port designer’ s handbook- recommendations and guidelines” ，2003.
- [7] NSW Maritime, ”Procedure for the Assessment of Public Ferry Wharf Safety”, 2007.
- [8] 臺灣海洋工程學會，「港灣設施維護管理計畫制定指南」，2016。
- [9] 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。
- [10] 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。
- [11] 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。
- [12] 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。
- [13] 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。
- [14]陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑，「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。
- [15]陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑，「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。
- [16]陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑，「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。
- [17]陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑，「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。
- [18]陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑，「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。
- [19]陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑，「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。
- [20]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。
- [21]邱永芳、謝明志、陳桂清、柯正龍、章登旺等，「花蓮港港灣構造物維護管理系統之優化與擴充作業」，交通部運輸研究所，2017。
- [22]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。
- [23]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。
- [24]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。
- [25]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」，

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

2013。

- [26]臺灣港務股份有限公司臺中港務分公司，「臺中港棧橋碼頭檢測評估暨維修整建工程設計現況調查及檢測工作成果報告書」，2013。
- [27]「港灣鋼構造物防蝕、補修手冊(改訂版)」，日本沿岸開發技術研究中心，1997。
- [28]陰極防蝕工程手冊，化學工業出版社，中國大陸，1998。
- [29]陰極防蝕用犧牲陽極性能檢驗法，CNS 13521，經濟部中央標準局，1995。
- [30] “Impressed Current Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Atmospherically Exposed Concrete Structures”，NACE Standard RP0290-2000, NACE international, Houston, TX, 2000.
- [31]Cathodic Protection of Concrete Bridgws : A Manual of Practice, Strategic Highway Research Program, SHRP-S-372 , 1993.
- [32]海域中土木鋼構造物之電氣防蝕設計指針(案)・同解說，日本建設省土木研究所，1991。

附錄一

碼頭經常巡查、定期檢測 與特別巡查表

碼頭經常巡查表

檢測日期	年 月 日	檢測天氣	<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨			
碼頭資料	港灣名稱		碼頭編號			
檢測單位：		檢測人：				
碼頭本體						
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號
岸肩	裂縫	<input type="checkbox"/> d、 <input type="checkbox"/> c、 <input type="checkbox"/> b、 <input type="checkbox"/> a		X_,Y_	m	
	剝落	<input type="checkbox"/> d、 <input type="checkbox"/> c、 <input type="checkbox"/> b、 <input type="checkbox"/> a		X_,Y_	m ²	
	沈陷	<input type="checkbox"/> d、 <input type="checkbox"/> c、 <input type="checkbox"/> b、 <input type="checkbox"/> a		X_,Y_	m ²	
後線	沈陷	<input type="checkbox"/> d、 <input type="checkbox"/> c、 <input type="checkbox"/> b、 <input type="checkbox"/> a		X_____	m ²	
附屬設施						
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號
繫船柱	腐蝕龜裂	<input type="checkbox"/> d、 <input type="checkbox"/> c、 <input type="checkbox"/> b、 <input type="checkbox"/> a		—	個	
防舷材	龜裂破損	<input type="checkbox"/> d、 <input type="checkbox"/> c、 <input type="checkbox"/> b、 <input type="checkbox"/> a		第___個	個	
車擋	龜裂破損	<input type="checkbox"/> d、 <input type="checkbox"/> c、 <input type="checkbox"/> b、 <input type="checkbox"/> a		第___個	個	
起重機軌道	腐蝕位移	<input type="checkbox"/> d、 <input type="checkbox"/> c、 <input type="checkbox"/> b、 <input type="checkbox"/> a		X_____	m	
檢測員意見：						

構件劣化狀況說明：

構件名稱		劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
碼頭本體	岸肩	裂縫	c	局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以下)
			b	局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3~5mm 以內)
			a	裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約 5mm 以上)
		剝落	c	混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 ≤ 15 cm, 深度 ≤ 2.5 cm
			b	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕, 剝落寬度直徑 ≤ 15 cm, 深度 >2.5 cm 或剝落寬度直徑 >15 cm, 深度 ≤ 2.5 cm
			a	鋼筋混凝土外露腐蝕, 且鋼筋底部混凝土剝落, 且剝落寬度直徑 >15 cm, 深度 >2.5 cm
		沈陷	c	岸肩輕微下陷(面積 ≤ 5 m ² 、高度 ≤ 2.5 cm)
			b	岸肩明顯下陷(面積 ≤ 5 m ² 、高度 >2.5 cm 或面積 >5 m ² 、高度 ≤ 2.5 cm)
			a	岸肩嚴重下陷(面積 >5 m ² 、高度 >2.5 cm)
	後線	沈陷	c	後線輕微下陷(高度 ≤ 10 cm、面積 ≤ 10 m ²)
			b	後線明顯下陷($10 \leq$ 高度 ≤ 15 cm、 10 m ² \leq 面積 ≤ 20 m ²)
			a	後線嚴重下陷(高度 >15 cm、面積 >20 m ²)
碼頭附屬設施	繫船柱	腐蝕龜裂	c	材質輕微鏽損狀況, 基座無明顯龜裂情形
			b	材質明顯鏽損狀況, 基座有明顯龜裂情形
			a	材質嚴重鏽損與剝落, 基座嚴重龜裂
	防舷材	龜裂破損	c	材質表面褪色、輕微劣化, 螺帽鬆脫或缺損
			b	材質表面劣化明顯, 螺栓缺損, 靠船時能明顯觀察到龜裂現象
			a	材質老化、構件變形或掉落
	車擋	龜裂破損	c	材質表面輕微龜裂情形
			b	材質表面有明顯龜裂, 基座有龜裂情形
			a	材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損
	起重機軌道	腐蝕位移	c	兩軌間距左右差 ≤ 5 mm、鋼軌接縫高差 ≤ 3 mm
			b	兩軌間距左右差 5mm~10mm、鋼軌接縫高差 3mm~4.25mm
			a	兩軌間距左右差 >10 mm、鋼軌接縫高差 >4.25 mm

碼頭定期檢測表(重力式)^{註1}

編號：_____

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨				
碼頭基本資料	港灣名稱		碼頭編號							
	碼頭用途		<input type="checkbox"/> 貨櫃碼頭 <input type="checkbox"/> 散雜貨碼頭 <input type="checkbox"/> 客運碼頭 <input type="checkbox"/> 其他碼頭							
	碼頭型式		<input checked="" type="checkbox"/> 重力式 <input type="checkbox"/> 板樁式 <input type="checkbox"/> 棧橋式 <input type="checkbox"/> 混合式(_____)							
檢測資料		檢測單元 ^{註2}		B						
檢測單位：				檢測人：						
碼頭本體										
巡查項目		劣化輕微(D=c)		劣化中等(D=b)		劣化嚴重(D=a)		劣化數量	劣化位置 ^{註3}	照片編號
岸肩	裂縫	<input type="checkbox"/> 局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以下)		<input type="checkbox"/> 局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3~5mm 以內)		<input type="checkbox"/> 裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約 5mm 以上)		m	X : m Y : m	
	剝落	<input type="checkbox"/> 混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 ≤ 15 cm, 深度 ≤ 2.5 cm		<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕, 剝落寬度直徑 ≤ 15 cm, 深度 > 2.5 cm 或剝落寬度直徑 > 15 cm, 深度 ≤ 2.5 cm		<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土外露腐蝕, 且鋼筋底部混凝土剝落, 且剝落寬度直徑 > 15 cm, 深度 > 2.5 cm		m ²	X : m Y : m	
	沈陷	<input type="checkbox"/> 岸肩輕微下陷(面積 ≤ 5 m ² 、高度 ≤ 2.5 cm)		<input type="checkbox"/> 岸肩明顯下陷(面積 ≤ 5 m ² 、高度 > 2.5 cm 或面積 > 5 m ² 、高度 ≤ 2.5 cm)		<input type="checkbox"/> 岸肩嚴重下陷(面積 > 5 m ² 、高度 > 2.5 cm)		m ²	X : m Y : m	
壁體	裂縫	<input type="checkbox"/> 局部可見到 2~3 個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以下)		<input type="checkbox"/> 局部可見到數個部位有裂縫(裂縫寬度約 3~5mm 以內)		<input type="checkbox"/> 裂縫擴散至整個岸肩(裂縫寬度約 5mm 以上)		m	X : m Z : m	
	剝落	<input type="checkbox"/> 混凝土輕微剝落且鋼筋尚未露出或剝落寬度直徑 ≤ 15 cm, 深度 ≤ 2.5 cm		<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕, 剝落寬度直徑 ≤ 15 cm, 深度 > 2.5 cm 或剝落寬度直徑 > 15 cm, 深度 ≤ 2.5 cm		<input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土外露腐蝕, 且鋼筋底部混凝土剝落, 且剝落寬度直徑 > 15 cm, 深度 > 2.5 cm		m ²	X : m Z : m	
	漏砂	<input type="checkbox"/> 牆面出現孔洞, 但並未漏砂		<input type="checkbox"/> 牆面裂縫已可觀察出漏砂		<input type="checkbox"/> 背填砂經由大型破洞露出, 或孔內看不到砂			X : m Z : m	
後線	沈陷	<input type="checkbox"/> 岸肩輕微下陷(高度 ≤ 10 cm、面積 ≤ 10 m ²)		<input type="checkbox"/> 岸肩中等下陷(10 ≤ 高度 ≤ 15 cm、10 m ² ≤ 面積 ≤ 20 m ²)		<input type="checkbox"/> 岸肩嚴重下陷(高度 > 15 cm、面積 > 20 m ²)		m ²	X : m	
海床	沖刷	<input type="checkbox"/> 基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50cm 以下)		<input type="checkbox"/> 基礎中等淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100cm)		<input type="checkbox"/> 基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100cm 以上)		cm	X : m	

