

106-026-7926

MOTC-IOT-105-H1DA002b

港灣碼頭及防波堤現況調查 與維護管理之研究(2/2)



交通部運輸研究所

中華民國 106 年 4 月

106-026-7926
MOTC-IOT-105-H1DA002b

港灣碼頭及防波堤現況調查 與維護管理之研究(2/2)

著者：柯正龍、陳桂清

交通部運輸研究所

中華民國 106 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理之研究。
(2/2) / 柯正龍, 陳桂清著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民 106.04
面 ; 公分
ISBN 978-986-05-2231-0(平裝)

1. 港埠工程 2. 港埠管理

443.2

106004971

港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理之研究
(2/2)

著者：柯正龍、陳桂清
出版機關：交通部運輸研究所
地址：10458 臺北市敦化北路 240 號
網址：www.ihmt.gov.tw (中文版 > 中心出版品)
電話：(04)26587188
出版年月：中華民國 106 年 4 月
印刷者：
版(刷)次冊數：初版一刷 60 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定價：350 元
展售處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市:10485 臺北市中山區松江路 209 號電話:(02) 25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010600504

ISBN：978-986-05-2231-0 (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。

106

港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理之研究
(2/2)

交通部運輸研究

GPN : 1010600504

定價 : 350 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：港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理之研究(2/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-05-2231-0(pbk)	政府出版品統一編號 1010600504	運輸研究所出版品編號 106-026-7926	計畫編號 105-H1DA002b
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：柯正龍 研究人員：陳桂清 參與人員：王欣郁、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 105 年 01 月 至 105 年 12 月
關鍵詞：現況調查、目視檢測、維護機制、港灣設施			
摘要： <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>本年度為2年期計畫之第2年，研究內容除執行碼頭與防波堤等港灣構造物之現況調查外，並持續精進探討其檢測方法與檢測程序、構造物之劣損評估及維護機制。完成項目如下；(1)馬祖港福澳、白沙、猛澳、青帆與中柱五碼頭區之碼頭與防波堤岸上及水下調查；(2)臺中港南、北防波堤岸上之水下調查；(3)馬祖港福澳與白沙碼頭區浮動碼頭基樁、浮箱與棧橋式碼頭鋼樁，鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；(4)碼頭結構維護工法探討；(5)建置馬祖港港灣構造物維護管理系統。</p> <p>成果效益：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.在施政與實務上，除可提供港務單位或工程顧問公司辦理港灣設施維護管理外，採用或建置完成之相關檢測方法與資訊系統等，亦可提供上述單位於港灣設施維護管理作業需要與本所對後續相關研究之重要參考。 2.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"> 1.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。 2.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
106年4月	399	350	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： <p> <input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密 （解密條件：<input type="checkbox"/>年 <input type="checkbox"/>月 <input type="checkbox"/>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: The Study for Field Surveying and Maintenance Management of Harbor Wharf and Embankment (2/2)			
ISBN(OR ISSN) 978-986-05-2231-0(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010600504	IOT SERIAL NUMBER 106-026-792 6	PROJECT NUMBER 105-H1DA002b
DIVISION: CENTER OF HARBOR & MARINE TECHNOLOGY DIVISION CHIEF: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jeng-Long Ko PROJECT STAFF: Kuei-Ching Chen PROJECT TECHNICIAN: H. Y. WANG , M. H. He, Y. S. Chen,C. R. Lee PHONE:04-26587186 FAX:04-26564418			PROJECT PERIOD FROM:01/2016 TO:12/2016
KEY WORDS: field surveying, visual inspecting ,maintenance mechanism, port facility			
<p>Abstract:</p> <p>The 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 project is a two-year period study. This year, in second-year phase, 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) Wharves and embankments of Fu-ao, Baisha, Qingfan, Meng-ao & Zhongzhu ports were investigated at Matsu. (2) South and North embankments of Taichung port were investigated. (3) Piers and floating box thicknesses with their anti-corrosion efficiencies were evaluated at Fu-ao and Baisha ports. (4) Maintenance methods of harbor structures were reviewed. (5) A system of management with maintenance at Matsu port was built.</p> <p>Benefits of achievement:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 maintaining. <p>Application:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 April 2017	NUMBER OF PAGES 399	PRICE 350	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <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
目錄.....	III
圖目錄.....	VII
表目錄.....	XIII
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 國內文獻資料彙整研析.....	2-1
2.2 國外文獻資料彙整研析.....	2-33
2.2.1 碼頭與防波堤目視檢測標準.....	2-33
2.2.1.1 碼頭目視檢測標準.....	2-33
2.2.1.2 防波堤目視檢測標準.....	2-38
2.2.2 日本港灣設施維護計劃書製定與維護管理士.....	2-44
2.2.2.1 港灣設施維護計劃書.....	2-44
2.2.2.2 日本港灣設施維護管理士的相關認證探討.....	2-50
2.3 港灣構造物維護管理程序.....	2-53
2.3.1 港灣構造物巡查、檢測類型.....	2-53
2.3.2 港灣構造物構件編碼.....	2-55
2.3.3 港灣構造物目視檢測標準.....	2-59
2.3.4 港灣構造物初步安全評估與處置對策.....	2-61

2.3.4.1 初步安全評估.....	2-61
2.3.4.2 港灣構造物處置對策.....	2-63
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.....	3-2
3.1.1 構造物基本資料蒐集.....	3-2
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.....	3-3
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 防蝕系統檢測.....	3-5
3.5 港灣構造物維護管理系統建置.....	3-7
3.5.1 建置「馬祖港港灣構造物維護管理系統」.....	3-7
3.5.2 精進及擴充港灣構造物維護管理系統.....	3-9
第四章 馬祖港區現況調查.....	4-1
4.1 馬祖港五碼頭區基本資料調查.....	4-2
4.1.1 福澳碼頭區.....	4-2
4.1.2 白沙碼頭區.....	4-11
4.1.3 青帆碼頭區.....	4-18
4.1.4 猛澳碼頭區.....	4-23
4.1.5 中柱碼頭區.....	4-27

4.2 浮動碼頭基本資料.....	4-33
4.3 碼頭與防波堤經常巡查.....	4-39
4.4 基樁與浮箱鋼材現況調查.....	4-44
4.4.1 基樁與浮箱保護電位檢測.....	4-44
4.4.2 基樁與浮箱陽極塊發生電位檢測.....	4-48
4.4.3 浮動碼頭基樁鋼板厚度檢測.....	4-54
4.4.4 浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測.....	4-67
第五章 臺中港南、北防波堤調查.....	5-1
5.1 臺中港南防波堤調查.....	5-2
5.2 臺中港北防波堤調查.....	5-23
第六章 碼頭與防波堤維護工法.....	6-1
6.1 重力式沉箱碼頭或防波堤維護工法.....	6-2
6.1.1 水上部份維護管理工法與施作項目	6-4
6.1.1.1 胸牆維護.....	6-4
6.1.1.2 堤面維護.....	6-7
6.1.1.3 沉箱水上維護.....	6-11
6.1.2 水下部份維護管理工法與施作項目	6-18
6.1.2.1 沉箱水下維護.....	6-18
6.1.2.2 護基方塊維護.....	6-20
6.1.2.3 消波塊維護.....	6-22
6.1.2.4 基礎海床維護.....	6-23
6.2 棧橋式碼頭.....	6-26
6.2.1 上部結構維護管理工法及施作項目	6-28
6.2.1.1 碼頭面板龜裂、下陷、鋼筋腐蝕.....	6-28
6.2.1.2 格梁混凝土裂縫、剝落、鋼筋腐蝕.....	6-31
6.2.2 基礎、護坡維護管理工法及施作項目	6-34

6.2.2.1 基礎掏刷.....	6-34
6.2.2.2 護坡破壞.....	6-35
6.2.2.3 法線變位.....	6-36
6.2.2.4 防蝕包覆破損、脫落.....	6-38
6.2.2.5 基樁腐蝕及變形.....	6-44
6.2.2.6 PC 或 RC 樁之混凝土裂縫、剝落、鋼筋腐蝕.....	6-47
6.3 RC 材料劣化維護工法.....	6-50
6.3.1 鋼筋腐蝕及混凝土劣化處理相關工法.....	6-50
6.3.2 混凝土表面缺陷維護工法.....	6-52
6.4 碼頭面版腐蝕劣化之一般維護工法.....	6-58
6.4.1 碳纖維補強工法.....	6-59
6.4.2 低壓灌注補強工法.....	6-59
6.4.3 鋼筋外露補修工法.....	6-60
6.4.4 無收縮水泥灌漿工法.....	6-60
6.4.5 面版修護之施工程序.....	6-61
第七章 港灣構造物維護管理系統.....	7-1
7.1 新建馬祖港維護管理資料庫.....	7-1
7.2 精進與擴充既有維護管理系統.....	7-10
第八章 結論與建議.....	8-1
8.1 結論.....	8-1
8.2 建議.....	8-2
8.3 成果效益與應用.....	8-3
8.4 提供政府單位應用情形.....	8-3
參考文獻.....	參-1
附錄一 相關工法.....	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 期末審查簡報資料.....	附錄 3-1

圖目錄

圖 2.1 港灣設施維護管理作業流程圖.....	2-19
圖 2.2 港灣設施維護管理系統功能架構圖.....	2-19
圖 2.3 各檢測作業之對應流程.....	2-20
圖 2.4 拋石護坡穩定計算(井筒式斷面)	2-20
圖 2.5 拋石護坡穩定計算綜合成果.....	2-21
圖 2.6 系統執行流程.....	2-21
圖 2.7 新增填寫檢測資料.....	2-22
圖 2.8 維護管理系統架構.....	2-22
圖 2.9 維護管理系統-新增檢測資料頁面	2-23
圖 2.10 基隆港西防波堤經常巡查資料新增頁面.....	2-30
圖 2.11 基隆港西防波堤 2011/05/10 高程測量資料	2-30
圖 2.12 碼頭經常巡查資料新增-以花蓮港 25 號碼頭為例	2-31
圖 2.13 碼頭水深查詢成果.....	2-31
圖 2.14 服務年限內成本/效益比最大化的維護管理方法示意圖	2-39
圖 2.15 港灣設施維護管理等級.....	2-45
圖 2.16 棧橋式碼頭各構件維護管理等級建議.....	2-46
圖 2.17 港灣構造物維護管理程序.....	2-53
圖 2.18 碼頭單元編碼方式.....	2-55
圖 2.19 重力、板樁式碼頭構件拆解.....	2-56
圖 2.20 重力、板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式圖示.....	2-56
圖 2.21 浮動碼頭側視圖示意.....	2-57
圖 2.22 浮動碼頭俯視圖示意.....	2-58
圖 2.23 基樁浮臺滾輪組.....	2-58

圖 2.24 聯絡橋鉸接端	2-58
圖 2.25 浮動碼頭構件拆解	2-58
圖 2.26 港灣構造物構件維修排序程序	2-61
圖 2.27 整體構造物評估說明	2-62
圖 2.28 港灣構造物年度維修處置對策程序	2-63
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	3-6
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 馬祖港與臺灣相對位置圖	4-1
圖 4.2 馬祖港四鄉五碼頭區相對位置圖	4-2
圖 4.3 福澳碼頭區位置圖	4-3
圖 4.4 福澳碼頭區平面圖	4-4
圖 4.5 福澳碼頭區北防波堤標準斷面圖	4-5
圖 4.6 福澳碼頭區 1 號(#1)碼頭標準斷面圖-1	4-6
圖 4.7 福澳碼頭區 1 號(#1)碼頭標準斷面圖-2	4-7
圖 4.8 福澳碼頭區 2 號(#2)碼頭標準斷面圖	4-7
圖 4.9 福澳碼頭區 S2 碼頭標準斷面圖	4-7
圖 4.10 福澳碼頭區 S3 碼頭標準斷面圖	4-8
圖 4.11 福澳碼頭區 S3 碼頭標準斷面圖	4-8
圖 4.12 福澳碼頭區 E1 0K+150~0K+182 碼頭標準斷面圖	4-9
圖 4.13 福澳碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)	4-11
圖 4.14 白沙碼頭區位置圖	4-12
圖 4.15 白沙碼頭區平面圖	4-13

圖 4.16 白沙碼頭區北防波堤標準斷面圖.....	4-13
圖 4.17 白沙碼頭區南防波堤標準斷面圖.....	4-14
圖 4.18 白沙碼頭區南碼頭標準斷面圖.....	4-15
圖 4.19 白沙碼頭區北碼頭標準斷面圖.....	4-15
圖 4.20 白沙碼頭區淺水碼頭標準斷面圖.....	4-16
圖 4.21 白沙碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)	4-17
圖 4.22 青帆碼頭區位置圖.....	4-18
圖 4.23 青帆碼頭區平面圖.....	4-19
圖 4.24 青帆碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖.....	4-20
圖 4.25 青帆碼頭區內堤兼碼頭標準斷面圖.....	4-21
圖 4.26 青帆碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)	4-22
圖 4.27 猛澳碼頭區位置圖.....	4-23
圖 4.28 福澳碼頭區平面圖.....	4-24
圖 4.29 猛澳碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖.....	4-25
圖 4.30 猛澳碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)	4-26
圖 4.31 中柱碼頭區位置圖.....	4-27
圖 4.32 中柱碼頭區平面圖.....	4-28
圖 4.33 中柱碼頭區西突堤碼頭標準斷面圖.....	4-29
圖 4.34 中柱碼頭區小船碼頭標準斷面圖.....	4-29
圖 4.35 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖.....	4-30
圖 4.36 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖(續 1).....	4-31
圖 4.37 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖(續 2).....	4-32
圖 4.38 中柱碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)	4-33
圖 4.39 福澳碼頭區浮動碼頭位置圖.....	4-34
圖 4.40 福澳碼頭區浮動碼頭平面配置與側視圖.....	4-35

圖 4.41 福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭配置詳圖	4-35
圖 4.42 白沙碼頭區浮動碼頭位置圖	4-36
圖 4.43 白沙碼頭區浮動碼頭立面圖	4-36
圖 4.44 馬祖港浮動碼頭基樁與陽極塊安裝詳圖	4-37
圖 4.45 馬祖港浮動碼頭浮箱詳圖(以福澳碼頭區 F1 為例).....	4-37
圖 4.46 馬祖港浮動碼頭浮箱固定器詳圖	4-38
圖 4.47 馬祖港浮動碼頭浮箱附屬設施詳圖(以福澳碼頭區 F1 為例).....	4-38
圖 4.48 福澳碼頭區 F1 及 F2 浮動碼頭基樁平均腐蝕速率與水深之關係	4-62
圖 4.49 福澳碼頭區浮動碼頭 E 區平台基樁平均腐蝕速率與水深之關係	4-63
圖 4.50 白沙碼頭區浮動碼頭基樁平均腐蝕速率與水深之關係	4-66
圖 5.1 臺中港南、北防波堤位置圖	5-1
圖 5.2 臺中港南、北防波堤空拍圖	5-2
圖 5.3 劣化異狀位置記錄示意	5-2
圖 5.4 臺中港南防波堤斷面圖	5-3
圖 5.5 臺中港南防波堤現況調查情形(105.11)	5-4
圖 5.6 臺中港南防波堤異狀現象發生位置示意圖	5-22
圖 5.7 臺中港北防波堤斷面及平面圖	5-24
圖 5.8 臺中港北防波堤岸上調查時現況(105.11)	5-27
圖 5.9 臺中港南防波堤異狀現象發生位置示意圖	5-38
圖 6.1 「FRP 接合工法」示意圖	6-29
圖 6.2 「脫鹽工法」示意圖	6-29
圖 6.3 「鋼筋除鏽防蝕法+填充工法」示意圖	6-30

圖 6.4 隔樑斷面修復工法示意圖	6-33
圖 6.5 增打基樁工法	6-37
圖 6.6 前端新設結構工法	6-40
圖 6.7 前端新設結構工法(續 1)	6-41
圖 6.8 前端新設結構工法(續 2)	6-42
圖 6.9 前端新設結構工法(續 3)	6-43
圖 6.10 防蝕包覆修補法	6-44
圖 6.11 鉚釘打設工法	6-45
圖 6.12 基樁斷面增強工法	6-46
圖 6.13 電氣附著工法	6-48
圖 6.14 樁體外鋼板補強工法示意圖	6-49
圖 6.15 碼頭面版修護施工程序流程	6-61
圖 7.1 基本資料模組港區選擇	7-2
圖 7.2 基本資料模組碼頭區選擇	7-2
圖 7.3 基本資料模組-碼頭區基本資料展示	7-2
圖 7.4 基本資料模組-碼頭展示(以福澳碼頭區#1 碼頭為例)	7-3
圖 7.5 基本資料模組-防波堤展示(以福澳碼頭區北防波堤為例)	7-3
圖 7.6 基本資料模組-浮動碼頭展示(以福澳碼頭區 1 號浮動碼頭為例)	7-4
圖 7.7 基本資料模組-碼頭單元展示(以福澳碼頭區 1 號碼頭為例) .	7-4
圖 7.8 基本資料模組-碼頭標準斷面圖展示(以福澳碼頭區 1 號碼頭為例)	7-5
圖 7.9 檢測資料模組-港區巡查檢測功能選擇(以福澳碼頭區為例) .	7-6
圖 7.10 檢測資料模組-經常巡查記錄新增(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)	7-6

圖 7.11 檢測資料模組-經常巡查基本資料查詢(以福澳碼頭區 4 號碼頭 為例)	7-6
圖 7.12 檢測資料模組-經常巡查詳細資料查詢(以福澳碼頭區 4 號碼頭 為例)	7-7
圖 7.13 維修排序模組-維修排序設施選擇(以福澳碼頭區為例)	7-7
圖 7.14 維修排序模組-設施立即維修排序建議(以福澳碼頭區 4 號碼頭 為例)	7-8
圖 7.15 維修紀錄模組-維修紀錄新增與查詢(以福澳碼頭區為例) ...	7-8
圖 7.16 維修紀錄模組-維修紀錄新增(以福澳碼頭區為例)	7-9
圖 7.17 帳號管理模組-系統管理者頁面	7-9
圖 7.18 帳號管理模組-一般使用者頁面	7-10
圖 7.19 使用者為各港管理單位之登入方式.....	7-10
圖 7.20 使用者為系統管理者或港研中心之登入方式.....	7-11
圖 7.21 港灣構造物維護管理系統權限設定圖.....	7-11
圖 7.22 港灣歷史資料新增與查詢頁面.....	7-12
圖 7.23 港灣歷史資料新增	7-12
圖 7.24 港灣歷史資料查詢.....	7-12

表 目 錄

表 2-1 港灣設施目視檢測標準-重力與板樁式碼頭.....	2-2
表 2-2 港灣設施目視檢測標準-棧橋式碼頭與防波堤.....	2-3
表 2-3 重力式碼頭劣化程度目視檢測標準.....	2-4
表 2-4 板樁式碼頭劣化程度目視檢測標準.....	2-5
表 2-5 棧橋式碼頭劣化程度目視檢測標準.....	2-6
表 2-6 沈箱式防波堤劣化程度目視檢測標準.....	2-7
表 2-7 斜坡堤劣化程度目視檢測標準.....	2-9
表 2-8 斜坡式防波堤檢測劣化程度與評估值關係表.....	2-10
表 2-9 重力式碼頭目視檢測標準.....	2-24
表 2-10 板樁式碼頭目視檢測標準.....	2-25
表 2-11 附屬設施目視檢測標準.....	2-27
表 2-12 防波堤各構件劣化目視巡查標準.....	2-27
表 2-13 國內文獻成果彙整.....	2-32
表 2-14 棧橋一般檢測診斷之項目與檢測標準.....	2-33
表 2-15 披覆防蝕之一般檢測診斷之方法與劣化程度標準.....	2-34
表 2-16 下部結構詳細診斷之項目與檢測標準.....	2-35
表 2-17 重力式碼頭各構件檢測標準.....	2-37
表 2-18 板樁式碼頭各構件檢測標準.....	2-38
表 2-19 日本初級評估及二次詳檢之檢測項目及方法.....	2-40
表 2-20 覆面層(覆面塊體)評估分級指標.....	2-41
表 2-21 胸牆劣化評估分級指標.....	2-41
表 2-22 堤頂評估分級指標.....	2-42
表 2-23 堤前坡評估分級指標.....	2-42

表 2-24 堤後坡評估分級指標	2-43
表 2-25 砂岸評估分級指標	2-43
表 2-26 基礎拋石評估分級指標	2-44
表 2-27 各維護管理等級劣化損傷的考量方式	2-45
表 2-28 檢查診斷之劣化程度檢測標準(各構件)	2-48
表 2-29 依檢查診斷結果評估設施性能降低程度的評估基準(各設施)	2-48
表 2-30 設施性能降低程度的評估方法	2-49
表 2-31 檢測作業種類比較	2-54
表 2-32 重力與板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式說明	2-55
表 2-33 浮動碼頭各構件劣化目視巡查標準	2-59
表 2-34 重力式碼頭權重.....	2-62
表 2-35 板樁式碼頭權重.....	2-62
表 2-36 碼頭附屬設施權重	2-62
表 2-37 重力式碼頭劣化異狀與處置對策	2-64
表 2-38 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策	2-66
表 2-39 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策	2-68
表 2-40 防波堤劣化異狀與處置對策	2-68
表 2-41 國內與日本港灣構造物維護管理制度與系統的比較	2-71
表 4-1 福澳碼頭區碼頭與防波堤基本資料	4-6
表 4-2 白沙碼頭區碼頭基本資料	4-14
表 4-3 青帆碼頭區碼頭基本資料	4-19
表 4-4 猛澳碼頭區碼頭基本資料	4-24
表 4-5 中柱碼頭區碼頭基本資料	4-28
表 4-6 福澳及白沙碼頭區浮動碼頭資本資料	4-34

表 4-7 馬祖港五碼頭區經常巡查結果	4-40
表 4-8 福澳碼頭區浮動碼頭基樁保護電位檢測結果	4-45
表 4-9 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱保護電位檢測結果	4-45
表 4-10 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁保護電位檢測結果	4-46
表 4-11 白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱保護電位檢測結果	4-47
表 4-12 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-49
表 4-13 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-49
表 4-14 福澳碼頭區 E 區平台基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-50
表 4-15 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果	4-51
表 4-16 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-52
表 4-17 白沙碼頭區浮動碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果	4-53
表 4-18 白沙碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果	4-53
表 4-19 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 基樁厚度檢測結果	4-54
表 4-20 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 基樁厚度檢測結果	4-56
表 4-21 福澳碼頭區浮動碼頭 E 區平台基樁厚度檢測結果	4-58
表 4-22 福澳碼頭區浮動碼頭基樁平均腐蝕速率	4-61
表 4-23 白沙碼頭區浮動碼頭基樁厚度檢測結果	4-64
表 4-24 白沙碼頭區浮動碼頭基樁平均腐蝕速率	4-66
表 4-25 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 浮箱鋼板厚度檢測結果	4-67
表 4-26 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 浮箱鋼板厚度檢測結果	4-69
表 4-27 白沙碼頭區浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果	4-71
表 5-1 臺中港南、北防波堤基本資料	5-1
表 5-2 臺中港南防波堤海側調查結果彙整	5-5
表 5-3 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-1	5-6
表 5-4 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-2	5-7

表 5-5 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-3	5-8
表 5-6 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-4	5-9
表 5-7 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-5	5-10
表 5-8 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-6	5-11
表 5-9 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-7	5-12
表 5-10 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-8	5-13
表 5-11 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-9	5-14
表 5-12 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-10	5-16
表 5-13 臺中港南防波堤港側調查結果彙整	5-17
表 5-14 臺中港南防波堤港側調查紀錄表-1	5-18
表 5-15 臺中港南防波堤港側調查紀錄表-2	5-20
表 5-16 臺中港南防波堤港側調查紀錄表-3	5-21
表 5-17 臺中港北防波堤海側調查結果彙整	5-27
表 5-18 臺中港北防波堤海側調查紀錄表-1	5-28
表 5-19 臺中港北防波堤海側調查紀錄表-2	5-29
表 5-20 臺中港北防波堤海側調查紀錄表-3	5-30
表 5-21 臺中港北防波堤港側調查結果彙整	5-31
表 5-22 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-1	5-32
表 5-23 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-2	5-33
表 5-24 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-3	5-34
表 5-25 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-4	5-35
表 5-26 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-5	5-36
表 5-27 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-6	5-37
表 6-15 重力式沉箱碼頭或防波堤維護管理工法一覽表	6-3
表 6-2 棧橋式碼頭維護管理工法一覽表	6-27

第一章 緒論

1.1 研究動機

臺灣四面環海，對外貿易為我國主要經濟命脈，為重拾亞太地區海運轉運中心樞紐地位與提升港埠競爭力，必須強化主要工商港口港灣設施之使用效能，方能提高港埠服務品質與作業效率，促進營運繁榮，達到永續經營之目的。

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。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，並完成基隆全港區碼頭及防波堤之巡查作業，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，該系統亦已於 103 至 104 年完成金門港與蘇澳、臺北港之建置工作。

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。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。

本計畫研究期程為 2 年，主要以臺灣地區(包含澎湖、金門與馬祖等外島)之商港區之碼頭與防波堤等港灣設施，進行現況調查與評估，擬定構造物檢測(初步)程序、詳細檢測、安全評估方式等機制，期能持續精進既有建置之維護管理資訊系統，並擴充至其他尚未建置之港口，

以利於日後港灣構造物之維護管理。計畫第 1 年（民國 104 年）已完成金門港料羅、水頭及九宮三港區港灣設施之現況調查，辦理基隆港港灣構造物維護管理系統(含蘇澳港、臺北港區)精進與擴充，完成蘇澳港 8~13 號碼頭及臺中港 29(角隅)~30 號碼頭水下現況調查與防蝕效能之檢測等工作項目。本年度（民國 105 年）為計畫第 2 年，調查對象為馬祖港福澳、白沙、猛澳、青帆與中柱五碼頭區與臺中港南、北防波堤，實際調查對象及調查結果詳述於後續章節。

1.2 研究目的

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

1.3 研究範圍

本計畫民國 105 年研究範圍，包括：馬祖港五碼頭區之碼頭與防波堤及臺中港南、北防波堤等港灣設施。其中，馬祖港包含南竿鄉福澳港、北竿鄉白沙港、莒光鄉猛澳港(東莒)與青帆港(西莒)及東引鄉中柱港等四鄉五碼頭區。主要工作項目為：(1)馬祖港福澳、白沙、猛澳青帆與中柱五碼頭區之碼頭與防波堤岸上及水下調查；(2)馬祖港福澳與白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱、福澳碼頭區棧橋式碼頭之鋼樁，鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；(3)臺中港南、北防波堤岸上之水下調查；(4)碼頭與防波堤維護工法探討；(5)建置馬祖港港灣構造物維護管理系統

第二章 文獻回顧

本研究先針對國內、外港灣構造物維護管理相關文獻資料進行蒐集並彙整研析，研擬提供應用於港灣構造物維護管理程序，其內容分述如下：

2.1 國內文獻資料彙整研析^[1-14]

國內目視檢測標準以橋梁設施較為完備，亦有相關規範可依循。其標準依結構劣化情形「嚴重程度(Degree)」、「範圍(Extend)」、「對設施結構安全性與服務性之影響(Relevancy)」與「維修急迫性(Urgency)」，稱為 D.E.R.&U.評估法。港灣構造物目視檢測評估標準相關研究亦參考此法進行評估，相關文獻包括：交通部 89-90 年委託國立中山大學李賢華教授之「港灣構造物安全檢測與評估之研究」；交通部運輸研究所港灣技術研究中心於 93-94 年委託國立臺灣海洋大學郭世榮教授之「港灣構造物維護管理準則之研究」、99 年委託蕭松山教授之「高雄港港灣防波堤維護管理系統建置之研究」、97 年委託財團法人臺灣營建研究院之「基隆港西 2 至西 4 號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究」、99 年「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」、100～103 年「港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)～(4/4)」、102 年「花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置」、103 年「金門港區港灣構造物維護管理系統建置與安全評估之研究」與 95 年交通部高雄港務局「港灣設施維護管理制度委託研究建置工作」等，簡述如下：

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

表 2-1 港灣設施目視檢測標準-重力與板樁式碼頭

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

資料來源：參考文獻[1-2]。

表 2-2 港灣設施目視檢測標準-棧橋式碼頭與防波堤

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

資料來源：參考文獻[1-2]。

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

(1)碼頭設施

a.重力式碼頭，請參閱表 2-3 所示。

表 2-3 重力式碼頭劣化程度目視檢測標準

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

資料來源：參考文獻[3-4]。

b.板樁式碼頭，請參閱下表 2-4 所示。

表 2-4 板樁式碼頭劣化程度目視檢測標準

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

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

資料來源：參考文獻[3-4]。

c.棧橋式碼頭，請參閱下表 2-5 所示。

表 2-5 棧橋式碼頭劣化程度目視檢測標準

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

檢測位置 與項目		劣化描述	劣化 程度
護 坡		基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100 cm 以上)	4
	護坡破壞	護坡塊石輕微受損(護坡塊石破壞率約 5 % 以下)	2
		護坡塊石明顯受損(護坡塊石破壞率約 5 %~20 %)	3
		護坡塊石嚴重受損(護坡塊石破壞率約 20 % 以上)	4
基 樁 結 構	防蝕披覆 破損、脫 落	披覆破損	3
		披覆脫落	4
	陰極防蝕 塊	陰極防蝕塊厚度輕微損壞	2
		陰極防蝕塊厚度明顯損壞	3
		陰極防蝕塊厚度嚴重損壞	4
	基樁腐蝕 及變形	局部區域有鏽蝕集中	2
		帶狀區域的鏽蝕，並有局部小型穿孔	3
		連續性之鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔擴大	4
	基樁破損 、變形	非原設計之明顯傾斜或破裂	3
		非原設計之嚴重傾斜、破裂或樁體曲折	4

資料來源：參考文獻[3-4]。

(2)防波堤設施

a.沈箱式防波堤，請參閱下表 2-6 所示。

表 2-6 沈箱式防波堤劣化程度目視檢測標準

檢測位置 與項目		劣化描述	劣化 程度	
水 上 部 份	胸 牆	龜裂損傷(龜裂寬度目測約<3 mm, 龜裂長度目測約<5cm)	2	
		明顯損傷(龜裂寬度目測約>3 mm, 龜裂長度目測約>5cm)	3	
		胸牆斷裂	4	
	剝離 與鋼 筋外 露	局部混凝土剝落	2	
		胸牆損傷致高度不足	3	
		混凝土剝落致鋼筋外露	4	
	堤 面	龜裂 損傷	輕微損傷(龜裂寬度目測約<3 mm, 龜裂長度目測約<5cm)	2
			明顯損傷(龜裂寬度目測約>3 mm, 龜裂長度目測約>5cm)	3
			堤面混凝土斷裂	4
水 上 部	沈 陷	輕微不均勻沈陷(輕微積水)	2	
		明顯不均勻沈陷(嚴重積水)	3	
	鋼 筋	局部混凝土剝落	2	

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

資料來源：參考文獻[3-4]。

b. 斜坡堤，請參閱下表 2-7 所示。

表 2-7 斜坡堤劣化程度目視檢測標準

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

資料來源：參考文獻[3-4]。

3. 港灣防波堤維護管理系統建置之研究：此研究採用 D.E.R.&U.評估方式，將斜坡式防波堤與沈箱式及特殊式防波堤劣化程度(D 值)與維修急迫性(U 值)列表如下表 2-8 所示。

表 2-8 斜坡式防波堤檢測劣化程度與評估值關係表

	D 值	U 值	劣化程度	對應描述
胸牆	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度<5 cm，寬度<3 mm
			局部混凝土剝落	
			輕微變位	變位量<5 cm
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5 cm，寬度>3 mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	鋼筋外露
			胸牆損傷致高度不足	胸牆局部斷裂損傷
			小規模變位	變位量>5 cm
4	4	胸牆斷落		
		大規模變位	變位量>10 cm	
堤面	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度<5 cm，寬度<3 mm
			局部混凝土剝落	混凝土有剝落情形
	3	3	明顯損傷	龜裂長度>5 cm，寬度>3 mm
			混凝土剝落致鋼筋外露	
			輕微不均勻沈陷	沈陷量<5 cm(擬定值)
	4	4	明顯不均勻沈陷	沈陷量>5 cm(擬定值)
			堤面混凝土斷裂	
港側及海側坡面	1	1	無異狀	
	2	2	受損不明顯	拋石坡面破壞率約<5 %
	3	3	明顯受損	拋石坡面破壞率約 5%~20 %
	4	4	嚴重受損	拋石坡面破壞率約>20 %
消波塊	1	1	無異狀	
	2	2	部分消波塊移動或滾落	
	3	3	消波塊沈陷達一層	消波塊沈陷量>1 m(擬定值)
			堤體有滑動之虞	
4	4	消波斷面減少，堤體可能滑動		
基礎海床	1	1	無異狀	
	2	2	輕微沖刷	沖刷坑深度約<50 cm(擬定值)
	3	3	大量沖刷	沖刷坑深度約 50 cm~100 cm 之間(擬定值)
	4	4	嚴重沖刷	沖刷坑深度約>100 cm(擬定值)
穿孔	1	1	無異狀	
	2	2	輕微損傷	龜裂長度< 5 cm，寬度<3 mm

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

	D 值	U 值	劣化程度	對應描述
	1	1	無異狀	
	2	2	部分發生下陷位移	變位量<50 cm(擬定值)
				原建議值為變位量<5 cm
	3	3	小規模下陷位移	變位量 50~90 cm 之間(擬定值)
				原建議值為變位量 5~10 cm
4	4	大範圍下陷位移	變位量>90 cm(擬定值)	
			原建議值為變位量>10 cm	
消波塊	1	1	無異狀	
	2	2	部分消波塊移動或滾落	
	3	3	消波塊沈陷達一層	消波塊沈陷量>1 m(擬定值)
			堤體有滑動之虞	
4	4	消波斷面減少，堤體可能滑動		
基礎海床	1	1	無異狀	
	2	2	輕微沖刷	沖刷坑深度約<50 cm(擬定值)
	3	3	大量沖刷	沖刷坑深度約 50 cm~100 cm 之間(擬定值)
	4	4	嚴重沖刷	沖刷坑深度約>100 cm(擬定值)

資料來源：參考文獻[14]。

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

(1)建立港灣設施維護管理制度：針對高雄港務局相關技術規範、標準圖說、管理要點、各計畫之招標文件、契約書、各階段之工程圖說、細部設計文件等資料，為有效保存 32 座碼頭及 4 座防波堤港灣設施基本資料等相關歷史文件，以供後續調查分析港灣設施損壞原因及經費成本資訊，並擬定設施維護管理分級制度，合理編列管理經費與訂定維護品質標準，建立港灣設施生命週期。擬建立一套完整之港灣設施維護管理制度，以達有效延長港灣設施使用壽命，並維持港灣設施於具經濟效益之狀態。其執行內容為：

①檢測分級：依港灣構造物維護管理準則(草案)分為平時巡查、定

期檢測及特別檢測等三級之外，因該三級之檢測項目以非破壞性檢測為主，故針對此三級巡查檢測後無法確認破壞原因時，以破壞性檢測予以釐清，並採行專案方式委託相關機構辦理，其各分級說明如下：

- a. 平時巡查：巡查單位以目視為主，當發現構造物及設備有異常或損毀時，立即向工務權責單位提出通報，通報後之流程建議採特別檢測模式辦理。
- b. 定期檢測：由工務組、機務組及港工處等人員組成檢測小組分區進行檢測，檢測以目視或簡單工具為主。
- c. 特別檢測：特別檢測由工務組、機務組及港工處等人員組成檢測小組負責辦理，除係於颱風、地震等災害後或船舶碰撞等人為破壞後辦理外，增加平時巡查發現構造物及設備有異常或損毀通報時進行。
- d. 專案檢測：當前三級檢測結果無法確認實際破壞原因時，須進行開挖隱蔽部分之破壞性檢測或其他專業檢測，原則上測量及鋼板樁厚度由高雄港務局自行執行，其他需採用特殊儀器之檢測以委外方式辦理。

② 檢測項目：分別針對平時巡查、定期檢測與特別檢測項目說明如下：

- a. 平時巡查：依目前高雄港相關單位巡查之相關項目辦理。
- b. 定期檢測
 - (a) 板樁式碼頭：檢測項目包括板樁腐蝕、冠牆混凝土龜裂、碼頭前基礎掏刷、岸肩鋪面下陷破損、附屬設施(防舷材、繫船柱及車擋)損傷。此外，另依港灣構造物設計基準-碼頭設計基準及說明要求增加法線變位。
 - (b) 棧橋式碼頭：檢測項目包括基樁腐蝕、上部板梁結構龜裂、

碼頭前基礎掏刷、後側岸肩鋪面下陷破損、護坡塊石及護坡破損、附屬設施(防舷材、繫船柱及車擋)損傷。

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

c.特別檢測

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

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

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

③檢測頻率建議

a.平時巡查：巡查單位以目視，以要點規定之頻率進行巡查。碼頭類工務權責單位每月須辦理至少一次之平時巡查，建議移往定期檢測，以劃分維護管理流程及相關權責。

b.定期檢測：視維護人力以每季一次或每半年一次。

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

④檢測單元劃分

- a. 平時巡查：建議防波堤以港口及南北側區分，碼頭以碼頭編號區分，不另分單元。
- b. 定期檢測：建議碼頭及防波堤本身即有單元(棧橋式碼頭、沈箱式防波堤)，即以其作為檢測單元，如無則防波堤以胸牆及場鑄混凝土之伸縮縫作為單元之區分，碼頭則以公尺為區分，每一單元以 50 公尺為原則。
- c. 特別檢測：同定期檢測。

⑤檢測評估方法：以 D.E.R.&U. 評等法，並分為三等級：

- a. A 級($85 \leq CI \leq 100$)：為安全無虞。
- b. B 級($70 \leq CI < 85$)：為結構已受損傷，可增加檢測項目，了解構造物性能的劣化趨勢。分析其營運管理成本，在預算許可的條件下進行維修。
- c. C 級($CI < 70$)：構造物已受較嚴重損傷，此時應分析其生命週期成本，編列預算進行必要的維修級補強工作，或在適當時機拆除重建。

(2) 建置港灣設施維護管理系統：配合此研究檢測制度及檢測工作表單之擬定成果，建置之港灣設施維護管理系統以有效收存及記錄設施相關資料，透過資訊化作業的輔助以提高管理效率，港灣設施維護管理人員可直接透過個人電腦及網路系統等資訊技術，隨掌握設施狀態，達成有效記錄檢測及維護工程歷程，以達成輔助管理資訊化，提供行政效率之目標，管理人員可透過系統查閱相關維護管理制度及應用表報樣板，以供定期維護工作執行更為便利，同時相關維護工程業務亦藉以迅速反應服務，方便管理單位對港區設施現況之查詢及掌握，以利迅速有效處理異常狀態。以下針對系統功能架構進行說明：

①使用者角色定義系統使用者依維護管理業務性質劃分以下三類：

- a.承辦人員：為主要資料輸入者，對應至實際作業情境，即為巡查、各類檢測及維修工程等各項港灣設施維護工作，實際權責單位之執行人員。各承辦人員依其所責業務可對應系統功能進行新增、修改與刪除等動作。非屬其業務管轄範圍之資料，僅能查詢與瀏覽資料內容。
- b.主管人員：主要為執行查詢、瀏覽及統計功能操作者，主管人員對資料內容僅能進行查閱動作，但可針對設施維護管理資料執行成本統計功能，亦可針對設施之性能等級進行排序以供決策參考之用。
- c.系統管理人員：為最大權限者，針對系統人員權限資料管理、系統日誌管理及系統參數設定等非業務層面資料為主。

②系統應用情境說明

蒐集研析國內外文件資料及參考高雄港務局既有管理制度，此研究建議之維護管理流程如圖 2.1 所示。系統建置之目的即為配合此一流程執行，提供記錄相關資訊及統計分析之功能，以協助落實港灣設施維護工作。後續將以圖 2.1 所示流程為主軸，配合前述之系統使用者，說明個參與人員進行實際作業過程中，搭配維護管理系統之應用作業情境。由於維護管理工作主要由平時巡查與定期檢測著手，故以下即以此兩類工作為主軸出發，分別說明搭配系統之應用情境。

a.平時巡查

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

(b)對應系統之操作情境即為：平時巡查之相關承辦人員於發

現設施有異常狀況時，立即登入系統中填報平時巡查記錄並提具異常報告，同時亦可拍攝異常部位之相片上傳以利判讀。

- (c)設施異常報告產生的同時，系統及會漿液常資訊公告於系統首頁，相關人員登入系統時即可見提醒公告，權責單位則可點選相關項目並填報處說明，系統亦同時發送電子郵件權責人員進行處理回覆。
- (d)權責單位收到通知後由單位長官指示配合承辦人，經會同工程人員實地會勘判讀後，如確定非影響性異常現象者，即可直接點選連結填報回覆處理說明後結案。
- (e)如經會勘初步判讀確為設施異常，需在進一步執行特別檢測者，須於檢測工作完成後由檢測工作承辦人員登入本系統填報評估表單，並同時填寫異常處理說明(對應特別檢測工作，點選檢測實施日期)即可予以結案。
- (f)檢測評估結果位有緊急處理之虞者，即可排入年度維修評估項目中，由業管人員於年度維修評選時，針對設施狀況考量評估是否進行養護工作。

b.定期檢測

- (a)定期檢測工作主要透過固定期間針對設施重點項目由專業工程人員進行檢測工作，藉由定期評估設施狀況，以作為主管人員擬定設施維護策略。
- (b)對應系統之操作情境為：定期檢測工作承辦人員依其所責項目於固定期間內完成檢測工作後，立即登入系統中填報檢測評估表單。
- (c)檢測評估結果未有緊急處理之虞者，即可排入年度維修評估項目中，由主管人員於年度維修評選時，針對其設施狀況考量評估是否進行維護工作。

- (d)主管人員定期進行年度維修工作評估時，同時亦可考量是否針對特定設施狀況，配合委外廠商專業技術進一步之專案檢測工作，並於檢測工作完成結案後由業務承辦人員登入系統填報工作摘要，同時亦可上傳相關文件記錄。
- (e)如確定需要緊急維修之設施，則於發包、施作且完工驗收後，由工程主辦單位承辦人員登入系統填報工程概要，亦可上傳工程相關重要相片記錄。

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

③系統功能架構設計

依據港灣設施維護管理作業流程，設計港灣設施維護管理系統功能架構設計如圖 2.2 所示，包含：港灣設施基本資料管理、港灣設施檢測歷程管理、港灣設施維護歷程管理、港灣設施維護管理制度文件管理及系統管理等六項主要功能概念模組。港灣設施維護管理模組包括：港灣設施基本資料管理以及基本資料與檢測維護歷程關聯功能；設施檢測歷程管理模組則包括檢測歷程資料新增及檢測資料查詢功能；港灣設施維護歷程管理模組則包括維護工程資料新增、維護工程資料查詢、設施維護成本統計及設施性能等級分析等功能；異常狀況管理模組則是配合檢測制度之建立，針對平時巡查異常或緊急處理通知以首頁公告及 E-mail 提醒方式提供警訊處理通知功能；港灣設施維護管理制度文件管理模組包括維護管理制度文件查詢瀏覽等功能，並提供高雄港務局既有工程圖管理系統連結，以供結案圖資連結查詢；系統管理功能則包括使用者管理、管理參數設定及系統日誌等功能。

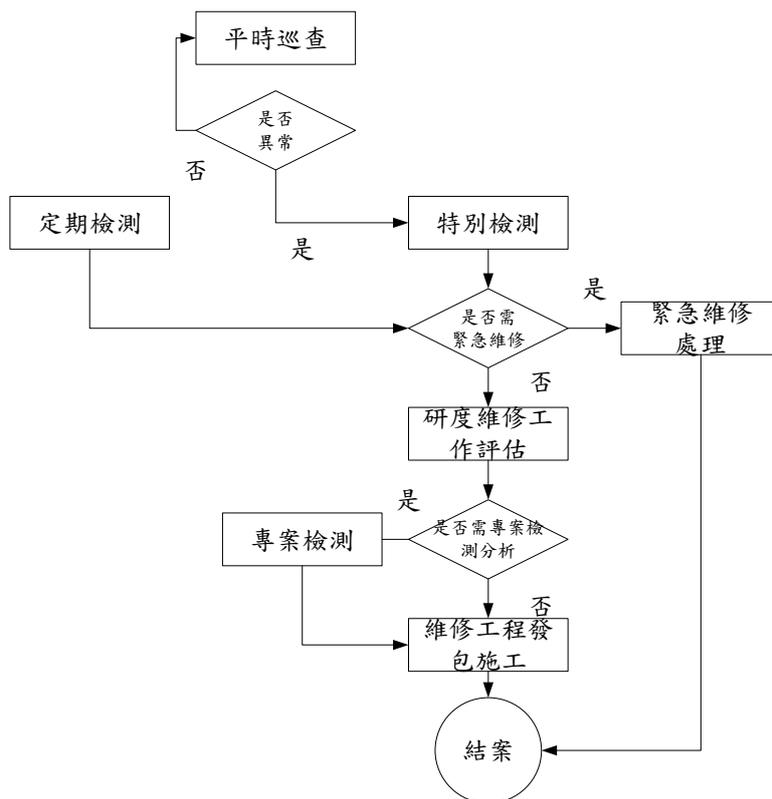


圖 2.1 港灣設施維護管理作業流程圖

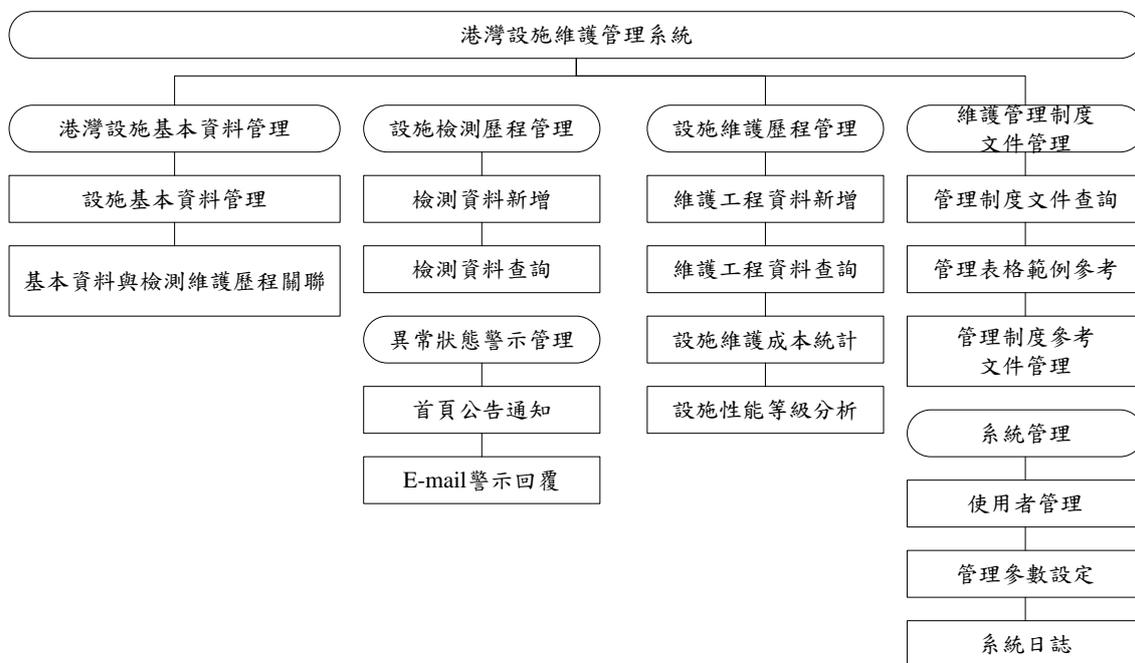


圖 2.2 港灣設施維護管理系統功能架構圖

5.基隆港西2至西4號碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置之研究：主要探討各種型式碼頭維護管理特性(重力、板樁、棧橋、井筒與牆式碼頭)、擬定「碼頭設施檢測評估標準作業程序(如圖 2.3 所示)」進行碼頭設施檢測評估，並進行碼頭上部與下部結構安全分析(圖 2.4、圖 2.5)，最後擬定碼頭設施維修補強工法與建置碼頭設施維護管理系統(如圖 2.6、圖 2.7 所示)。

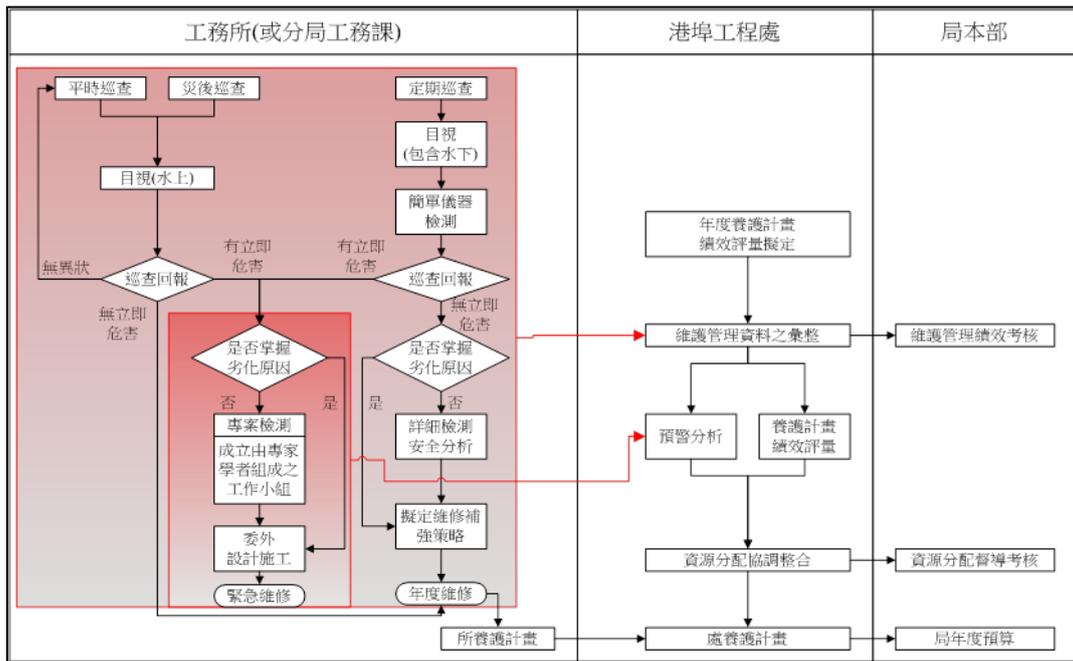


圖 2.3 各檢測作業之對應流程

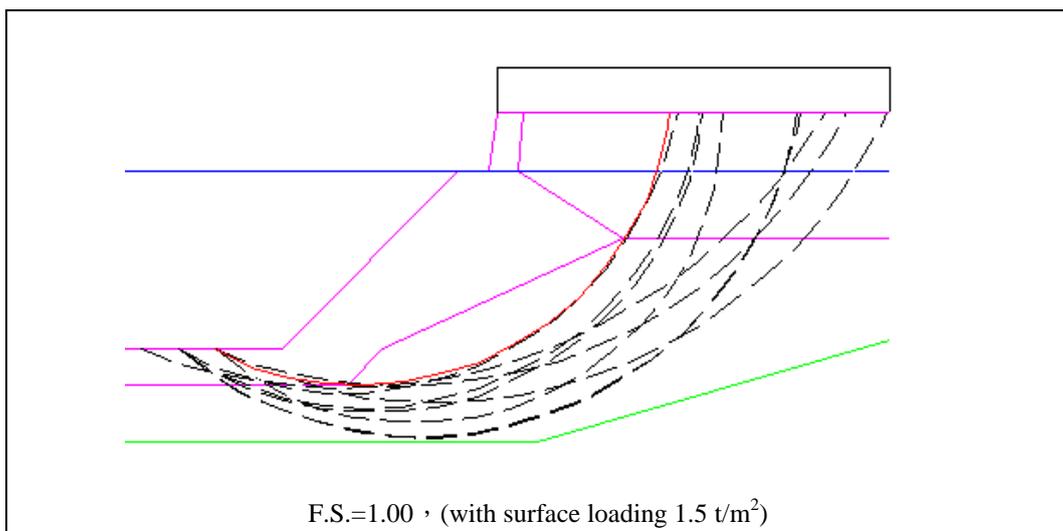


圖 2.4 拋石護坡穩定計算(井筒式斷面)

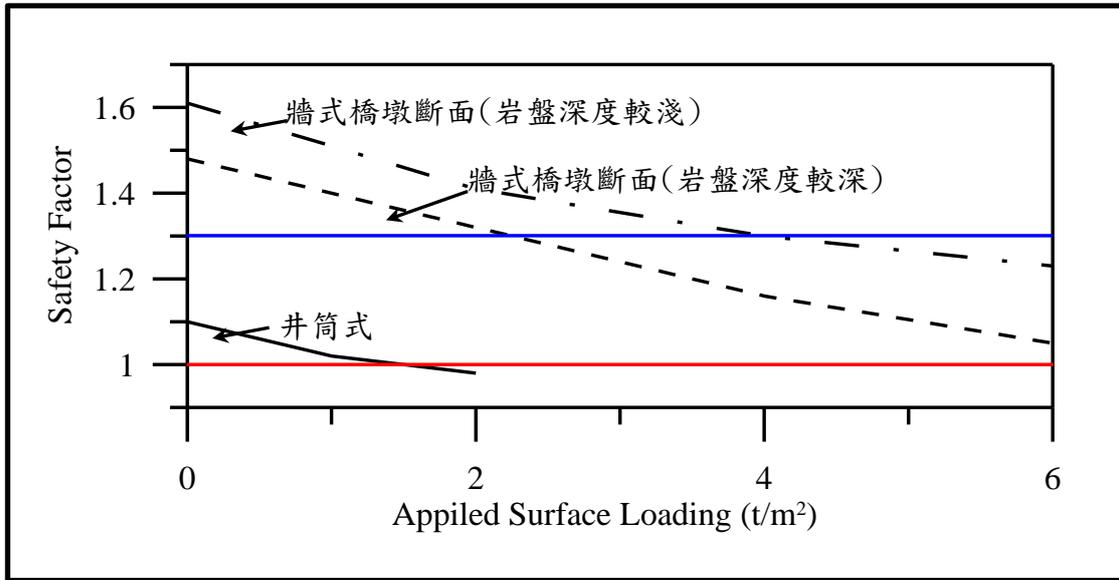


圖 2.5 拋石護坡穩定計算綜合成果

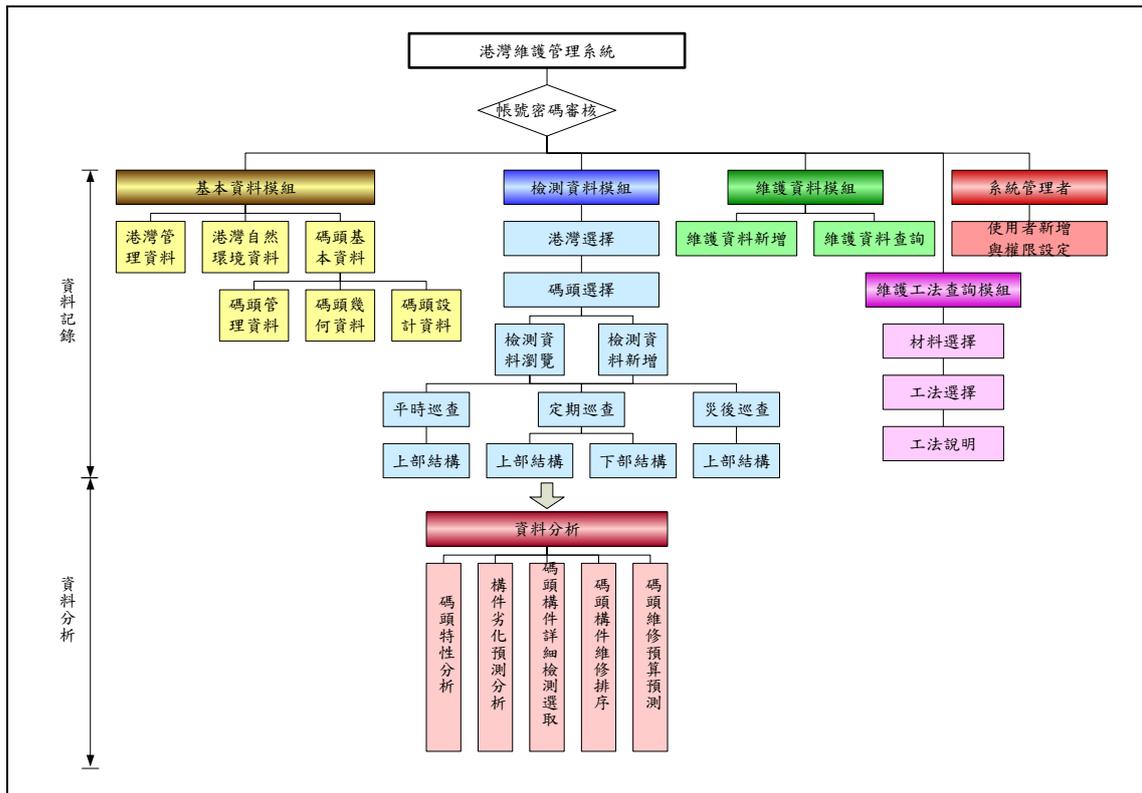


圖 2.6 系統執行流程

檢測資料			
檢測日期:	2008/10/24	天候狀況:	請選擇
檢測單位:	ntut	檢測員:	陳小明
隸屬港灣:	基隆港	碼頭編號:	西2
檢測類型:	平時巡檢	碼頭結構型式:	井筒與橋墩式

上部結構							
構件單元	構件名稱	構件項目	劣化類型	D	E	R	劣化位置
	請選擇	面層	龜裂	0	0	0	

圖 2.7 新增填寫檢測資料

6.基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置：主要探討碼頭設施結構特性與劣化機制；建置碼頭設施維護管理程序(包含：碼頭設施檢測類型與頻率、碼頭設施構件編碼原則、碼頭設施目視檢測評估標準、碼頭設施儀器檢測與碼頭設施修復排序與工法選擇)；進行基隆港西 14 號至 15 號碼頭檢測與修復建議與建置碼頭設施維護管理系統(如所示為圖 2.8 系統架構，圖 2.9 為檢測資料新增)。

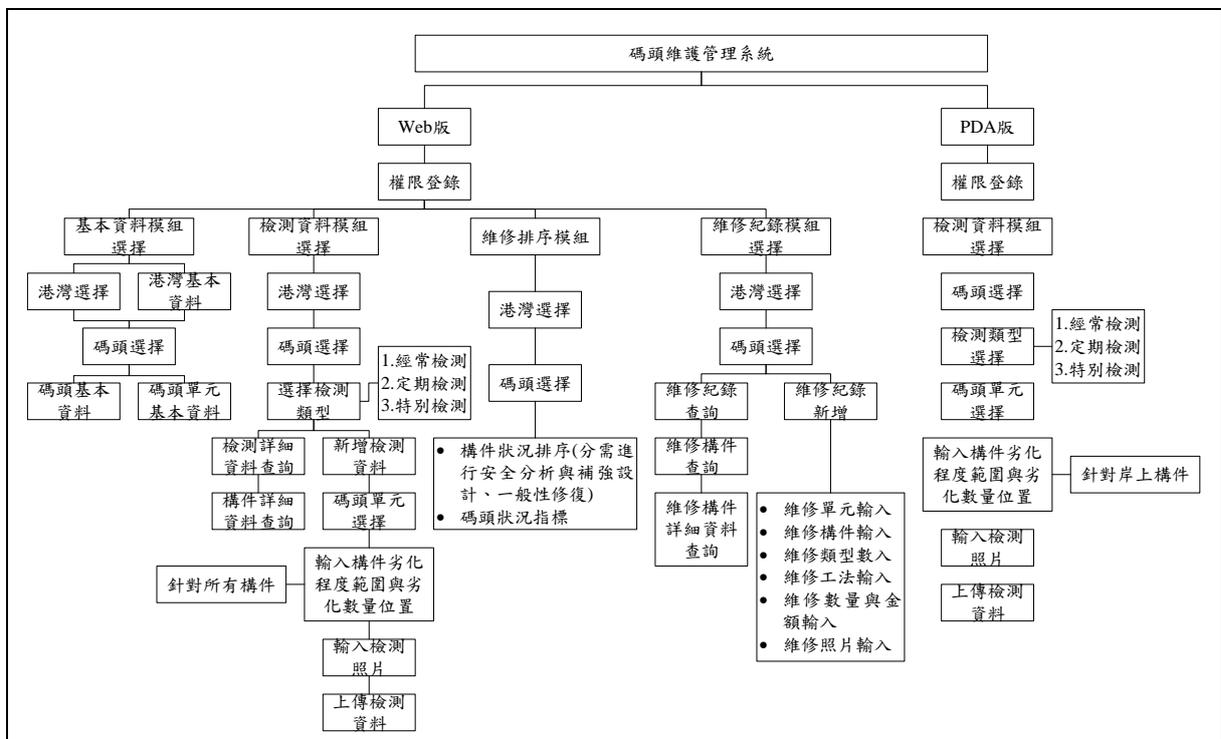


圖 2.8 維護管理系統架構

港灣設施維護管理系統 使用者: mochiu [登出](#)

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor & Marine Technology Center, I.O.T., M.O.T.C.