附屬設施							
繫船柱	腐蝕龜裂	<input type="checkbox"/> 材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形	<input type="checkbox"/> 材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形	<input type="checkbox"/> 材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂	—	—	
防舷材	龜裂破損	<input type="checkbox"/> 材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損	<input type="checkbox"/> 材質表面劣化明顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象	<input type="checkbox"/> 材質老化、構件變形或掉落	個	第 個	
車擋	龜裂破損	<input type="checkbox"/> 材質表面輕微龜裂情形	<input type="checkbox"/> 材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形	<input type="checkbox"/> 材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損	個	第 個	
起重機軌道	腐蝕位移	<input type="checkbox"/> 兩軌間距左右差 $\leq 5\text{mm}$ 、鋼軌接縫高差 $\leq 3\text{mm}$	<input type="checkbox"/> 兩軌間距左右差 $5\text{mm}\sim 10\text{mm}$ 、鋼軌接縫高差 $3\text{mm}\sim 4.25\text{mm}$	<input type="checkbox"/> 兩軌間距左右差 $> 10\text{mm}$ 、鋼軌接縫高差 $> 4.25\text{mm}$	m	X : m	
檢測員意見：							

註 1. 巡查評估記錄以 1 單元填寫一張表格進行。

註 2. 檢測單元劃分與編碼：重力與板樁式為連續式結構(重力式沈箱碼頭有結構單元區分)，故針對此類碼頭碼，以兩繫船柱間為一單元(Block)如圖 1 所示，若各碼頭間之交界並非繫船柱，則仍須編列為一單元，如圖 1(1)所示。各碼頭單元構件拆解分為碼頭本體、海床與附屬設施。碼頭本體再拆分成岸肩、壁體與後線；附屬設施拆分成繫船柱、防舷材、車擋與起重機軌道。

註 3. 各構件之劣化狀況位置記錄如表 1 所示。

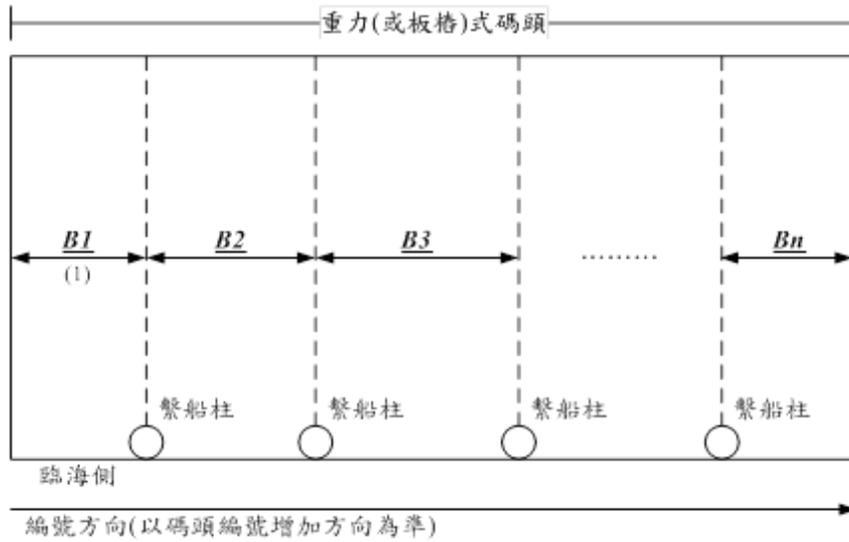


圖 1 碼頭單元編碼方式示意

表 1 重力式碼頭構件劣化位置記錄方式說明

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

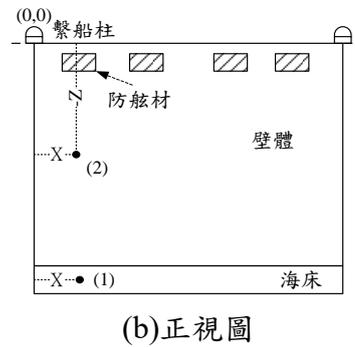
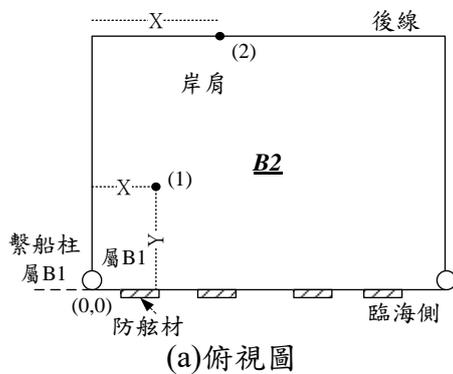


圖 2 重力式碼頭構件劣化位置記錄方式圖示

碼頭特別巡查表

檢測日期		年 月 日		檢測天氣		<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 陰 <input type="checkbox"/> 雨	
碼頭資料	港灣名稱			碼頭編號			
檢測單位：				檢測人：			
碼頭本體							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
岸肩	裂縫	裂縫擴散至整個岸肩? 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X__,Y__	m		
	剝落	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X__,Y__	m ²		
	沈陷	岸肩嚴重下陷(面積>5 m ² 、高度>2.5 cm)(雨天檢視) 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X__,Y__	m ²		
後線	沈陷	岸肩嚴重下陷(高度>10 cm、面積>10 m ²) 是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X_____	m ²		
附屬設施							
構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化單元	劣化位置	劣化數量	照片編號	
繫船柱	腐蝕龜裂	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		—	個		
防舷材	龜裂破損	材質老化、構件變形或掉落是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		第____個	個		
車擋	龜裂破損	材質嚴重龜裂或脫落是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		第____個	個		
起重機軌道	腐蝕位移	兩軌間距高差>=4.25mm、兩軌間距左右差>=10mm、大範圍生鏽影響功能是 <input type="checkbox"/> /否 <input type="checkbox"/>		X_____	m		
檢測員意見：							

附錄二

期末審查意見及辦理情形說明表

107 年度自辦計畫期末審查意見及辦理情形說明表

審查意見	處理情形
林志豐 委員	
1.本報告(港灣構造物維護策略與管理系統之研究)與賴瑞應研究員上星期簡報「港灣構造物維護管理制度與巡檢作業」為同類相似案子,但內容不一(譬如經常性檢測的項目、標準;次數等都不一樣)。	感謝委員指導,本報告文獻回顧內容係指所前期(100-103 年)之研究成果,惟後續仍持續辦理增修,故以賴研究員瑞應簡報資料為最新成果與建議。
2.p.20,經常巡查檢測每個月 1 次,且檢測項目及標準(P.2-14~2-19)過於繁瑣,本處無人力及專業辦理,建議不管那一種巡查檢測,均以持續委商辦理為佳。	感謝委員指導,相關巡查與檢測辦理方式,因各港務權責單位專業人力配置不同,建議可自行因地制宜辦理。
3.p4-4,外廓防波堤:為拋石式防波堤,總長度為 684.8m,但 p.4-5 頁的平面圖中,北防波堤長度為 660 m,何者正確。	感謝委員指導,已遵照修正為 660m。
4.p4-7,表 4-3 福澳碼頭區碼頭基本資料,#1、#4 等碼頭用途,#3、S3、E1 等後線設施及備註欄內的說明均為舊資料,宜請依現況修正。(其他碼頭基本資料亦請同步檢視)	感謝委員指導,已重新檢視修正。
5.p4-32,表 4-9 港區名稱漏了福澳碼頭區(還是因為表格不完整,內容有缺漏。福澳碼頭區不可能只有 5 列的巡查結果吧)	感謝委員指導,已重新檢視修正。
6. 6.1 結論 3(p6-2),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。與目前已發生多次基樁保護膠墊脫落,害船舶故障有異。	感謝委員提供資訊,本研究馬祖港調查時間為 107 年 5 月,調查時並未發現基樁保護膠墊脫落情形,後續將擇期前往再行檢測。
林佑任 委員	
1.本研究案對於港口港灣設施的經營維護管理,幫助很大,另本案蒐集先進國家如日本的做法並進一步改良以臺灣的情形與需求去設計相關作法及標準,很不容易,感	感謝委員指導與肯定。

謝運研所的長期用心與努力。	
2. 有關檢測標準部分，於劣化狀況分級部分有不同物理量之大小標準其連接用”、”表示者，建議可以”或”或”且”來表示其意義，較不會誤解。	感謝委員指導，已遵照辦理修正。
3. p2-16 與其他頁碼有關涉及防蝕系統防蝕電位標準的部分，其大於或小於之符號有誤，請更正。	感謝委員指導，已重新檢視修正。
4. p2-20，有關海堤沉陷紀錄等頁面儲存功能立意甚好，對於海堤的長期觀察管理很有幫助，感謝中心的努力。	感謝委員肯定。
5. p2-25，有關圖 2.10 之浮動碼頭構件拆解圖中，浮臺與聯絡橋均有”面板”一項構件，但於後之巡查標準卻未納入，請問”面板”之意義為何?並建議納入目視巡查標準內，俾利維護。	1. 浮臺與聯絡橋之面板，係指其上部鋪面部分。 2. 後續研究將參照委員意見辦理。
6. 有關浮動碼頭各項劣化類型中，很多項目只有分 1 與 4 級，跳過 2、3 級，可能會造成評估結果不是沒問題就是已需花大錢整建的狀況，是否宜於 2、3 級亦適當配置劣化狀況說明，可提醒注意需維護的情形。	感謝委員指導，浮動碼頭劣化類型係參考日本目前作法訂定後續將彙整國內各港務單位之回櫃意見再做修正。
7. p2-28 以後有關整體構造物評估部分，一般碼頭均於港區內海床相對穩定無虞，然權重配比卻佔 0.45 極高，造成假設岸肩與壁體均已屬最嚴重損壞的 4 級，但總加權結果只有 2.5，造成似乎無法實際表現出嚴重性的不合理現象。	感謝委員指導，相關權重為參考前期研究訪談專家學者之意見所擬，惟現行評估方式，主要為考慮構件功能性與劣化狀況等級，故權重僅供參考。
8. p2-31，有關混凝土輕微的剝落或中等的剝落或沉陷，採用修補水泥砂漿工法其實很難牢固容易再次剝落，建議若非嚴重可以持續追蹤觀察。	感謝委員指導，將遵照辦理。
9. p2-32，有關海床沖刷部分，沖刷坑 50 公分以內就需採用拋石護基實務可能不易執行，建議搭配面積及結構可能受影響之區位，較符實際。	感謝委員指導，將遵照辦理。

<p>10. p2-35，有關防舷材部分只有塑膠面板會褪色，且褪色不影響使用性，而防舷材橡膠材質老化視覺上不容易看出來，都是黑色且附著一堆海生物，只有在船隻靠泊不當時會扯裂老化之橡膠本體，建議修改為：</p> <table border="1" data-bbox="264 472 798 853"> <thead> <tr> <th data-bbox="264 472 323 528">劣化等級</th> <th data-bbox="323 472 560 528">原劣化狀況說明</th> <th data-bbox="560 472 798 528">建議修改之劣化狀況說明</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="264 528 323 584">2</td> <td data-bbox="323 528 560 584">防舷材表面裂紋跟局部破損</td> <td data-bbox="560 528 798 584">防舷材屬堪用並持續追蹤損壞狀況</td> </tr> <tr> <td data-bbox="264 584 323 741">3</td> <td data-bbox="323 584 560 741">防舷材固定螺栓鬆脫；防舷材開裂長度未及1/3；防舷材塑膠面板脫落數量未達1/3</td> <td data-bbox="560 584 798 741">鬆脫之螺栓派工重新鎖緊；防舷材仍屬堪用，可預先採購備品或調整安裝位置；採購新塑膠面板更換</td> </tr> <tr> <td data-bbox="264 741 323 853">4</td> <td data-bbox="323 741 560 853">防舷材面板鏽蝕穿孔、變形；防舷材脫落或橡膠本體開裂長度超過1/3</td> <td data-bbox="560 741 798 853">採購新品更新</td> </tr> </tbody> </table>	劣化等級	原劣化狀況說明	建議修改之劣化狀況說明	2	防舷材表面裂紋跟局部破損	防舷材屬堪用並持續追蹤損壞狀況	3	防舷材固定螺栓鬆脫；防舷材開裂長度未及1/3；防舷材塑膠面板脫落數量未達1/3	鬆脫之螺栓派工重新鎖緊；防舷材仍屬堪用，可預先採購備品或調整安裝位置；採購新塑膠面板更換	4	防舷材面板鏽蝕穿孔、變形；防舷材脫落或橡膠本體開裂長度超過1/3	採購新品更新	<p>感謝委員指導，將參考辦理。</p>
劣化等級	原劣化狀況說明	建議修改之劣化狀況說明											
2	防舷材表面裂紋跟局部破損	防舷材屬堪用並持續追蹤損壞狀況											
3	防舷材固定螺栓鬆脫；防舷材開裂長度未及1/3；防舷材塑膠面板脫落數量未達1/3	鬆脫之螺栓派工重新鎖緊；防舷材仍屬堪用，可預先採購備品或調整安裝位置；採購新塑膠面板更換											
4	防舷材面板鏽蝕穿孔、變形；防舷材脫落或橡膠本體開裂長度超過1/3	採購新品更新											
<p>11.p3-5，建議防蝕效果判定方法圖 3.3 上下調整。</p>	<p>感謝委員指導，已遵照辦理。</p>												
<p>12. p4-2，表 4-1 應列為經常性巡查。</p>	<p>感謝委員指導，已遵照辦理。</p>												
<p>13.p4-63，有關利用手機瀏覽器連線至管理系統之操作功能方式甚佳，感謝中心的努力。</p>	<p>感謝委員肯定。</p>												
<p>陳桂清 委員</p>													
<p>報告內容非常豐富與務實並建置維護管理系統，提供港務單位使用，應予肯定與支持。下列意見請參酌：</p>	<p>感謝委員肯定。</p>												
<p>1.p2-16，表 2-15，防蝕系統中之“防蝕電位”，應註明以海水型之 Ag/AgCl 參考電極量測。</p>	<p>感謝委員指導，已遵照辦理。</p>												
<p>2.p2-21，請補列三張表單分別為經常巡查表、定期檢測表及特別巡查表。</p>	<p>感謝委員指導，已遵照辦理。</p>												
<p>3. p2-38，2.3 節中有許多圖示，諸圖 2.14、圖 2.15 …… 等模糊不清，應改善之。</p>	<p>感謝委員指導，已遵照修正。</p>												
<p>4.p3-7，3.5 節內容，建議補充簡列管理系統本年度精進的項目或功能等敘述。</p>	<p>感謝委員指導，已遵照辦理。</p>												
<p>5. p4-2 表 4-1 巡查頻率與天災或事故發生後</p>	<p>感謝委員指導，表 4-1 係臺中港務分公</p>												