[首頁](#) | [基本資料模組](#) | [檢測資料模組](#) | [狀況排序模組](#) | [維修紀錄模組](#) | [權限管理模組](#)

功能選單

- 例行檢測
- 定期檢測
- 特別檢測

基隆港西14碼頭定期檢測資料-新增

檢測單位 填表人員

檢測日期 天候狀況

港灣編號 碼頭編號

單元編號 劣化構件

劣化類型 劣化位置

劣化程度(D) 劣化範圍(E)

劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約50cm以下)
沖刷	3	基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約50~100cm)
沖刷	4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約100cm以上)

劣化數值 單位

照片

圖 2.9 維護管理系統-新增檢測資料頁面

7.港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4~4/4)^[7-10]：此為四年期計畫，研究成果為：

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

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 2-9~表 2-12 所示。

表 2-9 重力式碼頭目視檢測標準

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

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

資料來源：參考文獻[7-10]。

表 2-10 板樁式碼頭目視檢測標準

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

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

資料來源：參考文獻[7-10]。

表 2-11 附屬設施目視檢測標準

構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
繫船柱	腐蝕 龜裂	1	無異狀
		2	材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形
		3	材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形
		4	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂
防舷材	龜裂 破損	1	無異狀
		2	材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損
		3	材質表面劣化明顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象
		4	材質老化、構件變形或掉落
車擋	龜裂 破損	1	無異狀
		2	材質表面輕微龜裂情形
		3	材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形
		4	材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損
起重機 軌道	腐蝕 位移	1	無異狀
		2	兩軌間距左右差 $\leq 5\text{mm}$ 、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[7-10]。

表 2-12 防波堤各構件劣化目視巡查標準

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明
覆面層	移動、 散亂及 下滑	1	無異狀
		2	受損不明顯(護面破壞約 $<3\text{ m}^2$)，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) 坡	裂縫	1	無異狀
		2	局部(1m^2)可見到 2 個以上寬度 3mm 以下的裂縫
		3	裂縫寬度約 3~5mm

構件	劣化類型	劣化程度	劣化程度說明	
	沈陷	4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	
		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)	
	剝落	4	嚴重下陷(面積>5 m ² 、高度>2.5 cm)	
		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	
	堤頂	沈陷	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
			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)
裂縫		4	岸肩嚴重下陷(面積>5 m ² 、高度>2.5 cm)	
		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	
剝落		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	
		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	
胸牆	裂縫	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	
		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	
	剝落	4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5mm 以上	
	1	無異狀		

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

資料來源：參考文獻[7-10]。

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 2.10 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: 受到不明原因(護面破壞約<3 m ²)，但未淤積 3: 明顯受損(護面破壞約3~12 m ²)，堤面出現孔洞，但未淤積 4: 嚴重受損(護面破壞約>12 m ²)，背填砂線由大型破洞露出，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3mm以下的裂縫 3: 裂縫寬度的3~5mm 4: 裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約5mm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 2.10 基隆港西防波堤經常巡查資料新增頁面

- 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 2.11 所示)並儲存為數值資料，供未來統計分析之用。

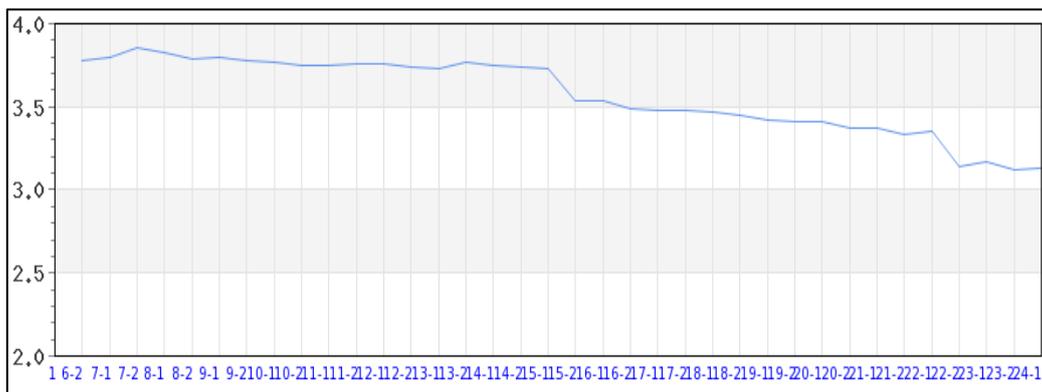


圖 2.11 基隆港西防波堤 2011/05/10 高程測量資料

8.花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置：此案為建置「港灣構造物維護管理系統(包含碼頭與防波堤，如圖 2.12 所示)」、撰寫「花蓮港碼頭及防波堤構造物維護管理手冊」、巡檢後提出花蓮港碼頭及防波堤維修排序與改善對策，系統並包含「花蓮港船席水深即時潮位系統(如圖 2.13 所示)」。

檢測日期	2013年11月20日				檢測天氣	晴
港灣名稱	花蓮港	碼頭名稱	25號碼頭		檢測人員	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
岸肩	裂縫	1	無異狀	1	X Y	m
	剝落	1	無異狀	1	X Y	m ²
	沉陷	1	無異狀	1	X Y	m ²
後線	沉陷	4	後線嚴重下陷(高度>15 cm、面積>20 m ²)圖示	10	X 3	10 m ²

圖 2.12 碼頭經常巡查資料新增-以花蓮港 25 號碼頭為例

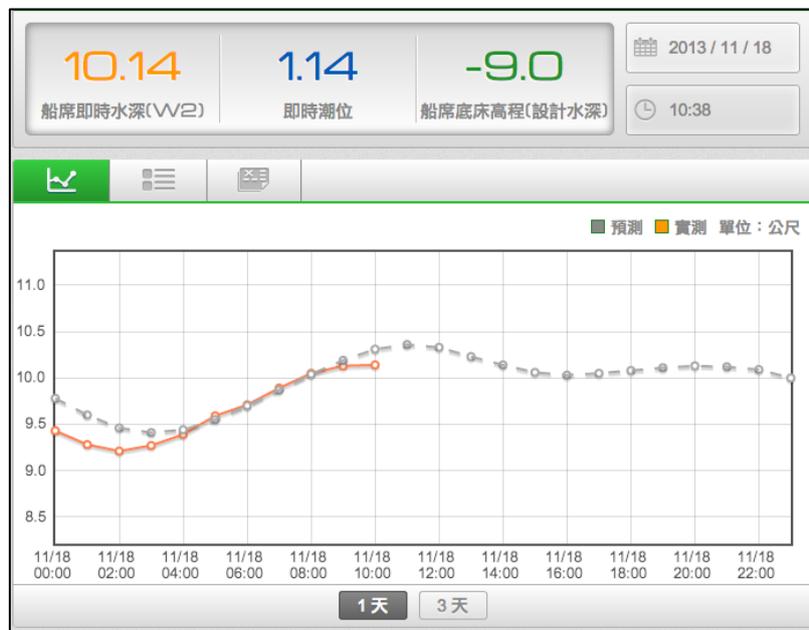


圖 2.13 碼頭水深查詢成果

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

編號	研究題目	研究成果
		元；(5)檢測評估方法以 D.E.R.&U.評等法，並分為三等級。2.建置港灣設施維護管理系統。
8	港灣防波堤維護管理系統建置之研究 ^[14]	採用 D.E.R.&U.評估方式，將斜坡式防波堤與沈箱式及特殊式防波堤劣化程度(D 值)與維修急迫性(U 值)列表。

2.2 國外文獻資料彙整研析^[15-22]

2.2.1 碼頭與防波堤目視檢測標準

2.2.1.1 碼頭目視檢測標準

1. 日本港灣空港技術研究所—棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究^[15]: 此研究僅針對棧橋式結構進行目視檢測標準之訂定，其依結構特性分為上、下部結構。檢測類型分為一般與詳細檢測，一般檢測除將上部結構下面部與上側面部、鋼管樁檢測標準進行描述外，亦特別針對防蝕披覆部分之檢視方法進行說明。而下部結構詳細檢測檢視標準即配合潛水調查進行，相關說明如表 2-14~表 2-16 所示。

表 2-14 棧橋一般檢測診斷之項目與檢測標準

檢測項目		檢測方法	檢測標準	
上部工 (上、側 面部)	混凝土 劣化損傷	目視 1. 裂縫、剝離、 損傷。 2. 鋼筋腐蝕。 3. 劣化徵兆。	a	<input type="checkbox"/> 繫船岸之性能損毀。
			b	<input type="checkbox"/> 產生 3mm 以上裂縫。 <input type="checkbox"/> 大範圍的鋼筋露出。
			c	<input type="checkbox"/> 產生 3mm 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"/> 因腐蝕之穿孔與變形，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"/> 可見鏽蝕或穿孔等損傷。

檢測項目		檢測方法	檢測標準	
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%。
	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：參考文獻[15]。

表 2-15 披覆防蝕之一般檢測診斷之方法與劣化程度標準

防蝕披覆之種類	檢測方法	檢測標準	
塗裝	目視 1.鏽蝕、塗膜鼓起、破損、剝落。 2.劣化比率。	a	<input type="checkbox"/> 大範圍的鏽蝕與鼓起。 <input type="checkbox"/> 鏽蝕伴隨著大範圍的裂縫。 <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"/> 大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.螺絲腐蝕與脫落。	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"/> 螺絲或螺帽腐蝕。
		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"/> 螺絲、螺帽與橡膠材鬆脫。

防蝕披覆之種類	檢測方法	檢測標準	
		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：參考文獻[15]。

表 2-16 下部結構詳細診斷之項目與檢測標準

檢測項目		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"/> 因腐蝕之穿孔與變形，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%。		
	有機披覆	潛水調查	d	<input type="checkbox"/> 劣化面積小於 0.03%。
		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。	
		潛水調查	a	<input type="checkbox"/> 鋼材露出，並產生鏽蝕。

檢測項目		檢查方式	檢測標準	
	礦脂披覆 水泥漿披覆 金屬披覆	1.鋼材腐蝕、露出。 2.披覆材損傷。 3.保護層狀態。	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。
		詳細調查 1.鋼材腐蝕、露出。 2.披覆材損傷。 3.保護層狀態。	鏽蝕、塗膜鼓起、裂縫、破損等變化狀況圖彙整。	
	陽極	潛水調查 1.現存狀況確認	a	<input type="checkbox"/> 陽極脫落與全部耗損。
b			<input type="checkbox"/> 陽極裝設有問題。	
c			—	
d			<input type="checkbox"/> 無脫落等異狀發生。	
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。	a	<input type="checkbox"/> 端部變色，螺栓與螺帽鬆脫。	
		b	—	
		c	—	
		d	<input type="checkbox"/> 無異狀。	

資料來源：參考文獻[15]。

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

(1)重力式碼頭：各構件檢測標準，如表 2-17 所示。

表 2-17 重力式碼頭各構件檢測標準

檢測項目		檢測方法	檢測標準	
岸壁 法線	凹凸、落 差	目視移動量	a	相鄰的沈箱間距 20cm 以上之凹凸。
			b	相鄰的沈箱間距 10~20cm 之凹凸。
			c	上述以外之場合，相鄰沈箱凹凸未滿 10cm。
			d	無異狀。
沈箱	混 凝 土 劣 化 損 傷	目視 1.裂縫、剝落 損傷。 2.鋼筋露出。	a	沈箱內部土砂流出，裂縫與破損。
			b	複數方向 3mm 之裂縫，且鋼筋露出。
			c	一方向 3mm 之裂縫，局部鋼筋露出。
			d	無異狀。
岸肩	沈陷	目視	a	背填土土砂流出。 岸肩沈陷。
			b	岸肩顯著開裂。
			c	岸肩輕微開裂。
			d	無異狀。
	混 凝 土 與 瀝 青 鋪 面 落 差、裂 縫	目視 1. 落 差、凹 凸、裂 縫。	a	可導致車輛行走危險之落差、沈陷、車轍、 裂縫。15mm 以上之落差、50mm 以上之凹 凸、10mm 以上之車轍、3mm 以上之裂縫。
			b	10~15mm 之落差、20~50mm 之凹凸、未滿 3mm 之裂縫。
			c	未滿 10mm 之落差、未滿 20mm 之凹凸、 未滿 10mm 之車轍、微小之裂縫。
			d	無異狀。
海底 地盤	掏 刷 與 土 砂 堆 積	潛水調查、水 深測量	a	岸壁前深 1m 以上之掏刷。
			b	岸壁前深 0.5m~1m 以上之掏刷。
			c	岸壁前深未滿 0.5m 之掏刷。
			d	無異狀。

資料來源：參考文獻[16]。

(2)板樁式碼頭：各構件檢測標準，如表 2-18 所示。

表 2-18 板樁式碼頭各構件檢測標準

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

資料來源：參考文獻[16]。

2.2.1.2 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^[17]之評估內容予以詳細說明，其管理策略及量化檢測觀念，可供臺灣海堤維護管理

機關參考。日本海岸保護設施維護管理，是以生命週期管理(Life cycle management, LCM)的概念進行，由掌握沿海保護設施之老劣化及功能降低的狀況，來執行設施在服務年限內成本/效益比最大化的維護管理。如圖 2.14 所示，若設施破壞程度未至必須更新重作的狀況，即加以修補，雖在使用年限內修補次數較多，但累積總費用卻較低。

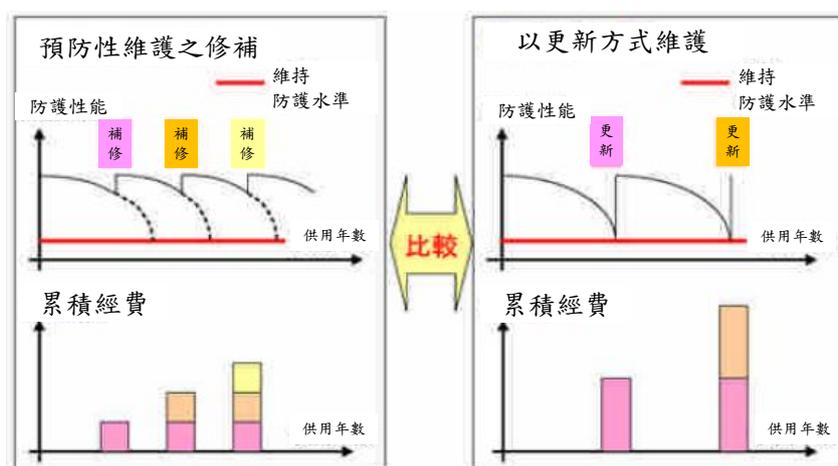


圖 2.14 服務年限內成本/效益比最大化的維護管理方法示意圖

資料來源：日本國土交通省港湾局海岸防災課^[17]

然而為達成預防性維護目標，該手冊亦提出完整的對策：首先對海堤構造物作初始外觀檢視(初步檢查)，過濾出劣化部位，再實施二次詳細檢測，最後對檢測結果之破壞程度作評估及分級，來決定維護修補策略。初步檢查是以目視法檢查方式快速記錄構造物各部位是否有劣化，而二次詳檢的目的，在確認劣化位置、劣化範圍、及詳細劣化程度。二次詳檢基本檢測的檢測標的部位及項目如表 2-19 所示，檢測時是以尺、裂縫尺、鐵鎚等簡單儀器量測劣化範圍及程度。但為能確實檢查到二次詳檢要求的檢測項目，或是探究劣化成因，須以特殊器具或試驗方法做二次詳檢，其檢測標的及檢測項目亦顯示於表 2-20～表 2-26。舉例而言，前方海底對地盤的掏刷及基礎破壞可能需要以潛水調查，或以雷達探查堤體內部是否有掏空狀況。二次詳檢的結果將做為劣化程度的分級評估的依據，依照各檢查部位所列檢測項目分別評估，由嚴重至輕微分為 A 至 D 級。其中在檢測項目標示為灰階底色部分，是與海堤受波浪掏刷、衝擊或越波時所造成之連鎖劣化反應相

關，最後可能導致潰堤，其餘部分可能與材料老劣化關係較大。

表 2-19 日本初級評估及二次詳檢之檢測項目及方法

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

資料來源：參考文獻[17]。

表 2-20 覆面層(覆面塊體)評估分級指標

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

資料來源：參考文獻[17]。

表 2-21 胸牆劣化評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本檢 測項目	裂縫	裂縫貫穿至背 面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多 向且寬度數 mm 之裂 縫，但未貫 穿牆體	產生單向寬 度超過數 mm 未貫穿 牆體	產生寬度 1mm 以下 的裂縫
	剝離、損傷	發生大範圍且 深層的剝離損 傷	發生淺層至 深層的剝離 損傷	大範圍表面 剝離損傷	僅產生小範 圍的剝離損 傷
	鋼筋腐蝕	有明顯的浮 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 的鏽痕，推 測內部大範 圍的鋼筋腐 蝕	見到部分鏽 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：參考文獻[17]。

表 2-22 堤頂評估分級指標

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

資料來源：參考文獻[17]。

表 2-23 堤前坡評估分級指標

	劣化情形	劣化的等級			
		A	B	C	D
基本 檢測 項目	裂縫	裂縫貫穿至背面、產生超過 5mm 寬度龜裂	產生數條多向且寬度數 mm 之裂縫，但未貫穿牆體	產生單向寬度超過數 mm 未貫穿牆體	產生寬度 1mm 以下的裂縫
	沈陷、陷落	混凝土陷落	堤內砂土沈陷造成表面凹陷	—	看見部分凹陷
	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：參考文獻[17]。

表 2-24 堤後坡評估分級指標

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

資料來源：參考文獻[17]。

表 2-25 砂岸評估分級指標

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

資料來源：參考文獻[17]。

表 2-26 基礎拋石評估分級指標

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

資料來源：參考文獻[17]。

2.2.2 日本港灣設施維護計劃書製定與維護管理士

2.2.2.1 港灣設施維護計劃書

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

1. 總綱

- (1) 計劃目標：考量設施類型、預期使用期間、維護管理方式。
- (2) 維護管理計劃的系統：明確揭載維護管理計劃書的整體系統圖。
- (3) 地區與設施的位置：明確揭載足以令人理解目標設施位置或周遭環境狀況的圖案/照片。
- (4) 規劃計劃的注意事項：明確揭載結構形式的分類、結構概要、平面圖/斷面圖、設計/施工時採用的基準/指南/手冊等文件，使用材料/設備的種類/規格/尺寸等。
- (5) 主要材料與其他材料的分類

就理想的角度觀之，在興建的時候就針對所有的設施/材料實施高水準的劣化/異常變化因應對策，藉此讓設施在使用期間之中所產生的劣化/異常變化維持在不會造成設施性能降低的範圍以內，也就是設定為維護管理等級 I (如圖 2.15(a)所示)的選擇會比較好。但這樣的做法並不實際，尤其是在從成本考量的觀點來看的時候更是如此。

因此，為了能讓設施能在使用期間之中的任何一個時間點都能維持滿足性能需求的狀態，依據其材料有可能發生的劣化/異常變化或實施因應對策的難易度、預先設定適當的維護管理等級，以及要在性能降低到什麼程度的時候實施因應對策、要在維護管理花費多少資源等，以這樣的基本思考方式進行維護管理，如圖 2.15(b)、圖 2.15(c)，各維護管理等級劣化損傷的考量方式如表 2-27 所示，圖 2.16 為以棧橋式碼頭為例說明各構件建議的維修等級。

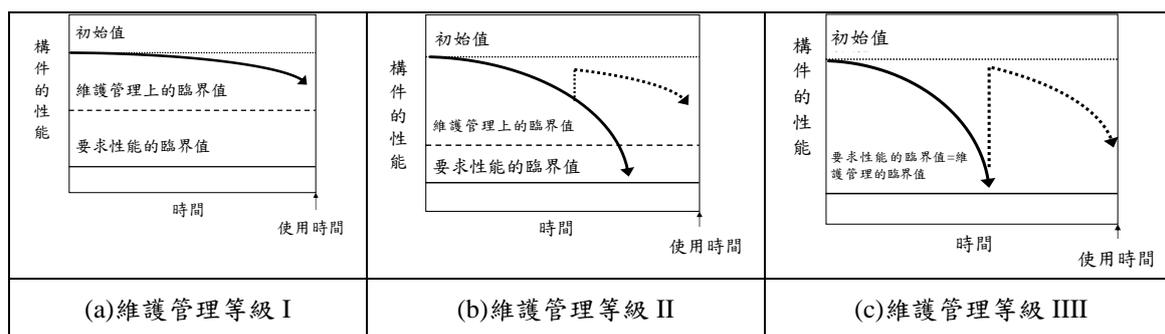


圖 2.15 港灣設施維護管理等級

表 2-27 各維護管理等級劣化損傷的考量方式

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

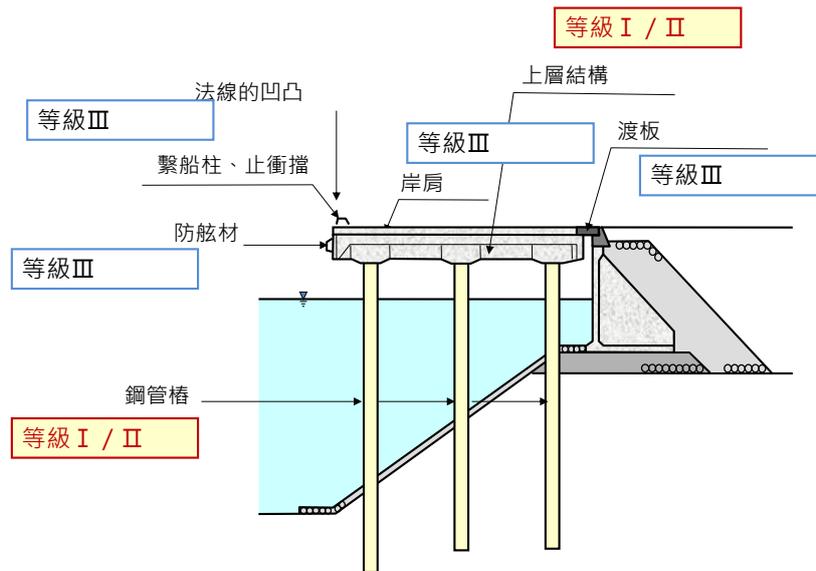


圖 2.16 棧橋式碼頭各構件維護管理等級建議

2. 檢查診斷計劃

(1) 檢查診斷的種類、方法及頻率

- ① 初次檢查診斷：於規劃維護管理計劃等文件時，為掌握設施的初始狀態而實施。
- ② 日常檢查：為了檢查是否有大規模的異常變化等狀況，或檢查設施在貨物裝卸作業等用途上是否有障礙發生而實施。除了可以與設施管理者所實施的巡查等活動一同實施，也可以採取利用設施使用者提供的資訊等方式來加以實施。
- ③ 定期檢查診斷：實施此種檢查的目的在於有效率地提早發現異常變化與其進展狀況，因此必須依照預先訂定的檢查診斷計劃予以計劃性地持續進行。其可分為一般定期檢查診斷與詳細定期檢查診斷。
 - a. 一般定期檢查診斷：主要以目測方式掌握異常變化，判定劣化程度。一般來說，通常以陸上目視或海上目視等方式予以實施。
 - b. 詳細定期檢查診斷：實施此種檢查的目的在於由潛水夫等人員掌握水中部位的異常變化，藉由適當的基準判定劣化程度。實

施時，為了獲取量化的數據，有些時候也會採用機器等工具加以測定。

(2) 檢查診斷的項目

- ① 有關檢查診斷的項目，應考量該設施的結構形式或材料的維護管理等級等條件，適切地加以選擇。
- ② 必須要在充分理解檢查診斷的項目內容以及目的的情況下，選擇合理的檢查診斷項目。
- ③ 要以有限的人力資源與財源有效地實施檢查診斷，其重點在於充分理解檢查診斷的項目內容/目的，並實施足以掌握該設施異常變化程度的必要檢測項目。
- ④ 聽取專家意見，避免選擇不必要的檢查診斷項目，也是一種有效的做法。
- ⑤ 判定劣化程度的單位，以上層結構每一區塊作為單位(如圖 2.16 所示)，以棧橋式碼頭為例，一般與詳細定期檢查診斷構件建議如下：
 - a. 一般定期檢查診斷
 - (a) I 類：鋼管樁、岸壁法線、擋土牆部位的岸肩。
 - (b) II 類：棧橋上層結構(RC)、覆蓋抗鏽蝕工程、電化學抗鏽蝕工程、岸肩。
 - (c) III 類：附屬設備等。
 - b. 詳細定期檢查診斷
 - (a) 棧橋上層結構：鋼管樁。
 - (b) 覆蓋抗鏽蝕工程：電化學抗鏽蝕工程。
 - (c) 海底地盤：擋土牆部位的岸肩。
 - (d) 設施整體的移動量、下沉量與傾斜量。

(3)判定劣化程度與性能降低程度的評估方法

- ①判定劣化程度時，必須事先訂定判定劣化程度的基準以及材料的單位，如表 2-28 所示。
- ②評估性能降低程度時，必須事先訂定判定性能降低程度的基準以及結構體的單位，如表 2-29 所示。

表 2-28 檢查診斷之劣化程度檢測標準(各構件)

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

表 2-29 依檢查診斷結果評估設施性能降低程度的評估基準(各設施)

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

3.綜合評估

(1)訂定目標設施的維護管理與修補對策的基本方針。

(2)綜合評估中，實施以下三種項目。

- ①與目標設施的異常變化以及劣化狀態相關的評估(如表 2-30 所示)：針對目標設施整體的異常變化以及劣化的狀態，以工程的角度與判斷加以彙整，進行統合性與相對性的評估(設施性能的

降低程度)。

②針對維護修補的現場判斷/行政判斷的評估：依據維護修補的緊急性等條件，統整必須因應的維護修補工程執行相關問題，從財政面、利用度、重要度、未來計劃等角度，檢討其預先因應的可能性、難以因應的狀況下的替代方案(緊急處理、使用限制等)。

③決定與維護目標設施相關的方針：應決定的方針(範例)

- a.決定需要緊急維護修補的材料/部位以及基本的修補方法。
- b.決定需要計劃性維護修補的材料/部位以及基本的修補方法。
- c.決定目前必須觀察其時間變化狀況的部位/材料。
- d.是否必須變更檢查診斷計劃。
- e.是否需要其他必要的緊急處理措施。

表 2-30 設施性能降低程度的評估方法

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

4.異常發生時的檢查診斷：分為一般與詳細臨時檢查診斷，詳如下述：

(1)一般臨時檢查診斷

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

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

(2)詳細臨時檢查診斷

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

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

2.2.2.2 日本港灣設施維護管理士的相關認證探討

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

1.考試資格

- (1)從事海洋、港灣構造物之調查、設計、施工、管理等相關業務 7 年者。
- (2)技術士(建設部門)或者具有資格的 1 級土木施工管理技士。
- (3)公益社團法人土木學會認定的特別上級土木技術人員、上級土木技

術者、公益社團法人日本混凝土工學會認定的混凝土診斷士、一般社團法人日本鋼結構協會認定的土木鋼結構診斷士等。

2. 認證課程內容

- (1) 維護港口設施和沿海保護設施的最新議題。
- (2) 維護管理全部相關的知識。
- (3) 海洋、港灣構造物異狀相關知識。
- (4) 檢測診斷計畫實施知識與技術。
- (5) 檢測診斷判定知識與技術。
- (6) 異狀預測與綜合評估實施知識與技術、維護管理計畫策定相關知識。
- (7) 維修補強施工計畫實施知識與技術。

3. 認證考試內容

- (1) 與海洋、港灣構造物有關的維護管理全部知識。
- (2) 有關的法令知識。
- (3) 有關海洋、港灣構造物的異狀知識。
- (4) 技術者倫理。
- (5) 實施檢測診斷的知識技術。
- (6) 檢測診斷判定的知識技術。
- (7) 維修補強施工與計畫(設計)的知識與技術。
- (8) 維修補強施工與施作的知識與技術。

短期應用之方向可與現有國內標準之分析比較，並進行修正、參考浮動式碼頭檢測標準與構件拆解方式、探討檢測分類與頻率、以 I、

II、III 類的構件維護策略，可針對國內現有檢測項目進行分類，並可針對維護管理系統建置交換平台機制，以利各港之間的意見交流；中長期可探討國內與國外評估分析之差異、擴增劣化判定事例集、與國外進行維護管理制度與系統的交流、並著手提出國內港灣維護管理的相關法令。

2.2.2.3 美國 TRB 資產管理文獻

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

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

2.2.2.4 澳洲新南威爾斯省公共渡輪碼頭安全評估程序

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

1. 對公共輪渡碼頭之所有人或維修負責人發佈改善通知，要求執行安全修正工作。

2. 對公共輪渡碼頭之所有人發布禁止通知，禁止任何可能對使用者之安全或健康、碼頭運作或旅客服務造成風險之所有活動。

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

2.3 港灣構造物維護管理程序

2.3.1 港灣構造物巡查、檢測類型

港灣構造物的檢測工作，可分為平時進行(每個月一次)的經常巡查(巡查亦包含於檢測中)、時間及頻率固定之定期檢測與重大災害發生後之特別巡查(如下圖 2.17 所示)。另外，當定期檢測作業或災後巡查無法確實掌握劣化原因及擬定適當維修對策，需依目視檢測評估結果辦理更精確的儀器檢測，以便能有更多資訊供評估其安全性。

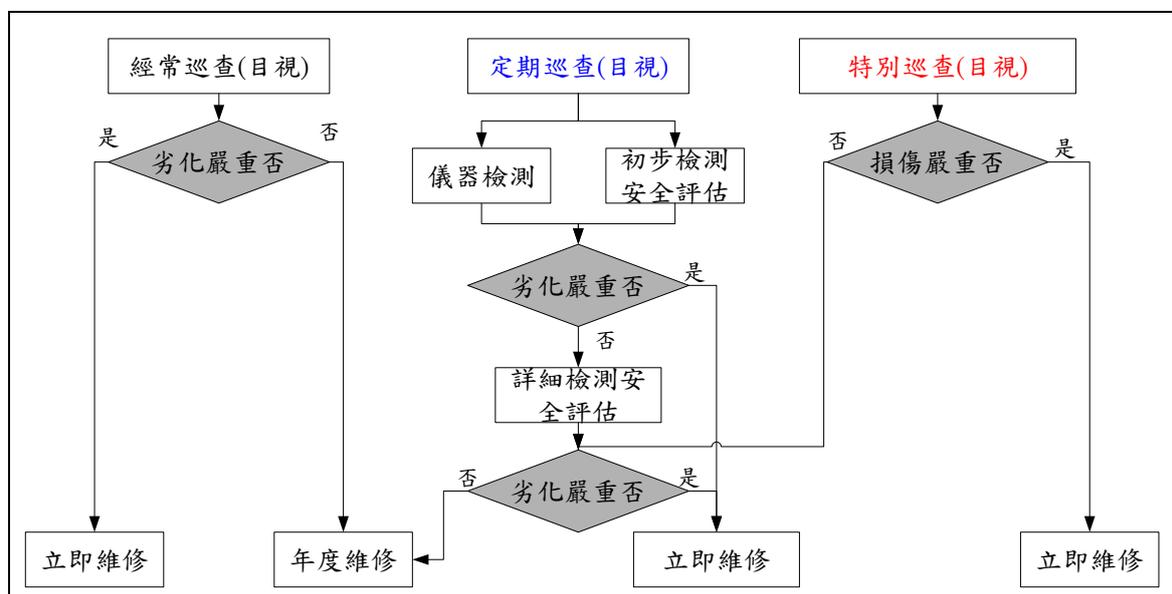


圖 2.17 港灣構造物維護管理程序

1. 經常巡查

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

2. 定期檢測

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

3. 特別巡查

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

上述三種檢測作業，可分別依負責單位、時機及方式等差異，整理如表 2-31 所示。

表 2-31 檢測作業種類比較

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

2.3.2 港灣構造物構件編碼

1. 碼頭構造物構件編碼

(1) 重力或板樁式碼頭

其為連續式結構，故針對各碼頭單元編碼，以兩繫船柱間為一單元(Block)如圖 2.18 所示，若各碼頭間之交界並非繫船柱，則仍須編列為一單元，如圖 2.18(1)所示。各碼頭單元構件拆解分為碼頭本體、海床與附屬設施(如圖 2.19 所示)。碼頭本體再拆分成岸肩、壁體與後線；附屬設施拆分成繫船柱、防舷材、車擋與起重機軌道。各構件之劣化狀況位置記錄如表 2-32 與圖 2.20 所示。

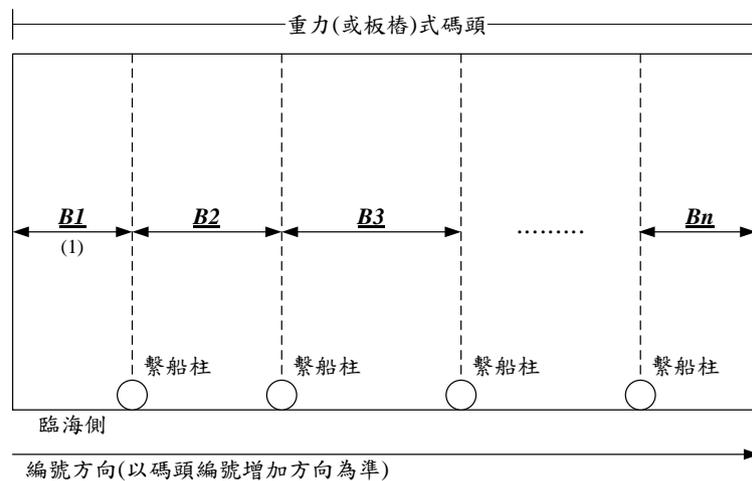


圖 2.18 碼頭單元編碼方式

表 2-32 重力與板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式說明

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化位置描述
碼頭本體	岸肩	紀錄 X、Y 值(如圖 2.4(a)之(1)所示)
	壁體	紀錄 X、-Z 值(如圖 2.4(b)之(2)所示)
	後線	紀錄 X 值(如圖 2.4(a)之(2)所示)
海床		紀錄 X 值(如圖 2.4(b)之(1)所示)

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化位置描述
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

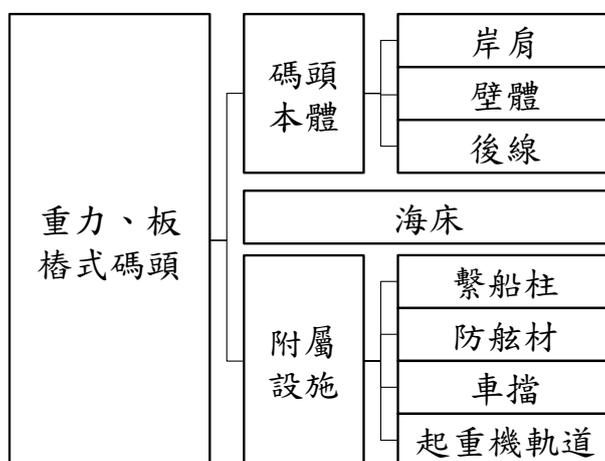


圖 2.19 重力、板樁式碼頭構件拆解

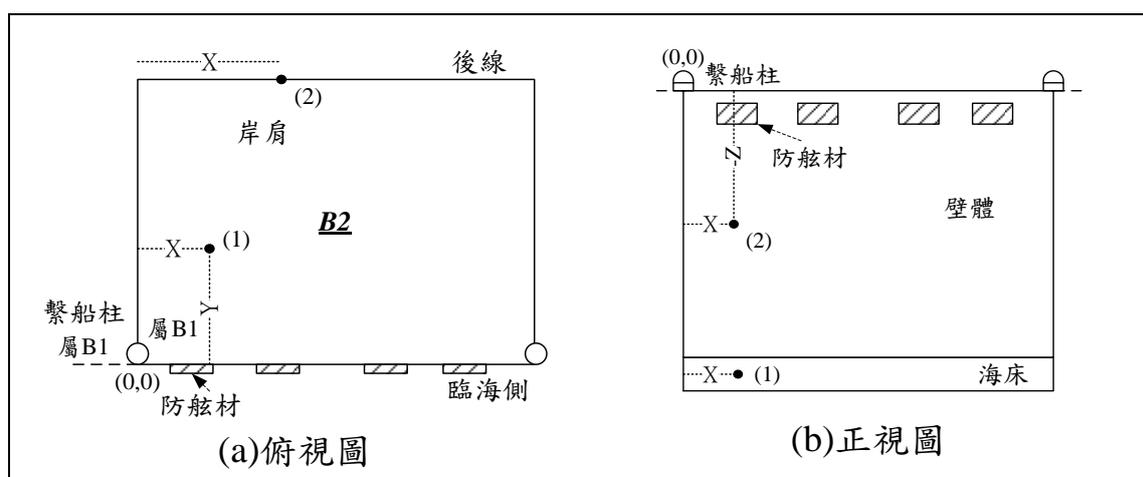


圖 2.20 重力、板樁式碼頭構件劣化位置記錄方式圖示

(2)浮動碼頭

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

金門港浮動碼頭設計方式，於本案中參考日本國土交通省港灣局「港灣の施設の点検診断ガイドライン」進行構件之拆分鋼管樁、浮臺、聯絡橋等三大構件(如圖 2.21、圖 2.22 所示)，再依其各自所含細部構件再進行分類，浮臺包含面板、滑動端(與鋼管樁之固定，如圖 2.23 所示)、繫船柱、防舷材與車擋等；聯絡橋包含面板、鉸接端(與岸壁固定，如圖 2.24 所示)等，其構件拆解架構如圖 2.25 所示。

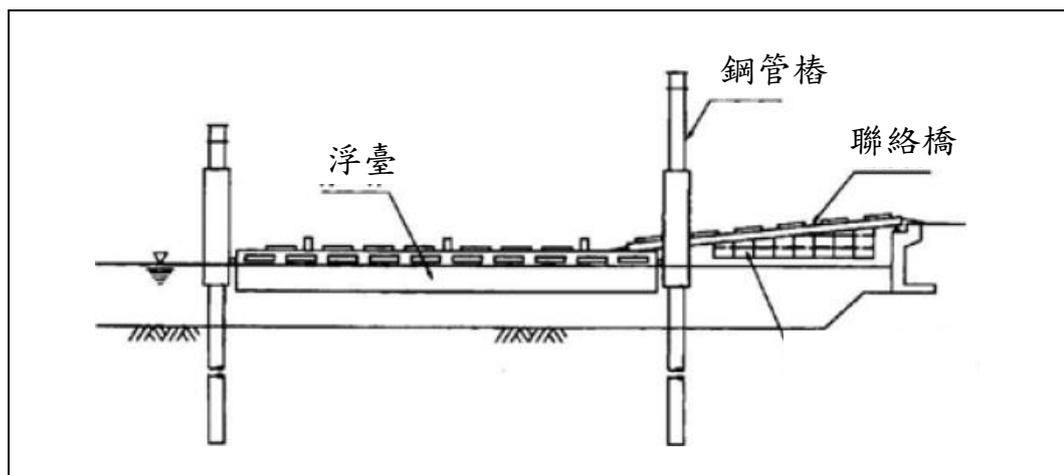


圖 2.21 浮動碼頭側視圖示意

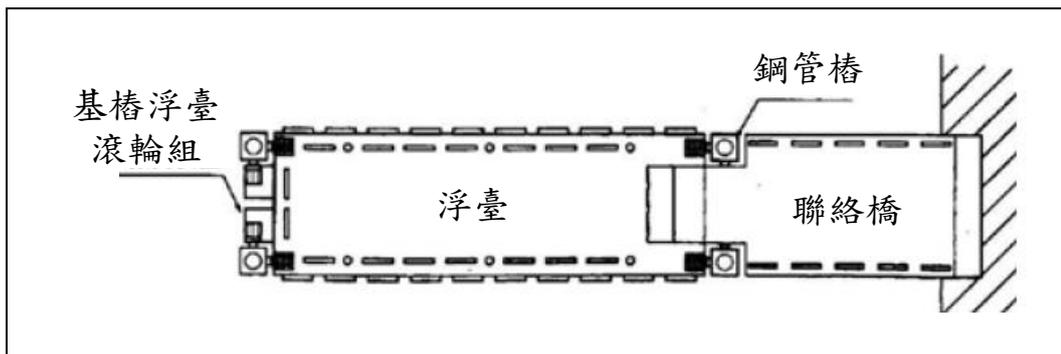


圖 2.22 浮動碼頭俯視圖示意

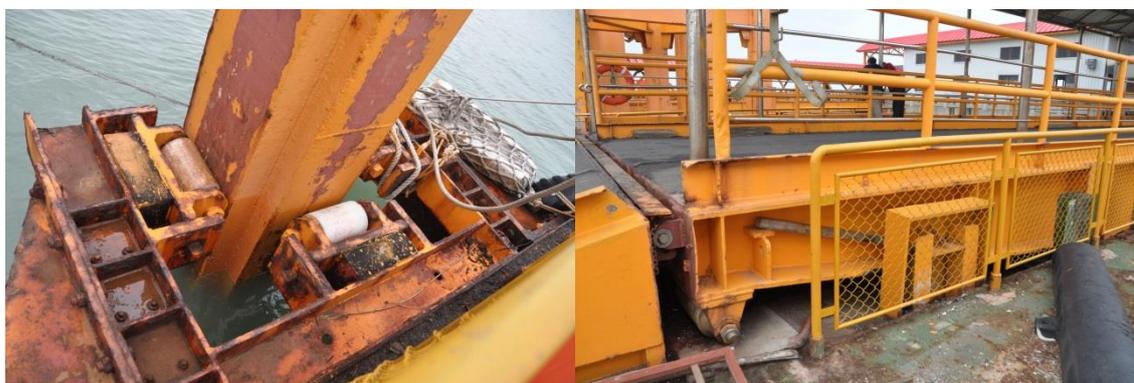


圖 2.23 基樁浮臺滾輪組

圖 2.24 聯絡橋鉸接端

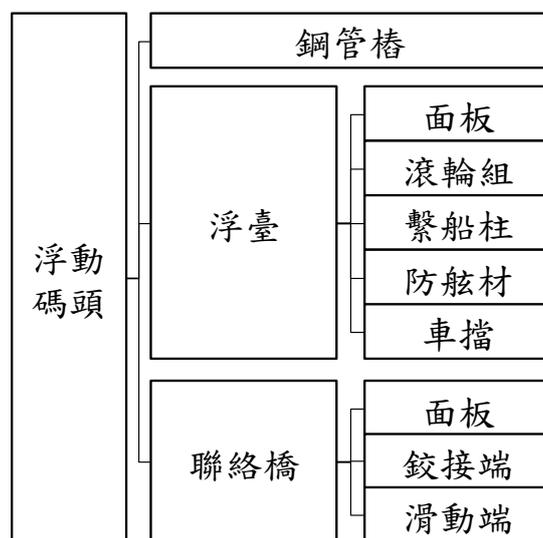


圖 2.25 浮動碼頭構件拆解

2.3.3 港灣構造物目視檢測標準

目視檢測標準依港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4~4/4)並彙整國內外港灣構造物檢測標準(包含港灣構造物安全檢測與評估之研究、港灣構造物維護管理準則之研究、日本港灣空港技術研究所一棧橋的生命週期維護管理系統之構築與關連之研究與日本海岸保護設施維護管理手冊)，據此制訂本標準。

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

重力、板樁式碼頭目視檢測標準依圖 2.19 之構件拆解方式制訂各構件可能劣化類型之狀況等級(如表 2-9、表 2-10 所示)，針對共通性之附屬設施亦制訂其劣化狀況等級，如表 2-11 所示；防波堤目視檢測標準如表 2-12 所示；浮動碼頭各構件劣化目視檢測標準如表 2-33 所示。

表 2-33 浮動碼頭各構件劣化目視巡查標準

構件		劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明
浮臺	浮臺外部	鋼材腐蝕、龜裂、損傷(鋼材)	1	無異狀
			2	—
			3	—
			4	因腐蝕引起之穿孔、變形或其他明顯損傷
		混凝土劣化	1	無異狀

		損傷(RC)	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[3]。

2.3.4 港灣構造物初步安全評估與處置對策

2.3.4.1 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 2.26 所示。

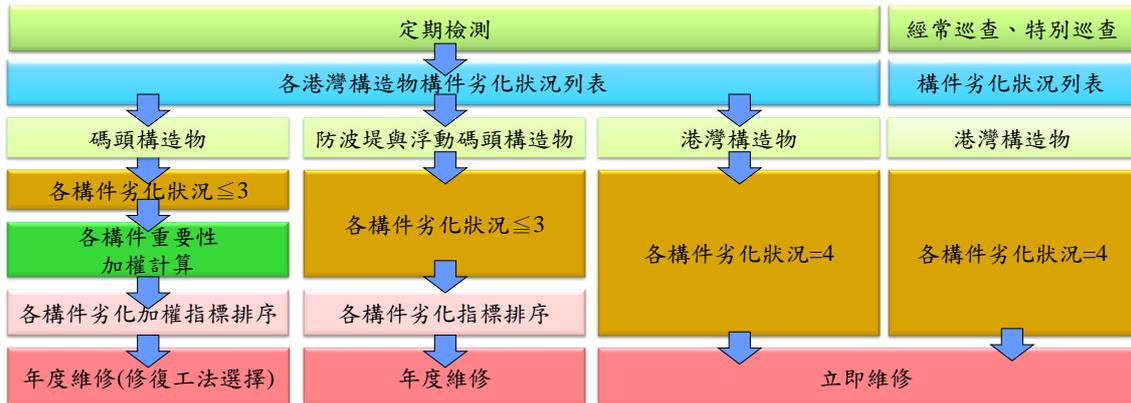


圖 2.26 港灣構造物構件維修排序程序

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

2. 整體構造物評估

由於碼頭構造物各構件有相對權重，故僅以此進行說明。碼頭整體狀況進行計算時，將構造物各構件最嚴重者，採用其劣化狀況配合各構件權重進行計算後累加，即為構造物整體狀況。如圖 2.27 所示以重力式碼頭為例，圖中各構件權重參照表 2-34~表 2-36 所示，各構件劣化狀況判定以採用該構造物構件最嚴重者，進行加權計算後累加即為整體評估。防波堤構造物則無計算整體構造物評分。

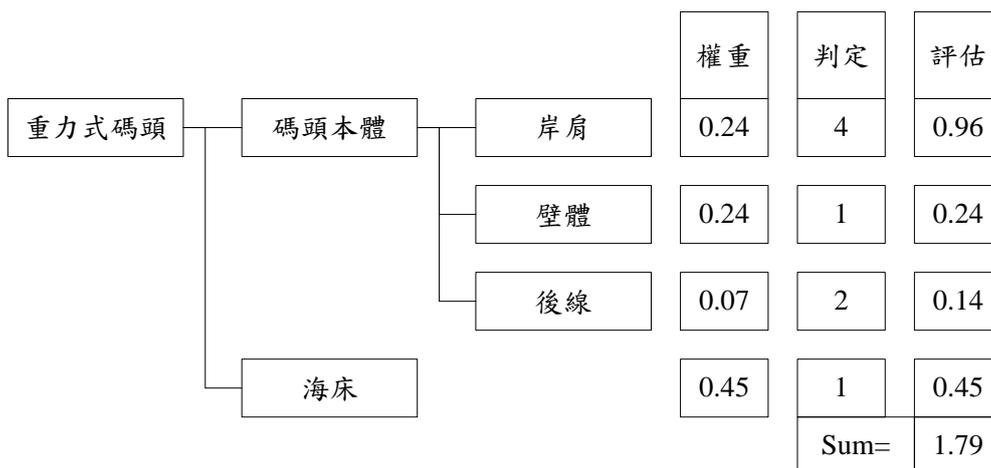


圖 2.27 整體構造物評估說明

表 2-34 重力式碼頭權重

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

表 2-35 板樁式碼頭權重

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

表 2-36 碼頭附屬設施權重

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

2.3.4.2 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 2.28 所示。

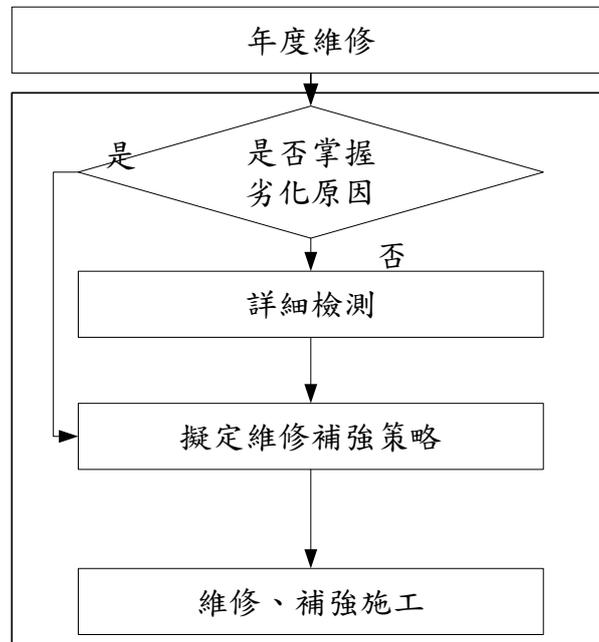


圖 2.28 港灣構造物年度維修處置對策程序

本節針對各劣化異狀所建議的修復工法進行列表，並於其後說明各工法的施工說明與工料分析，以供現地工程師使用，惟在此僅針對一般性修復工法進行說明，補強工法部分因事涉進一步結構分析與設計，故在此不予以羅列。表 2-37～表 2-40 中所列之「處置工法編號」，C 為鋼筋混凝土構造物相關維修工法、S 為鋼構造物相關維修工法、O 為其他構造物相關維修工法。

表 2-37 重力式碼頭劣化異狀與處置對策

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

				cm，深度<2.5 cm	
			3	鋼筋混凝土(或鋼筋網)外露腐蝕，剝落寬度直徑 ≤ 15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度 ≤ 2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)	
		漏砂	2	壁體出現孔洞，但並未漏砂	持續觀察
			3	壁體裂縫已可觀察出漏砂	持續觀察並回填粒料
			4	背填砂經由大型破洞露出，或孔內看不到砂	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法(C6)
	後線	沈陷	2	後線輕微下陷(高度<10 cm、面積<10 m ²)	持續觀察
			3	後線明顯下陷(10 \leq 高度 \leq 15 cm、10 m ² \leq 面積 \leq 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 2-38 板樁式碼頭劣化異狀與處置對策

第 1 層構件	第 2 層構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
碼頭本體 碼頭本體	岸肩	裂縫	2	局部(1m ²)可見到 2 個以下寬度 3 mm 以下的裂縫	樹脂砂漿塗抹工法(C1)
			3	局部(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；潮間帶以上鋼材有塗裝保護，外觀完好	確認其腐蝕電流是否符合規定，若是則持續觀察，若否則進行外加電流式防蝕系統(S4)	
		3	海水下，-780mV <防蝕電位 < -850mV；潮間帶鋼材塗裝面積破損率 3~5%	外加電流式防蝕系統(S4)	
		4	海水下，-650mV <防蝕電位 < -780mV；潮間帶鋼材塗裝面積破損率 5~10%	犧牲陽極式防蝕系統(S3)	
	後線	沈陷	2	後線輕微(<= 10 m ²)	持續觀察
			3	後線明顯下陷(10 ≤ 高度 ≤ 15 cm、10m ² ≤ 面積 ≤ 20 m ²)	持續觀察或修補水泥砂漿工法(C3)
			4	後線嚴重下陷(高度 > 15 cm、面積 > 20 m ²)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 回填料填補壓實法(C6)
海床	沖刷	2	基礎輕微淘刷(沖刷坑深度目視約 50 cm 以下)	持續觀察 拋石護基工法(O1)	
		3	基礎明顯淘刷(沖刷坑深度目視約 50~100 cm)	設置消波塊 拋放麻袋混凝土法(O2)	
		4	基礎嚴重淘刷(沖刷坑深度目視約 100 cm 以上)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 新增護基方塊法(O3)	

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

表 2-39 碼頭附屬設施劣化異狀與處置對策

構件	劣化類型	劣化狀況	劣化狀況說明	建議處置對策
繫船柱	腐蝕龜裂	2	材質輕微鏽損狀況，基座無明顯龜裂情形	防蝕塗料維修(O6)
		3	材質明顯鏽損狀況，基座有明顯龜裂情形	防蝕塗料維修(O6) 灌注環氧樹脂工法(C2)
		4	材質嚴重鏽損與剝落，基座嚴重龜裂	置換繫船柱(O7)
防舷材	龜裂破損	2	材質表面褪色、輕微劣化，螺帽鬆脫或缺損	持續觀察
		3	材質表面劣化明顯，螺栓缺損，靠船時能明顯觀察到龜裂現象	構件脫落之維修(O8)
		4	材質老化、構件變形或掉落	置換防舷材(O9)
車擋	龜裂破損	2	材質表面輕微龜裂情形	持續觀察
		3	材質表面有明顯龜裂，基座有龜裂情形	持續觀察
		4	材質嚴重龜裂貫穿車擋或多處破損	置換車擋
起重機軌道	腐蝕位移	2	兩軌間距左右差 ≤ 5 mm、鋼軌接縫高差 ≤ 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 2-40 防波堤劣化異狀與處置對策

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

坡		3	裂縫寬度約 3~5 mm	灌注環氧樹脂工法(C2)
		4	裂縫擴散至整個岸肩或裂縫寬度約 5 mm 以上	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
	沈陷	2	輕微下陷(面積<5 m ² 、高度<2.5 cm)	持續觀察
		3	明顯下陷(面積≤5 m ² 、高度>2.5 cm 或面積>5 m ² 、高度≤2.5 cm)	持續觀察，並同時確認壁體狀況。
		4	嚴重下陷(面積>5 m ² 、高度>2.5 cm)	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強，必要時重新鋪設
	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 cm，深度<2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
		3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外露腐蝕，剝落寬度直徑≤15 cm，深度>2.5 cm 或剝落寬度直徑>15 cm，深度≤2.5 cm	修補水泥砂漿工法(C3)
		4	鋼筋混凝土外露腐蝕，且鋼筋底部混凝土剝落，且剝落寬度直徑>15 cm，深度>2.5 cm	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強 混凝土及鋼筋修補(C4)
	堤頂	沈陷	2	岸肩輕微下陷(面積<5 m ² 、高度<2.5 cm)
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
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	修補水泥砂漿工法(C3)

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

註：劣化狀況 1，表示無異狀，故無建議之處置對策。

本研究蒐集之日本維護管理程序與本章所建置之國內維護管理程序之比較如表 2-41 所示，

表 2-41 國內與日本港灣構造物維護管理制度與系統的比較

維護管理程序	國內	日本
檢測種類與方法	分為經常巡查、定期檢測、特別巡查與詳細檢測(使用相關儀器)。	分為初次檢查、日常檢查、定期檢查(再分為一般定期檢查與詳細定期檢查)、臨時檢查(分為一般與詳細臨時檢查)。
檢測頻率	經常巡查每月 1 次;定期檢測每兩年一次;特別巡查於重大災害後執行。	依設施重要性分為通常般檢測與重檢測測配合前述之檢測種類與方法,通常檢測的一般定期檢查 5 年內至少一次;重檢測測的詳細定期檢查 10~15 年內至少一次。
檢測診斷項目	經常與特別巡查以岸上構件或設施為主;定期檢測針對岸上與水下構件。	診斷項目分 I~III 類, I 類為直接影響設施性能之構件; II 類為性能降低也不會立即造成設施性能降低,但如果長期任其處於不良狀態,會對設施造成致命性損傷; III 類為附屬設備。
檢測標準	各構件依其可能異狀列出 1~4 級之劣化異狀(浮動碼頭因採用日本標準故並未每個等級皆有描述)。	各構件依其可能劣化異狀列出 a~d 級(亦為 4 個等級)之檢測標準,各等級之異狀劣化標準並非皆有對應。
評估方法	依港灣構造物各構件劣化狀況等級進行構件評估(碼頭構造物可再配合構件權重加權計算)。	依診斷項目分 I~III 類配合表 3-35 進行設施狀況之評估。
對策工法	碼頭構造物已將各劣化之異狀構件狀況等級對應處置對策。	對策工法之種類與選定以幾較常見之劣化維修為主,並未以各劣化予以對應(港灣設施維護管理技術手冊,日本財團法人 沿岸技術研究中心,2008)。
維護管理系統	目前已依現有程序基隆港、花蓮港與金門港三港區等資料建置完成。	將建置一個簡單的維護管理資料庫,此資料庫不會有任何的分析系統,如評估與劣化預測系統,此資料庫主要目的為保存資料與作為地方與中央的資料分享平台。
維護管理士	目前無相關制度,然可參考日本制度進行。	已有相關授課內容、考試資格與考試內容。

第三章 研究方法與步驟

本年度為 2 年期計畫之第 2 年，研究內容主要包括碼頭及防波堤等港灣構造物現況調查外，並精進探討檢測方法與檢測程序、構造物之劣損評估及維護機制，調查對象與工作項目包含：(1)馬祖港福澳、白沙、猛澳青帆與中柱五碼頭區之碼頭與防波堤岸上及水下調查；(2)馬祖港福澳與白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱、福澳碼頭區棧橋式碼頭之鋼樁，鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；(3)臺中港南、北防波堤岸上之水下調查；(4)碼頭與防波堤維護工法探討；(5)建置馬祖港港灣構造物維護管理系統。研究流程如圖 3.1 所示。研究方法與步驟詳述於本章節。

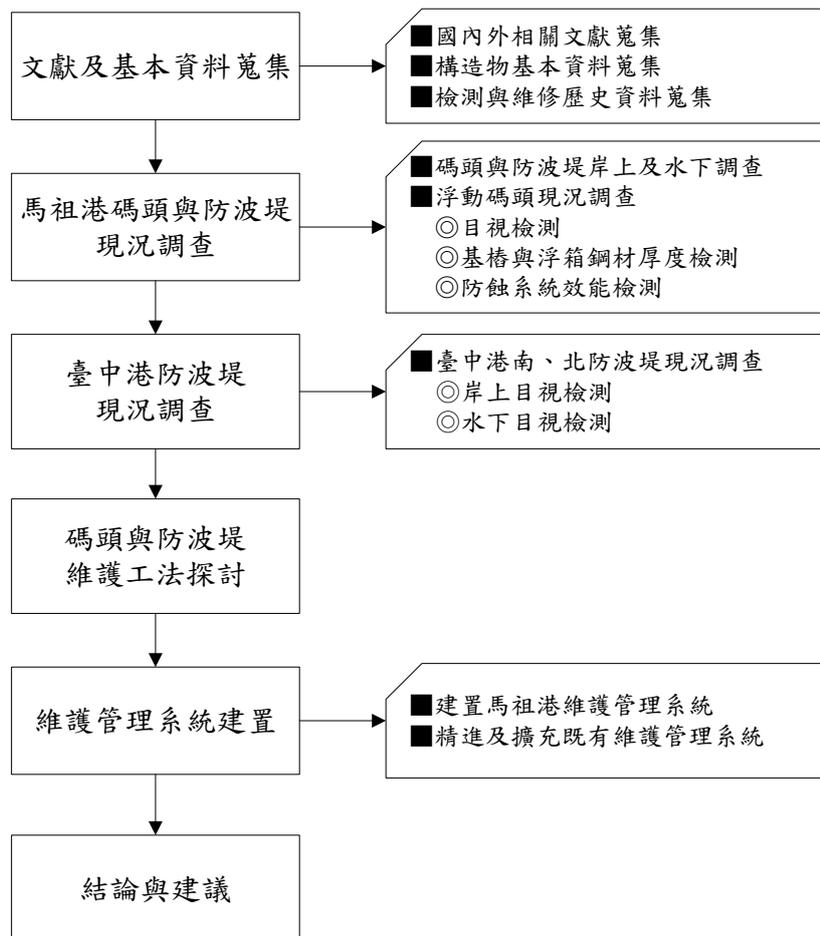


圖 3.1 研究流程圖

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

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 $\pm 0.1\text{mm}$ ，可由接收器直接讀取厚度，其量測原理簡示於圖 3.2。

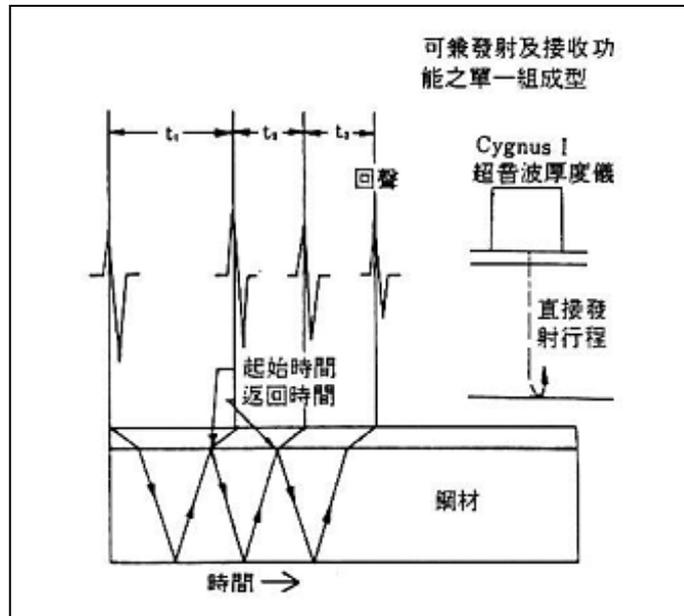


圖 3.2 測厚儀量測之示意圖

厚度計算可由公式 3.1 求得：

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

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。

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數，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：