立即巡查，略有不一，請說明之。	司現行表單，後續研究將與其確認原因。
6. p4-3，表 4-2 損傷順序是否亦可代表維修排序？	感謝委員指導，已遵照修正。
7.p4-7，表 4-3 建議“施工時間”，修正為“建造時間”	感謝委員指導，已遵照修正。
8. p4-44、p4-53、p4-57 及 p4-61，厚度檢測之段落內容，建議補上基樁目前之厚度以及減少厚度。	感謝委員指導，已遵照補充。
9. p4-57~p4-60，表 4-28 底板厚度有誤，請查核更正。	感謝委員指導，已遵照修正。
蔡明達 委員	
1. p2-7，表 2-3，是否應為表 2-6？圖 2.1 不清晰。	感謝委員指導，已遵照辦理。
2. p2-16，表內“文公尺”是否確定？可用其他如量尺。	感謝委員指導，將遵照修正。
3. p2-21、p2-22，無“附錄 1”。	感謝委員指導，已遵照補充。
4. p2-30，倒數二行，“處置對策”“工法編號”加以說明英文代號後數字意義。	感謝委員意見，英文代號後數字係指不同可用工法之編號。
5. p3-3，樁厚度檢測前表面是否需研磨？須介質與否？	感謝委員意見，檢測位置如在水下，一般均以敲除附著生物至鋼材表面光滑，不須研磨或其他塗抹介質。
6. p3-5，圖 3.3，如無學術慣例，建議上下反過來表示？	感謝委員指導，已遵照修正。
7. p3-6，重量公式 3.3 是否正確？($\pi R^2 \times L - \text{---}$) \times 密度 (p5-18 也有)。	感謝委員指導，已遵照修正。
8. p4-25 頁，CNS7937 應為 CNS7934。浮箱鋼板鋼應為 ASTM A131，並非 AB(1991)。	感謝委員意見，浮箱鋼材引用資料為原始竣工圖說，將再確認。
9. p4-44 頁~4-56 頁，a.表 4-26 F1 與表 4-21 數據不符，圖 4.37、圖 4.38、圖 4.39 數據不符；b.“介”於……(p4.44~p4-6)；c.p4-44 數據對不上。	感謝委員指導，已檢討修正。

10.p4-57，基樁應為浮箱鋼板，數據對不上	感謝委員指導，已檢討修正。
11.p5-9，CNS13521 更新為 CNS13521-1；p5-13，焊→鐸(2.34 表)；p5-17，如標示→多了、；p5-2、p5-3、p5-20，海土中，海床，海底土泥(5.6)。	感謝委員指導，已遵照修正。
12. p2-3，表 2-2 內螺絲、螺栓應一致。	感謝委員指導，已遵照修正。
13.p2-20，(如圖 2.4 所示)，應統一。	感謝委員指導，已遵照統一。
14. p2-29，表 2-21、表 2-22，第二層構件是否改為百分比 35%、55%、10%。	感謝委員指導，將遵照辦理。
15. p2-33，表 2-25，第二列，1m ² 。	感謝委員指導，已遵照修正為 1m ² 。
16. p2-39，第三行，應為如圖 2.17。	感謝委員指導，已遵照修正。
17.p2-47，倒數二行，少圖編號“如圖所示”。	感謝委員指導，已遵照修正。
18. p4-2，表 4-1 巡查頻率數否正確？	感謝委員指導，表 4-1 係臺中港務分公司表單，後續研究將再確認。
19. p6-1，巡查(倒數二行)字較小、“銹”字統一。	感謝委員指導，已遵照修正。
20. p4-4，4.氯離子含量過高，是表 4.2 中大於 0.15kg/m ³ ？鋼品不會生銹？	感謝委員指導，表 4-1 資料來源自臺中港務分公司，將再與其確認。
21. p5-15，圖 5.5 “混”凝塊，圖 5.7 塗“裝”。	感謝委員指導，已遵照修正。
林雅雯 委員	
1.維護管理系統後續建議增加前後期檢測結果比較分析功能，以利了解劣化速度及趨勢。	感謝委員指導，將遵照辦理。
2.後續計畫建議補充檢測數據於系統中如何呈現。	感謝委員指導，將遵照辦理。
3.報告 4-1 頁第一段最後一行巡查字體偏小，4-32 頁表格福澳碼頭區港區名稱缺漏。	感謝委員指導，已修正。

附錄三
期末報告簡報資料

107年自行研究計畫期末報告審查會議
海洋及交通運輸防災技術研究(1/4)-細部計畫3

港灣構造物維護策略 與管理系統之研究

簡報人：羅建明
107年11月20日

<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



簡報大綱

- 一、前言
- 二、文獻回顧
- 三、研究流程
- 四、結果與討論
 - 4.1 研析臺中港維護管理機制
 - 4.2 馬祖港港灣設施現況調查
 - 4.3 擴充維護管理系統功能
 - 4.4 港灣鋼構物陰極防蝕工法
- 五、結論與建議



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



一、前言(1/3)

研究動機

- 港灣構造物受地震與颱風等外力與海洋惡劣環境侵襲，極易發生腐蝕、劣化、損壞等現象，對耐久性與安全威脅甚大。
- 依據「國家科學技術發展計畫」(民國106年至109年)交通部科學技術發展目標：(1)目標三-及(2)目標四，提升航行安全及港埠營運效率與品質，促進臺灣港埠永續發展。
- 審計部交通建設審計處亦於105年審核通知交通部：「請允應督促臺灣港務公司妥適應用系統功能，並儘速建立維護管理機制，以提升港灣構造物維護效能及確保碼頭使用安全」。
- 工程設施是否安全堪用，必需明確掌握，俾採必要防範措施。



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



一、前言(2/3)

研究目的

- ◆ 針對碼頭或防波堤等構造物進行現況調查、安全檢測與評估，期望提供維修單位參考。
- ◆ 建立平時定期或特殊狀況之緊急檢測制度，儘早發現構造物劣化或腐蝕狀況，減少環境因素或天然災害造成更大之損壞。
- ◆ 擴充港灣構造物維護管理系統，使更符實際應用需要。



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



一、前言(3/3)

◆ 研究範圍

◆ 臺中港：

- 維護策略與管理機制
- 碼頭使用現況及安全評估



◆ 馬祖港：

- 福澳碼頭區(含浮動碼頭2座)
- 白沙碼頭區(含浮動碼頭1座)
- 青帆、猛澳碼頭區
- 中柱碼頭區



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



二、文獻回顧(1/4)

國內文獻	國外文獻
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 港灣構造物安全檢測與評估之研究(2000) ---交通部 ◆ 港灣構造物維護管理準則之研究(2004) --運研所 ◆ 港灣設施維護管理制度研究委託建置工作(2006) ◆ 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(2008) ◆ 港灣防波堤維護管理系統建置之研究(2010) ◆ 基隆港西14至西15號碼頭結構安全檢測評估與系統建置(2010) ◆ 港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4~4/4)(2011~2014) ◆ 花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置(2013) ◆ 花蓮港港灣構造物維護管理系統之優化與擴充作業(2017) 	<ul style="list-style-type: none"> □ 日本港灣空港技術研究所 - 棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究(2009) □ 日本國土技術政策綜合研究所 - 港灣設施維護管理計畫制訂之基本考量(2009) □ 日本農林水產省農村振興局防災課及國土交通省港灣局海岸防災課 - 海岸保護設施維護管理手冊(2010) □ 日本一般財團法人沿岸技術研究中心 - 海洋港灣構造物維持管理士資格制度(2014) □ 日本國土交通省港灣局 - 港灣設施維護管理計畫制定規範(2015) □ 美國TRB資產管理文獻 □ 澳洲新南威爾斯省公共渡輪碼頭安全評估程序



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



二、文獻回顧(2/4)

維護管理程序	國內	國外(日本)
檢測種類與方法	經常巡查 定期檢測 特別巡查與詳細檢測。	初次檢查 日常檢查 定期檢查(一般與詳細) 臨時檢查(一般與詳細)。
檢測頻率	經常巡查：每月1次 定期檢測：依構造物型式與重要性分別釐訂或每2年1次 特別巡查：重大災害後執行。	通常檢測：一般定期檢查5年內之少一次 重點檢測：10~15年內至少一次。
檢測診斷項目	經常與特別巡查： 岸上構件或設施為主 定期檢測：岸上與水下構件	診斷項目分I~III類 I類：構件直接影響設施性能 II類：性能降低不會立即造成設施性能降低，但如果長期任其處於不良狀態，會對設施造成致命性損傷； III類：附屬設備。



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



二、文獻回顧(3/4)

維護管理程序	國內	國外(日本)
檢測標準	各構件依其可能異狀列出1~4級之劣化異狀	各構件依其可能劣化異狀列出a~d級(亦為4個等級)之檢測標準 各等級之異狀劣化標準並非皆有對應。
評估方法	依港灣構造物各構件劣化狀況等級進行構件評估 (碼頭配合構件權重加權計算)。	依診斷項目分I~III類進行設施狀況之評估。
對策工法	碼頭構造物已將各劣化之異狀構件狀況等級對應處置對策。	常見之劣化維修為主，未以各劣化予以對應 (港灣設施維護管理技術手冊，日本財團法人沿岸技術研究中心，2008)。
維護管理系統	已建置基隆、蘇澳、臺北、花蓮、金門與馬祖港等。	維護管理資料庫：無分析系統 資料庫建置目的：保存資料與作為地方與中央的資料分享平台。
維護管理士制度	目前無相關制度	已有相關授課內容、考試資格與考試內容。



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



二、文獻回顧(4/4)

花蓮港港灣構造物維護管理系統之優化與擴充作業

◆ 擴充與調整模組功能

- 系統版面重新配置，統一元件樣式
- 搜尋功能
- 照片上傳與排列顯示功能
- 資訊列表功能
- 查詢操作功能



◆ 既有功能模組轉換儲存於新建系統

- 基本資料 模組
- 檢測資料 模組
- 維修排序 模組
- 維修紀錄 模組
- 帳號管理 模組透



◆ 新增三項功能模組

- 系統公告 模組
- 系統留言 模組
- 圖文管理 模組

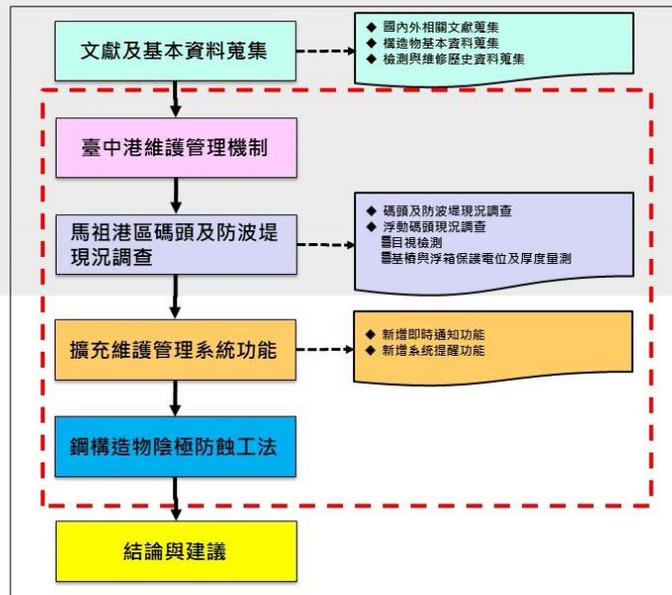


<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



三、研究流程



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



四、結果與討論



簡報藝術烘培坊



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



4.1 研析臺中港維護策略與管理機制

◆ 維護管理機制

- 依巡查維護權責，公用碼頭由分公司辦理巡查維護，專用碼頭則由承租業者，辦理巡查維護。
- 巡查類別分為下列三類：
 - 經常性巡查：定期辦理碼頭及繫船設施巡查。
 - 定期檢測：定期檢測碼頭水深、船席水深、防舷材及反光板。
 - 特別檢測：人為損壞及天然災害發生時辦理。

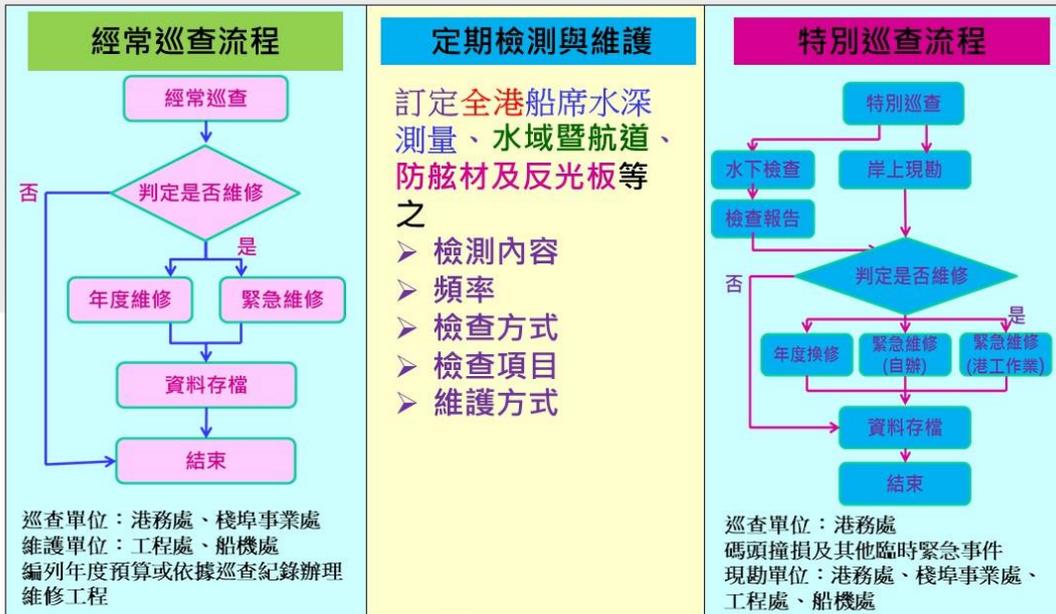
資料來源：107年7月19日監察院「臺灣港務公司有否對老舊及高風險碼頭加強風險監管並預謀對策，有無通盤檢視國內國際商港碼頭之安全性，並建立完善的維護管理機制」臺中港履勘簡報資料



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



4.1 研析臺中港維護策略與管理機制



<http://www.ihmt.gov.tw>
 交通部運輸研究所港灣技術研究中心



4.1 研析臺中港維護策略與管理機制

◆ 碼頭使用現況及安全評估

資料來源：「臺中港棧橋碼頭檢測評估暨維修整建工程設計現況調查及檢測工作成果報告書」，2013

碼頭	基礎材質	損傷排序	總評價值	鑽心強度 (kg/cm ²)	中性化深度 (cm)	氯離子含量 (kg/m ³)	鋼管格電位	鋼管格剩餘厚度(%)	最大凸出距離(m)	最大高程差(m)
#7	PC	4	3.12	397	0	0.302			0.035	0.026
#8	PC	2	3.39	392	0	5.083			0.071	0.051
#8A	PC	1	3.88	580	0	0.734			0.051	0.043
#13	PC	6	2.70	474	0	3.482			0.045	0.014
#14	PC	3	3.22	421	0	0.187			0.055	0.023
#27	PC	13	2.04	760	0	15.336			0.055	0.024
#28	PC	5	2.85	681	0	5.174			0.045	0.015
#29	PC、鋼管	12	2.04	322	0	6.043		99	0.033	0.027
#5A	PC	15	1.66	588	0	1.147			0.039	0.044
#5	PC	11	2.07	480	0	0.151			0.027	0.031
#6	PC	8	2.37	530	0	4.934			0.073	0.043
#9	PC	19	0.49	317	0	19.51			0.109	0.033
#10	PC	21	0.42	278	0	9.65			0.058	0.033
#11	PC	17	1.26	243	0	0.46			0.058	0.027
#12	PC	10	2.12	536	0	0.036			0.064	0.041
#15	PC	7	2.44	424	0	0.274		85	0.042	0.016
#19	PC	23	0.25	496	0	0.149		-	0.047	0.018
#20	PC	31	0.04	456	0	0.262		-	0.05	0.02
#21	PC	27	0.13	400	0	0.151		-	0.067	0.036
#22	PC	25	0.23	362	0	0.101		-	0.039	0.027
#26	PC	14	1.79	622	0	0.948		-	0.038	0.027
#30	鋼管	24	0.24	325	0	1.68	OK	97	0.124	0.038
#31	PC	26	0.17	272	0	0.312	-	-	0.064	0.022
#32	PC	16	1.37	291	0	0.218	-	-	0.153	0.023
#33	鋼管	22	0.36	356	0	0.888	OK	98	0.109	0.011
#34	鋼管	18	0.59	252	0	0.936	OK	97	0.039	0.028
#35	鋼管	20	0.43	255	0	1.519	OK	97	0.025	0.053
#99	鋼管	28	0.11	403	0	0.173	OK	96	0.126	0.028
#W2	PC	9	1.95	323	0	1.032	-	-	0.075	0.028
#W3	鋼管	30	0.07	334	0	0.6	OK	99	0.06	0.029
#W4	鋼管	29	0.09	460	0	0.473	OK	98	0.085	0.033