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

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。

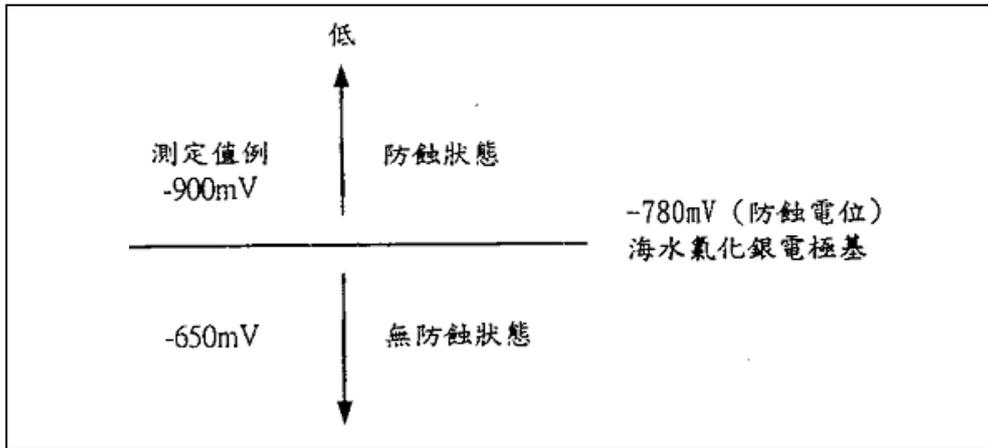


圖 3.3 防蝕效果的判定方法

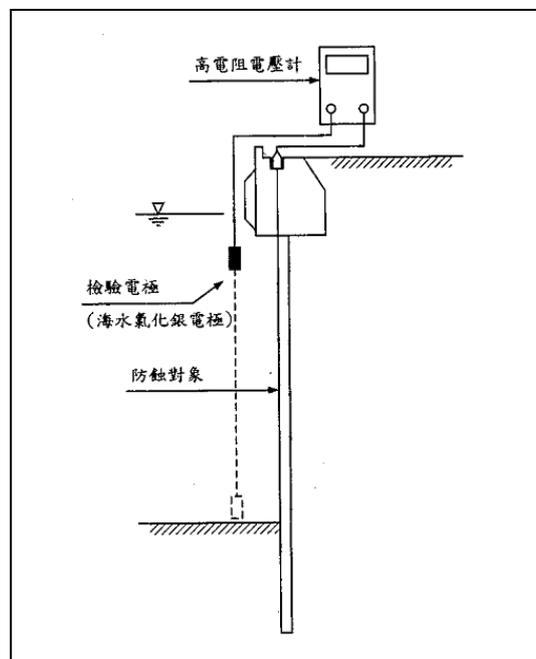


圖 3.4 電位量測示意圖

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。

$$\text{陽極塊殘存重量} = \left[\left(\frac{D}{4} \right)^2 \times L - \text{蕊棒體積} \right] \times \text{陽極密度} \dots \dots \dots (3.3)$$

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。

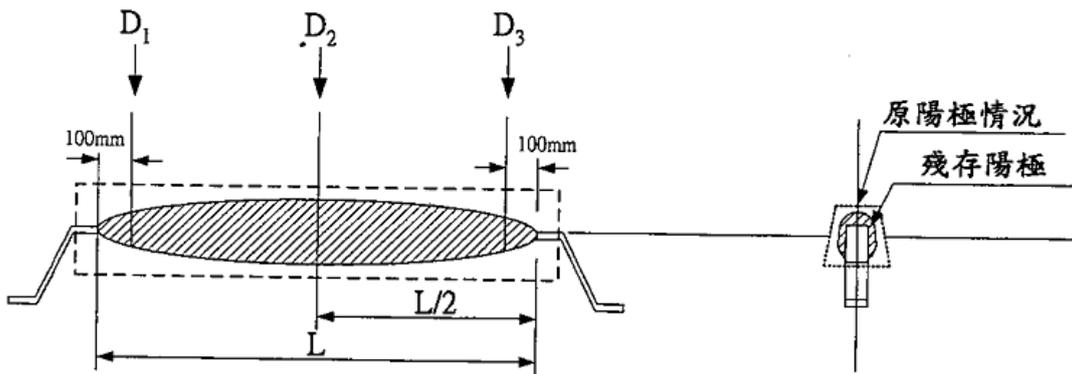


圖 3.5 陽極塊尺寸量測示意圖

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

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

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 港灣構造物維護管理系統建置

3.5.1 建置「馬祖港港灣構造物維護管理系統」

港灣構造物維護管理資訊系統建置，首先擬定檢測評估標準作業

程序，作為維護管理資訊系統與現場檢測執行之依據，包含：(1)訂定「巡查與維修類型」，以作為經常、定期與特別巡查之執行重點與巡查頻率；(2)訂定「港灣構造物之構件編碼」，以供維護管理系統建構構件單元之用；(3)制訂「港灣構造物目視檢測標準」，以供檢測評估之判定準則；(4)制訂「港灣構造物構件修復排序準則」，以供維護管理系統配合檢測資料進行修復優先序之擬定；(5)研擬「港灣構造物構件改善對策」，以供維護管理資訊系統針對港灣構造物構件劣化之狀況，建議修復工法。

維護管理系統模組建置乃依循檢測評估標準作業程序，建置馬祖港碼頭及防波堤等構造物相關資料。各模組主要工作項目如下：

1. 基本資料模組

基本資料模組除收集相關基本資料外，並依前述之「港灣構造物之構件編碼」，建置馬祖港福澳、白沙、猛澳青帆與中柱五碼頭區碼頭及防波堤基本資料。

2. 檢測資料模組

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

3. 維修排序模組

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

4. 維修記錄模組

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

5. 權限管理模組

權限管理模組可供使用者進行帳號申請與權限控管之用。現地檢測作業乃依循檢測評估標準作業程序中之「港灣構造物之構件編碼」與「港灣構造物目視檢測標準」，進行馬祖港五碼頭區之碼頭及防波堤岸上及水下構件之目視檢測評估。

3.5.2 精進及擴充港灣構造物維護管理系統

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

1. 權限設定功能

精進既有港灣構造物維護管理系統，增加權限設定功能，其功能依使用者不同而異。

2. 檢測模組、維修排序模組之更新

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

3. 各港相關歷史資料之新增與查詢

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

第四章 馬祖港區現況調查

馬祖列島位於臺灣海峽西北方，距離臺灣基隆港約 114 哩，離福建沿海僅約 10 哩。馬祖列島由十個島嶼所組成，除南竿、北竿、西莒、東莒及東引等 5 個島外，其餘屬較小之無人島嶼。早期往來各島間之航運均使用軍方設立之碼頭設施，近年來政府因應發展需要，於 5 個島嶼闢建碼頭設施，並於民國 86 年 11 月 26 日指定為國內商港。圖 4.1 為馬祖港與臺灣相對位置圖。

馬祖港由 5 個島嶼之碼頭組成，包括南竿鄉福澳碼頭區、北竿鄉白沙碼頭區、莒光鄉青帆(西莒)與猛澳(東莒)碼頭區及東引鄉中柱碼頭區，各碼頭區位置如圖 4.2 所示。由於馬祖列島特殊的環境與位置，4 鄉 5 島間長期以來均依靠船運補充民生物資。因此，海上運輸是否順暢成為地區發展的重要關鍵，為利未來永續之發展，相關港區碼頭與防波堤等構造物之維護管理就顯得特別重要。

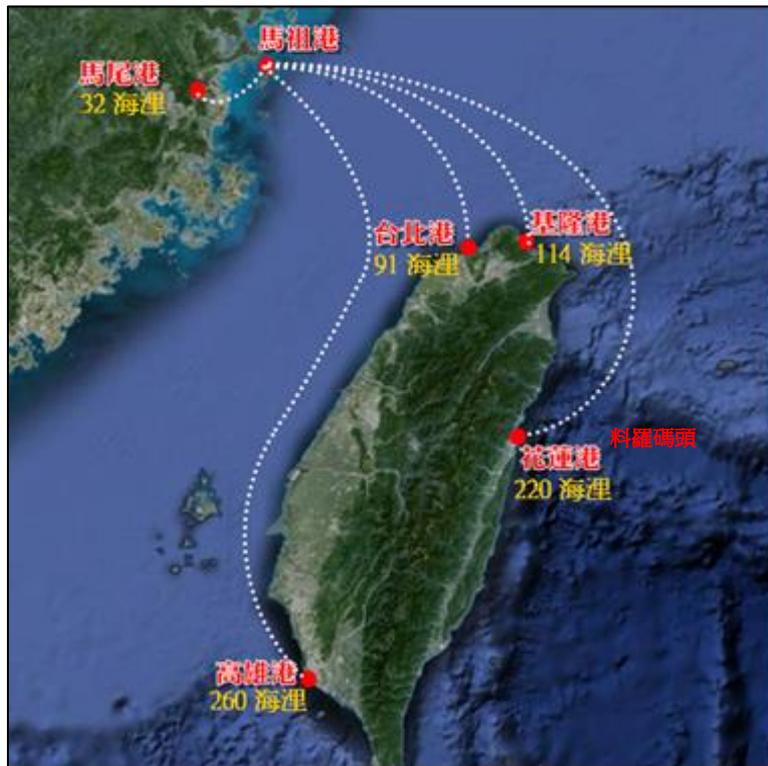


圖 4.1 馬祖港與臺灣相對位置圖



圖 4.2 馬祖港四鄉五碼頭區相對位置圖

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

4.1 馬祖港五碼頭區基本資料調查

4.1.1 福澳碼頭區

本碼頭區位於連江縣政經中心之南竿島北側福澳灣，如圖 4.3 所示。港域面積約 90.75 公頃，包括水域面積 70.36 公頃及陸域面積 20.39 公頃，為馬祖港五個碼頭區中最大者，臺馬航線主要港口與馬祖各島際海上交通之樞紐，也是小三通重要的通商口岸。

碼頭區平面配置如圖 4.4 所示，主要港埠設施如下：

- (1)外廓防波堤：為拋石式防波堤，總長度為 684.8m，斷面圖如圖 4.5 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 4-1 所示。碼頭斷面圖如圖 4.6~圖 4.12 所示。



圖 4.3 福澳碼頭區位置圖

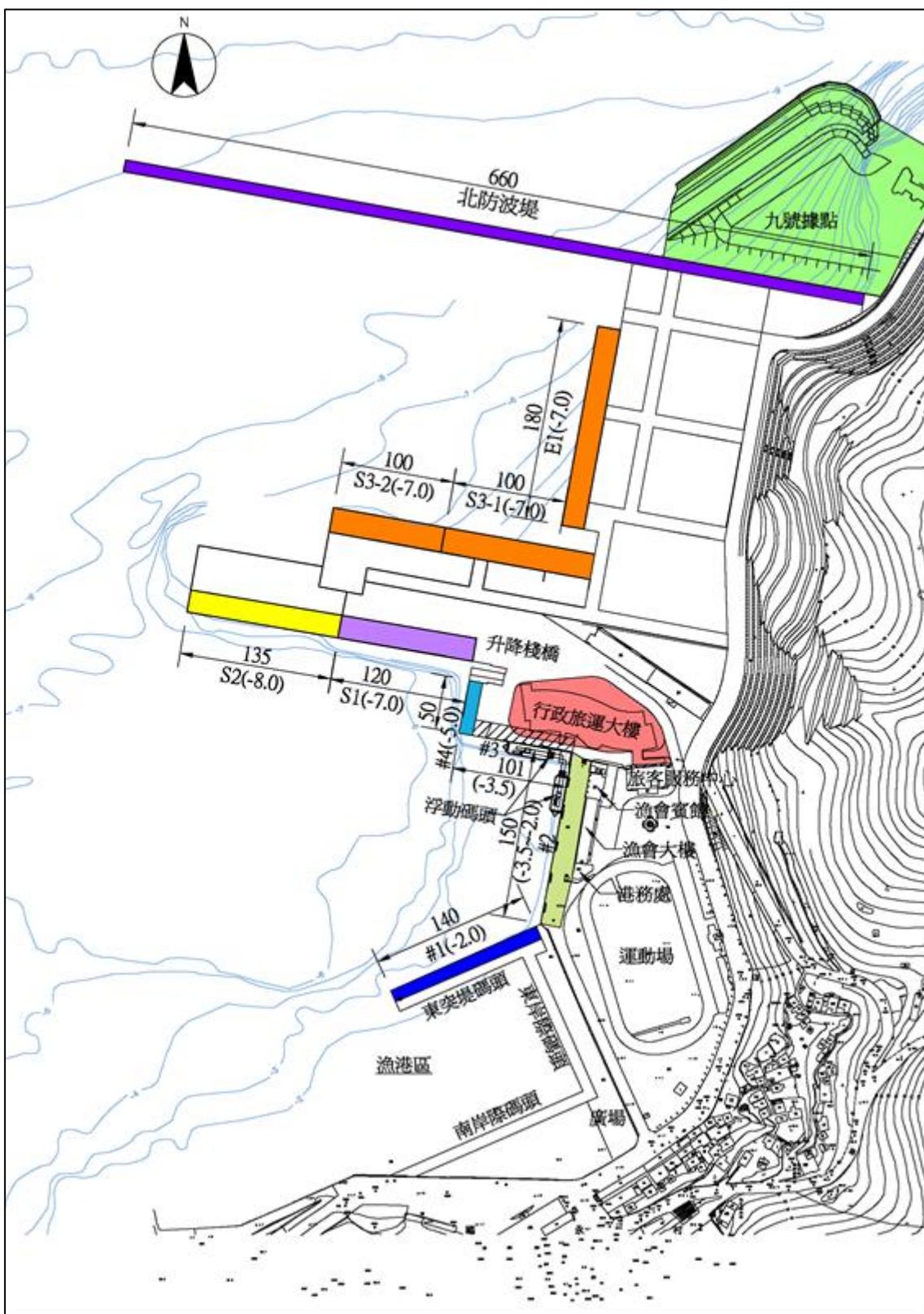


圖 4.4 福澳碼頭區平面圖

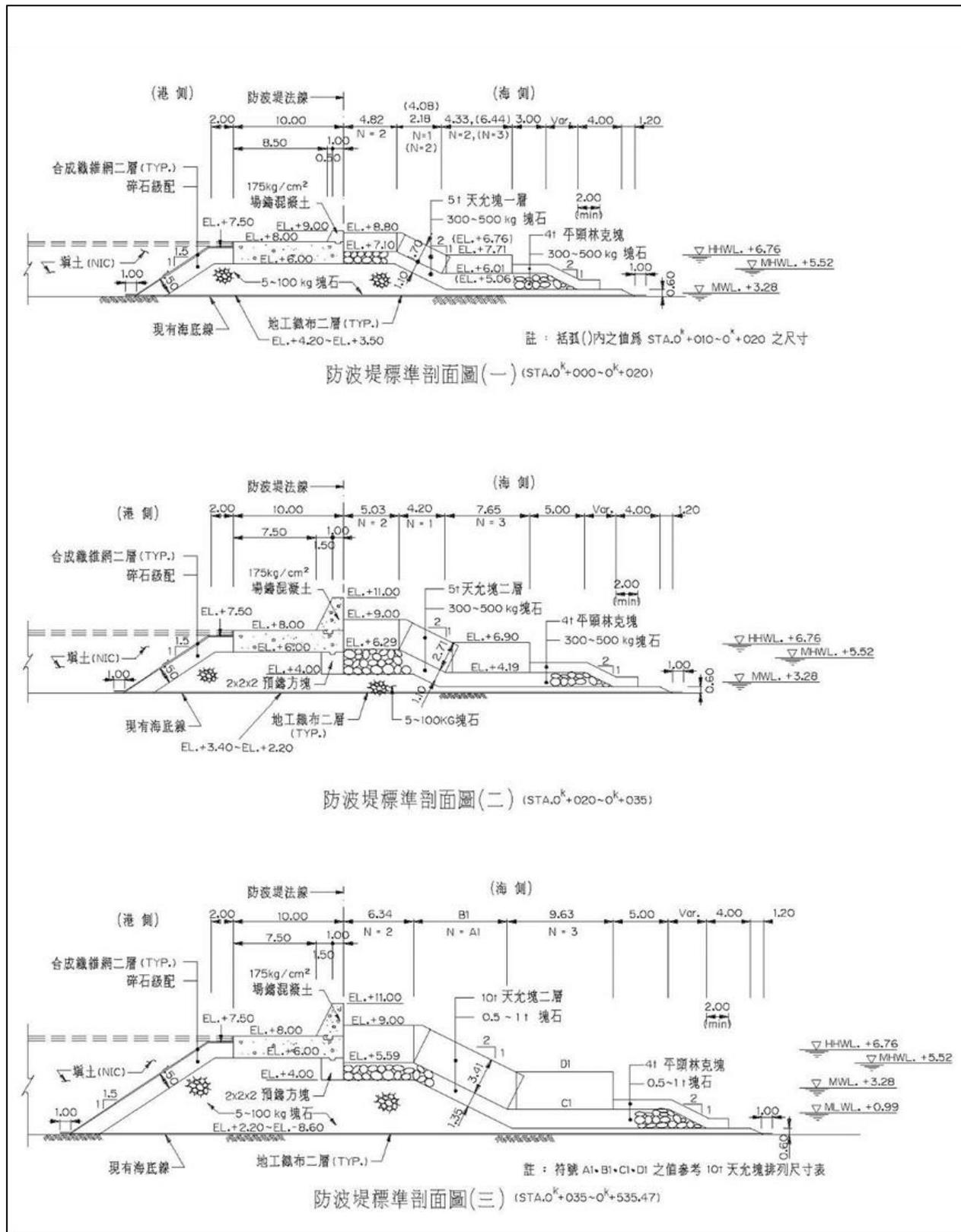


圖 4.5 福澳碼頭區北防波堤標準斷面圖

表 4-1 福澳碼頭區碼頭基本資料

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

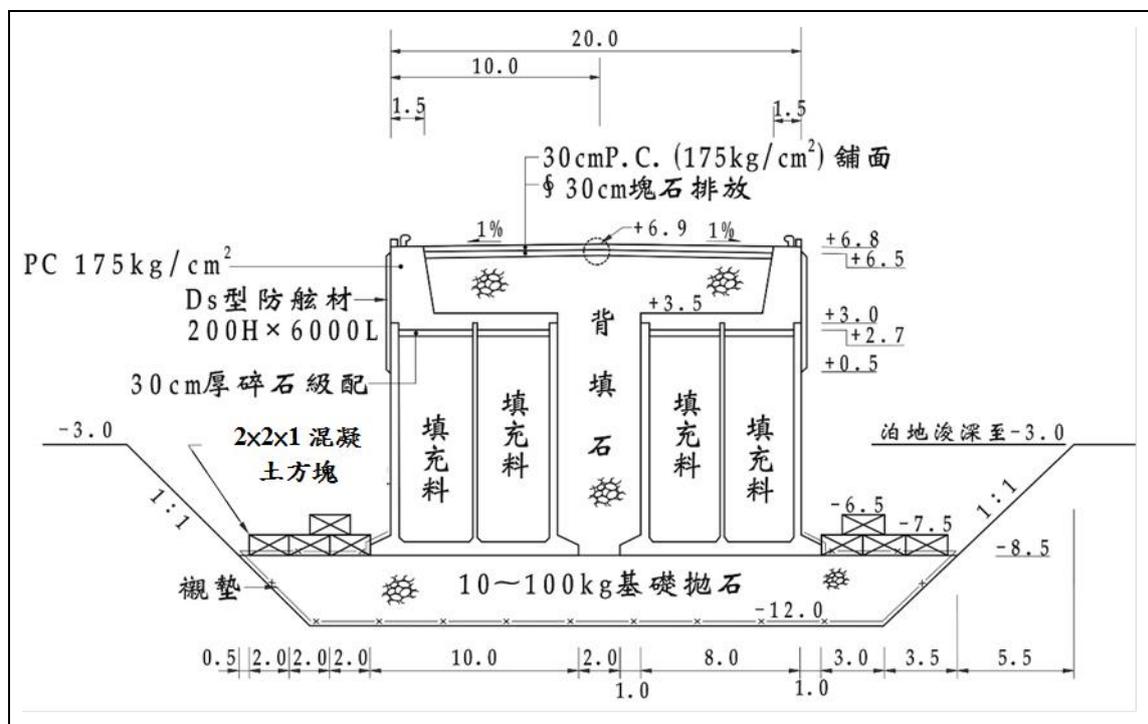


圖 4.6 福澳碼頭區 1 號(#1)碼頭標準斷面圖-1

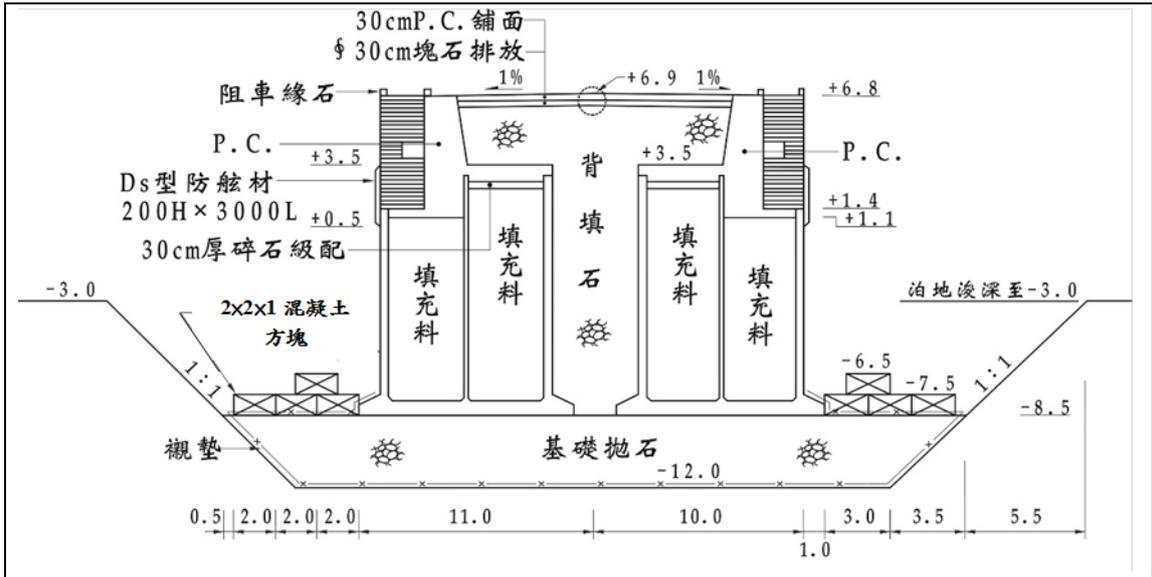


圖 4.7 福澳碼頭區 1 號(#1)碼頭標準斷面圖-2

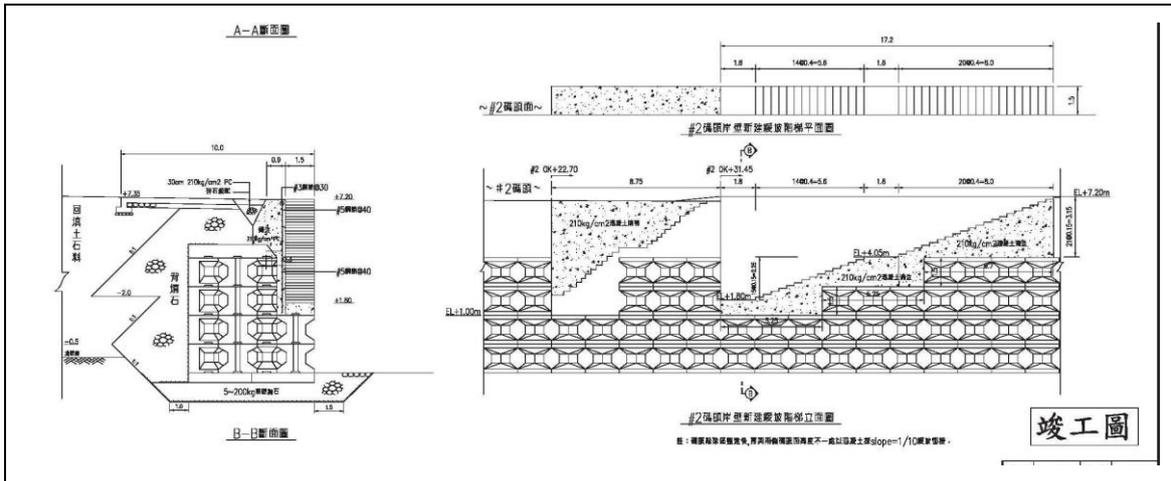


圖 4.8 福澳碼頭區 2 號(#2)碼頭標準斷面圖

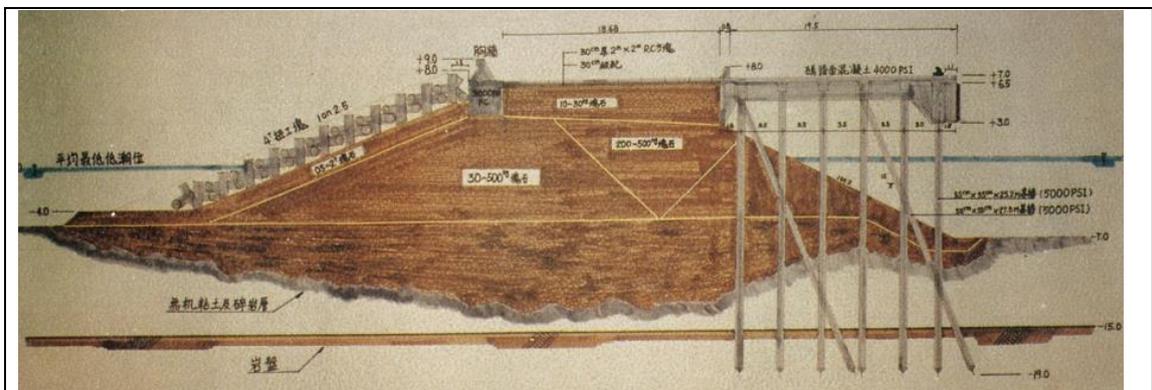


圖 4.9 福澳碼頭區 S2 碼頭標準斷面圖

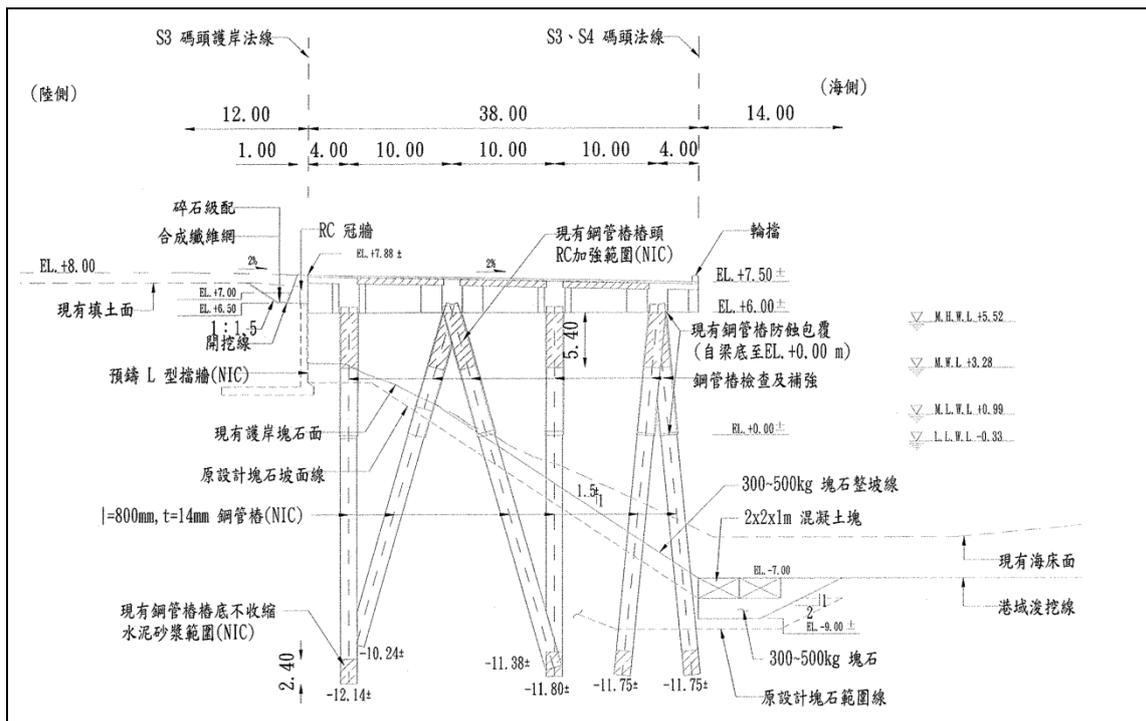


圖 4.10 福澳碼頭區 S3 0K+000~0K+080 碼頭標準斷面圖

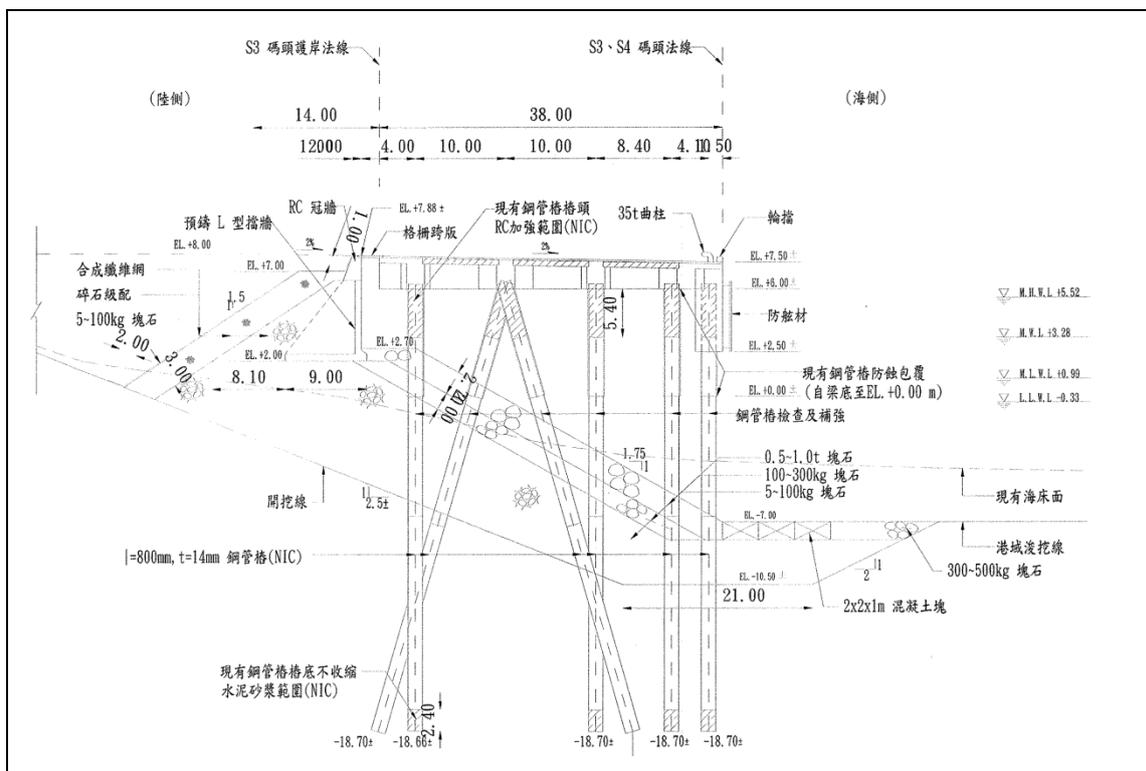


圖 4.11 福澳碼頭區 S3 0K+080~0K+150 碼頭標準斷面圖

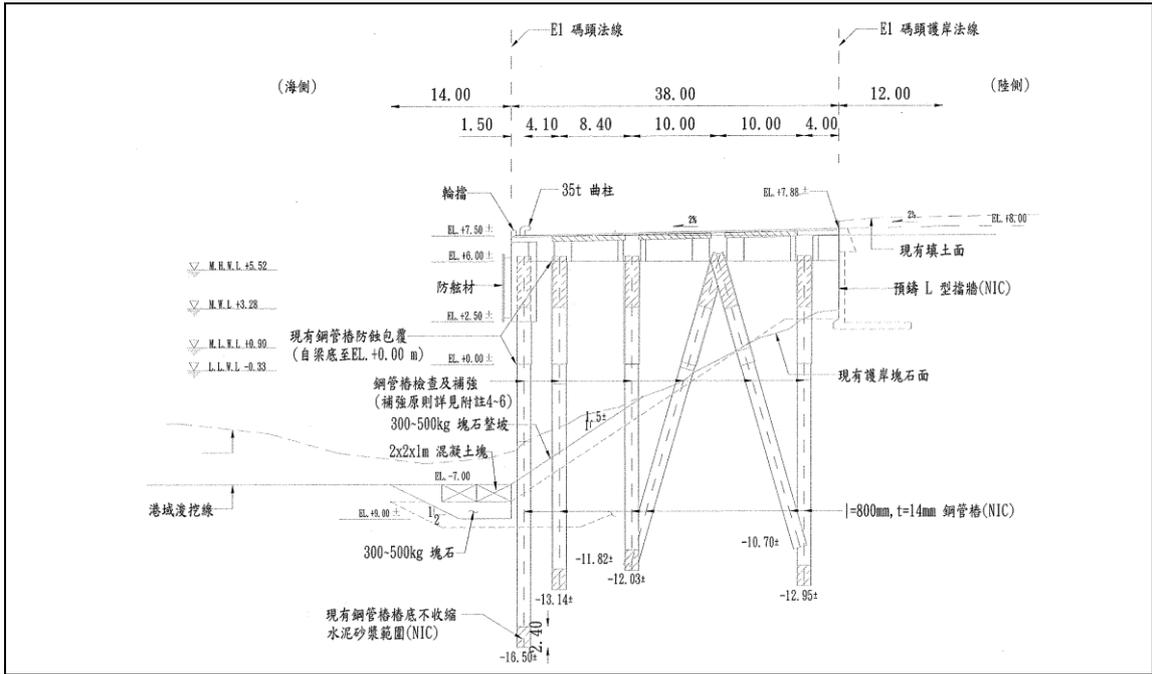


圖 4.12 福澳碼頭 E1 0K+150~0K+182 碼頭標準斷面圖

圖 4.13 為福澳碼頭區民國 105 年 8 月調查時現況照片，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 4.3 中。



1 號碼頭側視

1 號碼頭岸上情形

2 號碼頭(含 F1 浮動碼頭)側視

2 號碼頭階梯側視



浮動碼頭 E 區基樁



3 號碼頭(含 F2 浮動碼頭)側視



3 號碼頭側視



3 號碼頭 RC 基樁與防舷材



4 號碼頭斜坡段



4 號碼頭停靠港勤船情形



4 號碼頭 Ro-Ro 段



S1 碼頭停靠台華輪情形



圖 4.13 福澳碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

4.1.2 白沙碼頭區

本碼頭區位於北竿島西南白沙村海岸，如圖 4.14 所示。港域面積約 14.43 公頃，包括水域面積 10.09 公頃及陸域面積 4.34 公頃。碼頭區可分為內港區與外港區，外港區包括南、北兩座碼頭，主要供貨輪靠

泊。內港區為一小型船渠，為淺水碼頭，供交通船、小貨船及漁船靠泊。

碼頭區平面配置如圖 4.15 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 4.16 所示。

(2)南防波堤：拋石堤，長 130 m，標準斷面圖如圖 4.17 所示。

(2)碼頭：包含南、北碼頭、淺水碼頭與浮動碼頭，詳如表 4-2 所示，其標準斷面圖分別如圖 4.18 至圖 4.20 所示。



圖 4.14 白沙碼頭區位置圖

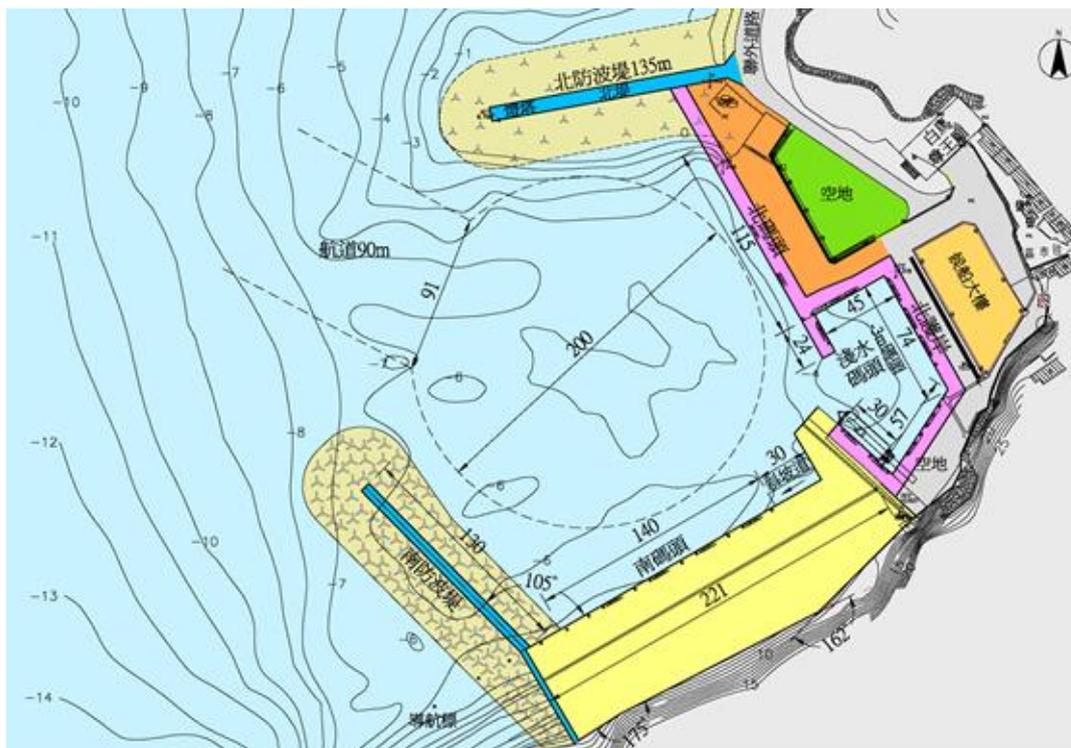


圖 4.15 白沙碼頭區平面圖

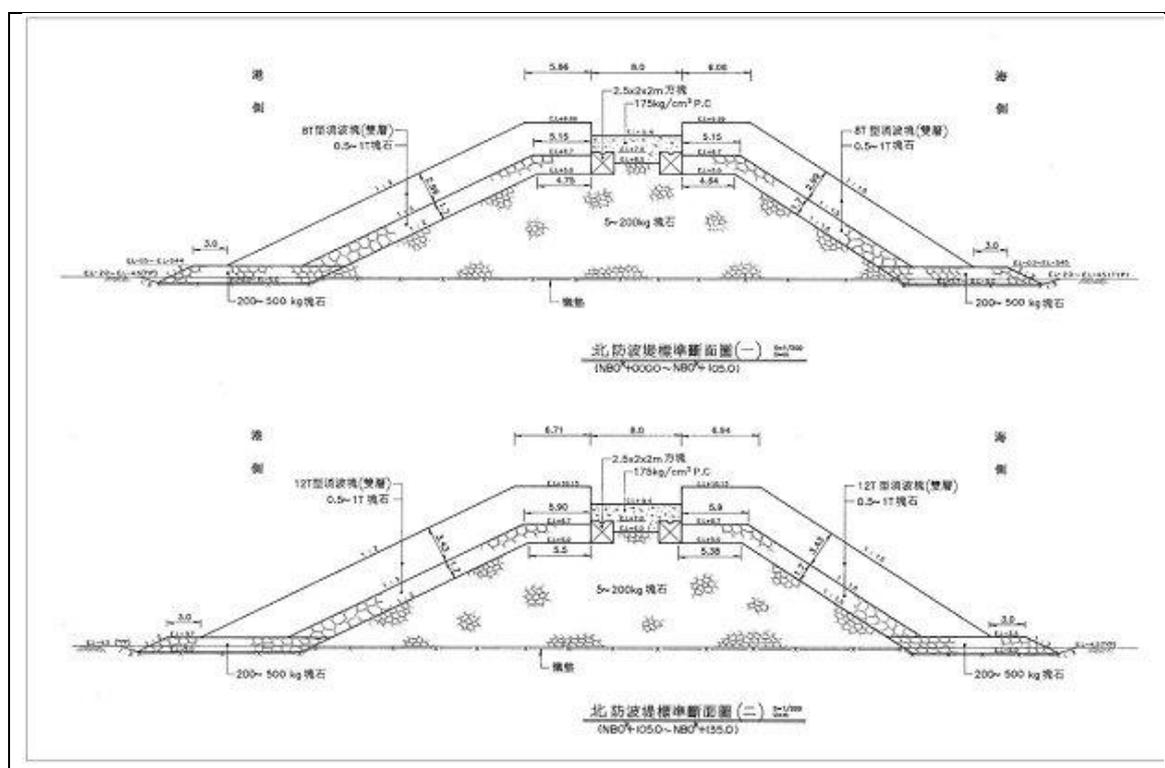


圖 4.16 白沙碼頭區北防波堤標準斷面圖

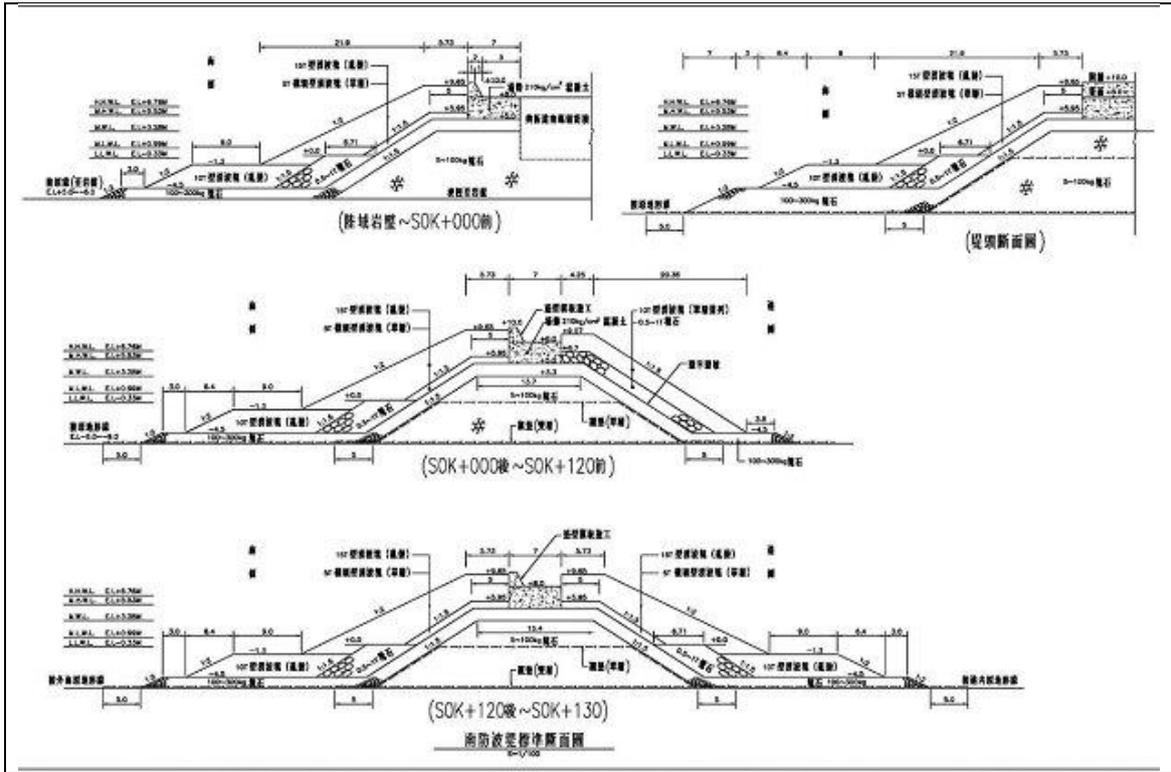


圖 4.17 白沙碼頭區南防波堤標準斷面圖

表 4-2 白沙碼頭區碼頭基本資料

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

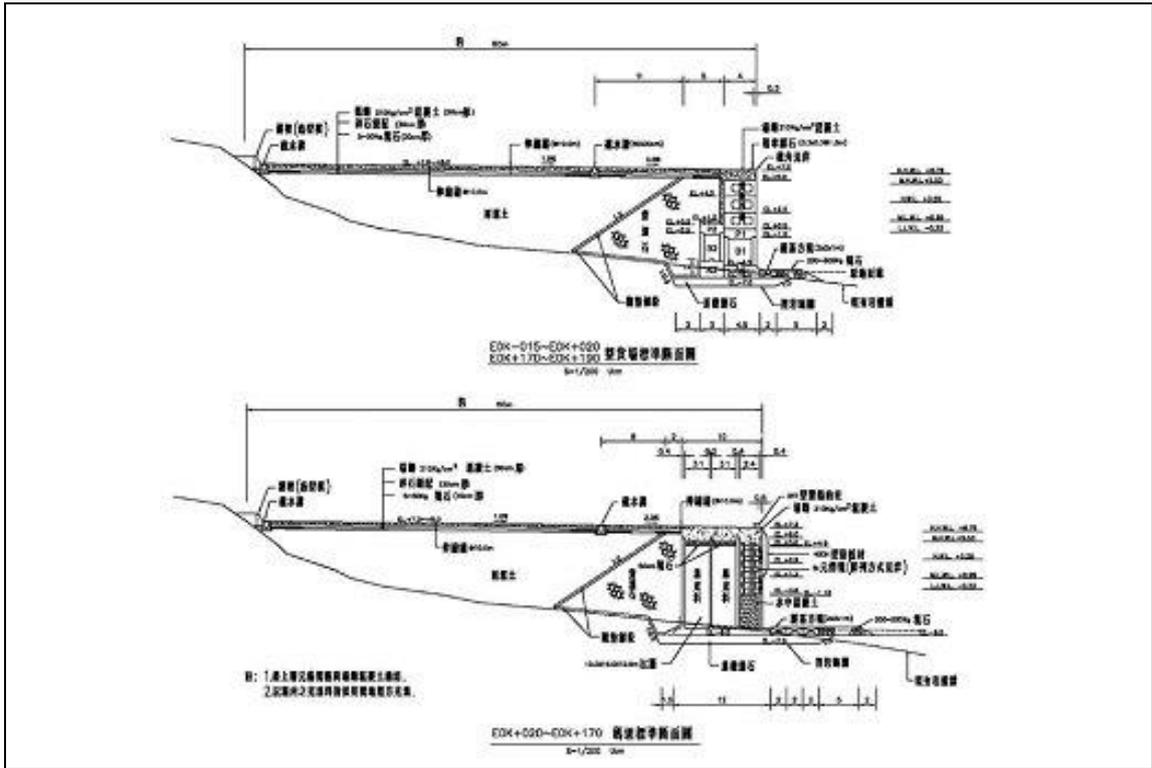


圖 4.18 白沙碼頭區南碼頭標準斷面圖

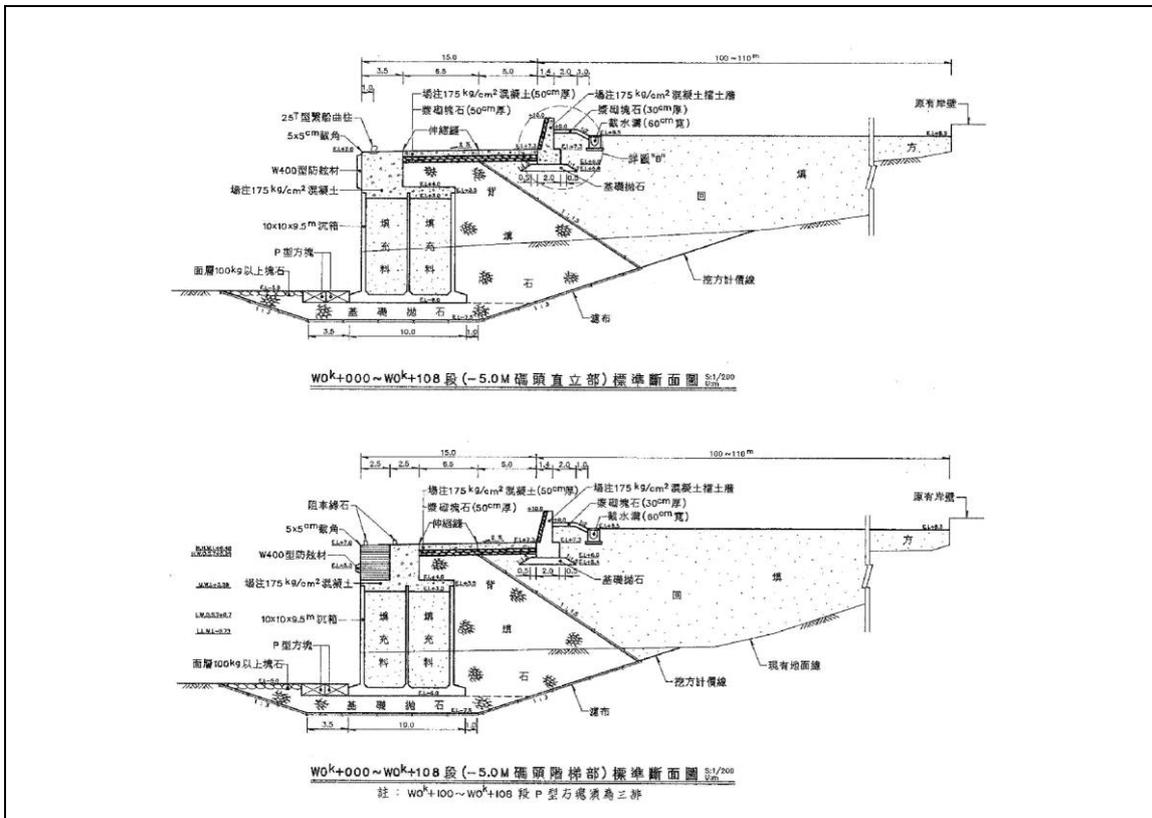


圖 4.19 白沙碼頭區北碼頭標準斷面圖

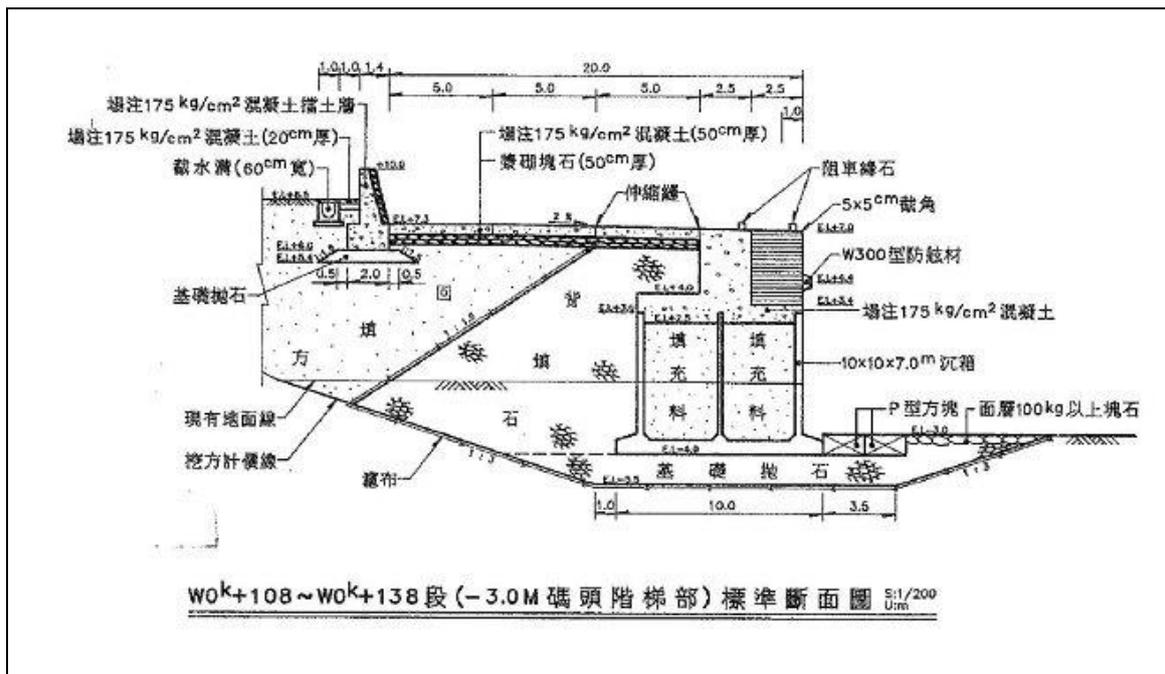


圖 4.20 白沙碼頭區淺水碼頭標準斷面圖

圖 4.21 為白沙碼頭區民國 105 年 8 月調查時港區構造物現況，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 4.3 中。





圖 4.21 白沙碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

4.1.3 青帆碼頭區

本碼頭區位於西莒棋盤山西側海岸，如圖 4.22 所示。港域面積約 14.51 公頃，包括水域面積 12.33 公頃及陸域面積 2.18 公頃。港池主要由南防波堤及內堤所圍出之兩個水域所構成，南防波堤內側(北側)兼碼頭使用，內堤(北側)亦兼碼頭使用。

碼頭區平面配置如圖 4.23 所示，主要港埠設施如下：

- (1)南防波堤：150m 長防波堤，堤線方向為東西向，主要阻擋南來之波浪。
- (2)內堤：位於南防波堤北側，內側亦兼碼頭，長度為 90m。
- (3)碼頭：包含南防波堤兼碼頭與內堤兼碼頭，詳如表 4-3 所示，其標準斷面圖分別如圖 4.24、圖 4.25 所示。



圖 4.22 青帆碼頭區位置圖



圖 4.23 青帆碼頭區平面圖

表 4-3 青帆碼頭區碼頭基本資料

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

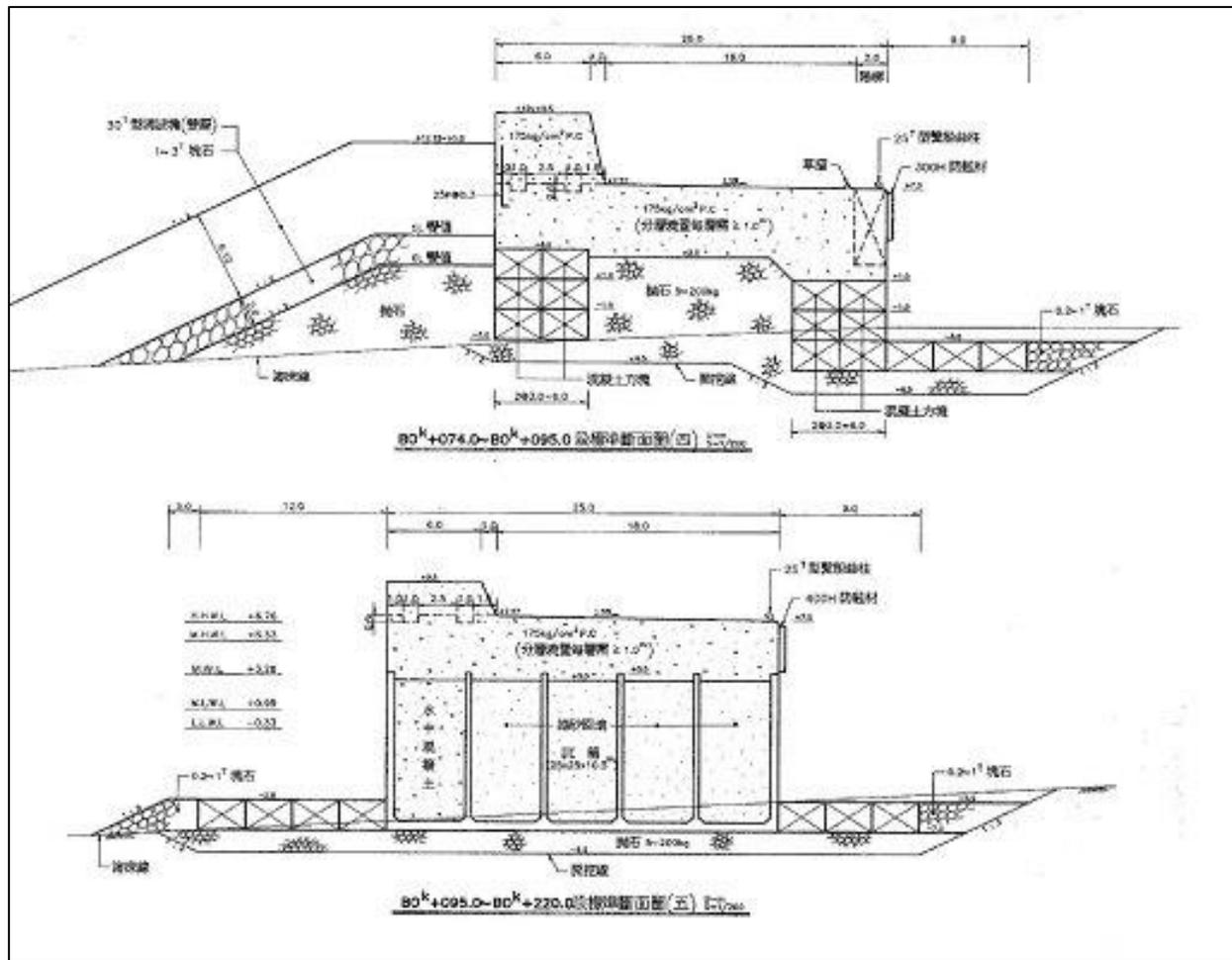


圖 4.24 青帆碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖

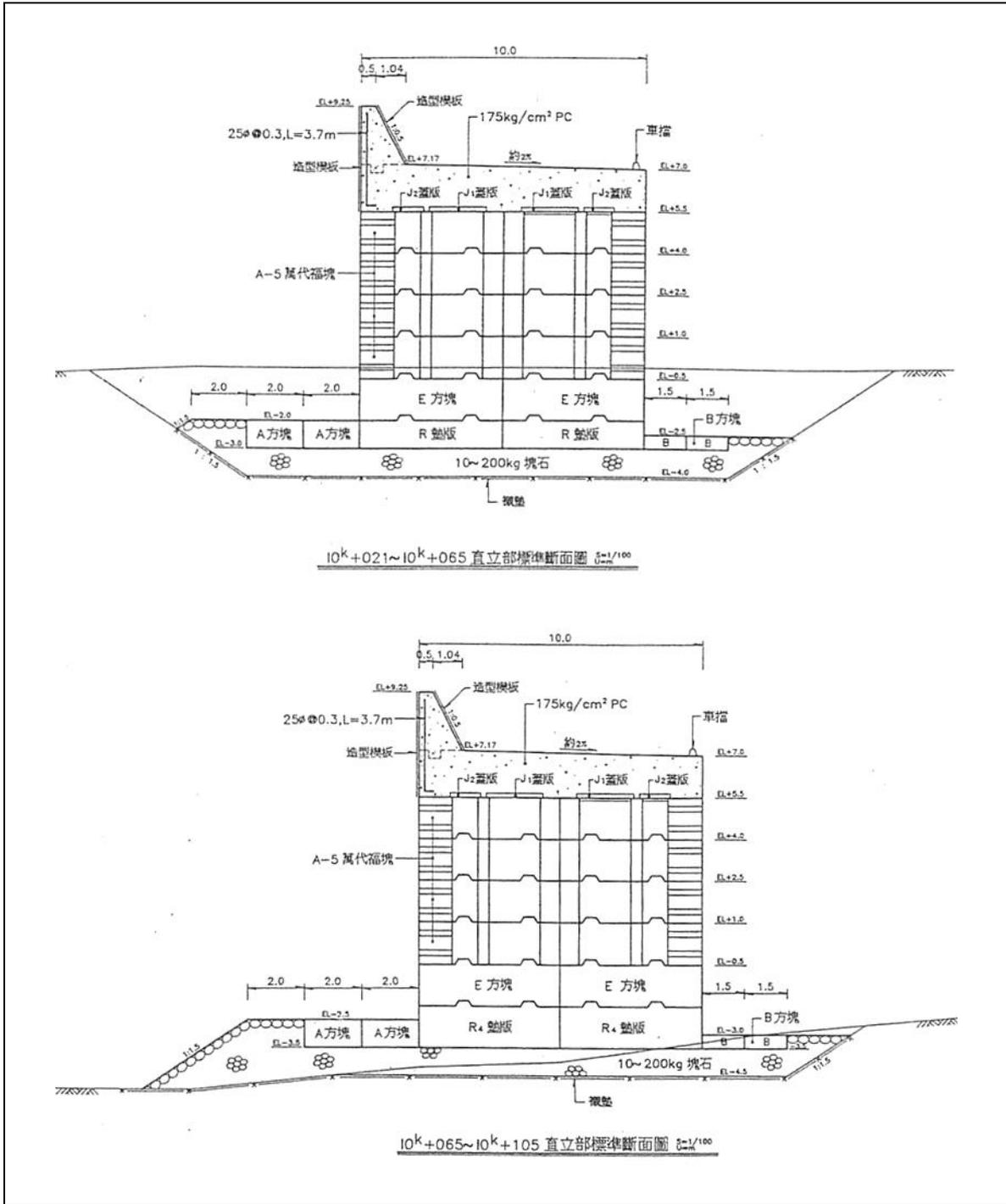


圖 4.25 青帆碼頭區內堤兼碼頭標準斷面圖

圖 4.26 為青帆碼頭區民國 105 年 8 月調查時港區構造物現況，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 4.3 中。



圖 4.26 青帆碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

4.1.4 猛澳碼頭區

本碼頭區位於位於莒光鄉東莒村猛澳西側海岸，如圖 4.27 所示。港域面積約 14.8 公頃，包括水域面積 13.73 公頃及陸域面積 1.07 公頃。主要利用突岬地形興建防波堤構成，供貨輪及交通使用，由於受季節波浪影響，往來之船舶冬天靠泊於防波堤南側，夏天靠泊於防波堤北側，以避風浪。

碼頭區平面配置如圖 4.28 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 4-4 所示，南防波堤兼碼頭之標準斷面圖，如圖 4.29 所示。