<http://www.ihmt.gov.tw>
 交通部運輸研究所港灣技術研究中心



4.2 馬祖港碼頭及防波堤現況調查



馬祖港五碼頭區位置圖



<http://www.ihmt.gov.tw>

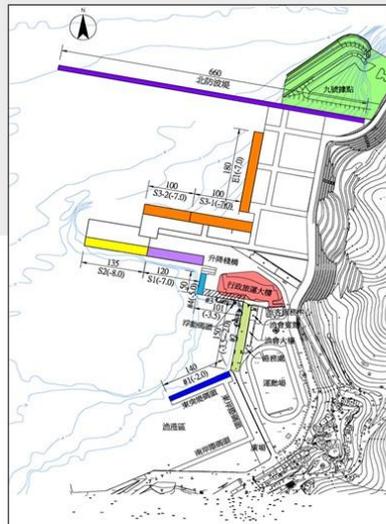
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



4.2 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

◆ 基本及檢測維修資料蒐集

南竿鄉福澳碼頭區



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



南竿鄉福澳碼頭區

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	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	50m供港勤船使用
E1	180	-7.0	貨輪	露置場	
外廓防波堤	684.8				拋石式防波堤

17

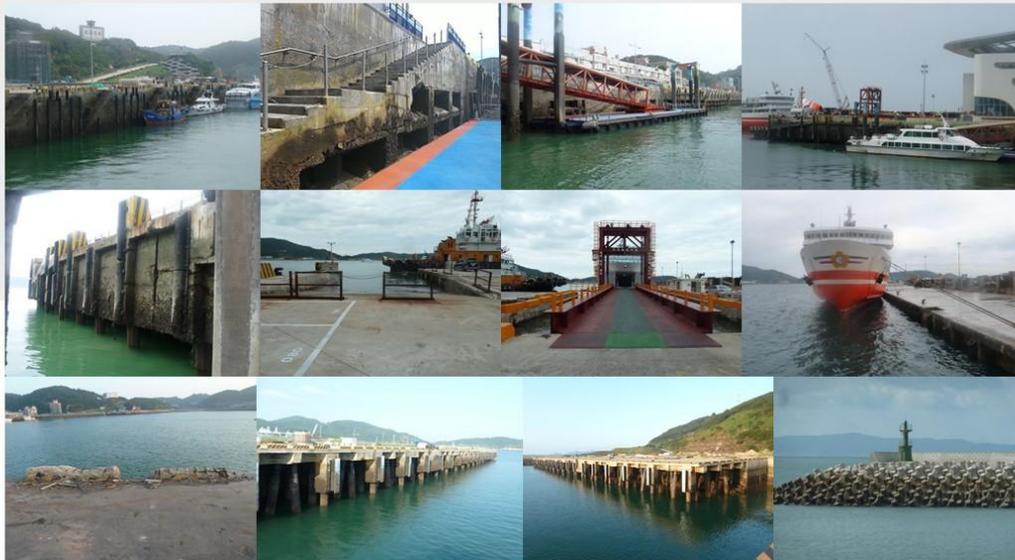


<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



南竿鄉福澳碼頭區



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



4.2 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

◆ 北竿鄉白沙碼頭區



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



北竿鄉白沙碼頭區

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
北防波堤	135			拋石堤	
南防波堤	130			拋石堤	



交通部運輸研究所港灣技術研究中心



◆ 莒光鄉青帆碼頭區(西莒)



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



莒光鄉青帆碼頭區

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



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



◆ 莒光鄉猛澳碼頭區(東莒)



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



莒光鄉猛澳碼頭區(東莒)

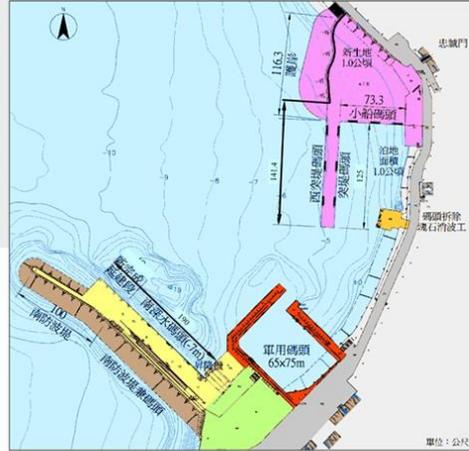
碼頭名稱	長度(m)	水深(m)	用途	型式	後線設施
南防波堤兼碼頭	125	-5.0	客輪/貨輪	沉箱重力式	冬天船靠南側， 夏天靠北側。
小艇碼頭	62	-0.5~-1.0	小客輪	重力式	



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



◆ 東引鄉中柱碼頭區



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



東引鄉中柱碼頭區

碼頭名稱	長度(m)	水深(m)	用途	型式	後線設施
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	
防波堤	164	-3.0		拋石式	



2



交通部運輸研究所港灣技術研究中心



福澳與白沙碼頭區浮動碼頭資本資料

項目	福澳碼頭區			白沙碼頭區 浮動碼頭
	F1島際 浮動碼頭	F2小三通 浮動碼頭	平台區	
設置時間 (年.月)	99.11	99.11	99.11	103.6
基樁數量 (支)	3 (A區) 4 (B區)	4(C區) 3(D區)	9(B區)	3(A區) 4(B區)
浮箱大小 (m)	30 x 15	35 x 15	---	30 x 15
浮箱高度 (m)	2.5m	2.5	---	2.5
基樁直徑 (mm)	900	900	900	900
基樁鋼材 厚度(mm)	19	19	19	19
浮箱鋼材 厚度(mm)	10.0 12.0	10.0 12.0	---	10.0 12.0

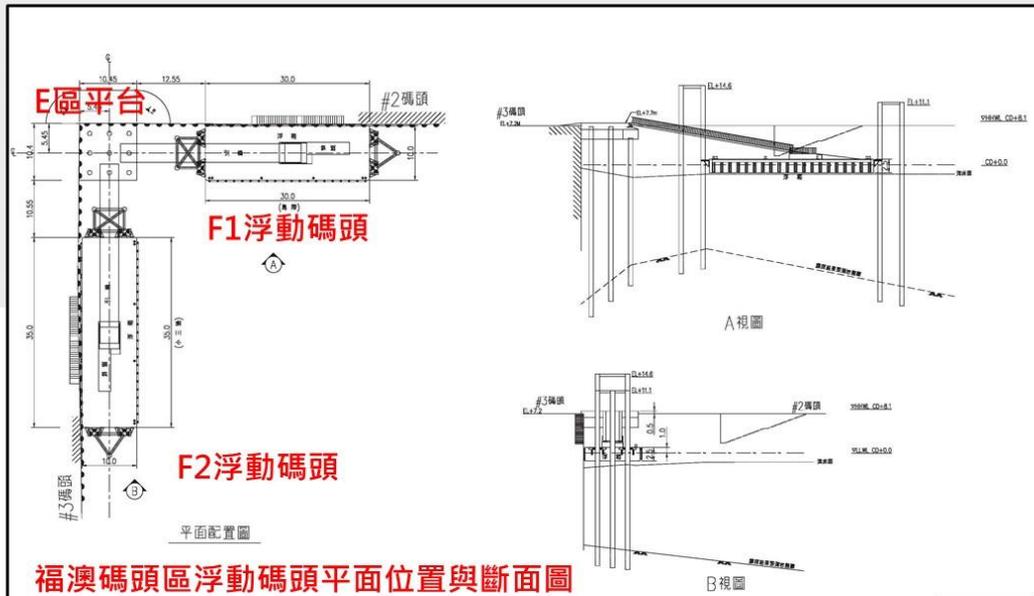


<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



◆ 基本及檢測維修資料蒐集



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



◆ 基本及檢測維修資料蒐集



白沙碼頭區浮動碼頭照片

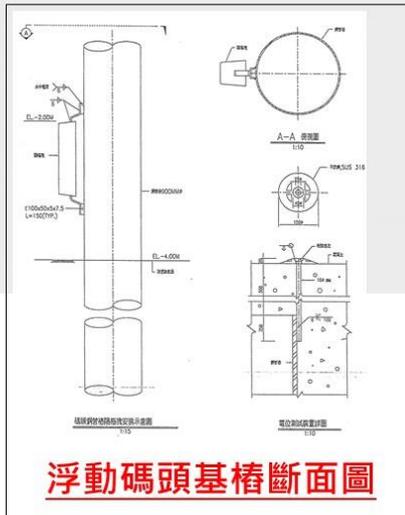


<http://www.ihmt.gov.tw>

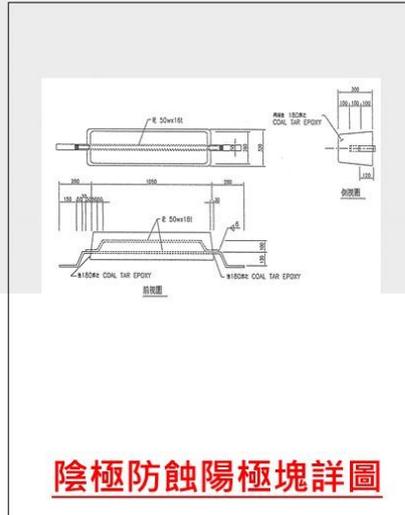
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



◆ 基本及檢測維修資料蒐集



浮動碼頭基樁斷面圖



陰極防蝕陽極塊詳圖

陰極防蝕系統



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



◆ 目視調查



基樁與橫撐表面完整



浮箱及附屬設施完整



聯樁橋底部軸承正常



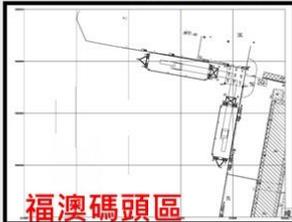
基樁與滾輪接觸處表面部分磨損·無撞擊凹痕



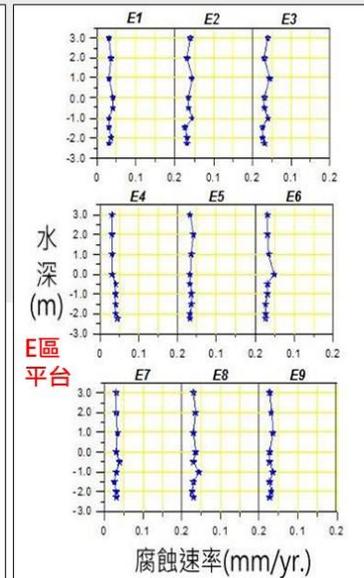
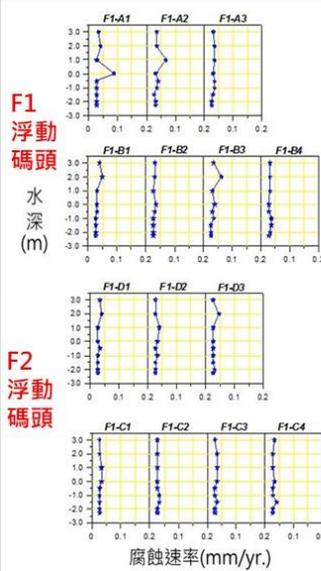
<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



◆ 基樁鋼板厚度檢測



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	0.04	0.03	0.09	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
F1-A2	0.04	0.04	0.07	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
F1-A3	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
F1-B1	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F1-B2	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F1-B3	0.04	0.06	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
F1-B4	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02
F2-C1	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-C2	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-C3	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-C4	0.03	0.03	0.02	0.08	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
F2-D1	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-D2	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F2-D3	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
E1	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.03	0.03	0.04
E2	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
E3	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
E4	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
E5	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
E6	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
E7	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
E8	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
E9	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03



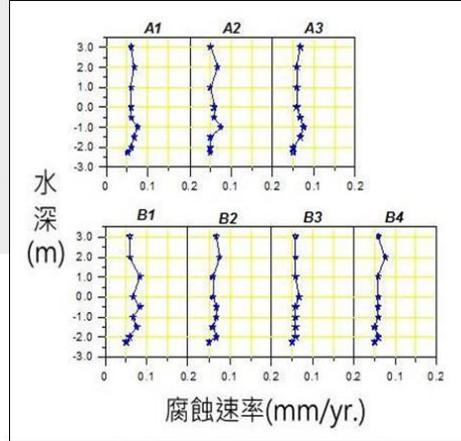
<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



◆ 基樁鋼板厚度檢測



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	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.06	0.05
A2	0.05	0.07	0.05	0.06	0.06	0.07	0.05	0.05	0.05
A3	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.05	0.05
B1	0.06	0.06	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.06	0.05
B2	0.07	0.08	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.05
B3	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05
B4	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05



白沙碼頭區浮動碼頭



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



防蝕系統檢測

基樁鋼板保護電位及陽極塊發生電位

(單位：mV 飽和甘汞電極，SCE)

位置		鋼板保護電位	陽極塊發生電位	
碼頭區	編號		海生物清除前	海生物清除後
福澳	F1	-994 ~ -943	-1012 ~ -990	-1021 ~ -990
	F2	-994 ~ -973	-1003 ~ -988	-1022 ~ -996
	E區平台	-1022 ~ -1012	-1010 ~ --960	-1024 ~ -1016
	S2	-1023 ~ -1000	-1030 ~ -10103	-1032 ~ -1018
白沙碼頭區		-995 ~ -960	-1021 ~ -969	-1030 ~ -1000

◆ 均小於 $-780 \text{ mV}(\text{vs.SCE})$ ，達保護鋼板樁之目的。



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



防蝕系統檢測

浮箱鋼板保護電位及陽極塊發生電位

(單位：mV 飽和甘汞電極，SCE)

位置		鋼板保護電位	陽極塊發生電位	
碼頭區	編號		海生物清除前	海生物清除後
福澳	F1	-1025 ~ -980	-1003 ~ -980	-1035 ~ -1016
	F2	-1025 ~ -999	-1008 ~ -998	-1042 ~ -980
白沙碼頭區		-1007 ~ -1005	-1021 ~ -969	-1030 ~ -1000

◆均小於 $-780 \text{ mV}(\text{vs.SCE})$ ，達保護鋼板樁之目的。



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



4.3 擴充維護管理系統功能

106年度已新增系統公告、留言與圖文管理模組，
107年度另擴充新增即時回報模組與系統提醒功能。

新增即時回報

*日期: 2018-10-22

*回報人員: 黃嘉

*標題: 工程組

*類別: 雜項

*類別: 雜項

*項目: 雜項

*位置: 106碼頭區 港務大樓門口北側橋樑

*詳細: (請已回報者詳細描述人員與時間)

*留言: (請已回報者詳細描述人員與時間)

*留言: (請已回報者詳細描述人員與時間)

即時回報操作

接收通知 接受巡查季通知 (可接收巡查每季一次無資料建立通知)
 接受定期年通知 (可接收定檢三年內無資料建立通知)

檢測人員檢測提醒通知

[回報內容]
檢測類型: 巡邏
檢測日期: 2018-10-17
檢測員: ma

構件類型: 繫船柱及繫船環
劣化類型: 本體的劣化、撞傷、鑿痕的剝落等狀況
劣化狀況: 2
位置: 靠岸邊
已通報: 是
詳細診斷: 建議此劣化需再詳細診斷
備案範圍: 各公用碼頭區及岸壁設施
資料建立: ma 建立時間: 2018-10-17

立即登入系統

管理者收到檢測劣化郵件通知

即時回報查詢

NO	日期	回報	回報時間	項目	類別	位置	詳細	備案	備案時間	備案員	備案時間	備案狀態
1	2018-10-17 11:40:25	黃嘉	2018-10-17 11:40:25	工程組	雜項	106碼頭區 港務大樓門口北側橋樑	請已回報者詳細描述人員與時間	是	2018-10-17 11:40:25	ma	2018-10-17 11:40:25	已備案
2	2018-10-17 09:21:02	黃嘉	2018-10-17 09:21:02	工程組	雜項	106碼頭區 港務大樓門口北側橋樑	請已回報者詳細描述人員與時間	是	2018-10-17 09:21:02	ma	2018-10-17 09:21:02	已備案
3	2018-10-17 09:19:49	黃嘉	2018-10-17 09:19:49	工程組	雜項	106碼頭區 港務大樓門口北側橋樑	請已回報者詳細描述人員與時間	是	2018-10-17 09:19:49	ma	2018-10-17 09:19:49	已備案