圖 4.27 猛澳碼頭區位置圖

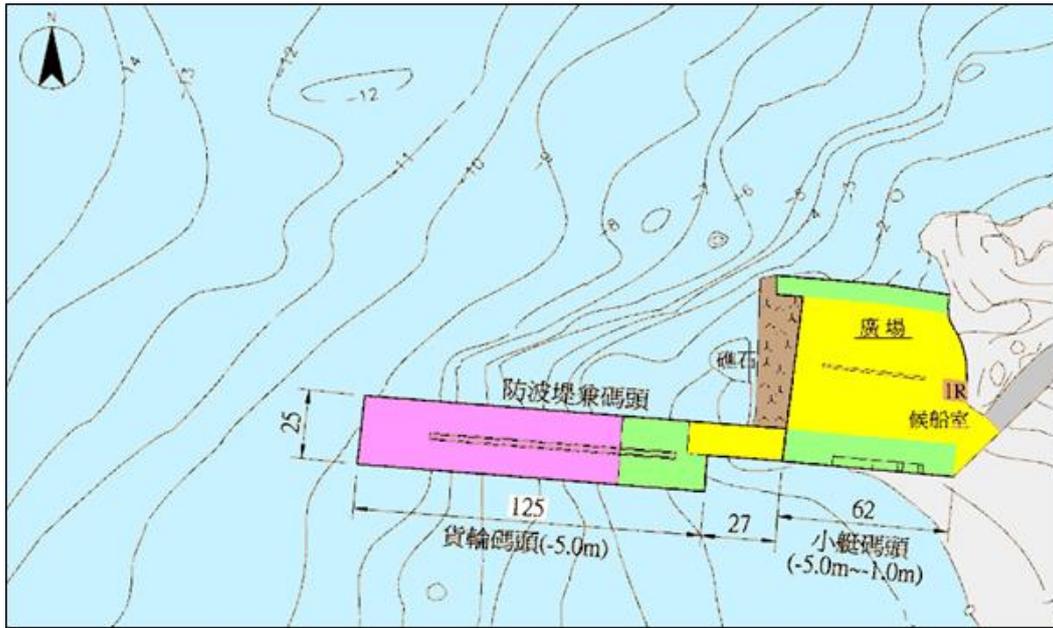


圖 4.28 猛澳碼頭區平面圖

表 4-4 猛澳碼頭區碼頭基本資料

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

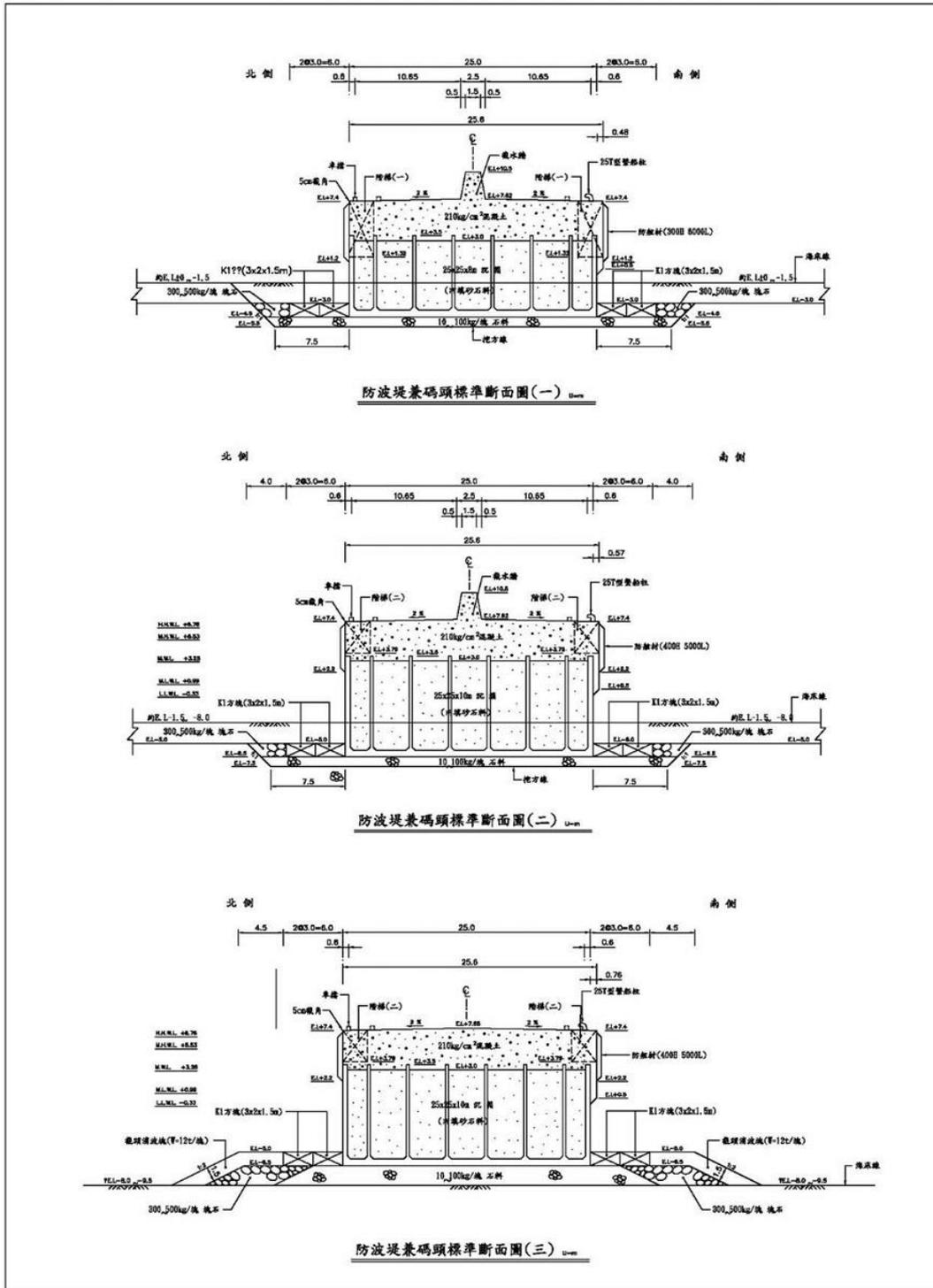


圖 4.29 猛澳碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖

圖 4.30 為猛澳碼頭區民國 105 年 8 月調查時港區構造物現況，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 4.3 中。



圖 4.30 猛澳碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

4.1.5 中柱碼頭區

本碼頭區位於連江縣政經中心之南竿島北側福澳灣，如圖 4.31 所示。港區範圍可區分為南防波堤兼碼頭、突堤碼頭、西突堤碼頭與小船碼頭。南防波堤前段內側(北側)由於水域寬廣，加上水深在-7m以上，故作為碼頭供大型客貨輪如臺馬輪、合富輪等靠泊。另為提供小船避風設施，保障小型船舶停泊安全，漁港區北側為長 120m 之西突堤，可圍出突堤碼頭、西突堤碼頭與小船碼頭。

碼頭區平面配置如圖 4.32 所示，主要港埠設施如下：

- (1) 拋石式防波堤，總長 164m。
- (2) 防波堤東端內側兼碼頭，升降臺 30m 長，及 116m 長-7.0m 深碼頭。
- (3) 碼頭：包含南防波堤兼碼頭、突堤碼頭、西突堤碼頭與小船碼頭，詳如表 4-5 所示，其標準斷面圖如分別如圖 4.33 至圖 4.37 所示。



圖 4.31 中柱碼頭區位置圖

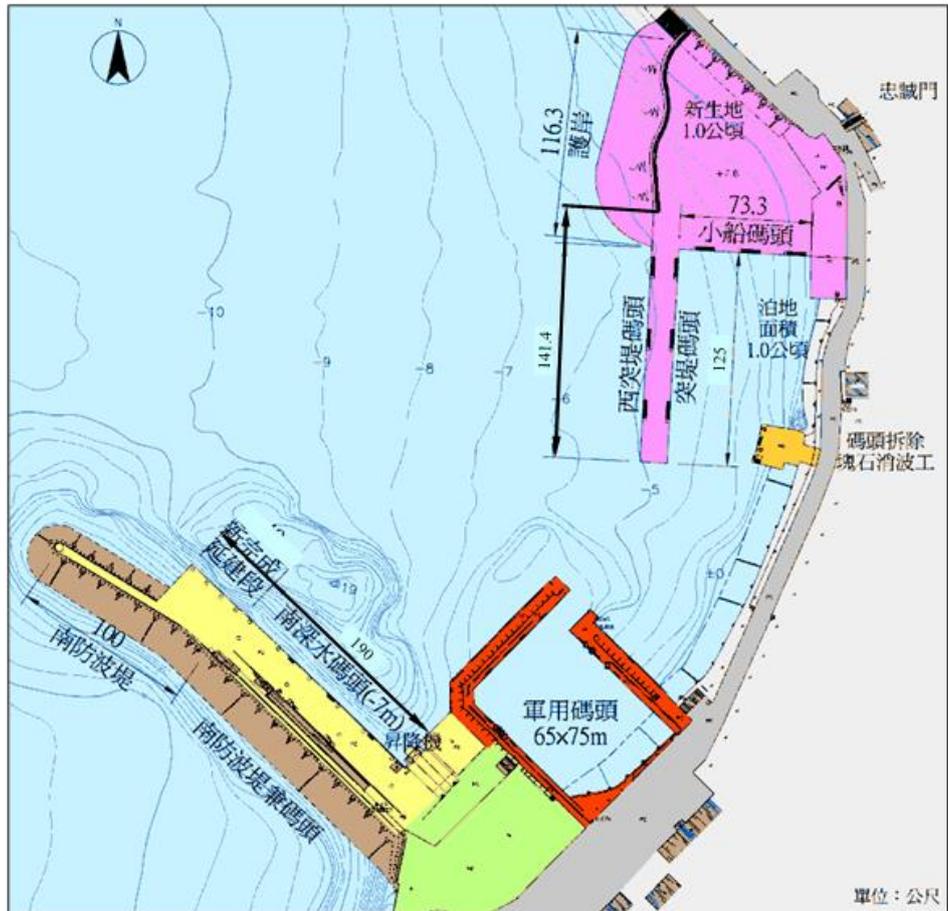


圖 4.32 中柱碼頭區平面圖

表 4-5 中柱碼頭區碼頭基本資料

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

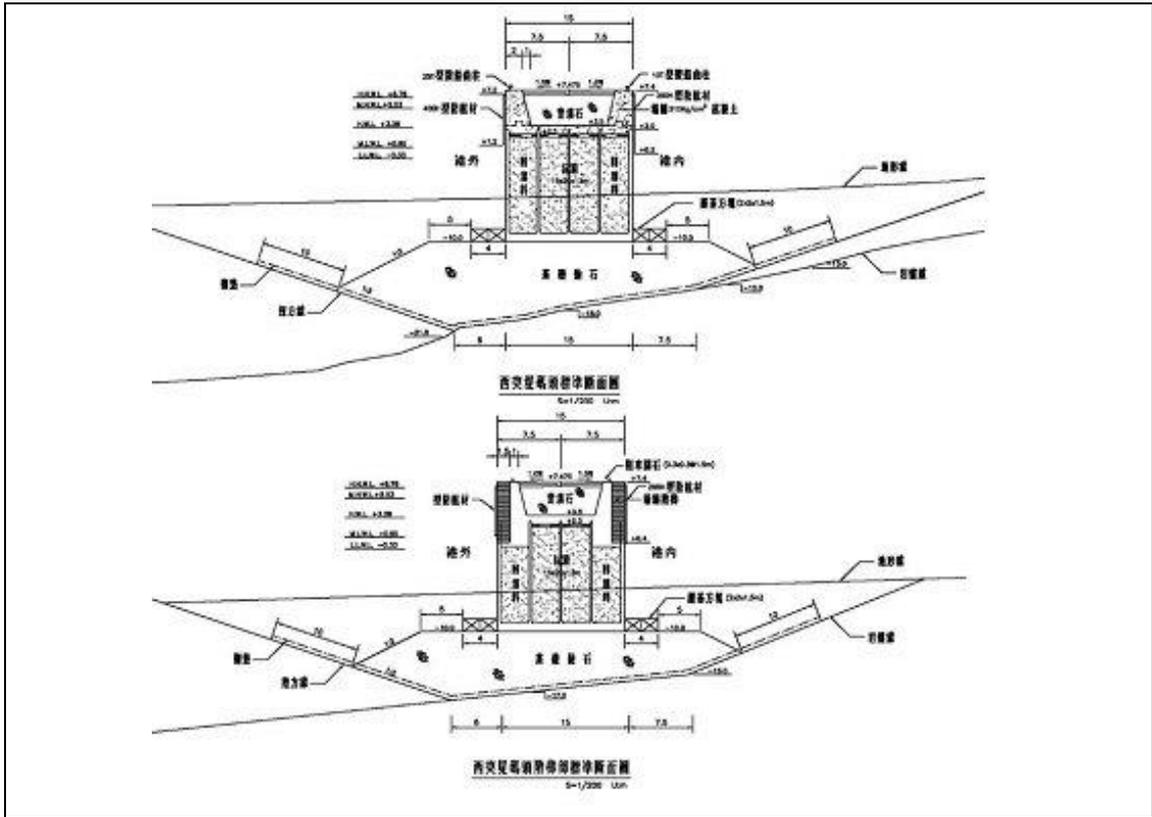


圖 4.33 中柱碼頭區西突堤碼頭標準斷面圖

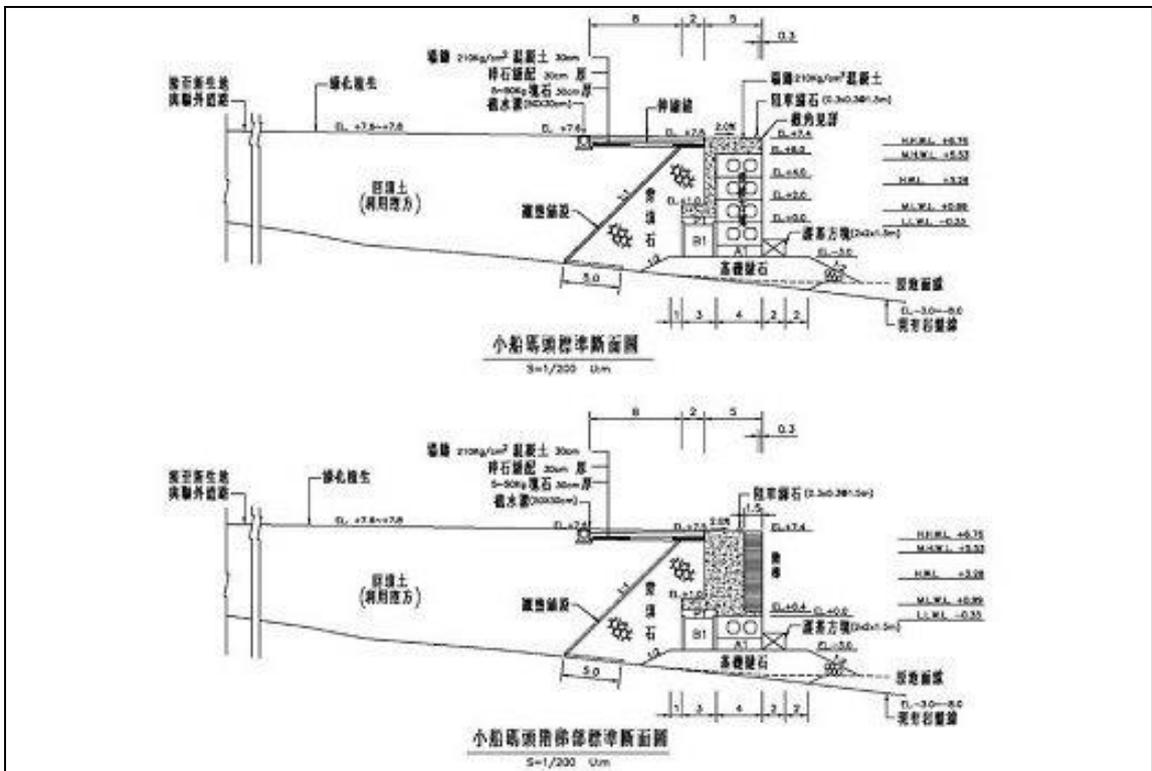


圖 4.34 中柱碼頭區小船碼頭標準斷面圖

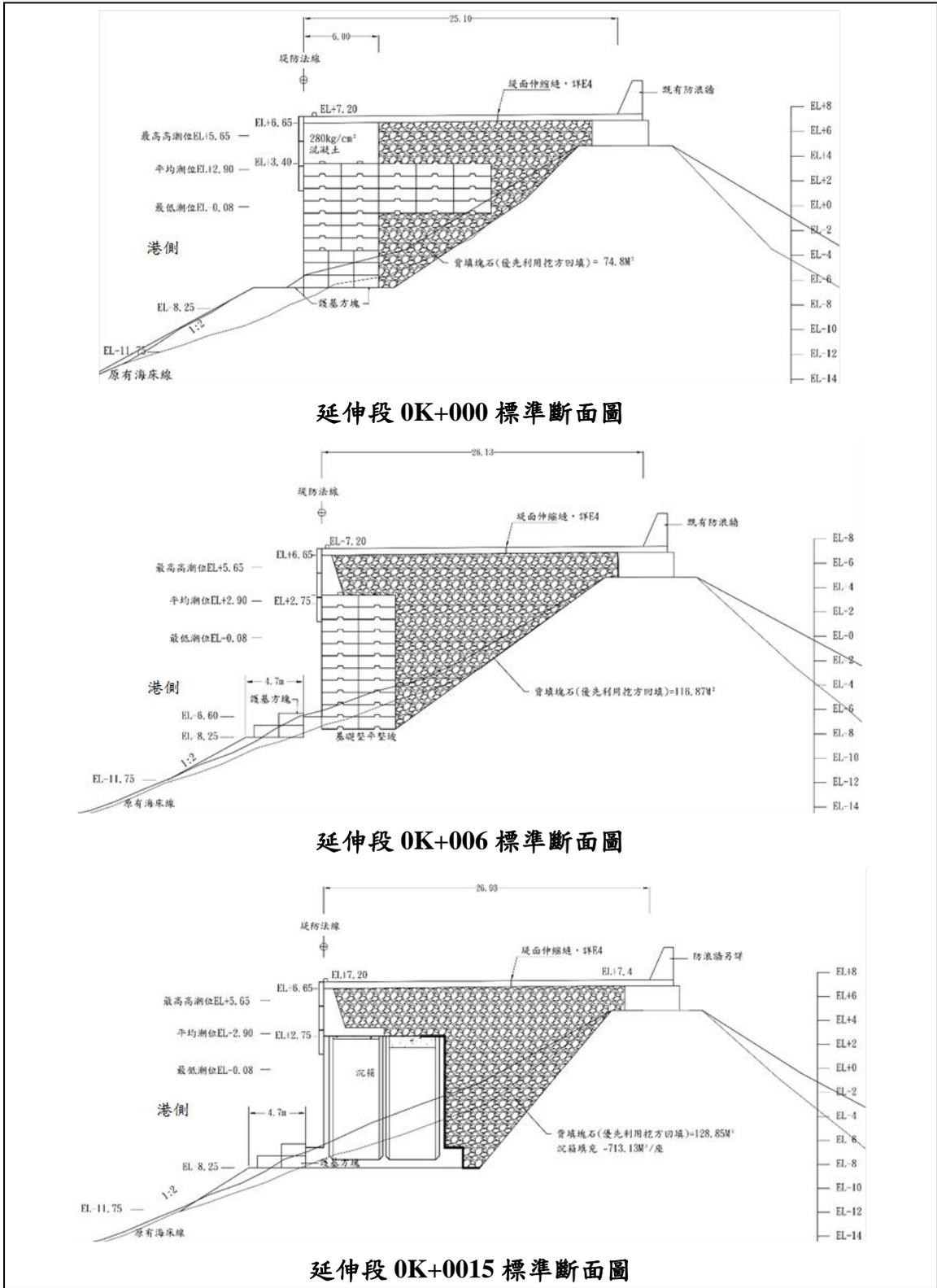
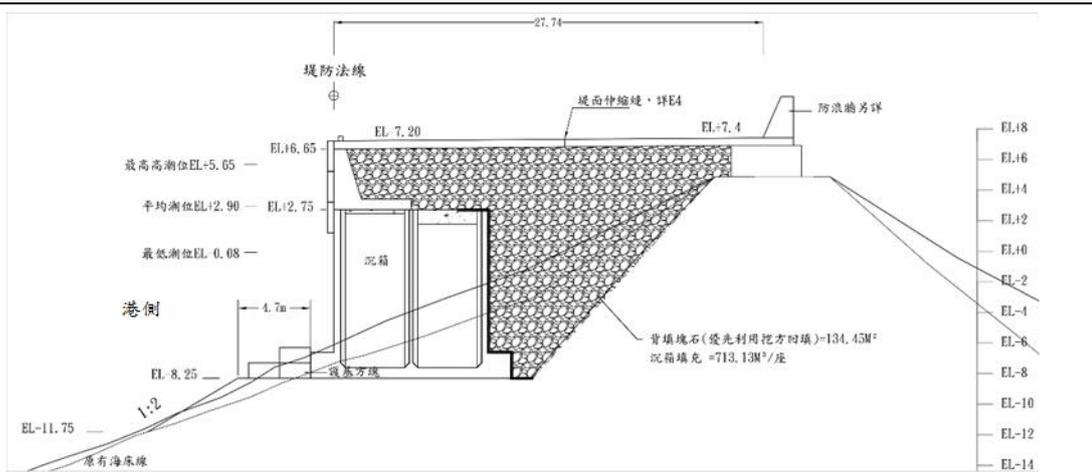
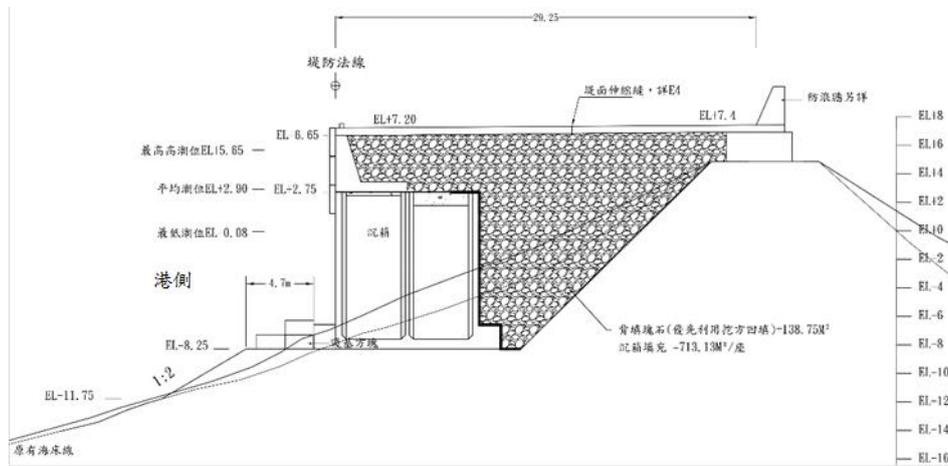


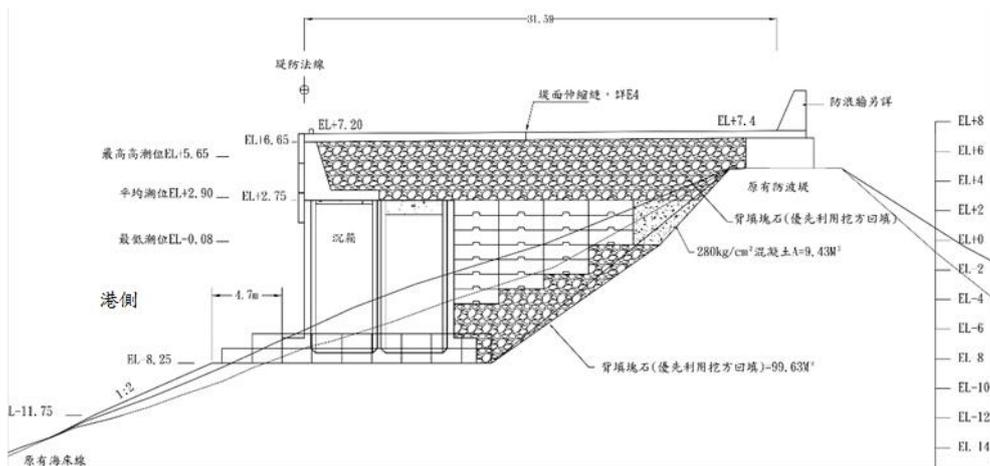
圖 4.35 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖



延伸段 0K+0024 標準斷面圖



延伸段 0K+0033 標準斷面圖



延伸段 0K+0042 標準斷面圖

圖 4.36 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖(續 1)

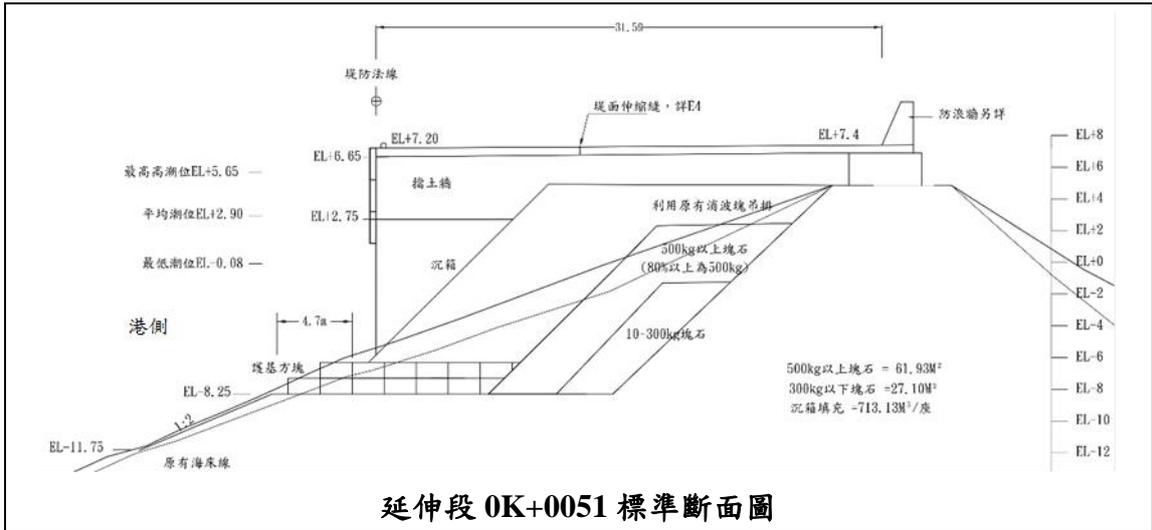


圖 4.37 中柱碼頭區南防波堤兼碼頭標準斷面圖(續 2)

圖 4.38 為中柱碼頭區民國 105 年 8 月調查時港區構造物現況，岸上目視之經常巡查結果，將另述於章節 4.3 中。





圖 4.38 中柱碼頭區碼頭及防波堤現況(105.08)

4.2 浮動碼頭基本資料

馬祖港共有 3 座浮動碼頭，包含福澳碼頭區 2 座、白沙碼頭區 1 座。福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭分別提供馬祖地區島際交通及與大陸小三通使用；白沙碼頭區浮動碼頭則兼具上述兩項用途。兩碼頭區之浮動碼頭基本資料示如表 4-6，圖 4.39 至圖 4.47 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 μ m 之 coal tar epoxy 保護之。

表 4-6 福澳與白沙碼頭區浮動碼頭資本資料

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

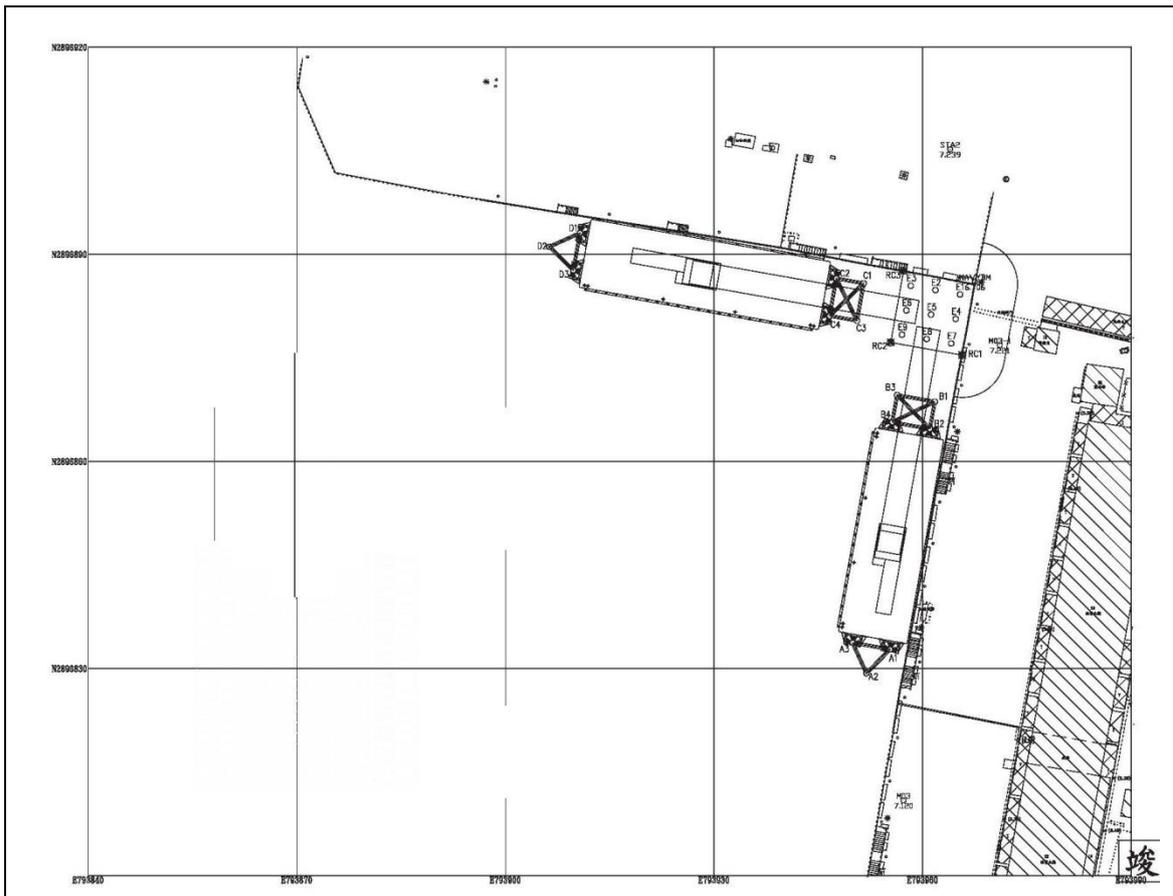


圖 4.39 福澳碼頭區浮動碼頭位置圖

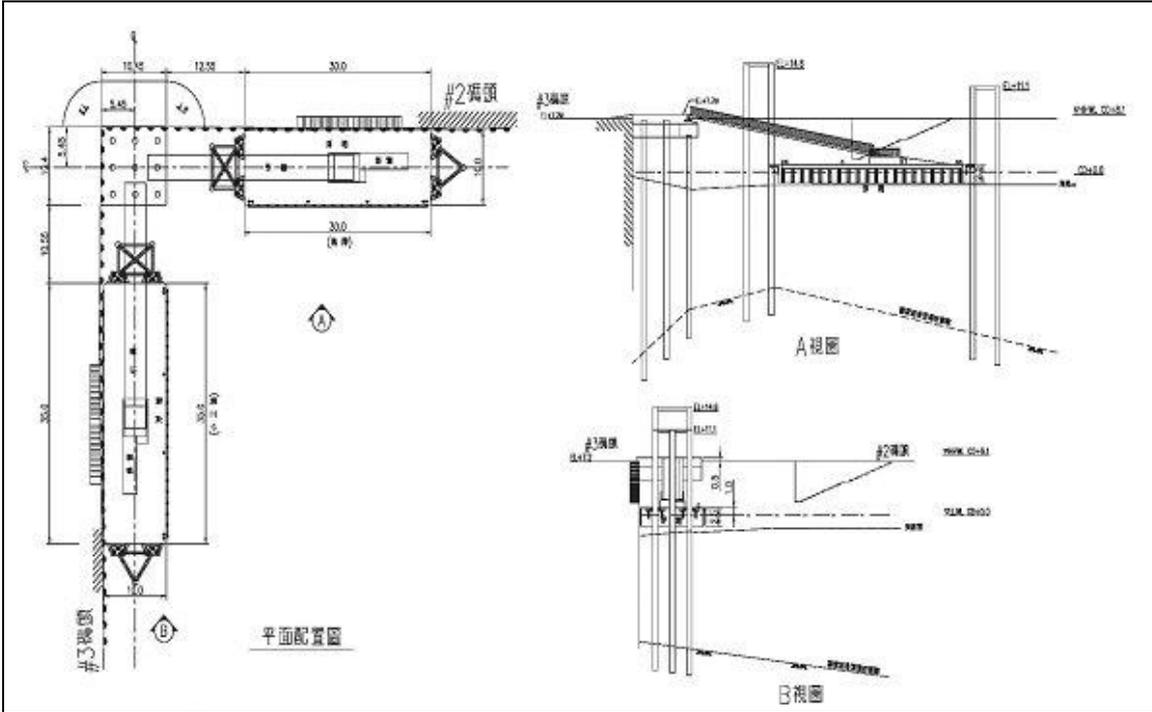


圖 4.40 福澳碼頭區浮動碼頭平面配置與側視圖

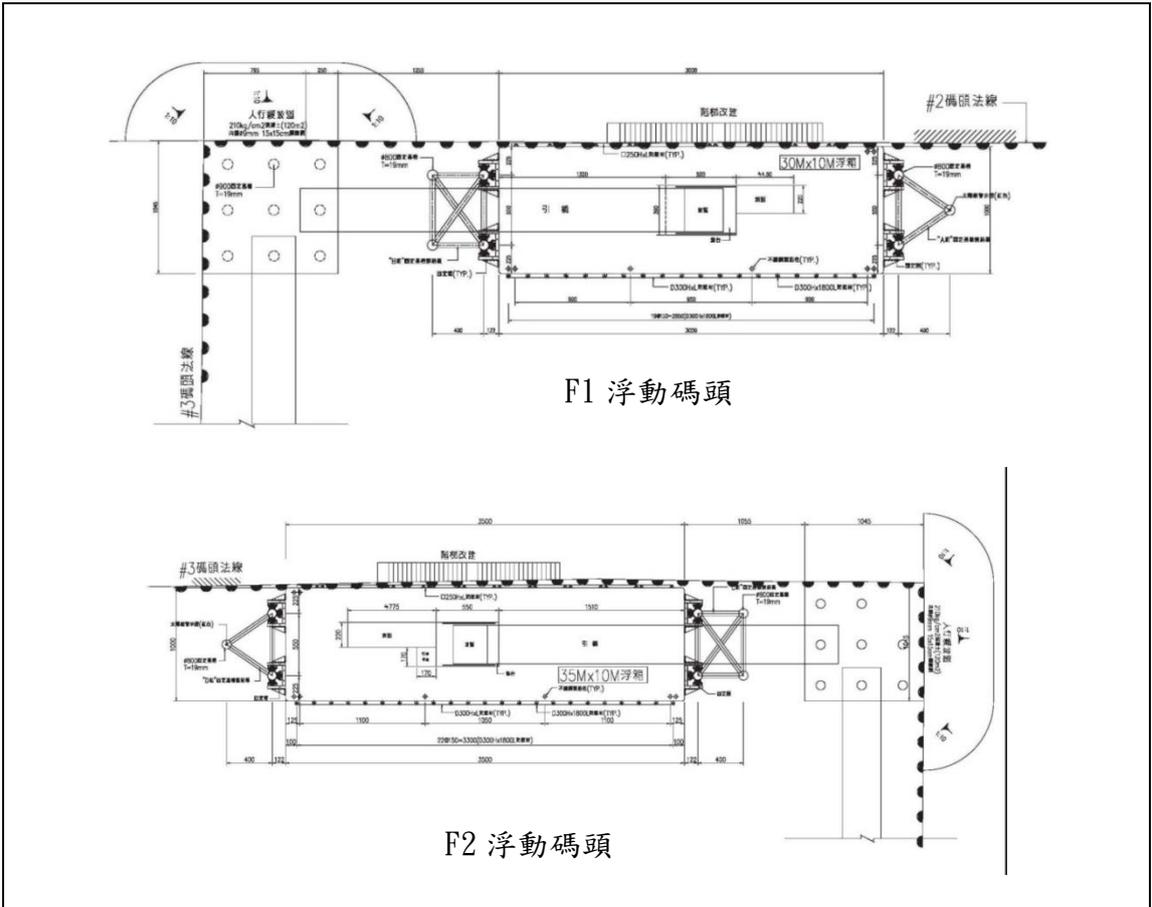


圖 4.41 福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭配置詳圖

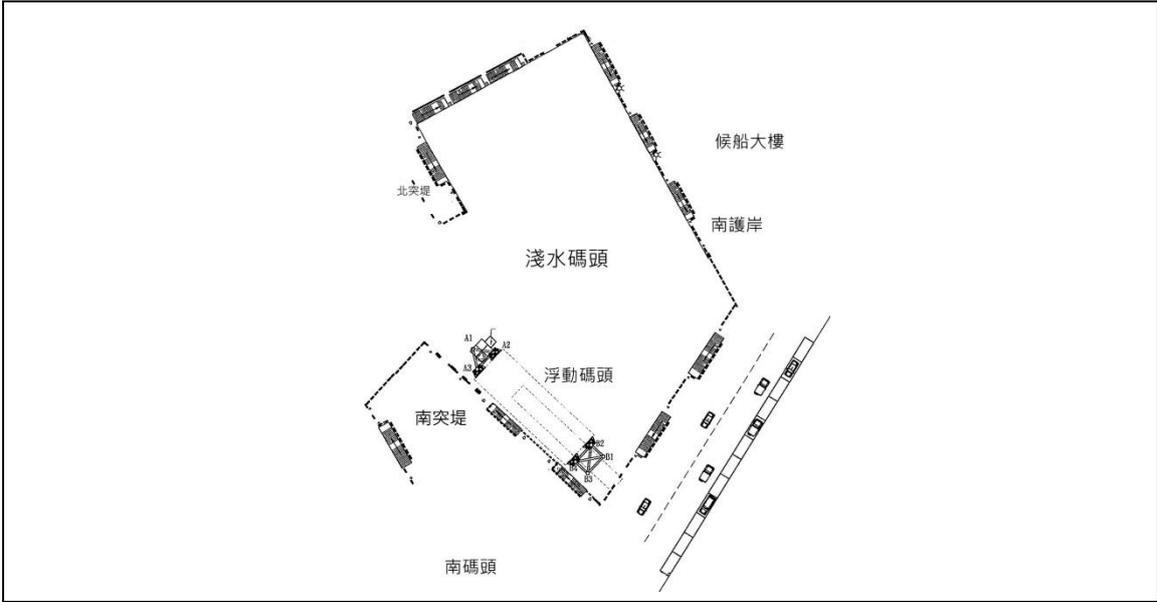


圖 4.42 白沙碼頭區浮動碼頭位置圖

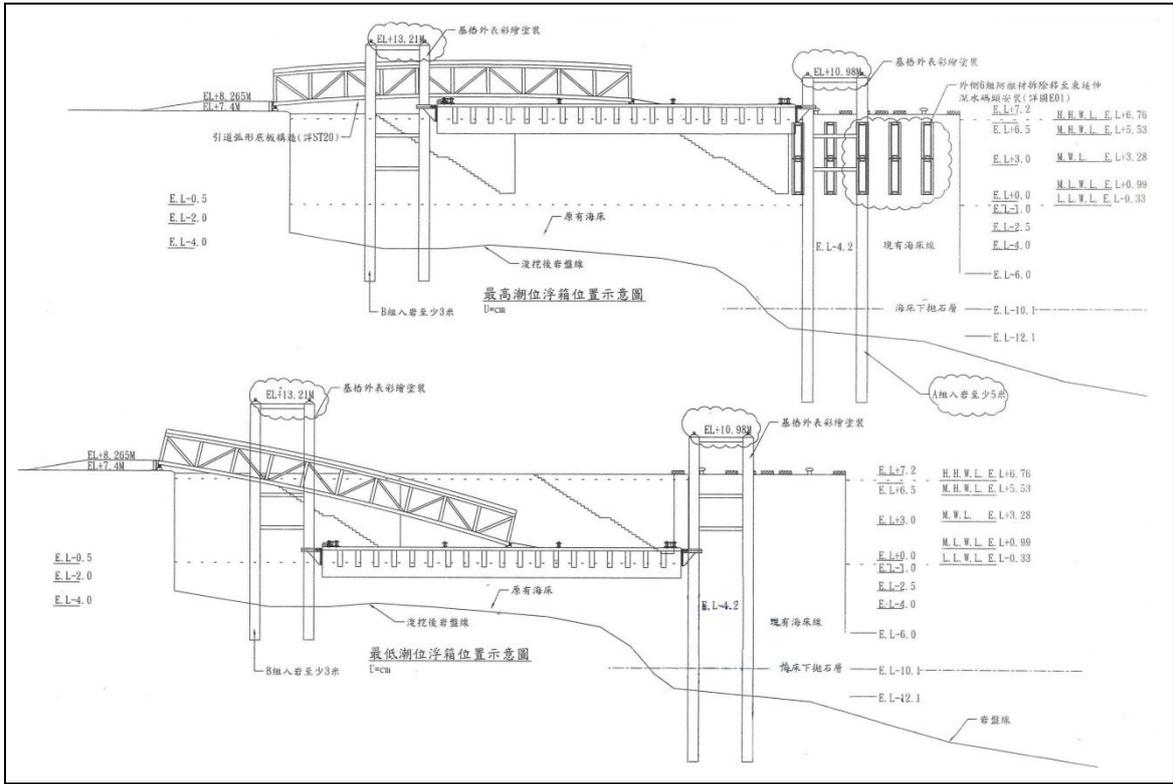


圖 4.43 白沙碼頭區浮動碼頭立面圖

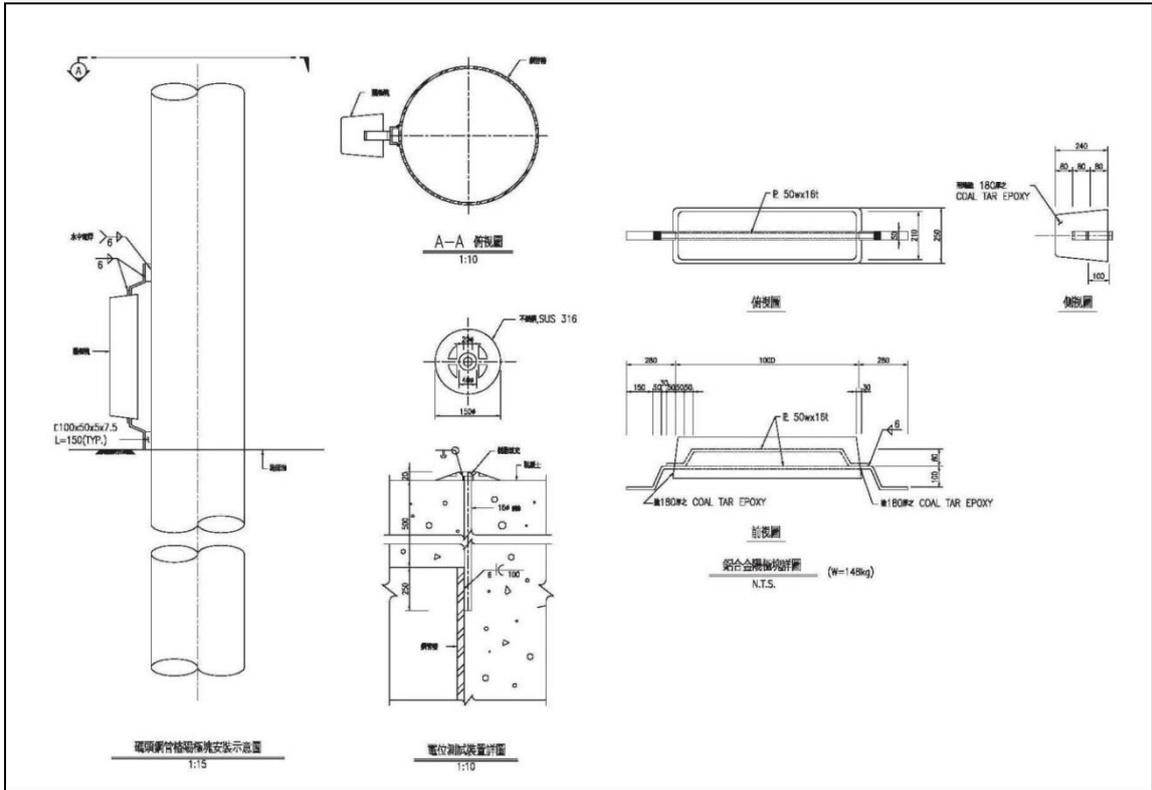


圖 4.44 馬祖港浮動碼頭基樁與陽極塊安裝詳圖

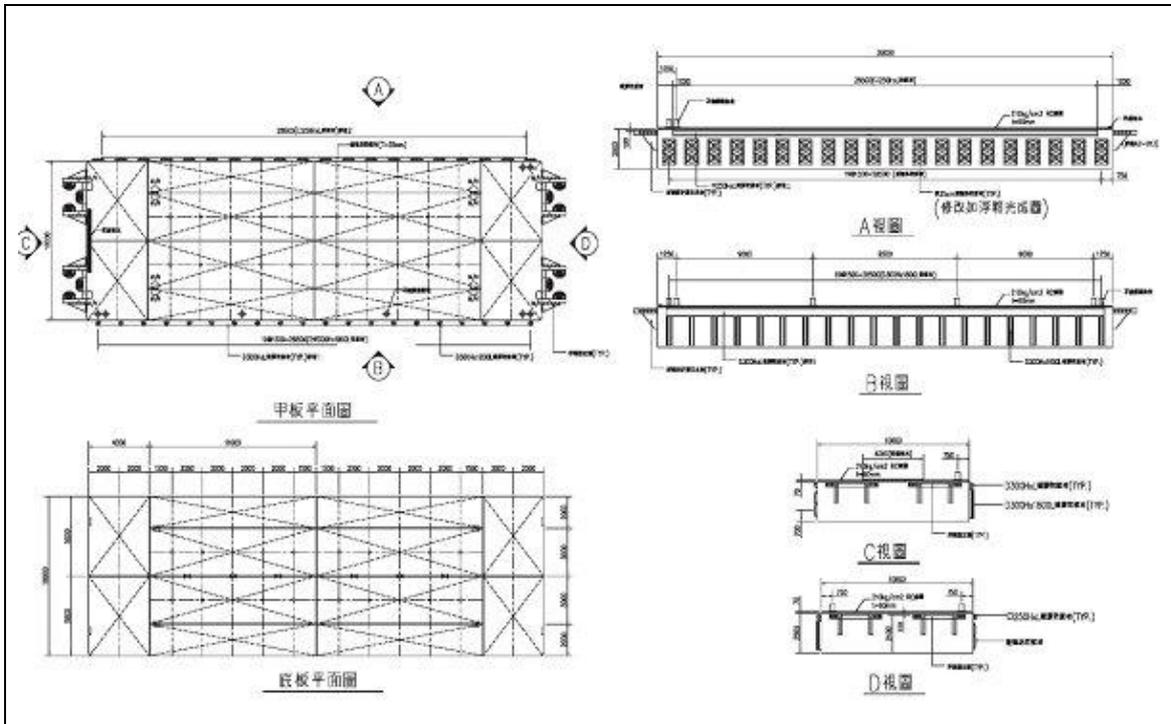


圖 4.45 馬祖港浮動碼頭浮箱詳圖(以福澳碼頭區 F1 為例)

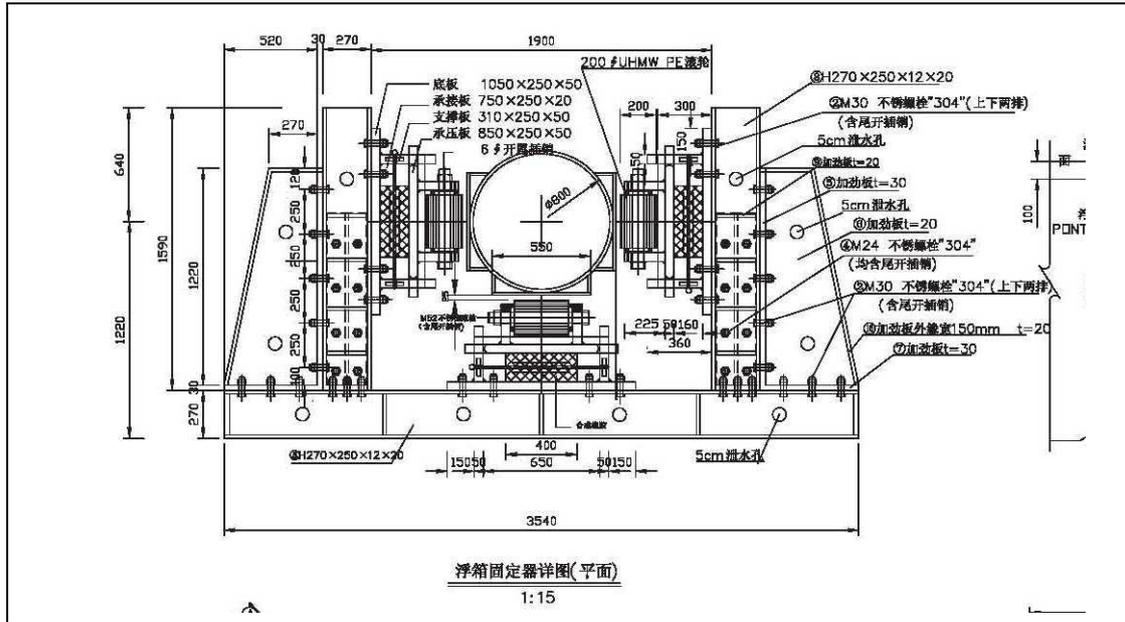


圖 4.46 馬祖港浮動碼頭浮箱固定器詳圖

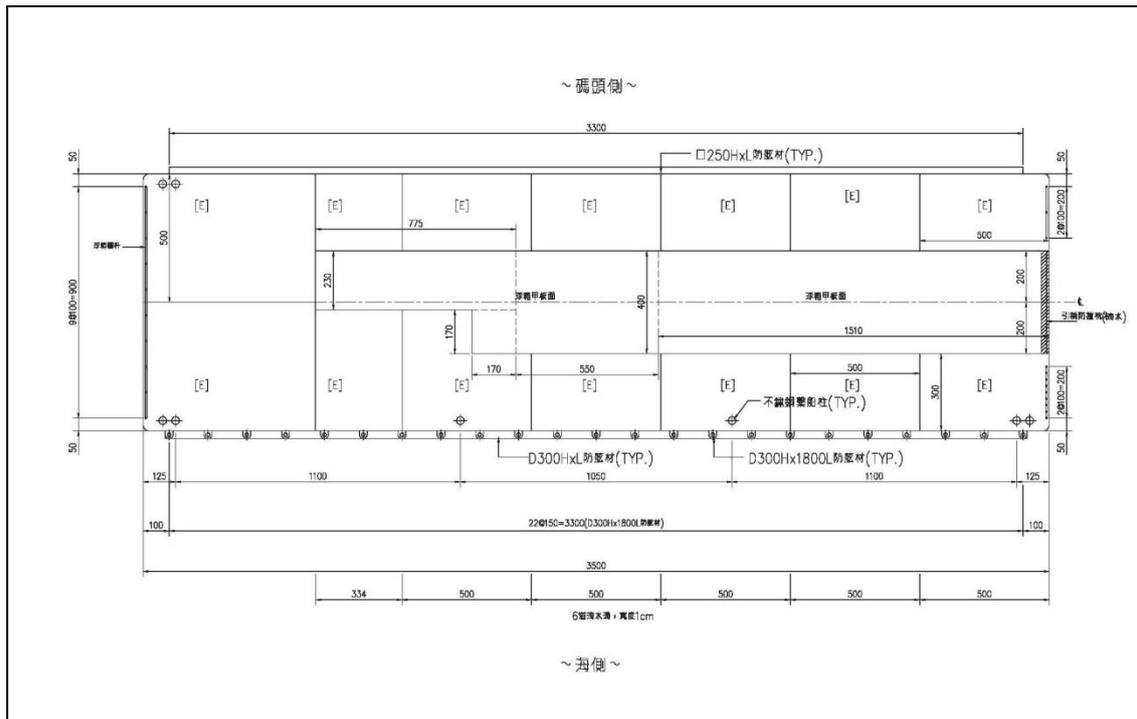


圖 4.47 馬祖港浮動碼頭浮箱附屬設施詳圖(以福澳碼頭區 F1 為例)

4.3 碼頭與防波堤經常巡查

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

1. 福澳碼頭區：

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

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

② 白沙碼頭區：

碼頭主要構件劣化部分為淺水碼頭之岸肩裂縫剝落。

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

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

③ 青帆碼頭區：

碼頭主要構件劣化部分於各碼頭岸肩皆可見裂縫之劣化，建議持續觀察。

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

④ 猛澳碼頭區：

碼頭主要構件劣化部分於各碼頭岸肩皆可見裂縫之劣化，建議持續觀察。

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

⑤ 中柱碼頭區：

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

附屬設施部分，可見防舷材、車擋劣化，建議劣化狀況為 a 者進行修復或置換。

表 4-7 馬祖港五碼頭區經常巡查結果

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

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
碼頭區		B03	繫船柱	腐蝕龜裂	a	1	個	2nd
		B03	防舷材	龜裂破損	a	1	個	2nd
		B04	車擋	龜裂破損	a	1	個	2nd
		B04	繫船柱	腐蝕龜裂	a	1	個	2nd
		B05	車擋	龜裂破損	c	1	個	14th
		B06	繫船柱	腐蝕龜裂	a	1	個	2nd
		B06	防舷材	龜裂破損	a	1	個	1st
		B06	車擋	龜裂破損	a	1	個	1st
	淺水碼頭	B01	岸肩	裂縫	c	22.6	m	X=3m Y=5m
		B06	防舷材	龜裂破損	a	1	個	1st
		B10	車擋	龜裂破損	a	2	個	6th~7th
		B12	防舷材	龜裂破損	a	1	個	5th
		B12	防舷材	龜裂破損	a	1	個	7th
		B13	防舷材	龜裂破損	a	1	個	1st
	北碼頭	B01	防舷材	龜裂破損	c	1	個	3st
		B01	車擋	龜裂破損	c	3	個	7th~9th
		B01	防舷材	龜裂破損	b	1	個	4st
		B02	車擋	龜裂破損	c	2	個	1st~2nd
	南防波堤	B01	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=22.8m Y=2.6m
		B03	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=12m Y=2.6m
		B03	堤頂	接縫位移	b	5.3	m	X=3.2m Y=2.6m
		B04	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=2.7m Y=2.6m
		B04	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=22.7m Y=2.6m
		B04	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=2.6m Y=2.6m
		B05	堤頂	裂縫	b	5.3	m	X=4.2m Y=2.6m
	北防波堤	B04	堤頂	接縫位移	a	25	m	X=0m Y=5.4m

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	
		B05	堤頂	接縫位移	a	14.8	m	X=0m Y=5.4m	
青帆碼頭區	內堤兼碼頭	B02	岸肩	裂縫	c	14.5	m	X=16.7m Y=3.8m	
		B03	岸肩	裂縫	c	4.3	m	X=14.8m Y=1.7m	
		B03	車擋	龜裂破損	b	1	個	3rd	
		B04	車擋	龜裂破損	b	1	個	1st	
	南防波堤兼碼頭	B01	岸肩	裂縫	c	30	m	X=11.3m Y=7.7m	
		B02	岸肩	裂縫	c	40	m	X=7.6m Y=6.7m	
		B03	岸肩	裂縫	c	41.7	m	X=13.8m Y=7.8m	
		B04	岸肩	裂縫	c	62	m	X=4.6m Y=5.7m	
		B04	車擋	龜裂破損	b	1	個	1st	
		B05	岸肩	裂縫	c	16.4	m	X=6.1m Y=5.3m	
		B05	車擋	龜裂破損	a	2	個	2nd, 3rd	
		B06	車擋	龜裂破損	a	1	個	1st	
	猛澳碼頭區	小艇碼頭	B01	岸肩	剝落	c	10	m ²	X=18.5m Y=3m
			B01	車擋	龜裂破損	a	1	個	1st
B02			岸肩	裂縫	b	10	m	X=22m Y=10m	
B02			防舷材	龜裂破損	b	1	個	1st	
B03			岸肩	裂縫	b	6.6	m	X=1m Y=6.4m	
南防波堤兼碼頭(南側)		B01	岸肩	裂縫	c	20	m	X=5m Y=5m	
		B02	岸肩	裂縫	c	15.2	m	X=21m Y=1m	
		B02	車擋	龜裂破損	a	1	個	2nd	
		B03	岸肩	裂縫	c	4.6	m	X=0m Y=6m	
		B04	岸肩	裂縫	c	11.8	m	X=6.1m Y=3.1m	
		B04	車擋	龜裂破損	a	1	個	4th	
		B05	岸肩	裂縫	b	13.2	m	X=18.2m	

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
中柱碼頭區	南防波堤兼碼頭(北側)							Y=6m
		B05	岸肩	裂縫	b	15	m	X=0m Y=6m
		B05	車檔	龜裂破損	a	2	個	1st, 2nd
	南防波堤兼碼頭	B01	岸肩	裂縫	c	20.0	m	X=7m Y=6m
		B01	車檔	龜裂破損	a	1	個	3rd
		B02	岸肩	裂縫	c	22.0	m	X=10m Y=6m
		B03	岸肩	裂縫	c	20.0	m	X=8m Y=6m
		B03	車檔	龜裂破損	a	1	個	5th
		B04	岸肩	裂縫	c	22.0	m	X=8m Y=6m
		B04	車檔	龜裂破損	a	1	個	4th
		B05	岸肩	裂縫	c	21.0	m	X=24m Y=4m
小船碼頭	南防波堤兼碼頭	B01	岸肩	裂縫	c	25.0	m	X=8m Y=6m
		B02	岸肩	裂縫	c	41.0	m	X=12.5m Y=6.6m
		B03	岸肩	剝落	c	3.0	m ²	X=7.4m Y=0m
		B03	岸肩	裂縫	c	47.0	m	X=12.5m Y=5m
		B04	岸肩	剝落	b	0.8	m ²	X=5m Y=0m
		B04	岸肩	裂縫	c	44.0	m	X=12.5m Y=5m
		B05	車檔	龜裂破損	a	3	個	1st~3rd
		B05	岸肩	裂縫	c	31.0	m	X=0.5m Y=0m
		B06	岸肩	裂縫	c	6.5	m	X=19.2m Y=6.5m
		B06	岸肩	裂縫	c	10.0	m	X=11.1m Y=6.5m
		B07	岸肩	裂縫	c	10.0	m	X=5m Y=9.4m
	小船碼頭	B01	岸肩	裂縫	c	3.3	m	X=22.8m Y=2.5m
B02		岸肩	裂縫	c	3	m	X=24.1m Y=2.5m	

港區名稱	碼頭編號	單元編號	構件	劣化類型	劣化等級	劣化數量	劣化單位	劣化位置
	突堤碼頭	B03	岸肩	裂縫	c	3.0	m	X=3m Y=2.5m
		B02	岸肩	裂縫	c	6.0	m	X=7.4m Y=3m
		B04	防舷材	龜裂破損	a	1	個	8th
	西突堤碼頭	B03	防舷材	龜裂破損	c	1	個	2nd
		B04	岸肩	裂縫	c	10.2	m	X=9.7m Y=6m
		B04	岸肩	裂縫	c	12.0	m	X=10.4m Y=6m

4.4 基樁與浮箱鋼材現況調查

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

4.4.1 基樁與浮箱保護電位檢測

1. 福澳碼頭區浮動碼頭基樁保護電位檢測

本碼頭區共有 F1 及 F2 等 2 座浮動碼頭及 E 區基樁，基樁保護電量測結果如表 4-8 所示，F1 區界於 -968 ~ -830 mV 之間；F2 區界於 -929 ~ -907mV 之間；E2 區則為 -960 ~ -899mV。

浮箱保護電量測結果如表 4-9 所示，F1 區界於 -982 ~ -766 mV 之間，F2 區界於 -1000 ~ -883mV 之間。

S2 碼頭量測結果如表 4-10 所示，基樁保護電位界於-936 ~ -903 mV 之間。

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

表 4-8 福澳碼頭區浮動碼頭基樁保護電位檢測結果

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

表 4-9 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱保護電位檢測結果

檢測位置	編號	水深 (m)			檢測位置	編號	水深 (m)		
		-0.5	-1.0	-2.0			-1.0	-4.0	-7.0
F1 區 浮箱	1	-915	-916	-928	F2 區 浮箱	1	-965	-966	-967
	2	-982	-911	-925		2	-969	-971	-963
	3	-926	-923	-913		3	-962	-966	-968
	4	-940	-938	-913		4	-883	-913	-929
	5	-929	-932	-933		5	-971	-963	-973
	6	-927	-929	-934		6	-932	-910	-891
	7	-912	-866	-898		7	-975	-980	-977
	8	-938	-934	-859		8	-981	-988	-977
	9	-920	-927	-932		9	-977	-974	-977
	10	-940	-939	-937		10	-911	-921	-908

	11	-931	-933	-940		11	-995	-992	-996
	12	-780	-766	-788		12	-996	-997	-998
	13	-892	-861	-872		13	-999	-1000	-998
	14	-785	-799	-788		14	-985	-986	-987
	15	-784	-826	-889		15	-984	-984	-985
	16	-812	-824	-899		16	-974	-976	-973
	17	-788	-830	-894		17	-976	-975	-976
	18	-789	-804	-866		18	-961	-965	-966
	19	-939	-938	-931		19	-905	-925	-934
	20	-941	-882	-869		20	-911	-912	-908

表 4-10 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁保護電位檢測結果

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

	14_3	-918	-916	-919		26_3	-910	-920	-908
	15_1	-906	-905	-906		27_1	-904	-916	-908
	15_2	-912	-909	-913		27_2	-907	-916	-914
	15_3	-910	-920	-908		27_3	-904	-912	-918
	16_1	-904	-916	-908		28_1	-915	-910	-914
	16_2	-907	-916	-914		28_2	-913	-914	-920
	16_3	-904	-912	-918		28_3	-923	-910	-915
	17_1	-915	-910	-914		29_1	-910	-903	-912
	17_2	-913	-914	-920		29_2	-930	-932	-936
	17_3	-923	-910	-915		29_3	-918	-916	-919
	18_1	-910	-903	-912		30_1	-906	-905	-906
	18_2	-930	-932	-936		30_2	-912	-909	-913
	18_3	-918	-916	-919		30_3	-910	-920	-908

2. 白沙碼頭區浮動碼頭基樁保護電位檢測

本碼頭區共有 1 座浮動碼頭，基樁與浮箱保護電位量測結果，分別如表 4-11 所示，基樁保護電位界於 -988 ~ -841 mV 之間。浮箱則界於 -1030 ~ -970 mV 之間，均小於 -780 mV，可達保護基樁與浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-11 白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱保護電位檢測結果

檢測位置	編號	水深 (m)			檢測位置	編號	水深 (m)		
		-0.5	-1.0	-2.0			-1.0	-4.0	-7.0
基樁	A1	-841	-851	-851	浮箱	1	-996	-997	-998
		-841	-857	-857		2	-970	-970	-973
		-859	-859	-857		3	-1025	-1024	-1025
	A2	-868	-876	-876		4	-1029	-1028	-1027
		-870	-870	-870		5	-1029	-1028	-1027
		-881	-882	-882		6	-1029	-1028	-1027
	A3	-876	-876	-876		7	-1030	-1027	-1027
		-876	-876	-870		8	-1030	-1029	-1028
		-896	-897	-896		9	-1030	-1027	-1026
	B1	-984	-902	-912		10	-991	-999	-1003
		-915	-932	-912		11	-1002	-1004	-1007
		-925	-890	-900		12	-1006	-980	-975
	B2	-988	-900	-899		13	-990	-989	-975

		-976	-912	-912		14	-992	-987	-980
		-978	-910	-916		15	-972	-987	-989
	B3	-932	-881	-933		16	-982	-992	-981
		-937	-892	-928		17	-992	-991	-992
		-921	-899	-926		18	-988	-992	-992
	B4	-932	-917	-912		19	-991	-990	-938
		-928	-907	-909		20	-990	-990	-975
		-933	-927	-919					

4.4.2 基樁與浮箱陽極塊發生電位檢測

1. 福澳碼頭區陽極塊發生電位檢測

F1、F2 浮動碼頭與 E 區平台基樁陽極塊發生電位檢測，量測結果如表 4-12 至表 4-14 所示，各區陽極塊表面覆著海生物清除前後 F1 區為 -968 ~ -877 mV 與 -981 ~ -921 mV 之間，F2 區為 -937 ~ -902 mV 與 -967 ~ -920 mV 之間，E 區則為 -940 ~ -906mV 與 -961 ~ -922 mV 之間。陽極塊發生電位均小於 -780 mV，可達保護基樁鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-12 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 基樁陽極塊發生電位檢測結果

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

表 4-13 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 基樁陽極塊發生電位檢測結果

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

表 4-14 福澳碼頭區 E 區平台基樁陽極塊發生電位檢測結果

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

F1、F2 浮動碼頭浮箱共選擇 20 處陽極塊檢測發生電位，量測結果如表 4-15 所示。陽極塊表面覆著海生物清除前後為 -1030 ~ -970 mV 與 -1042 ~ -980 mV 之間，陽極塊發生電位均小於 -780 mV，可達保護浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-15 福澳碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果

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

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

表 4-16 福澳碼頭區 S2 碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果

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

2. 白沙碼頭區陽極塊發生電位檢測

白沙碼頭區基樁陽極塊發生電位，量測結果如表 4-17 所示。陽極塊發生電位，在其表面覆著海生物清除前後為 -988 ~ -864 mV 與 -1131 ~ -867 mV 之間，均小於 -780 mV，可達保護基樁鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-17 白沙碼頭區浮動碼頭基樁陽極塊發生電位檢測結果

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

白沙碼頭區浮動碼頭浮箱共選擇 20 處陽極塊檢測發生電位，量測結果如表 4-18 所示。陽極塊發生電位在其表面覆著海生物清除前後分別為 -1035 ~ -990 mV 與 -1040 ~ -972 mV 之間，均小於 -780 mV，可達保護浮箱鋼材免於腐蝕之目的。

表 4-18 白沙碼頭區浮動碼頭浮箱陽極塊發生電位檢測結果

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

4.4.3 .浮動碼頭基樁鋼板厚度檢測

1. 福澳碼頭區基樁厚度檢測

福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭與 E 區平台基樁厚度檢測與腐蝕速率結果如表 4-19 至表 4-21 所示。平均腐蝕速率如表 4-22 所示。各基樁單一測點之腐蝕速率分別界於：F1 區 0.00~0.07 (F1 區)、0.00~0.08 (F2 區)與 0.00~0.07 (E 區) mm/yr.之間，平均腐蝕速率界於 0.00~0.08 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。基樁平均腐蝕速率與水深之關係，分別示如圖 4.48(F1 及 F2 區) 與圖 4.49(E 區)。本碼頭區竣工時間為民國 99 年 11 月，調查時基樁使用時間不足 6 年，未達設計年限(20 年)，建議應後續仍應實施定期檢測，確保碼頭結構使用安全。

表 4-19 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 基樁厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (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	18.90	18.70	18.70	18.77	0.23	0.03
	+2.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.00
	+1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.70	18.77	0.23	0.03
	-0.5	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	-1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-1.5	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	-2.0	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.02
基樁 A2	-2.3	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	+3.0	19.00	19.00	18.90	19.00	18.97	0.03	0.00
	+2.0	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.02
	+1.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	±0.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.90	18.80	18.90	18.87	0.13	0.02
-1.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00	

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

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

表 4-20 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 基樁厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (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	18.70	18.90	18.90	18.83	0.17	0.02
	+2.0	19.00	18.50	18.50	18.50	18.50	0.50	0.07
	+1.0	19.00	18.70	18.80	18.90	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	-0.5	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	-1.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	-1.5	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	-2.0	19.00	18.90	18.80	18.70	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.02
基樁 C2	+3.0	19.00	18.80	18.70	18.70	18.73	0.27	0.04
	+2.0	19.00	18.90	18.80	18.80	18.83	0.17	0.02
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	±0.0	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.04

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

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			
D2	+2.0	19.00	18.90	18.50	18.90	18.77	0.23	0.03
	+1.0	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	±0.0	19.00	18.70	18.60	18.70	18.67	0.33	0.05
	-0.5	19.00	18.70	18.70	18.70	18.70	0.30	0.04
	-1.0	19.00	18.70	18.60	18.70	18.67	0.33	0.05
	-1.5	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-2.3	19.00	18.70	18.80	18.80	18.77	0.23	0.03
基樁 D3	+3.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.01
	+2.0	19.00	18.50	18.40	18.40	18.43	0.57	0.08
	+1.0	19.00	18.80	18.80	18.90	18.83	0.17	0.02
	±0.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.03
	-1.5	19.00	18.90	19.00	18.80	18.90	0.10	0.01
	-2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
-2.3	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00	

表 4-21 澳碼頭區浮動碼頭 E 區平台基樁厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (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	18.60	18.60	18.70	18.63	0.37	0.05
	+2.0	19.00	18.50	18.50	18.50	18.50	0.50	0.07
	+1.0	19.00	18.60	18.50	18.60	18.57	0.43	0.06
	±0.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
	-0.5	19.00	18.70	18.70	18.90	18.77	0.23	0.03
	-1.0	19.00	18.60	18.50	18.70	18.60	0.40	0.06
	-1.5	19.00	18.40	18.50	18.60	18.50	0.50	0.07
	-2.0	19.00	18.90	18.90	18.90	18.90	0.10	0.01
-2.3	19.00	18.70	18.70	18.80	18.73	0.27	0.04	
基樁 E2	+3.0	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.00
	+2.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.01

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

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

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

表 4-22 福澳碼頭區浮動碼頭基樁平均腐蝕速率

(單位：mm/yr.)