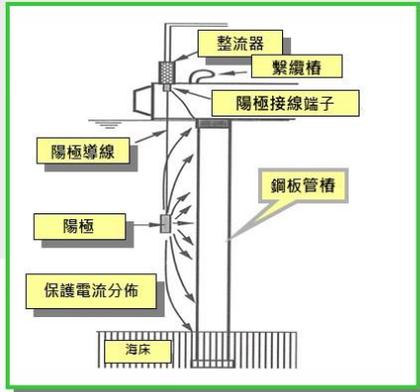


<http://www.ihmt.gov.tw>

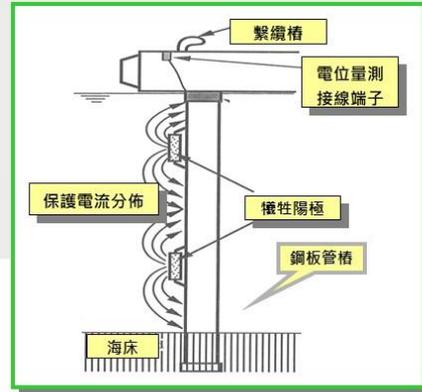
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



4.4 港灣鋼構物陰極防蝕工法



鋼樁陰極防蝕外加電流法示意圖



鋼樁陰極防蝕犧牲陽極法示意圖

39



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



陰極防蝕系統選擇

- 港灣鋼構造物陰極防蝕，可以採用犧牲陽極法、外加電流法或兩者相結合。
- 港口碼頭設施，過去多採用外加電流法的陰極保護，但80年代至今，由於犧牲陽極不斷開發且防蝕性能提高，目前國內外多採用犧牲陽極法。
- 水質變化較大的河口或是流速較大的區域，海水中鋼構造物的陰極防蝕仍宜考慮外加電流法。

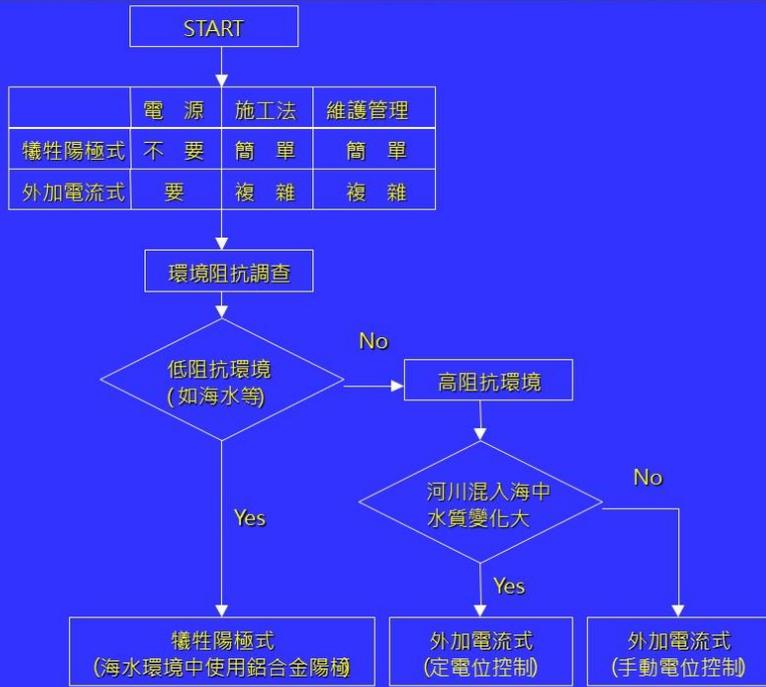


<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



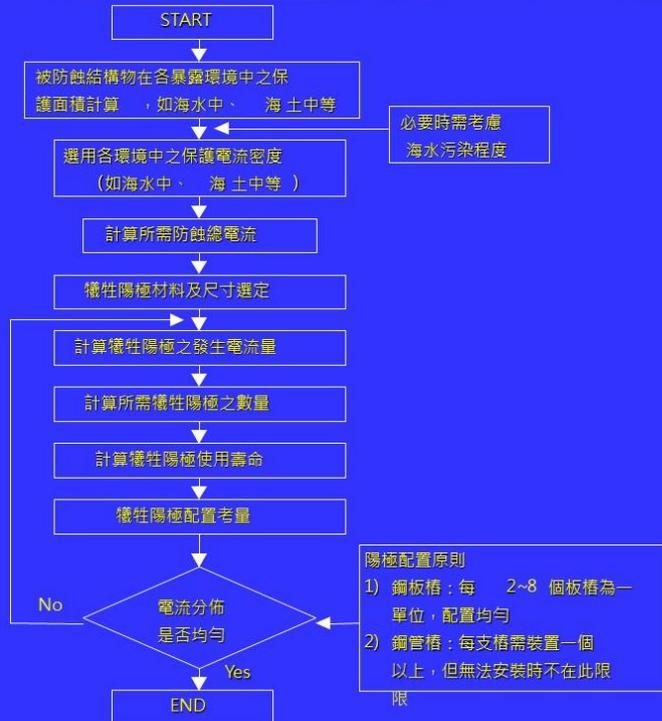
陰極防蝕 工法選擇



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



犧牲陽極法 設計流程

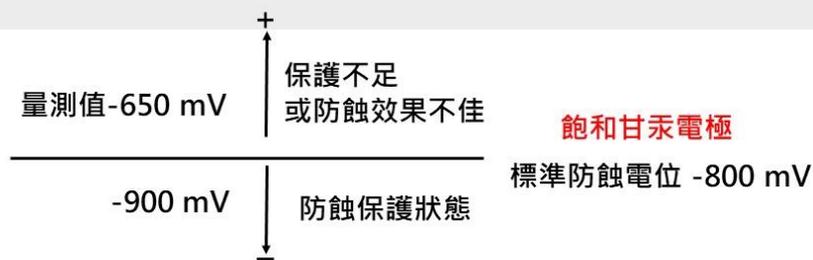




的參考電極為海水氯化銀電極(Ag/AgCl/seawater)

海水中鋼構造物之防蝕保護電位標準

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



陰極防蝕效果判定



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



防蝕系統維護管理

種類	頻率	項目
一般 檢查	完工驗收後第一年 每季一次，之後， 每年進行一次檢查	電位量測 > 沿碼頭法線方向，以50 m ~ 100 m間隔為原則。深度方向，以1 m或適當的間隔進行。
詳細 檢查	每五年一次	電位量測 > 以檢測率20%以上為目標，沿碼頭法線方向，以3 m ~ 5m間隔為原則，棧橋式碼頭以前列樁為檢測對象。深度方向，以1 m或適當的間隔進行。 犧牲陽極調查 > 確認陽極安裝數量 > 調查陽極消耗量選擇陽極數量之5 % ~ 10 %

45



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



五、結論與建議



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



5.1 結論(1/2)

◆ 臺中港現行維護管理機制

- 依據臺灣港務公司各項設施之巡查、維護權責作業要點辦理經常巡查、定期檢測、特別巡查與應變等。

◆ 馬祖港港灣構造物調查結果：調查時

- 各檢測碼頭結構未發現危及主體設施之裂損。
- 浮動碼頭基樁及浮箱之鋼材表面無腐蝕嚴重致穿孔破洞之情形。平均腐蝕速率均小於設計規範。
- 鋼樁及及浮箱防蝕系統效能檢測，鋼材保護電位與陽極塊發生電位，均達防蝕保護之目的。



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



5.1 結論(2/2)

◆ 擴充維護管理系統

- 新增馬祖港五碼頭區經常巡查及定期檢測資料。
- 新增即時回報模組與系統提醒功能。

◆ 港灣鋼構造物陰極防蝕工法

- 研析工法種類、設計程序與案例。
- 研析工法維護事項。



<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



5.2 建議

- ◆ 馬祖港五碼頭區碼頭部分車擋等附屬設施出現劣化，雖不影響營運，建議仍應及早修護。
- ◆ 馬祖港碼頭與防波堤等港灣設施，調查時雖未發現嚴重劣化現象，鋼材防蝕系統效能也均達保護之目的，建議後續仍應依維護管理制度規定之巡查頻率，落實巡查與檢測工作。
- ◆ 針對國內各國際與國內商港，本所已建置港灣構造物維護管理系統，建議各港參考使用，提供回饋意見，俾利系統持續精進。



<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