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

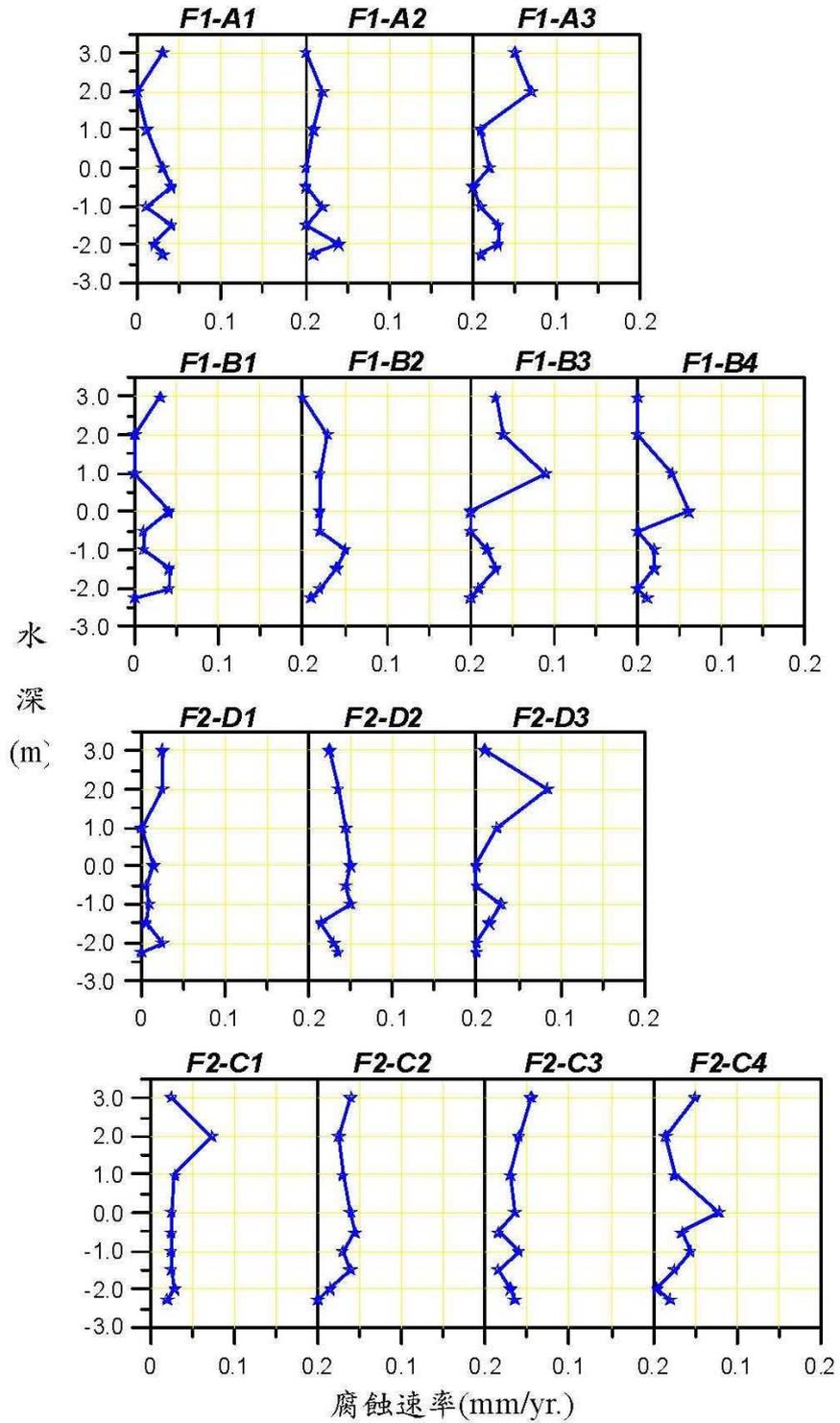


圖 4.48 福澳碼頭區 F1 及 F2 浮動碼頭基樁平均腐蝕速率與水深之關係

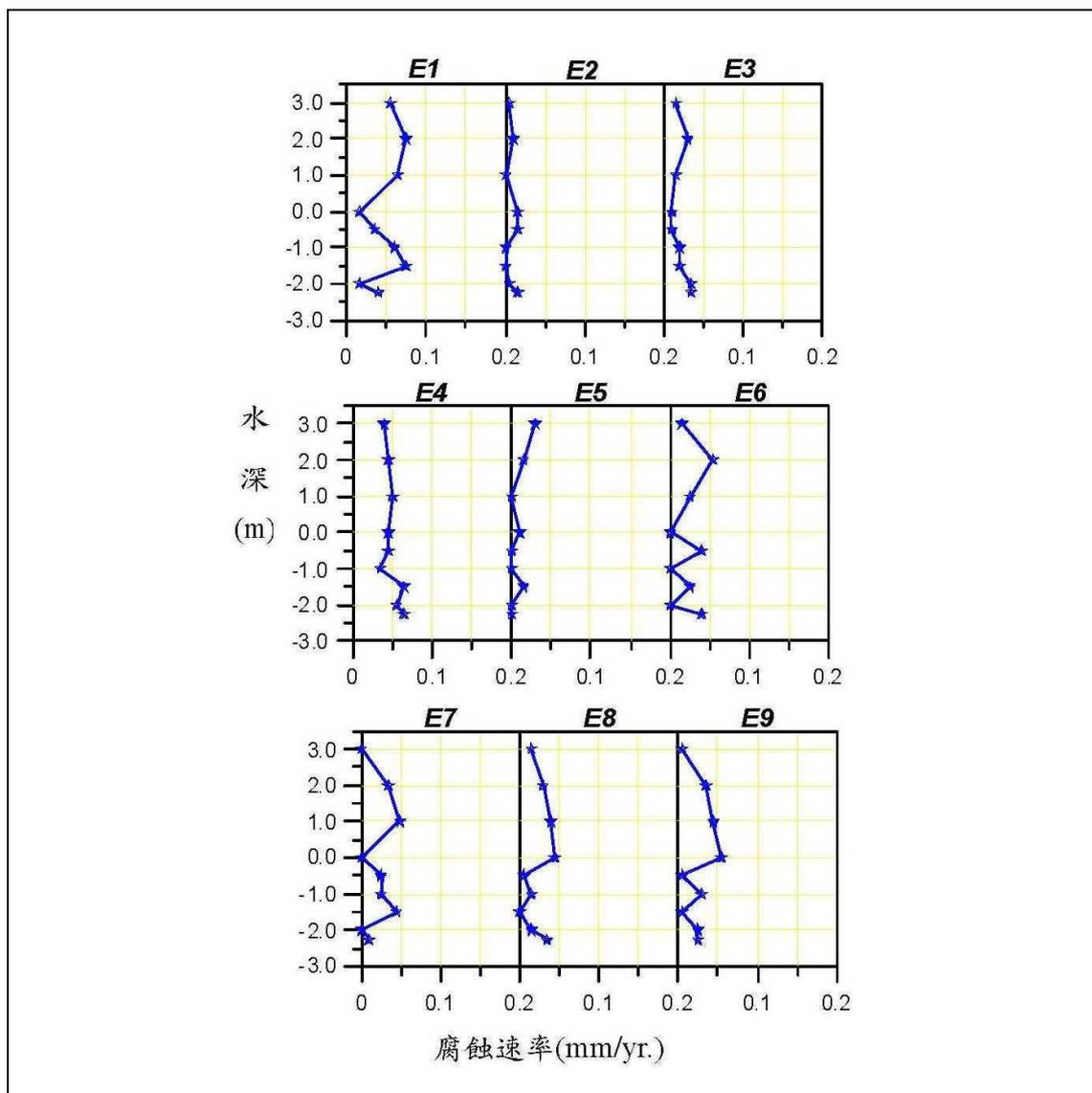


圖 4.49 福澳碼頭區浮動碼頭 E 區平台基樁平均腐蝕速率與水深之關係

2. 白沙碼頭區基樁厚度檢測

白沙碼頭區浮動碼頭基樁厚度檢測與腐蝕速率結果如表 4-23 所示。平均腐蝕速率如表 4-24 所示。各基樁單一測點之腐蝕速率界於 0.00 ~ 0.18 mm/yr. 之間，平均腐蝕速率界於 0.00 ~ 0.09 mm/yr. 之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。基樁平均腐蝕速率與水深之關係，示如圖 4.50。本碼頭區竣工時間為民國 103 年 2 月，調查時基樁使用時間不足 3 年，未達設計年限(20 年)，故少數測點腐蝕速率稍高，建議應後續仍應實施定期檢測，確保碼頭結構使用安全。

表 4-23 白沙碼頭區浮動碼頭基樁厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (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	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	18.80	18.80	18.80	18.80	0.20	0.09
	+1.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.03
	±0.0	19.00	18.80	18.90	19.00	18.90	0.10	0.05
	-0.5	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.02
	-1.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
	-1.5	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
	-2.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
基樁 A2	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+1.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	±0.0	19.00	19.00	19.00	18.90	18.97	0.03	0.02
	-0.5	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	-1.0	19.00	18.90	18.90	19.00	18.93	0.07	0.03
	-1.5	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
	-2.0	19.00	18.90	19.00	19.00	18.97	0.03	0.02
基樁 A3	+3.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+2.0	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	+1.0	19.00	18.90	18.80	18.90	18.87	0.13	0.06
	±0.0	19.00	18.80	19.00	19.00	18.93	0.07	0.03
	-0.5	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00
	-1.0	19.00	18.90	19.00	18.90	18.93	0.07	0.03
	-1.5	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
	-2.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03
基樁 B1	+3.0	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.06
	+2.0	19.00	18.90	18.80	18.90	18.87	0.13	0.06
	+1.0	19.00	18.90	18.90	18.80	18.87	0.13	0.06
	±0.0	19.00	19.00	18.90	18.90	18.93	0.07	0.03

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

表 4-24 白沙碼頭區浮動碼頭基樁平均腐蝕速率

(單位：mm/yr.)

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

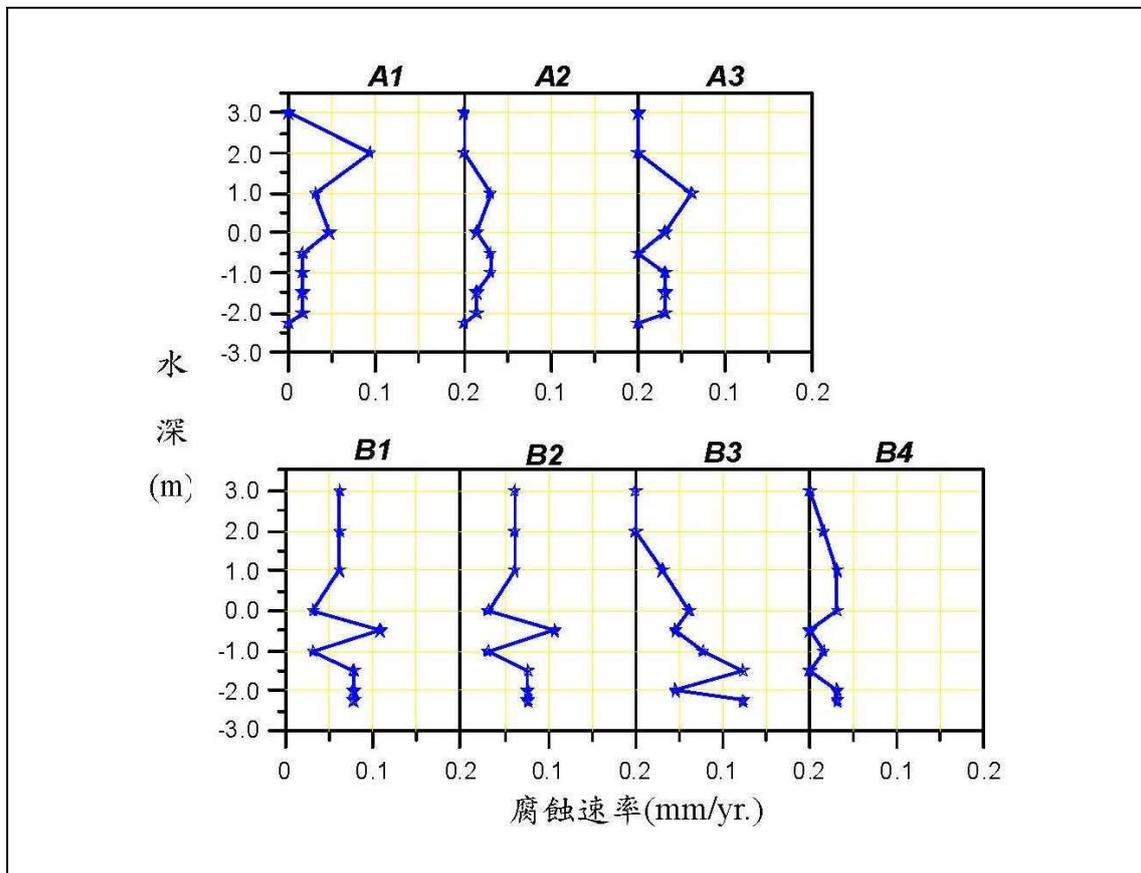


圖 4.50 白沙碼頭區浮動碼頭基樁平均腐蝕速率與水深之關係

4.4.4 浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測

1. 福澳碼頭區浮箱鋼板厚度檢測

福澳碼頭區 F1、F2 浮動碼頭浮箱側面與底板，其鋼板厚度檢測與腐蝕速率計算結果，如表 4-25 及表 4-26 所示。各測點之腐蝕速率界於 0.02~0.12 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。本碼頭區竣工時間為民國 99 年 11 月，調查時基樁使用時間不足 6 年，未達設計年限(20 年)，建議應後續仍應實施定期檢測，確保碼頭結構使用安全。

表 4-25 福澳碼頭區浮動碼頭 F1 浮箱鋼板厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (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	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.60	11.80	11.80	11.73	0.27	0.04
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 2	水線上	12.00	11.50	11.60	11.70	11.60	0.40	0.06
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.60	9.73	0.27	0.04
浮箱 3	水線上	12.00	11.70	11.80	11.60	11.70	0.30	0.04
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 4	水線上	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.80	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 5	水線上	12.00	11.70	11.60	11.50	11.60	0.40	0.06
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.60	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.70	9.60	9.80	9.70	0.30	0.04
浮箱 6	水線上	12.00	11.60	11.70	11.80	11.70	0.30	0.04
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 7	水線上	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	9.60	9.70	9.70	9.67	0.33	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	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 9	水線上	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.70	9.70	9.80	9.73	0.27	0.04
浮箱 10	水線上	12.00	11.70	11.60	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.60	9.60	9.67	0.33	0.05
浮箱 11	水線上	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	底板	10.00	9.70	9.90	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 12	水線上	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.02
浮箱 13	水線上	12.00	11.50	11.20	11.80	11.50	0.50	0.07
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.02
浮箱 14	水線上	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.80	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.60	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 15	水線上	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.70	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 16	水線上	12.00	11.60	11.60	11.40	11.53	0.47	0.07
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 17	水線上	12.00	11.70	11.50	11.40	11.53	0.47	0.07
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.50	11.60	0.40	0.06
	底板	10.00	9.70	9.60	9.50	9.60	0.40	0.06
浮箱 18	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.70	11.73	0.27	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.02

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	12.00	11.60	11.80	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.60	11.60	11.60	0.40	0.06
	底板	10.00	9.80	9.70	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 20	水線上	12.00	11.70	11.60	11.60	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.70	11.80	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03

表 4-26 福澳碼頭區浮動碼頭 F2 浮箱鋼板厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (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	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	底板	10.00	9.70	9.70	9.80	9.73	0.27	0.04
浮箱 2	水線上	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.80	9.60	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 3	水線上	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.60	11.70	11.63	0.37	0.05
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 4	水線上	12.00	11.60	11.60	11.40	11.53	0.47	0.07
	水線下	12.00	11.50	11.50	11.70	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 5	水線上	12.00	11.70	11.50	11.40	11.53	0.47	0.07
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.60	11.57	0.43	0.06
	底板	10.00	9.70	9.60	9.50	9.60	0.40	0.06
浮箱 6	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.50	11.60	11.70	11.60	0.40	0.06
	底板	10.00	9.80	9.80	9.90	9.83	0.17	0.02
浮箱 7	水線上	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.60	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.80	9.70	9.70	9.73	0.27	0.04
浮箱 8	水線上	12.00	11.50	11.80	11.70	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.80	11.60	11.67	0.33	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			
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 9	水線上	12.00	11.60	11.80	11.60	11.67	0.33	0.05
	水線下	12.00	11.70	11.80	11.60	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.70	9.80	9.77	0.23	0.03
浮箱 10	水線上	12.00	11.70	11.60	11.60	11.63	0.37	0.05
	水線下	12.00	11.60	11.80	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 11	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.70	11.73	0.27	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 12	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	9.70	9.90	9.90	9.83	0.17	0.02
浮箱 13	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.80	11.60	11.90	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	9.90	9.90	9.80	9.87	0.13	0.02
浮箱 14	水線上	12.00	11.70	11.70	11.40	11.60	0.40	0.06
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.80	9.80	9.70	9.77	0.23	0.03
浮箱 15	水線上	12.00	11.60	11.90	11.90	11.80	0.20	0.03
	水線下	12.00	11.50	11.80	11.70	11.67	0.33	0.05
	底板	10.00	9.90	9.80	9.80	9.83	0.17	0.02
浮箱 16	水線上	12.00	11.60	11.60	11.60	11.60	0.40	0.06
	水線下	12.00	11.60	11.40	11.60	11.53	0.47	0.07
	底板	10.00	9.70	9.60	9.60	9.63	0.37	0.05
浮箱 17	水線上	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	水線下	12.00	11.70	11.70	11.70	11.70	0.30	0.04
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 18	水線上	12.00	11.80	11.80	11.90	11.83	0.17	0.02
	水線下	12.00	11.80	11.70	11.70	11.73	0.27	0.04
	底板	10.00	9.70	9.70	9.70	9.70	0.30	0.04
浮箱 19	水線上	12.00	11.80	11.70	11.80	11.77	0.23	0.03
	水線下	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			
	底板	10.00	9.80	9.80	9.80	9.80	0.20	0.03
浮箱 20	水線上	12.00	11.70	11.70	11.80	11.73	0.27	0.04
	水線下	12.00	11.80	11.80	11.70	11.77	0.23	0.03
	底板	10.00	9.70	9.80	9.80	9.77	0.23	0.03

2. 白沙碼頭區浮箱鋼板厚度檢測

白沙碼頭區浮動碼頭浮箱側面與底板，其鋼板厚度檢測與腐蝕速率計算結果，如表 4-27 所示。各測點之腐蝕速率界於 0.00~0.12 mm/yr.之間，均小於規範設計允許值(0.20 mm/yr.)。本碼頭區竣工時間為民國 103 年 2 月，調查時基樁使用時間不足 3 年，未達設計年限(20 年)，建議應後續仍應實施定期檢測，確保碼頭結構使用安全。

表 4-27 白沙碼頭區浮動碼頭浮箱鋼板厚度檢測結果

測定位置	高程 (m)	原厚度 (mm)	現有厚度 (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	9.70	9.80	0.20	0.09
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.06
	底板	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.06
浮箱 2	水線上	10.00	9.70	9.70	9.90	9.77	0.23	0.11
	水線下	10.00	9.90	9.80	9.90	9.87	0.13	0.06
	底板	10.00	9.80	9.80	9.80	9.80	0.20	0.09
浮箱 3	水線上	10.00	9.90	9.80	9.70	9.80	0.20	0.09
	水線下	10.00	9.80	9.90	9.90	9.87	0.13	0.06
	底板	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.05
浮箱 4	水線上	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.05
	水線下	10.00	9.90	9.90	9.90	9.90	0.10	0.05
	底板	10.00	9.90	9.90	9.70	9.83	0.17	0.08
浮箱 5	水線上	10.00	9.80	9.90	9.80	9.83	0.17	0.08
	水線下	10.00	10.10	10.00	9.90	10.00	0.00	0.00
	底板	10.00	9.90	9.80	9.80	9.83	0.17	0.08

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

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

第五章 臺中港南、北防波堤調查

本年度工作項目除執行馬祖港區碼頭及防波堤之現況調查外，另進行臺中港南、北防波堤岸上與水下檢測。臺中港南、北防波堤基本資料如表 5-1 所示，其位置與空拍圖如圖 5.1 及圖 5.2。

表 5-1 臺中港南、北防波堤基本資料

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

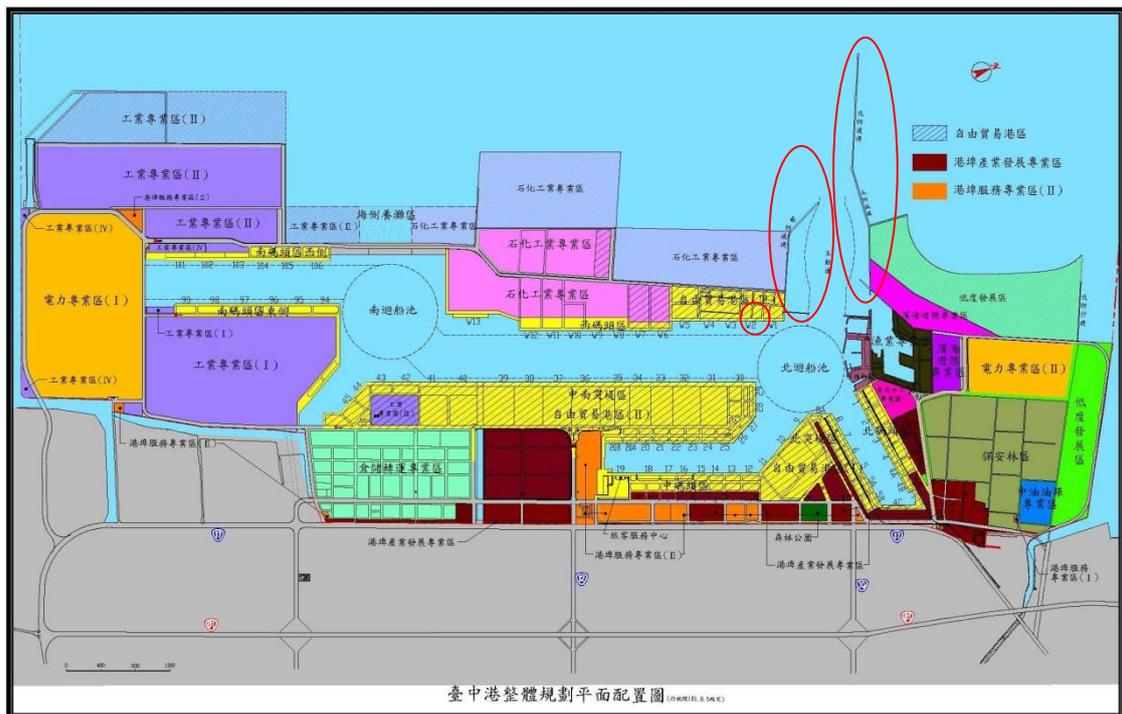


圖 5.1 臺中港南、北防波堤位置圖



圖 5.2 臺中港南、北防波堤空拍圖

防波堤調查方法係以目視檢視辦理，如發現劣化異狀，將記錄發生位置之水深 y 與距離 x (如圖 5.3 所示)，並拍照片存證。

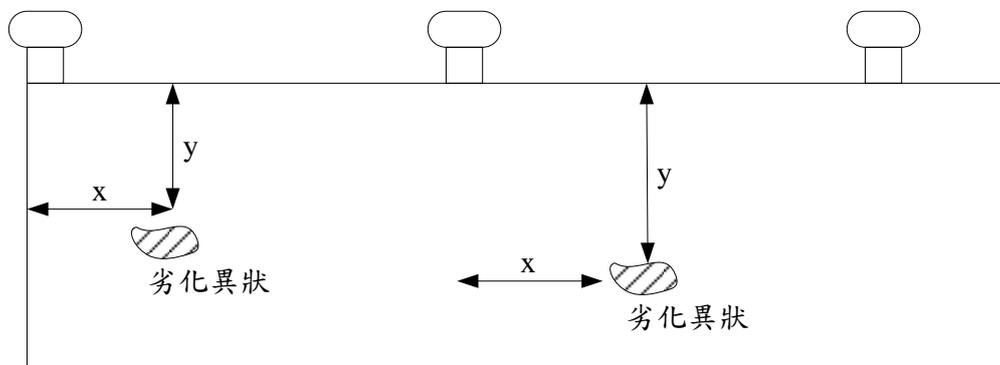


圖 5.3 劣化異狀位置記錄示意

5.1 臺中港南防波堤調查

臺中港南防波堤全長 1,397 m，寬 15.0 m，最大設計水深為 -18.0 m，結構型式為合成式沉箱防波堤，斷面如圖 5.4 所示。竣工時間約於民國 65 至 72 年間，105 年 11 月調查時，使用時間已超過 30 年。圖 5.5 為岸上目視調查之防波堤情形，異狀現象主要包括：堤面混凝土磨損、沉箱間隙過大、混凝土裂縫或脫落、混凝土內部鋼筋裸露腐蝕…等。

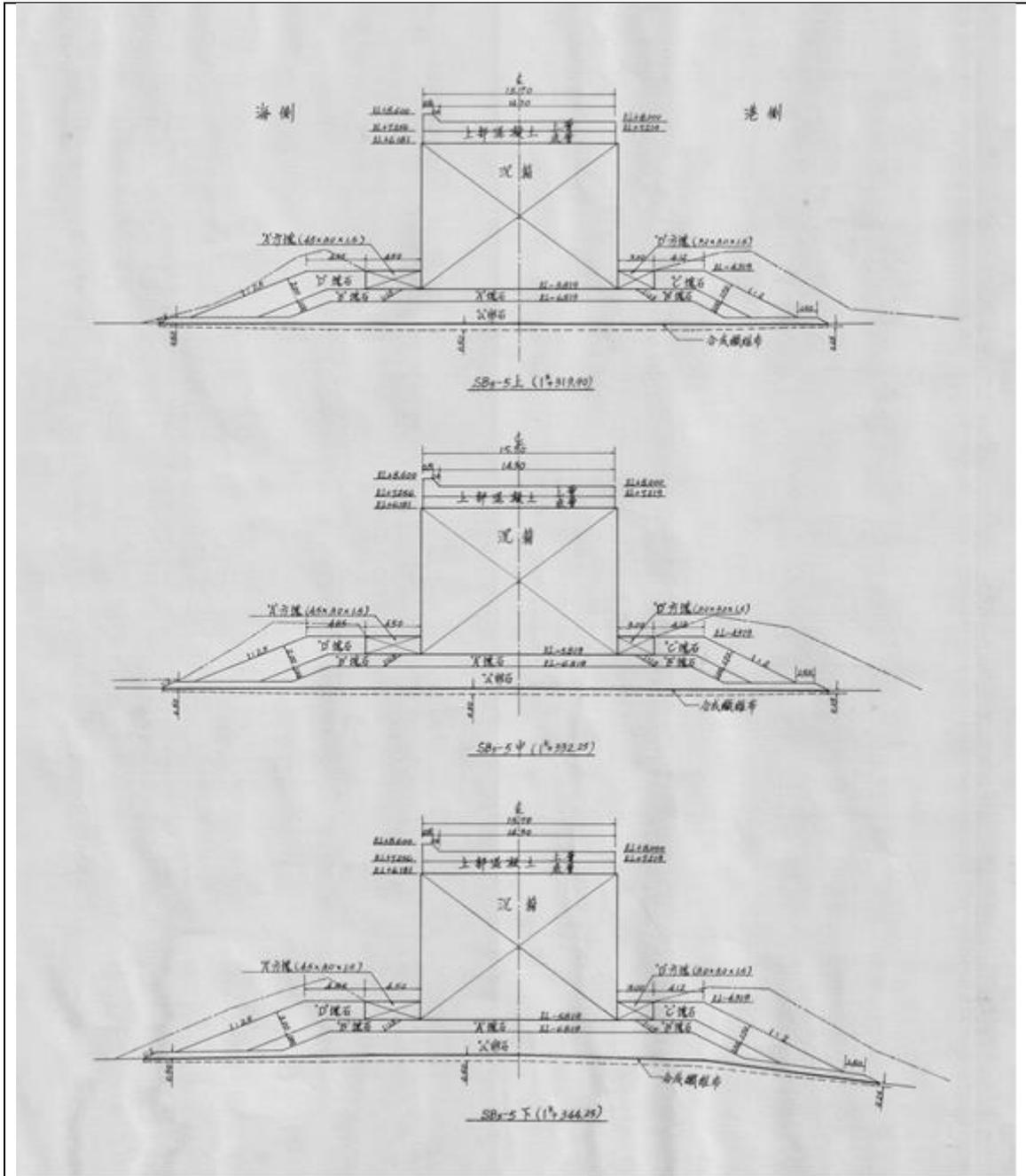


圖 5.4 臺中港南防波堤斷面圖



圖 5.5 臺中港南防波堤現況調查情形(105.11)

水下調查發現異狀現象則包括：海床淤沙、沉箱與沉箱間隙過大、沉箱混凝土脫落、混凝土內部鋼筋裸露腐蝕....等。海側與港測調查結果彙整與紀錄表，分別如表 5-2～表 5-12 及表 5-13～表 5-16 所示，異

狀現象發生位置，如圖 5.6 所示。

表 5-2 臺中港南防波堤海側調查結果彙整

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

表 5-3 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-1

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#2
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11
異狀簡圖	
說明：#2 沉箱壁與方塊間隙約 46 公分，水深 7.7 公尺，距離 4 公尺。	
異狀照片	

表 5-4 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-2

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#2~#3
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11
異狀簡圖	
說明：#2 沉箱與#3 沉箱間隙 26 公分，水深 7.7 公尺，距離 25 公尺。	
異狀照片	

表 5-5 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-3

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#3
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11
異狀簡圖	
說明：#3 沉箱與方塊間隙約 100 公分，水深約 7.7 公尺，距離約 0.1 公尺。	
異狀照片	

表 5-6 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-4

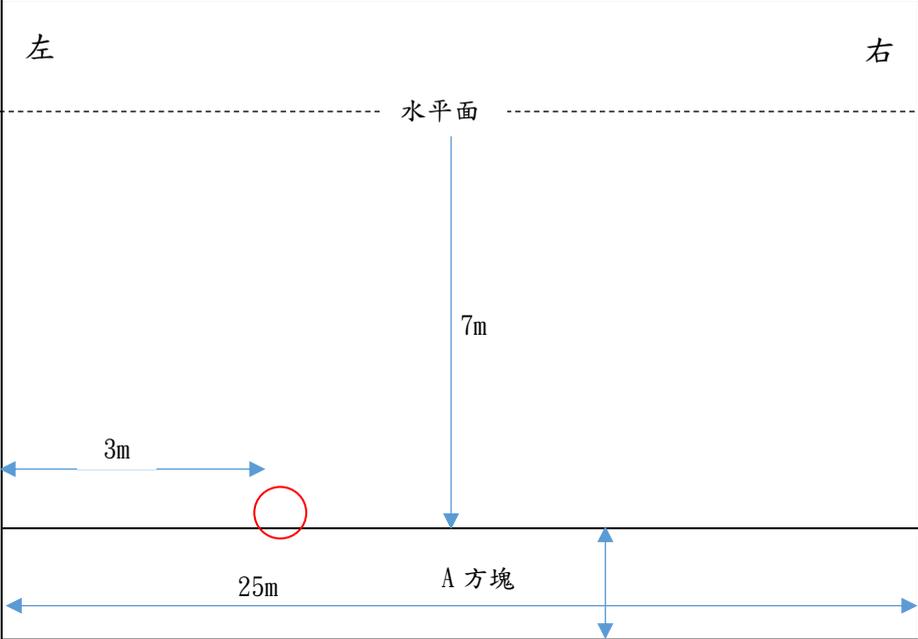
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#6
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11
異狀簡圖	
<p>說明：#6 沉箱壁與方塊間隙約 194 公分，水深 7 公尺，距離 3 公尺。</p> 	
異狀照片	
	
	

表 5-7 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-5

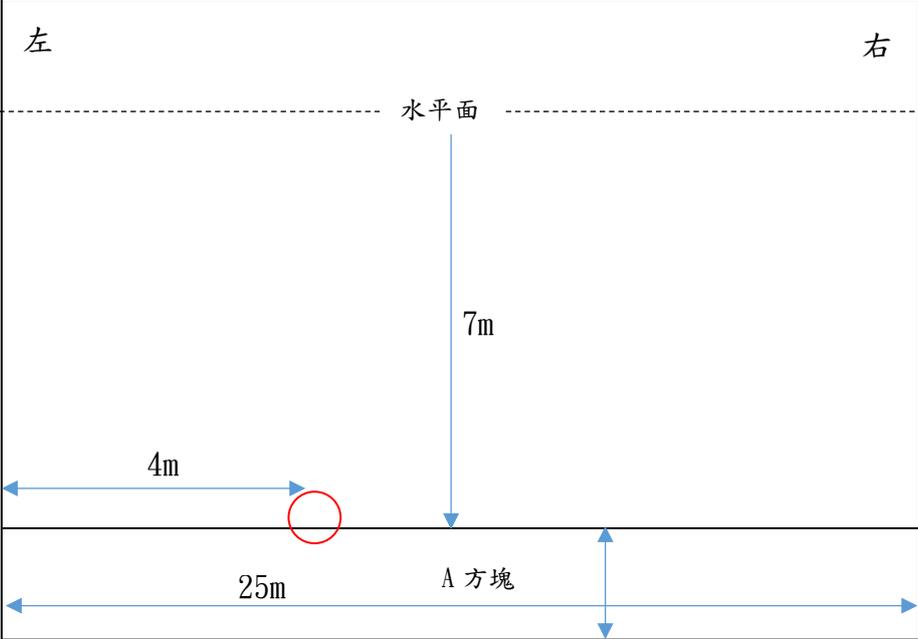
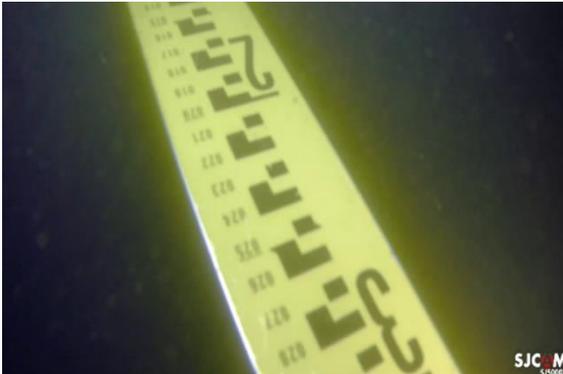
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#6
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/11
異狀簡圖	
<p>說明：#6 沉箱壁與方塊間隙約 46 公分，水深 7 公尺，距離 4 公尺。</p> 	
異狀照片	
	
	

表 5-8 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-6

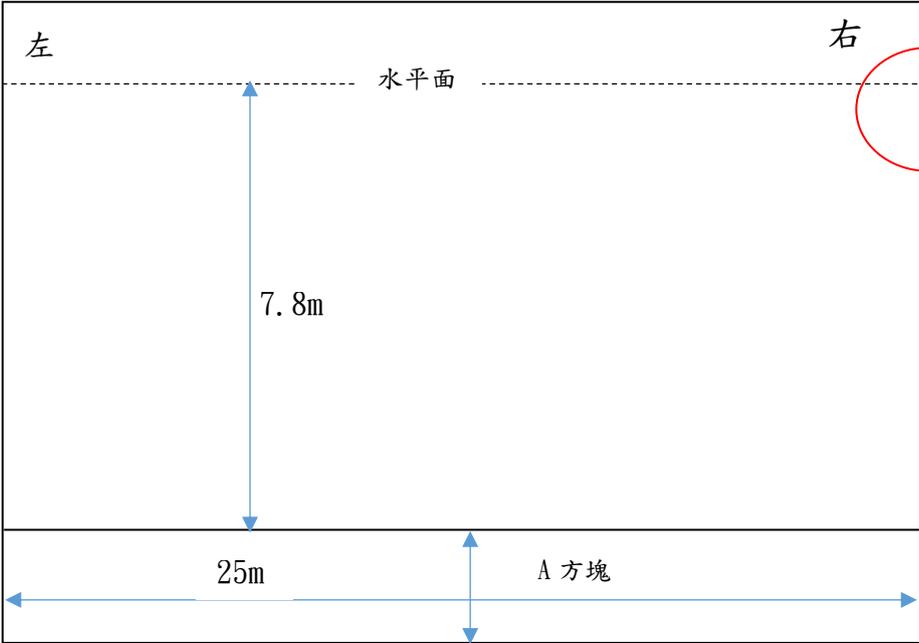
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#16
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13
異狀簡圖	
<p>說明：#16 沉箱右側鋼筋裸露寬度約 74 公分，長度約 100 公分。</p> 	
異狀照片	
	

表 5-9 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-7

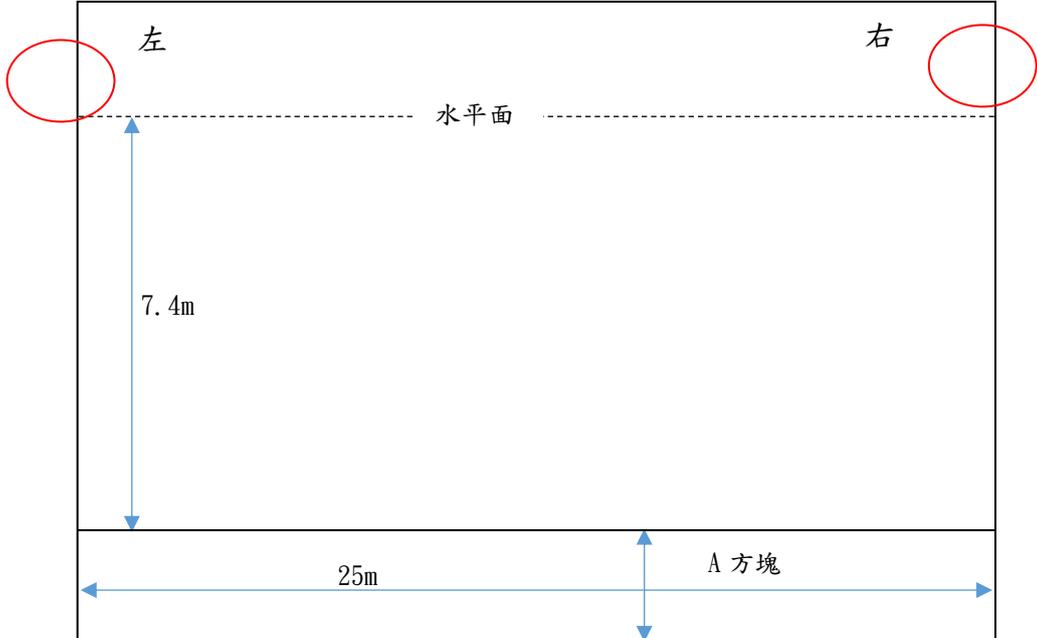
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#17
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13
異狀簡圖	
<p>說明：1. #17 沉箱右側邊水平面上鋼筋裸露，目測寬約 30 公分，長約 45 公分(1、2)。</p> <p>2. #17 沉箱左側邊水平面上方混凝土侵蝕，目測寬約 50 公分，長約 50 公分(3、4)。</p> 	
異狀照片	
	

表 5-10 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-8

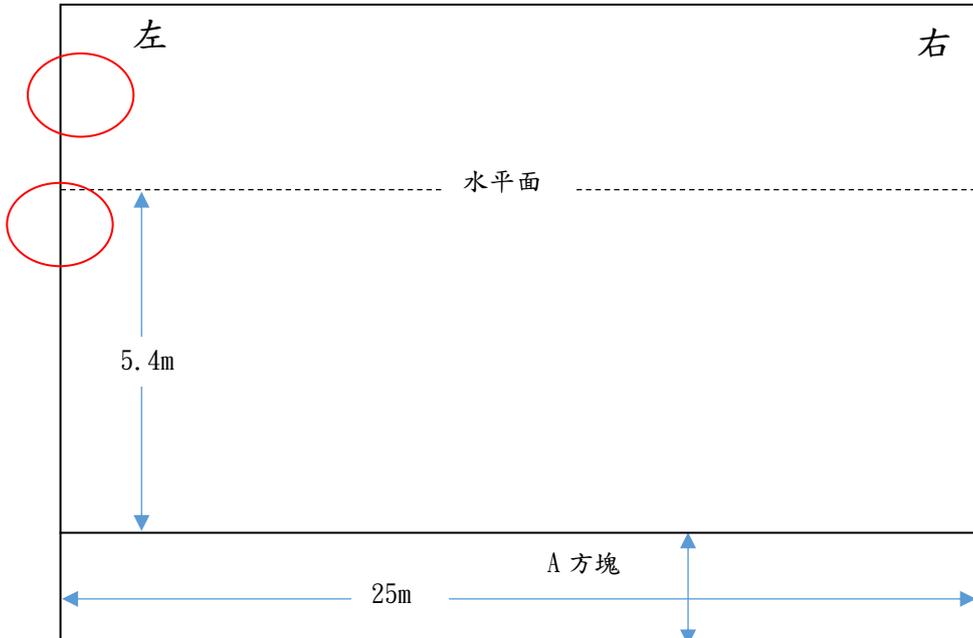
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#21
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13
異狀簡圖	
<p>說明：1. 沉箱左側邊水平面上鋼筋裸露，目測寬約 25 公分，長約 50 公分。(1、2) 2. 沉箱左側邊水平面上鋼筋裸露，目測寬約 35 公分，長約 30 公分。(3、4)</p> 	
異狀照片	
	

表 5-11 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-9

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#22
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13
異狀簡圖	
說明：沉箱左側邊鋼筋裸露，寬約 90 公分，長約 20 公分，深約 6 公分。	
異狀照片	

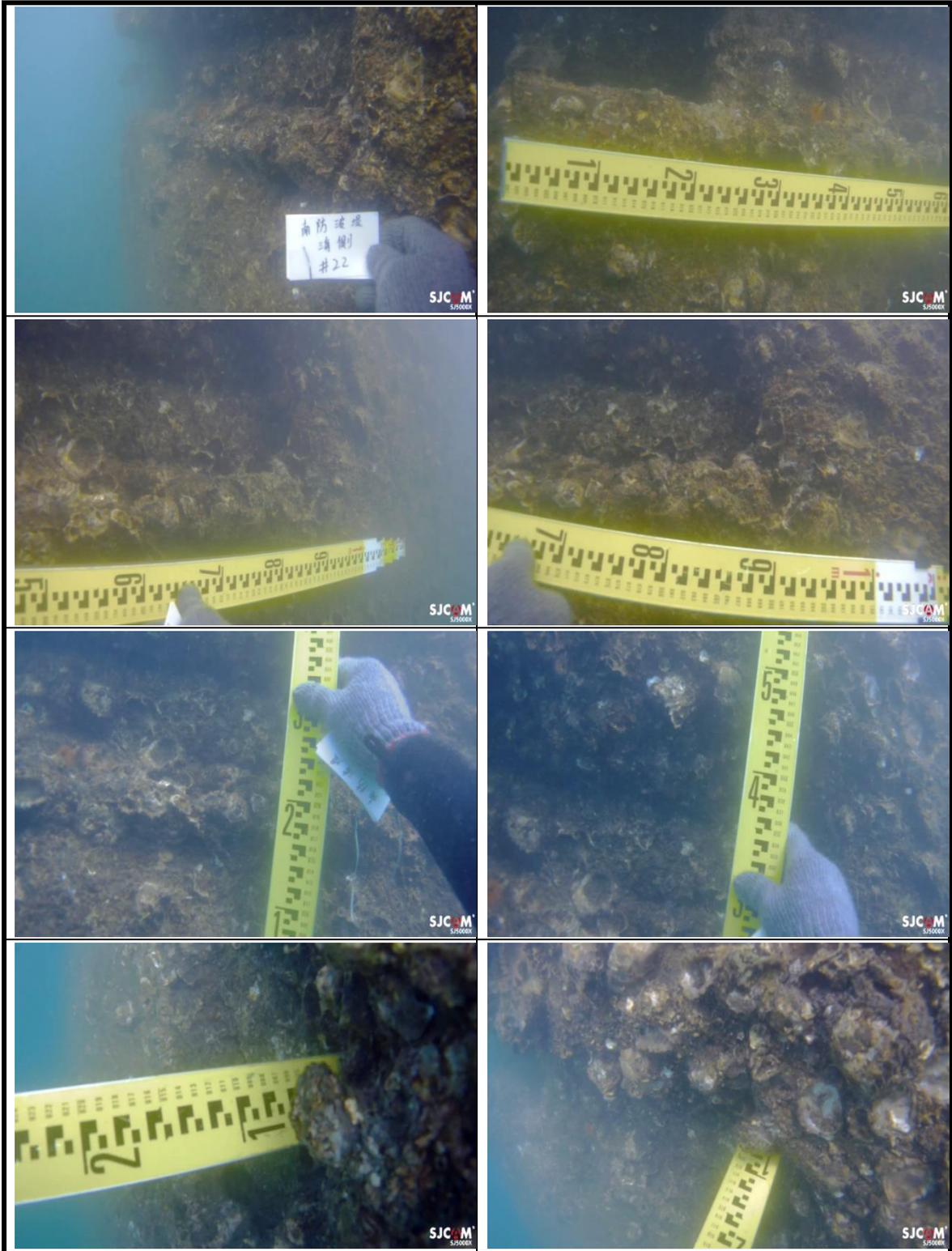


表 5-12 臺中港南防波堤海側調查紀錄表-10

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#23
位置名稱：南防波堤-海側	檢測日期：105/11/13
異狀簡圖	
說明：#23 沉箱方塊間間隙約 40 公分。	
異狀照片	

表 5-13 臺中港南防波堤港側調查結果彙整

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

表 5-14 臺中港南防波堤港側調查紀錄表-1

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#8
位置名稱：南防波堤-港側	檢測日期：105/11/11
異狀簡圖	
說明：1. #8 沉箱壁損壞，寬約 80 公分，長約 20 公分，深度約 10 公分。(1~6) 2. #8 沉箱裂縫長約 155 公分，深約 20 公分。(7~10)	
異狀照片	

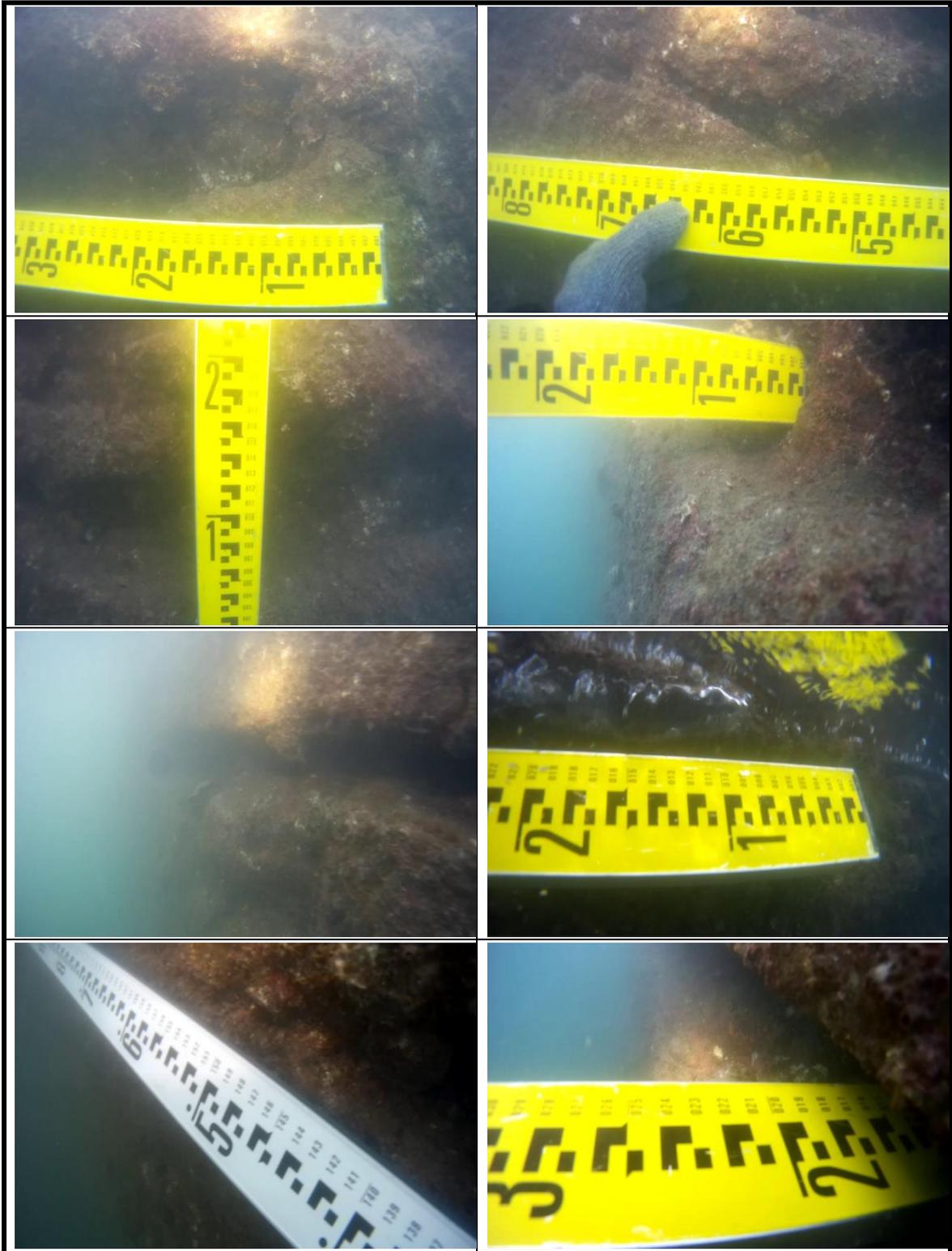


表 5-15 臺中港南防波堤港側調查紀錄表-2

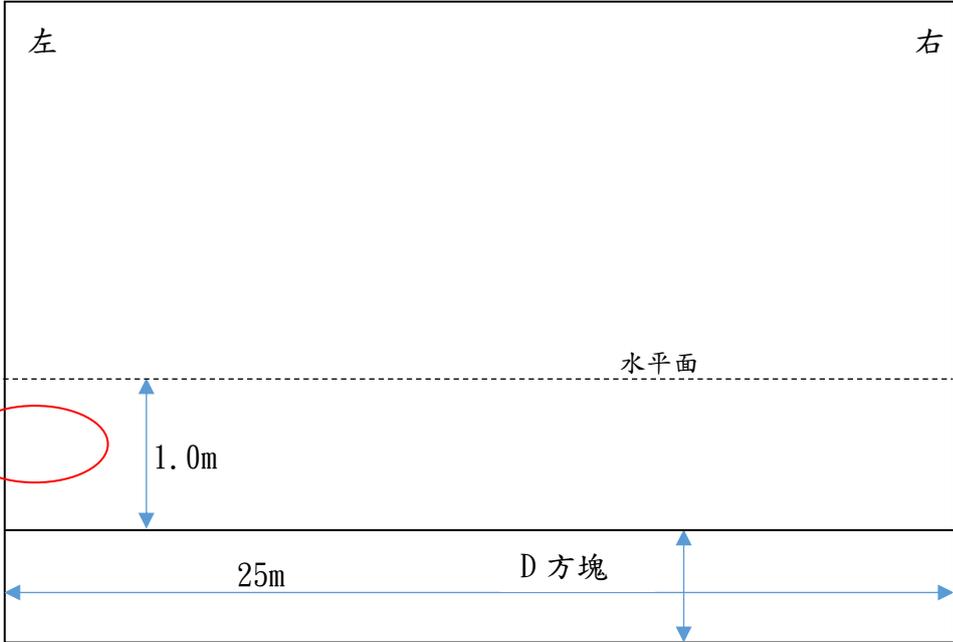
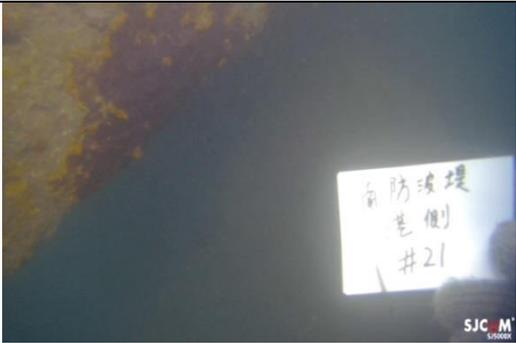
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#21
位置名稱：南防波堤-港側	檢測日期：105/11/13
異狀簡圖	
<p>說明：#21 沉箱左側邊方塊倒塌。</p> 	
異狀照片	
	
	

表 5-16 臺中港南防波堤港側調查紀錄表-3

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#23
位置名稱：南防波堤-港側	檢測日期：105/11/13
異狀簡圖	
說明：1. #23 沉箱左側邊裂縫。 2. #23 沉箱右側邊混泥土脫落。	
異狀照片	

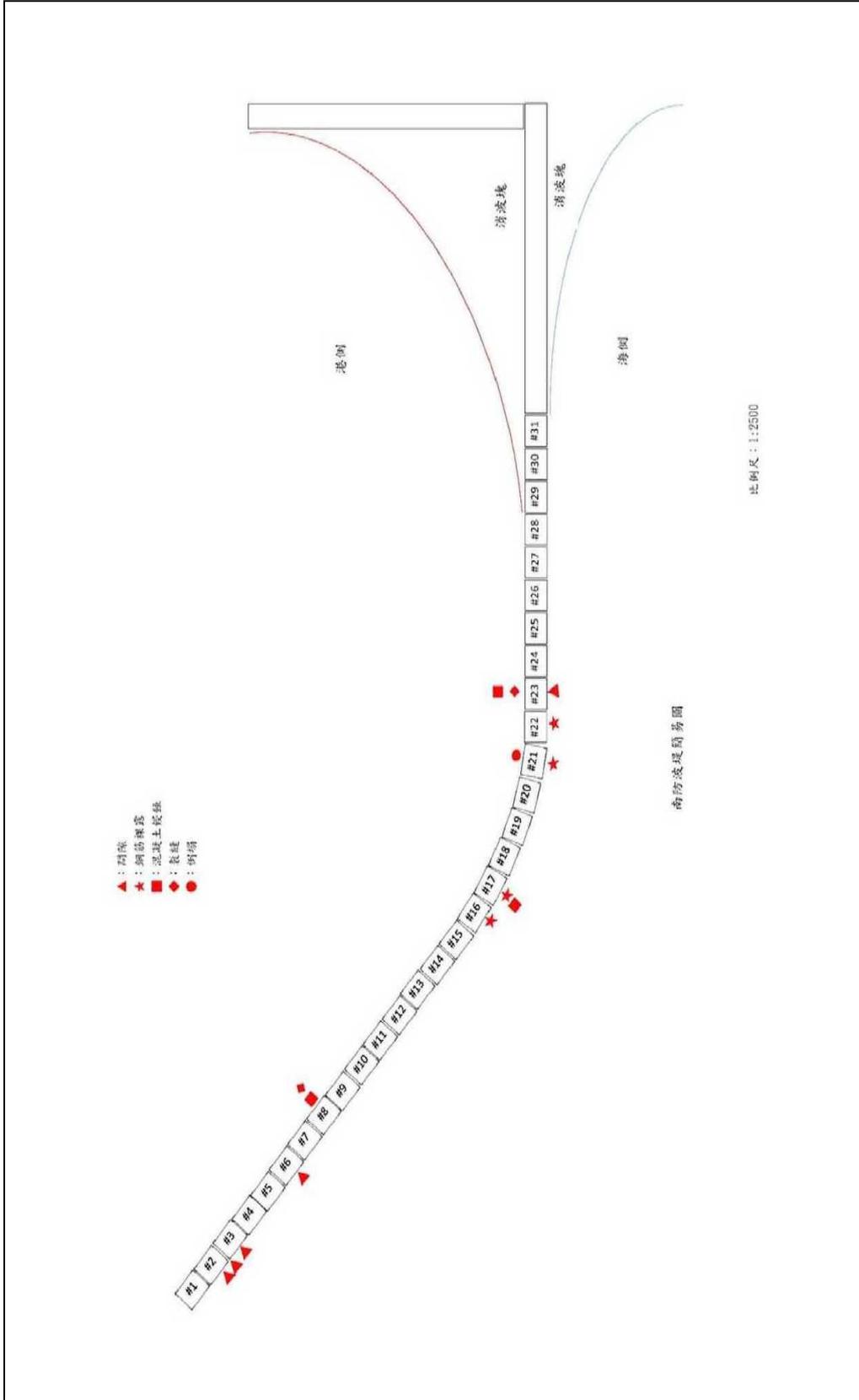
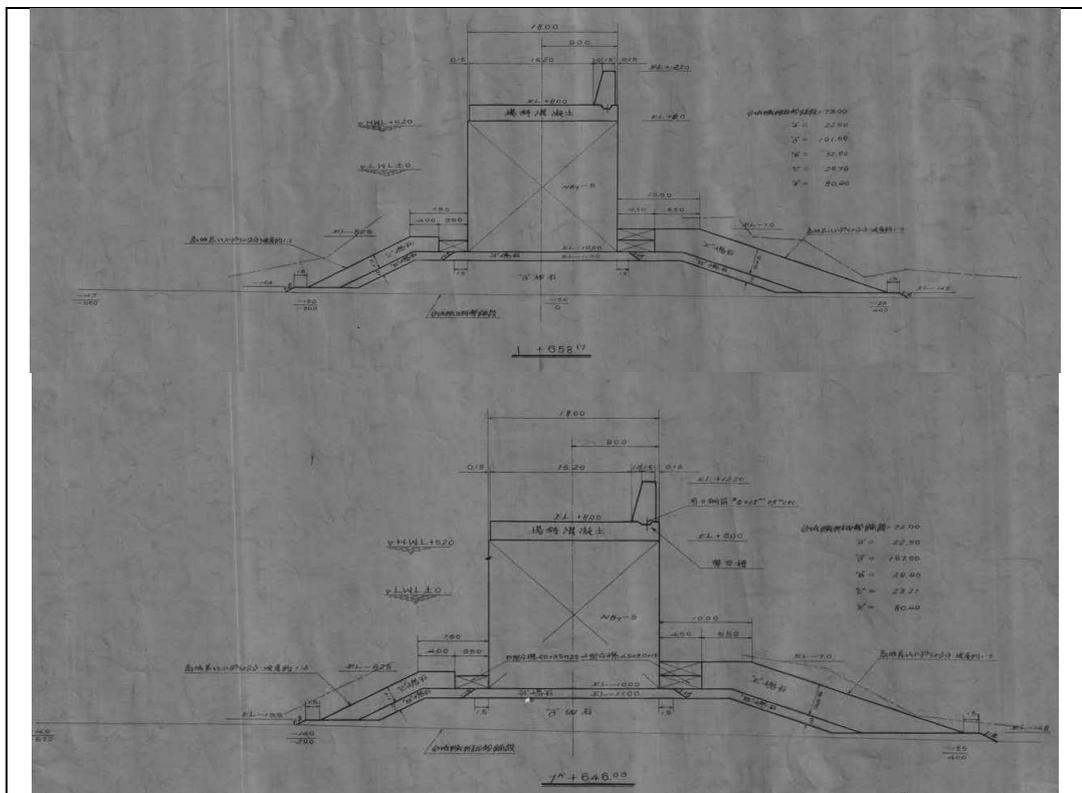


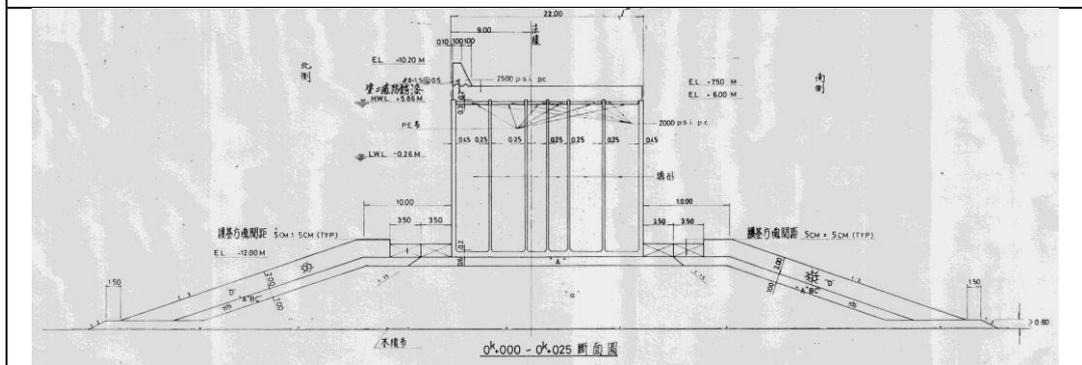
圖 5.6 臺中港南防波堤異狀現象發生位置示意圖

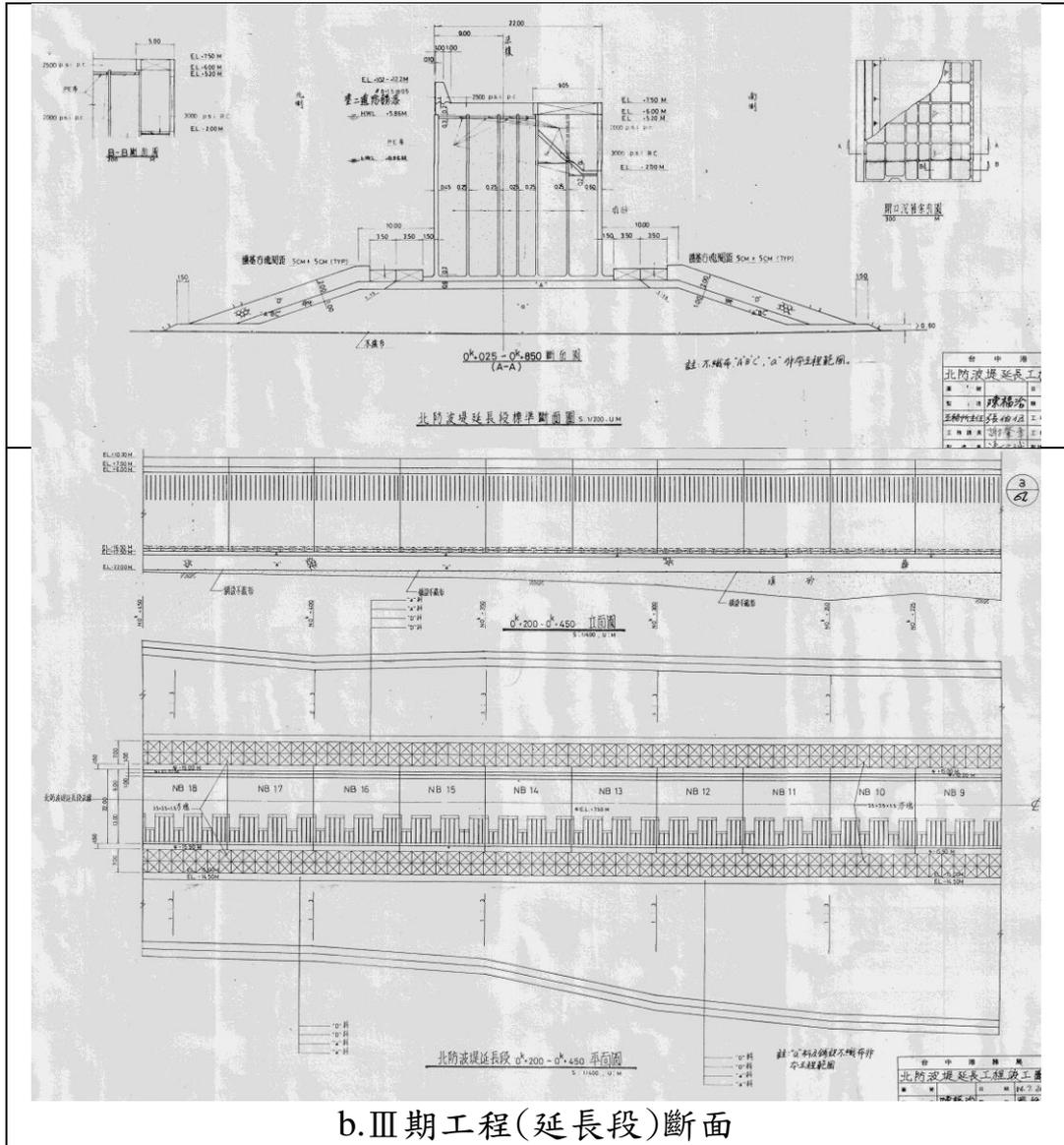
5.2 臺中港北防波堤調查

臺中港北防波堤全長 2,818 m，寬 15.0 m，最大設計水深為 -23.0 m，結構型式為合成式沉箱防波堤，斷面如圖 5.7 所示。前 1966 m 分 2 期完成，竣工時間約於民國 65 至 72 年間，105 年 11 月調查時，使用時間已超過 30 年。民國 99 年為改善港域平穩與淤沙問題，又延長 852 m，於民國 101 年竣工。圖 5.8 為岸上目視調查之防波堤情形，異狀現象主要包括：堤面混凝土磨損、沉箱間隙過大、混凝土裂縫或脫落、混凝土內部鋼筋裸露腐蝕...等。



a. I、II 期工程斷面





b. III 期工程(延長段)斷面

圖 5.7 臺中港北防波堤斷面及平面圖



海側淤沙情形-1



海側淤沙情形-2



海側消波塊



堤面觀景台



堤面混凝土現況



觀測塔



延長段起點處消波室



堤面沉箱間隙



延長段堤面混凝土現況-1



延長段堤面混凝土現況-2



延長段堤面混凝土現況-3



延長段堤面混凝土現況-4



延長段堤面混凝土現況-5



延長段堤面混凝土現況-6



延長段堤面混凝土現況-7



終點處燈塔



圖 5.8 臺中港北防波堤岸上調查時現況(105.11)

水下調查發現異狀現象則包括：海床淤沙、沉箱與沉箱間隙過大、沉箱混凝土脫落、混凝土內部鋼筋裸露腐蝕....等。海側與港測調查結果彙整與紀錄表，分別如表 5-17～表 5-20 及表 5-21～表 5-27 所示。異狀現象發生位置，如圖 5.9 所示。

表 5-17 臺中港北防波堤海側調查結果彙整

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

表 5-18 臺中港北防波堤海側調查紀錄表-1

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#75
位置名稱：北防波堤-海側	檢測日期：105/11/30
異狀簡圖 <p style="text-align: center;">說明：#75 沉箱左側邊及右側邊混凝土剝落。</p>	
異狀照片	

表 5-19 臺中港北防波堤海側調查紀錄表-2

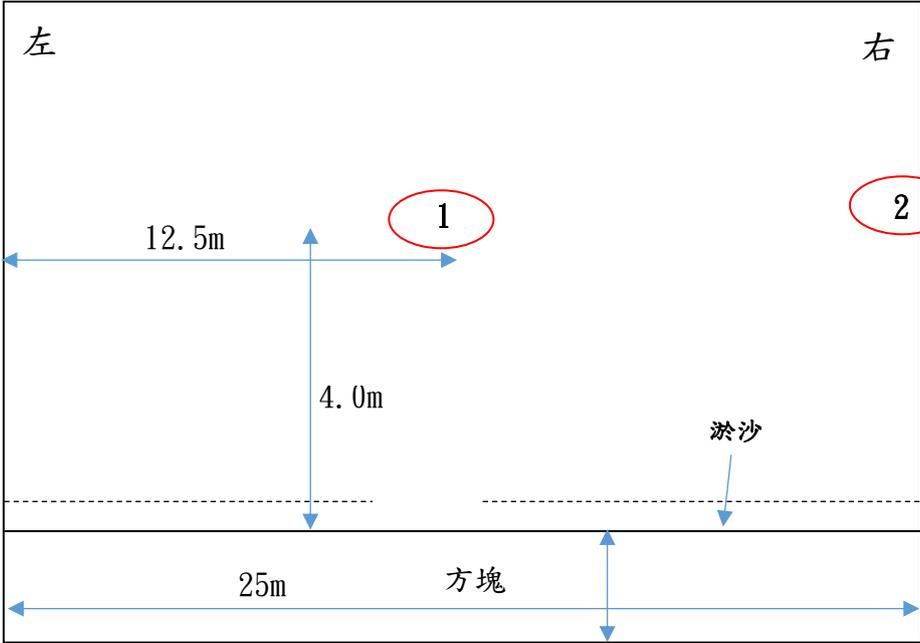
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#76
位置名稱：北防波堤-海側	檢測日期：105/11/30
異狀簡圖	
<p>說明：#76 沉箱右側邊及中間段混凝土剝落。</p> 	
異狀照片	
	

表 5-20 臺中港北防波堤海側調查紀錄表-3

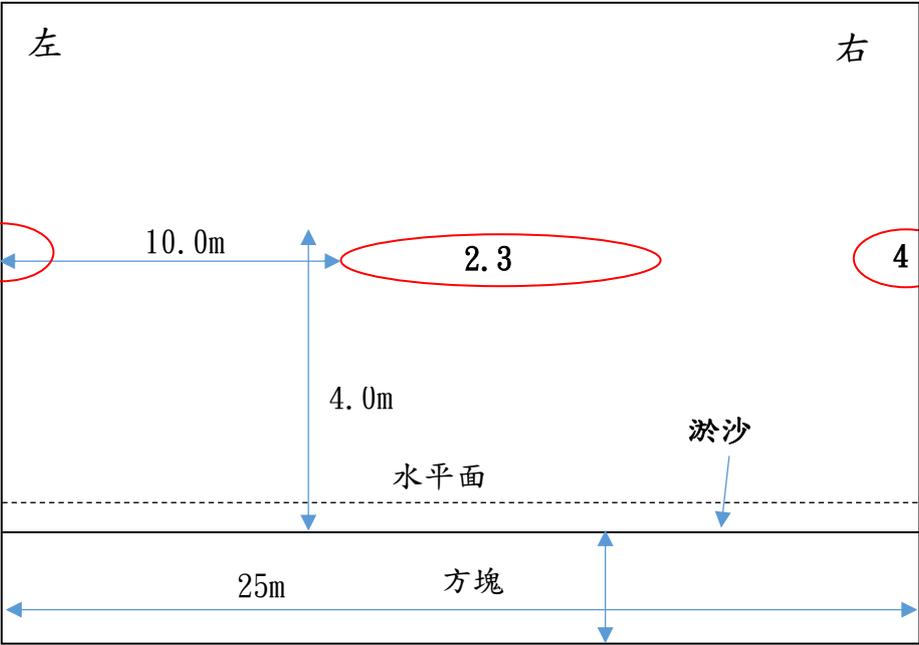
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#77
位置名稱：北防波堤-海側	檢測日期：105/11/20
異狀簡圖	
<p>說明：#77 沉箱左側邊、右側邊及中間段混凝土剝落。</p> 	
異狀照片	
	
	

表 5-21 臺中港北防波堤港側調查結果彙整

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

表 5-22 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-1

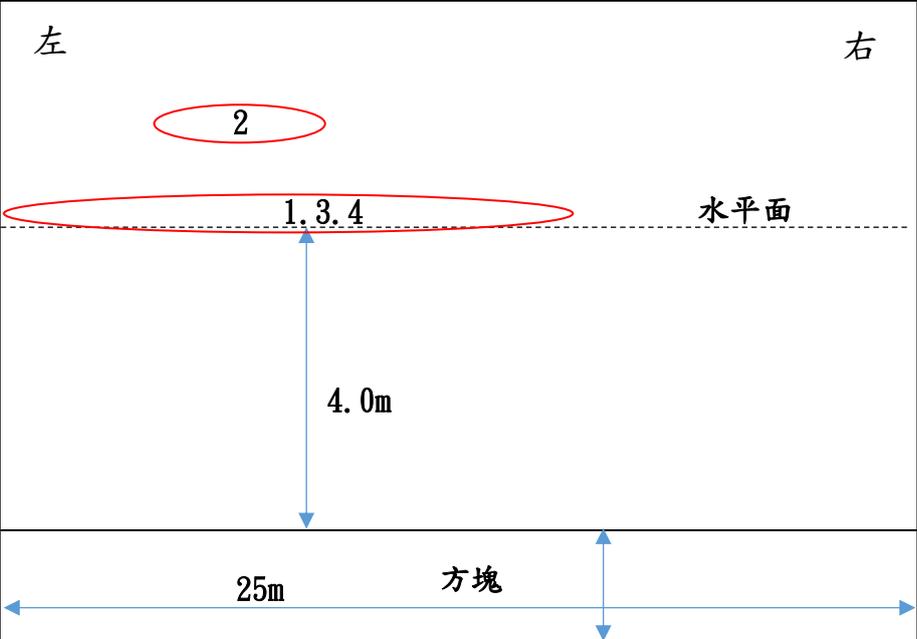
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#56
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/30
異狀簡圖	
<p>說明：#56 沉箱左側邊、中間段混凝土侵蝕剝落。</p> 	
異狀照片	
	

表 5-23 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-2

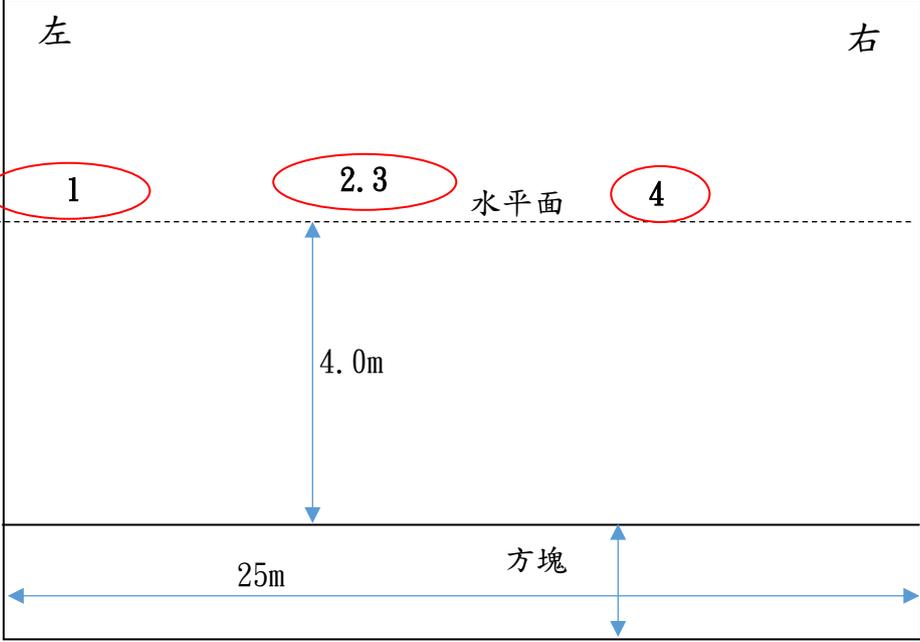
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#57
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/30
異狀簡圖	
說明：#57 箱左側邊、中間段混凝土侵蝕剝落。 	
異狀照片	
	
	

表 5-24 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-3

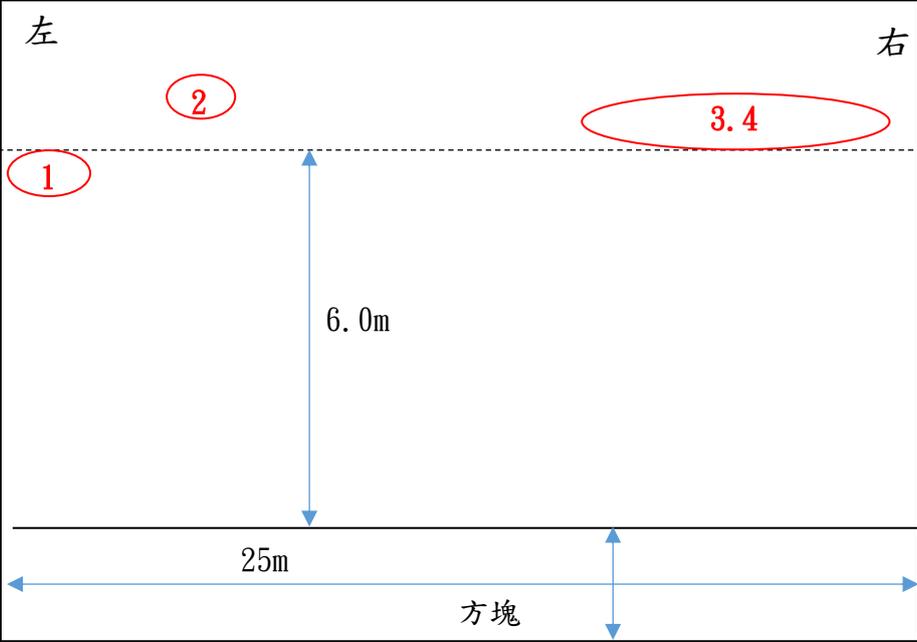
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#58
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/29
異狀簡圖	
<p>說明：沉箱左側邊、中間段及右側邊混凝土侵蝕剝落。</p> 	
異狀照片	
	
	

表 5-25 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-4

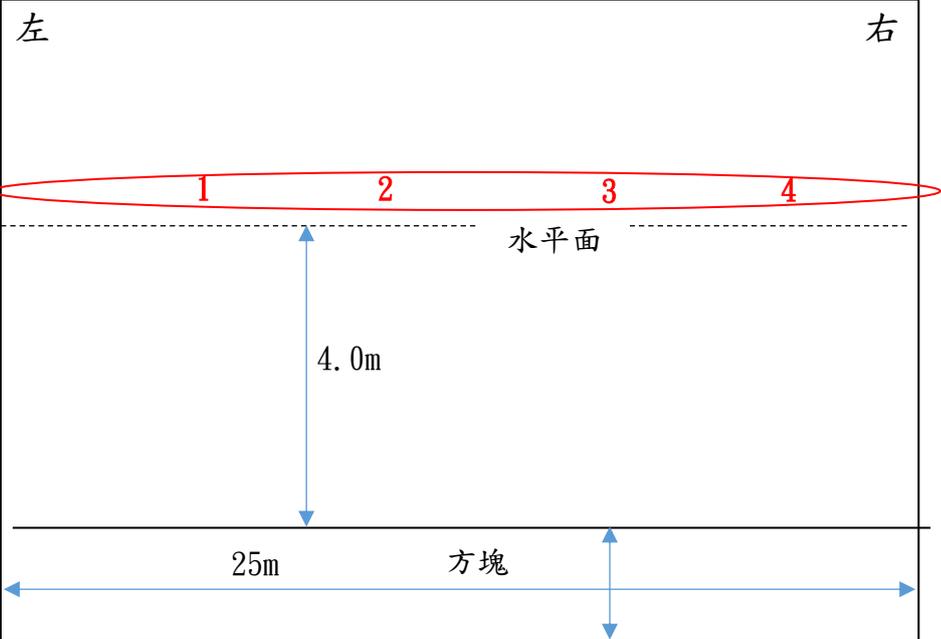
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#59
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/29
異狀簡圖	
<p>說明：#59 箱左側邊、中間段及右側邊混凝土侵蝕剝落。</p> 	
異狀照片	
	

表 5-26 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-5

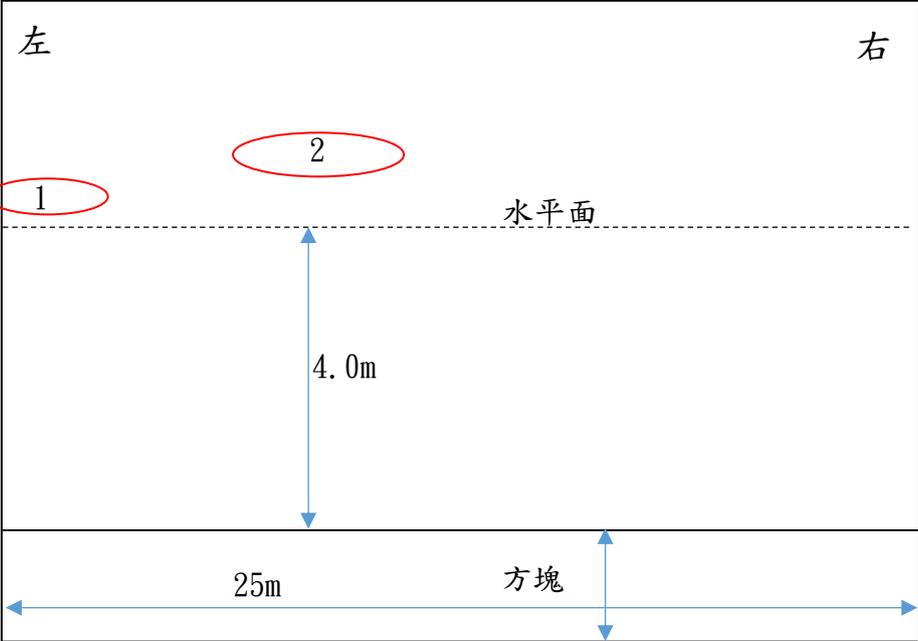
港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#61
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/29
異狀簡圖	
<p>說明：#61 箱左側邊、中間段混凝土侵蝕剝落。</p> 	
異狀照片	
	

表 5-27 臺中港北防波堤港側調查紀錄表-6

港灣名稱：臺中港	沉箱編號：#64
位置名稱：北防波堤-港側	檢測日期：105/11/11
異狀簡圖	
說明：#64 箱左側邊、中間段及右側邊混凝土侵蝕剝落。	
異狀照片	

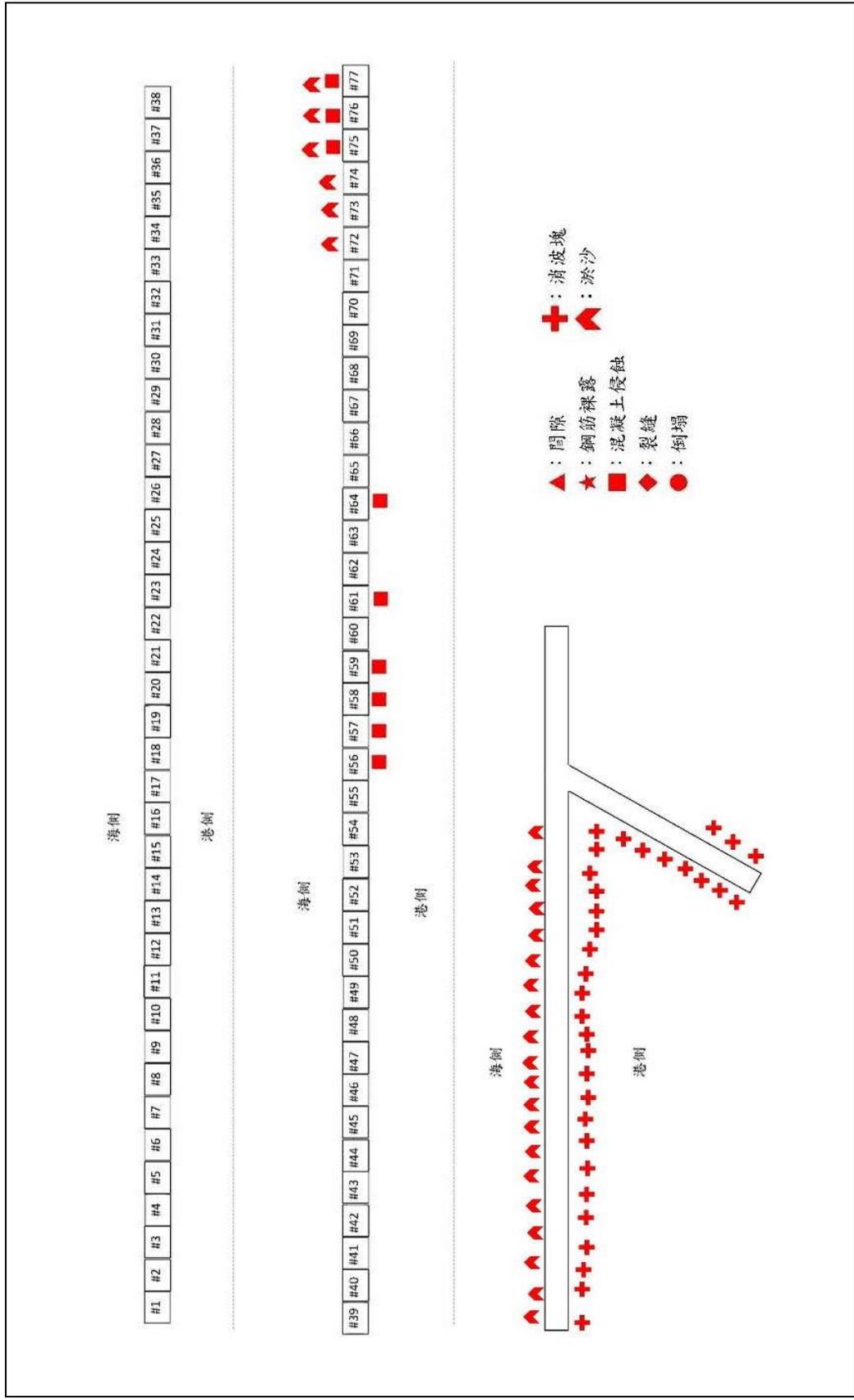


圖 5.9 臺中港南防波堤異狀現象發生位置示意圖

第六章 碼頭與防波堤維護工法

本計畫研究期程共 2 年，第一(104)年完成項目包括：(1)金門港料羅、水頭與九宮三港區碼頭岸上及水下調查；(2)蘇澳港 8 至 13 號碼頭、臺中港 29 號角隅與 30 號碼頭之水下調查；(3)前述港區浮動碼頭基樁、沉箱與棧橋式碼頭鋼樁鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；(4)建置金門港港灣構造物維護管理系統；(5)精進及擴充基隆港港灣構造物維護管理系統。第二(105)年則完成(1)馬祖港福澳、白沙、猛澳青帆與中柱五碼頭區之碼頭與防波堤岸上及水下調查；(2)臺中港南、北防波堤岸上之水下調查；(3)馬祖港福澳、白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱及棧橋式碼頭鋼樁，鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；(4)建置馬祖港港灣構造物維護管理系統。

調查標的之碼頭與防波堤其常見劣化異狀現象，歸納如下：

1. 棧橋式碼頭：面版底部多處鋼筋腐蝕外露與混凝土劣化剝落(蘇澳港 10~13 號碼頭、臺中港 29~30 號碼頭)。
2. 浮動碼頭：基樁與浮箱水上部分表面磨損、鋼材銹蝕；水下部分防蝕系統保護鋼材電位不足(金門港九宮碼頭)。
3. 碼頭岸肩混凝土裂縫或剝落、後線沉陷及附屬設施缺陷(車擋龜裂破損、防舷材龜裂破損、繫船柱腐蝕龜裂...等)，防波堤堤頂混凝土裂縫或剝落(金門、馬祖、臺中與蘇澳港區各調查標的)。

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

6.1 重力式沉箱碼頭或防波堤維護工法

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

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

為配合沉箱式碼頭檢測評估項目，茲將可能之維護管理工法依結構位置及劣化項目，概分為水上部份及水下部份，如表 6-1 所示：

表 6-1 重力式沉箱碼頭或防波堤維護管理工法一覽表

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

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

(資料來源：高雄港務分公司)

6.1.1 水上部份維護管理工法與施作項目

6.1.1.1 胸牆維護

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

1. 胸牆龜裂損傷

(1)輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)

A.維護工法：「裂縫注入工法」

於龜裂損傷處先以清水刷洗乾淨後，再注入低粘滯性之樹脂或

超微水泥漿填塞裂縫，並於表面進行鏝修整補。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥漿、低粘滯性樹脂、速凝劑、鏝整小工。

C.相關規範：

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

(2)明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)

A.維護工法：「充填工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

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

(3)胸牆斷落

A.維護工法：「斷面修復工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

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

2. 胸牆剝離與鋼筋外露

(1) 局部混凝土剝落

A. 維護工法：「充填增厚工法」

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

B. 施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C. 相關規範：

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

(2) 胸牆損傷致高度不足

A. 維護工法：「斷面修復工法」

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

B. 施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C. 相關規範：

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

(3) 混凝土剝落致鋼筋外露

A. 維護工法：「防蝕噴漿工法」

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

B. 施工項目：

波特蘭 II 型抗硫水泥、混凝土鑿除、鋼筋除鏽(置換)、速凝劑、噴凝土施作。

C. 相關規範：

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

6.1.1.2 堤面維護

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

1. 堤面龜裂損傷

(1) 輕微損傷(龜裂寬度目測約<3mm，龜裂長度目測約<5cm)

A. 維護工法：「裂縫注入工法」

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

B. 施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥漿、低粘滯性樹脂、速凝劑、鏟整小工。

C.相關規範：

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

(2)明顯損傷(龜裂寬度目測約>3mm，龜裂長度目測約>5cm)

A.維護工法：「充填增厚工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

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

(3)堤面混凝土斷裂

A.維護工法：「鋪面修復工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

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

章。

2. 堤面沉陷

(1) 輕微不均勻沉陷(輕微積水)

A. 維護工法：「無筋頂面增厚工法」

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

B. 施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土部份鑿除、接著劑、模版組立及混凝土澆置。

C. 相關規範：

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

(2) 明顯不均勻沉陷(嚴重積水)

A. 維護工法：「斷面修復工法」

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

B. 施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C. 相關規範：

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

3. 堤面鋼筋外露

(1)局部混凝土剝落

A.維護工法：「充填增厚工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

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

(2)混凝土剝落致鋼筋外露

A.維護工法：「防蝕噴漿工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、鋼筋除鏽(置換)、速凝劑、噴凝土施作。

C.相關規範：

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

(3)堤面混凝土斷裂

A.維護工法：「斷面修復工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

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

6.1.1.3 沉箱水上維護

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

1. 沉箱變位

(1)堤體變位不明顯(變位量約 $< 5\text{cm}$)

A.維護工法：「沉箱間隙改善工法」

於拋放濾石之樁槽內補拋石料或內填水中混凝土。

B.施工項目：

以濾石拋放或充填水中混凝土。

C.相關規範：

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

(2)堤體變位明顯(變位量約>5cm)

A.維護工法：

- a.「沉箱間隙改善工法」：於拋放瀘石之樺槽內補拋石料，或於施作水中混凝土之樺槽補作。
- b.「堤體穩固工法」：係先進行堤體穩定分析後，可採增加堤面場鑄混凝土厚度(重量)、箱體內填料以混凝土置換或增加背填方式，以抵抗波壓作用穩固堤體安定。

B.施工項目：

- a.「沉箱間隙改善工法」：以瀘石拋放或充填水中混凝土(或麻袋混凝土)。
- b.「堤體穩固工法」：為堤面場鑄混凝土加高、內填料混凝土置換、消波塊吊放。

C.相關規範：

- a.公共工程施工綱要規範第 02319 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章。
- b.公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03052 章、第 03150 章、第 03310 章、第 03390 章、第 03439 章。

(3)堤體嚴重變位(變位量約>10cm)

A.維護工法：

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

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

B.施工項目：

a. 「堤體穩固工法」：為堤面場鑄混凝土加高、內填料混凝土置換、消波塊吊放。

b. 「波壓消減工法」：為基礎整平、襯墊鋪設、堤心石拋放、消波塊海拋。

C.相關規範：

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

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

2. 沉箱傾斜

(1)輕微傾斜(傾斜率約<3%)

A.維護工法：「沉箱間隙改善工法」

於拋放濾石之樺槽內補拋石料或內填水中混凝土。

B.施工項目：

以濾石拋放或充填水中混凝土。

C.相關規範：

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

(2)明顯傾斜(傾斜率約 3~5%)

A.維護工法：「堤體穩固工法」

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

B.施工項目：

堤面場鑄混凝土加高、內填料混凝土置換、消波塊吊放。

C.相關規範：

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

(3)嚴重傾斜(傾斜率約>5%)

A.維護工法：

- a.「堤體穩固工法」：係先進行堤體穩定分析後，可採增加堤面場鑄混凝土厚度(重量)、箱體內填料以混凝土置換或增加背填方式，以抵抗波壓作用穩固堤體安定。
- b.「堤體重置工法」：係先進行堤體穩定分析，並將沉箱起浮拖移後，若舊有沉箱尚能使用則依堤體穩固工法重新加固安放，若斷面安全不足時則需新製大斷面沉箱再行安置。

B.施工項目：

- a.「堤體穩固工法」：堤面場鑄混凝土加高、內填料混凝土置換、消波塊吊放。
- b.「堤體重置工法」：嚴重傾斜之沉箱起浮拖移、襯墊鋪設、堤心石拋放、基礎整平、沉箱製作、沉箱安放、護基方塊吊放、消波塊吊放。

C.相關規範：

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

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

3. 沉箱龜裂損傷

(1)堤體輕微損傷(龜裂寬度目測約 $<3\text{mm}$ ，龜裂長度目測約 $<5\text{cm}$)

A.維護工法：「裂縫注入工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥漿、低粘滯性樹脂、速凝劑、鏟整小工。

C.相關規範：

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

(2)堤體明顯損傷(龜裂寬度目測約 $>3\text{mm}$ ，龜裂長度目測約 $>5\text{cm}$)

A.維護工法：「充填增厚工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

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

(3)堤體混凝土斷裂

A.維護工法：「斷面修復工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、模版組立及混凝土澆置。

C.相關規範：

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

4. 沉箱鋼筋外露

(1)壁體側牆混凝土剝落但鋼筋未外露

A.維護工法：「充填增厚工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、接著劑(樹脂或水泥砂漿)、噴凝土施作。

C.相關規範：

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

(2)壁體剝落致鋼筋外露

A.維護工法：「防蝕灌漿工法」

於混凝土剝落處以高壓水柱去除剝離浮鬆之混凝土後，並以小

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土鑿除、鋼筋除鏽(置換)、速凝劑、噴凝土施作。

C.相關規範：

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

(3)堤體混凝土破洞

A.維護工法：

- a.「置換工法」：係於堤體混凝土破洞處進行局部鑿除後，檢試沉箱孔中淘空情形，拋放卵石填充，至於鋼筋銹蝕部份予以除鏽，或於斷裂部份切除後置換，再封模澆築場鑄混凝土。
- b.「鋼支堡工法」：係於堤體破損區內部設置縱橫 H 型鋼肋、覆襯外部鋼模後澆鑄混凝土，藉以提昇恢復支承機能與安定結構剛性耐力。

B.施工項目：

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

C.相關規範：

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

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

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

6.1.2 水下部份維護管理工法與施作項目

6.1.2.1 沉箱水下維護

沉箱水下部份之維護項目以探討龜裂損傷為主。茲將其對應之可能工法列述如下：

1. 沉箱龜裂損傷

(1)堤體輕微損傷(龜裂寬度目測約 $<3\text{mm}$ ，龜裂長度目測約 $<5\text{cm}$)

A.維護工法：「裂縫注入工法」

於龜裂損傷處先以清水刷洗乾淨後，再注入低粘滯性之樹脂填塞裂縫。

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥漿、低粘滯性樹脂、速凝劑、潛水俠施作。

C.相關規範：

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

(2)堤體明顯損傷(龜裂寬度目測約 $>3\text{mm}$ ，龜裂長度目測約 $>5\text{cm}$)

A.維護工法：「充填增厚工法」

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

B.施工項目：

波特蘭Ⅱ型抗硫水泥、混凝土局部鑿除、速凝劑、潛水噴凝土施作。

C.相關規範：

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

(3)壁體剝落致鋼筋外露

A.維護工法：「防蝕灌漿工法」

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

B.施工項目：

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

C.相關規範：

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

(4)堤體混凝土斷裂(破洞)

A.維護工法：

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

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

B. 施工項目：

- a. 「覆襯工法」：為水下攝影、混凝土鑿除(潛水俠作業)、卵石充填、鋼筋除鏽或置換、鋼模錨碇、鋼纜拉焊、波特蘭 II 型抗硫水泥、速凝劑、水中混凝土(特密管)施作。
- b. 「鋼支堡工法」：為水下攝影、混凝土鑿除(潛水俠作業)、鋼筋切除、置換 H 型鋼肋、覆襯外部鋼模、壁虎錨栓施作、鋼纜拉焊、波特蘭 II 型抗硫水泥、速凝劑、水中混凝土(特密管)施作。

C. 相關規範：

- a. 公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02353 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。
- b. 公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 02354 章、第 02422 章、第 03050 章、第 03052 章、第 03110 章、第 03150 章、第 03210 章、第 03310 章、第 03360 章、第 03390 章。

6.1.2.2 護基方塊維護

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

1. 護基方塊變位

- (1) 部分發生下陷位移(變位量約<5cm)

A.維護工法：「方塊固結工法」

於局部下陷位移區以水中混凝土進行護基方塊固結作業。

B.施工項目：

水下攝影、水中混凝土施作。

C.相關規範：

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

(2)小規模下陷位移(變位量約 5~10cm)

A.維護工法：「重置改善工法」

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

B.施工項目：

水下攝影、護基方塊吊移、堤心石加拋整平、護基方塊水下重置排整。

C.相關規範：

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

(3)大範圍下陷位移(變位量約>10cm)

A.維護工法：「新製補強工法」

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

B.施工項目：

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

C.相關規範：

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

6.1.2.3 消波塊維護

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

1. 消波塊滑落與沉陷

(1)部分消波塊移動或滾落

A.維護工法：「加拋改善工法」

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

B.施工項目：

水下攝影勘測、加製原有消波塊、消波塊吊拋。

C.相關規範：

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

(2)消波塊散落沉陷達一層，堤體滑動安全率有減低之虞

A.維護工法：「新製加重工法」

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

B.施工項目：

水下攝影勘測、消波塊新製、消波塊吊拋補強。

C.相關規範：

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

(3)消波斷面減少，堤體滑動安全率已減低

A.維護工法：「加寬補強工法」

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

B.施工項目：

水下攝影勘測、襯墊鋪設、堤心石加寬拋放、消波塊新製、消波塊吊拋補強。

C.相關規範：

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

6.1.2.4 基礎海床維護

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

1. 基礎海床沖刷

(1)輕微沖刷(沖刷坑深度約<50cm)

A.維護工法：「拋石護基工法」

先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再局部拋放卵塊石護基。

B.施工項目：

水深地形勘測、卵塊石拋放。

C.相關規範：

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

(2)大量沖刷(沖刷坑深度約 50~100cm)

A.維護工法：

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

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

B.施工項目：

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

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

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

C.相關規範：

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

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

(3)嚴重沖刷(沖刷坑深度約>100cm)

A.維護工法：「基礎加寬補強工法」

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

B.施工項目：

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

C.相關規範：

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

6.2 棧橋式碼頭

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

依據檢測項目及劣化程度，將可能之維護管理工法依檢測項目分為基礎掏刷、護坡破壞、法線變位三部份，如表 6-2 所示，並分項探討如次：

表 6-2 棧橋式碼頭維護管理工法一覽表

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

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

6.2.1 上部結構維護管理工法及施作項目

6.2.1.1 碼頭面板龜裂、下陷、鋼筋腐蝕

1. 局部可見鏽水、2~3 個部位有龜裂

(1) 維護工法：「表面處理工法」

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

(2) 施工項目：

環氧樹脂塗敷。

(3) 相關規範：

公共工程施工綱要規範第 09961 章。

2. 混凝土數個部位有龜裂、鋼筋露出未腐蝕、面板輕微不均勻沉陷

(1) 維護工法：

- A. 「FRP 接合法」：混凝土斷面的外面接合玻璃纖維、碳纖維等纖維材料，使其與既有構材成為一體，而且在其上面反覆塗上環氧樹脂等基材(如圖 6.1 所示)。

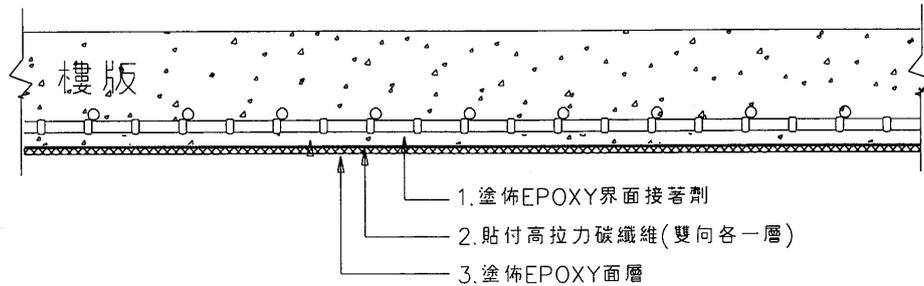


圖 6.1 「FRP 接合法」示意圖

(資料來源：高雄港務分公司)

- B. 「脫鹽工法」：係於混凝土外設置外部電極，使其與電源正極連接。混凝土內鋼筋則與電源負極連接，其間通入較大電流，密度約為 $1A/m^2$ ，通電期間約 1~2 個月，藉電化學將混凝土中之氯離子移出混凝土外而達到保護鋼筋之目的，其裝置示如圖 6.2。

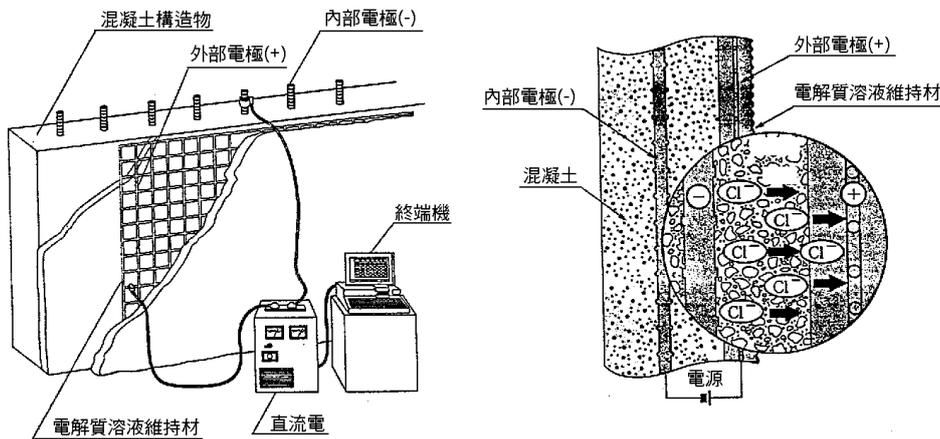


圖 6.2 「脫鹽工法」示意圖

(資料來源：高雄港務分公司)

(2) 施工項目：

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

B. 「脫鹽工法」：連接電源、通電。

(3)相關規範：

A. 「FRP 接合工法」：公共工程施工綱要規範第 09969 章。

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

3. 混凝土裂縫擴散到整個面板、鋼筋露出且腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離嚴重

(1)維護工法：

A. 「鋼筋除鏽防蝕法+填充工法」：去除鋼筋周圍鬆託之混凝土，並對鋼筋除鏽，以及噴塗防蝕性材料或採用防蝕工法處理後，再以樹脂砂漿填補並抹平(如圖 6.3 所示)。

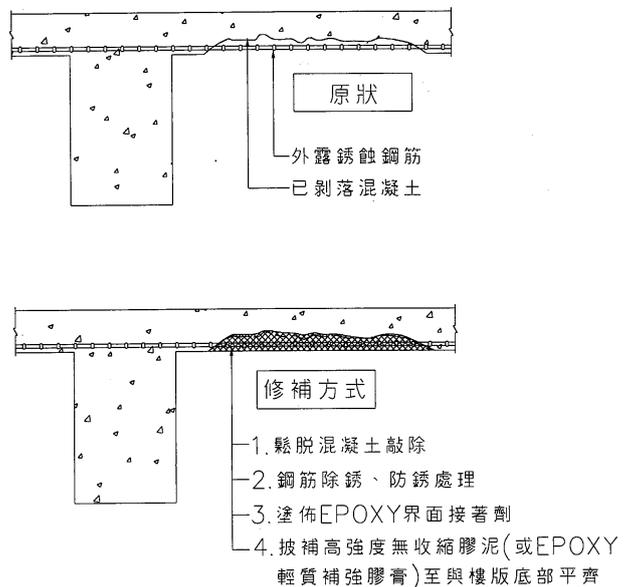


圖 6.3 「鋼筋除鏽防蝕法+填充工法」示意圖

(資料來源：高雄港務分公司)

B. 「打設工法」：係將舊有構材之一部份或全部予以鑿除，再重

新打設新鋼筋混凝土。為確保構造物之承載力，必要時得採用預鑄方式。

(2)施工項目：

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

B.「打設工法」：混凝土鑿除、打設新鋼筋混凝土。

(3)相關規範：

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

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

6.2.1.2 格梁混凝土裂縫、剝落、鋼筋腐蝕

1. 局部可見鏽水、2~3 個部位裂縫、混凝土剝落

(1)維護工法：「裂縫注射工法」

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

(2)施工項目：

表面清洗、低粘滯性之樹脂或超微水泥漿填縫、表面鏟整。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03601 章及第 03350 章。

2. 混凝土數個部位有裂縫、鋼筋露出未腐蝕、混凝土鬆動剝落

(1)維護工法：

- A. 「FRP 接合工法」：混凝土斷面的外面接合玻璃纖維、碳纖維等纖維材料，使其與既有構材成為一體，而且在其上面反覆塗上環氧樹脂等基材。
- B. 「電氣防蝕工法」：係於混凝土表面設置陽極材，利用防蝕電流供給鋼筋，使其成為陰極材，而達到鋼筋腐蝕反應停止之工法。本工法計有外加電源法及犧牲陽極法二種方式，其電源正極連接陽極材，負極則與鋼筋連接。

(2)施工項目：

- A. 「FRP 接合工法」：表面清洗、塗敷接著劑、纖維強化複合材料黏貼、塗敷面層。
- B. 「電氣防蝕工法」：陽極材設置。

(3)相關規範：

- A. 「FRP 接合工法」：公共工程施工綱要規範第 09969 章。
- B. 「電氣防蝕工法」：無相關規範，乃利用電化學原理，使混凝土中之鋼筋成為陰極，使不致放出電子而氧化，以達到保護之目的。

3. 混凝土裂縫擴散整個隔樑、鋼筋露出且腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離

(1)維護工法：

- A. 「斷面修復工法」：將損壞之混凝土構件需敲除後，並清洗舊有混凝土表面並組模，再依新舊混凝土交界之施工方式修復嚴重受損之結構元件，置入骨材，再注入低粘滯性之樹脂(如圖 6.4 所示)。

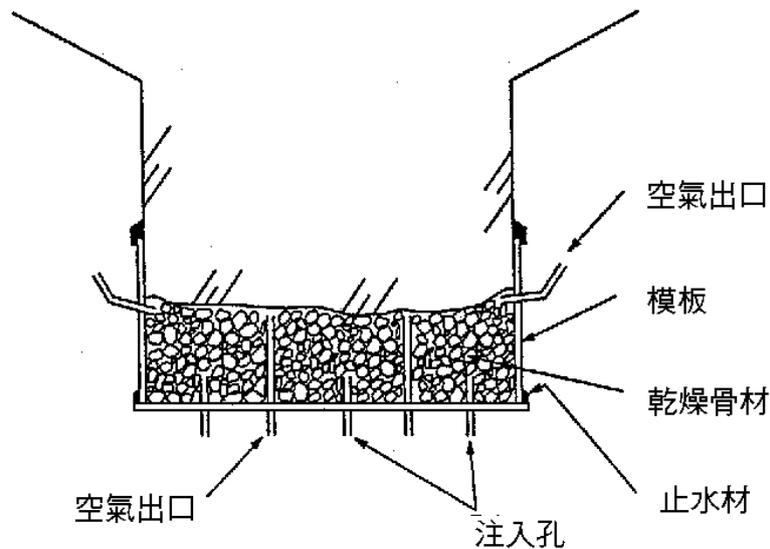


圖 6.4 隔樑斷面修復工法示意圖

(資料來源：高雄港務分公司)

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

(2) 施工項目：

- A. 「斷面修復工法」：混凝土鑿除、表面清洗、模版組立、鋼筋植入、骨材安置、環氧樹脂注入。
- B. 「預力工法」：原有混凝土鑿除、混凝土斷面外側配置 PC 鋼材。

(3) 相關規範：

- A. 「斷面修復工法」：公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03110 章、第 03210 章及第 09622 章。
- B. 「預力工法」：公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03110 章及第 03380 章。

6.2.2 基礎、護坡維護管理工法及施作項目

6.2.2.1 基礎掏刷

1. 基礎輕微淘刷

(1)維護工法：「拋石護基工法」

先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再局部拋放卵塊石護基。

(2)施工項目：

水深地形勘測、卵塊石拋放。

(3)相關規範：

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

2. 基礎明顯淘刷

(1)維護工法：「拋放麻袋混凝土法」

先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再進行麻袋混凝土拋放之沖刷防護措施。

(2)施工項目：

水深地形勘測、麻袋混凝土拋放。

(3)相關規範：

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

3. 基礎嚴重沖刷

(1)維護工法：「新增護基方塊法」

先進行水深地形勘測確認沖刷區位與規模，再進行新增護基方塊之沖刷防護措施。

(2)施工項目：

水深地形勘測、襯墊鋪設、卵塊石拋放、護基方塊新製、護基方塊吊拋。

(3)相關規範：

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

6.2.2.2 護坡破壞

1. 護坡塊石輕微受損

(1)維護工法：「加拋改善工法」

先以水下攝影確認移動或滾落區位與規模，再進行塊石加拋改善作業，以恢復原狀。

(2)施工項目：

水深地形勘測、塊石拋放。

(3)相關規範：

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

2. 護坡塊石明顯受損

(1)維護工法：「塊石加重法」

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

(2)施工項目：

水深地形勘測、加重塊石拋放。

(3)相關規範：

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

3. 護坡塊石嚴重受損

(1) 維護工法：「加重加厚補強法」

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

(2) 施工項目：

水深地形勘測、加重塊石拋放。

(3) 相關規範：

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

6.2.2.3 法線變位

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

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

(1) 維護工法：「增打基樁工法」

以增打基樁方式為例，其施作項目包括上部結構局部敲除、基樁打設、基礎拋石護坡整平、上部結構施作等。詳如圖 6.5 所示。

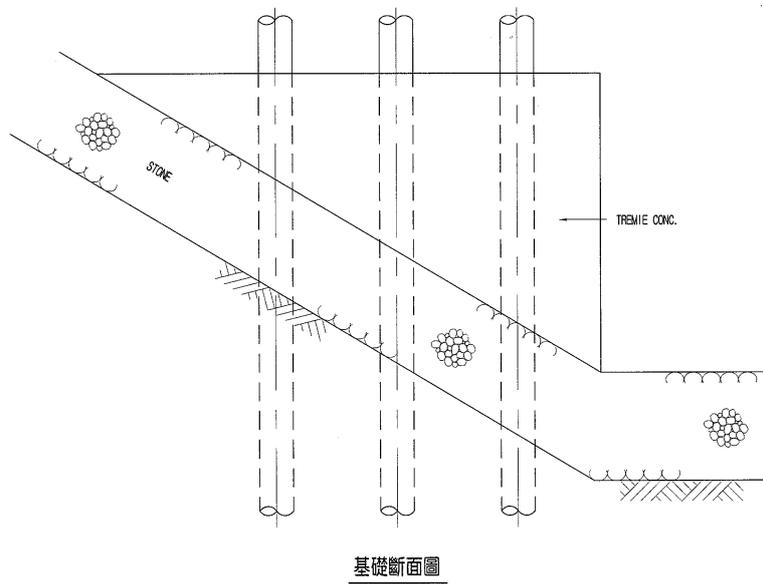
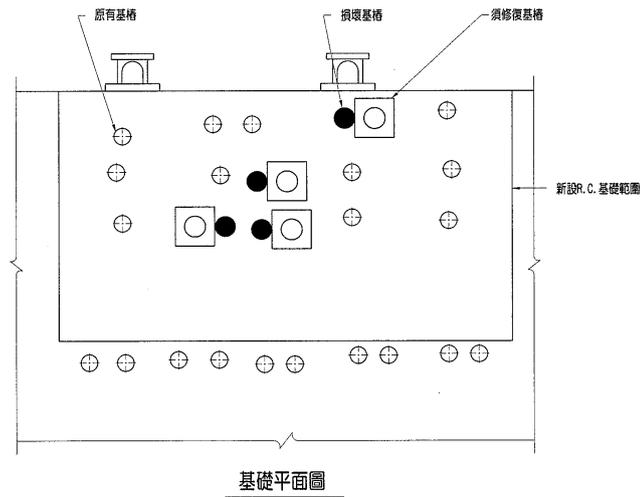


圖 6.5 增打基樁工法

（資料來源：高雄港務分公司）

(2) 施工項目：

上部結構局部敲除、基樁打設、基礎拋石護坡整平、上部結構施作。

(3) 相關規範：

公共工程施工綱要規範第 02220 章及第 02392 章。

2. 法線嚴重變位：「前端新設結構工法+陸側減壓工法」。「前端新設結

構工法」說明如下：

(1)維護工法：「前端新設結構工法」

因前端新設結構物工法將造成原法線前移。在每一個港灣設施之情況不同下，可採用的方法不僅無統一之標準，且可選擇性非常多樣化，需視碼頭之情形而定。建議應請顧問公司或學者專家依最新規範及檢測結果評估該碼頭適用性及補強設計。主結構體之修補可依本所『港灣設施防災技術之研究(二)—港灣設施防災對策之研究』整理之國內外相關案例，可採前端新設結構工法(如圖 6.6 至圖 6.9 所示)。

(2)施工項目：

需視採用之工法而定。

(3)相關規範：

需視採用之工法而定。

6.2.2.4 防蝕包覆破損、脫落

1. 防蝕包覆破損

(1)維護工法：「防蝕包覆修補法」

鋼管樁平滑處先固定剪力釘，其餘部位以重防蝕材被覆，以弧形鋼板壓住防蝕材並以螺栓固定於剪力釘上，弧形內空間注入漿材形成保護層，其補修斷面圖如圖 6.10 所示。

(2)施工項目：

剪力釘焊接、固定弧形鋼板、貫注漿材。

(3)相關規範：

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

一般鋼料銲接(詳附錄一 A)。

2. 防蝕包覆脫落

(1)維護工法：「防蝕包覆重鋪法」

重新施作包裹防蝕施工，並加強固定方式。

(2)施工項目：

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

(3)相關規範：

鋼管樁包裹防蝕(詳附錄一 D)。

SA 1	背面：棧橋後方增設基樁工法
工法概要	既設棧橋後方增加打設基樁，並使上部結構一體化
SA 2	中間：棧橋中間增設基樁工法
工法概要	既設棧橋中間增加打設基樁，上部結構重新施作
SB 1	中間：基樁支撐(brace)工法
工法概要	既設棧橋原基樁加設支撐(brace)，增加抗力

圖 6.6 前端新設結構工法(資料來源：高雄港務分公司)

SB 2	基樁斷面加強工法
工法概要	原有基樁以混凝土或雙重套管基樁方式加強，上部結構重新施作
SB 3	加設地錨工法
工法概要	在基樁中間加設地錨，增加抗力

圖 6.7 前端新設結構工法(續 1)

(資料來源：高雄港務分公司)

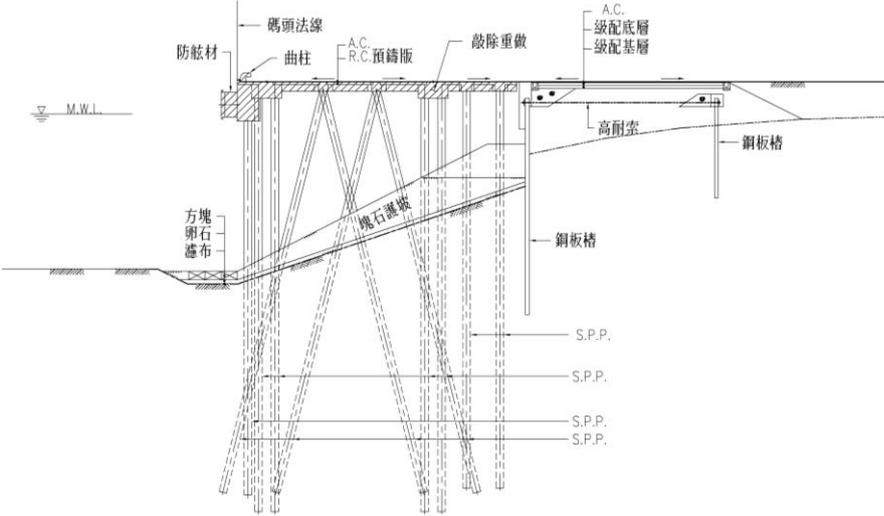
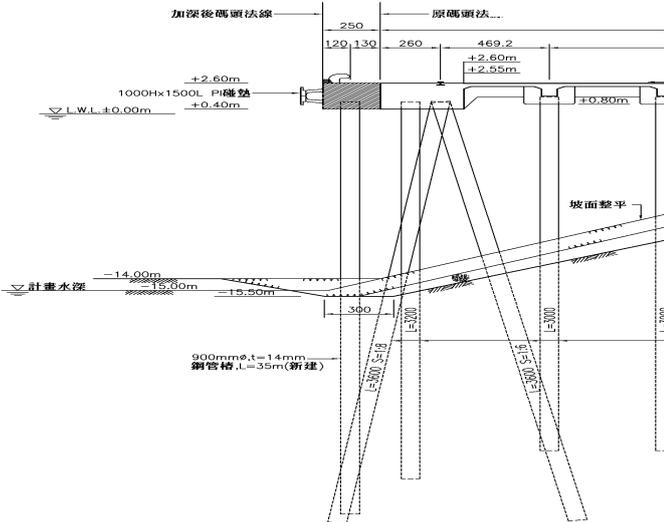
SC1	拆除重設工法
工法概要	上部結構拆除重作(原基樁抗力足夠為前提)
	
SD1	前方加設基樁工法
工法概要	原碼頭前方加設基樁上部結構一體化處理
	

圖 6.8 前端新設結構工法(續 2)

(資料來源：高雄港務分公司)

SE1	前方設鋼板樁擋土工法
工法概要	前方設鋼板樁擋土，上部結構重作降低基樁應力
SF1	棚式構造物改良工法
工法概要	前方新設鋼板樁上部結構一體化，降低基樁應力
SF2	新設鋼板樁工法
工法概要	前方新設鋼板樁，以原棧橋結構為錨碇設施

圖 6.9 前端新設結構工法(續 3)

(資料來源：交通部高雄港務局)

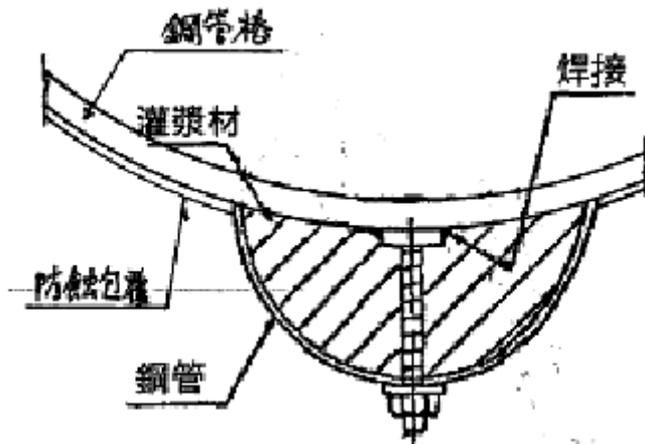


圖 6.10 防蝕包覆修補法

(資料來源：高雄港務分公司)

6.2.2.5 基樁腐蝕及變形

1. 基樁局部區域有鏽蝕集中

(1) 維護工法：「水中硬化環氧樹脂塗附法」

一般處理方法為刮除鏽點後，鏽蝕位置塗附水中硬化環氧樹脂，阻絕持續腐蝕因子。

(2) 施工項目：

潛水伏清除板樁鏽點及海生物、分層塗裝水中硬化環氧樹脂。

(3) 相關規範：

水中硬化劑塗裝工程(詳附錄一 B)。

2. 帶狀鏽蝕、局部穿孔

(1) 維護工法：

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

頭外部以黏土及保護套保護之，如圖 6.11 所示。

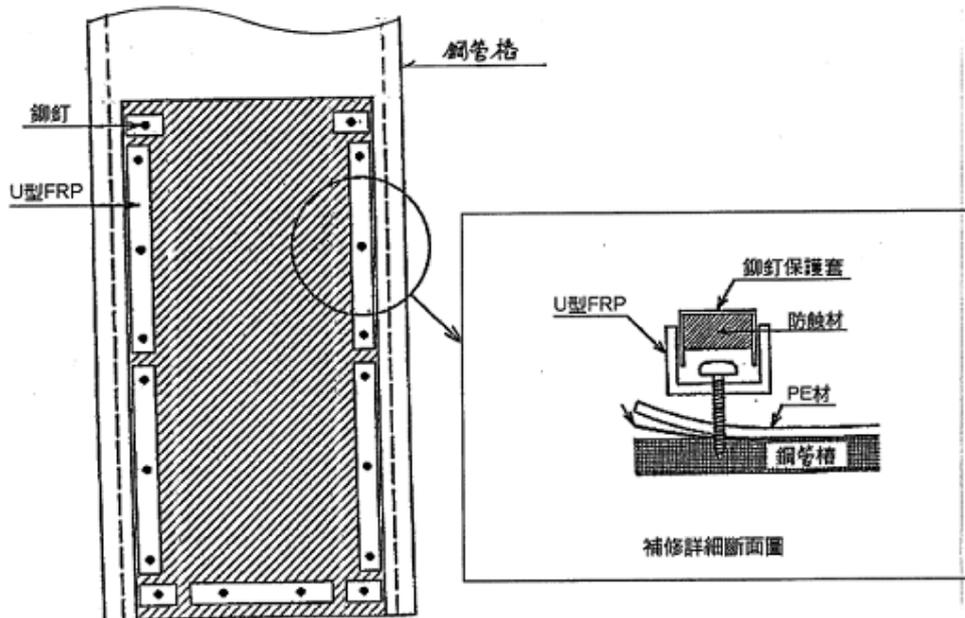


圖 6.11 鉚釘打設工法

(資料來源：高雄港務分公司)

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

(2)施工項目：

- A. 「鉚釘打設工法」：表面噴砂處理、防蝕帶覆蓋、PE/PU 材被覆，U 型 FRP 壓條以鉚釘固定。
- B. 「鈦合金被覆工法」：高鎳合金鋼剪力釘、防蝕帶貼付、鈦合金薄鋼板被覆、厚膜型環氧樹脂塗佈。

(3)相關規範：

鋼管樁包裹防蝕(詳附錄一 D)。

3. 連續性鋼管樁鏽蝕，鋼管樁表面穿孔範圍擴大、基樁嚴重傾斜、破

裂現象或樁體有曲折現象。

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

(1)維護工法：「基樁斷面增強工法」

損傷部份周圍先以防蝕材貼附，外側再以半圓形鋼板或 FRP 包覆，於主樁與外套管間空隙填灌混凝土或砂漿，鋼構造外套管並用防蝕材塗佈，其斷面圖如圖 6.12 所示。

(2)施工項目：

防蝕材貼附、外套管包覆、水泥砂漿填灌，防蝕處理。

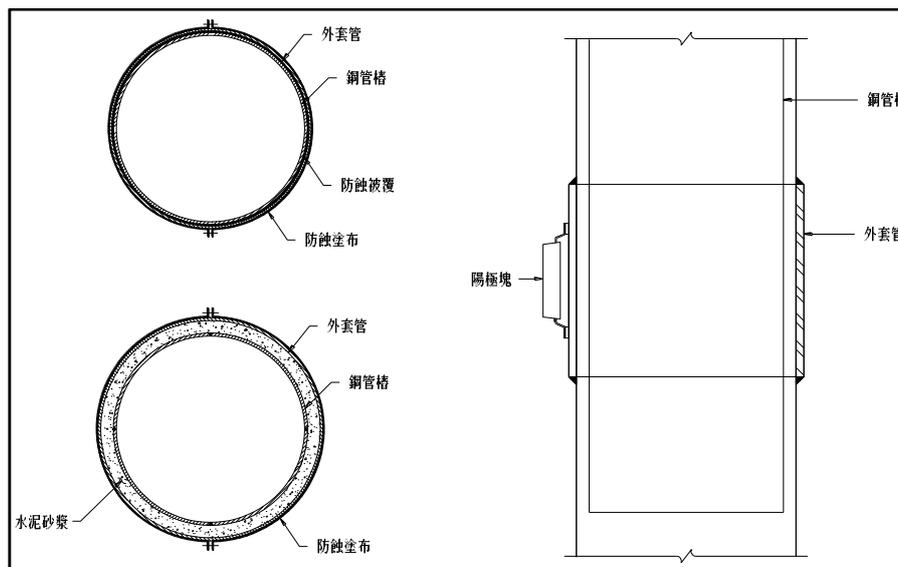


圖 6.12 基樁斷面增強工法

(資料來源：高雄港務分公司)

(3)相關規範：

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

6.2.2.6 PC 或 RC 樁之混凝土裂縫、剝落、鋼筋腐蝕

1. 局部可見鏽水、2~3 個部位裂縫、混凝土剝落

(1)維護工法：「水壓式裂縫注射工法」

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

(2)施工項目：

表面清洗、排水性止漏劑或超微水泥漿填縫等。

(3)相關規範：

公共工程施工綱要規範第 03601 章及第 03350 章。

2. 混凝土數個部位有裂縫、鋼筋露出未腐蝕、混凝土鬆動剝落

(1)維護工法：

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

B. 「電氣附著工法」：係於海水中投入陽極材，並使其與電源正極相連，而混凝土中之鋼筋則與電源負極連接，使成一迴路，藉直流電之微弱電流通電數月，則海水中溶存之鈣離子或鎂離子往混凝土表面移動，並於混凝土表面或裂縫處析出碳酸鈣或氫氧化鎂生成物並附著其上，形成保護膜阻絕腐蝕因子進入混凝土內部，達到保護之功效。本工法裝置示意如下圖(圖 6.13)。

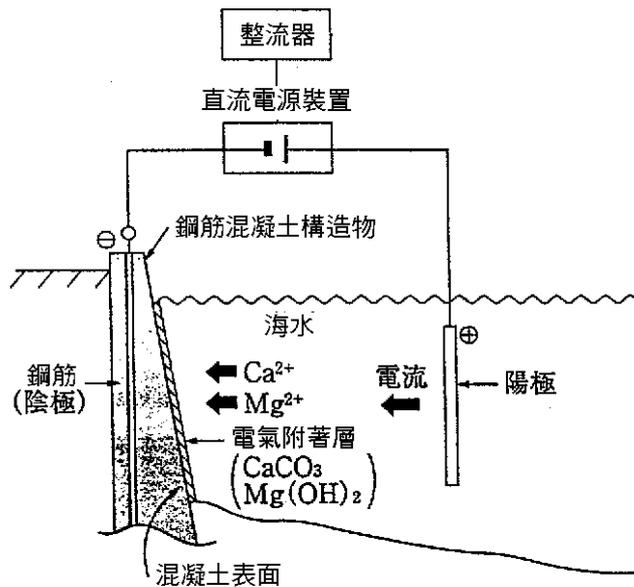


圖 6.13 電氣附著工法

(資料來源：高雄港務分公司)

(2) 施工項目：

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

B. 「電氣附著工法」：陽極材投入海水中、連接電源、通電。

(3) 相關規範：

A. 「FRP 接合工法」：公共工程施工綱要規範第 09969 章。

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

3. 混凝土裂縫擴散成整個樁圍、鋼筋露出且腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離

(1) 維護工法：

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

元件，並組鋼模後，再注入 EPOXY(如圖 6.14 所示)。

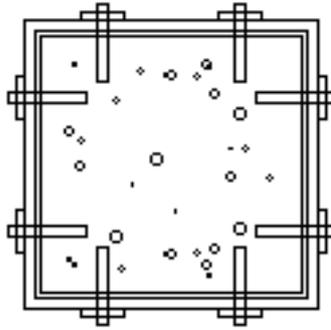


圖 6.14 樁體外鋼板補強工法示意圖

(資料來源：高雄港務分公司)

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

(2)施工項目：

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

- B. 「增厚工法」：鋼筋彎紮、打設混凝土。

(3)相關規範：

- A. 「鋼板補強工法」：公共工程施工綱要規範第 02220 章、第 03050 章、第 03110 章、第 03210 章及第 09622 章。
- B. 「增厚工法」：公共工程施工綱要規範第 03050 章、第 03110 章及第 03210 章。

6.3 RC 材料劣化維護工法

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

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

6.3.1 鋼筋腐蝕及混凝土劣化處理相關工法

1. 陰極防蝕法

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

(1) 外加電流法：

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

(2) 犧牲陽極法：

利用自然電位較低之金屬(如 Mg、Al、Zn)做為陽極，與被保護

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

- A. 鋅熔射方式：使用熔射鋅層被覆作為陽極，為防止高溫、高溼等嚴苛環境之破壞作用，一般常於壓克力樹脂施予封孔處理。施工時需先清除剝落的混凝土並噴砂處理至裸露的鋼筋表面，再將鋅熔射噴塗至混凝土及裸露的鋼筋表面，藉由鋅與鋼筋電連通之傳導或經由混凝土為介質，達到陰極保護的目的。鋅塗層之噴塗厚度為 0.38~0.5 mm (15~20 mils)，鋅與混凝土之結合力為 1,034 kPa (150 psi)。若鋅塗層未直接噴塗於舊有鋼筋表面，亦可使用外加電流的方式進行陰極保護。
- B. 鋅板方式：鋅板採用 ASTM A 190 的 99.9% 純鋅製成，密度為 0.02 kg/m^3 ，以基樁為例製成鋅板，直接包覆於混凝土表面，鋅板外層再利用 50% 塑膠與 50% 木質纖維製成之夾板包覆，夾板內側有凹槽可匯聚水氣以增加混凝土的導電性，並藉潮汐漲落可將鋅的氧化產物沖洗掉；而此夾板的固定方式則是利用不銹鋼圈箍繫在舊有基樁結構上。鋅板與鋼筋間則利用銅線連接使之電連通。
- C. 犧牲式陰極保護基樁夾層：此法為鋅板系統之改良，為基樁 RC 結構於水下帶、潮間帶、飛沫帶之陰極防蝕使用。工法中以鋅網為主要陽極，內置於玻璃纖維製成之基樁夾層內，而另一鋅塊為輔助陽極，置於低潮線下 0.6 m 的海水中，利用銅線將陽極與鋼筋連接。施工時將兩片夾層包覆於混凝土表面，夾層與混凝土間間距 5 cm，然後以砂漿水泥灌注夾層。此系統不需外加電源且完工後甚少需維護，造價及施工均較外加電流式陰極保護系統經濟，已被 FDOT 廣為使用於海水環境下之陰極防蝕。

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

2. 電化學去鹽法

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

3. 電化學還鹼法

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

6.3.2 混凝土表面缺陷維護工法

混凝土表層缺陷維修工法包括表面處理工法、裂縫修復工法、表層缺陷修復工法。

1. 表面處理工法

表面處理工法之基本理念是使得目前結構物更為美觀，且經由

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

(1)酸洗：

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

(2)噴砂：

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

(3)表面塗裝：

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

2. 裂縫修補工法

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

(1)表面封閉修補法：

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

(2)壓力灌漿修補法：

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

(3)注射工法：

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

(4)表面黏貼法：

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

3. 表層缺陷修補工法：

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

(1)填充工法：

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

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

(2) 混凝土修補法：

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

(3) 水泥砂漿修補法：

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

(4) 噴漿修補法：

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

預期的修補效果，噴漿前應做好以下準備工作：

- A.對舊混凝土進行打毛處理，並將表面清理乾淨。打毛面須有一定深度，否則會影響其與舊混凝土間之黏結。
- B.在施工前應進行鋼筋網或鋼絲網製作和安裝，並固定位置。
- C.在噴漿前一小時，應對修補面灑水，使其保持濕潤狀態，以確保噴漿與修補面能良好結合。
- D.當修補面有滲水時，應先使其陰乾。

(5)混凝土接著劑修補法：

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

(6)環氧樹脂材料的修補法：

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

A.表面修補的技術要求：

- (a)混凝土表面應先加以打毛，保持平整、乾燥、堅固與密實。
- (b)混凝土表面處理可用人工打毛，然後用高壓噴水或高速壓縮空氣吹淨，或採用風砂槍噴砂除淨等方法。
- (c)鋼筋若腐蝕必須先行除銹。

B.施工時之要求：

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

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

C.澆築混凝土：

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

D.環氧樹脂材料的養護：

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

E.環氧樹脂材料施工注意事項：

- (a)環氧樹脂材料每次的配製數量，應根據施工能力來決定，因為環氧樹脂加入硬化劑後，即開始起化學反應，故配製好的環氧樹脂材料的使用時間有一定的限制。
- (b)已拌製好的環氧樹脂材料，必須分散堆放，以免提前硬化。配料時用的器皿宜廣口淺底，易於散熱，並不斷攪拌。
- (c)塗抹、澆築和養護環氧樹脂材料時，必須進行嚴格溫度控制，以防溫度變化時對環氧材料的施工品質產生不良影響。
- (d)環氧樹脂材料的組成份，大都具有良好之揮發性，因此施工現場必須保持通風，避免有害氣體對人體產生不良影響。同時嚴格注意防火和勞工保護，操作人員須戴口罩和橡皮手套。人體與環氧材料接觸後，可用工業酒精、肥皂水與清水多次清洗。嚴禁使用有機溶劑清洗，以免有機溶劑將環氧材料稀釋，更易於滲入人體皮膚。
- (e)施工用具用後可用丙酮、甲苯、二甲苯等溶劑清洗。若環氧材料已硬固黏結在工具上，可加熱刮掉，但不能燃燒，以免產生有毒煙氣，危害人體健康。
- (f)在施工過程中，不可將用過的器具以及殘液隨便拋棄或投入河川溪流中，以免水質污染和發生中毒事故。

6.4 碼頭面版腐蝕劣化之一般維護工法

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

6.4.1 碳纖維補強工法

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

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

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

6.4.2 低壓灌注補強工法

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

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

6.4.3 鋼筋外露補修工法

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

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

6.4.4 無收縮水泥灌漿工法

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

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

6.4.5 面版修護之施工程序

碼頭面版修復施工程序，其流程示如圖 6.15 所示。

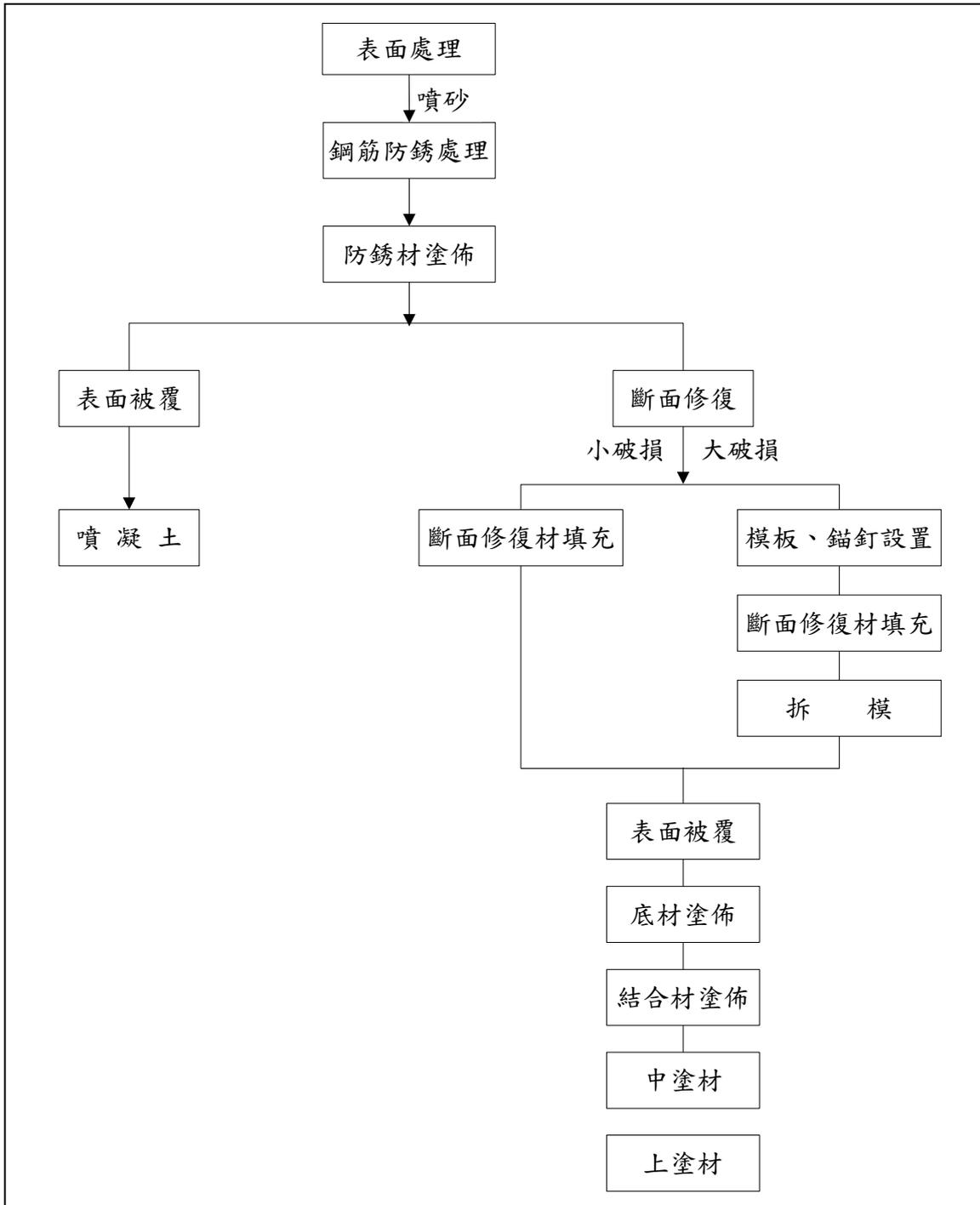


圖 6.15 碼頭面版修復施工程序流程

(資料來源：高雄港務分公司)

第七章 港灣構造物維護管理系統

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

7.1 新建馬祖港維護管理資料庫

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

1. 基本資料模組：

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

使用者可於系統首頁選擇”基本資料模組”後，以地圖或下拉式選單選擇港區(如圖 7.1)，選擇”馬祖港區”，進入港區地圖(如圖 7.2)，之後選擇碼頭區(在此以南竿福澳碼頭區為例)後，即可顯示碼頭區之基本資料(如圖 7.3)。

於圖 7.3 碼頭區基本資料可選擇”碼頭資料列表”、”碼頭選擇”、”防波堤選擇”、”浮動碼頭選擇”，分別展示該港區各設施之資料，如圖 7.4、圖 7.5、圖 7.6。

另可於圖 7.4 碼頭基本資料選擇”單元基本資料”與”斷面圖”進行查詢，如圖 7.7、圖 7.8。

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出
 直接以下拉選單選擇 基隆港

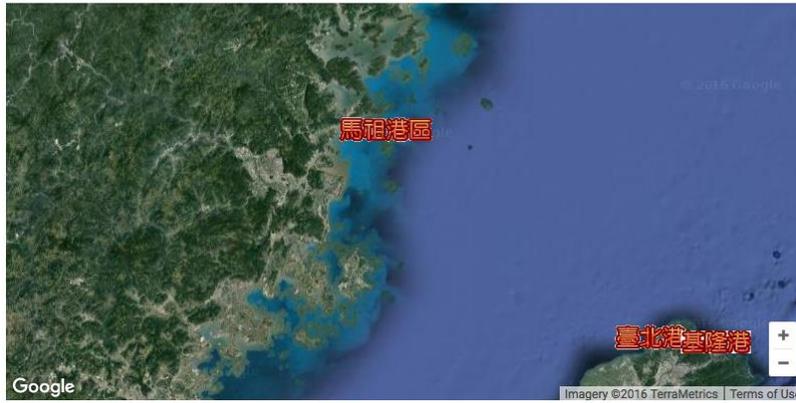


圖 7.1 基本資料模組港區選擇

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出



圖 7.2 基本資料模組碼頭區選擇

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

港灣名稱	福澳碼頭區		
碼頭數量	7個		
碼頭資料列表	選擇		
碼頭選擇[地圖]	選擇	1號碼頭 <input type="button" value="選擇"/>	
防波堤選擇[地圖]	選擇	北防波堤 <input type="button" value="選擇"/>	
浮動碼頭選擇[地圖]	選擇	福澳碼頭區1號浮動碼頭 <input type="button" value="選擇"/>	
<p>位於馬祖政經中心之南竿島北側福澳灣，為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。福澳港區位於北緯26.05°、東經119.43°，港內現有營運碼頭9座，分別供小貨船、臺馬貨輪、離島交通船及小三通客輪使用。本碼頭區範圍畫定已於102年5月10日交航字第1025006047號函奉交通部核定，據以修正商港範圍並予以公告，總面積約90.75公頃，包括水域面積70.36公頃(含錨區19.6公頃)及陸域面積20.39公頃。</p> <p style="text-align: center;">查詢港灣歷史資料</p>			

圖 7.3 基本資料模組-碼頭區基本資料展示



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

碼頭名稱	1號碼頭		
碼頭長度(M)	148		
設計水深(M)	-2		
可靠泊水深(M)	-2		
泊船噸位(T)			
用途說明	小貨輪碼頭		
單元數量	6		
	顯示碼頭單元資料		
碼頭型式	重力式		
建造日期	-	經常巡查日期	20160810
建造經費	-	定期巡查日期	None



圖 7.4 基本資料模組-碼頭展示(以福澳碼頭區#1 碼頭為例)

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

福澳碼頭區北防波堤單元基本資料列表				
固定設施				
單元編號	單元長度(M)	單元照片(起)	單元照片(迄)	單元設計圖
1號單元	25			設計圖
2號單元	25			設計圖

圖 7.5 基本資料模組-防波堤展示(以福澳碼頭區北防波堤為例)

福澳碼頭區1號浮動碼頭基本資料表														
固定設施														
碼頭照片	構件列表													
	<table border="1"> <tr> <td>基樁</td> <td>P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07</td> </tr> <tr> <td>梁</td> <td>G01 G02 G03 G04 G05 G06</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">浮臺</td> <td>本體</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>滑動滾輪組</td> <td>R01 R02 R03 R04 R05 R06 R07 R08 R09 R10 R11 R12</td> </tr> <tr> <td>聯絡橋</td> <td>B01</td> </tr> <tr> <td>棚架</td> <td>C01</td> </tr> </table>	基樁	P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07	梁	G01 G02 G03 G04 G05 G06	浮臺	本體	P	滑動滾輪組	R01 R02 R03 R04 R05 R06 R07 R08 R09 R10 R11 R12	聯絡橋	B01	棚架	C01
	基樁	P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07												
	梁	G01 G02 G03 G04 G05 G06												
	浮臺	本體	P											
		滑動滾輪組	R01 R02 R03 R04 R05 R06 R07 R08 R09 R10 R11 R12											
聯絡橋	B01													
棚架	C01													
														

圖 7.6 基本資料模組-浮動碼頭展示(以福澳碼頭區 1 號浮動碼頭為例)

單元名稱	單元長度(M)	防舷材數量(個)	吊車軌道(M)	車擋數量或長度(個或M)	照片
1號單元	25	8	無	12 個	
2號單元	25	9	無	9 個	
3號單元	25	10	無	10 個	

圖 7.7 基本資料模組-碼頭單元展示(以福澳碼頭區 1 號碼頭為例)

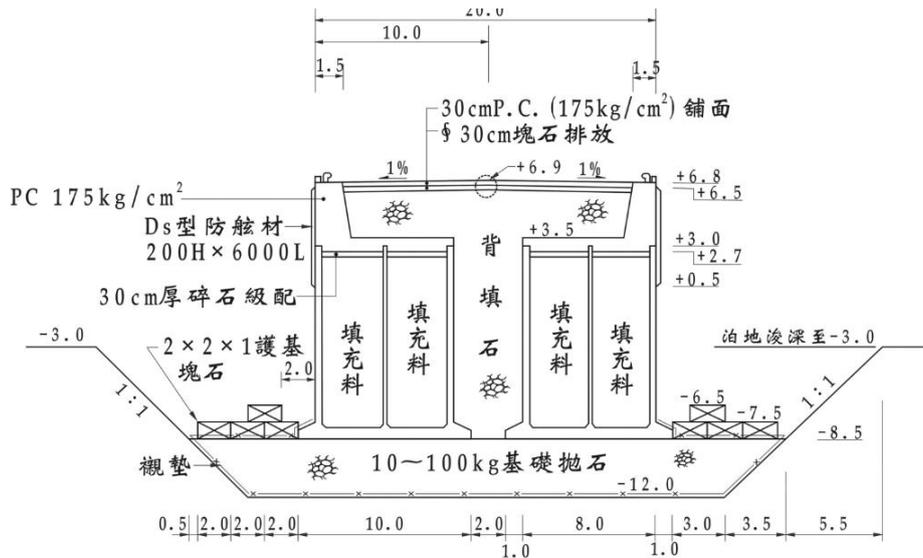


圖 7.8 基本資料模組-碼頭標準斷面圖展示(以福澳碼頭區 1 號碼頭為例)

2. 檢測資料模組：

於系統首頁選擇”檢測資料模組”後，以地圖或下拉選單方式選擇港區。使用者可於功能列選擇”經常巡查”，並選擇”資料查詢”或”資料新增”後，再選擇碼頭或防波堤等設施進行查詢或新增作業(如圖 7.9)。

當選擇”經常巡查”與”資料新增”後，再選擇設施(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)，即可進入經常巡查資料之新增頁面(如圖 7.10)，可針對各構件之劣化類型進行資料紀錄。紀錄完成後，選擇”完成本次巡查”即可建立此筆資料。

當選擇”經常巡查”與”資料查詢”後，再選擇設施(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)，即可進入設施經常巡查基本資料之展示(如圖 7.11)，每筆資料可選擇查詢”詳細資料”、”刪除紀錄”、”編輯基本資料紀錄”與列印”檢測報告”。選擇查詢”詳細資料”，即可進入該筆巡查日期之各構件劣化資料(如圖 7.12)，系統可展示各構件劣化類型之狀況、位置、數量、照片等。

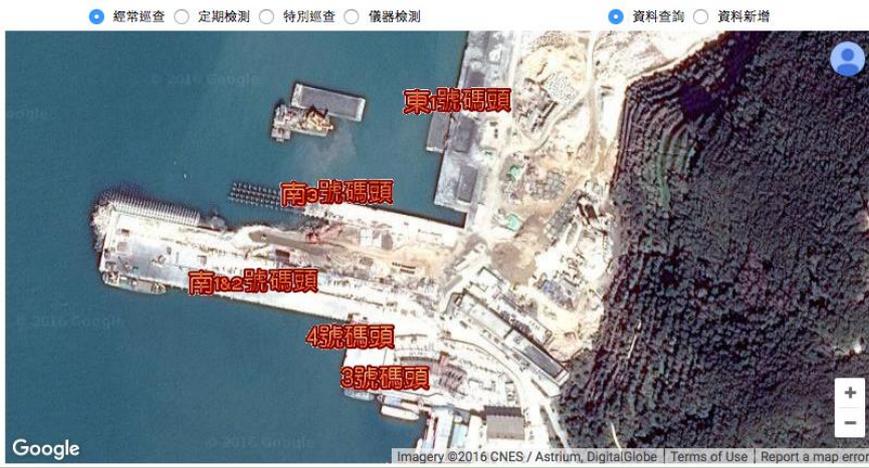


圖 7.9 檢測資料模組-港區巡查檢測功能選擇(以福澳碼頭區為例)

檢測日期	2016年9月29日			檢測天氣	晴	
港灣名稱	福澳碼頭區	碼頭名稱	4號碼頭(單元查詢)	檢測人員	柯正龍	
檢測員意見						
無						
完成本次巡查						
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
岸肩	裂縫	1	無異狀	1	X Y	m
	照片 選擇檔案 未選擇任何檔案 (記錄)					
	剝落	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圖示	1	X 2.83 Y 0	0.3 m ²
照片 B01_岸肩剝落1-3.jpg (記錄)						

圖 7.10 檢測資料模組-經常巡查記錄新增(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)

福澳碼頭區-4號碼頭經常巡查資料列表							
檢測時間	檢測天候	檢測者	檢測者意見	詳細資料	刪除記錄	編輯記錄	檢測報告
20160810	晴	簡臣佑	碼頭後線沉陷, 建議進行修復。	查詢	刪除	編輯	列印

圖 7.11 檢測資料模組-經常巡查基本資料查詢(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)

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

圖 7.12 檢測資料模組-經常巡查詳細資料查詢(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)

3. 維修排序模組：

於系統首頁選擇”檢測資料模組”後，以地圖選擇港區，進入維修排序模組功能(如圖 7.13)。維修排序分為”立即維修”與”緊急維修”。

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

本年度僅執行經常巡查作業，故選擇設施後，即可進行相關維修之建議(如圖 7.14)。

立即維修 年度維修



圖 7.13 維修排序模組-維修排序設施選擇(以福澳碼頭區為例)

立即維修構件列表							
港灣名稱		福澳碼頭區	碼頭名稱		4號碼頭		
構件類型	構件名稱	劣化類型	劣化單元(構件)	劣化位置	劣化數量	劣化照片	處置對策
經常巡查結果(20160810)							
碼頭本體	後線	沉陷	B01	X=7m	575m ²	照片	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強
碼頭本體	後線	沉陷	B02	X=3.4m	191m ²	照片	需進行結構分析瞭解成因與是否影響安全性，再進行結構補強

圖 7.14 維修排序模組-設施立即維修排序建議(以福澳碼頭區 4 號碼頭為例)

4. 維修紀錄模組：

於系統首頁選擇”維修紀錄模組”後，以地圖選擇港區，即可進入維修紀錄模組功能(如圖 7.15)。選擇”新增”，即可進入港區維修紀錄之新增(如圖 7.16)，輸入維修契約編號、維修日期、契約名稱、維修金額、維修標的(如碼頭、防波堤與浮動碼頭)、維修照片與維修檔案(如預算費用表等)，即可完成相關資料之輸入。

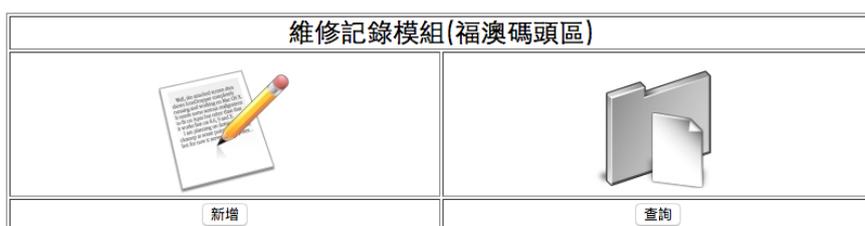


圖 7.15 維修紀錄模組-維修紀錄新增與查詢(以福澳碼頭區為例)

福澳碼頭區維修記錄新增	
維修契約編號	<input type="text"/>
維修日期	<input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 輸入範例：2015年10月22日
契約名稱	<input type="text"/>
維修金額	<input type="text"/>
維修碼頭	<input type="checkbox"/> 1號碼頭 <input type="checkbox"/> 2號碼頭 <input type="checkbox"/> 3號碼頭 <input type="checkbox"/> 4號碼頭 <input type="checkbox"/> 東1號碼頭 <input type="checkbox"/> 南3號碼頭 <input type="checkbox"/> 南1&2號碼頭
維修防波堤	<input type="checkbox"/> 北防波堤
維修浮動碼頭	<input type="checkbox"/> 福澳碼頭區1號浮動碼頭 <input type="checkbox"/> 福澳碼頭區2號浮動碼頭
維修照片	<input type="button" value="選擇檔案"/> 未選擇任何檔案
維修檔案	<input type="button" value="選擇檔案"/> 未選擇任何檔案
<input type="button" value="新增"/>	

圖 7.16 維修紀錄模組-維修紀錄新增(以福澳碼頭區為例)

5.帳號管理模組：

於系統首頁選擇”帳號管理模組”後，以地圖選擇港區，即可進入帳號管理模組功能。依使用權限，分為系統管理者與一般使用者，若為系統管理者，則可進行各使用者帳號之新增、編輯、查詢與刪除(如圖 7.17)；若為一般使用者，則僅可對其相關資料進行編輯(如圖 7.18)。

帳號管理模組 新增帳號						
姓名	服務單位	使用者代號	密碼	使用者類型	編輯	刪除
簡臣佑	財團法人臺灣營建研究院	cyjian [通過認證]	[密碼遮擋]	系統管理者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>
柯正龍	交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	jerry [通過認證]		系統管理者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>
張嘉峰	臺灣營建研究院1	cfc [通過認證]		一般使用者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>
林利國	NTUT	iklin [通過認證]		一般使用者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>
賴瑞應	港灣技術研究中心	larry [通過認證]		一般使用者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>
陳信宏	金門縣港務處	chenykm [通過認證]		一般使用者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>
金門測試	none	kmtest [通過認證]		一般使用者	<input type="button" value="編輯"/>	<input type="button" value="刪除"/>

圖 7.17 帳號管理模組-系統管理者頁面

使用者帳號管理	
姓名	張嘉峰
帳號	cfc
密碼	<input type="password"/>
公司名稱	臺灣營建研究院1
<input type="button" value="確認修改"/>	

圖 7.18 帳號管理模組-一般使用者頁面

7.2 精進與擴充既有維護管理系統

1. 權限設定功能

精進既有港灣構造物維護管理系統，增加權限設定功能，其功能依使用者不同而異。管理層級如為各港務分公司或營運處等，使用時於選擇各模組後，將直接進入其管理港區之地圖選單 (如圖 7.19)；如為連江縣、金門縣港務處或臺灣港務公司等全港管理單位，則於登錄系統後，會先行選擇港區後(如圖 7.20)，再進入系統模組中。其各自權限登入流程詳圖 7.21。

圖 7.19 使用者為各港管理單位之登入方式

港灣構造物維護管理系統



圖 7.20 使用者為系統管理者或港研中心之登入方式

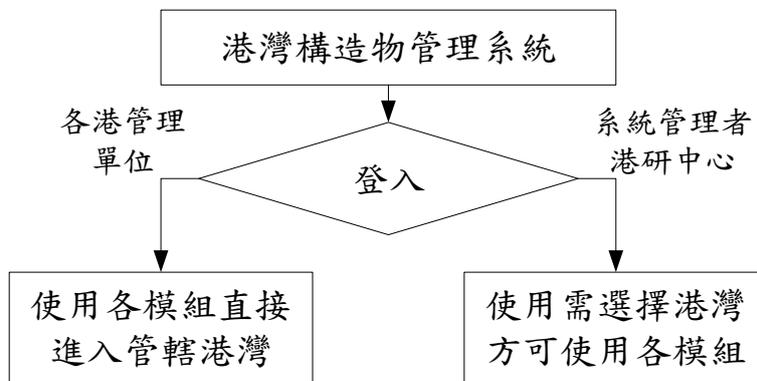


圖 7.21 港灣構造物維護管理系統權限設定圖

2. 檢測模組、維修排序模組之更新：

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

置，記錄量測數量(長度或面積等)，與劣化照片。

3.各港相關歷史資料之新增與查詢：

此功能於工作會議提出需求，使用者可於”港區基本資料”(如圖 7.3)，中選擇”查詢港灣歷史資料”中，進入”港灣相關歷史資料輸入與查詢(如圖 7.22)”頁面，使用者可選擇”新增”進行相關資料之新增(包含文件名稱、文件建立日期與文件檔案，如圖 7.23)；使用者可選擇”查詢”，查詢該港相關之文件資料(如圖 7.24)。

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

港灣相關歷史資料輸入與查詢(福澳碼頭區)	
回到港灣基本資料	
	
新增	查詢

圖 7.22 港灣歷史資料新增與查詢頁面

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

福澳碼頭區歷史資料新增	
文件名稱	<input type="text"/>
文件建立日期	<input type="text"/> 年 <input type="text"/> 月 <input type="text"/> 日 輸入範例：2015年10月22日
文件檔案	<input type="button" value="選擇檔案"/> 未選擇任何檔案
<input type="button" value="新增"/>	

圖 7.23 港灣歷史資料新增

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

福澳碼頭區-港灣相關歷史資料輸入與查詢		
文件編撰時間	文件名稱	檔案連結
2010年11月01日	馬祖港福澳碼頭區新設動碼頭工程竣工圖	開啟檔案 <small>刪除</small>
2014年10月11日	馬祖港福澳碼頭區擴建後續工程-港埠設施基礎建設竣工圖	開啟檔案 <small>刪除</small>

圖 7.24 港灣歷史資料查詢

第八章 結論與建議

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

根據國家科技發展總目標、促進海洋永續發展，增強臺灣做為亞太地區商業及物流轉運中心的功能，港灣設施功能扮演重要關鍵角色。如何提升港灣設施之建設、工程品質與耐久性，以及維護、管理與安全等為本研究之主要目的。

本年為2年期計畫之第2年，研究內容包含文獻研析、檢測方法與檢測程序擬訂、構造物之劣損評估及維護機制。第1(104)年已依計畫目標完成金門港及臺中與蘇澳港之工作項目，本(105)年度完成項目如下：(1)馬祖港福澳、白沙、猛澳青帆與中柱五碼頭區之碼頭與防波堤岸上及水下調查；(2)臺中港南、北防波堤岸上之水下調查；(3)馬祖港福澳、白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱、棧橋式碼頭鋼樁鋼材厚度檢測與防蝕效能評估；(4)碼頭與防波堤維護工法探討；(5)建置馬祖港港灣構造物維護管理系統。

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：

8.1 結論

1. 馬祖港五碼頭區碼頭及防波堤岸上目視檢測，除少數碼頭岸肩混凝土

發生裂縫或鋼筋腐蝕外露外，調查時未發現明顯或危及碼頭主體設施之劣化異狀現象；附屬設施以車擋裂損與防舷材龜裂為主。

2. 臺中港南、北防波堤岸上目視檢測，除少數防波堤堤面混凝土磨損、護欄腐蝕破裂或沉箱與沉箱間出現較大間隙外，調查時未發現明顯或危及結構安全。
3. 碼頭及防波堤水下調查結果，馬祖港五碼頭區，調查時未發現危及碼頭主體設施之劣損。臺中港南、北防波堤部分發現海床淤沙嚴重，部分沉箱與沉箱之間隙過大或混凝土脫落、內部鋼筋裸露腐蝕等異狀現象，惟尚不影響防波堤維持港域靜穩與結構安全。
4. 馬祖港福澳及白沙碼頭區共 3 座浮動碼頭，基樁與浮箱岸上與水下目視檢測，鋼材表面均未發現有穿孔破洞等腐蝕嚴重現象，平均腐蝕速率均小於設計規範允許值。防蝕系統效能檢測部分，鋼材保護電位與陽極塊陽極塊發生電位，均達保護鋼管樁與浮箱防蝕之目的。
5. 維護管理系統建置，本(105)年度已建置馬祖港五碼頭區之資訊系統，並將經常巡查資料輸入於維護管理系統中。同時擴充既有「港灣構造物維護管理系統」部分功能，以符實際應用。

8.2 建議

1. 馬祖港五碼頭區碼頭及防波堤及臺中港南北防波堤部分附屬設施出現劣化，雖不影響設施功能，但仍應及早修護，以確去保營運安全。
2. 馬祖港福澳及白沙碼頭區浮動碼頭基樁與浮箱，調查時鋼材表面雖未發現腐蝕嚴重現象，平均腐蝕速率亦均小於設計規範，防蝕系統效能也均達保護鋼管樁與浮箱防蝕之目的，但鋼板保護電位部分趨近允許值，建議後續應依維護管理規定巡查頻率，落實巡查與檢測工作。
3. 港灣構造物維護管理系統，本所目前已協助花蓮與基隆(含蘇澳與臺北港)、金門、馬祖港等，完成系統建置，後續仍須蒐集與彙整分析各類型港灣設施實作案例，除將各類巡檢與修復作業資料記錄於系

統中，配合實際使用情形，賡續檢討適用與更新系統功能外，另須針對分析方法擬定安全評估程序，俾利應用參考。

8.3 成果效益與應用

1. 在施政與實務上，除可提供港務公司、連江縣與金門縣政府或工程顧問公司，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，亦可提供上述單位參用，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。

8.4 提供政府單位應用情形

1. 本計畫本所已利用碼頭與防波堤現況調查成果，完成建置「港灣構造物維護管理系統」，內容已含括花蓮與基隆(含蘇澳與臺北港)、金門、馬祖港等港區，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] 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。
- [2] 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。
- [3] 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。
- [4] 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。
- [5] 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。
- [6] 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「基隆港西 14 至西 15 號碼頭結構安全檢測評估與系統建置」，交通部運輸研究所，2010。
- [7] 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「港灣構造物安全檢查評估之研究(1/4)」，交通部運輸研究所，2012。
- [8] 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「港灣構造物安全檢查評估之研究(2/4)」，交通部運輸研究所，2013。
- [9] 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「港灣構造物安全檢查評估之研究(3/4)」，交通部運輸研究所，2014。
- [10] 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「港灣構造物安全檢查評估之研究(4/4)」，交通部運輸研究所，2015。
- [11] 陳桂清、柯正龍、張嘉峰、簡臣佑等，「花蓮港碼頭結構檢測評估及維護管理系統建置」，交通部運輸研究所，2013。

- [12]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。
- [13]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。
- [14]蘇乙評，「港灣防波堤維護管理系統建置之研究」，國立臺灣海洋大學碩士論文，2010。
- [15]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。
- [16]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。
- [17]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。
- [18]日本運輸省港灣技術研究所，「港灣構造物腐蝕評價手法」No.501 ,P11，1984。
- [19]日本國土交通省港灣局，「港灣の施設の点検診断ガイドライン」，2013。
- [20]日本運輸省港灣技術研究所，「港灣構造物之維持修補手冊」，財團法人沿岸開發技術研究所，1999。
- [21]Carl A Thoresen，” Port designer’ s handbook- recommendations and guidelines” ，2003.
- [22]NSW Maritime，” Procedure for the Assessment of Public Ferry Wharf Safety” ，2007.
- [23]蘇吉立、陳桂清等，「碼頭本體設施維護管理系統建置之研究(2/4)」，交通部運輸研究所，2007。
- [24]饒正、陳桂清、柯正龍、張道光，「碼頭鋼板樁現況調查與腐蝕防

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

- 治研究」，交通部運輸研究所，2002。
- [25] 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。
- [26] 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。
- [27] 臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司，「102 年碼頭結構安全檢測評估工作—蘇澳港碼頭修復範圍評估及初步設計方案報告書」，2013。
- [28] 柯正龍、陳桂清，「港灣碼頭及濱海建物之現況調查(4/4)」，交通部運輸研究所，2015。
- [29] 柯正龍、陳桂清，「棧橋式碼頭面版腐蝕劣損與維護之研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2000。
- [30] 柯正龍、陳桂清，「港灣碼頭及防波堤現況調查與維護管理之研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2016。

附錄一

相 關 工 法

- A 一般鋼料銲接
- B 水中硬化劑塗裝工程
- C 流電陽極法防蝕
- D 鋼管樁包裹防蝕

相 關 工 法

A 一般鋼料銲接

1. 說明：

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

2. 材料：

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

3. 一般要求：

- 3.1 銲工資格：須通過內政部、台電、中油、中鋼、中船、或中國驗船協會考驗合格之優良技工，持有證明文件者。
- 3.2 銲接環境：銲接工作不得在低於 5°C 時施工，亦不得在濕面雨天或強風中施工；且銲工須在安全情況下工作。
- 3.3 尺寸、長度及銲位：銲接之尺寸及長度不得少於設計圖及本施工說明書之規定。如須加銲或變更銲位，均須事先徵得工程司允許。
- 3.4 銲接方法：以手工電弧銲接為原則或其他經工程司同意之方法，並應依 AWS 規範或 CNS 規範之有關規定確實施工，焊條直徑未規定者以不超過 5mm 為原則。
- 3.5 允許公差：上下兩鋼管樁銲接時，務必保持兩節樁中心軸成一直線，銲接後之管面誤差須在 2 公釐以內，樁身彎曲應在全長之 1/1000 以內。

4. 施工準備：

- 4.1 銲接面必須光平、正直，且無雜物、破裂或影響銲接強度之缺點。

- 4.2 銲接面須無鬆屑皮、熔渣、油脂、腐蝕或雜物，以免影響正常銲接施工或產生不良氣味。
- 4.3 鋼面鱗片或屑皮或已乾之油薄面及薄防漆，如不能以鋼絲刷刷除，可允許存留。
- 4.4 氣焰切邊須用機械焰切機，其切邊須光平、正直且無熔渣，並符合劃線，否則應予磨平修整。

5. 拼裝施工：

- 5.1 以角銲接連之構材須使兩者儘可能密接，其間空隙不得大於 1.5 公釐，如空隙大於 1.5 公釐，角銲之銲肢，應隨超額空隙之尺寸增加之。
- 5.2 搭接兩接面間之空隙，或對接面與其底背板面之空隙，均不得大於 1.5 公釐。
- 5.3 以對銲連接構材之對接，須使其均在準確位置，最大偏差不得超過 3 公釐，最大偏斜不得超過 2 度。
- 5.4 空隙之間，如設計圖未標明，不得以墊片填充，否則須得工程司之許可。
- 5.5 銲接構材時，須使其均在準確位置，並須保持不變，以至銲接完成，但應預留收縮餘裕。
- 5.6 為保持構材，在其正確位置之預先銲接（假銲），須能有正式銲接之同等品質。且須儘量縮小，凡與正銲衝突處，應完全熔於正銲內，使其接連成為一體，不合規定之預銲須先予剔除，再行施銲。
- 5.7 拼裝銲接須在平穩位置上施工。

6. 防縮施工：

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

6.2 所有銲接施工程序之安排，應以能平衡進行銲接所生之加熱為準。

6.3 有較大扭曲或收縮之銲接，乙方應預先擬妥施工程序，以便有效控制。

7. 手工掩弧銲接：

7.1 銲接時須儘可能在平銲位置施工。

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

7.3 銲條之最大尺寸除圖說另有規定外，應符下述各項要求：

7.3.1 平銲位所有銲接，除根部外，最大銲條為 8 公釐。

7.3.2 橫銲位角銲最大銲條為 6 公釐。

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

7.3.4 立銲位及仰銲位用低氫銲條最大為 4 公釐。

7.3.5 除上述各種銲接及根部對銲外，最大銲條為 5 公釐。

7.4 根部角銲以外，每層最大銲厚及對銲之各層銲厚如下：

7.4.1 根部對銲最大銲厚 6 公釐。

7.4.2 平銲位之每層最大銲厚 3 公釐。

7.4.3 立銲位、仰銲位、橫銲位之每層最大銲厚 5 公釐。

7.4.4 根部之最少銲接須能防止龜裂。

7.5 一次銲成最大角銲：

7.5.1 平銲位：9 公釐。

7.5.2 橫及仰銲位：5 公釐。

7.5.3 立銲位：12 公釐。

- 7.6 立銲位銲接時，每層須由下而上。
- 7.7 在已銲接處加銲，須先清除溶渣，並將銲接及其相鄰鋼料以鋼絲刷除乾淨。
- 7.8 所有對銲其未用底背板者，須將最初之底部削去或削除至健全金屬處，再行銲接。如用與母材同等性質之背板對銲，須將銲著金屬熔入背板。
- 7.9 對銲之端部須用同一緣形，而寬比銲材厚度為大之補助板使銲接延出構材之邊端外。俟銲接完畢，冷卻時除去該板，並以砂輪或其他機具，將凸出之銲喉及構材修整齊平。
- 7.10 母材預熱及各層溫度須如表 1 之規定：

表 1 掩弧銲接母材預熱規定表

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

(資料來源：高雄港務分公司)

8. 潛弧銲接：

- 8.1 除角銲外，所有潛弧銲接均須在平銲位施工，角銲可在平或橫銲位行之。一切銲成之角銲厚度不得大於 8 公釐。
- 8.2 最大銲條直徑為 6 公釐。
- 8.3 除底（根）層及面層外，最厚銲層不得大於 6 公釐。如根部開口達 12 公釐以上，則須分層分側施工。每層寬若超過 16 公釐，則宜分側疊層為之。

- 8.4 任一銲接之熔解深或寬度均不得超過銲接面寬度。
- 8.5 銲接電流、電壓及移動速度，須能使每層銲接達到適當熔解，且其鋼料及銲料應無重疊及傷損現象。
- 8.6 潛弧銲接面及其相鄰接面，均須按規定清除乾淨，且不得含有水汽。
- 8.7 每層銲接後，須先澈底除淨銲渣，再續銲上層。
- 8.8 對銲端處之銲接品質，須與銲接中部同等良好。如有必要，可加延伸板條，並於銲後除去。端部則仍應保持光滑平整。
- 8.9 對銲之根部可用低氫銲條，以手工掩弧銲接，藉防初次潛弧銲接之燒透。
- 8.10 潛弧銲接之預熱及各層需要溫度，同手工掩弧銲接。

9. 預熱：

- 9.1 銲接前，對銲件銲接處 75 公釐範圍內須加預熱，並須於施銲進行中，保持預熱溫度。
- 9.2 以潛弧銲接作連續之平銲，或須重熔並與原銲合成者，均得免施預熱。

10. 品質及改正：

- 10.1 銲接部份之露出表面應平整而有規則，並符合設計要求；不論情形如何，銲著金屬斷面不得小於設計斷面。唯斷面過大而缺陷過多時，其工作亦視為不合格。
- 10.2 角銲面應平直，可略有凹凸，超銲之高度均不得大於 $(0.1S + 0.75)$ 公釐， S 為角銲之公釐尺寸。
- 10.3 對銲之上下面，除規定者外，宜略加厚（施補強銲）。補強銲之厚度不得超過 3 公釐，且須與本鋼面成順適之弧線。
- 10.4 所有銲接均須良好無裂痕，少有氣泡空隙及熔渣。若缺陷最大尺寸超過最大尺寸之和逾 1 公分者，均須除卻之。

- 10.5 垂直於應力方向之傷損鋼料，不得超過 0.21 公釐深，平行於應力方向，則不得超過 0.8 公釐。
- 10.6 銲接全線之銲著金屬與母材之間及銲層間均須完全熔合。
- 10.7 銲接部不得有重疊及低陷。
- 10.8 所有燃燒之凹坑應予銲接填平。
- 10.9 有龜裂之銲接須全部除去。
- 10.10 剷除不良銲接可用鑿、磨及氫氧焰等，且不得傷及原銲接之銲料及鋼料。
- 10.11 以補銲改正不良銲接宜用較小銲條（不超過 4 公釐），並須先將其表面清除乾淨，方可補銲。
- 10.12 不適合之拼連，得切斷重銲。其因銲接所生之扭曲，得以機械矯正或加熱校正，但溫度不得超過 650°C（暗紅色）。
- 10.13 所有銲渣均須清除。銲接未完成前，不得油漆。

B 水中硬化劑塗裝工程

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

1.通則

1.1 本章概要

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

1.1.2 本工程需配合土木工程以後工法施作，並採責任施工。

1.2 工作範圍

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

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

1.3 相關準則

依本章各節之規定。

1.4 資料送審

1.4.1 品質管制計畫

1.4.2 施工計畫

1.4.3 施工圖

1.4.4 製造程序書

1.4.5 承包商資料

1.4.6 人員資格證明

1.4.7 材料符合規範之合格試驗證明

1.4.8 材料樣品 1 份

1.5 品質保證

1.5.1 提送各項材料證明文件：

- (1)通過 CNLA 認證且其認證領域可提供本項材料檢驗之實驗機構出具之檢驗合格證明文件。
- (2)國外產品不能於國內試驗時，需提送經業主工程師認可之公證公司所簽發之「合格證書」。
- (3)提送經業主工程師同意於工廠試驗之「產品出廠證明」及「合格檢驗報告」。

1.6 運送、儲存及處理

1.6.1 防蝕塗料

- (1)塗料應以製造廠之原包裝運達工地，容器上應附有標籤，載明規格、材料、廠牌、產品編號及生產、有效期限。
- (2)搬運時應防止容器碰撞、破損，運送至現場的產品應完好無缺。
- (3)運至工地之塗料應儲存於清潔、乾燥、通風良好之場所。
- (4)防蝕塗料及其相關製品儲放場所，應有防止火災發生之完善措施。

1.7 工作順序及進度

1.7.1 工作順序：依業主工程師之指示配合土木工程施作。

1.7.2 進度：依契約規定辦理。

1.8 保固

1.8.1 本工程保固期限為 3 年。

1.8.2 保固部分

(1)防蝕效果：依本章各節之規定。

(2)保固起始日：自驗收完成日起算。

2. 產品

2.1 功能

2.1.1 防蝕塗料

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

表 2 防蝕塗裝材料之特性

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

註：表列項目皆須由承商提送檢驗證明。

(資料來源：高雄港務分公司)

2.1.2 其他產品依相關圖說之規定。

2.2 材料

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

3. 施工

3.1 準備工作

3.1.1 依工程圖說及特性提出施工計畫。

3.1.2 施工前，應先進行下列之工作：

- (1) 施工場地整理
- (2) 臨時安全措施

3.2 施工方法

3.2.1 防蝕塗裝

- (1) 塗裝區域表面需噴砂處理，鋼管樁(或鋼板樁)表面需達 SIS Sa2 1/2 標準，不得有油脂現象，混凝土表面需將表面灰塵及鬆動之雜物清除乾淨，不得有乳化面現象；以刷、掃、真空吸塵或高壓空氣吹除之方式，除去表面灰塵及鬆動之雜物。表面處理需經工程師認可後，方得進行塗裝作業。塗膜厚度以平均 5mm，最低膜厚 4.5mm 為原則。
- (2) 相對溼度高於 85% 以上時，氣溫低於 10°C 時，鋼構件表面溫度超過 40°C 或低於露點時不得施工，但塗料製造廠商另有建議，且經工程師同意者不在此限。施工環境不可有塵土飛揚情形，以免污染。
- (3) 本項工作需配合土木工程施工，承包商應妥為規劃責任範圍內之作業場地，不得因場地及處理能力而造成其他承包商作業之堵塞。

3.3 檢驗

3.3.1 防蝕塗裝

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

表 3 防蝕塗裝材料成份之檢驗方法

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

(資料來源：高雄港務分公司)

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

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

3.4 現場品質管制

3.4.1 防蝕塗裝

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

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

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

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

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

3.5 許可差

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

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 防蝕塗裝

(1) 以「平方公尺」為計量單位。

4.1.2 本節未說明之工作項目依契約項目或併入相關章節之適用項目內計量。

4.2 計價

4.2.1 防蝕塗裝

(1)以「平方公尺」為計價單位。

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

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

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

C 流電陽極法防蝕

1. 說明：

本碼頭工程之流電陽極防蝕工程，係由甲方另案委交專業公司連工帶料責任施工。本章係以流電(犧牲)陽極法(Galvanic-Method System)用於鋼製港灣結構物防蝕處理之有關事項。本法係以電位較被防蝕體（鋼製港灣結構物）為低之金屬，在海水中利用兩者間電位差而產生之電流，以達防蝕之目的。本陰極防蝕工程施工之前，乙方應檢驗海水環境條件及防蝕電流密度，倘與原設計所假設之條件：海水比電阻 $20 \Omega \text{cm}$ ，鋼管(板)樁防蝕電流密度海水中 150 mA/m^2 ，拋石中 75 mA/m^2 ，海土中 20 mA/m^2 ，不符時，由甲方重新提送設計圖後施工，其費用依實作數量計價。

2. 陽極材料：陽極材料採用鋁合金陽極塊。

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

表 4 鋁合金陽極之特性

項 目	標 準
陽極開路電位(-V)*	(S.C.E.) ≥ 1.10 $\text{Cu/CuSO}_4 \geq 1.17$ $\text{Ag/AgCl} \geq 1.10$
有效電壓(V)	0.25
理論發生電量(Ah/g)	2.90
電流效率(%)	> 90
有效電量(Ah/g)	> 2.60
消耗率(kg/A.Yr)	< 3.40
*：任選一種	

表 5 鋁合金陽極之組成百分率

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

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

3. 陽極及其附屬設備之裝設

3.1 流電陽極之裝設法

將陽極材料直接裝置於被防蝕體(鋼料)之表面。

3.2 施工要點：

3.3 防蝕設備及安裝：

- A. 為完成本項工作，乙方應責任施工，自行負責提供所需之一切船機、潛水、電銲(含水下)設備等。
- B. 乙方所提供陽極材料，須有原廠檢查報告書，並須符合表 A.及表 B.之規定。
- C. 陽極塊在鋼管(板)樁上之支撐鐵板得於陸上先行銲上，餘採用水中電銲法，將陽極按設計圖所示位置銲牢。水中焊接作業技術人員須具有水中焊接工作經驗並持有潛水執照資格之證明文件者。其固定骨材方式僅供參考，承包商得自行提出固定方式，並負保固之責任，經工程司同意後施作。

3.4 檢驗

- A. 表 6 陽極塊外觀尺寸及重量

表 6 陽極塊外觀尺寸及重量

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

註：外觀尺寸及重量不合格者，不得使用

(資料來源：高雄港務分公司)

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

3.5 電位測定設備

A.電位測定用端子，依設計圖之規定辦理。

B.端子及固定用材料，應使用不銹鋼製品。

3.6 電銲施工要領

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

B.所有陽極及測試裝置之銲接規格如次：

A)陽極部份

腳長：6mm 以上。

喉厚：4.2mm 以上。

長度：每端兩側各 140mm 以上。

B)測試裝置

長度：兩邊各 100mm 以上。

喉厚：3.5mm 以上。

C) 允許誤差

鋼管(板)樁，其誤差在上下及左右方向均應在 10cm 以內

4. 驗收與計價

4.1 驗收

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

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

防蝕效果經工程師認定合格後本工程始認為完工。

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

4.2 計價

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

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

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

D 鋼管樁包裹防蝕

1. 材料

(1)防蝕帶 (Marine Piling Tape 或同級品)

- A.成份：鋼管樁潮差帶表面防蝕帶，採冷包型中性石油脂 (Petrolatum)為基材，內襯化學合成纖維(Synthetic Fiber)製成。
- B.厚度：平均 1.30 mm
- C.重量：平均 1.62 kg/m²
- D.撕斷強度(Breaking Strength):20 kg/50mm 寬或 10 kg/25mm 寬。
- E.降伏延伸率：大於 10%
- F.耐陰極電壓：雙層 15 KV 以上
- G.黏著性：大於 1.0 kg/25mm 寬。

(2)保護面層 (Fiber-Glass Plastic FRP 保護套)

- A.成份：FRP 之聚酯樹脂含量 \leq 50%，玻璃纖維含量 \geq 50%，其樹脂需符合 CNS 9715 之規定，而補強物需符合 CNS 7398、7401 及 8428 之規定。
- B.厚度：3mm \pm 0.1mm
- C.軸向張力強度：600 kg/cm² 以上(ASTM D638)
- D.環向張力強度：1400 kg/cm² 以上(ASTM D2290)

2.施工程序

(1)表面清理

使用高壓水或鋼刷，將鋼管樁表面附著的蜆殼、剝落漆片、鏽片，澈底除淨。

(2)依設計圖位置予鋼管樁上安設固定箍，並確實鎖緊。

(3) 包覆防蝕帶

- A. 於固定箍上端之鋼管樁表面，塗佈防蝕底劑，其用量不得少於 $400\text{g}/\text{m}^2$ 。
- B. 自固定箍之上端開始向上纏繞防蝕帶，採取螺旋形纏繞方式進行，每圈之重疊寬度為防蝕帶寬度之 55%，亦即雙層包覆。
- C. 包覆防蝕帶時使用適當之拉力，一面纏繞並同時以手撫平施壓，以確保防蝕帶能緊貼鋼管表面，不得有水份與氣泡殘留。
- D. 兩卷防蝕帶搭接時，至少要有 15cm 的搭接長度。

(4) FRP 保護套組合及安裝

- A. 保護套採用 2mm 厚之 FRP 製成之。
- B. 兩片 FRP 對開，其寬度必須能確保將鋼管樁環繞一圈，沒有任何外露間隙且可以確實束緊為原則。
- C. FRP 保護套之兩側，依圖示間距，分別預留螺栓孔。
- D. 以 50 mm 寬之自粘性 PVC 膠帶，將已包裹之防蝕帶先行固定。
- E. FRP 保護套安裝時，應使其緊貼 PVC 帶面，而後使用螺栓、螺帽旋緊，不得有鬆脫之情況發生。
- F. FRP 保護套之上部須焊以固定箍，並塗以防蝕材料，以防止 FRP 保護套受浪力而上下運動。
- G. 上端固定箍與梁底混凝土面間隙，依設計圖示，塗以高膜厚彈性防蝕被覆材料如 Mitsuron B500 或同級品。

3. 計價

以每平方公尺計，單價包括所有材料、人工、機具和一切直接、間接費用等均屬之。

附錄二

期末審查意見及辦理情形說明表

105 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
李釗 委員	
1.本報告為全國性長期研究的一部份，目前主題聚焦於現地調查馬祖和台中港相關碼頭，和建立馬祖港港灣構造物的維護管理系統，依內容觀察，本報告應已充分完成預定工作。	感謝委員肯定。
2.港灣構造物調查除須先在現場進行陸上和水下的調查外，亦須足夠的知識和經驗，本研究的工作團隊逐年逐港的執行類似工作，累積多年的實務經驗，為國內相關研究最堅實的團隊，值得肯定。	感謝委員肯定。
3.掌握港灣碼頭及防波堤的現況為維護各港口的必要工作，亦為貴單位的重要任務，且國內目前沒有更適合的單位執行此工作，故本計畫充分滿足單位任務。	感謝委員肯定。。
4.本報告發現數處構造物有損壞的情形，可建議業管單位適時的進行維修，以避免損壞擴大。	感謝委員指導，將遵照辦理。
5.馬祖港數處碼頭區的車檔多有相似的損壞現象，建議檢討損壞原因，避免修復後再壞，進而維護車輛安全。	感謝委員指導，將遵照辦理。
6.浮動碼頭為較特殊的碼頭型式，建議可有較清楚的描述，及說明調查重點。	感謝委員指導，將遵照辦理。
7.目前混凝土相關規範對混凝土的耐久性有較新規定，建議報告可提醒各港口管理單位注意在海洋環境的混凝土有最大水膠比的限制。	感謝委員指導，將遵照辦理。

8.建議參考國內對橋梁檢測的機制，建立對港灣構造物調查的機制。	感謝委員指導，將遵照辦理。
許書王 委員	
1.P.2-1，有關內文所提港灣構造物目視檢測評估標準相關研究，建議參考橋樑檢測相關方法，因據悉橋樑檢測已進入第二代，請研究單位參酌其內涵。	感謝委員指導，後續研究將遵照辦理。
2.P.2-14，③檢測頻率，建議特別檢測部分應量化表達較宜(而非災害發生後)。	感謝委員指導，後續研究將遵照辦理。
3.P.4-18，圖 4.21 為...、並列有多張照片，建議可再加強文字討論說明。	感謝委員指導，將遵照辦理。
4.P.5-27 部分照片文字說明，於照片上宜顯著呈現為佳。	感謝委員指導，將遵照辦理。
5.第七章結論與建議，重複印刷。	感謝委員指正，已修改訂正。
王韡蒨 委員	
1.本研究在建構維護管理系統，將調查工作納入有效的管理，利用系統方便調查、記錄、查詢及統計等，對實務工作有很大貢獻。	感謝委員肯定。
2.管理系統可否篩選相同破壞模式區域之功能?如此，比較容易研究破壞原因(未來可思考此方向)。	感謝委員指正，系統目前尚無篩選功能，後續研究將參考辦理。
3.P.4-4，圖 4.5 至圖 4.11，各斷面圖可標示於圖 4.4 中。	感謝委員指正，部分斷面圖已標註里程或碼頭名稱，將參考辦理。
4.建議修正圖 2.1 流程圖。	感謝委員意見，圖 2.1 流程圖為剛雄港務局委外研究資料，僅引為參考，故不方便修改。
5.管理系統之推動，須好好規畫思考。	感謝委員指導，後續研究將遵照辦理。
6.未來是否可於系統中，研訂鋼板厚度檢查結果確認其是否有問題?(厚度是否安全)。	感謝委員指導，後續研究將遵照辦理。

附錄三

期末審查簡報資料

腐蝕環境分類及港灣構造物腐蝕劣化調查研究(2/2)子計畫2

港灣碼頭及防波堤現況調查 與維護管理之研究(2/2)

106年2月15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、國內外文獻資料彙整研析
- 三、碼頭及防波堤現況調查
 - 3.1 馬祖港五碼頭區碼頭及防波堤現況調查
 - 3.2 臺中港南、北防波堤現況調查
- 四、碼頭及防波堤維護工法
- 五、維護管理系統建置與精進擴充
 - 4.1 建置馬祖維護管理系統
 - 4.2 精進擴充既有維護管理系統
- 六、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 (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。
- ◆ 建置港灣構造物維護管理系統並精進擴充其內容。



<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

馬祖港：

南竿鄉：福澳碼頭區(含浮動碼頭2座)

北竿鄉：白沙碼頭區(含浮動碼頭1座)

莒光鄉：青帆、猛澳碼頭區

東引鄉：中柱五碼頭區



臺中港：

南、北防波堤



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



二、國內外文獻資料彙整研析

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) ◆ 	<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

7



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

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



二、國內外文獻資料彙整研析

維護管理程序	國內	國外(日本)
檢測種類與方法	<p>經常巡查 定期檢測 特別巡查與詳細檢測。</p>	<p>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)。</p>
檢測頻率	<p>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。</p>	<p>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。</p>
檢測診斷項目	<p>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</p>	<p>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。</p>

8



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

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



二、國內外文獻資料彙整研析

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(浮動碼頭採用日本標準)。	各構件依其可能劣化異狀列出a~d級(亦為4個等級)之檢測標準。各等級之異狀劣化標準並非皆有對應。
評估方法	依港灣構造物各構件劣化狀況等級進行構件評估(碼頭構造物配合構件權加重權計算)。	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。	以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)。

9



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



二、國內外文獻資料彙整研析

維護管理程序	國內	國外(日本)
維護管理系統	已建置基隆港、花蓮港與金門港三港區。	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。

10



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



二、國內外文獻資料彙整研析

短期應用方向之建議	中、長期應用方向之建議
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 浮動式碼頭檢測標準與構件拆解可進行參考 ◆ 檢測分類與頻率可與國內目前提出之制度進行探討比較 ◆ 採用日方提出的I、II、III類，針對現有檢測項目進行分類 	<ul style="list-style-type: none"> □ 評估分析可與國內現有方法進行探討 □ 針對目前國內已有之劣化判定事例集進行擴增 □ 現有維管系統交流 □ 國內港灣相關法令的提出 □ 資訊交流平台機制的提出 □ 與現有國內標準之分析比較

11

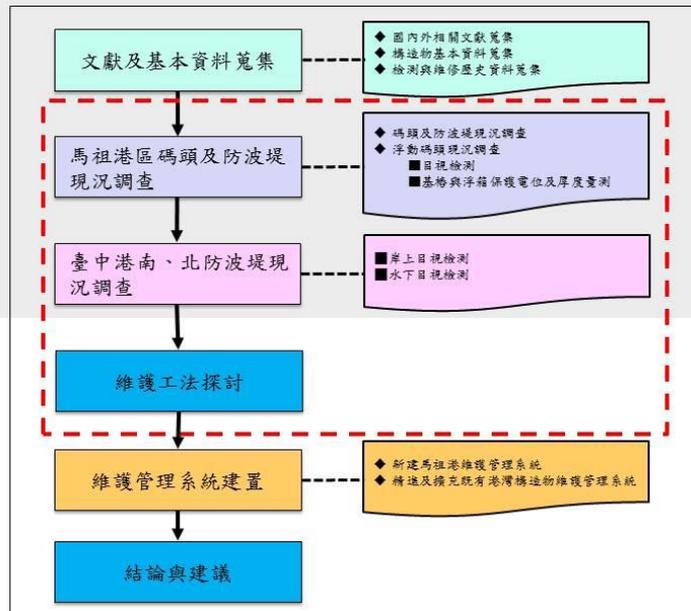


<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



研究流程



12



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

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



三、碼頭及防波堤現況調查



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



3.1 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

福澳、白沙、青帆、猛澳、中柱五碼頭區

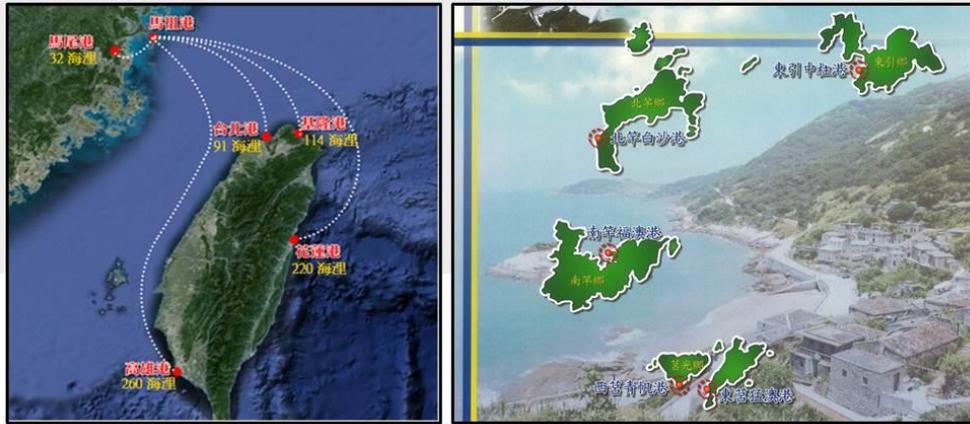
工作項目	說明
基本資料調查	現場基本資料調查
碼頭現況調查	以目視進行岸上及水下之巡查、檢測作業
浮動碼頭基樁與浮箱現況調查	鋼構材料現況及防蝕系統效能檢測
防波堤現況調查	以目視進行岸上及水下之巡查、檢測作業



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



結論



馬祖港五碼頭區位置圖

15

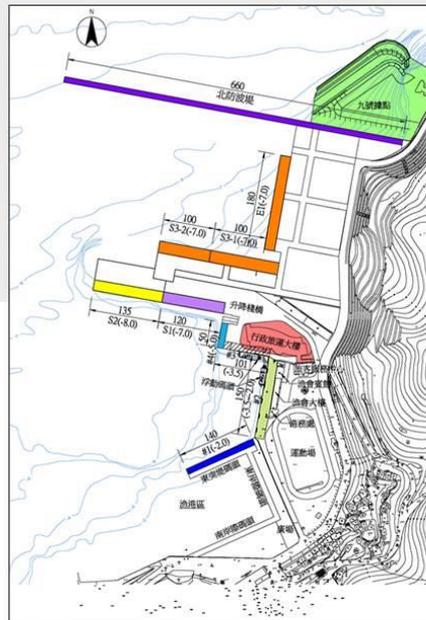


<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



3.1 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

◆ 南竿鄉福澳碼頭區



16



<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(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)	
外廓防波堤	684.8				拋石式防波堤

17

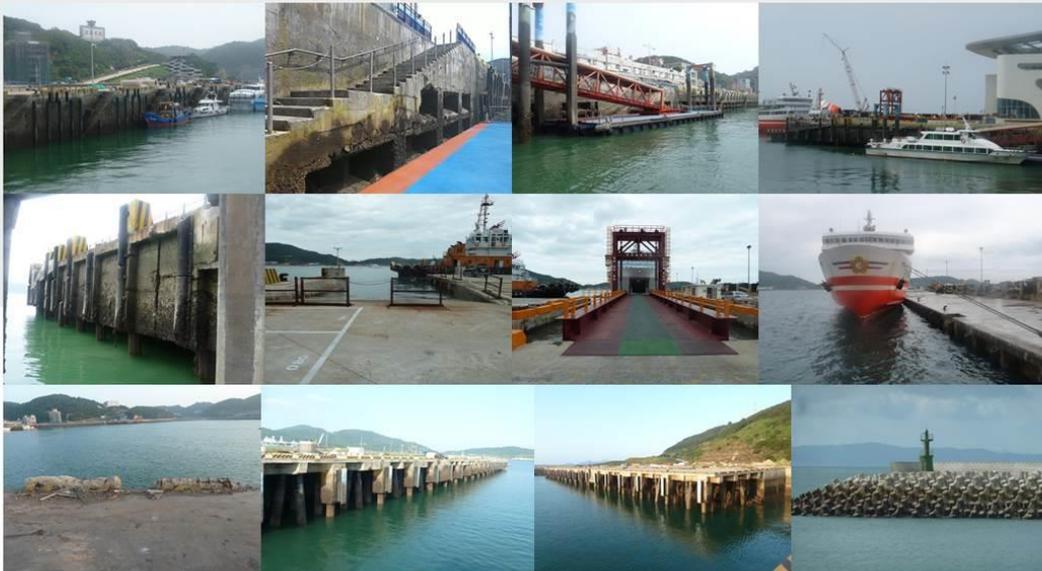


<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



南竿鄉福澳碼頭區



18



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

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



3.1 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

◆ 北竿鄉白沙碼頭區



19



<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	

20



<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



21



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



3.1 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

◆ 莒光鄉青帆碼頭區(西莒)



22



<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	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

23



3.1 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

◆ 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

24



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	



25



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



3.1 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

◆ 東引鄉中柱碼頭區



26



<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	

27



<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



28



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



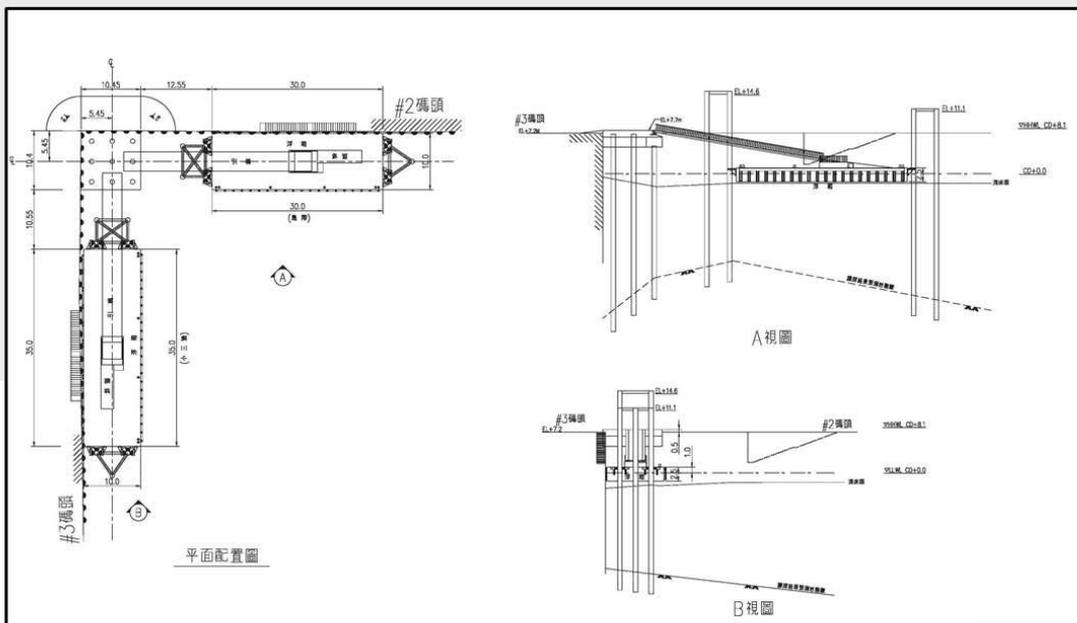
福澳與白沙碼頭區浮動碼頭資本資料

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	99.11	99.11	99.11	103.6
基樁數量	A區3支 B區4支	C區4支 D區3支	E區9支	A區3支 B區4支
浮箱大小	30 x 15 m	35 x 15m	----	30 x 15 m
浮箱高度	2.5 m	2.5 m	----	2.5 m
基樁直徑	900 mm	900 mm	900 mm	900 mm
基樁鋼材 厚度(mm)	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm
浮箱鋼材 厚度(mm)	10.0 mm 12.0 mm	10.0 mm 12.0 mm	---	10.0 mm 12.0 mm

29



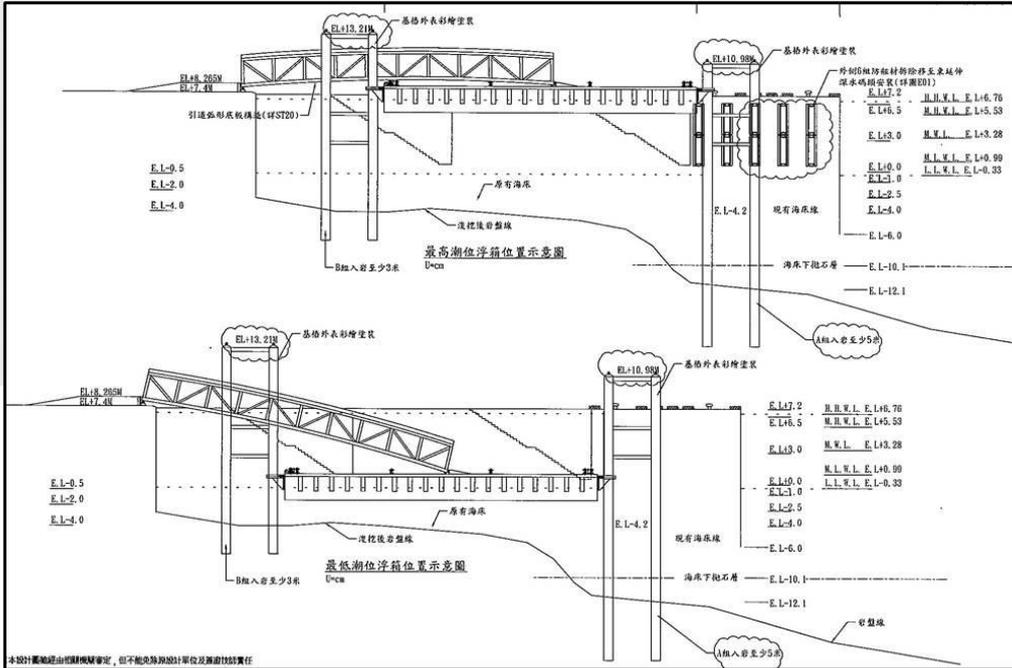
<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



30



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



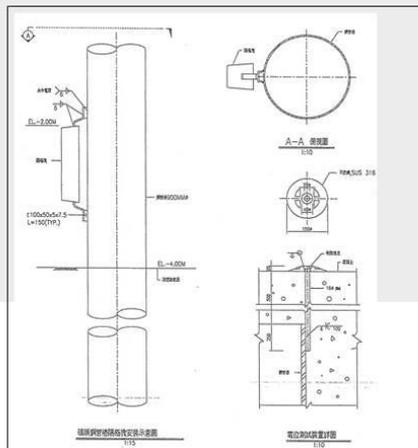
31



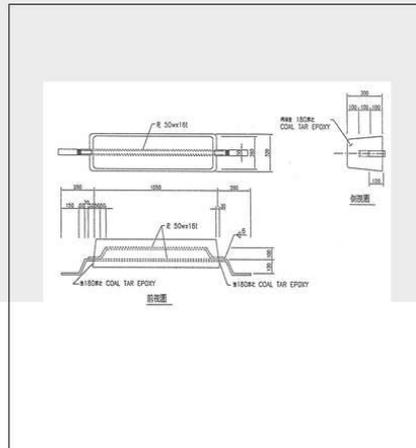
<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



3.1 馬祖港碼頭及防波堤現況調查



浮動碼頭基樑斷面圖



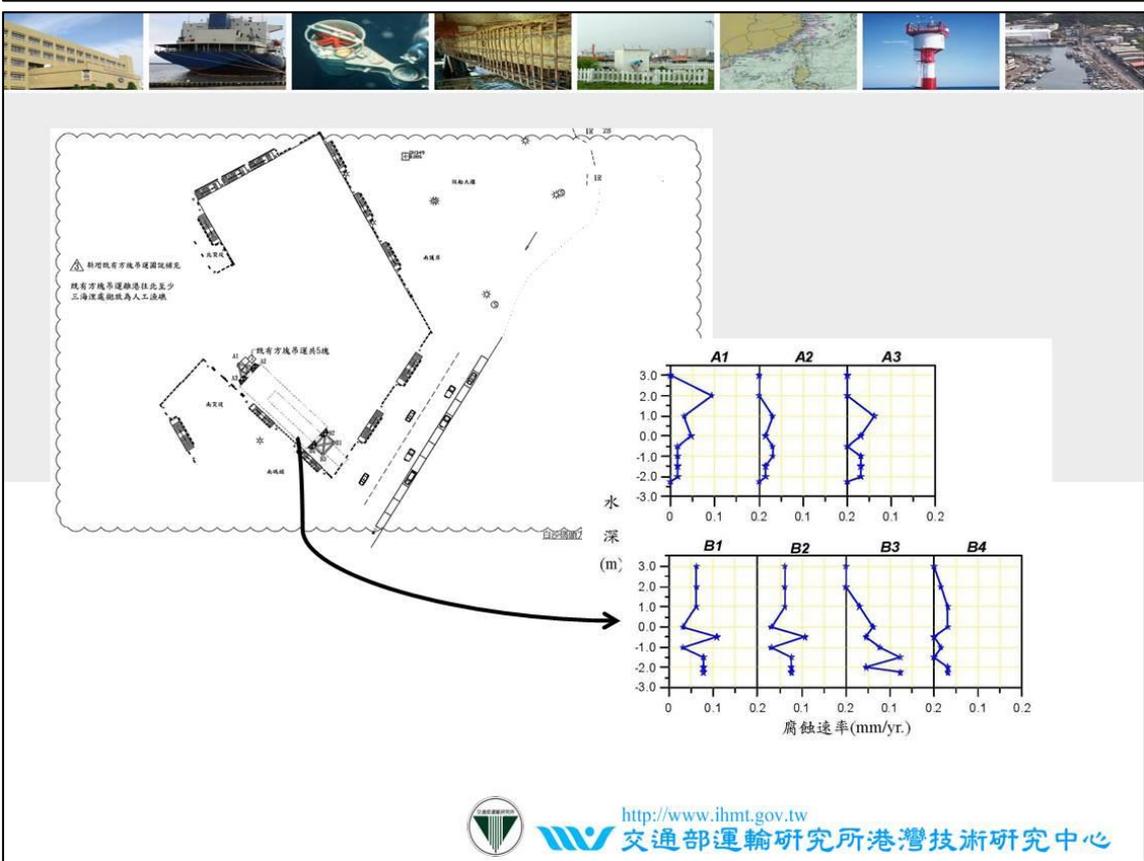
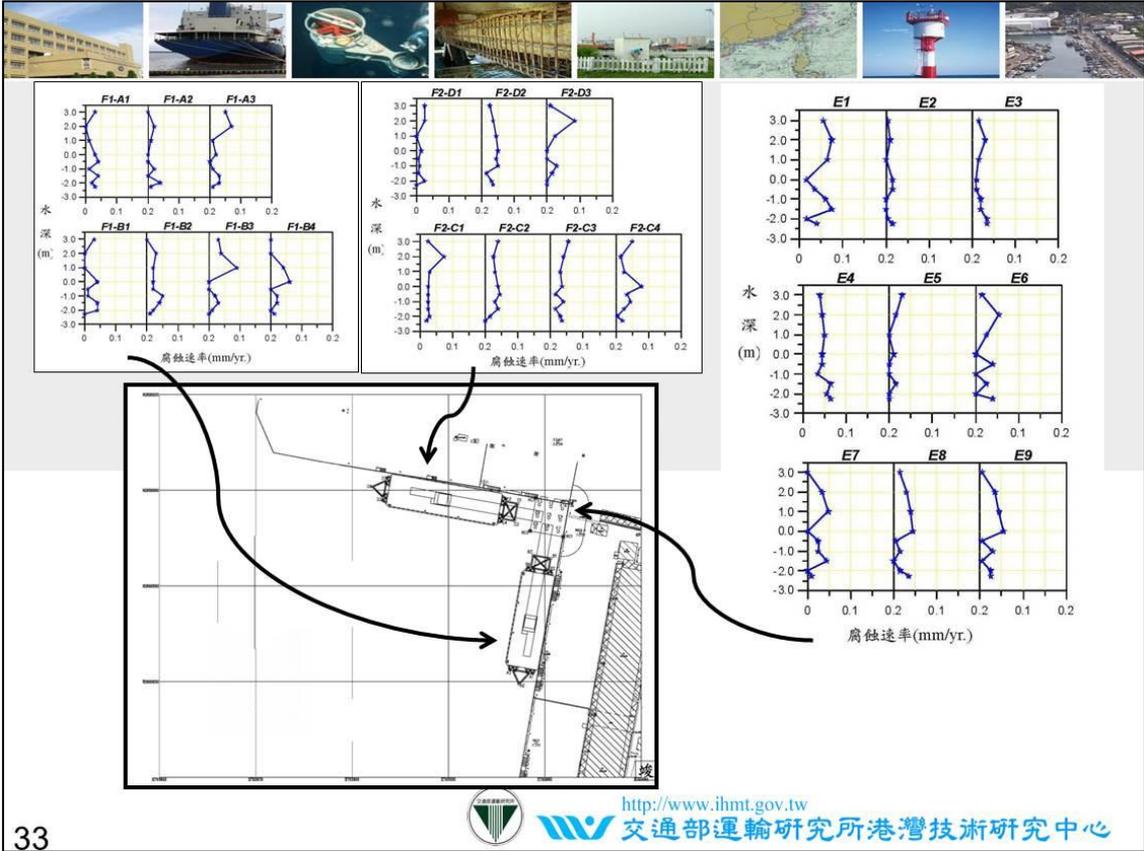
陰極防蝕陽極塊詳圖

陰極防蝕系統

32



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





3.1 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

基樁鋼板保護電位及陽極塊發生電位

(單位：mV vs 氯化銀參考電極)

位置		鋼板樁保護電位	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	-968 ~ -830	-968 ~ -877	-981 ~ -921
	F2	-929 ~ -907	-937 ~ -902	-967 ~ -920
	E區平台	-960 ~ -899	-940 ~ -906	-961 ~ -922
白沙碼頭區		-988 ~ -841	-988 ~ -864	-1131 ~ -867

◆ 均小於-780 mV，達保護鋼板樁之目的。

35



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



3.1 馬祖港碼頭及防波堤現況調查

浮箱鋼板保護電位及陽極塊發生電位

(單位：mV vs 氯化銀參考電極)

位置		鋼板樁保護電位	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	-982 ~ -766	-1030 ~ -970	-1042 ~ -980
	F2	-1000 ~ -883		
	E區平台	----	----	----
白沙碼頭區		-950 ~ -868	-1035 ~ -990	-1040 ~ -972

◆ 均小於-780 mV，達保護鋼板樁之目的。

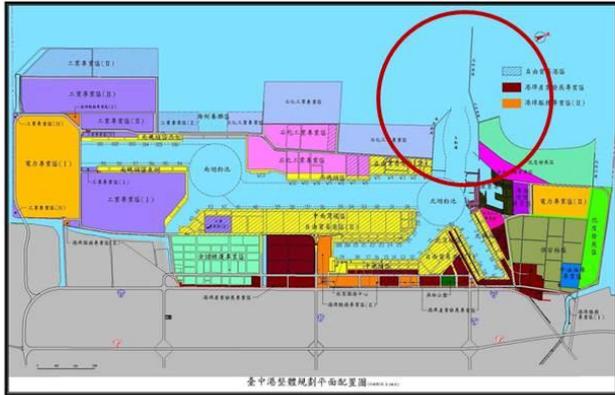
36



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



臺中港南、北防波堤調查

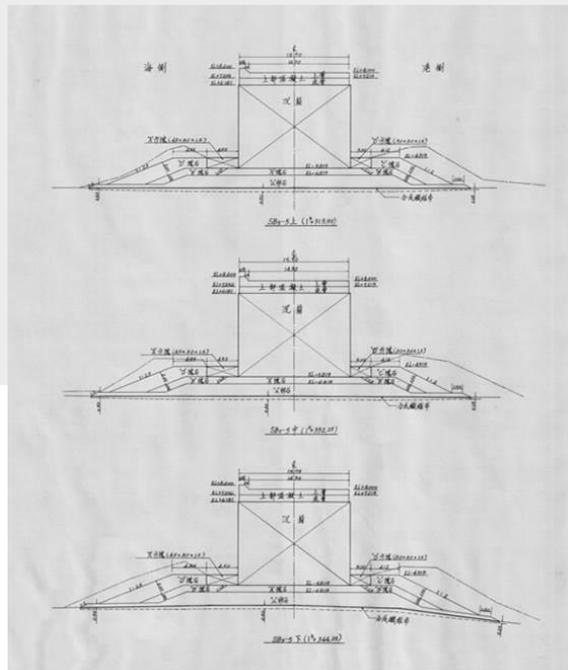


名稱	長度(m)	結構型式
南防波堤	1,397	沉箱合成式
北防波堤	2,818	沉箱合成式

37



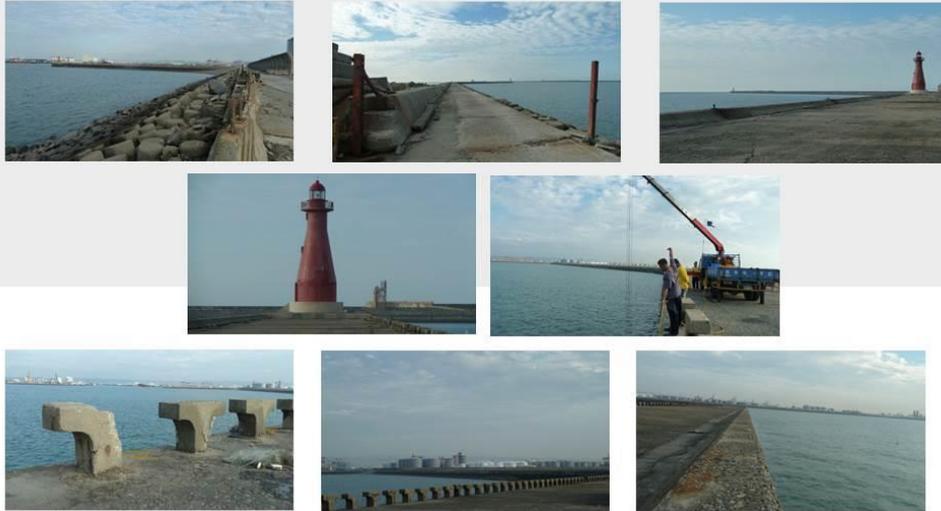
<http://www.ihmt.gov.tw>
交通部運輸研究所港灣技術研究中心



38



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



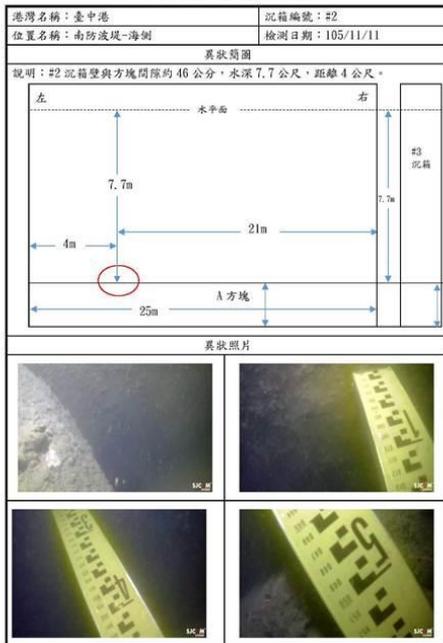
39



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



表 5-3 臺中港南防波堤海側調查圖示 1



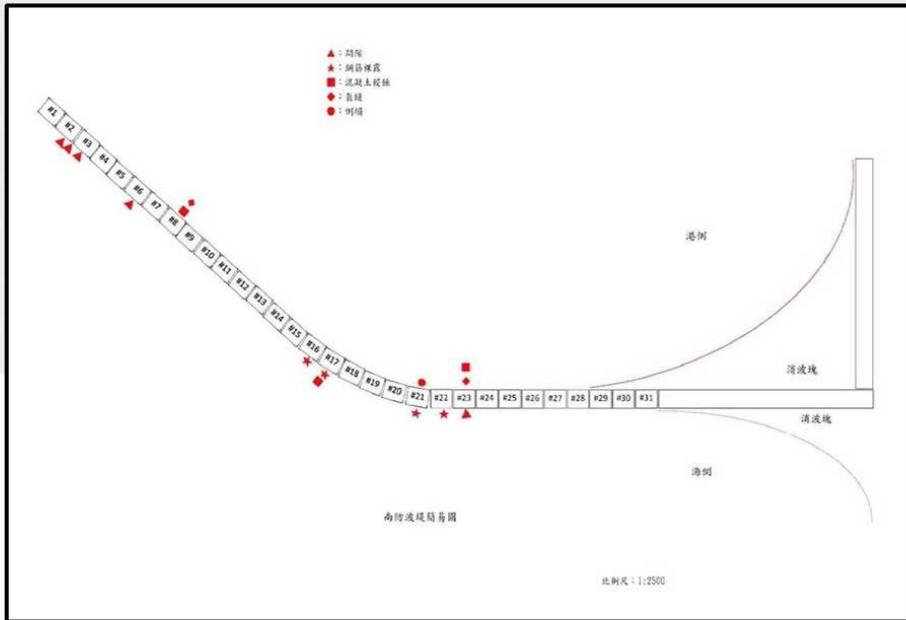
異狀現象

- 海床淤沙
- 沉箱與沉箱間隙過大
- 沉箱混凝土脫落
- R.C. 內部鋼筋裸露腐蝕
- 其他：欄杆破損...等

40



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

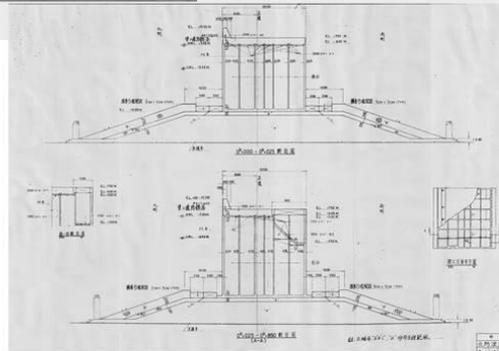
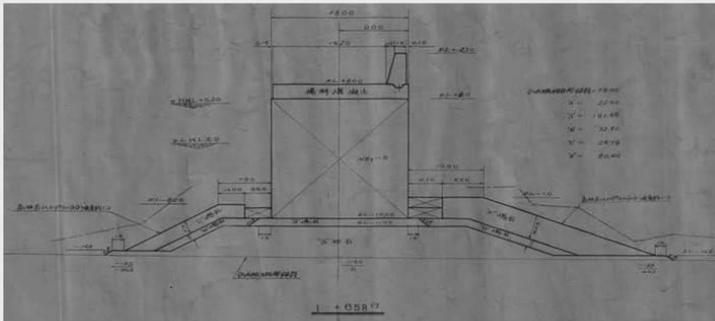


臺中港南防波堤異狀現象發生位置示意圖

41



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



42



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



43



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

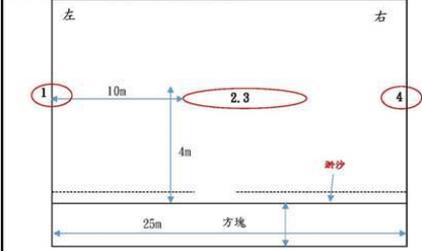


表 5-20 臺中港北防波堤海側調查圖示-3

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

異狀簡圖

說明：#77 沉箱左側邊、右側邊及中間段混凝土剝落。



異狀照片



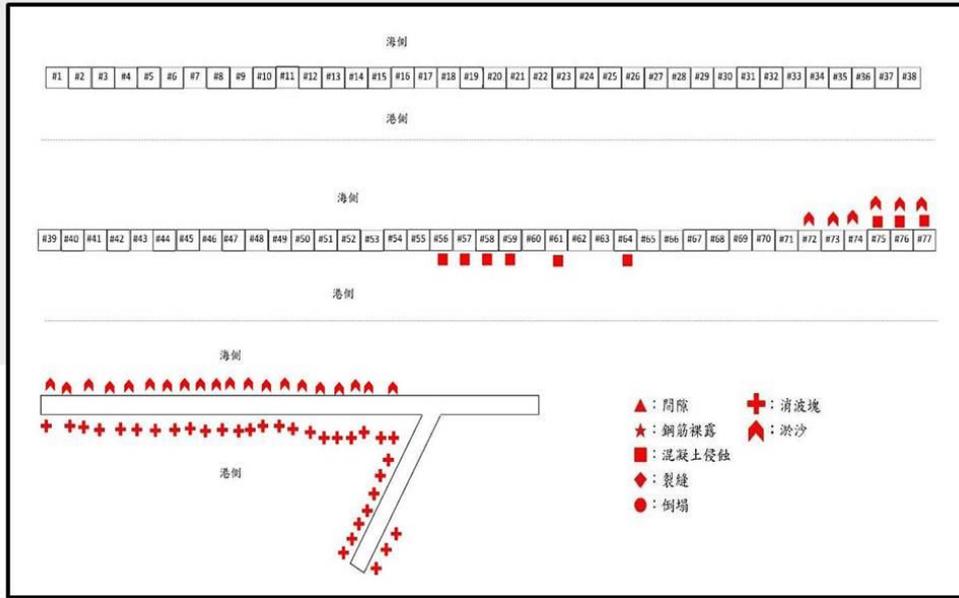
異狀現象

- 海床淤沙
- 沉箱與沉箱間隙過大
- 沉箱混凝土脫落
- R.C. 內部鋼筋裸露腐蝕
- 其他：欄杆破損...等

44



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



臺中港北防波堤異狀現象發生位置示意圖



四、碼頭及防波堤維護工法

表 6-1 重力式沉箱碼頭或防波堤維護管理工法一覽表

檢測位置和項目	劣化程度	維護管理工法	
水上部份	胸牆	龜裂損傷 (龜裂寬度日測約<3mm, 龜裂長度日測約<5cm) 明顯損傷 (龜裂寬度日測約>3mm, 龜裂長度日測約>5cm) 胸牆剝落	「裝填注入工法」 「充填增厚工法」 「斷面修復工法」
		局部混凝土剝落 胸牆剝落致高度不足 洗刷上剝落致鋼筋外露	「充填增厚工法」 「斷面修復工法」 「防蝕噴漿工法」
	堤面	龜裂損傷 (龜裂寬度日測約<3mm, 龜裂長度日測約<5cm) 明顯損傷 (龜裂寬度日測約>3mm, 龜裂長度日測約>5cm) 堤面混凝土剝落	「裝填注入工法」 「充填增厚工法」 「斷面修復工法」
		沉陷 輕微不均勻沉陷 (輕微積水) 明顯不均勻沉陷 (嚴重積水)	「無筋頂面增厚工法」 「斷面修復工法」
沉箱	鋼筋外露 局部混凝土剝落 洗刷上剝落致鋼筋外露 堤面混凝土剝落	「充填增厚工法」 「防蝕噴漿工法」 「斷面修復工法」	
	變位 堤體變位不明顯 (變位量約 <5cm) 堤體變位明顯 (變位量約 >5cm)	「沉箱間隙改善工法」 「沉箱間隙改善工法」 「堤體穩固工法」 「堤體穩固工法」	
	傾斜 輕微傾斜 (傾斜率約<3%) 明顯傾斜 (傾斜率約3~5%) 嚴重傾斜 (傾斜率約>5%)	「沉箱間隙改善工法」 「堤體穩固工法」 「堤體穩固工法」 「堤體重置工法」	
沉箱	龜裂損傷 堤體輕微損傷 (龜裂寬度日測約<3mm, 龜裂長度日測約<5cm) 堤體明顯損傷 (龜裂寬度日測約>3mm, 龜裂長度日測約>5cm) 堤體混凝土剝落	「裝填注入工法」 「充填增厚工法」 「斷面修復工法」	
	鋼筋外露 壁體剝落致鋼筋外露 壁體剝落致鋼筋外露 堤體混凝土破洞	「充填增厚工法」 「防蝕噴漿工法」 「重填工法」 「鋼架壁工法」	

水下部份	沉箱	堤體輕微損傷 (龜裂寬度日測約<3mm, 龜裂長度日測約<5cm) 堤體明顯損傷 (龜裂寬度日測約>3mm, 龜裂長度日測約>5cm) 壁體剝落致鋼筋外露 堤體混凝土剝落(破洞)	「裝填注入工法」 「充填增厚工法」 「防蝕噴漿工法」 「覆層工法」 「鋼架壁工法」
		變位 部分發生下陷位移 (變位量約<5cm) 小規模下陷位移 (變位量約5~10 cm) 大範圍下陷位移 (變位量約>10 cm)	「方塊圍封工法」 「重疊改善工法」 「新製補強工法」
	基礎方塊	消波塊 部分消波塊移動或滾落 消波塊數層沉陷達一層, 堤體滑動安全率有減低之虞 消波斷面減少, 堤體滑動安全率已減低	「加砌改善工法」 「新製加重工法」 「加寬補強工法」
		基礎海床 輕微沖刷 (沖刷坑深度約<50cm) 大量沖刷 (沖刷坑深度約50~100cm) 嚴重沖刷 (沖刷坑深度約>100cm)	「拋石護基工法」 「斷面修復工法」 「基礎加寬補強工法」

(資料來源: 高雄港務分公司)





四、碼頭及防波堤維護工法

表 6-2 棧橋式碼頭維護管理工法一覽表

檢測位置及項目	劣化程度	維護管理工法	
上部結構	碼頭面板龜裂、下陷、鋼筋腐蝕	局部可見儲水、2-3 個部位有龜裂 混凝土可見多個部位有龜裂、鋼筋露出可見儲水但未腐蝕、面板輕微不均勻沉陷(有輕微積水現象) 混凝土龜裂擴散到整個面板、鋼筋露出儲水顯著且已腐蝕、面板明顯不均勻沉陷(有嚴重積水現象)	表面處理工法 FRP 接合法、脫鹽工法 鋼筋除鏽防蝕法=填充工法、打設工法
	將原混凝土裂縫、剝落、鋼筋腐蝕	局部可見儲水、2-3 個部位裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)、混凝土剝落 混凝土可見多個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)、鋼筋露出可見儲水但未腐蝕、混凝土鬆動剝落(在 1 小區域面積的 4 歲以下) 混凝土裂縫擴散到整個面板、鋼筋露出儲水顯著且已腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離嚴重(在 1 小區域面積的 4 歲以上)	裂縫注射工法 FRP 接合法、電氣防蝕工法 斷面修復工法、預力工法
基礎、護坡	基礎掏刷	基礎輕微掏刷(沖刷深度約 50cm 以下) 基礎明顯掏刷(沖刷深度約 50-100cm) 基礎嚴重掏刷(沖刷深度約 100cm 以上)	拋石護基工法 拋放籠裝混凝土法 輕便護基工法
	護坡破壞	護坡土石輕微受損(破壞率約 5% 以下) 護坡土石嚴重受損(破壞率約 20%) 護坡土石嚴重受損(破壞率約 20% 以上)	加固改善法 堆石加蓋法 加蓋厚法
	法線變位	法線明顯變位(目視約 0.2-0.3m) 法線嚴重變位(目視約 0.3m 以上)	除側流架工法+增打基樁法、液化防制工法+增打基樁法 沉箱新設結構工法+陸側護壁工法
	防蝕包圍破壞、脫落	防蝕包圍破壞 防蝕包圍脫落	防蝕包圍修補法 防蝕包圍重鋪法
	基礎腐蝕及變形	基礎局部區域有鏽蝕集中 帶狀區域的鏽蝕、並有局部小型穿孔現象 連續性鋼管格鏽蝕、鋼管格表面穿孔範圍擴大、基樁可目視出非常設計之嚴重傾斜、破裂現象或結構有斷裂現象	水中硬化環氧樹脂塗附法 鉚釘打設工法、結合金屬覆土工法 基樁斷面增強工法及增打基樁工法
	PC 或 RC 橋基樁破壞及變形		

基礎、護坡	局部可見儲水、2-3 個部位有龜裂 混凝土可見多個部位有龜裂、鋼筋露出可見儲水但未腐蝕、面板輕微不均勻沉陷(有輕微積水現象) 混凝土龜裂擴散到整個面板、鋼筋露出儲水顯著且已腐蝕、面板明顯不均勻沉陷(有嚴重積水現象)	表面處理工法 FRP 接合法、脫鹽工法 鋼筋除鏽防蝕法=填充工法、打設工法
	局部可見儲水、2-3 個部位裂縫(裂縫寬度約 1mm 以下)、混凝土剝落 混凝土可見多個部位有裂縫(裂縫寬度約 3mm 以上)、鋼筋露出可見儲水但未腐蝕、混凝土鬆動剝落(在 1 小區域面積的 4 歲以下) 混凝土裂縫擴散到整個面板、鋼筋露出儲水顯著且已腐蝕、多處混凝土鬆動、剝離嚴重(在 1 小區域面積的 4 歲以上)	裂縫注射工法 FRP 接合法、電氣防蝕工法 斷面修復工法、預力工法



47

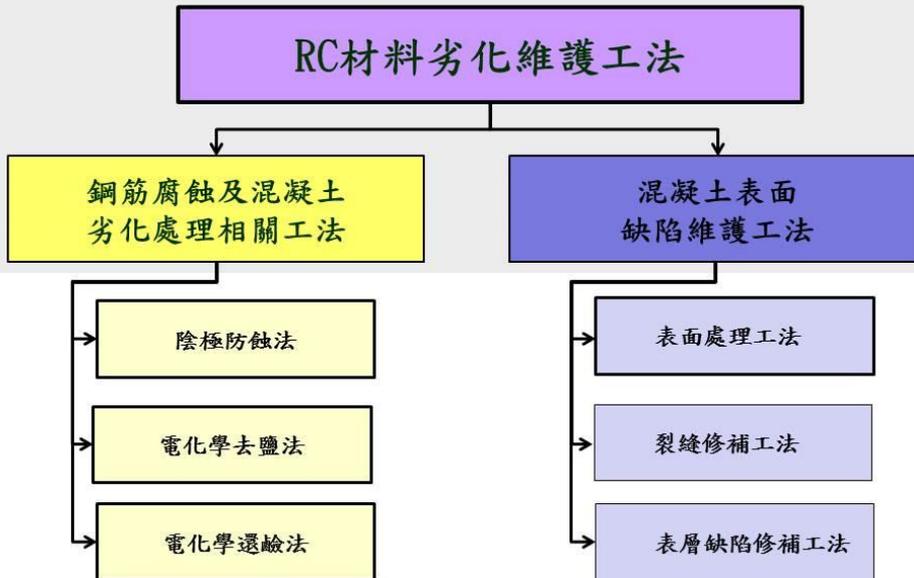


<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



四、碼頭及防波堤維護工法



48



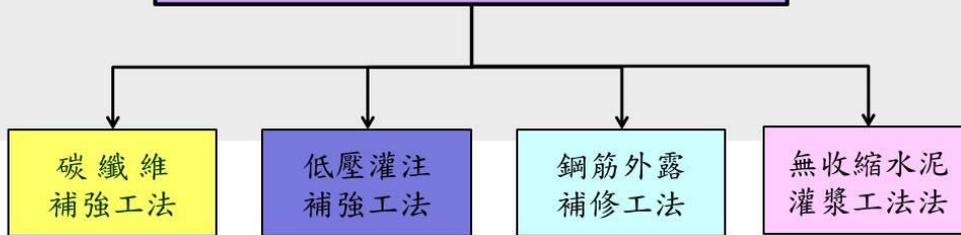
<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



四、碼頭及防波堤維護工法

碼頭面版腐蝕劣化之一般維護法



49



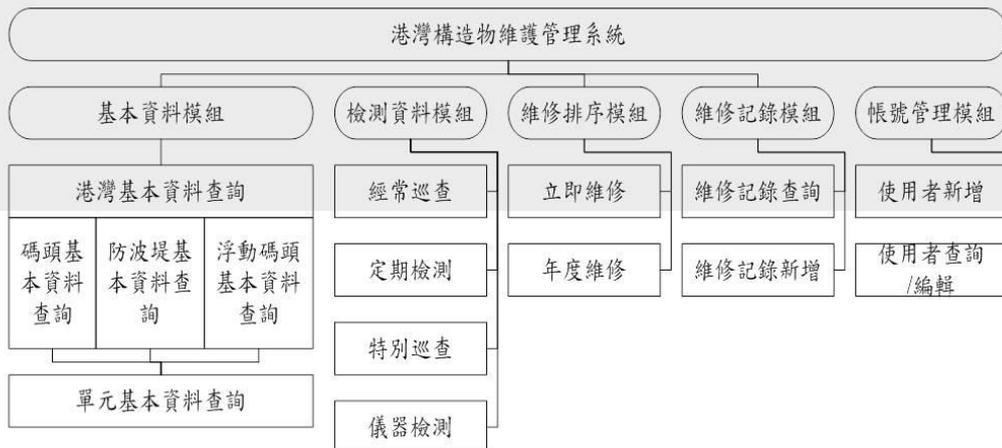
<http://www.ihmt.gov.tw>

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



五、維護管理系統建置與精進擴充

◆ 港灣設施維護管理系統架構



50



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

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



五、維護管理系統建置與精進擴充

◆ 系統登入與首頁



港灣構造物維護管理系統

您是第 00286 位使用者

帳號：

密碼：

[帳號申請](#)



港灣構造物維護管理系統

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

最新消息

時間：20150907->內容：20150907金門水頭港區貨運1&2號碼頭經常巡查完成
 時間：20150907->內容：20150907金門水頭港區突堤4號碼頭經常巡查完成
 時間：20150907->內容：20150907金門水頭港區突堤3號碼頭經常巡查完成
 時間：20150907->內容：20150907金門水頭港區突堤2號碼頭經常巡查完成
 時間：20150907->內容：20150907金門水頭港區突堤1號碼頭經常巡查完成

系統各模組介紹[系統使用手冊]

基本資料模組	檢測資料模組 經常 定期 特別	維修排序模組	維修記錄模組	帳號管理模組

51



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



5.1 建置馬祖港維護管理系統

◆ 基本資料模組



基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

直接以下拉選單選擇

池潭名稱 福澳碼頭區

碼頭數量 7座

碼頭資料列表

碼頭選擇[地圖]

防波堤選擇[地圖]

浮動碼頭選擇[地圖]

位於馬祖政府中心之南竿島北極福澳灣，為五個碼頭區中最大者，屬馬祖港主要港口與馬祖各島間海上交通之樞紐，也是小三通重要交通港口。碼頭區座向北緯24°53'，東經119°43'，海內設有候渡碼頭9座，分別供小漁船、駁馬輪船、離島交通船及小三客輪使用。本碼頭區範圍業定已於102年5月10日交新字第1025006047號函奉交通部備查。據以修正海防範疇並予以公告。總面積約90.75公頃，包括水域面積70.36公頃(含箱道19.4公頃)及陸域面積20.39公頃。



港灣構造物維護管理系統

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

碼頭名稱	1號碼頭
碼頭長度(M)	148
設計水深(M)	-2
可靠泊水深(M)	-2
泊船噸位(T)	
用途說明	小貨輪碼頭
單元數量	6
碼頭型式	重力式
建造日期	-
建造經費	-
經常巡查日期	20160810
定期巡查日期	None

52



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



5.1 建置金門維護管理系統

◆ 基本資料模組

◆ 檢測資料模組—經常巡查

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

福澳碼頭區北防波堤單元基本資料列表

單元編號	單元長度(M)	單元照片(船)	單元照片(堤)	單元設計圖
1號單元	25			設計圖
2號單元	25			設計圖

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

福澳碼頭區1號浮動碼頭基本資料表

碼頭照片	構件列表
	基礎 B01 B02 B03 B04 B05 B06 B07
	梁 G01 G02 G03 G04 G05 G06
	本體 F
	浮動旋轉組 R01 R02 R03 R04 R05 R06 R07 R08 R09 R10 R11 R12
	懸吊機 B01
燈架 C01	

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

檢測日期: 2016年9月29日

檢測天氣: 晴

檢測人員: 簡臣佐

檢測員意見: 碼頭後線沉陷, 建議進行修復。

構件名稱	劣化類型	劣化狀況	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯
船橋	1	無異狀	X	1		編輯
岸橋	3	鋼筋混凝土(或鋼絲網)外圍腐蝕, 剝落厚度直徑 ≥ 15 cm, 深度 >2.5 cm或剝落厚度直徑 >15 cm, 深度 ≤ 2.5 cm	X=2.83m, Y=0m	1		編輯
岸橋	3	剝落	X=3.4m	1		編輯

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

福澳碼頭區-4號碼頭-經常巡查記錄表

檢測日期: 20160810

單元編號	構件類型	劣化類型	劣化狀況	劣化位置	劣化數量	劣化照片	編輯
B01	附屬設施防銹材料	龜裂破損	3	第4個	1個		編輯
B01	碼頭本體後線	沉陷	4	X=7m	575m ²		編輯
B01	碼頭本體岸肩	剝落	3	X=2.83m, Y=0m	0.3m ²		編輯
B02	碼頭本體後線	沉陷	4	X=3.4m	191m ²		編輯

53



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



5.1 建置金門維護管理系統

◆ 維修排序模組—立即維修

◆ 維修記錄模組

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

立即維修 - 年度維修

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

立即維修構件列表

港灣名稱	碼頭名稱	構件類型	劣化單元(構件)	劣化位置	劣化數量	劣化照片	處理對策
福澳碼頭區	4號碼頭	後線	B01	X=7m	575m 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
福澳碼頭區	4號碼頭	後線	B02	X=3.4m	191m 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

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

維修記錄模組(福澳碼頭區)

新增

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出

福澳碼頭區維修記錄新增

維修契約編號: _____

維修日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
輸入範例: 2015年10月22日

契約名稱: _____

維修金額: _____

維修碼頭: 1號碼頭 - 2號碼頭 - 3號碼頭 - 4號碼頭 - 東1號碼頭
 南3號碼頭 - 南1&2號碼頭

維修防波堤: 北防波堤

維修浮動碼頭: 福澳碼頭區1號浮動碼頭 - 福澳碼頭區2號浮動碼頭

維修照片: 選擇檔案 未選擇任何檔案

維修檔案: 選擇檔案 未選擇任何檔案

新增

54



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



5.1 建置金門維護管理系統

◆ 帳號管理模組

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出						
帳號管理模組 新增帳號						
姓名	服務單位	使用者代號	密碼	使用者類型	編輯	刪除
簡臣佑	財團法人臺灣營建研究院	cyjan [通過認證]		系統管理者	編輯	刪除
柯正龍	交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	jerry [通過認證]		系統管理者	編輯	刪除
張嘉峰	臺灣營建研究院1	cfc [通過認證]		一般使用者	編輯	刪除
林利國	NTUT	iklin [通過認證]		一般使用者	編輯	刪除
賴瑞應	港灣技術研究中心	jerry [通過認證]		一般使用者	編輯	刪除
陳信宏	金門縣港務處	chenykm [通過認證]		一般使用者	編輯	刪除
金門測試	none	kmtest [通過認證]		一般使用者	編輯	刪除

基本資料模組 檢測資料模組 維修排序模組 維修記錄模組 帳號管理模組 登出						
使用者帳號管理						
姓名	張嘉峰					
帳號	cfc					
密碼	[遮擋]					
公司名稱	臺灣營建研究院1					
<small>確認修改</small>						

55



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



六、結論與建議



56



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



6.1 結論(1/2)

◆ 岸上檢測結果：調查時

- ⊕ 馬祖港未發現明顯或危及碼頭主體設施之裂損情形；
- ⊕ 臺中港南北防波堤未發現明顯或危及主體設施之裂損情形；
- ⊕ 部分附屬設施(車擋、防舷材)損壞。

◆ 水下調查結果：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。
- ⊕ 浮動碼頭防蝕系統效能檢測，基樁及浮箱鋼材保護電位與陽極塊發生電位，均達防蝕保護之目的。

57



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



6.1 結論(2/2)

◆ 碼頭及防波堤維護工法

已彙整重力式沉箱碼頭或防波堤、棧橋式碼頭、RC材料劣化及碼頭面版腐蝕劣化之維護工法供參。

◆ 維護管理系統建置

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

58



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



6.2 建議

- ◆ 祖港五碼頭區碼頭及防波堤及臺中港南北防波堤部分附屬設施出現劣化，雖不影響設施功能，但仍應及早修護，以確保營運安全。
- ◆ 浮動碼頭基樁與浮箱，調查時鋼材表面雖未發現腐蝕嚴重現象，平均腐蝕速率亦均小於設計規範，防蝕系統效能也均達保護鋼管樁與浮箱防蝕之目的，但鋼板保護電位部分趨近允許值，建議後續應依維護管理規定巡查頻率，落實巡查與檢測工作。
- ◆ 港灣構造物維護管理系統，累計已完成建置花蓮與基隆(含蘇澳與臺北港)、金門、馬祖港等部分，後續仍須蒐集與彙整分析各類型港灣設施實作案例，除將各類巡檢與修復作業資料記錄於系統中，配合實際使用情形，賡續檢討適用與更新系統功能外，另須針對分析方法擬定安全評估程序，俾利應用參考。

59



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



簡報完畢
敬請指教

60

7.如 P.4-4，座標系統如何訂定？	座標系統訂定方式，已述於報告第二章之圖 2.20 與表 2-32 中，請委員參考。
8.P.4-6，表 4-4 (105 年 8 月施工中)，目前是否已完成？若已完成需修正。	感謝委員提醒，據查目前尚未全部竣工或啟用中。
9. P.6-6，管理模組中資料是否可以累積？(如：可不可以查出以前次檢查結果) 若有會更好，若無後續可做為努力方向。	感謝委員指導，系統已有累積紀錄與查詢功能，後續研究將遵照辦理。
蔡明達 委員	
1.建議增加基樁及浮箱鋼板材質。	感謝委員指導，將遵照辦理。
2.建議增加陽極塊的敘述說明(如材質、大小或範圍等)。	感謝委員指導，將遵照辦理。
林雅雯 委員	
1.第七章結論與建議，重複印刷，請修正。	感謝委員指導，已修改訂正。
2.報告 P.1-2，第一段「本年度(民國 104 年)為第 1 年」，請修正。	感謝委員指導，已修改訂正。
3.1-2 研究範圍字體為灰色，建議修正。	感謝委員指導，已修改訂正。
4.P.2-3，最後一行，各劣化等級標準，似乎僅有劣化程度(D 值)，沒有維修急迫性(U 值)。	感謝委員指導，本研究係以構件權值與劣化程度，作為維修急迫性判斷依據，故無 U 值。
5.港務公司是否有辦理定期碼頭檢測，在港灣構造物維護管理系統，可否納入定期檢測結果，另歷年檢測結果，例如：「鋼板厚度檢測及腐蝕速率」、「陽極塊電位」等，可否可自動比較？	感謝委員意見，目前各港務分公司均有其維護管理作業程序，惟方法不一。系統自動比較功能，將列為後續擴充及精進系統內容之重點項目。
6.P.2-71，表 2-41 檢測頻率日本「之」少一次，應為「至」少一次。	感謝委員指正，已修改訂正。
7.P.3-8，檢測資料模組，定期檢查、特別巡查，是否應改為「定期檢測」、「特別檢測」。	感謝委員指正，巡查或檢測用詞，後續將與港務公司討論後訂之。